

ODYSSEA



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Τεχνολογικές Καταστροφές: Oil Spill Modelling

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

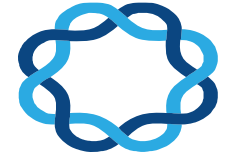
P. Keramea

Laboratory of Ecological Engineering and Technology, Department of Environmental Engineering,
Democritus University of Thrace

kerameapanagiota@gmail.com

May 2022

Τεχνολογικές Καταστροφές/Ατυχήματα



ODYSSEA

- Μεγάλη διαρροή, πυρκαγιά ή έκρηξη
- Προκύπτει από ανεξέλεγκτες καταστάσεις κατά την λειτουργία οποιασδήποτε εγκατάστασης
- Προκαλεί μεγάλους κινδύνους άμεσους ή απώτερους εντός ή εκτός της εγκατάστασης για την ανθρώπινη υγεία ή/και το περιβάλλον και σχετίζεται με μία ή περισσότερες επικίνδυνες ουσίες.



✓ *Πετρελαιοκηλίδα Deep Horizon 2010 (Κόλπο Μεξικού)*



✓ *Πυρηνικό ατύχημα του Τσερνόμπιλ 1986*



Τεχνολογικές Καταστροφές/Ατυχήματα



- **Πετρελαιοκηλίδες** είναι ποσότητες πετρελαίου που λόγω ατυχήματος ή ανθρώπινης αμέλειας διαρρέουν και εξαπλώνονται στην επιφάνεια της θάλασσας, αποτελώντας μία από τις σοβαρότερες αιτίες ρύπανσης και καταστροφής της χλωρίδας και της πανίδας στην έκταση που καταλαμβάνουν.
- **Βιομηχανικά ατυχήματα** χαρακτηρίζουμε τα τεχνολογικά ατυχήματα με πολύ σοβαρές συνέπειες τόσο από την άποψη των ανθρώπινων θυμάτων, όσο και από εκείνη των επιπτώσεων στο περιβάλλον και τις υλικές ζημιές που οφείλονται στην εξέλιξη της τεχνολογίας και την εκτεταμένη εφαρμογή της σε ορισμένους κλάδους, όπως η χημική βιομηχανία.
- **Διαρροές τοξικών ουσιών** από εξορυκτικές δραστηριότητες συμβαίνουν λόγω αστοχίας του συστήματος των εγκαταστάσεων διαχείρισης μεγάλων ποσοτήτων επικίνδυνων ουσιών με αποτέλεσμα τη σοβαρή ρύπανση του περιβάλλοντος από την απελευθέρωση των βαρέων μετάλλων και των τοξικών χημικών ουσιών.

Επιπτώσεις Τεχνολογικών Ατυχημάτων



- Η υγεία των εργαζομένων στην εγκατάσταση ή/και του κοινού που βρίσκεται κοντά στο χώρο του ατυχήματος είναι δυνατόν να κινδυνεύσει από εγκαύματα λόγω έκθεσης σε θερμική ακτινοβολία, από τραυματισμούς που οφείλονται στο ωστικό κύμα και στα πρωτογενή και δευτερογενή θραύσματα λόγω εκρήξεων και από δηλητηρίαση ή χημικά εγκαύματα λόγω έκθεσης σε τοξικές ουσίες.
- Οι επιπτώσεις στην υγεία ενός ζωντανού οργανισμού από την έκθεση σε κάποια χημική ουσία εξαρτώνται από αυτήν καθαυτή την ουσία, την οδό εισόδου και την ποσότητα που θα εισέλθει στον οργανισμό και βεβαίως την ανθεκτικότητα του οργανισμού.
- Πολλές επικίνδυνες χημικές ουσίες γίνονται αντιληπτές είτε από το χρώμα ή την οσμή τους είτε από τα συμπτώματα που προκαλούν (πχ. ερεθισμό ματιών/δέρματος/λαιμού, δυσκολία στην αναπνοή, αίσθημα ναυτίας, πονοκέφαλο, ζαλάδα). Πολλές δεν είναι ορατές, δεν έχουν οσμή ή χρώμα και τα συμπτώματα από την έκθεση σε αυτές δεν είναι πάντοτε άμεσα αντιληπτά. Σημειώνεται, επίσης ότι δεν παρουσιάζουν όλα τα άτομα τον ίδιο βαθμό ευπάθειας όταν εκτεθούν στην ίδια ποσότητα μίας χημικής ουσίας. Στις πιο ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού ανήκουν τα άτομα μικρής ηλικίας, οι ηλικιωμένοι, οι έγκυοι και τα άτομα που έχουν ήδη κάποιο πρόβλημα υγείας.

- Δεν έχουν εποχικό χαρακτήρα (όπως π.χ. οι δασικές πυρκαγιές) και δεν μπορούν να προβλεφθούν.
- Μπορεί να έχουν πολύ εκτεταμένες και σοβαρές επιπτώσεις στον πληθυσμό και στο περιβάλλον. Επίσης πέραν του άμεσου αριθμού θυμάτων (νεκρών & τραυματιών) μπορεί να έχουν και μακροπρόθεσμες συνέπειες στην υγεία των ατόμων της περιοχής.
- Κάθε ατύχημα έχει μεγάλη πιθανότητα να επεκταθεί προκαλώντας αλυσιδωτό ατύχημα (domino) είτε στην ίδια μονάδα είτε σε γειτονικές.
- Έχουν μεγάλο εύρος διάρκειας ανάλογα με τη μορφή εκδήλωσης του περιστατικού από λίγες ώρες σε αρκετές ημέρες.

Πετρελαιοκηλίδες και Μοντέλα Προσομοίωσης



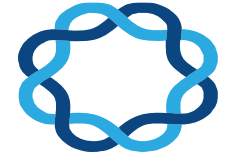
- Το αργό (ακατέργαστο) πετρέλαιο είναι ένα κολλώδες, σκούρο υγρό μίγμα υδρογονανθράκων μέσα στο οποίο είναι διαλυμένοι στερεοί και αέριοι υδρογονάνθρακες. Διακόσιες έως τριακόσιες διαφορετικές χημικές ενώσεις περιέχονται στο αργό πετρέλαιο. Το 75-98% αυτών είναι υδρογονάνθρακες. Οι κυριότερες κατηγορίες υδρογονανθράκων του πετρελαίου είναι :
 - ✓ Αλκάνια
 - ✓ Κύκλοαλκάνια
 - ✓ Αρωματικές Ενώσεις
- Η ποιότητα και η σύσταση του πετρελαίου διαφέρει από κοιτάσμα σε κοιτάσμα. Μπορεί να μεταβάλλεται ακόμη και στο ίδιο κοιτάσμα, ανάλογα με τον χρόνο από την έναρξη άντλησής του. Ένα μέσο αργό πετρέλαιο περιέχει:
 - ✓ 84% άνθρακα,
 - ✓ 14% υδρογόνο,
 - ✓ 1-3% θείο, και
 - ✓ περίπου 1% άζωτο, 1% οξυγόνο και 0,1% ανόργανα συστατικά και άλατα.

➤ *Οι ιδιότητες του αργού πετρελαίου που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του στο περιβάλλον είναι:*

- ✓ η **πυκνότητα**,
- ✓ η **πηκτικότητα**,
- ✓ το **ιξώδες**,
- ✓ το **σημείο ροής**,
- ✓ η **διαλυτότητα στο νερό**.

□ Η πυκνότητα του αργού πετρελαίου εξαρτάται από την ακριβή του σύσταση και σε συνήθεις θερμοκρασίες κυμαίνεται από περίπου $0,7 \text{ g/cm}^3$ για ένα ελαφρύ αργό πετρέλαιο έως τιμές λίγο μεγαλύτερες του $1,0 \text{ g/cm}^3$ για βαριά πισσώδη πετρέλαια. Συγκριτικά, η πυκνότητα του (γλυκού) νερού στους 4°C είναι 1 g/cm^3 και στους 25°C είναι $0,997 \text{ g/cm}^3$. Η τυπική πυκνότητα του θαλασσινού νερού είναι $1,03 \text{ g/cm}^3$ (National Research Council, 2003). Άρα λοιπόν το αργό πετρέλαιο είναι σε γενικές γραμμές αραιότερο από το γλυκό και από το θαλασσινό νερό.

Ιδιότητες Πετρελαίου



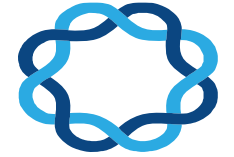
ODYSSEA



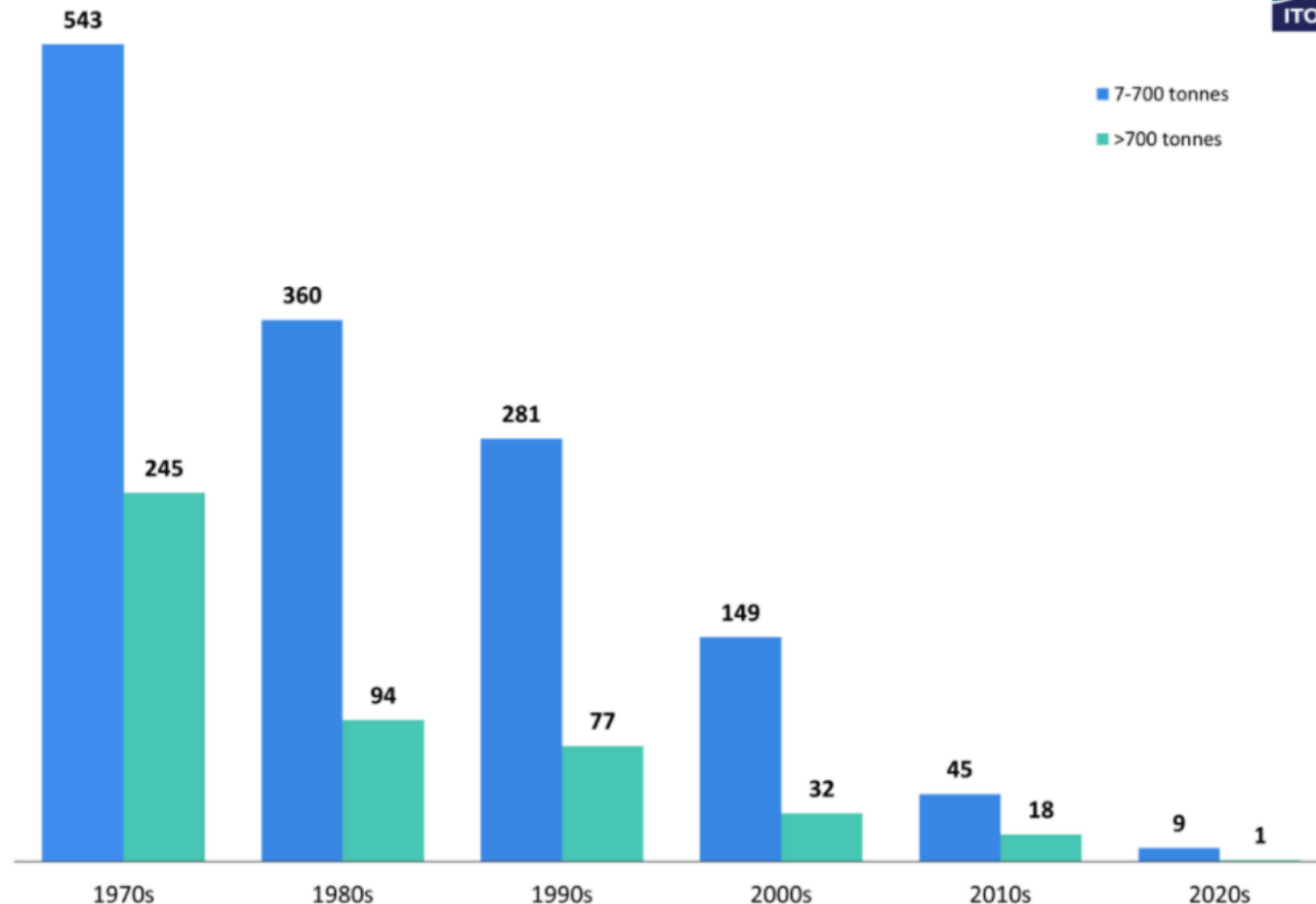
- Το αργό πετρέλαιο είναι ένα μίγμα ουσιών με διαφορετική πτητικότητα. Ένα μέτρο της πτητικότητας ενός πετρελαίου αποτελούν τα χαρακτηριστικά διύλισής του. Η διύλιση είναι μια διαδικασία κλασματικής απόσταξης κατά την οποία το αργό πετρέλαιο θερμαίνεται και τα διάφορα κλάσματά του φτάνουν στο σημείο βρασμού τους, εξατμίζονται και κατόπιν ψύχονται και συμπυκνώνονται ξεχωριστά και κατ' αυτόν τον τρόπο διαχωρίζονται.

- ❑ Το ιξώδες ενός αργού πετρελαίου αποτελεί μέτρο της αντίστασής του στη ροή. Πετρέλαια υψηλού ιξώδους ρέουν δυσκολότερα από αυτά χαμηλότερου ιξώδους. Όλα γίνονται πιο ιξώδη καθώς μειώνεται η θερμοκρασία. Το κινηματικό ιξώδες μετριέται σε centistokes ($1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2 / \text{s}$).
- ❑ Το σημείο ροής είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία υπό την οποία εξακολουθεί να ρέει το πετρέλαιο. Εξαρτάται από το περιεχόμενό του σε ασφαλτένια.
- ❑ Η διαλυτότητα του αργού πετρελαίου στο θαλασσινό νερό είναι πολύ μικρή. Εξαρτάται δε από τη σύσταση του πετρελαίου (τα βαριά πετρέλαια είναι πιο δυσδιάλυτα), από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και τις λοιπές ιδιότητες του νερού.

Στατιστικά Πετρελαιοκηλίδων - Παγκόσμια τάση πετρελαιοκηλίδας

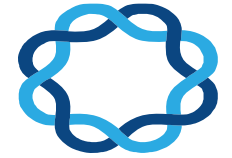


ODYSSEA

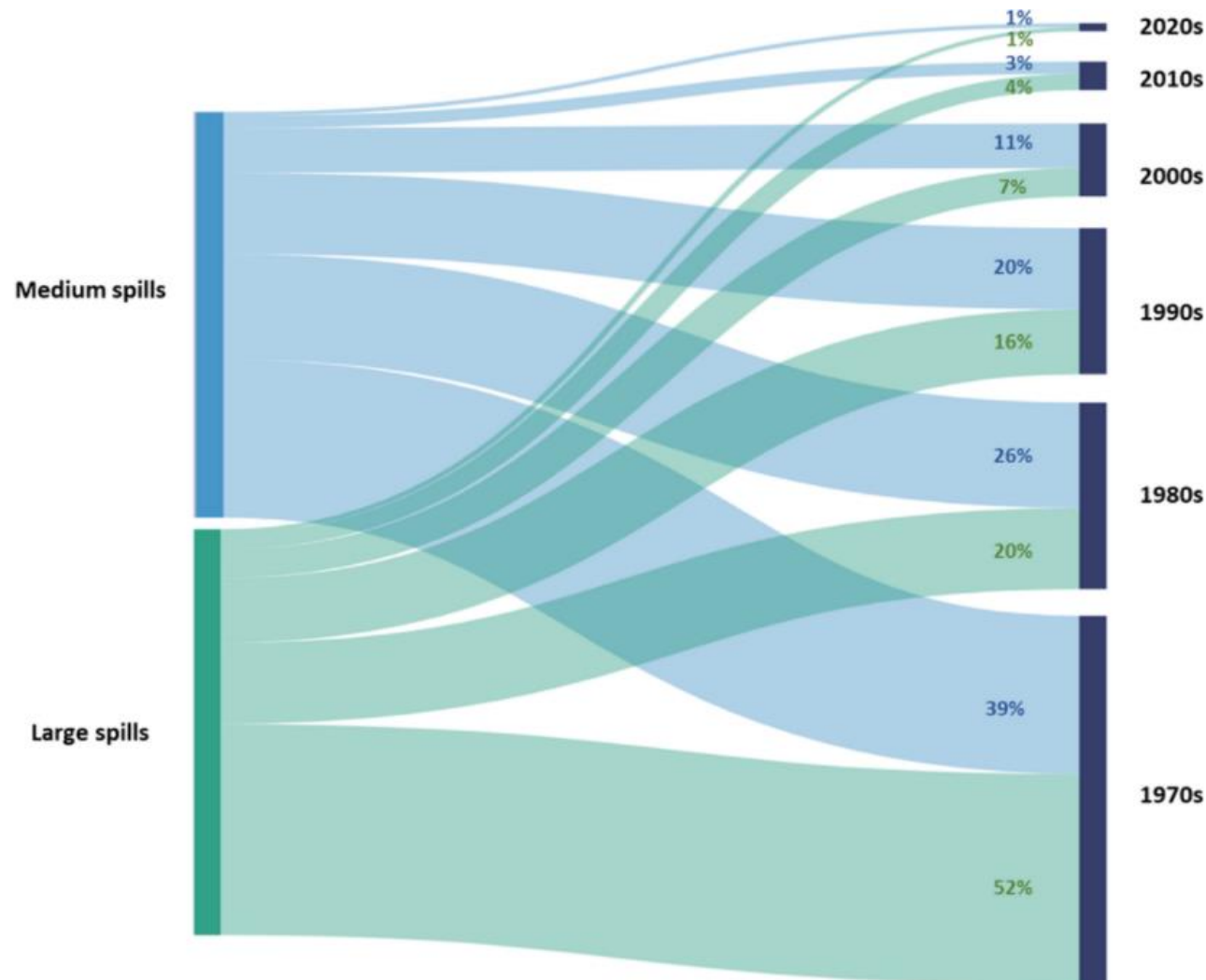


- Αριθμός μεσαίων (7-700 τόνων) και μεγάλων (>700 τόνων) διαρροών δεξαμενόπλοιων ανά δεκαετία, 1970 - 2021. *Διαθέσιμα δεδομένα μόνο δύο χρόνια για τη δεκαετία του 2020
- Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί η προοδευτική μείωση του αριθμού των διαρροών όταν τα δεδομένα αναλύονται ανά δεκαετία, όπως φαίνεται παρακάτω

Στατιστικά Πετρελαιοκηλίδων - Παγκόσμια τάση πετρελαιοκηλίδας



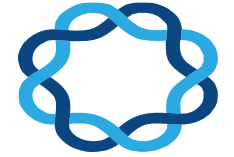
ODYSSEA



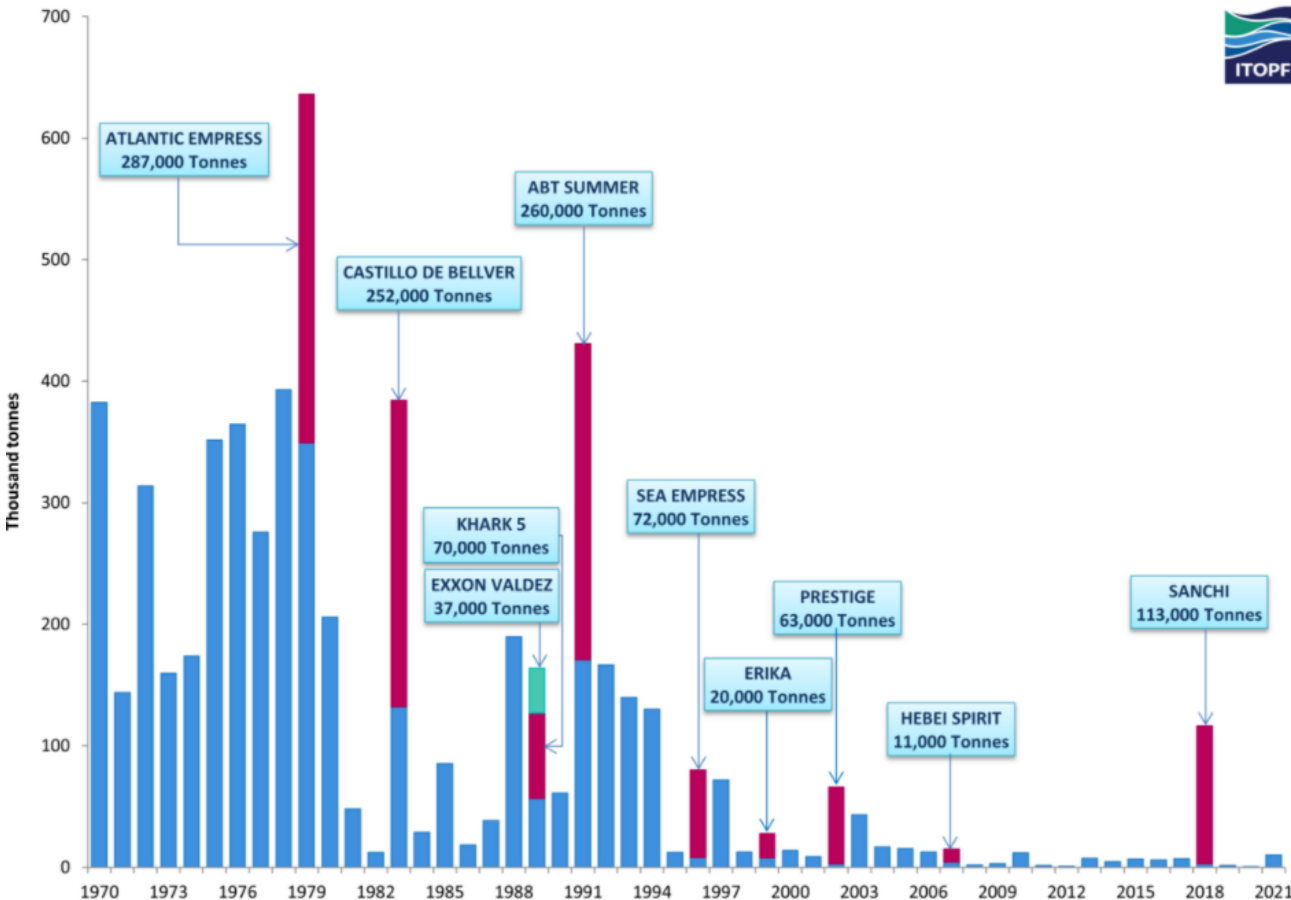
➤ Μεσαίες (7-700 τόνοι) και μεγάλες (>700 τόνοι) διαρροές δεξαμενόπλοιων ως ποσοστό αυτών που καταγράφονται ανά δεκαετία, 1970 – 2021.

