

# Microplastics: Η επίδραση τους στο θαλάσσιο οικοσύστημα

---

Υπεύθυνος Καθηγητής: Αναστάσιος Τσελεπίδης  
Επιμέλεια: Αναστάσιος Ζιάκας (ΜΝ19015)  
Μάθημα: Διαχείριση Θαλάσσιων Πόρων  
Δεκέμβριος 2020  
Πειραιάς



---

## Περίληψη

Τα μικροπλαστικά, όπως αυτά αναφέρονται, είναι ένα σχετικά «νέο» πρόβλημα καθώς μόλις τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε η ύπαρξή τους. Οι ανησυχίες των επιστημόνων εντείνονται καθώς τα συγκεκριμένα πολυμερή απειλούν το θαλάσσιο οικοσύστημα με πληθώρα τρόπων.

Στην παρακάτω αναφορά, έπειτα από προσεκτική μελέτη όλων των διαθέσιμων πηγών και διασταύρωση των πληροφοριών που προέκυψαν από τις έρευνες, ορίζονται τα μικροπλαστικά (όπως αυτά συλλέγονται από το φυσικό περιβάλλον) και οι κατηγορίες αυτών. Όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια διακρίνονται σε πρωτογενή και δευτερογενή. Επιπλέον, καταγράφεται η παρουσία τους σε ωκεανούς και θάλασσες, τόσο στην επιφάνεια όσο και στον πυθμένα, ενώ ξεχωριστή αναφορά γίνεται και στα ωκεάνια ρεύματα που προκαλούνται από τις δυνάμεις του ανέμου και την περιστροφή της γης ή αλλιώς *ocean gyres*, τα οποία με τη σειρά τους συμβάλλουν στη συσσώρευση πλαστικών σε συγκεκριμένα σημεία του πλανήτη. Το πρώτο μέρος ολοκληρώνεται με τους τρόπους εντοπισμού και δειγματοληψίας των μικροπλαστικών, τόσο σε ότι αφορά το χερσαίο περιβάλλον όσο και το θαλάσσιο.

Το δεύτερο μέρος της αναφοράς επικεντρώνεται στην ανάλυση των επιπτώσεων που προκαλούν στους οργανισμούς τα πλαστικά γενικότερα, εστιάζοντας όμως στα *microplastics*. Γίνεται παρουσίαση ορισμένων επεξηγηματικών πειραμάτων και συσχέτιση των προαναφερθέντων επιπτώσεων με το όλο οικοσύστημα και τον άνθρωπο. Στη συνέχεια, προτείνονται τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διαστάσεις αυτού. Δεν επικεντρώνεται μόνο στον περιβαλλοντικό τομέα αλλά και στον κοινωνικοπολιτικό. Αναλύεται η πιθανή άμεση αντιμετώπιση και προωθείται η πρόληψη για ένα μέλλον χωρίς θαλάσσια ρύπανση, ή έστω με περιορισμό αυτής.

Ολοκληρώνοντας, γίνεται λόγος για συμπεράσματα που απορρέουν από τη συγκεκριμένη μελέτη ενώ τοποθετείται προσωπικά ο συντάκτης της αναφοράς σχετικά με την ανάγκη δημοσιοποίησης του θέματος. Τέλος, εκφράζεται η ανάγκη για συνεχή έρευνα διότι μπορεί η ανθρωπότητα να έχει να κάνει με το μικρότερο κομμάτι πλαστικού αλλά όσο τα συγκεκριμένα πληθαίνουν, το πρόβλημα γιγαντώνεται και η έρευνα είναι το φως στην άκρη του τούνελ.

Αναλυτική βιβλιογραφία βρίσκεται στην τελευταία σελίδα του παρόντος report. Το σύνολο των πληροφοριών αντλήθηκε επιστημονικά περιοδικά και οι σχετικές εικόνες από συναφείς αναζητήσεις στο διαδίκτυο.

## Ιστορική αναδρομή

Όπως είναι ήδη γνωστό τα πλαστικά χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω των φυσικών χαρακτηριστικών τους, τα οποία μάλιστα τα καθιστούν απαραίτητα για τον μέσο χρήστη-καταναλωτή στην καθημερινότητά του. Αρκεί να σκεφτεί κανείς πόσα είδη πλαστικών αγγίζουμε κατά τη διάρκεια μίας ημέρας.

Τα πλαστικά είναι συνθετικά οργανικά πολυμερή που προέρχονται από την πολυμεροποίηση των μονομερών πετρελαίου και αερίου. Τι το ξεχωρίζει όμως από τα υπόλοιπα υποκατάστατα υλικά; Είναι ευέλικτο, ελαφρύ, ανθεκτικό και πιθανώς διάφανο, γεγονός που το καθιστά κατάλληλο για πολλές εφαρμογές, ενώ αξίζει να τονισθεί το χαμηλό κόστος παραγωγής του. Η μαζική παραγωγή πλαστικού ξεκίνησε τη δεκαετία του '40, τότε που οι βιομηχανίες άρχιζαν να αναπτύσσονται ειδικά μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Πιο συγκεκριμένα: το 1950 η παραγωγή του έφτασε τους 1,5 εκατομμύρια τόνους ενώ το 2013 ο αριθμός αυτός αγγίζει τους 299 εκατομμύρια τόνους. Η παραγωγή πλαστικού μεταξύ των ετών έχει αυξηθεί κατά 300 φορές. Μόνο ανησυχία στις τάξεις των ειδικών προκαλεί αυτό το γεγονός διότι όπως αναφέρθηκε, το πλαστικό «ζει» για αιώνες και δύσκολα αποσυντίθεται, ενώ ακόμα πιο δύσκολα εξαϋλώνεται.

Στις αρχές της δεκαετίας του '70 έγιναν οι πρώτες αναφορές για ρύπανση από πλαστικά ενώ κάποια χρόνια αργότερα διαπιστώθηκε πως το 10% της παγκόσμιας παραγωγής καταλήγει στους ωκεανούς, τη στιγμή που ο χρονικός ορίζοντας διάσπασής τους εκεί παραμένει άγνωστος. Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί ότι το 1/3 της παραγωγής αφορά συσκευασίες και προϊόντα μίας χρήσης ή αλλιώς *throw-away user plastics* αντικατοπτρίζοντας έτσι μία από τις χειρότερες συνήθειες στον πλανήτη, τη μη λελογισμένη απόρριψη. Τα κυριότερα είδη που συναντάμε στο φυσικό περιβάλλον είναι: HDPE, LDPE, PVC, PS, PP, PET. Οι επιστήμονες (ή ειδικοί) που παρακολουθούν τη συγκεκριμένη ρύπανση τονίζουν πως αυτή δεν εμφανίζεται μόνο κοντά στις πηγές δημιουργίας των εν λόγω πολυμερών, όπως για παράδειγμα βιομηχανικές ζώνες, αλλά μέσω των ρευμάτων καταλήγουν πολύ μακριά από εκεί. Χαρακτηριστικό είναι ότι καταγράφονται σωροί πλαστικών στους πόλους της γης όπου δεν υπάρχει έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα.

Τα προβλήματα που προκαλεί η ρύπανση από πλαστικό στο θαλάσσιο οικοσύστημα είναι αλόγιστη. Πολλοί οργανισμοί μπλέκονται σε πλαστικά απορρίμματα όπως σακούλες ή εγκαταλελειμμένα δίχτυα ενώ από την άλλη ορισμένα θηλαστικά (κυρίως νεαρά) καταπίνουν πλαστικά μπουκάλια πάνω στην προσπάθεια εύρεσης της τροφής τους. Τα ίδια περιστατικά καταγράφονται και στα θαλάσσια πτηνά. Γίνεται σαφές, λοιπόν, πως το θέμα παίρνει σοβαρές διαστάσεις καθώς επηρεάζεται η βιοποικιλότητα του θαλάσσιου οικοσυστήματος, τώρα πιο πολύ από ποτέ άλλοτε.

Η παγκόσμια ανησυχία κάθε άλλο παρά αβάσιμη θεωρείται. Η ανθρωπότητα είναι αντιμέτωπη ακόμα και με πλαστικά που κατασκευάστηκαν πριν από 50 και 60 χρόνια. Για την ορθότερη αντιμετώπιση του ζητήματος τα πλαστικά έχουν κατηγοριοποιηθεί σε δύο βασικές κατηγορίες: τα *macroplastics* (αυτά τα οποία κείτονται σε παραλίες και χωματερές και εύκολα γίνονται αντιληπτά από το γυμνό μάτι) και τα *microplastics* (εμπεριέχονται και τα *nanoplastics*). Αντικείμενο του report είναι η δεύτερη κατηγορία, η οποία και θα αναλυθεί λεπτομερώς.

## Τι είναι τα μικροπλαστικά και ποιες οι κατηγορίες τους;

Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί πολλές θεωρίες για το ποιο είναι το οριακό σημείο που διαχωρίζει τα μικροπλαστικά από τα υπόλοιπα μεγέθη. Λαμβάνοντας υπόψη την επικρατέστερη, ως μικροπλαστικά ορίζονται αυτά τα πολυμερή των οποίων το μέγεθος δεν ξεπερνά τα 5mm. Αυτά με τη σειρά τους χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα πρωτογενή και τα δευτερογενή. Εκτιμάται πως βρίσκονται στους ωκεανούς τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες, ωστόσο παρατηρήθηκαν πολύ πρόσφατα.



Τα primary (πρωτογενή) microplastics ονομάζονται αυτά που εξ' αρχής κατασκευάζονται σε μικροσκοπικό μέγεθος. Τα πρωτογενή μικροπλαστικά χρησιμοποιούνται ευρέως καθημερινά μιας και εμπεριέχονται σε προϊόντα όπως η οδοντόκρεμα, το σαμπουάν, τα κοσμήματα, τα ρούχα καθώς επίσης και σε προϊόντα περιποίησης προσώπου και δέρματος.

Από την άλλη πλευρά, τα δευτερογενή είναι το αποτέλεσμα της διάσπασης μεγαλύτερων πλαστικών είτε αυτή γίνεται στην ξηρά είτε στην θάλασσα. Έχουν διάρκεια ζωής από μερικούς μήνες μέχρι εκατοντάδες χρόνια. Η διάσπασή τους οφείλεται σε φυσικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες με κύριο σύμμαχο τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Σύμφωνα με έρευνες το ιδανικό σημείο για να επιτευχθεί αυτή είναι οι ακτές λόγω των μεταβολών θερμοκρασίας.

Ως διάσπαση ορίζουμε τη χημική αλλαγή στα χαρακτηριστικά του πολυμερούς που οδηγεί στη δημιουργία μικρότερων. Πέντε είναι οι βασικές διασπάσεις που υφίστανται:

A) **Biodegradation**: Πραγματοποιείται από ζωντανούς οργανισμούς, ωστόσο διασπά πλήρως μόνο τα ολιγομερή.

B) **Photodegradation**: Πραγματοποιείται από το φως του ηλίου το οποίο είναι ένας άκρως αποτελεσματικός μηχανισμός για διάσπαση πλαστικών σε παραλίες, όχι το ίδιο αποτελεσματικός στο νερό λόγω μειωμένου οξυγόνου και χαμηλής θερμοκρασίας.

Γ) **Thermooxidative degradation**: Ορίζεται ως μία οξειδωτική διάσπαση που πραγματοποιείται σε μέτριες θερμοκρασίες.