➤ Το ένα τέταρτο όλων των διαρροών άνω των 7 τόνων που καταγράφηκαν τα τελευταία 52 χρόνια ήταν μεγάλες (>700 τόνοι). Περισσότερες από τις μισές (52%) των μεγάλων διαρροών σημειώθηκαν τη δεκαετία του 1970

Στατιστικά Πετρελαιοκηλίδων - Ποσότητα διαρροής

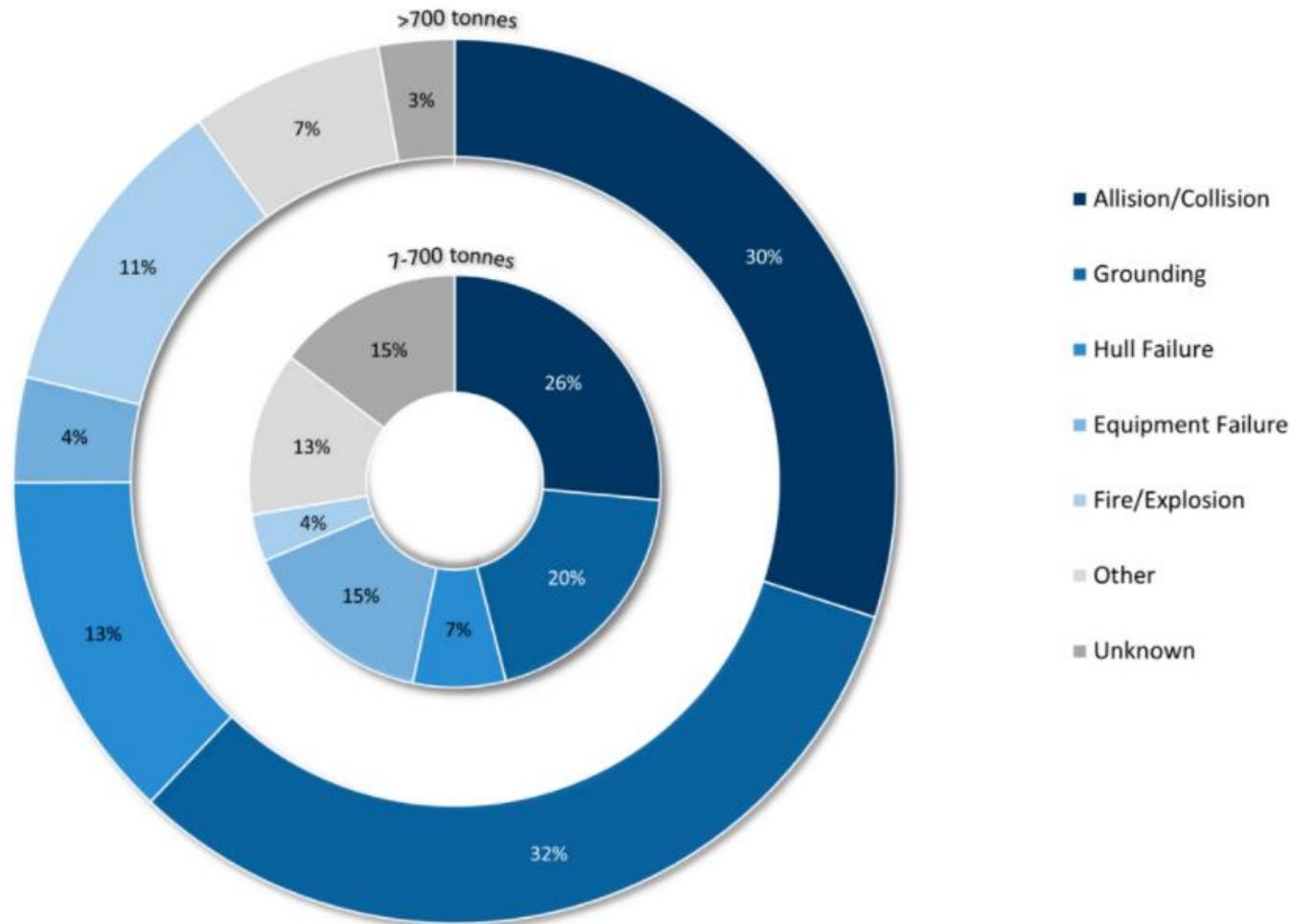


ODYSSEA



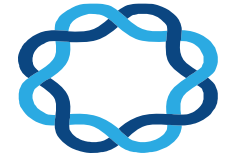
- Παράλληλα με τη μείωση της συχνότητας των διαρροών, έχει σημειωθεί σημαντική μείωση στην ποσότητα του πετρελαίου που έχει διαρρεύσει κατά τη διάρκεια των δεκαετιών. Στη δεκαετία του 2010 χάθηκαν περίπου 164.000 τόνοι πετρελαίου από διαρροές δεξαμενόπλοιων 7 τόνων και άνω, μείωση 95% από τη δεκαετία του 1970. Ο αριθμός για την τρέχουσα δεκαετία είναι επί του παρόντος 11.000 τόνοι.
- Όσον αφορά τον όγκο της διαρροής πετρελαίου, τα στοιχεία για ένα συγκεκριμένο έτος ενδέχεται να παραμορφωθούν σοβαρά από ένα μόνο μεγάλο περιστατικό. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα από περιστατικά όπως το ATLANTIC EMPRESS (1979), χύθηκαν 287.000 τόνοι. CASTILLO DE BELLVER (1983), χυμένα 252.000 τόνοι. ABT SUMMER (1991), χύθηκαν 260.000 τόνοι και SANCHI (2018), 113.000 τόνοι.

Αιτίες διαρροής δεξαμενόπλοιων



- Αιτίες διαρροών δεξαμενόπλοιων, 1970-2021
- Οι περισσότερες πετρελαιοκηλίδες (>7 τόνοι) που καταγράφηκαν μεταξύ 1970 και 2021 προκλήθηκαν από Συγκρούσεις και Γειώσεις

Μεγάλη Πετρελαιοκηλίδα Περού - 15 Ιανουαρίου 2022



ODYSSEA



✓ Η Πετρελαιοκηλίδα μόλυνε 21 παραλίες στο Περού μετά από έκρηξη ηφαιστείου στην Τόνγκα που προκάλεσε τσουνάμι. Έχει χαρακτηριστεί από την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης και Ελέγχου ως η μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή που έχει συμβεί στο Περού.

✓ Περίπου 6.000 βαρέλια πετρελαίου πετάχτηκαν στη θάλασσα.

Μεγάλες Πετρελαιοκηλίδες στην Αμερική - 2021



✓ Πετρελαιοκηλίδα Νέας Ορλεάνης

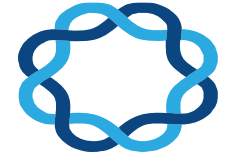
Τα ομοσπονδιακά αρχεία έδειξαν ότι ένας αγωγός που είχε υποστεί σοβαρή διάβρωση έσπασε και χύθηκε περισσότερα από 300.000 γαλόνια ντίζελ λίγο έξω από τη Νέα Ορλεάνη, τον Δεκέμβριο του 2021.



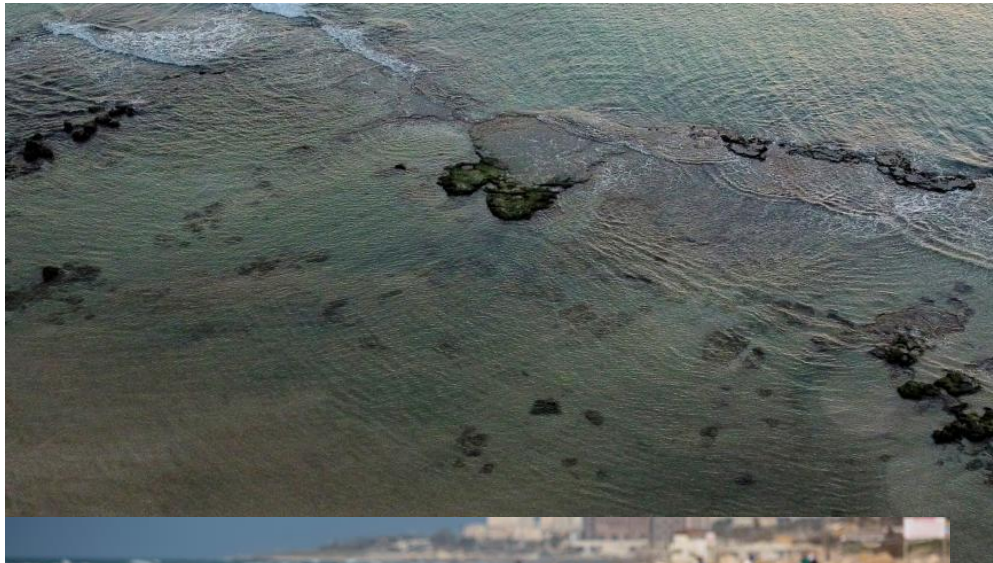
✓ Πετρελαιοκηλίδα Orange County oil spill

Στις 21 Οκτωβρίου του 2021 περίπου 126.000 γαλόνια αργού χύθηκαν στα παράκτια ύδατα, της κομητείας Orange και της πόλης Huntington Beach δημιουργώντας μια κηλίδα που εκτεινόταν περίπου σε 8.320 στρέμματα.

Μεγάλες Πετρελαιοκηλίδες στην Μεσόγειο



ODYSSEA



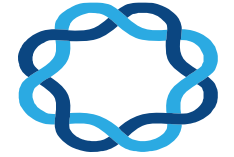
Syrian Oil Spill

- ✓ Τον Αύγουστο του 2021 δημιουργήθηκε πετρελαιοκηλίδα στις ακτές της Συρίας και την Κύπρου, καθώς χύθηκαν περίπου 15.000-20.000 τόνοι στη θάλασσα.

Israel Oil Spill

- ✓ Τον Οκτώβριο του 2021 δημιουργήθηκε πετρελαιοκηλίδα στις ακτές του Ισραήλ και του Λιβάνου, όπου περίπου 70 τόνοι πετρελαίου χύθηκαν στην θάλασσα.

Μεγάλη Πετρελαιοκηλίδα στην Ελλάδα

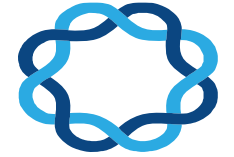


ODYSSEA



- ✓ Η Αγία Ζώνη II βυθίστηκε ενώ ήταν αγκυροβολημένη στις 10 Σεπτεμβρίου 2017 λειτουργώντας με εκτεταμένο πιστοποιητικό και απελευθερώνοντας μεγάλο μέρος του φορτίου μαζούτ 2.200 τόνων στη θάλασσα κοντά στη Σαλαμίνα, το οποίο αργότερα παρασύρθηκε κατά μήκος της ακτογραμμής προς τον Πειραιά και άλλες παραλίες της νότιας Αττικής. Στη συνέχεια, το υπουργείο Υγείας απαγόρευσε την πρόσβαση σε ορισμένες παραλίες κατά μήκος της Αθηναϊκής Ριβιέρας.

Μεταφορά Πετρελαίου



ODYSSEA



- Η μεταφορά του αργού πετρελαίου και των προϊόντων του (περιλαμβάνεται και η διύλιση) συνεισφέρει κατά 23% περίπου στο πετρέλαιο που εισέρχεται παγκοσμίως στο θαλάσσιο περιβάλλον από ανθρωπογενείς πηγές. Οι ποσότητες αυτές είναι μικρότερες σε σχέση με τις ποσότητες από τη χρήση/κατανάλωση πετρελαίου, όμως (όπως και οι διαρροές από την εξόρυξη πετρελαίου) ενέχουν σοβαρές επιπτώσεις για το θαλάσσιο περιβάλλον, διότι μπορεί να σημαίνουν την απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων πετρελαίου σε κάποια περιοχή λόγω ατυχήματος πετρελαιοφόρου ή αγωγού. Επίσης, στατιστικά αυτές οι διαρροές μπορεί να συμβούν οπουδήποτε υπάρχει κίνηση πετρελαιοφόρων ή υποθαλάσσιοι αγωγοί. Είναι συχνότερες βέβαια κοντά σε μεγάλα διυλιστήρια και σε περιοχές φόρτωσης.

Μεταφορά Πετρελαίου

- Διαρροές αγωγών
- Ατυχήματα πετρελαιοφόρων
- Λειτουργικές διαρροές (εκπλύματα φορτίου πετρελαιοφόρων)
- Διαρροές από παράκτιες εγκαταστάσεις
- Ατμοσφαιρική εναπόθεση



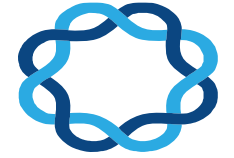
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

➤ Τοξικές δράσεις στους θαλάσσιους οργανισμούς

- ✓ Το πετρέλαιο επιδρά στην αναπαραγωγή, την ανάπτυξη, και τη συμπεριφορά των οργανισμών.
- ✓ Σε γενικές γραμμές, στην ανοιχτή θάλασσα και τις παράκτιες περιοχές, τα ενήλικα ψάρια με εμπορική σημασία για τον άνθρωπο έχουν την ικανότητα να αποφεύγουν περιοχές στις οποίες επιπλέει πετρέλαιο και σπάνια πεθαίνουν.
- ✓ Τα αυγά των ψαριών και οι προνύμφες τους όμως είναι ευάλωτα στη ρύπανση από πετρέλαιο και έχει παρατηρηθεί θάνατος των προνυμφών και μείωση του ποσοστού εκκολαπτόμενων αυγών σε συγκεντρώσεις πετρελαίου 10-25 ng/L.
- ✓ Υπάρχουν αναφορές για ανάπτυξη όγκων σε ψάρια και δίθυρα που διαβιούν σε περιοχές με χρόνια ρύπανση από υδρογονάνθρακες πετρελαίου. Επίσης το πετρέλαιο αυξάνει την ευαισθησία των ψαριών στις ασθένειες.



Περιβαλλοντικές επιπτώσεις



ODYSSEA

➤ Τοξικότητα στα θαλασσοπούλια

Τα θαλασσοπούλια βλάπτονται έμμεσα, κυρίως λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του επιπλέοντος πετρελαίου, ενώ η άμεση τοξικότητα των συστατικών του έχει μικρότερη σημασία. Όταν το φτέρωμα ενός πουλιού καλυφθεί από πετρέλαιο, παύει πια να απωθεί το νερό. Έτσι το νερό διεισδύει στο φτέρωμα και εκτοπίζει τον αέρα που βρίσκεται παγιδευμένος μεταξύ των φτερών και του δέρματος των πουλιών. Ο αέρας αυτός, παρέχει αυξημένη άνωση και θερμική μόνωση. Έτσι, το πουλί βυθίζεται στο νερό και πνίγεται. Ακόμη και αν δεν πνιγεί, η απώλεια της θερμικής μόνωσης έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία εξάντληση των αποθεμάτων ενέργειας του ζώου, που προσπαθεί να διατηρήσει τη θερμοκρασία του σώματός του σταθερή. Ακολουθεί υποθερμία και θάνατος.



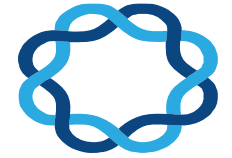
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

➤ Κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία



- ✓ Κάποιοι υδρογονάνθρακες πετρελαίου είναι τοξικοί για τον άνθρωπο και υπάρχει μικρός αριθμός περιστατικών όπου αναφέρεται ότι μικρά παιδιά αρρώστησαν ή ακόμη και πέθαναν μετά από ακούσια κατάποση κηροζίνης. Ευτυχώς η γεύση των υδρογονανθράκων πετρελαίου είναι ιδιαίτερα απεχθής. Έτσι ο κίνδυνος να εκτεθούν οι άνθρωποι σε επιβλαβείς ποσότητες των ουσιών αυτών από ρυπασμένα τρόφιμα ή νερό είναι μικρή.
- ✓ Το πετρέλαιο περιέχει πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), κάποιοι εκ των οποίων είναι γνωστές καρκινογόνες ουσίες για τον άνθρωπο. Παλιότερα υπήρξαν φόβοι ότι οι ουσίες αυτές συσσωρεύονται στους οργανισμούς και βιομεγεθύνονται στις τροφικές αλυσίδες. Σήμερα έχει αποδειχτεί ότι η κατανάλωση θαλασσινών αποτελεί το 2-3% της λήψης των PAHs μέσω μιας κανονικής διαίτας.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις - Επιδράσεις στις εμπορικές δραστηριότητες

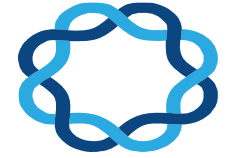


ODYSSEA

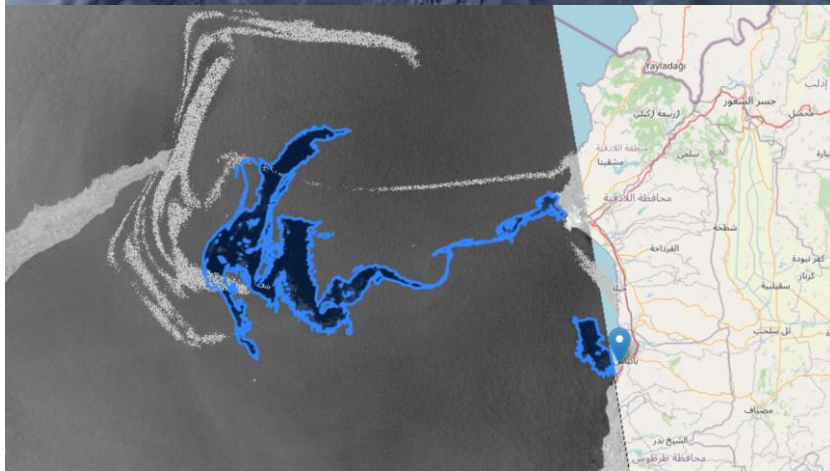
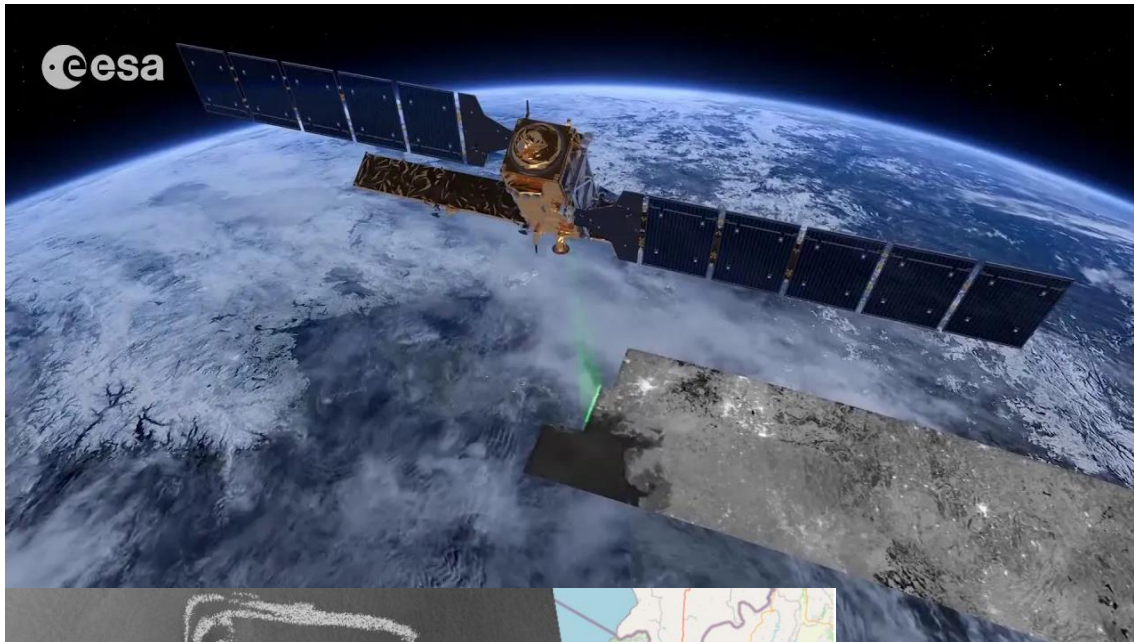


- ✓ Στην ανοιχτή θάλασσα και σε παράκτιες περιοχές τα ψάρια μπορούν και απομακρύνονται από ρυπασμένες με πετρέλαιο περιοχές και συνήθως δεν πεθαίνουν. Τα αυγά των ψαριών και οι προνύμφες τους είναι περισσότερο ευάλωτα στη ρύπανση από πετρέλαιο. Επίσης, σημαντικά προβλήματα δημιουργούνται και στους οργανισμούς που διαβιούν σε προφυλαγμένες παράκτιες περιοχές, όπου το πετρέλαιο παραμένει ανέπαφο για χρόνια.
- ✓ Οι ιχθυοκαλλιέργειες και οι οστρακοκαλλιέργειες είναι ιδιαίτερα ευπαθείς σε διαρροές πετρελαίου, διότι τα ψάρια δεν μπορούν να διαφύγουν από τη ρυπασμένη περιοχή. Ενώ είναι δυνατό τα ψάρια να εκτεθούν σε χαμηλές συγκεντρώσεις πετρελαίου οι οποίες δεν έχουν τοξικές επιδράσεις, η γεύση και η μυρωδιά που αποκτούν απαξιώνει την εμπορική τους αξία και τα κάνει μη εμπορεύσιμα.
- ✓ Μια ακόμη ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζεται σημαντικά από τη ρύπανση με πετρελαιοειδή, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις ατυχημάτων, είναι ο τουρισμός και η αναψυχή.

Εντοπισμός πετρελαιοκηλίδων μέσω δορυφόρου



ODYSSEA



- Οι δορυφόροι που είναι εξοπλισμένοι με Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος (ΡΣΑ) (Synthetic Aperture Radar – SAR) αποτελούν ιδανικά εργαλεία για τη συμπλήρωση των συμβατικών αεροπορικών μέσων εντοπισμού πετρελαιοκηλίδων, λόγω της ικανότητάς τους να ανιχνεύουν πετρελαιοκηλίδες στην επιφάνεια της θάλασσας αλλά και να επιθεωρούν μεγάλες θαλάσσιες περιοχές ανεξάρτητα από το φως του ήλιου και τη νεφοκάλυψη.
- Ο εντοπισμός οφείλεται στο ότι η ύπαρξη της πετρελαιοκηλίδας εξασθενεί τα τριχοειδή κύματα επιφανείας (short gravity - capillary waves) που δημιουργούνται από τον άνεμο στην επιφάνεια της θάλασσας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της οπισθοσκέδασης της ακτινοβολίας του ραντάρ, με συνέπεια οι περιοχές που περιέχουν πετρελαιοκηλίδες να παρουσιάζονται με σκούρο χρώμα στις απεικονίσεις ραντάρ συνθετικού ανοίγματος, έχοντας έντονη αντίθεση από τις γειτονικές περιοχές καθαρής θάλασσας.

Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων

✓ Πλωτά φράγματα και διατάξεις άντλησης

Τα πλωτά φράγματα (booms) αποτελούν διατάξεις που χρησιμοποιούνται αφενός για να προστατέψουν τις ακτές, τις ιχθυοκαλλιέργειες και άλλους πόρους από την πετρελαϊκή ρύπανση, αφετέρου για να περιορίσουν την πετρελαιοκηλίδα και να αυξήσουν το πάχος της, κάνοντας ευκολότερη την απομάκρυνση του πετρελαίου από το νερό.



Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων

Τα προβλήματα στη χρήση των **πλωτών φραγμάτων** είναι:

- Το πετρέλαιο, ανάλογα και με τον κυματισμό της θάλασσας, διασκορπίζεται στη στήλη του νερού, οπότε δεν μπορεί να συλλεχθεί από τα φράγματα, που είναι σχεδιασμένα να συγκρατούν πετρέλαιο που βρίσκεται στην επιφάνεια.
- Τα σκάφη και τα φράγματα αναπτύσσονται αργά, ενώ το πετρέλαιο έχει την τάση να εξαπλώνεται γρήγορα σε μεγάλες εκτάσεις. Η μέγιστη ταχύτητα ρυμούλκησης του φράγματος είναι 0,5 κόμβοι. Σε μεγαλύτερες ταχύτητες τα φράγματα δεν μπορούν να διατηρήσουν την κατακόρυφη θέση τους και το πετρέλαιο υπερχειλίζει.
- Ο συντονισμός των σκαφών είναι δύσκολος και καλό είναι να γίνεται από αεροσκάφη. Γενικά, οι ποσότητες του πετρελαίου που μπορεί να ανακτηθούν ακόμα και σε πολύ ευνοϊκές συνθήκες είναι μικρές.



Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων



✓ Χημικά διασκορπιστικά

- Η φυσική διασπορά του πετρελαίου στο νερό επιτυγχάνεται όταν με τη βοήθεια της μηχανικής ενέργειας των κυμάτων η πετρελαιοκηλίδα σπάει σε μικροσκοπικά σταγονίδια, που αιωρούνται στη στήλη του νερού. Η φυσική αυτή διεργασία μπορεί να επιταχυνθεί με τον ψεκασμό της πετρελαιοκηλίδας με χημικές ουσίες που ονομάζονται διασκορπιστικά (dispersants).
- Με τον τρόπο αυτό απομακρύνεται το πετρέλαιο από την επιφάνεια της θάλασσας και αραιώνεται στη στήλη του νερού, συνεπώς οργανισμοί όπως τα θαλασσοπούλια που βουτάνε στη θάλασσα για να βρουν την τροφή τους δεν εκτίθενται σε τόσο μεγάλες ποσότητες. Επίσης, ενισχύεται η διάσπαση του πετρελαίου από τους μικροοργανισμούς, λόγω της αύξησης της επιφάνειας των σταγονιδίων σε σύγκριση με αυτή της πετρελαιοκηλίδας.

Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων

✓ *Περιορισμοί διασκορπιστικών*

- Δεν είναι αποτελεσματικά σε ιξώδη πετρέλαια ή σε πετρέλαια που έχουν παραμείνει στη θάλασσα για κάποιο χρονικό διάστημα και έχουν υποστεί μετασχηματισμούς όπως η εξάτμιση, η διάσπαση και η γαλακτωματοποίηση, διότι αυτές οι διεργασίες αυξάνουν το ιξώδες του υπολειμματικού πετρελαίου.
- Η απόφαση για το αν θα χρησιμοποιηθούν διασκορπιστικά θα πρέπει να ληφθεί λίγες ώρες ή το πολύ μέρες (ανάλογα και με τις συνθήκες) από τη στιγμή της διαρροής.
- Τα διασκορπιστικά, ως χημικές ουσίες, είναι τοξικά. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει η τοξικότητα του μίγματος πετρελαίου - διασκορπιστικού να είναι μικρότερη από την τοξικότητα του πετρελαίου στους θαλάσσιους οργανισμούς.
- Όταν η πετρελαιοκηλίδα είναι μεγάλη, δύσκολα συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός πλοίων ή αεροσκαφών για να αντιμετωπιστεί όλη η πετρελαιοκηλίδα γρήγορα. Συνήθως ψεκάζεται μόνο ένα μικρό της μέρος



✓ *Επί Τόπου Καύση*

Η επιτόπου καύση (in-situ burning) είναι ένας όρος που σημαίνει την ελεγχόμενη καύση του πετρελαίου στο σημείο της εκροής του στη θάλασσα. Για να επιτευχθεί, θα πρέπει το πετρέλαιο να περιοριστεί, ώστε η πετρελαιοκηλίδα να αποκτήσει ένα ελάχιστο πάχος, και να υπάρχει μια πηγή ανάφλεξης. Οι απαραίτητες συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται για την εφαρμογή της μεθόδου είναι:

- Το ελάχιστο πάχος της κηλίδας να είναι 2-3 mm.
- Πειράματα έχουν δείξει ότι η επιτόπου καύση του πετρελαίου είναι δυνατή μόνο υπό ήπιες καιρικές συνθήκες. Οι ταχύτητες του ανέμου που πνέουν στην περιοχή πρέπει να είναι χαμηλότερες από 5 μποφόρ και το ύψος των κυμάτων μικρότερο από 3 πόδια.
- Τα θαλάσσια ρεύματα στην περιοχή θα πρέπει να έχουν ταχύτητα μικρότερη του ενός κόμβου.
- Επειδή τα ελαφρά κλάσματα του πετρελαίου είναι περισσότερο εύφλεκτα από τα βαριά, αλλά ταυτόχρονα είναι και τα πιο πτητικά, το ποσοστό του πετρελαίου που έχει εξατμιστεί πρέπει να είναι λιγότερο από 30%.
- Επειδή, λόγω της γαλακτωματοποίησης το πετρέλαιο αναμιγνύεται με νερό, το περιεχόμενο νερό θα πρέπει να είναι λιγότερο από το 25% του όγκου του πετρελαίου, ώστε να επιτυγχάνεται και να συντηρείται η καύση.

Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων

✓ Προβλήματα *Επί Τόπου Καύσης*

- Η ανάφλεξη και η διατήρηση της καύσης του πετρελαίου είναι δύσκολη.
- Εάν η καύση επιτευχθεί, εκπέμπονται αέριοι ρύποι που είναι επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία.
- Υπάρχουν κίνδυνοι για το ανθρώπινο δυναμικό που ασχολείται με την αντιμετώπιση της πετρελαιοκηλίδας.
- Συνήθως, κατά την καύση δεν καίγεται όλη η ποσότητα του πετρελαίου. Τα πιο βαριά κλάσματα παραμένουν άκαυστα και δημιουργούν στερεά υπολείμματα, που κατακάθονται στον βυθό.



✓ Βιοαποκατάσταση (*bioremediation*)

- Η βιοαποκατάσταση έχει σκοπό να ενισχύσει τη φυσική διεργασία διάσπασης του πετρελαίου από τους μικροοργανισμούς (βιοδιάσπαση). Η ενίσχυση αυτή γίνεται με τη χρήση διασκορπιστικών και θρεπτικών συστατικών.
- Οι μικροοργανισμοί προτιμούν να διασπούν τις οργανικές ουσίες που έχουν μια συγκεκριμένη αναλογία άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου. Η παρουσία του πετρελαίου αυξάνει σημαντικά το ποσοστό του άνθρακα, με αποτέλεσμα η αναλογία C:N:P να μην ευνοεί τη βιοδιάσπαση. Για τον λόγο αυτό, προστίθενται στην πετρελαιοκηλίδα θρεπτικά συστατικά (νιτρικά και φωσφορικά). Η μέθοδος αυτή καταπολέμησης των πετρελαιοκηλίδων χρησιμοποιήθηκε στο ατύχημα του Exxon Valdez, χωρίς να επαληθευτεί πλήρως η αποτελεσματικότητά της. Το βέβαιο είναι ότι η αποκατάσταση βαριά ρυπασμένων περιοχών διαρκεί μήνες ή και χρόνια

Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων

- ✓ Η ίδια μέθοδος **Βιοαποκατάστασης** χρησιμοποιήθηκε στη διαρροή του Deepwater Horizon στον Κόλπο του Μεξικού με καλύτερα αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται:
 - Στον Κόλπο του Μεξικού υπάρχουν φυσικές υποθαλάσσιες διαρροές πετρελαίου, συνεπώς υπάρχουν ήδη πληθυσμοί μικροοργανισμών που είναι έτοιμοι να διασπάσουν το πετρέλαιο.
 - Επίσης το πετρέλαιο βρισκόταν σε καλή διασπορά στο νερό, καθώς εκτοξευόταν από μεγάλο βάθος προς την επιφάνεια και στην πορεία του διασκορπιζόταν.
 - Ακόμη, η φύση του πετρελαίου ήταν τέτοια (ελαφρύ πετρέλαιο) που ευνοούσε τη διασπορά του.



Μέθοδοι αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων



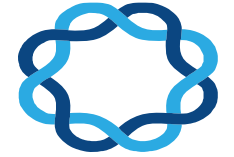
✓ Υλικά ρόφησης (*sorbents*)

Τα υλικά ρόφησης δρουν έλκοντας περισσότερο το πετρέλαιο σε σύγκριση με το νερό. Είναι δηλαδή ταυτόχρονα ελαιόφιλα και υδρόφοβα. Στις περισσότερες περιπτώσεις προσροφούν το πετρέλαιο στην επιφάνεια του υλικού (adsorption), ενώ υπάρχουν και υλικά που απορροφούν το πετρέλαιο στο εσωτερικό τους (absorption). Τα υλικά αυτά, ανάλογα με την πρώτη ύλη κατασκευής τους, μπορούν να διακριθούν στις εξής βασικές κατηγορίες:

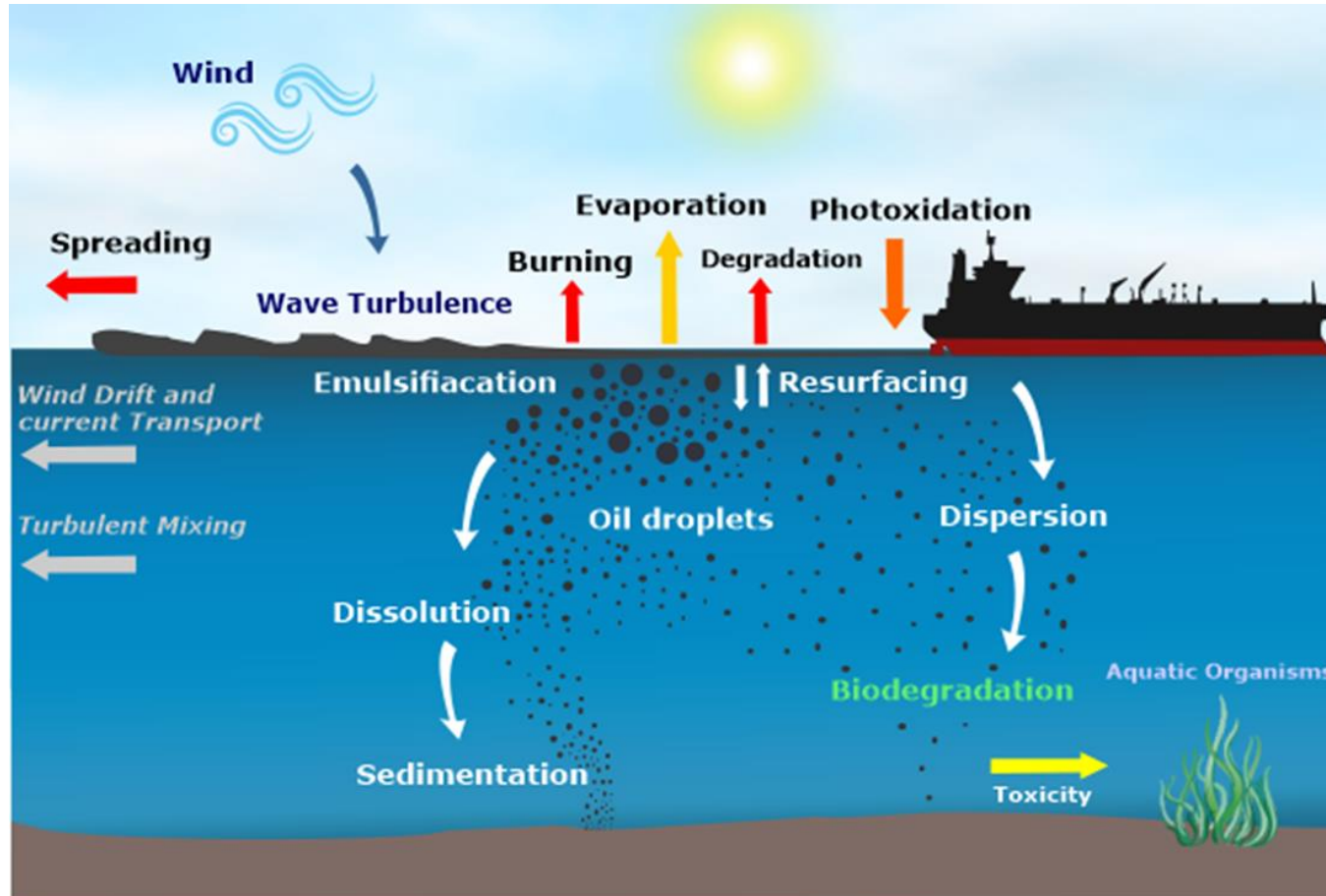
- κατεργασμένα φυτικά (Natural Organic Sorbents),
- κατεργασμένα ορυκτά (Mineral Sorbents),
- συνθετικά - πολυμερή (Synthetic Sorbents).

➤ Αν και χρησιμοποιούνται εκτεταμένα στον καθαρισμό των ακτών, η χρήση τους θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, διότι έχουν ως αποτέλεσμα στερεά απόβλητα, που θα πρέπει να υποστούν επεξεργασία ή να διατεθούν με κατάλληλο τρόπο μετά τη χρήση, πράγμα που αυξάνει το κόστος της αποκατάστασης και του καθαρισμού.

Βιοχημικές διεργασίες και μεταφοράς πετρελαίου



ODYSSEA



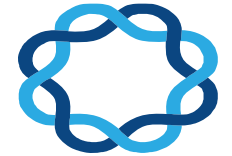
➤ Μετεωρολογικές Συνθήκες

- ✓ Άνεμοι
- ✓ Κύματα
- ✓ Θαλάσσια ρεύματα

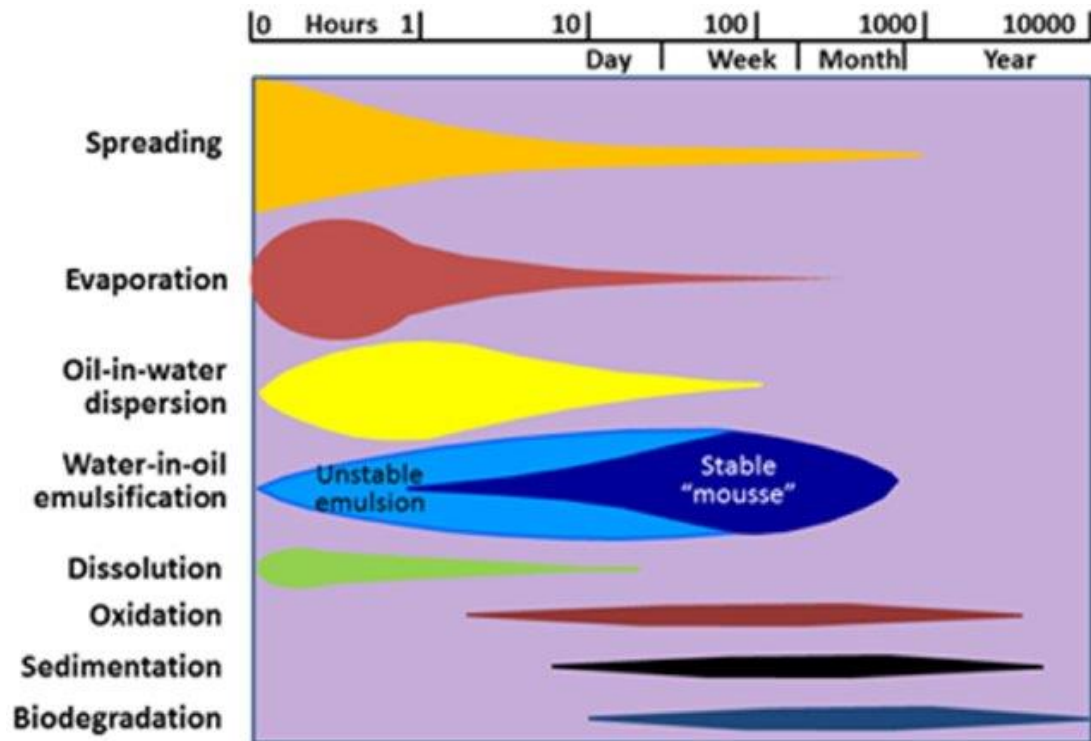
➤ Φυσικό-χημικές διεργασίες

- ✓ Εξάτμιση
- ✓ Διασπορά
- ✓ Γαλακτωματοποίηση
- ✓ Διάχυση
- ✓ Διαλυτότητα
- ✓ Ιζηματοποίηση
- ✓ Βιοδιάσπαση
- ✓ Φωτο-οξείδωση

Βιοχημικές διεργασίες και μεταφοράς πετρελαίου

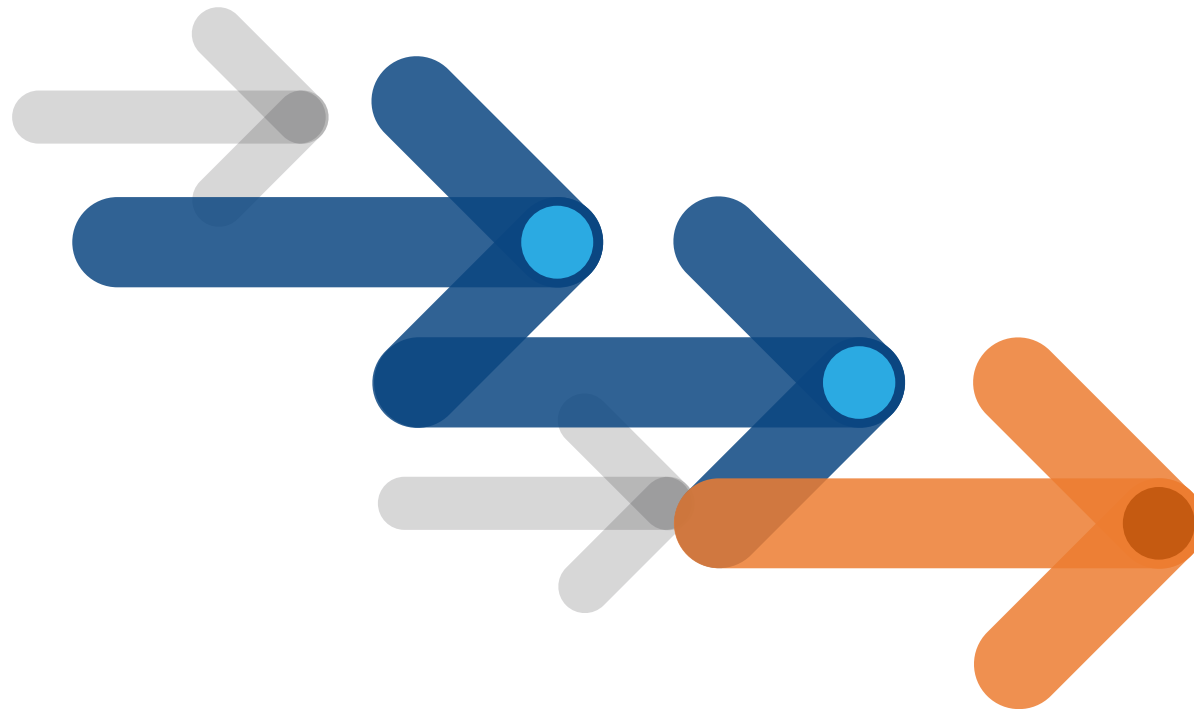


ODYSSEA



- Η εξάπλωση, η εξάτμιση, η διασπορά/διάχυση, η γαλακτωματοποίηση και η διαλυτότητα είναι τα πιο κρίσιμα OWRPs, που δρουν στα αρχικά στάδια της πετρελαιοκηλίδας.
- Σε δεύτερο στάδιο πιο μακροπρόθεσμο δρουν η φωτοξείδωση, η βιοαποδόμηση και η καθίζηση και καθορίζουν την τελική μοίρα του χυμένου πετρελαίου.

Περισσότερη λεπτομέρεια



Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

1 Εξάτμιση

- Η εξάτμιση λαμβάνει χώρα όταν τα πτητικά στοιχεία του λαδιού διαχέονται από το λάδι και συμπαρασύρουν το αέριο στάδιο, ενώ τα βαρύτερα συστατικά του πετρελαίου παραμένουν στη θάλασσα. Τα ελαφρύτερα συστατικά του λαδιού θα εξατμιστούν στην ατμόσφαιρα. Η ποσότητα της εξάτμισης και η ταχύτητα με την οποία συμβαίνει εξαρτώνται από την πτητικότητα του λαδιού. Ένα λάδι με μεγάλο ποσοστό ελαφρών και πτητικών ενώσεων θα εξατμίσει περισσότερο από ένα με μεγαλύτερη ποσότητα βαρύτερων ενώσεων. Για παράδειγμα, η βενζίνη, η κηροζίνη και τα λιπαντικά ντίζελ, όλα τα ελαφριά προϊόντα, τείνουν να εξατμίζονται σχεδόν τελείως σε λίγες μέρες, ενώ μικρή εξάτμιση θα συμβεί από ένα βαρύ μαζούτ. Γενικά, σε εύκρατες συνθήκες, εκείνα τα συστατικά του λαδιού με σημείο βρασμού κάτω των 200°C τείνουν να εξατμίζονται μέσα στις πρώτες 24 ώρες. Η εξάτμιση μπορεί να αυξηθεί καθώς το λάδι απλώνεται, λόγω της αυξημένης επιφάνειας της κηλίδας. Οι πιο παραγμένες θάλασσες, οι υψηλές ταχύτητες ανέμου και οι υψηλές θερμοκρασίες τείνουν επίσης να αυξάνουν τον ρυθμό εξάτμισης και την αναλογία ενός πετρελαίου που χάνεται από αυτή τη διαδικασία



Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

2

Οριζόντια Διασπορά

- Η διασπορά αναφέρεται στη δημιουργία μιας λεπτής μεμβράνης, που επεκτείνεται στην επιφάνεια της θάλασσας, μόλις απελευθερωθεί λάδι. Ο ρυθμός διασποράς και το πάχος της πετρελαιοκηλίδας εξαρτώνται από τη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, το ιξώδες του λαδιού και την πυκνότητα. Μόλις χυθεί το λάδι, αρχίζει να απλώνεται στην επιφάνεια της θάλασσας, αρχικά ως μια ενιαία κηλίδα. Η ταχύτητα με την οποία συμβαίνει αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ιξώδες του λαδιού. Τα υγρά λιπαντικά χαμηλού ιξώδους εξαπλώνονται πιο γρήγορα από εκείνα με υψηλό ιξώδες. Ωστόσο, οι κηλίδες εξαπλώθηκαν γρήγορα για να καλύψουν εκτεταμένες περιοχές της επιφάνειας της θάλασσας. Το άπλωμα σπάνια είναι ομοιόμορφο και είναι χαρακτηριστικές μεγάλες διακυμάνσεις στο πάχος του λαδιού. Μετά από λίγες ώρες η κηλίδα θα αρχίσει να διασπάται και, λόγω των ανέμων, της δράσης των κυμάτων και των αναταράξεων του νερού, θα σχηματίσει στη συνέχεια στενές ζώνες ή παράθυρα παράλληλα με την κατεύθυνση του ανέμου. Ο ρυθμός με τον οποίο εξαπλώνεται το λάδι καθορίζεται επίσης από τις επικρατούσες συνθήκες όπως η θερμοκρασία, τα ρεύματα νερού, τα παλιρροιακά ρεύματα και οι ταχύτητες του ανέμου. Όσο πιο σοβαρές είναι οι συνθήκες, τόσο πιο γρήγορη είναι η εξάπλωση και η διάσπαση του λαδιού.