Δ) **Thermal degradation**: Πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες διαμορφωμένες από κάποιο εργαστήριο.

Ε) **Hydrolysis**: Ίσως η πιο απλή από όλες. Πραγματοποιείται με την αντίδραση μεταξύ πολυμερούς και νερού.



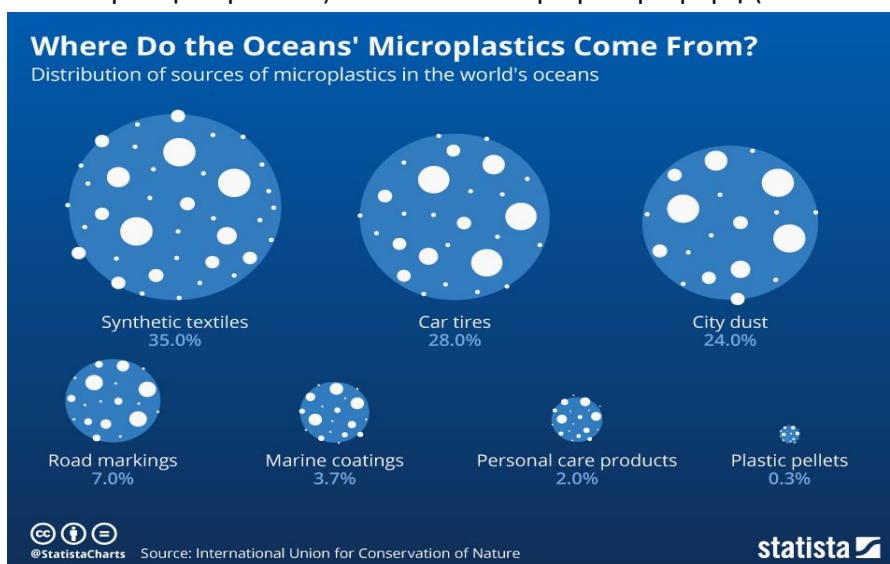
Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνήθης μηχανισμός δημιουργίας μικροπλαστικών είναι η φωτοδιάσπαση λόγω των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στην ακτή.

## Τα μικροπλαστικά στο θαλάσσιο περιβάλλον

Όπως γίνεται αντιληπτό με βάση τις ανωτέρω πληροφορίες, οι ωκεανοί υποφέρουν από την παρουσία των συγκεκριμένων μικρο- και νανοσωματιδίων πλαστικού. Το ερώτημα που γεννάται είναι πώς καταλήγουν εκεί; Ή πιο ορθά, μέσω ποιας οδού;

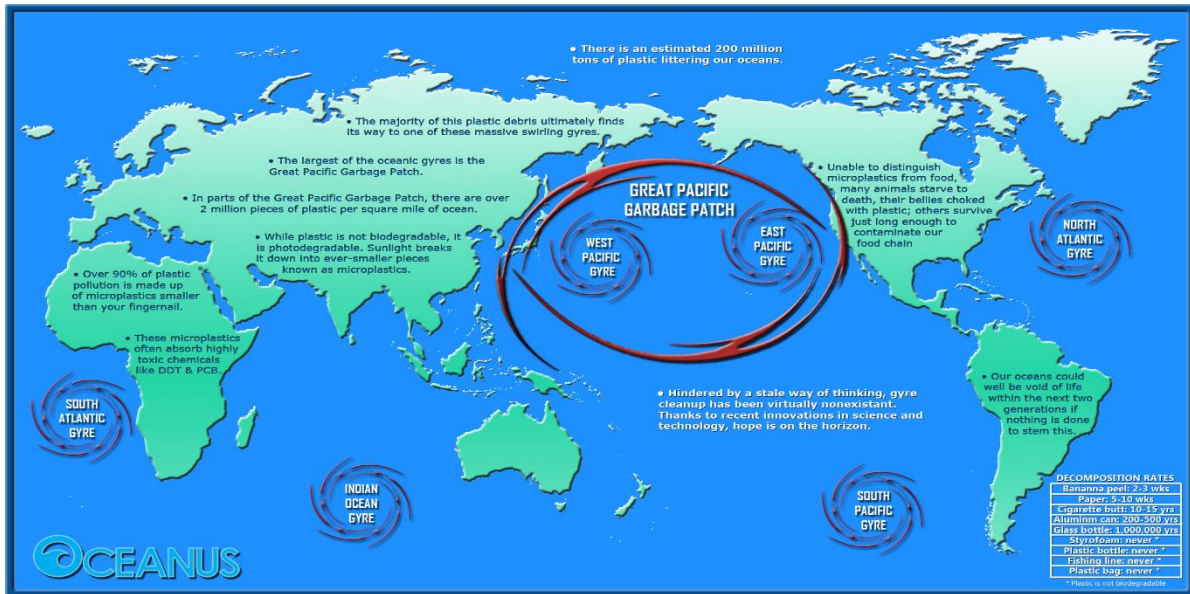
Το 80% των πλαστικών στους ωκεανούς προέρχεται από δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στην ξηρά. Έρευνα αποδεικνύει ότι η πλειοψηφία των επιπλεόντων και των πλαστικών στην ακτή οφείλεται σε ψυχαγωγικούς σκοπούς στην παράκτια ζώνη, σε πρώτες ύλες βιομηχανιών και σε λύματα που απορρίπτονται. Επιπλέον έκτακτα καιρικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα πλημμύρες, αυξάνουν τη μεταφορά σωρών πλαστικών προς το θαλάσσιο περιβάλλον. Ενδεικτική είναι η μέτρηση που έγινε στην Καλιφόρνια πριν και μετά από καταιγίδα. Τα πλαστικά σωματίδια ανά κυβικό μέτρο αυξήθηκαν από 10 σε 60. Στο σημείο αυτό να ξεκαθαριστεί το γεγονός ότι οι περισσότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Wastewater Treatment Plants -WWTPs) δεν είναι σχεδιασμένες να αφαιρούν το 100% των μικροπλαστικών παρά μόνο το 83%-95% αυτών.