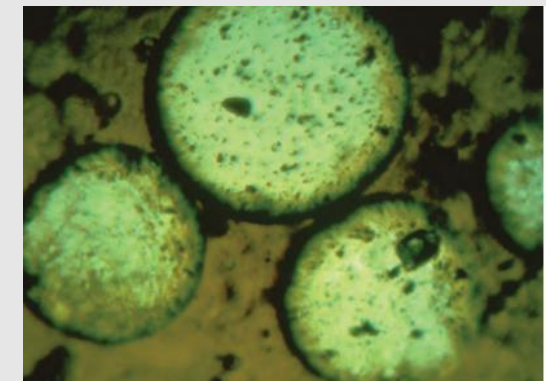


Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

3

Γαλακτωματοποίηση

- Η γαλακτωματοποίηση είναι η διαδικασία με την οποία το νερό αναμιγνύεται στο λάδι. Αυτό το γαλάκτωμα νερό σε λάδι με τη μορφή αιωρούμενων μικρών σταγονιδίων αναφέρεται συχνά ως «μους». Εμφανίζεται λόγω του σπασίματος των κυμάτων, προκαλώντας αναταράξεις στην επιφάνεια της θάλασσας, ενώ η σύνθεση του πετρελαίου, η θερμοκρασία και το ιξώδες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία.
- Τα λάδια με περιεκτικότητα σε ασφαλτένιο μεγαλύτερη από 0,5% τείνουν να σχηματίζουν σταθερά γαλακτώματα τα οποία μπορεί να επιμείνουν για πολλούς μήνες μετά την αρχική διαρροή. Αυτά τα έλαια που περιέχουν χαμηλότερο ποσοστό ασφαλτενίων είναι λιγότερο πιθανό να σχηματίσουν γαλακτώματα και είναι πιο πιθανό να διασκορπιστούν. Τα γαλακτώματα μπορούν να διαχωριστούν ξανά σε λάδι και νερό εάν θερμανθούν από το φως του ήλιου υπό ήρεμες συνθήκες ή όταν κολλήσουν στις ακτές



Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

4

Κατακόρυφη Διασπορά

- Η διασπορά συμβαίνει όταν τα κύματα ή άλλα ταραχώδη γεγονότα σπάνε πάνω από την επιφάνεια της πετρελαιοκηλίδας και δημιουργούν σταγονίδια διαφόρων μεγεθών στη στήλη του νερού. Τα μεγάλα σταγονίδια επανεμφανίζονται στην κύρια περιοχή τους ενώ τα μικρότερα εξαπλώνονται και διαχέονται στη στήλη του νερού. Το λάδι που παραμένει αιωρούμενο στο νερό έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από ό,τι πριν από τη διασπορά. Αυτό ενθαρρύνει άλλες φυσικές διεργασίες όπως η διαλυτότητα, η βιοαποδόμηση και η καθίζηση/ιζηματοποίηση.
- Ο ρυθμός φυσικής διασποράς επηρεάζεται από τα περιβαλλοντικά πλαίσια και τις ιδιότητες του λαδιού, που αναπτύσσεται ταχέως με λιπαντικά χαμηλού ιξώδους παρουσία θραύσης κυμάτων.

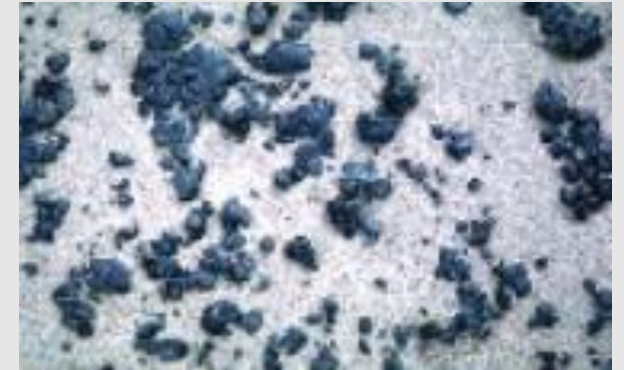


Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

5

Διαλυτότητα

- Το λάδι περιέχει πολύ μικρές ποσότητες διαλυτών ενώσεων (<1 mg/L), οι οποίες μπορεί να διαλυθούν στο νερό, αλλά εξακολουθεί να θεωρείται μια σημαντική διαδικασία, καθώς οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες χαμηλότερου μοριακού βάρους, οι οποίοι είναι τόσο πτητικοί όσο και διαλυτοί, είναι οι πιο τοξικοί.
- Τα συστατικά που είναι πιο διαλυτά στο θαλασσινό νερό είναι οι ενώσεις ελαφρών αρωματικών υδρογονανθράκων όπως το βενζόλιο και το τολουόλιο. Ωστόσο, αυτές οι ενώσεις είναι επίσης αυτές που χάνονται πρώτες μέσω της εξάτμισης, μια διαδικασία που είναι 10-100 φορές ταχύτερη από τη διάλυση. Το λάδι περιέχει μόνο μικρές ποσότητες από αυτές τις ενώσεις, καθιστώντας τη διάλυση μία από τις λιγότερο σημαντικές διαδικασίες.

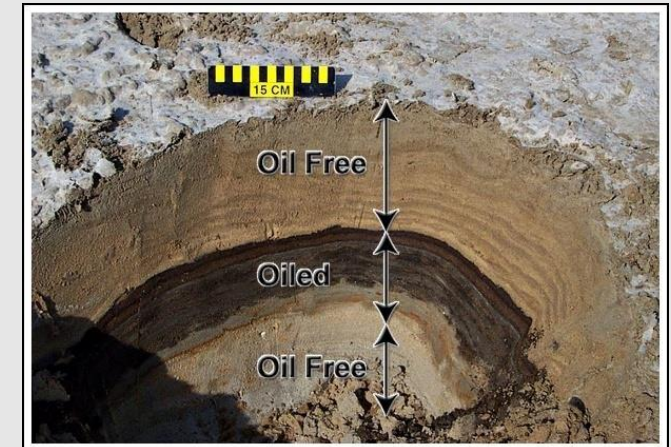


Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

6

Ιζηματοποίηση. Η καθίζηση των σταγονιδίων λαδιού συμβαίνει ως αποτέλεσμα τριών διεργασιών: αυξημένη πυκνότητα του παρασυρόμενου λαδιού και επιφανειακές λωρίδες λόγω των καιρικών διαδικασιών, ενσωμάτωση σφαιριδίων κοπράνων μέσω της κατάποσης ζωοπλαγκτού ή βενθικών οργανισμών, και προσκόλληση λαδιού ή κροκίδωση και συσσωμάτωση με αδρανή αιωρούμενων σωματιδίων (SPM) (OSA).

- Ορισμένα βαριά εξευγενισμένα προϊόντα έχουν πυκνότητες μεγαλύτερη από μία και έτσι βυθίζονται σε γλυκό ή υφάλμυρο νερό. Ωστόσο, το θαλασσινό νερό έχει πυκνότητα περίπου 1.025 και πολύ λίγα ακατέργαστα είναι αρκετά πυκνά ή επαρκώς καιρικές συνθήκες, έτσι ώστε τα υπολείμματά τους να βυθίζονται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η βύθιση συμβαίνει συνήθως λόγω της προσκόλλησης σωματιδίων ιζήματος ή οργανικής ύλης στο λάδι. Τα ρηχά νερά είναι συχνά φορτωμένα με αιωρούμενα στερεά παρέχοντας ευνοϊκές συνθήκες για καθίζηση.
- Το πετρέλαιο που βρίσκεται σε αμμώδεις ακτές συχνά αναμιγνύεται με άμμο και άλλα ιζήματα. Εάν αυτό το μείγμα στη συνέχεια ξεπλυθεί από την παραλία και πάλι στη θάλασσα, μπορεί στη συνέχεια να βυθιστεί. Επιπλέον, εάν το λάδι πιάσει φωτιά αφού χυθεί, τα υπολείμματα που σχηματίζονται μερικές φορές μπορεί να είναι αρκετά πυκνά για να βυθιστούν.



Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

7

Βιοδιάσπαση

- Η βιοαποικοδόμηση του πετρελαίου από γηγενείς μικροοργανισμούς είναι μια από τις πιο σημαντικές φυσικές διεργασίες που μπορεί να μετριάσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θαλάσσιων πετρελαιοκηλίδων μακροπρόθεσμα. Το θαλασσινό νερό περιέχει μια σειρά μικροοργανισμών ή μικροβίων που μπορούν εν μέρει ή πλήρως να αποικοδομήσουν το λάδι σε υδατοδιαλυτές ενώσεις και τελικά σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Υπάρχουν πολλοί τύποι μικροβίων και το καθένα τείνει να αποικοδομεί μια συγκεκριμένη ομάδα ενώσεων στο αργό πετρέλαιο. Ωστόσο, ορισμένες ενώσεις στο λάδι είναι πολύ ανθεκτικές στην επίθεση και μπορεί να μην αποικοδομηθούν.
- Ο ρυθμός βιοαποδόμησης του πετρελαίου εξαρτάται από τον τύπο των υδρογονανθράκων του πετρελαίου, τη θερμοκρασία, το είδος των μικροοργανισμών και τη διαθεσιμότητα οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών.



Ανάλυση Βιοχημικών διεργασιών πετρελαίου

8

Φωτο-οξειδωση

- Τα έλαια αντιδρούν χημικά με το οξυγόνο είτε διασπώνται σε διαλυτά προϊόντα είτε σχηματίζοντας ανθεκτικές ενώσεις που ονομάζονται πίσσα. Αυτή η διαδικασία προωθείται από το ηλιακό φως και ο βαθμός στον οποίο εμφανίζεται εξαρτάται από τον τύπο του λαδιού και τη μορφή με την οποία εκτίθεται στο φως του ήλιου. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία είναι πολύ αργή και ακόμη και σε έντονο ηλιακό φως, οι λεπτές μεμβράνες λαδιού διασπώνται σε ποσοστό όχι μεγαλύτερο από 0,1% την ημέρα. Ο σχηματισμός πίσσας προκαλείται από την οξείδωση παχιών στρωμάτων ελαίων ή γαλακτωμάτων υψηλού ιξώδους. Αυτή η διαδικασία σχηματίζει μια εξωτερική προστατευτική επίστρωση βαρέων ενώσεων που έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη ανθεκτικότητα του λαδιού στο σύνολό του.



Μοντέλο OpenDrift

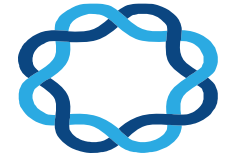


- ✓ Μοντέλο τροχιάς
- ✓ Μοντέλο Ανοιχτού Κώδικα
- ✓ Βασίζεται στην Python
- ✓ Συνδέεται με υδροδυναμικό και κυματικό μοντέλα
- ✓ Παράγει αποτελέσματα σε netcdf αρχεία
- ✓ Περιέχει βασική γραφική διεπαφή για τον χρήστη
- ✓ Έκδοση v1.5.6

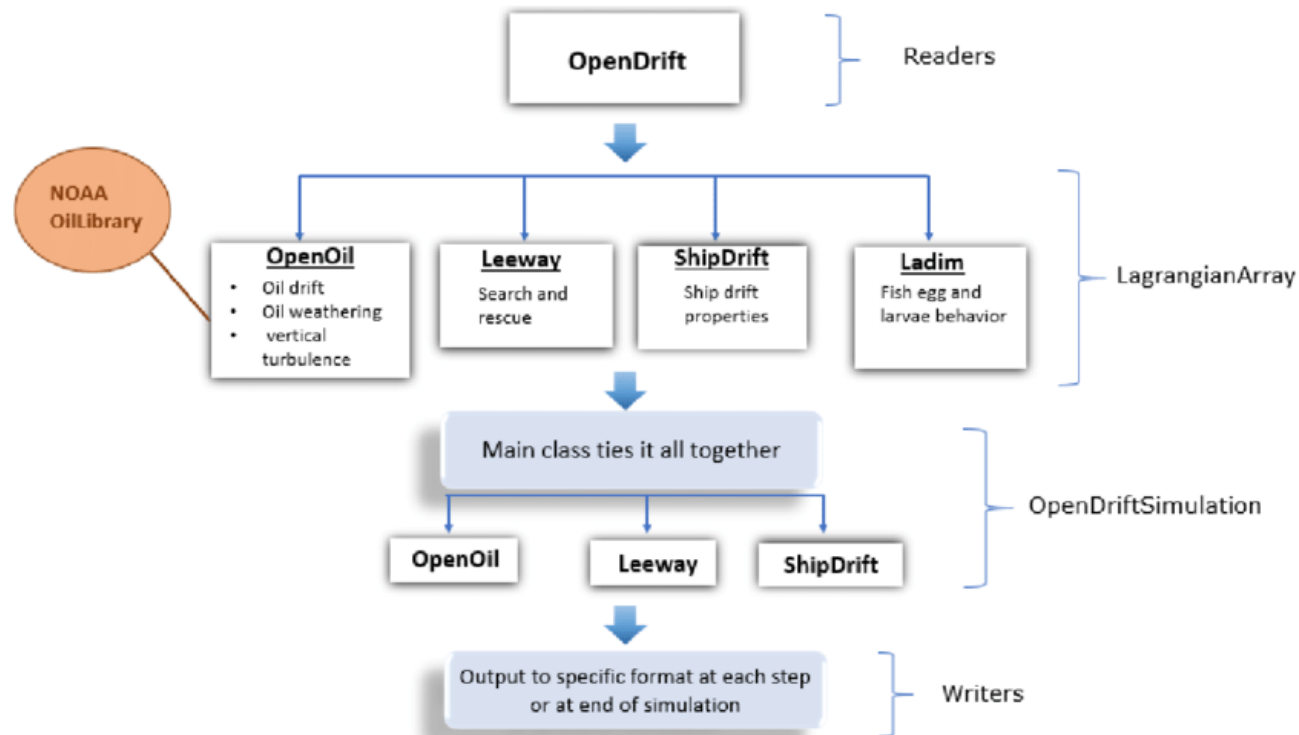
odysseaplatform.eu | @odysseaplatform



Μοντέλο OpenDrift

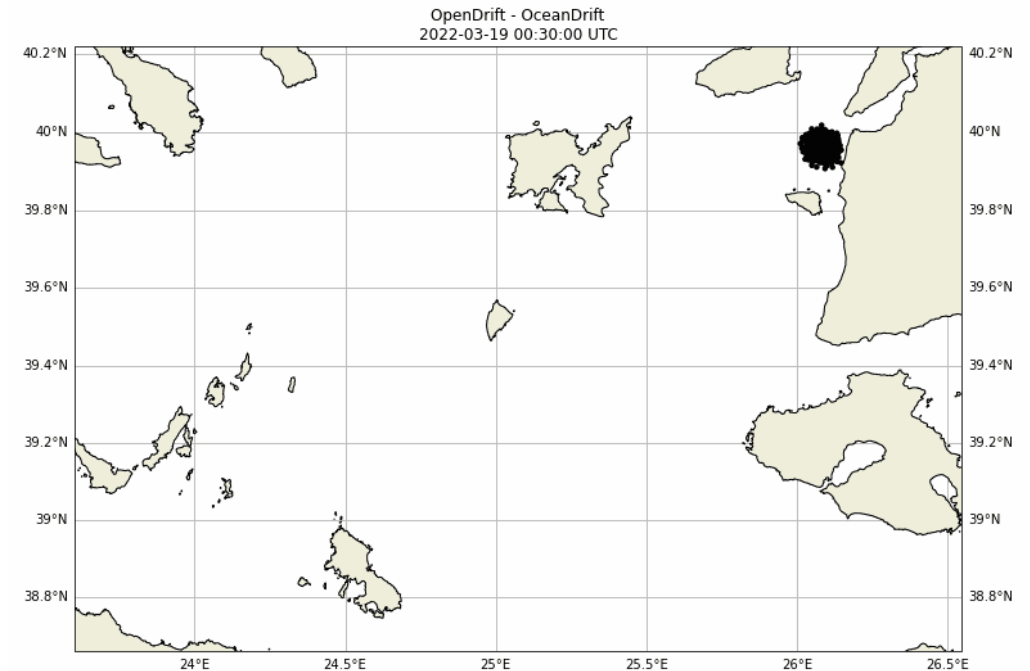


ODYSSEA



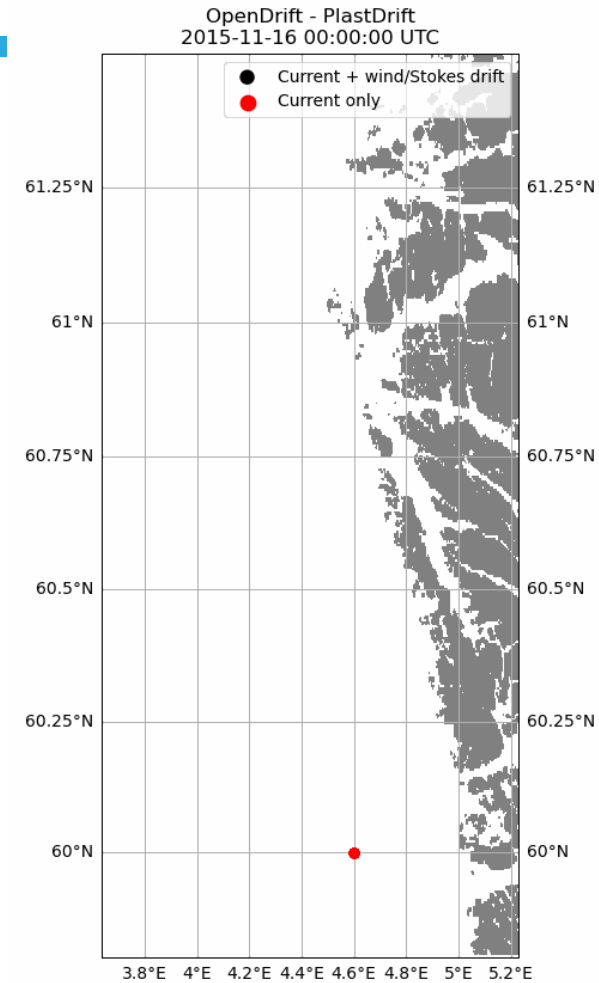
Μοντέλο OceanDrift

- ✓ Μοντέλο τροχιάς πλευστών σωματιδίων ανοιχτού κώδικα που βασίζεται στο OpenDrift.
- ✓ Αναπτύχθηκε στο MET Νορβηγίας.
- ✓ Γενική μονάδα για σωματίδια που κινούνται σε 3 διαστάσεις και μπορεί να είναι σε κατακόρυφη τυρβώδη ανάμιξη με δυνατότητα θετικής ή αρνητικής άνωσης.
- ✓ Τα σωματίδια θα μπορούσαν να είναι π.χ. σταγονίδια ελαίου, πλαγκτόν, θρεπτικά συστατικά ή ιζήματα.
- ✓ Το μοντέλο μπορεί να υποκατηγορηθεί για πιο συγκεκριμένη συμπεριφορά.



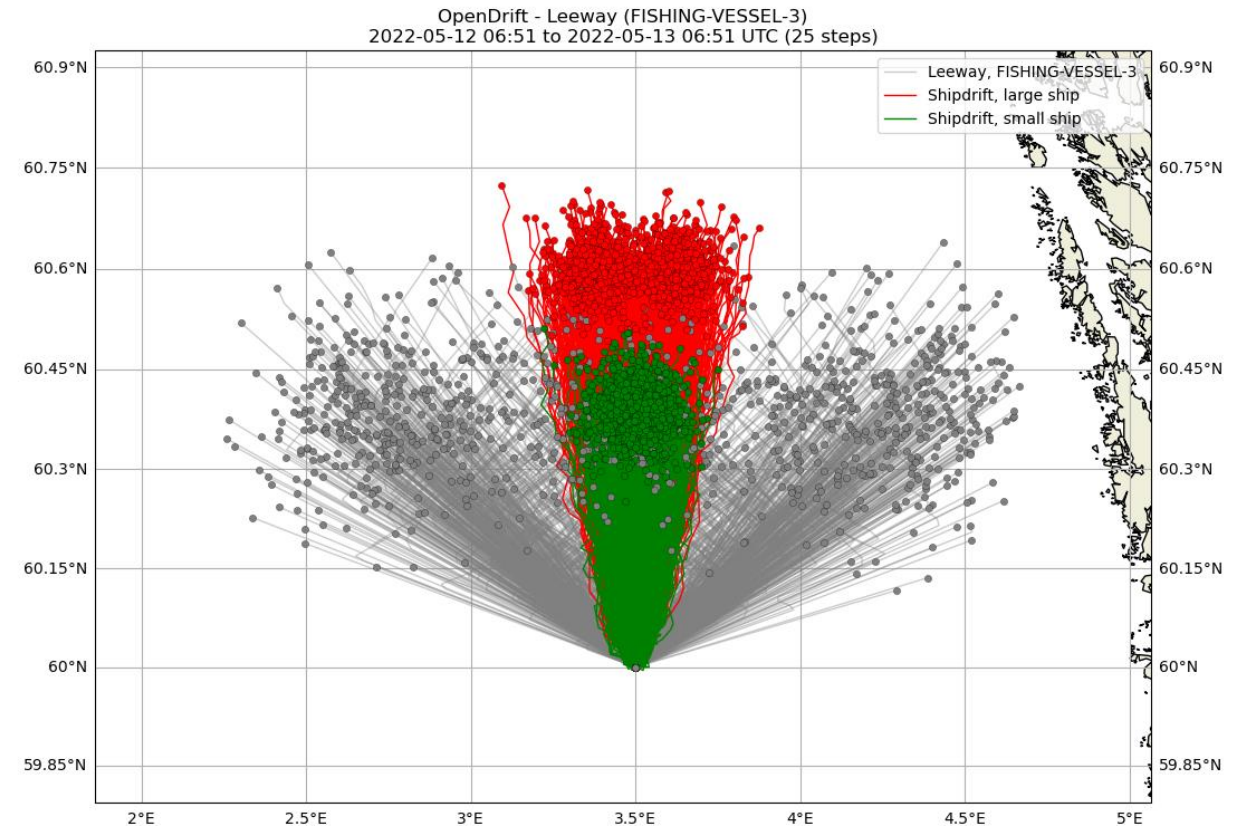
Μοντέλο PlasticDrift

- ✓ Υπο-μοντέλο τροχιάς πλαστικών σωματιδίων που βασίζεται στο πλαίσιο OpenDrift.
- ✓ Χρησιμοποιείται για Διάδοση σωματιδίων πλαστικού με ωκεάνια ρεύματα και πρόσθετη ολίσθηση Stokes και αντίσταση ανέμου.