Το υπόλοιπο 20% των plastic debris (όπως αυτά αποκαλούνται), προέρχεται από δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στη θάλασσα. Η κύρια ανθρώπινη αιτία είναι η αλιεία. Ίσως αυτή η πληροφορία χωρίς την παρουσία στατιστικών στοιχείων να μην είναι αρκετά πειστική. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο απορρίπτονται ή χάνονται 640.000 τόνοι αλιευτικών εργαλείων, συμβάλλοντας έτσι στην δημιουργία σωρών πλαστικών που με τη σειρά τους διασπώνται σε μικρότερα μέρη (micro & nano).



Κατά τη διάρκεια ερευνών σε ωκεανούς και θάλασσες, οι επιστήμονες συναντούν μικροπλαστικά τόσο στην επιφάνεια και στον πυθμένα όσο και στα λεγόμενα «μεσόνερα». Το γεγονός αυτό έχει να κάνει καθαρά με την ειδική βαρύτητα του υλικού (specific gravity). Εάν αυτή είναι μικρότερη της μονάδας τότε το πλαστικό σωματίδιο επιπλέει ενώ στην περίπτωση που είναι μεγαλύτερη βυθίζεται. Πολυμερή που βυθίζονται είναι τα PS, PET, PVC. Ωστόσο, ακόμα και αυτά τα οποία αρχικά χαρακτηρίστηκαν floating, κατά το χρόνο παραμονής τους στο νερό αυξάνουν την πυκνότητά τους, η οποία συνεχίζει να

αυξάνει όσο βυθίζεται. Τούτο συμβαίνει διότι αναπτύσσονται μικροβιακά βιοφίλμ με αποτέλεσμα να γίνονται λιγότερο υδρόφοβα κι έτσι καθαζάνουν (σαν sea snow).



Έχοντας μια πλήρη εικόνα όσων αναφέρθηκαν, αναρωτιέται κανείς πώς είναι δυνατόν να βρέθηκαν μικροπλαστικά στο αρχιπέλαγος Fernando de Noronha, στις ακτές της Χαβάης, στον πάγο της Αρκτικής όπου δεν υπάρχει βιομηχανική δραστηριότητα. Επιπροσθέτως, συλλέχθηκαν ιζήματα και κοράλλια στα 3500 μέτρα βάθος στη Μεσόγειο, στο Νοτιοδυτικό Ινδικό Ωκεανό και στον Βορειοανατολικό Ατλαντικό. Σε όλα τα δείγματα ανεξαιρέτως βρέθηκαν μικροπλαστικά περίπου 13,4 pieces ανά 50 ml ιζήματος.

Η μεταφορά και το «μοίρασμα» των πολυμερών αυτών σωματιδίων συμβαίνει κυρίως λόγω των ocean gyres. Στην ουσία είναι τεράστια υποτροπικά ρεύματα. Ο παραπάνω χάρτης μας δείχνει με ακρίβεια πού αυτά τα ρεύματα συνδέονται δημιουργώντας αντικυλώνες (ή κυκλώνες ανάλογα αν είναι αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα). Ειδικά στον Βόρειο Ειρηνικό αυτό το οποίο δημιουργείται είναι ένα τεράστιο πλαστικό νησί με την ονομασία Great Pacific Garbage Patch, ορατό και από αεροπλάνο. Οι συγκεντρώσεις πλαστικού αγγίζουν τα 334.271 θραύσματα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Φυσικά, τα μικροπλαστικά στα οποία αναφερόμαστε είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την παρουσία αυτών των σωρών. Είναι η πηγή δημιουργίας τους.



Στο θαλάσσιο περιβάλλον το κυριότερο είδος microplastic είναι οι ίνες από ρούχα, διάφοροι κόκκοι καθώς και θραύσματα, όπως ήδη ειπώθηκε. Υπάρχουν χώρες όπως η Κίνα, η Ινδονησία, οι Φιλιππίνες, η Σρι Λάνκα και το Βιετνάμ όπου περισσότερο από το 50% των πλαστικών που διαχειρίζονται καταλήγει



στη θάλασσα. Ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός και η αντοχή του συγκεκριμένου υλικού προοικονομεί πως το πρόβλημα θα γιγαντώνεται με την πάροδο του χρόνου.

## Τρόποι δειγματοληψίας μικροπλαστικών

Τα αποτελέσματα των ερευνών προκύπτουν σαφώς από μέσα και τεχνικές, προκειμένου να περιορίσουμε τα περιθώρια σφάλματος στις μετρήσεις. Διακρίνουμε πέντε τρόπους δειγματοληψίας για εντοπισμό παρουσίας micro και nanoplastics. Πιο συγκεκριμένα:

A) **Beach combing**: Είναι με διαφορά η πιο απλή και οικονομική μέθοδος. Οι ερευνητές περισυλλέγουν δείγματα από ακτές.

B) **Sediment sampling**: Η συγκεκριμένη μέθοδος αφορά τη συλλογή ιζήματος από τον πυθμένα του ωκεανού για περαιτέρω ανάλυση ώστε να εντοπιστεί κατά πόσο περιέχονται μικροπλαστικά σε αυτό.