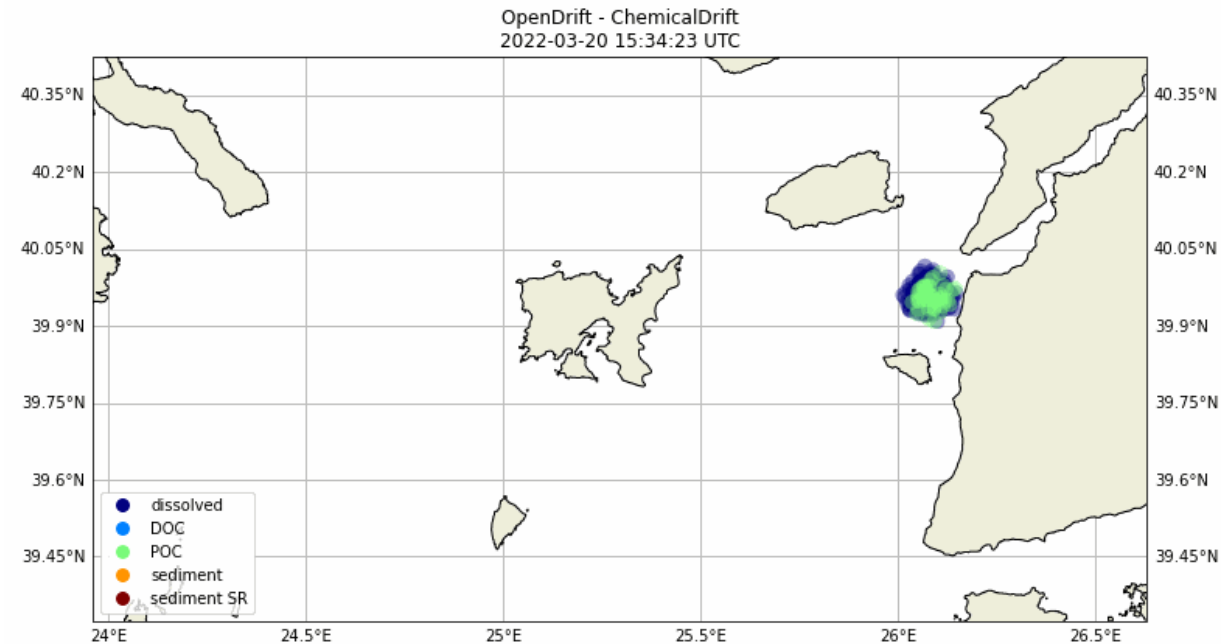
Μοντέλο ShipDrift

- ✓ Υπο-μοντέλο τροχιάς χημικών σωματιδίων που βασίζεται στο πλαίσιο OpenDrift.
- ✓ Απλώς προσδίδει ένα σωματίδιο (παθητικός ιχνηθέτης με χωρίς ιδιότητες εκτός από τη θέση) με τον ατμοσφαιρικό άνεμο.
- ✓ Εάν τα πλοία είναι προσανατολισμένα προς τα αριστερά ή τα δεξιά της κατεύθυνσης του downwind ανέμου, ή αν αυτό είναι άγνωστο. Αριστερά/δεξιά σημαίνει ότι ο άνεμος θα χτυπήσει το πλοίο από το ταμπλό/τιμόνι.



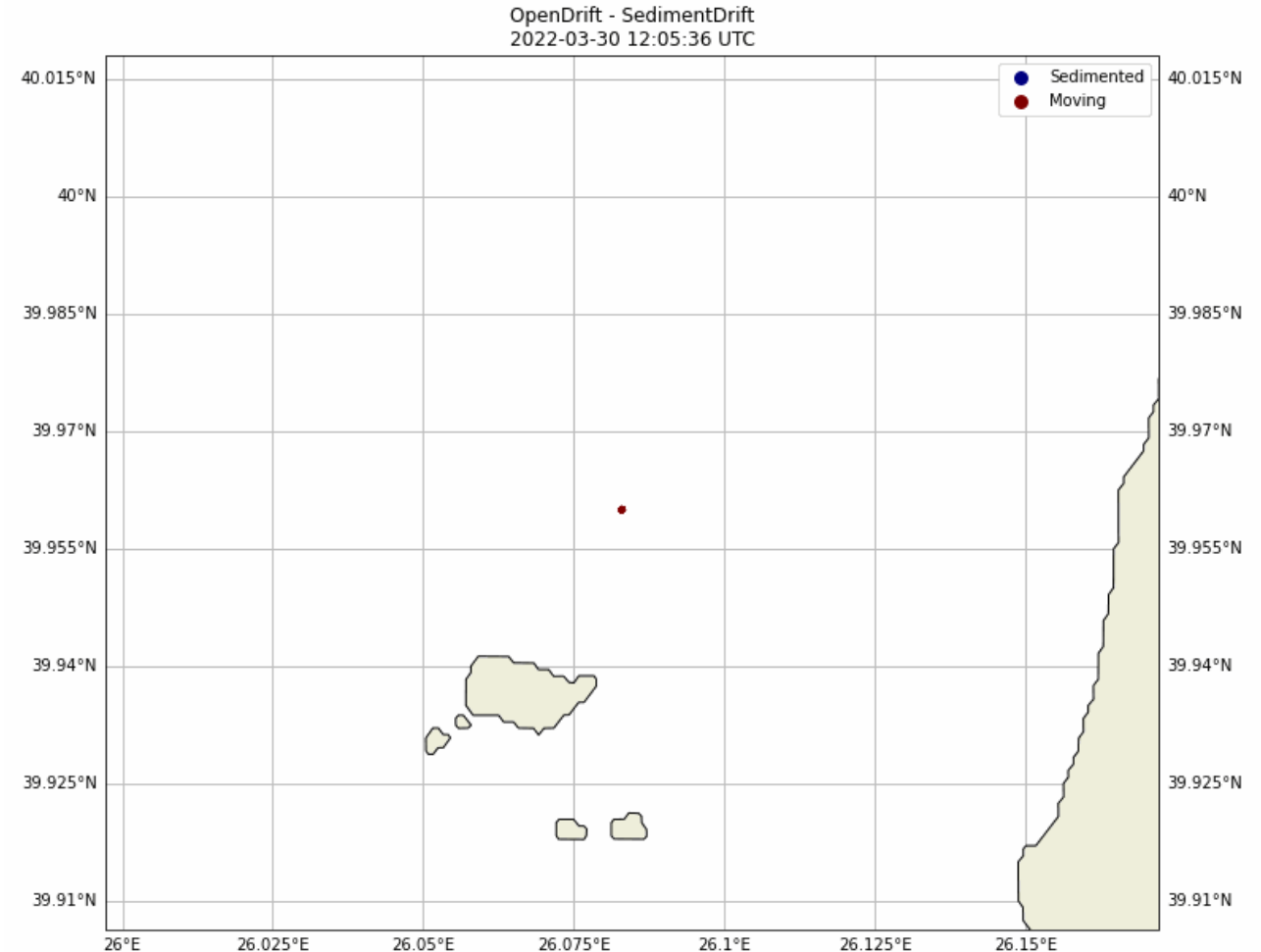
Μοντέλο ChemicalDrift

- ✓ Υπο-μοντέλο τροχιάς χημικών σωματιδίων που βασίζεται στο πλαίσιο OpenDrift.
- ✓ Χρησιμοποιείται για σωματίδια που υπόκεινται σε κατακόρυφο τυρβώδες ανάμειξη με δυνατότητα θετικής ή αρνητικής άνωσης.
- ✓ Τα σωματίδια θα μπορούσαν να είναι π.χ. σταγονίδια λαδιού, πλαγκτόν ή ιζήματα.
- ✓ Η χημική λειτουργικότητα περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις με στερεά ύλη (σωματίδια και ιζήματα) μέσω διεργασιών μετασχηματισμού, υλοποιούνται με στοχαστική προσέγγιση για δυναμική κατάτμηση.



Μοντέλο SedimentDrift

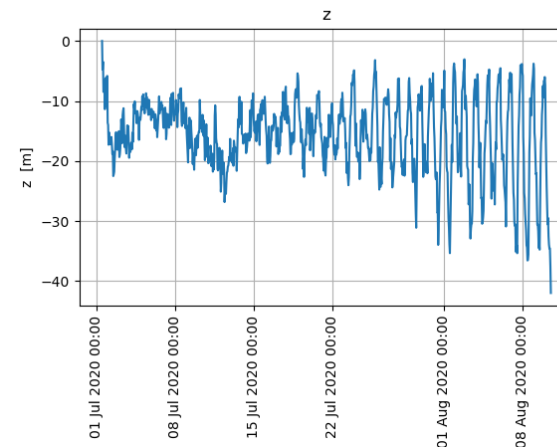
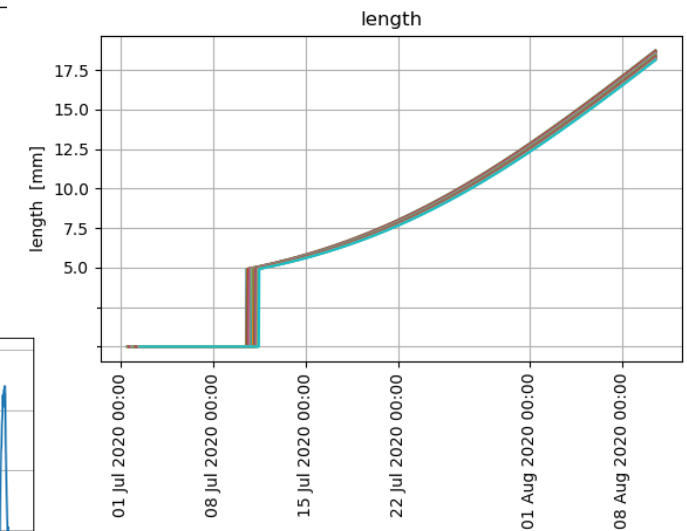
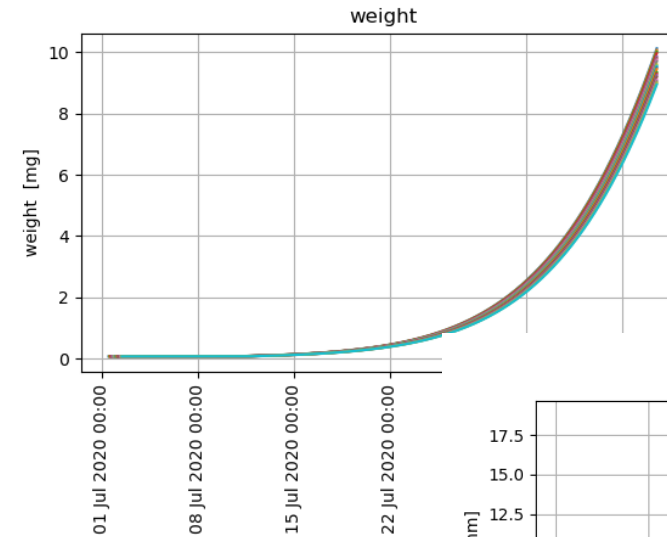
- ✓ Υπο-μοντέλο τροχιάς που βασίζεται στο πλαίσιο OpenDrift και χρησιμοποιείται για τη μετατόπιση και καθίζηση ιζημάτων.
- ✓ Είναι βασισμένο στο έργο του Simon Weppe, MetOcean Solutions Ltd.



Μοντέλο LarvalFish και PelagiceggDrift

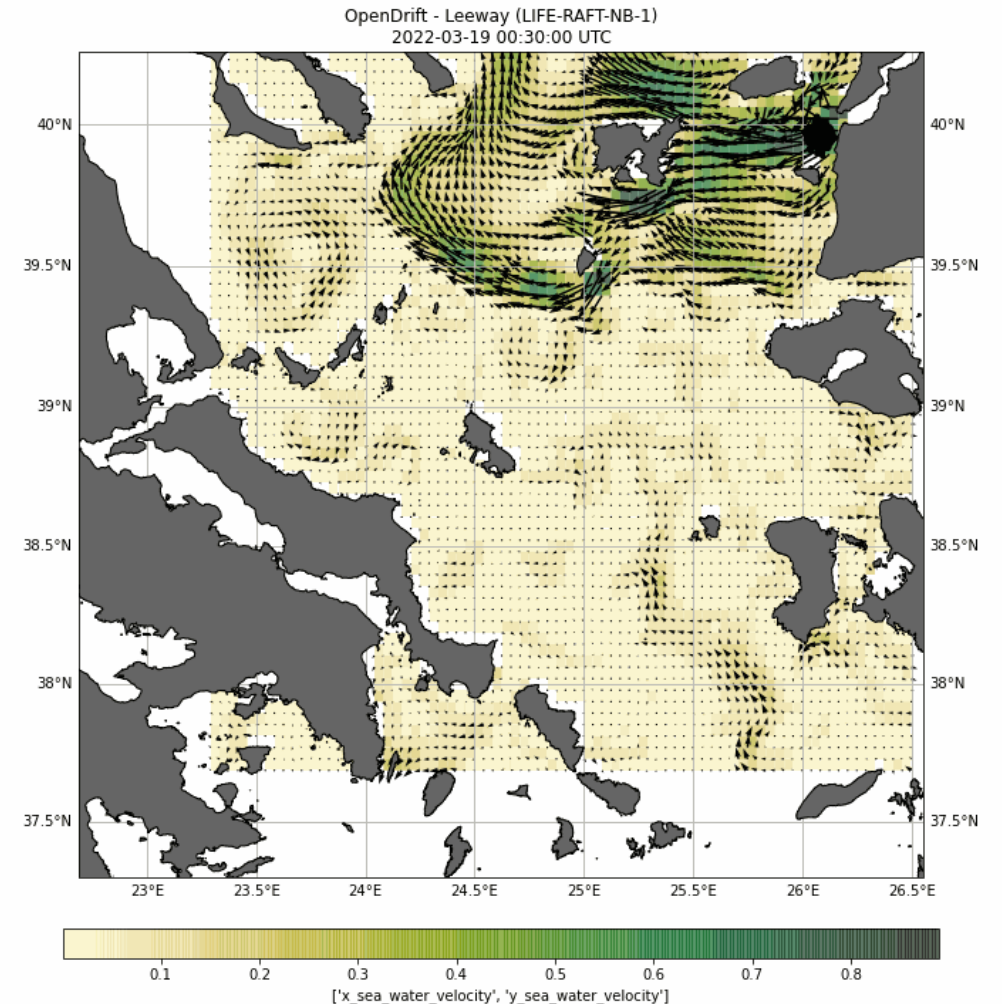


- ✓ Υπο-μοντέλο τροχιάς που βασίζεται στο πλαίσιο OpenDrift που αναπτύχθηκε στο MET Νορβηγίας.
- ✓ Χρησιμοποιείται για σωματίδια που υπόκεινται σε κατακόρυφο τυρβώδες ανάμειξη με δυνατότητα θετικής ή αρνητικής άνωσης.
- ✓ Τα σωματίδια θα μπορούσαν να είναι π.χ. σταγονίδια λαδιού, πλαγκτόν ή ιζήματα.
- ✓ Περιέχει ειδικές ιδιότητες για προνυμφικά και νεαρά στάδια ψαριών.
- ✓ Περιέχει ειδικές ιδιότητες για πελαγικά αυγά.



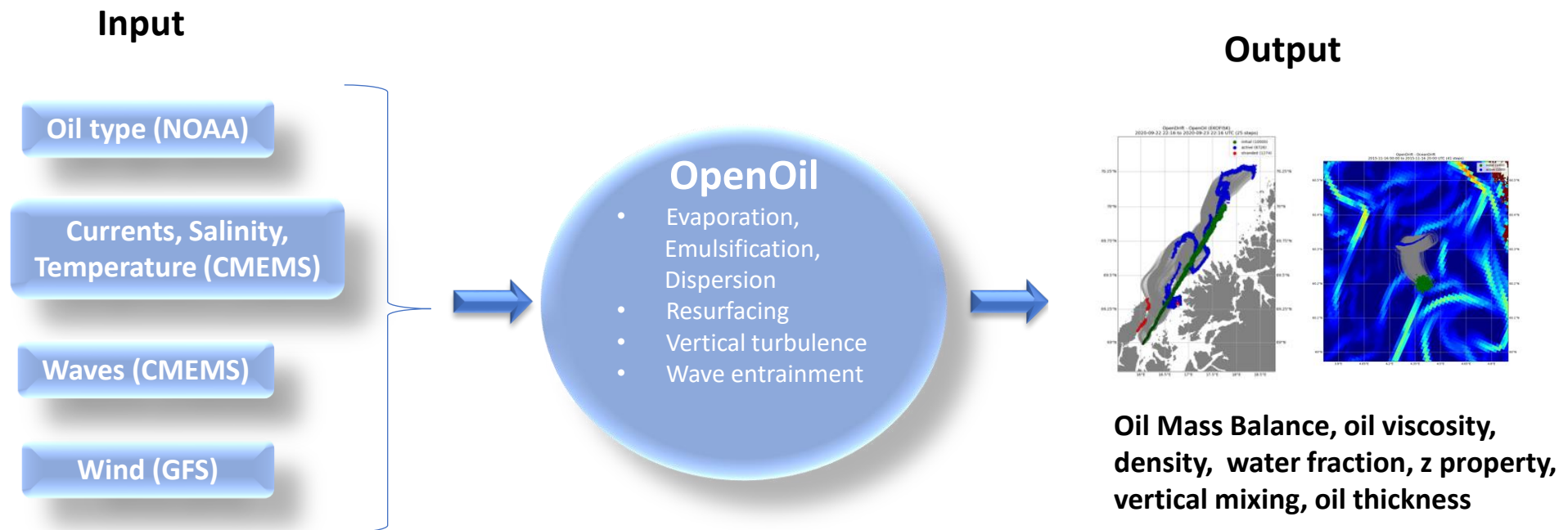
Μοντέλο Leeway

- ✓ Υπο-μοντέλο τροχιάς search and rescue που βασίζεται στο πλαίσιο OpenDrift που αναπτύχθηκε στο MET Νορβηγίας.
- ✓ Χρησιμοποιείται για τη διάδοση σωματιδίων πλαστικού με ωκεάνια ρεύματα και πρόσθετη ολίσθηση Stokes και αντίσταση ανέμου.



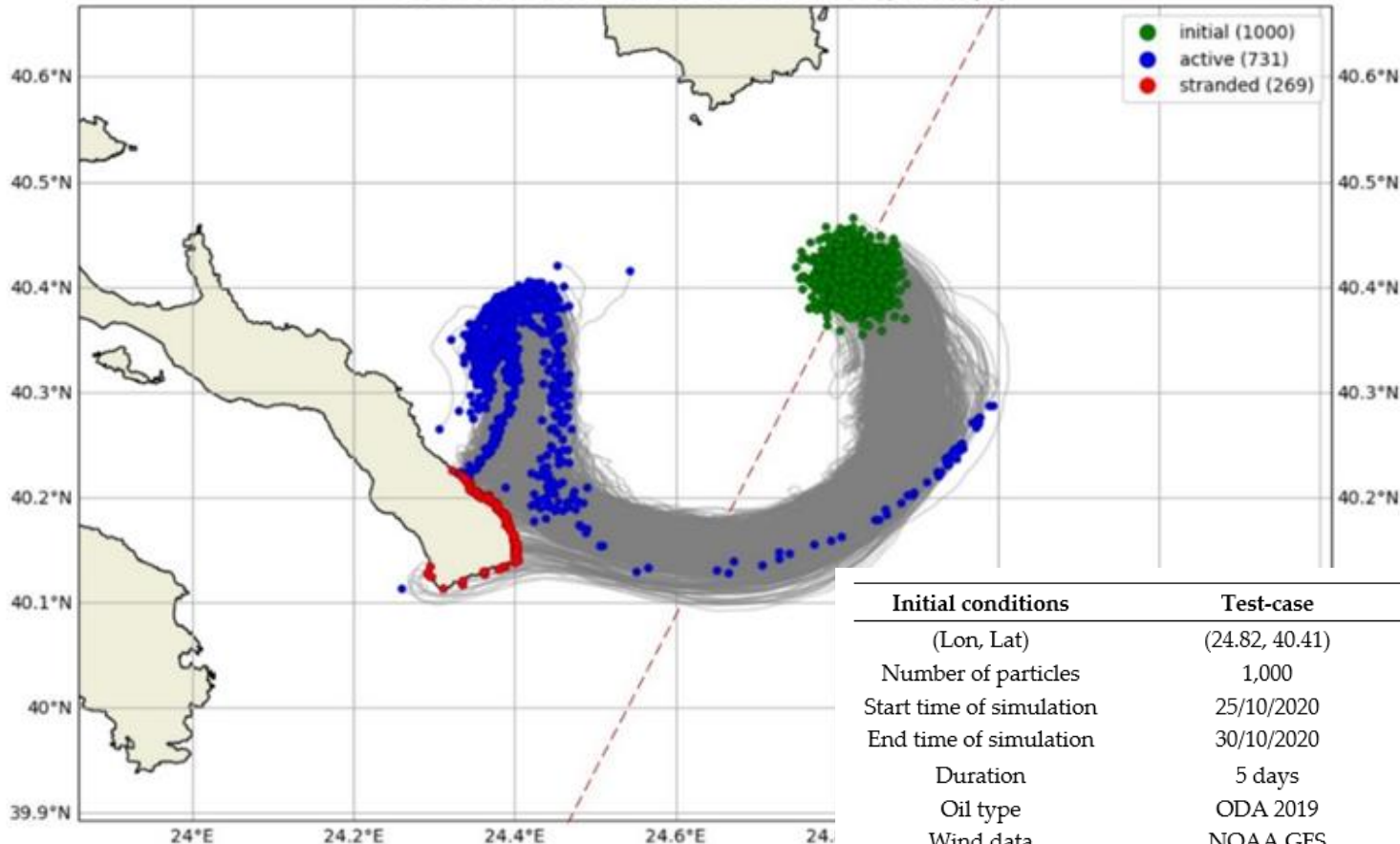
Μεθοδολογία υπομοντέλου OpenOil

Methodology of OpenOil



Αποτελέσματα Προσομοίωσης- Βόρειο Αιγαίο

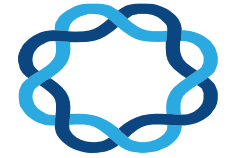
OpenDrift - OpenOil (ODA 2019)
2020-10-25 18:00 to 2020-10-30 18:00 UTC (121 steps)



Initial conditions	Test-case
(Lon, Lat)	(24.82, 40.41)
Number of particles	1,000
Start time of simulation	25/10/2020
End time of simulation	30/10/2020
Duration	5 days
Oil type	ODA 2019
Wind data	NOAA GFS
Hydrodynamic data	CMEMS