Γ) **Marine trawls**: Αναφέρεται σε ένα πλέγμα που μοιάζει με ένα μικρού ματιού δίχτυ. Φιλτράροντας κάποια κυβικά νερού καταλήγει στον υπολογισμό. Συνήθως χρησιμοποιείται δίχτυ 330 μm ωστόσο στη Σουηδία σε πανομοιότυπη έρευνα χρησιμοποιήθηκε 80 μm με αποτέλεσμα η συγκέντρωση μικροπλαστικού να ήταν 10.000 φορές περισσότερη.

Δ) **Marine observational surveys**: Με σκάφη και υποβρύχια γίνεται ο εντοπισμός της τοποθεσίας, της ποσότητας αλλά και του μεγέθους των σωματιδίων.

Ε) **Biological sampling**: Αυτή είναι η βιολογική μέθοδος. Εξετάζονται οργανισμοί προκειμένου να εντοπισθούν μικροπλαστικά που ενδεχομένως καταναλώθηκαν.



Marine trawl για συλλογή  
Microplastics από ωκεανούς και  
θάλασσες.

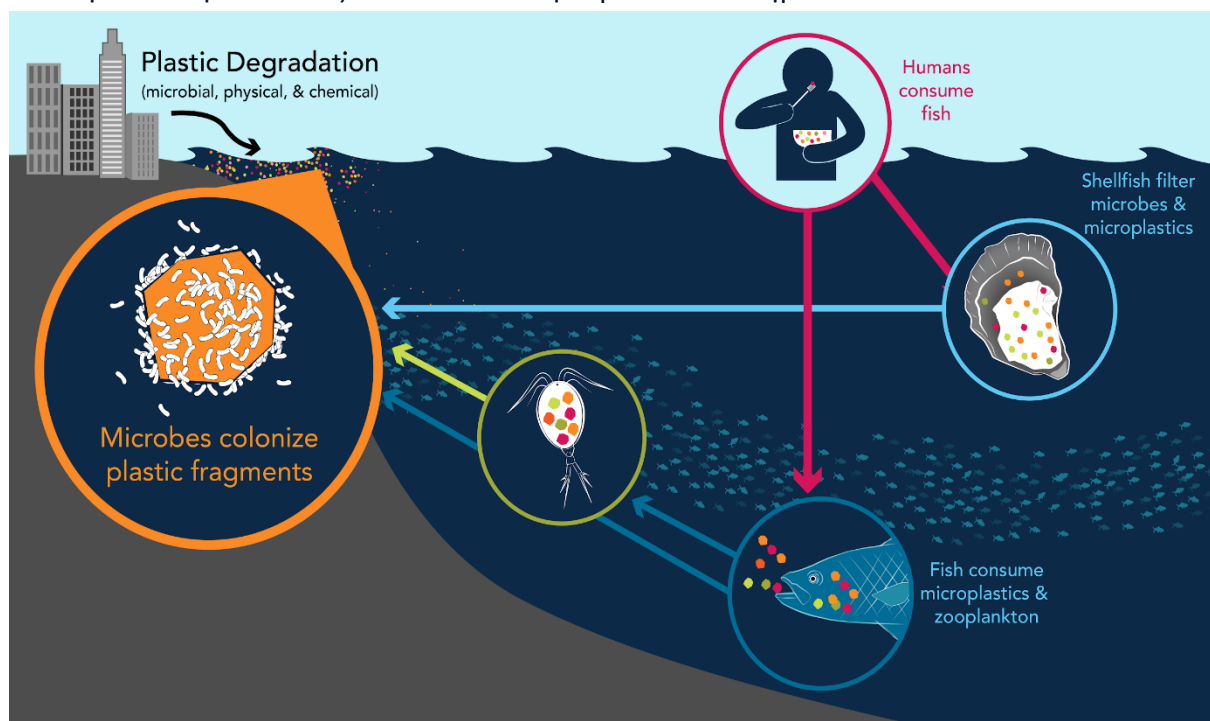
## Επιπτώσεις μικροπλαστικών στο θαλάσσιο οικοσύστημα

Η υπ' αριθμόν νούμερο ένα απειλή από μικροπλαστικά είναι η κατάποση. Κατά τη διάρκεια ερευνών στο εσωτερικό θαλάσσιων οργανισμών (και όχι μόνο) έχει παρατηρηθεί η συσσώρευση μικροπλαστικών σε διάφορα όργανά τους. Δεν αφορά μόνο τα ψάρια αλλά και πολλά πτηνά, χελώνες, όστρακα, αμφίποδα, lugworms, θαλάσσια αγγούρια κτλ. Αξίζει, επίσης να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από διάφορες γεωγραφικές περιοχές όπως η Μεσόγειος, ο Βόρειος Ειρηνικός, ο Νότιος Ατλαντικός και η Βόρεια Θάλασσα.

Με την κατάποση προκαλείται απόφραξη του εντερικού σωλήνα και των βραγχίων, αναστολή έκκρισης του γαστρικού ενζύμου, μειωμένα επίπεδα στεροειδών ορμονών, απορρόφηση από την

επιθηλιακή επένδυση του εντέρου, καθυστέρηση στην ωορρηξία και αποτυχία αναπαραγωγής. Για παράδειγμα σε ανάλυση που έγινε σε καβούρια βρέθηκαν μικροπλαστικά σε βράγχια, στομάχι, ηπατοπάγκρεας και ωοθήκες. Επιπλέον, τα microplastics είναι υπεύθυνα για τα μειωμένα ερεθίσματα τροφοδοσίας καθώς αυτά συσσωρεύονται στο στομάχι των οργανισμών ελαχιστοποιώντας την χωρητικότητα. Η κατάποση συμβαίνει κυρίως κατά τη διαδικασία της θήρευσης ενώ σημαντική είναι η παράμετρος μέγεθος. Μικροπλαστικά διαμέτρου μεγαλύτερης του 1,6 mm συγκρατούνται μετά τη σύλληψη σε μεγάλο βαθμό. Συμπληρωματικά, είναι δεκτικά σε ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως οι POPs, τους οποίους απορροφούν και «μεταφέρουν», αλλά και σε περιβαλλοντικούς ρύπους, π.χ. πολυχρωμιωμένα διφαινύλια, υδρογονάνθρακες πετρελαίου, αλκυλοφαινόλες κ.ά. Σε αυτό το γεγονός παράγοντας κλειδί είναι το pH και η θερμοκρασία της θάλασσας. Μετά την κατάποση των μολυσμένων μικροπλαστικών ξεκινά η διαδικασία της πέψης και κατά συνέπεια η μεταφορά των ουσιών αυτών στα βαθύτερα συστήματα του οργανισμού, σε ιστούς και κύτταρα δηλαδή. Να τονισθεί πως τα πλαστικά περιέχουν POPs 100 φορές περισσότερο από το έδαφος. Κατά την μετατόπιση των πολυμερών εντός του οργανισμού προκαλείται φαγοκυττάρωση και καθώς το πλαστικό θρυμματίζεται συσσωρεύεται εντός του κυκλοφορικού υγρού περνώντας έτσι από όλα σχεδόν τα όργανα προκαλώντας βλάβες. Ωστόσο παρατηρήθηκε ότι κάποιοι οργανισμοί έχουν την ικανότητα να αποβάλλουν τα σωματίδια πλαστικού (κυρίως κάποια αμφίποδα).

Εκτός της κατάποσης, σημαντική ανησυχία θεωρείται και η λειτουργία των μικροπλαστικών ως θαλάσσια υποστρώματα. Ενισχύεται κατ' αυτόν τον τρόπο ο μικροβιακός αποικισμός προκαλώντας μικροβιακή παραγωγικότητα έχοντας αποτέλεσμα την αλλαγή συνθηκών σε πολλούς οργανισμούς αλλά και την πιθανή είσοδο «ξενιστών» σε πληθώρα οικοσυστημάτων.



Οι ανησυχίες εντείνονται διότι τα μικροπλαστικά «προχωρούν» στην τροφική αλυσίδα μέσω των θηρευτών, καταλήγοντας έτσι στον άνθρωπο. Μπορεί οι συνέπειες να μην είναι άμεσες, ωστόσο, η χρόνια κατανάλωση ψαριών που μολύνθηκαν με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω, ίσως οδηγήσει σε δηλητηριάσεις ή ακόμα και σε μορφές καρκίνου.



Γίνεται σαφές πια ότι τα microplastics μπορούν να έχουν τρομερές επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Επηρεάζονται ψάρια, μικροβιόκοσμος, καρκινοειδή, οστρακόδερμα, θηλαστικά, πτηνά και φυσιικά ο άνθρωπος. Να μην παραλειφθεί και η χλωρίδα. Η διαχείριση του οικοσυστήματος είναι κάτι σύνθετο, απαιτεί γνώση του αντικειμένου και κυρίως ορθή καταγραφή του προβλήματος. Τα μικροπλαστικά όντως δημιουργούν αναταραχές και όλο και περισσότερο αυτές εντείνονται. Το θαλάσσιο περιβάλλον δεν επανακάμπτει εύκολα, η βιοποικιλότητα μειώνεται και ό,τι ακολουθεί επηρεάζει άμεσα την καθημερινή ζωή στον πλανήτη.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν δύο παραδείγματα προκειμένου να αποσαφηνιστεί τι ακριβώς προκαλεί η παρουσία μικροπλαστικών.

#### Παράδειγμα-μύδια

Μύδια εκτέθηκαν σε θαλασσινό νερό με παρουσία PE, PS εμποτισμένα με πυρένιο. Έπειτα από επτά ημέρες παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση πυρενίου στα βράγχια και ακόμα πιο σημαντική συσσώρευση στους πεπτικούς αδένες. Τα επίπεδα ιστού πυρενίου αυξήθηκαν κατά 13 φορές αντικατοπτρίζοντας έναν σοβαρό δείκτη κινδύνου. Οι ιστολογικές αναλύσεις των μυδιών που υποβλήθηκαν σε αγωγή αποκαλύπτουν την παρουσία μικροσωματιδίων στην αιμόλυμφο, στα βράγχια και ιδιαίτερα στους πεπτικούς αδένες όπου παρατηρήθηκαν συγκεντρώσεις στον εντερικό αυλό, το επιθήλιο και τα σωληνάκια. Η προσρόφηση πυρενίου δε διέφερε σημαντικά μεταξύ PE και PS. Οι χημικές τιμές που μετρήθηκαν και στα δύο πολυμερή ήταν συγκρίσιμες με αυτές που παρατηρήθηκαν σε πλαστικά pellet από παραλίες (Καλιφόρνια, Χαβάη, Ελλάδα) κοντά σε βιομηχανικές ζώνες. Συμπληρωματικά στο παράδειγμα να αναφερθεί πως σε μύδια και στρείδια που εκτρέφονται βρίσκονται περίπου 0,47 και 0,36 microplastics/g wet weight αντίστοιχα. Ο μέσος Ευρωπαίος, δηλαδή, καταναλώνει 1800-11000 μικροπλαστικά το χρόνο.

#### Παράδειγμα-φύκια

Φύκια αναμείχθηκαν με nano-PS. Καταναλώθηκαν από το είδος *Daphnia magna* το οποίο με τη σειρά του καταναλώθηκε από το είδος *Carassius Carassius*. Αυτός ο τροφικός κύκλος διήρκεσε 3 μέρες και οι υπεύθυνοι του πειράματος το επανέλαβαν για 61 ημέρες. Η τροφική δραστηριότητα μειώθηκε, προκλήθηκαν αλλαγές στη συμπεριφορά και αλλαγές στους ιστούς του εγκεφάλου. Επιπλέον αυξήθηκε η ποσότητα αιθανόλης στο συκώτι όπως και η ποσότητα ινοσίνης/αδενοσίνης και λυσίνης στους μυϊκούς ιστούς.