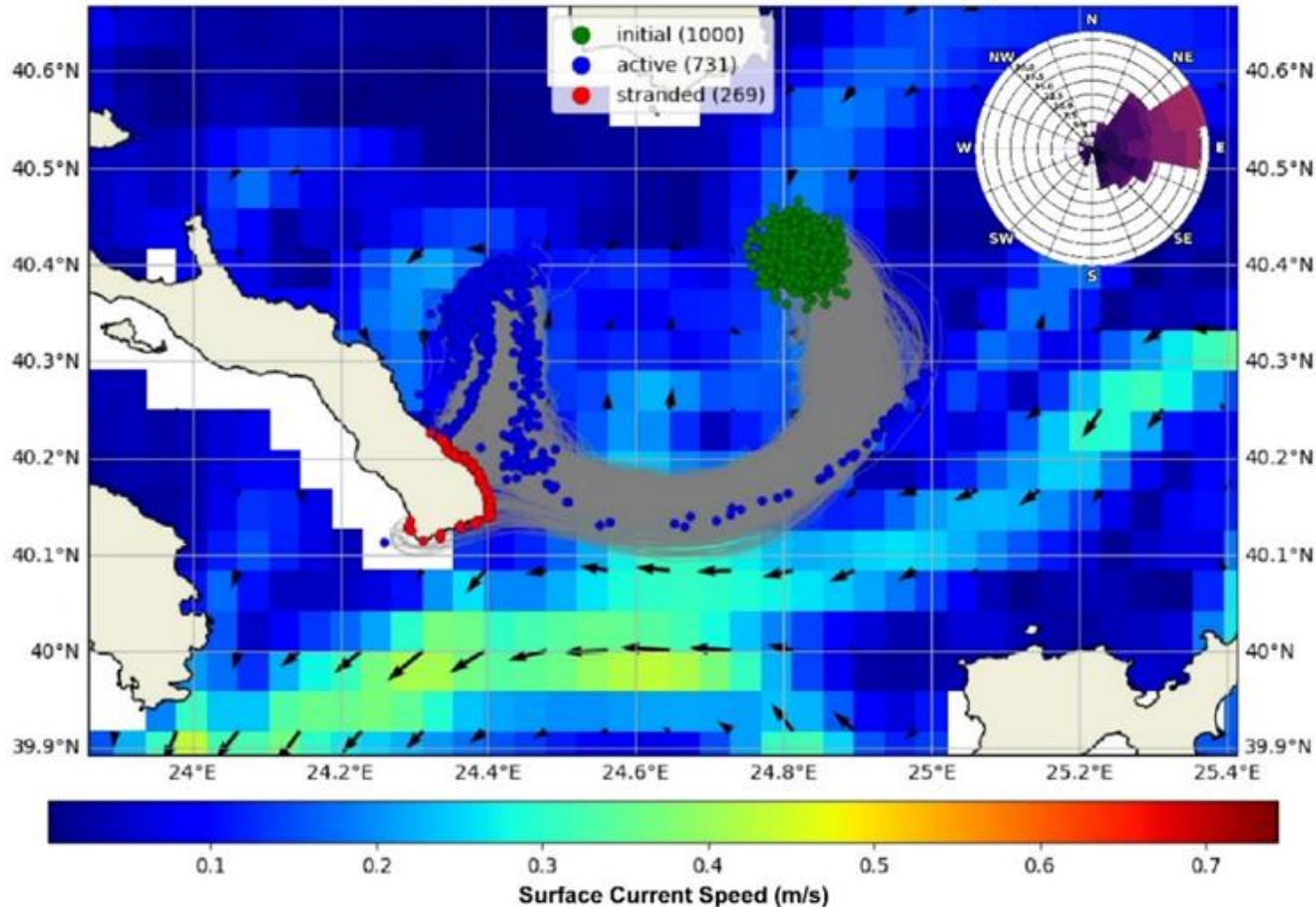
- ✓ Οι **πράσινες κουκκίδες** αντιπροσωπεύουν τις αρχικές θέσεις των στοιχείων λαδιού,
- ✓ Οι **γκρίζες γραμμές** είναι οι τροχιές τους με την πάροδο του χρόνου
- ✓ Οι **μπλε κουκκίδες** είναι οι θέσεις των σταγονιδίων λαδιού στο τέλος της προσομοίωσης.
- ✓ Οι **κόκκινες κουκκίδες** αντιπροσωπεύουν στοιχεία που έχουν κολλήσει, δηλαδή αυτά που αφαιρέθηκαν από την προσομοίωση λόγω της παραλίας.
- ✓ Η **κόκκινη διακεκομμένη γραμμή** αντιπροσωπεύει την κύρια διαδρομή των δεξαμενόπλοιων στην περιοχή, με βάση τα δεδομένα της Marine Traffic (<https://www.marinetraffic.com>).

Προσομοίωση Πετρελαιοκηλίδας στο Βόρειο Αιγαίο με υπόβαθρο θαλάσσια ρεύματα



ODYSSEA

OpenDrift - OpenOil (ODA 2019)
2020-10-25 18:00 to 2020-10-30 18:00 UTC (121 steps)

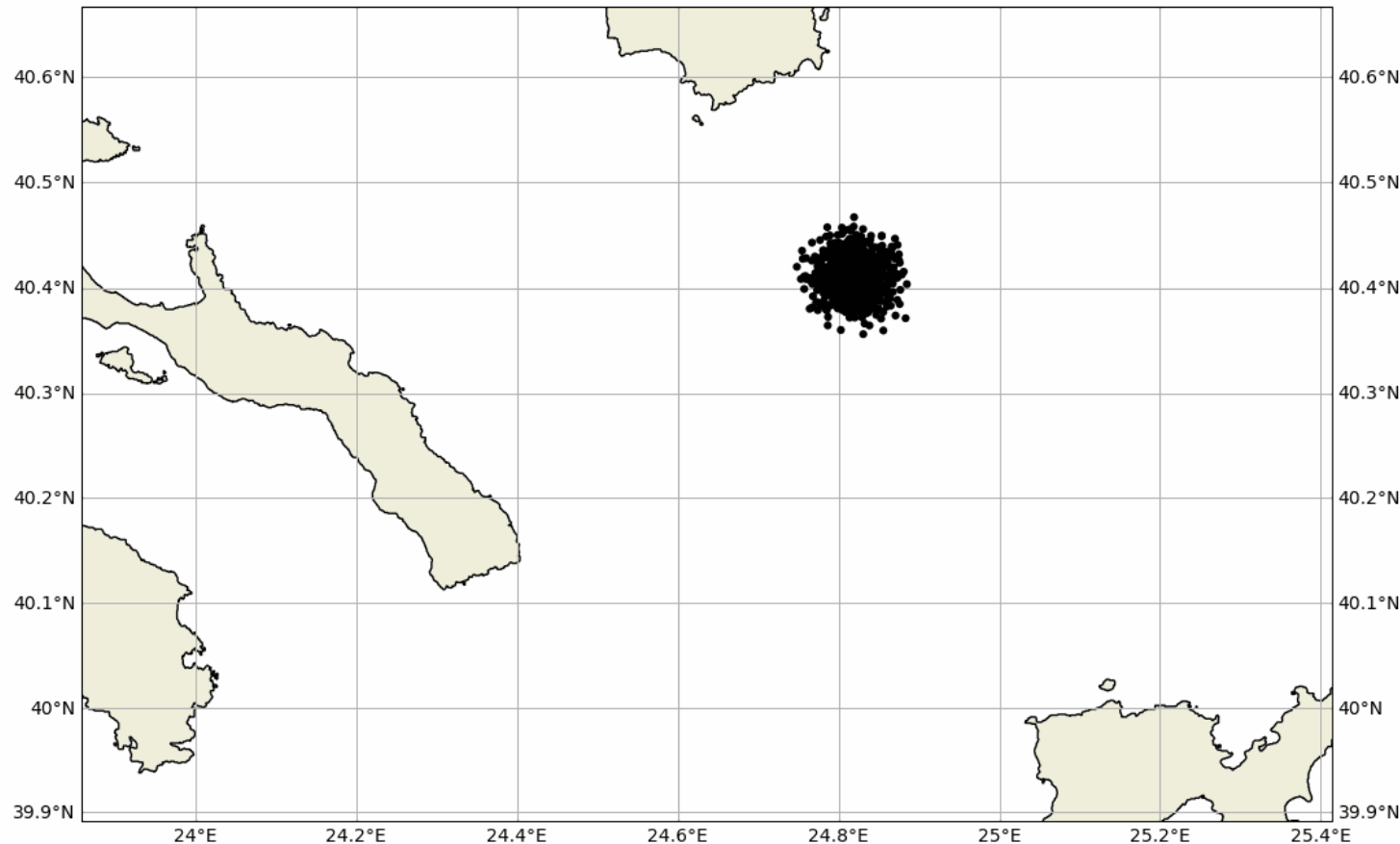


- Αυτό το πείραμα δείχνει ότι η πετρελαιοκηλίδα απελευθερώνεται από μια τοποθεσία μεταξύ της Θάσου και της χερσονήσου του Άθω.
- Κατά την περίοδο αυτού του περιστατικού υπάρχει ισχυρός πίδακας επιφανειακού ρεύματος με κατεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, που μεταφέρει τα σωματίδια του πετρελαίου προς τη χερσόνησο του Άθω.

Προσομοίωση Πετρελαιοκηλίδας στο Βόρειο Αιγαίο



OpenDrift - OpenOil (ODA 2019)
2020-10-25 18:00:00 UTC



□ Βίντεο Προσομοίωσης Πετρελαιοκηλίδας στο Βόρειο Αιγαίο

Table 1. Initial conditions of Test cases 1 and 2.

Initial conditions	Test-case 1	Test- case 2
(<u>lon</u> , <u>lat</u>)	(24.82, 40.41)	(24.91, 40.72)
Number of particles	1,000	1,000
Start time of simulation	25/10/2020	25/10/2020
End time of simulation	30/10/2020	30/10/2020
Duration	5 days	5 days
Oil type	ODA 2019	ODA 2019
Wind data	NOAA GFS	NOAA GFS
Hydrodynamic data	CMEMS	CMEMS

Κατανομή Μάζας Πετρελαίου

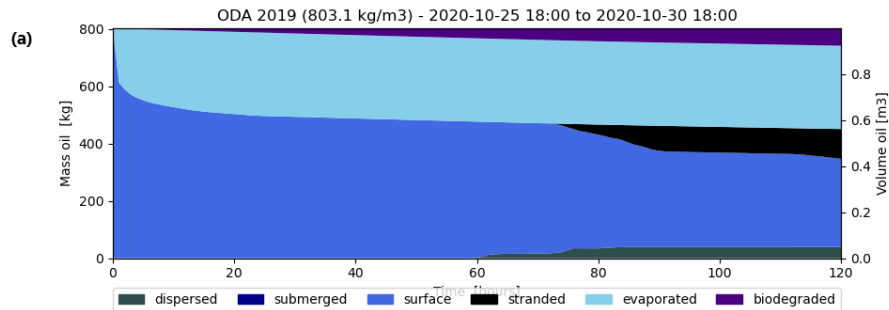
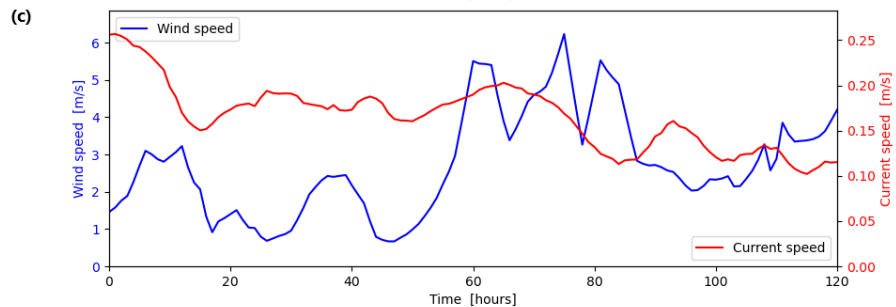
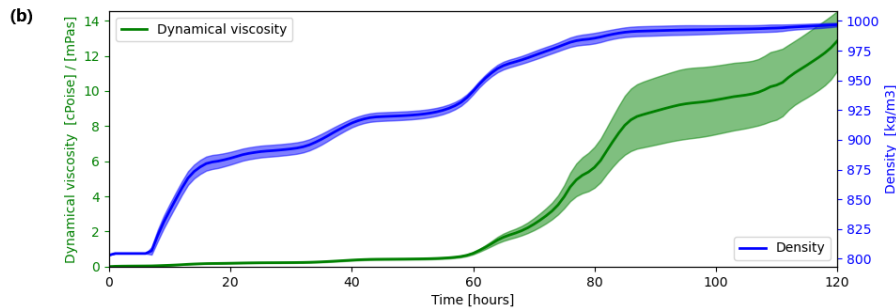


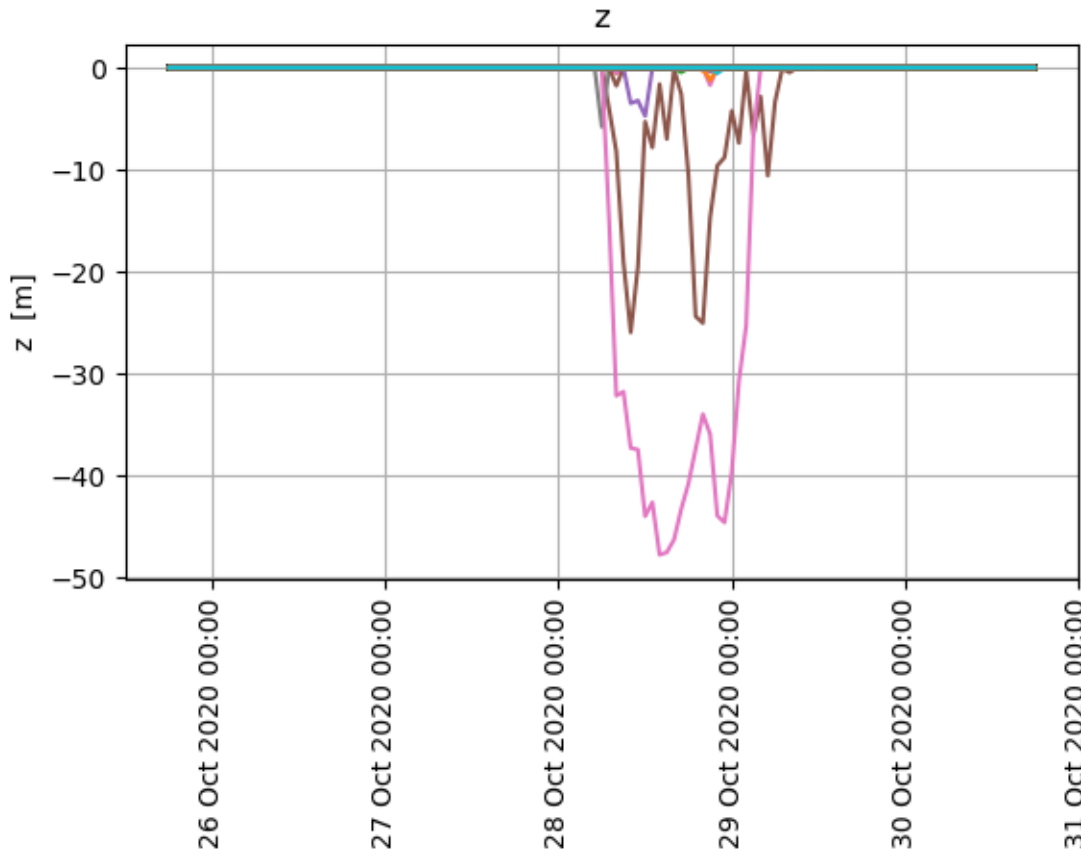
Table 2. Mass of oil being evaporated, dispersed and biodegraded.

Percentage (%) / time (hrs)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Evaporation (%)	33.63	35.88	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38	36.38
Dispersion (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.96	4.30	4.95	4.96	4.96	4.98
Biodegradation (%)	0.81	1.55	2.28	2.99	3.69	4.38	5.00	5.69	6.25	6.90	7.50	8.00



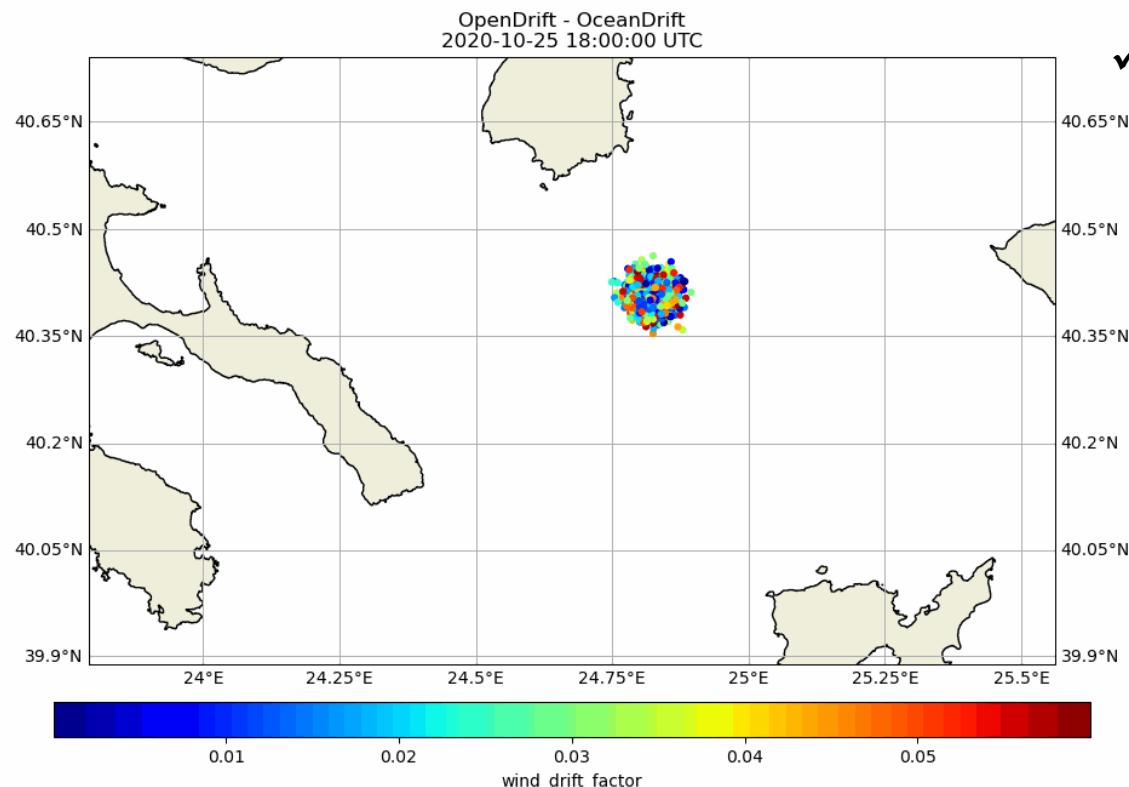
- ✓ Διάγραμμα Κατανομή μάζας πετρελαίου
- ✓ Διάγραμμα πυκνότητας και ιξώδους
- ✓ Διάγραμμα ανέμου και θαλάσσιων ρευμάτων

Διασπορά πετρελαίου στην υδάτινη στήλη

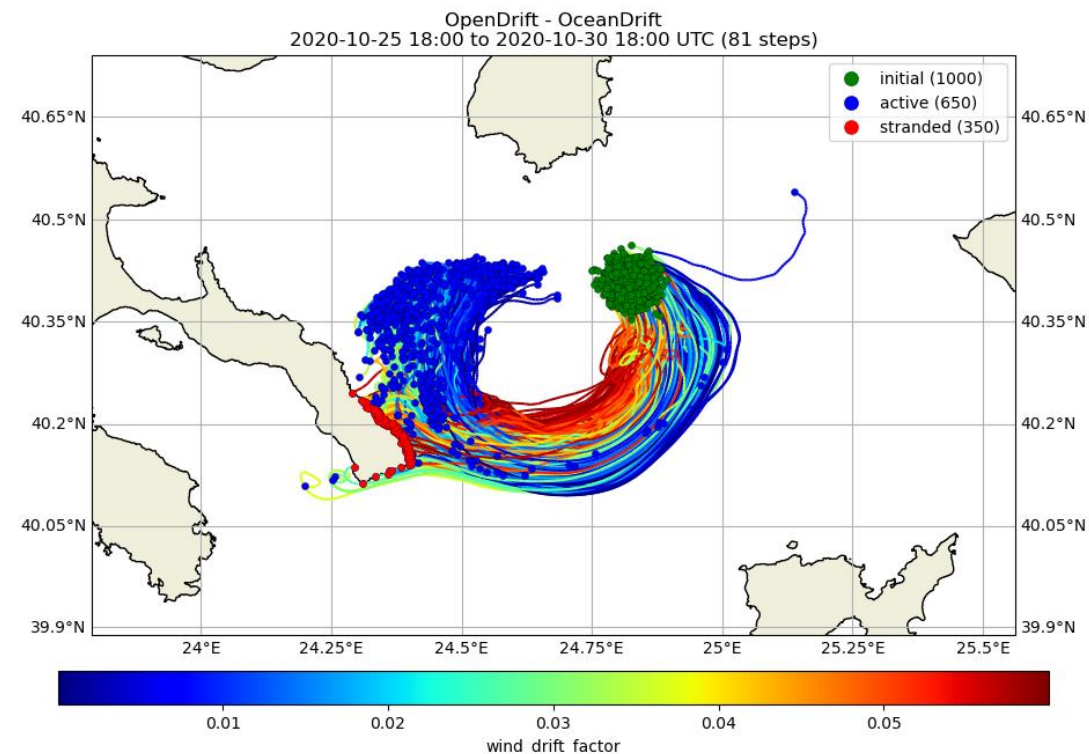


- Από την τρίτη ημέρα και μετά το πετρέλαιο εισάγεται στη στήλη του νερού.
- Το μέγιστο βάθος είναι περίπου 45-50 μέτρα.
- Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι έντονες διακυμάνσεις και ανακατατάξεις των σωματιδίων πετρελαίου λόγω της επανεμφάνισης, της παρασύρσεως κυμάτων, του ιξώδους και του κλάσματος νερού

Παράγοντας Ανέμου

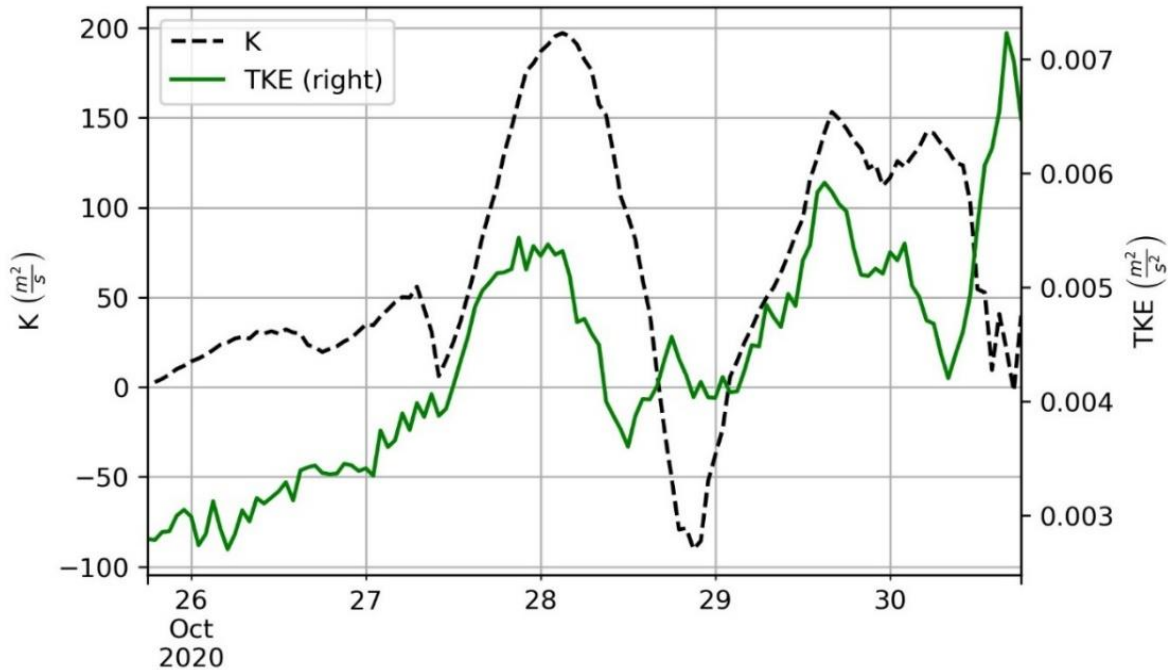


- ✓ Ο συντελεστής ανέμου, ο οποίος είναι πολύ σημαντικός για την οριζόντια κίνηση του στοιχείου πετρελαίου, είναι γραμμικά ανάλογος με την ταχύτητα του ανέμου υπό ισχυρά παλιρροιακά ρεύματα, που κυμαίνεται από περίπου 0,01 έως 0,06.