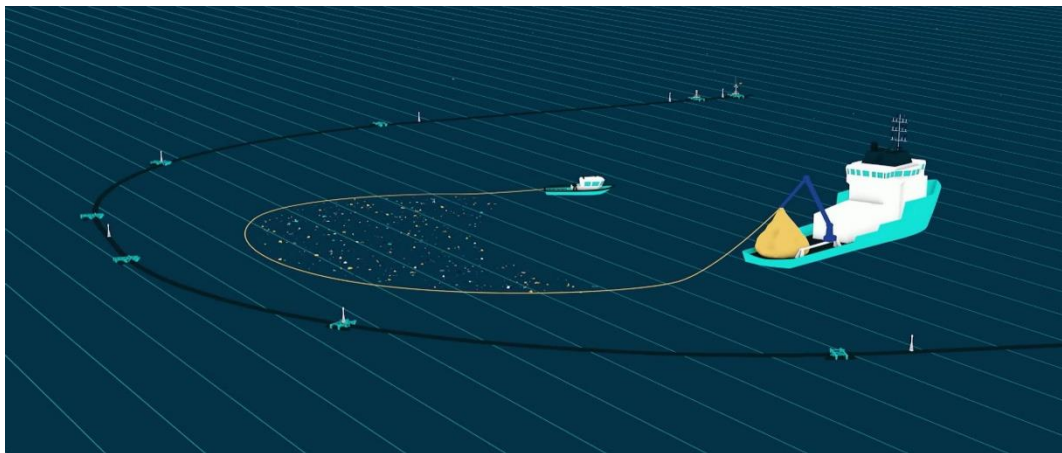


Στην αριστερή εικόνα παρουσιάζεται το είδος *Daphnia magna* και στην δεξιά το είδος *Carassius Carassius*.

## Τρόποι αντιμετώπισης της μόλυνσης από πλαστικά

Όπως διευκρινίστηκε τα μικροπλαστικά χωρίζονται σε πρωτογενή και δευτερογενή. Σχετικά με αυτά τα οποία παράγονται σε nano και micro μέγεθος η αντιμετώπιση είναι η μη παραγωγή τους ή η μείωση αυτής. Είναι τέτοια η φύση τους που δεν επιτρέπει στον άνθρωπο να τα περισυλλέξει σε αριθμό ικανοποιητικό ώστε μειώσει τη ρύπανση. Φυσικά η απαγόρευση παραγωγής τους είναι αδύνατη, λόγω της ευρείας χρησιμοποίησής τους, ωστόσο υπεύθυνοι είναι φορείς όπως η ΕΕ και άλλοι διεθνείς οργανισμοί με κύρος και δύναμη ενώ εκτιμάται ότι μπορούν να επέμβουν.

Η έρευνα σχετικά με την αντιμετώπιση της μόλυνσης από πλαστικά εστιάζεται κυρίως στις πηγές δημιουργίας των δευτερογενών μικροπλαστικών. Αρχικά οι κυβερνήσεις οφείλουν να ελέγχουν τις πηγές παραγωγής πλαστικών και τον τρόπο που αυτά χρησιμοποιούνται και διανέμονται. Η ευθύνη τους δεν σταματά εκεί. Η ενημέρωση του κοινού και η ανάπτυξη δημόσιας ανησυχίας για τα μικροπλαστικά ώστε να αλλάξουν συμπεριφορά τα άτομα είναι απαραίτητες κινήσεις για μια πιο οικολογική κοινωνία, με ορθολογική σκέψη στην χρησιμοποίηση πλαστικών. Επιπλέον, οι βιομηχανίες δεν απαλλάσσονται των ευθυνών τους. Στο εξής θα ήταν εύλογο να υποχρεώνονται ώστε να είναι υπεύθυνες για την κατάληξη των προϊόντων τους, την ανακύκλωση και την αναβάθμιση αυτών. Θα μπορούσε κανείς να αναφερθεί στη προώθηση των βιοδιασπώμενων. Ωστόσο, αξίζει να τονισθεί ότι υπάρχει αρκετή παραπληροφόρηση σχετικά με το συγκεκριμένο ζήτημα. Τα βιοδιασπώμενα πλαστικά αποτελούνται από συνθετικά πολυμερή, άμυλο, φυτικά έλαια και ειδικές χημικές ουσίες. Είναι κατασκευασμένα να διασπώνται (όπως αναφέρει και η ονομασία τους) σε νερό, ζέστη και αέρα(υπό προϋποθέσεις). Όμως η διάσπαση είναι μερική διότι τα συνθετικά πολυμερή παραμένουν στο περιβάλλον. Θεωρούνται λύση αλλά όχι η βέλτιστη.



Αφού εξετάστηκαν οι έμμεσοι τρόποι αντιμετώπισης, στη συνέχεια παραθέτονται και ορισμένοι άμεσοι. Το «The Ocean Clean-up Array» όπως αυτό απεικονίζεται στην ανωτέρω εικόνα επιτρέπει στους οργανισμούς να κινούνται κάτω από την επιφάνεια όσο εκεί πραγματοποιείται συλλογή πλαστικών απορριμμάτων. Ομοίως με αυτό έχουν κατασκευαστεί αυτόματες μηχανές που συλλέγουν τα πλαστικά μέσω δικτύων. Τέλος, θα ήταν συνετό όπου εντοπίζονται συσσωρευμένα πλαστικά ή εγκαταλελειμμένα δίκτυα να τοποθετούνται ηχητικοί μηχανισμοί προκειμένου να αποφευχθεί η προσέγγιση από θαλάσσιους οργανισμούς, κυρίως ψάρια και θηλαστικά ενώ καθοριστικής σημασίας θεωρείται και ο καθαρισμός των παραλιών. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η δευτερογενής παραγωγή μικροπλαστικών και η παρουσία τους στο θαλάσσιο τροφικό δίκτυο.