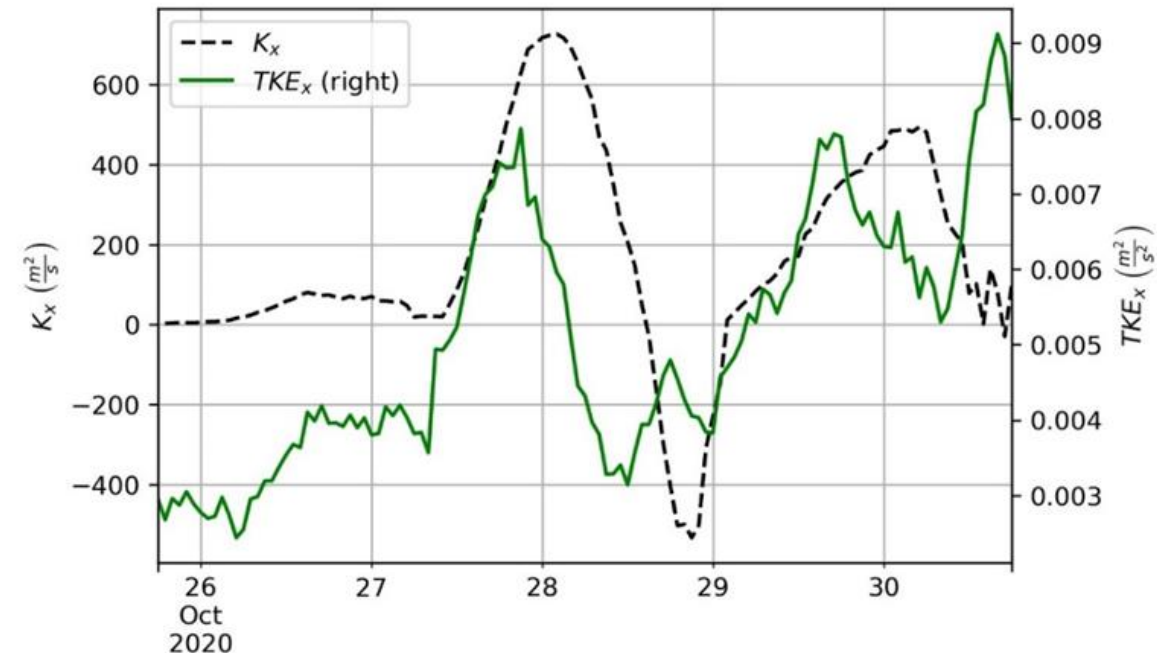
- ✓ Η μεταφορά των πετρελαιοκηλίδων μπορεί να εκτιμηθεί, ως πρώτη τάξη, μέσω αυτού του απλού εμπειρικού σχήματος στην περίπτωση που το ωκεάνιο ρεύμα και τα πεδία ανέμου είναι γνωστά.

Διασπορά και Τυρβώδης Κινητική Ενέργεια (K – TKE)

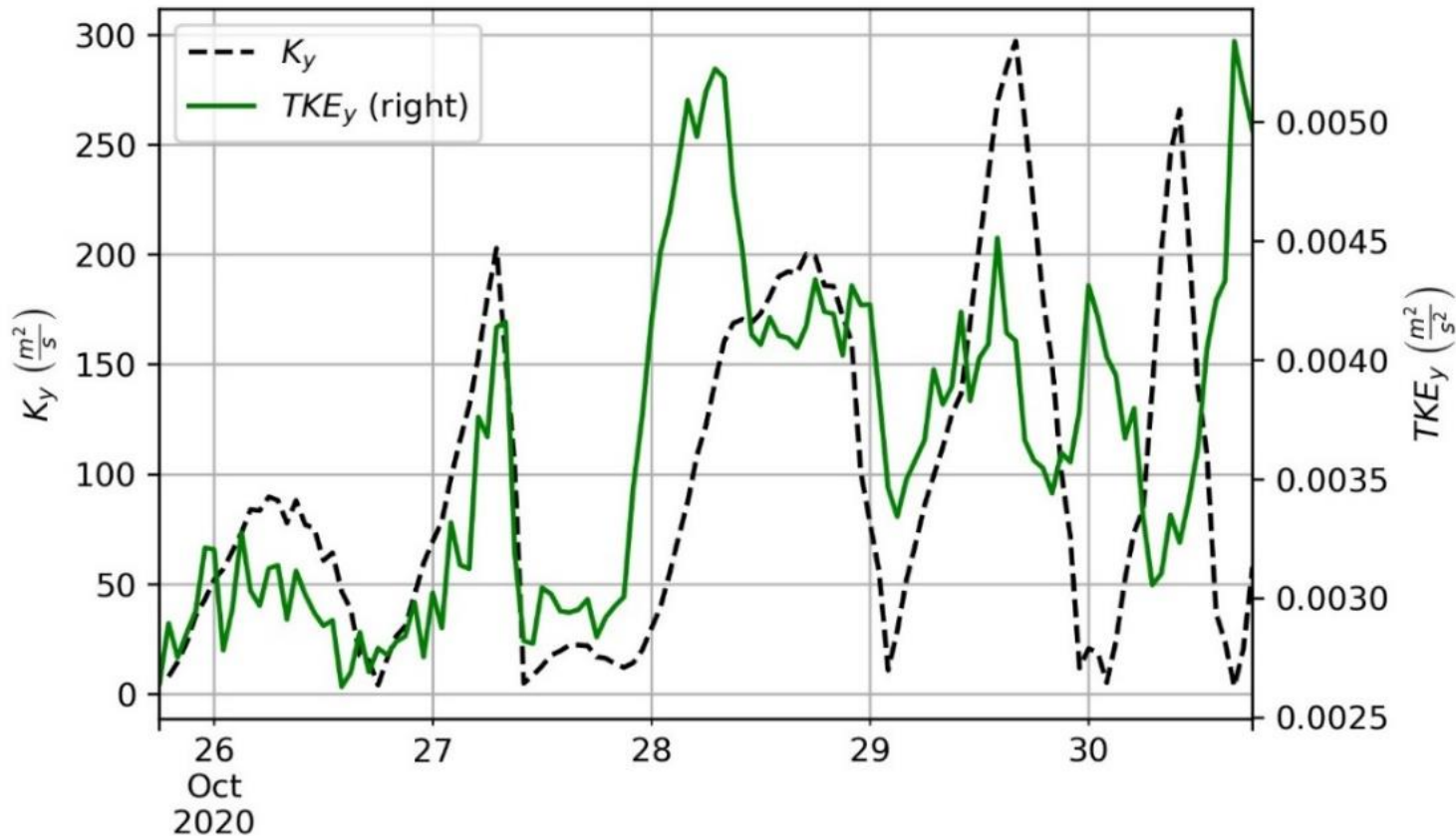


- ✓ Η χρονική εξέλιξη του συντελεστή διασποράς, K_x , και της τυρβώδους κινητικής ενέργειας, TKE_x , υπολογίζεται κατά την κατεύθυνση της κίνησης των σωματιδίων του ελαίου.

- ✓ Χρονική αλλαγή του συντελεστή διασποράς, K , και της τυρβώδους κινητικής ενέργειας, TKE , κατά μήκος της κεντρικής τροχιάς πετρελαιοκηλίδας. Η διασπορά και η τυρβώδης κινητική ενέργεια υπολογίστηκαν μεταξύ διαδοχικών παλιρροϊκών κύκλων για μια ομάδα 1000 σωματιδίων πετρελαίου που απελευθερώθηκαν στο Βόρειο Αιγαίο για 10 διαδοχικούς παλιρροιακούς κύκλους.

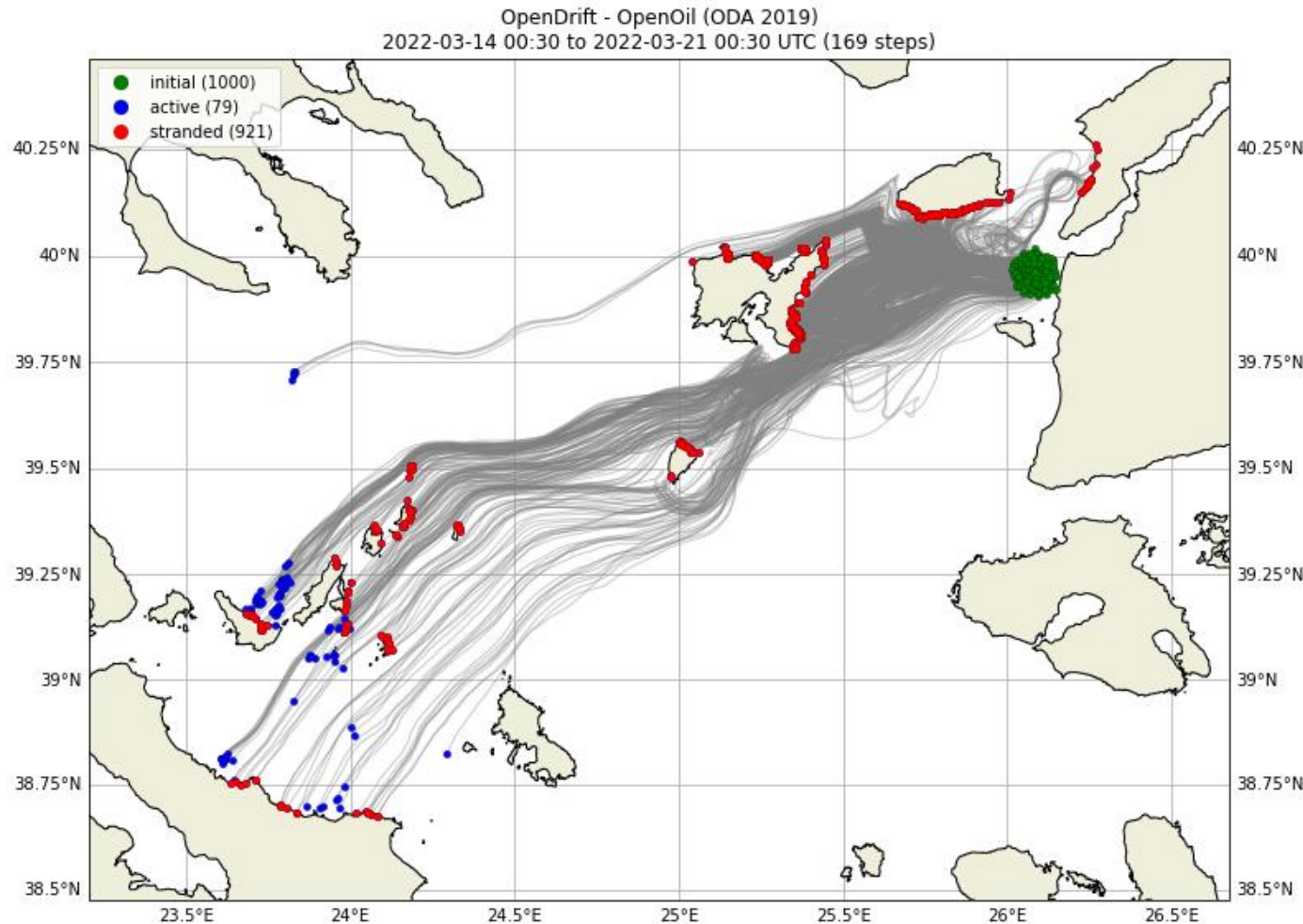


Διασπορά και Τυρβώδης Κινητική Ενέργεια (Κ – ΤΚΕ)



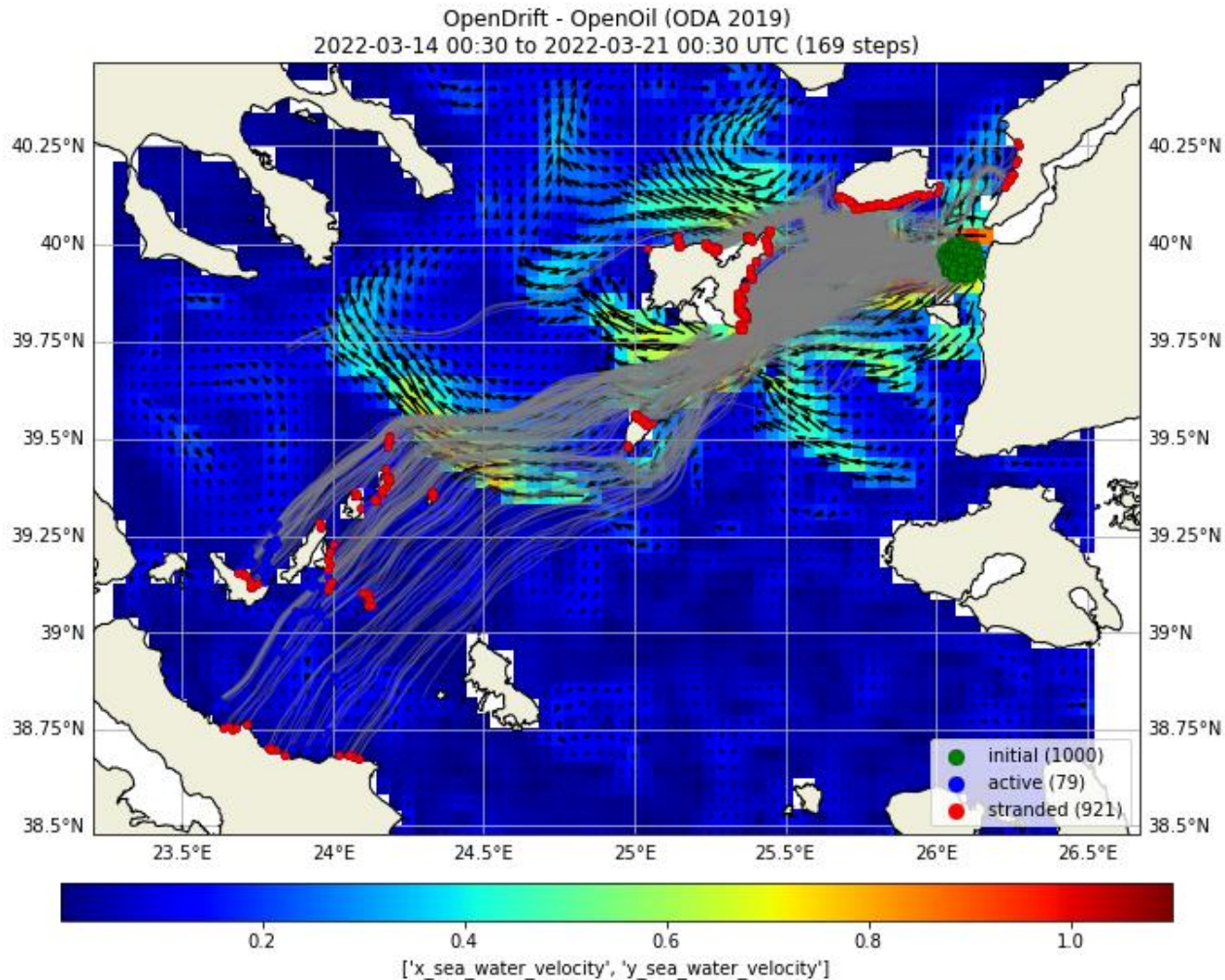
- ✓ Χρονική εξέλιξη του συντελεστή διασποράς, K_y , και της τυρβώδους κινητικής ενέργειας, TKE_y , κατά μήκος της κατεύθυνσης της κίνησης των σωματιδίων ελαίου. Η διασπορά και η τυρβώδης κινητική ενέργεια υπολογίστηκαν μεταξύ διαδοχικών παλιρροϊκών κύκλων για μια ομάδα 1000 σωματιδίων πετρελαίου που απελευθερώθηκαν στο Βόρειο Αιγαίο για 5 ημέρες (10 παλιρροϊκοί κύκλοι).

Αποτελέσματα Προσομοίωσης - Δοκιμαστική υπόθεση Δαρδανέλια

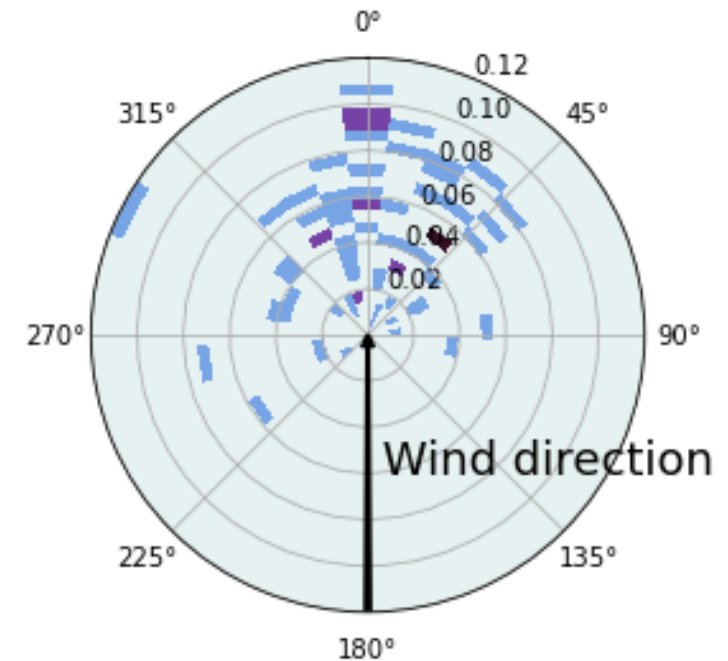


- ✓ Σε αυτό το πείραμα, το πετρέλαιο απελευθερώθηκε στα Δαρδανέλια.
 - ✓ Άνεμος από το **NOAA GFS**
 - ✓ Θαλάσσια Ρεύματα, αλατότητα, θερμοκρασία από το **CMEMS**
 - ✓ Τύπος πετρελαίου: ODA 2019
 - ✓ 1000 σωματίδια πετρελαίου
 - ✓ 7 ημέρες διάρκεια
- Οι **πράσινες κουκκίδες** είναι οι αρχικές θέσεις των στοιχείων,
 - Οι **γκρίζες γραμμές** είναι τροχιές,
 - Οι **μπλε κουκκίδες** είναι θέσεις στο τέλος της προσομοίωσης,
 - Οι **κόκκινες κουκκίδες** υποδεικνύουν στοιχεία που έχουν προσκρούσει στη γη.

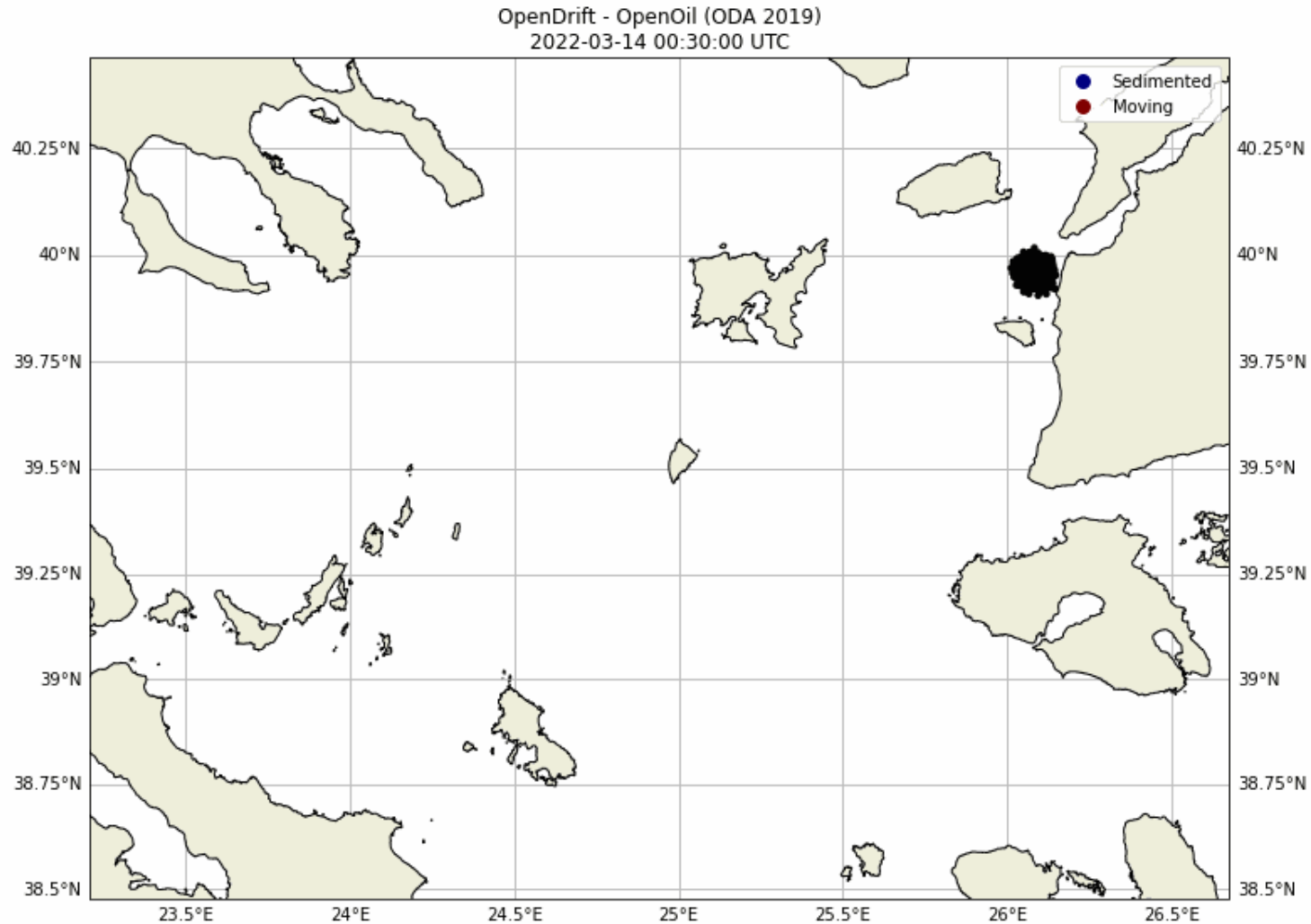
Αποτελέσματα Προσομοίωσης - Δοκιμαστική υπόθεση Ελλάσποντο



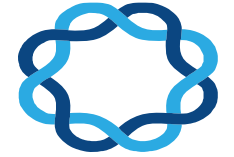
Σε αυτό το πείραμα, το πετρέλαιο απελευθερώθηκε σε μια δοκιμαστική υπόθεση Ελλάσποντο.