---

Ολοκληρώνοντας, γίνεται ξεκάθαρο πως η αντιμετώπιση του προβλήματος «Μικροπλαστικά» είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον περιορισμό της ρύπανσης από πλαστικά γενικότερα. Η πρόληψη είναι η καλύτερη αντιμετώπιση για ένα πιο ασφαλές οικοσύστημα.

## Συμπεράσματα

Η ρύπανση από πλαστικά, στη σημερινή εποχή, είναι πιο έντονη από ποτέ. Η ανθρωπότητα και κυρίως οι επιστήμονες είναι αντιμέτωποι με ένα γίγαντα. Έχοντας μια πλήρη εικόνα όσων καταγράφτηκαν στη συγκεκριμένη αναφορά, εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς πως τα πλαστικά είναι πολλά και πολλών ειδών. Το κάθε ένα από αυτά απαιτεί διαφορετική προσέγγιση, μελέτη και αντιμετώπιση.

Όλα όμως έχουν ένα κοινό παρονομαστή. Τη βλάβη που προκαλούν στο περιβάλλον και κυρίως στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Έχοντας επιπτώσεις σε θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα (βλέπε παράδειγμα με μύδια, φύκια), απειλείται η βιοποικιλότητα των εκάστοτε οικοσυστημάτων. Επαναλαμβάνεται πως μπορεί να μην έχει να κάνει με άμεσο και μαζικό θάνατο οργανισμών αλλά με σταδιακή πρόκληση παρενεργειών. Αρκεί να συνυπολογίσει κανείς και την αντοχή των συνθετικών πολυμερών στο χρόνο. Δεν είναι υπερβολή ότι τη στιγμή που συντάσσεται το παρόν report κάπου στον κόσμο υπάρχουν πλαστικά κατασκευασμένα πριν το 1950, απειλώντας την υγεία διαφόρων ειδών.

Σε ό,τι αφορά τα μικροπλαστικά, είναι μία σχετικά καινούργια ανησυχία. Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο υπάρχουν επιστημονικά κενά σχετικά με την κατανόησή τους, τη συμπεριφορά τους και την τοξικότητά τους. Θεωρείται ότι υπάρχει πολύ υλικό για μελλοντικές μελέτες στο αντικείμενο οι οποίες θα οδηγήσουν σε νέες μεθόδους και εργαλεία αλλά και σε πρωτογενή γνώση και δεδομένα σχετικά με αυτά.

Το θαλάσσιο περιβάλλον υποφέρει. Ο άνθρωπος και οι δραστηριότητές τους ευθύνεται στον μεγαλύτερο βαθμό. Υπάρχει κατανόηση ότι η παραγωγή δεν γίνεται να σταματήσει. Υπάρχει όμως απαίτηση, από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα, να διαφοροποιηθεί. Οι ωκεανοί και οι θάλασσες καλύπτουν το 71% του πλανήτη μας. Είναι αδιανόητο να προβαίνουμε στη συνεχή ρύπανση τους. Για ακόμα μία χρονιά Coca-Cola, Pepsi και Nestle κατέχουν τη θλιβερή πρωτιά σε πλαστική ρύπανση από τις συσκευασίες τους. Δεν μπορεί κανείς να αναφέρεται σε ανάπτυξη όταν αυτή συνοδεύεται με σωρούς πλαστικών στο υδάτινο οικοσύστημα. Είναι καθήκον των κυβερνήσεων και των υπεύθυνων φορέων ανά τον κόσμο να πληροφορήσουν τους πολίτες για τα πλαστικά και τις επιπτώσεις αυτών. Ίσως έτσι μπορέσει να ευαισθητοποιηθεί το όλο θέμα. Είναι η τελευταία ευκαιρία του ανθρώπου για ωκεανούς πιο καθαρούς και ένα οικοσύστημα πιο υγιές.



---

## Βιβλιογραφία

- Science of the Total environment 566-567 (2016) 333-349 - 'Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects'
- Marine Environmental Research 113 (2016) 7-17 - 'The behaviors of microplastics in the marine environment'
- Environmental Pollution 198 (2015) 211-222 – 'Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels'
- Environmental Pollution 218 (2016) 269-280 – 'Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems'
- Marine Pollution Bulletin 62 (2011) 1596-1605 – 'Microplastics in the marine environment'
- Matthew Cole, Pennie Lindeque, Claudia Halsband & Tamara Galloway – 'Microplastics and contaminants in the marine environment: a review'
- Environmental Pollution 178 (2013) 483-492 - The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review
- <https://www.shutterstock.com/search/microplastics>
- <https://www.weforum.org/agenda/2019/12/microplastics-ocean-plastic-pollution-research-salps/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Crucian\\_carp](https://en.wikipedia.org/wiki/Crucian_carp)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia\\_magna](https://en.wikipedia.org/wiki/Daphnia_magna)
- <https://steemit.com/nature/@rzs/garbage-island-great-pacific-garbage-patch>
- <https://mytomra.com/en/talking-trash-gyres>
- <https://oceanservice.noaa.gov/facts/gyre.html>
- <https://sites.psu.edu/aspsy/2016/09/15/the-great-pacific-garbage-patch/>
- <https://www.treehugger.com/date-revealed-first-ocean-cleanup-array-launch-4855955>
- <http://www.fao.org/in-action/eaf-nansen/blog/studying-fish-eggs-fish-larvae-and-microplastics-onboard-the-nansen/en/?rss=1>