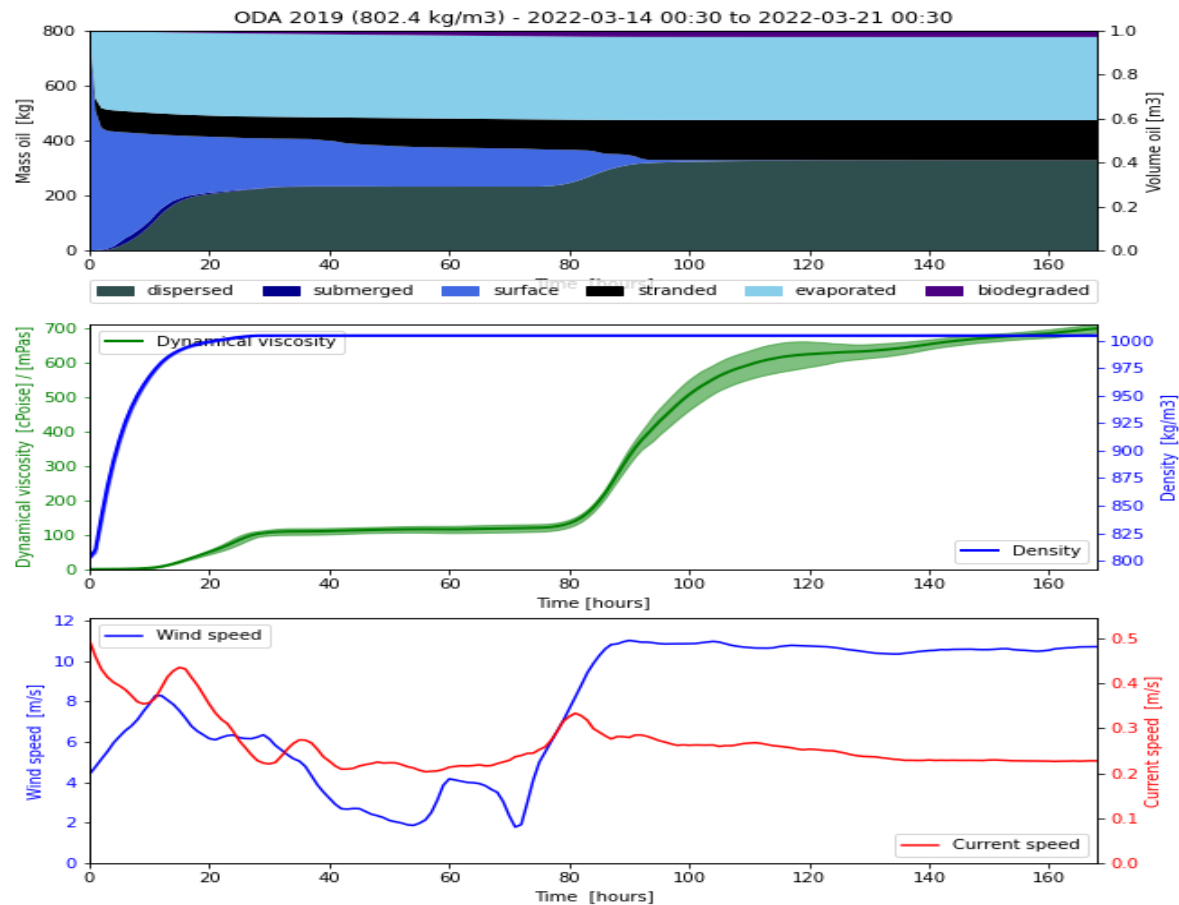
Προσομοίωση Πετρελαιοκηλίδας στο Βόρειο Αιγαίο – Δαρδανέλια



Κατανομή Μάζας Πετρελαίου - Δαρδανέλια

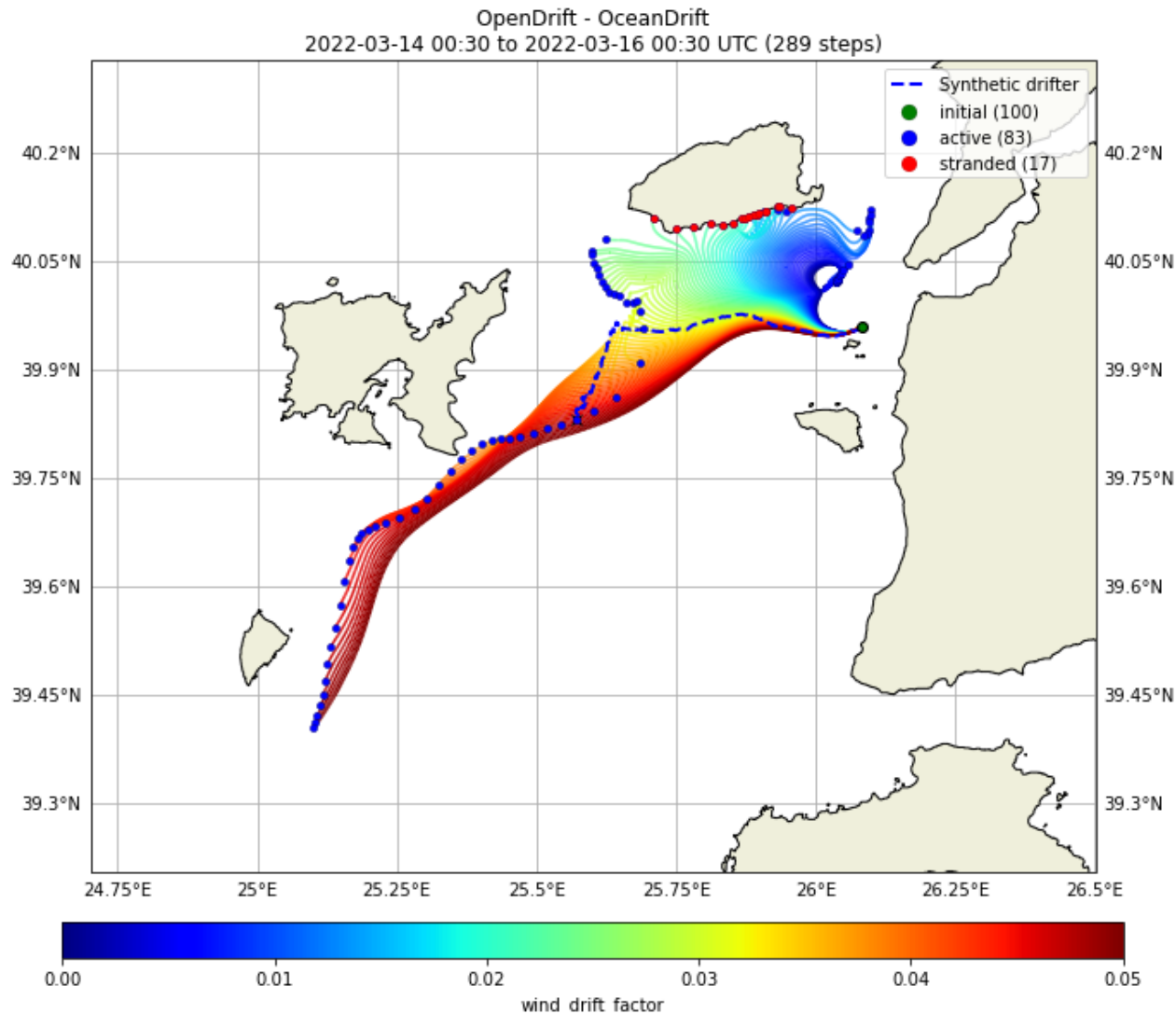


ODYSSEA



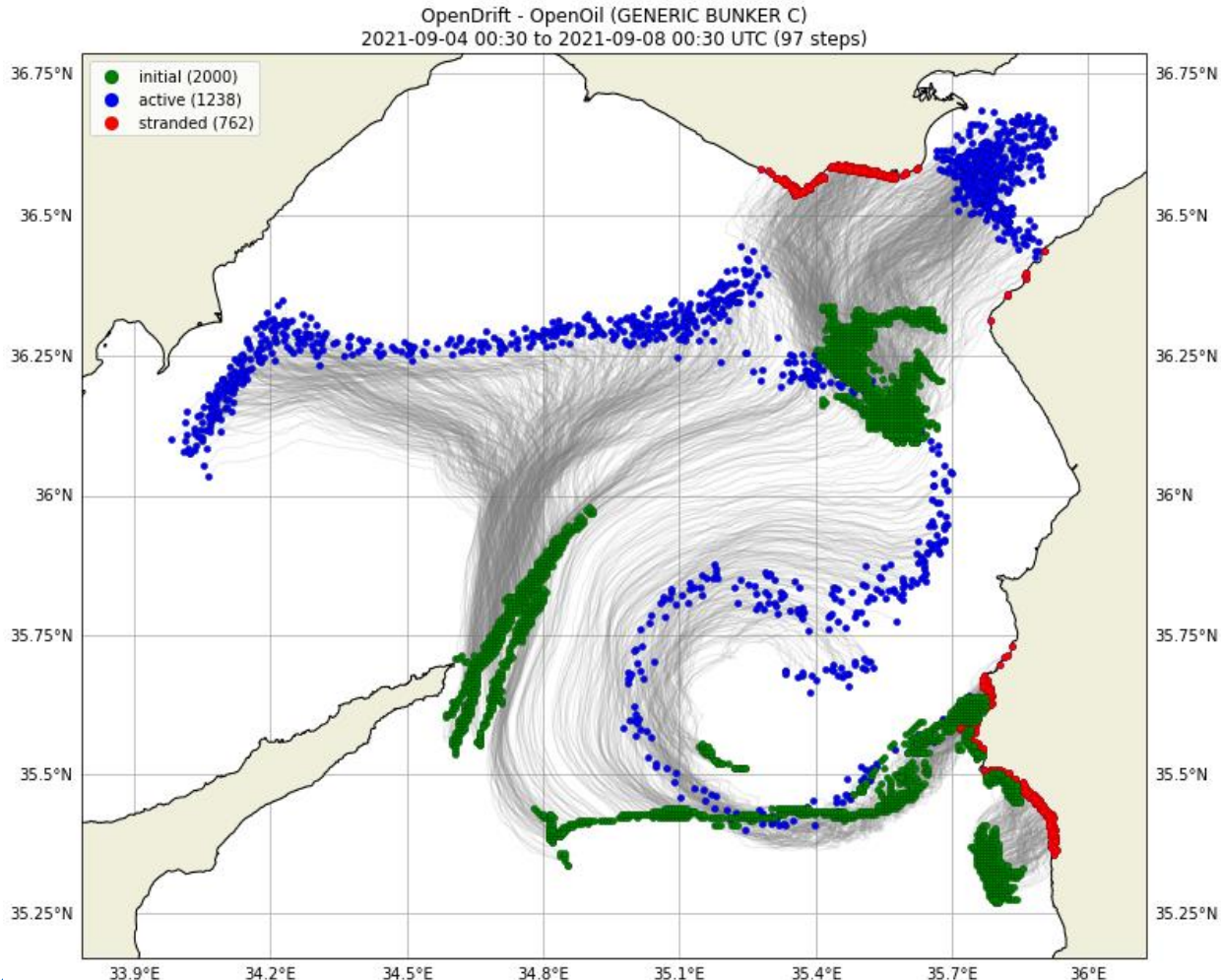
- ✓ Υπόθεση της χρονικής εξέλιξης της κατανομή μάζας πετρελαίου μιας προσομοίωσης 5 ημερών με το OpenOil.
- ✓ Αντίστοιχη γραφική παράσταση μέσου όρου και διασποράς πυκνότητας και ιξώδους μάζας λαδιού.
- ✓ Διάγραμμα ταχύτητας ανέμου και ωκεάνιου ρεύματος.

Wind drift Παράγοντας - Δαρδανέλια



- ✓ Υπόθεση της χρονικής εξέλιξης του παράγοντα wind drift μιας υποθετικής προσομοίωσης 2 ημερών με το OpenOil στα Δαρδανέλια.

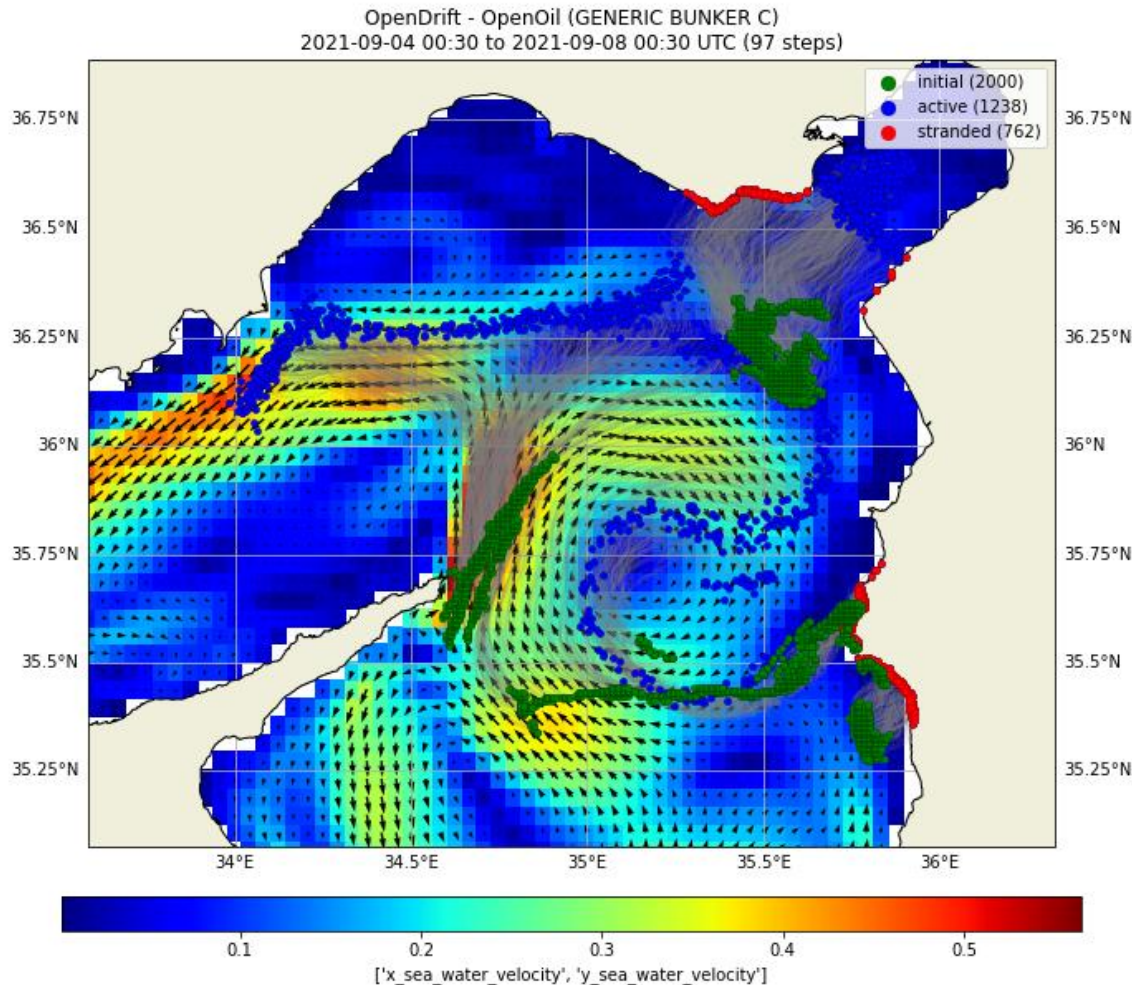
Αποτελέσματα Προσομοίωσης μέσω δορυφόρων – Πετρελαιοκηλίδα Συρίας-Κύπρου



- ✓ Άνεμος από το **NOAA GFS**
- ✓ Ρεύματα, αλατότητα, θερμοκρασία από το **CMEMS**
- ✓ Τύπος πετρελαίου: **GENERIC BUNKER C**
- ✓ 2000 σωματίδια πετρελαίου
- ✓ 4 ημέρες διάρκεια

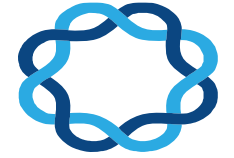
- Οι **πράσινες κουκκίδες** είναι οι αρχικές θέσεις των στοιχείων,
- Οι **γκρίζες γραμμές** είναι τροχιές,
- Οι **μπλε κουκκίδες** είναι θέσεις στο τέλος της προσομοίωσης,
- Οι **κόκκινες κουκκίδες** υποδεικνύουν στοιχεία που έχουν προσκρούσει στη γη.

Αποτελέσματα Προσομοίωσης μέσω δορυφόρων – Πετρελαιοκηλίδα Συρίας-Κύπρου

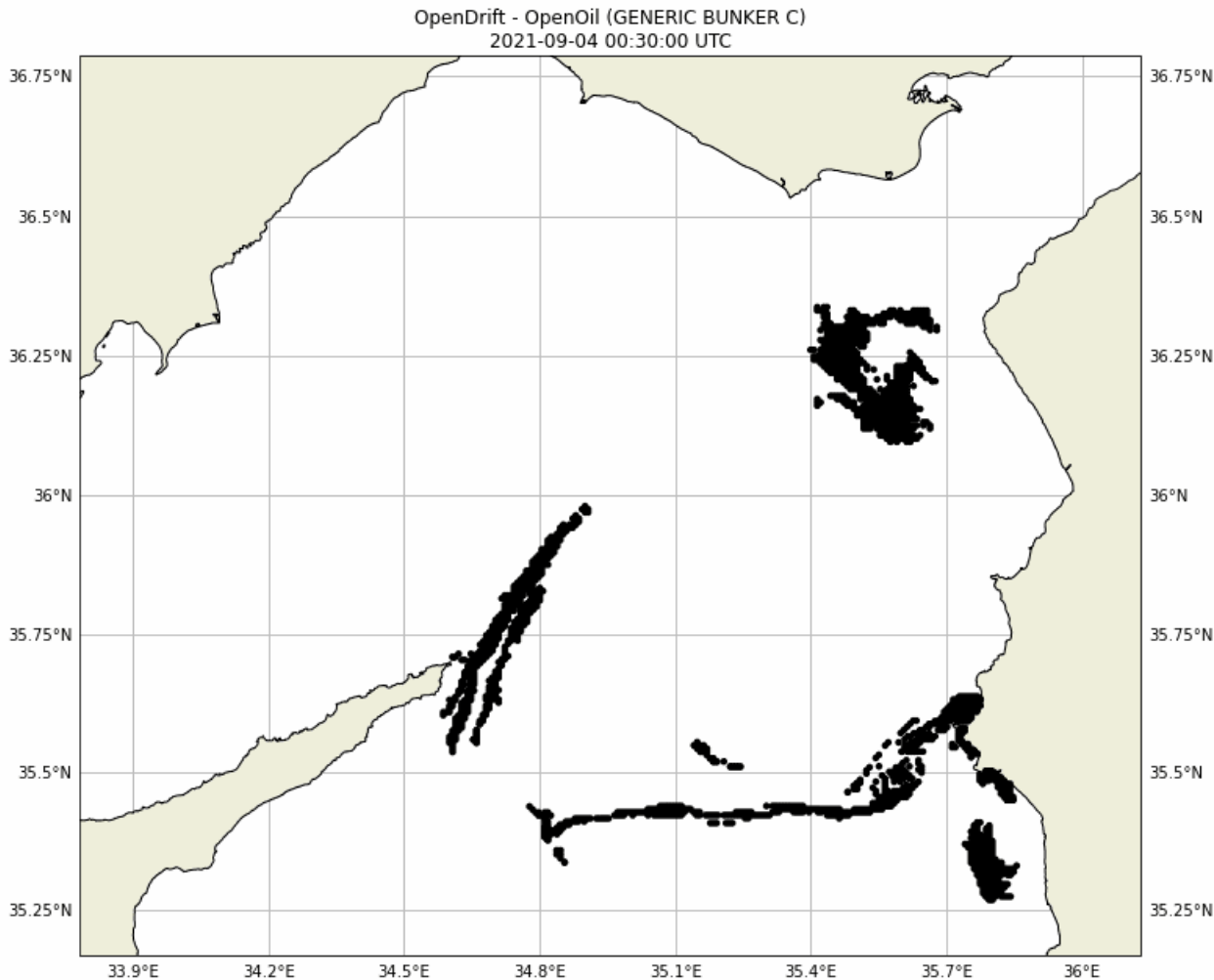


- Σε αυτό το πείραμα, το πετρέλαιο απελευθερώθηκε ανατολικά της Κύπρου, και στις ακτές της Συρίας.
- Οι **πράσινες κουκκίδες** είναι οι αρχικές θέσεις των στοιχείων,
- Οι **γκρίζες γραμμές** είναι τροχιές,
- Οι **μπλε κουκκίδες** είναι θέσεις στο τέλος της προσομοίωσης,
- Οι **κόκκινες κουκκίδες** υποδεικνύουν στοιχεία που έχουν προσκρούσει στη γη.

Αποτελέσματα Προσομοίωσης μέσω δορυφόρων – Πετρελαιοκηλίδα Συρίας-Κύπρου



ODYSSEA



- Σε αυτό το πείραμα, το πετρέλαιο απελευθερώθηκε ανατολικά της Κύπρου, και στις ακτές της Συρίας.
- Οι **πράσινες κουκκίδες** είναι οι αρχικές θέσεις των στοιχείων,
- Οι **γκρίζες γραμμές** είναι τροχιές,
- Οι **μπλε κουκκίδες** είναι θέσεις στο τέλος της προσομοίωσης,
- Οι **κόκκινες κουκκίδες** υποδεικνύουν στοιχεία που έχουν προσκρούσει στη γη.

Μελλοντικές Βελτιώσεις



- 1) Σύζευξη με υδροδυναμικά και κυματικά μοντέλα υψηλής ανάλυσης.
- 2) Βελτίωση παραμετροποίησης φυσικοχημικών διεργασιών όπως η βιοαπικοδόμηση.
- 3) Επικύρωση μοντέλου OpenOil με επιτόπιες μετρήσεις και δορυφορικά δεδομένα.



Creating products and knowledge
for the Mediterranean



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ

Keramea Panagiota

Laboratory of Ecological Engineering and Technology, Department of Environmental Engineering,

Democritus University of Thrace

kerameapanagiota@gmail.com



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 727277



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE