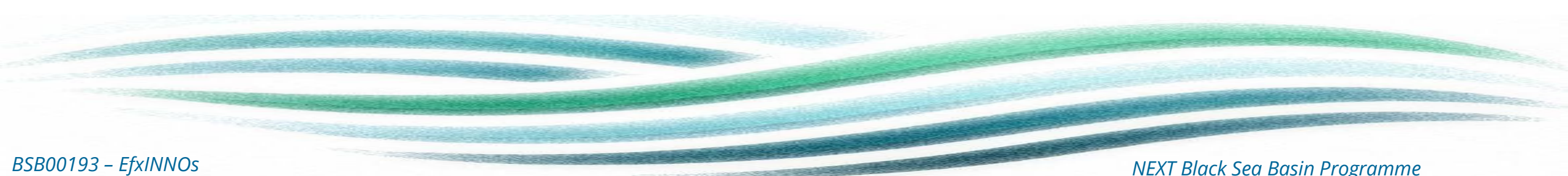


Χρήση micro-AUVs για την παρακολούθηση βενθικών οικοτόπων και θαλάσσιων απορριμμάτων

Νικόλαος Κόκκος, ΔΠΘ

12 Ιουνίου 2026, Online



Τι είναι ένα micro-AUV;

Ένα **Αυτόνομο Υποβρύχιο Όχημα (AUV)** είναι ένα μη προσδεμένο, αυτοπροωθούμενο drone που ακολουθεί μια προγραμματισμένη αποστολή χωρίς χειριστή σε πραγματικό χρόνο.

Ένα **micro-AUV (mAUV)** είναι μια υποκατηγορία αυτών των drone, αρκετά μικρό ώστε να μεταφέρεται και να εκτοξεύεται με το χέρι, αλλά ικανό να φέρει τους ίδιους αισθητήρες.



Φορητό. Αυτόνομη αποστολή.
Πλήρες αισθητήρων.



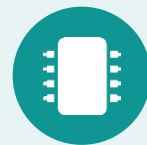
< 1 m

μήκος



< 10 kg

βάρος στον αέρα



100%

αυτόνομο στην αποστολή

Ένα αρθρωτό φορτίο αισθητήρων

Ένα μικρό όχημα φέρει έναν εναλλάξιμο χώρο οργάνων, συλλέγοντας πολλαπλές ροές δεδομένων σε μία μόνο κατάδυση.



Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης

Ακουστική απεικόνιση του
πυθμένα και στόχων



Οπτική κάμερα

Στερεοσκοπικό βίντεο &
φωτογραφίες για επαλήθευση



Αισθητήρας CTD

Προφίλ αγωγιμότητας,
θερμοκρασίας, βάθους



Δειγματολήπτης νερού

Διακριτά δείγματα για
εργαστηριακή ανάλυση

Γιατί είναι σημαντικά για την παρακολούθηση



Φτάνει σε δύσκολα πεδία

Λειτουργεί σε 1–300 m: βραχώδεις υφάλους, λιβάδια φανερόγαμων και ρηχά πεδία που σκάφη και ρυμουλκούμενα συστήματα δεν προσεγγίζουν.



Πετά κοντά στον πυθμένα

Πλέοντας 1–3 m πάνω από τον πυθμένα δίνει πολύ ευκρινέστερα δεδομένα από τα ρυμουλκούμενα συστήματα.



Επαναληψιμότητα

Πανομοιότυπες προγραμματισμένες τομές επαναλαμβάνονται, επιτρέποντας αξιόπιστη ανίχνευση μεταβολών.



Πολλοί αισθητήρες, μία κατάδυση

Ηχοβολισμός, βίντεο, εντοπισμός και ποιότητα νερού μαζί. Λιγότερες επιχειρήσεις πεδίου.



Μικρό περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Η αθόρυβη ηλεκτρική πρόωση και το μικρό μέγεθος του AUV περιορίζουν την όχληση σε ευαίσθητους οικοτόπους.



Χαμηλό κόστος & μικρό πλήρωμα

Ομάδα δύο ατόμων εκτοξεύει από φουσκωτό, μειώνοντας το κόστος και το αποτύπωμα άνθρακα.

Τι παρακολουθούν στην πράξη



Χαρτογράφηση οικοτόπων

Ταξινόμηση υποστρώματος και οριοθέτηση φανερόγαμων, υφάλων και βιογενών δομών.



Θαλάσσια απορρίμματα

Εντοπισμός μεγάλων απορριμμάτων και χαμένων αλιευτικών εργαλείων μέσω ακουστικής σκιάς.



Ποιότητα νερού

Καταγραφή αλατότητας, θερμοκρασίας και θολότητας κατά μήκος ακριβών διαδρομών.



Ανίχνευση μεταβολών

Επανέρευνα ίδιων γραμμών για οριοθέτηση οικοτόπων και πιέσεων στον χρόνο.

Πλατφόρμες micro-AUV – Τύποι & Παραδείγματα

Τορπιλοειδή

e.g. REMUS 100, ECA A9, Iver3, NemoSens

- Υδροδυναμικά αποδοτικά
- Μικρή αυτονομία (6–12 h)
- Κατάλληλα για ευθύγραμμες διαδρομές
- Σταθερά σε ταχύτητα (> 1.5 m/s)



Ιδανικά για:

Βενθική χαρτογράφηση ευρείας έκτασης, επιθεώρηση αγωγών

Αιώρησης / ROVAUV

e.g. BlueROV2 Heavy, VideoRay Scout

- Δυνατότητα διατήρησης θέσης
- Ευέλικτα σε στενούς χώρους
- Απεικόνιση & δειγματοληψία χαμηλής ταχύτητας
- Εύκολη ανάπτυξη & ανάκτηση



Ιδανικά για:

Επιθεώρηση οικοτόπων από κοντά, ανάκτηση απορριμμάτων

Glider

e.g. Slocum G3, Seaglider, SeaExplorer

- Πολύ χαμηλή κατανάλωση (αυτονομία εβδομάδων)
- Συνεχής παρακολούθηση σε μεγάλες περιοχές
- Καταγραφή προφίλ υδάτινης στήλης + πυθμένα
- Αθόρυβα – ελάχιστη βιολογική όχληση



Ιδανικά για:

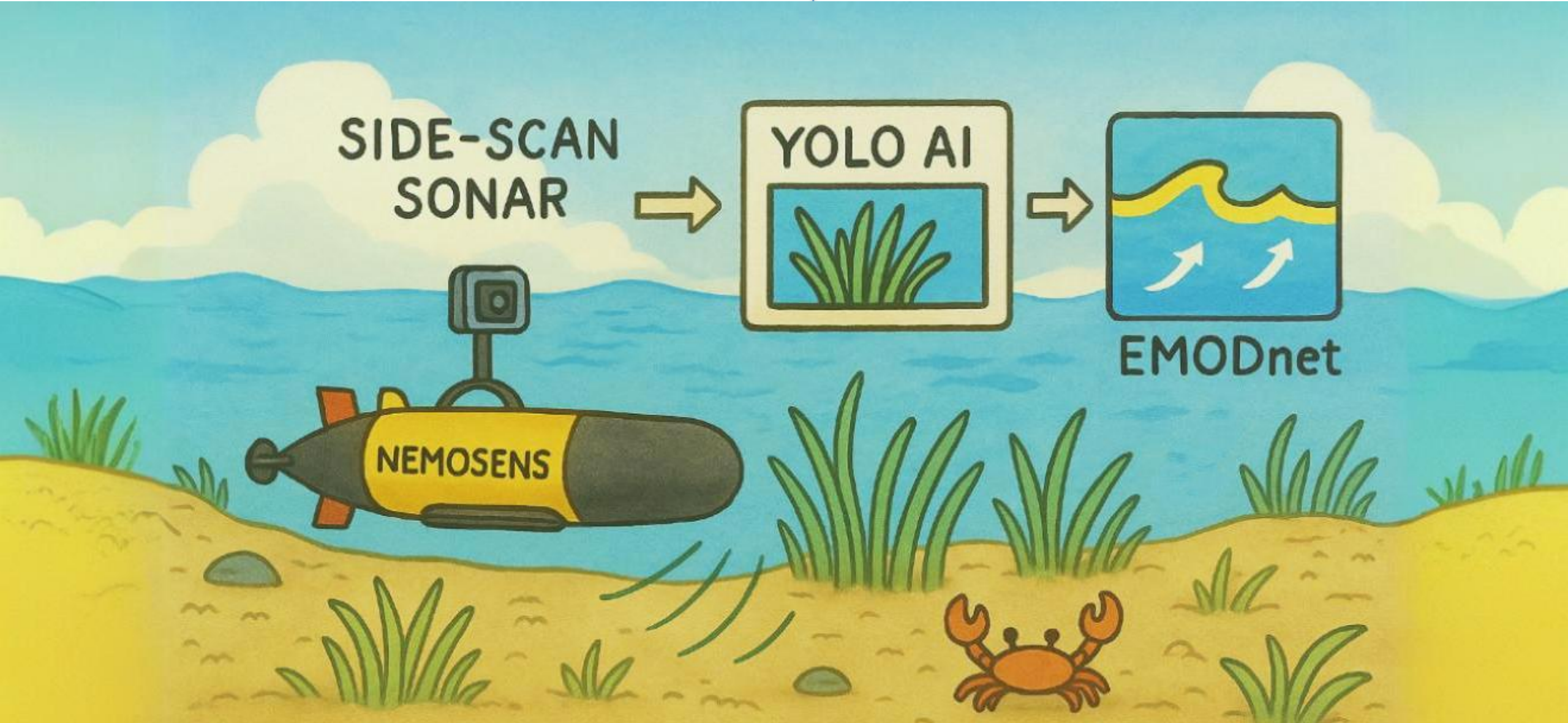
Μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική παρακολούθηση

RTSYS NEMOSENS mAUV

εξοπλισμένο με:

- **RBRlegato CTD**: δεδομένα αλατότητας και θερμοκρασίας
- **Κάμερα GoPro**: RGB βίντεο και εικόνες
- **Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης StarFish 454** : ακουστικές εικόνες





Ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης

Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (SSS) είναι μια τεχνολογία ακουστικής ανάκλασης.

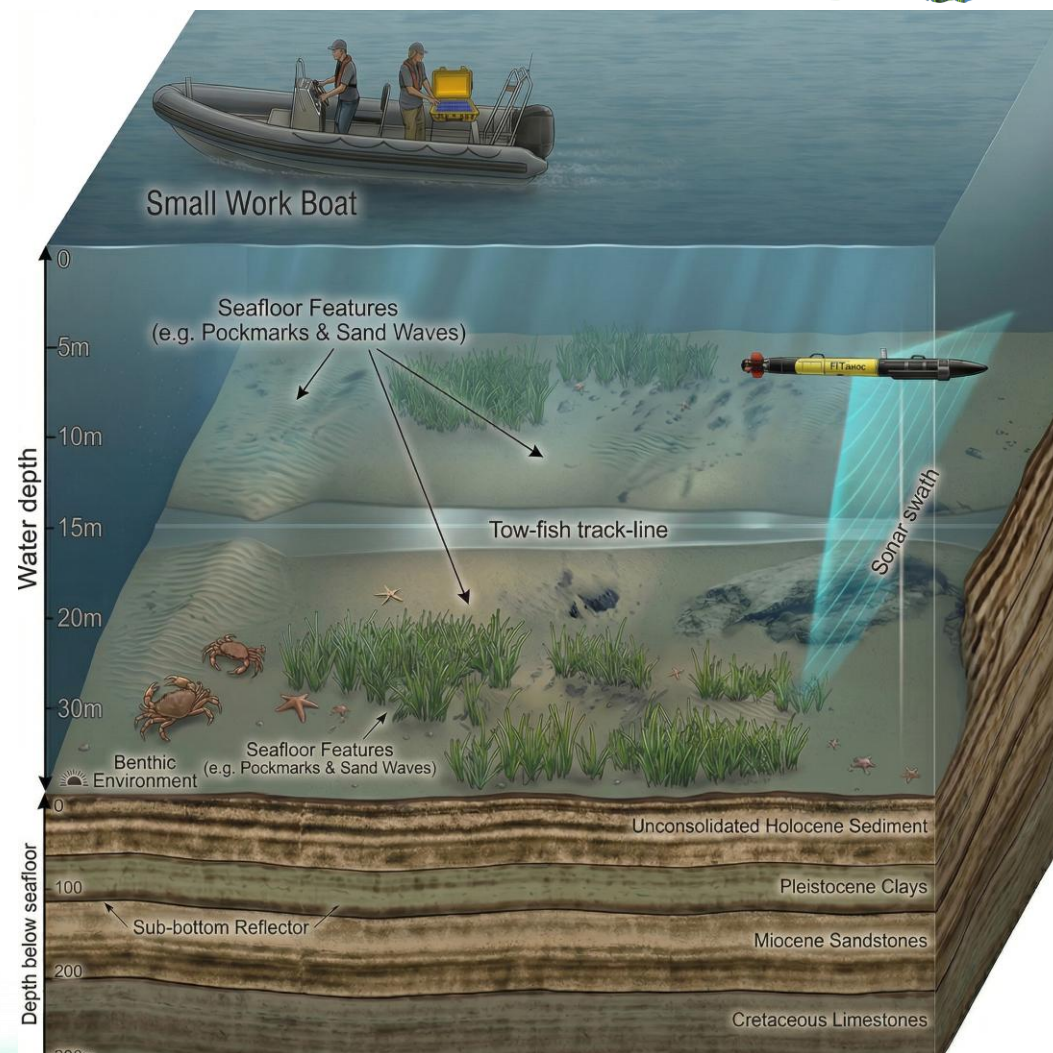
Βασικά, χρησιμοποιούν μια λωρίδα ήχου για τη χαρτογράφηση του πυθμένα.

Οι SSS εκπέμπουν κωνικούς ή σε μορφή βεντάλιας παλμούς κάθετα στην πορεία και καταγράφουν τις ηχώ.

Τα λαμβανόμενα σήματα (ηχώ) δημιουργούν μια λεπτομερή εικόνα της ανακλαστικότητας του πυθμένα και των ανωμαλιών του (‘ηχογράφημα’) εντός της λωρίδας της δέσμης (εύρος κάλυψης). Καταγράφονται ο χρόνος διαδρομής και η ένταση του επιστρεφόμενου παλμού.

Η ανακλαστικότητα του πυθμένα εξαρτάται από την τραχύτητά του και τη φύση του ανώτερου υλικού:

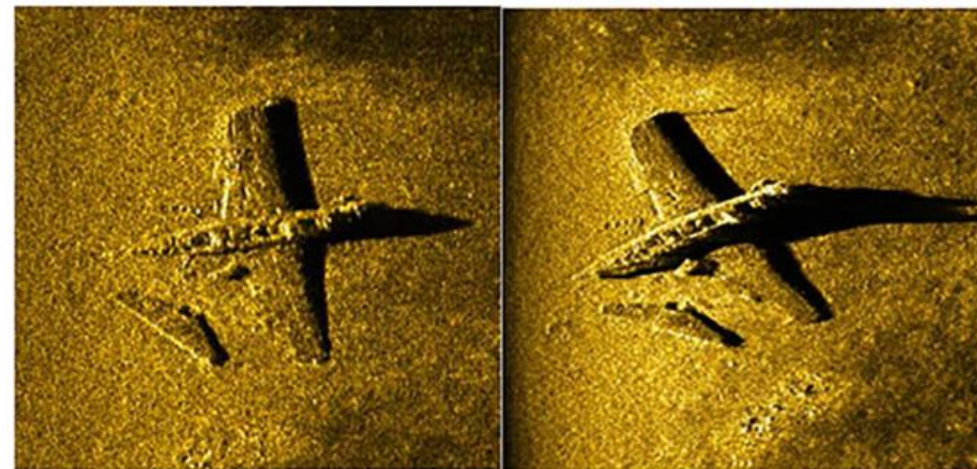
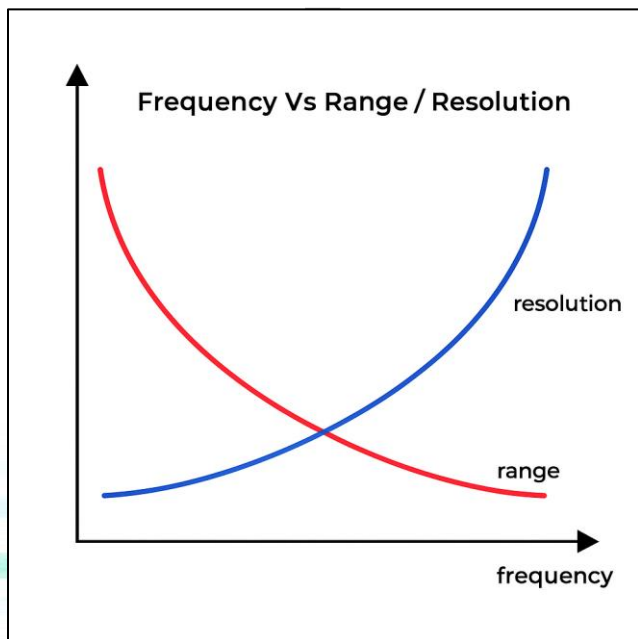
- τα χονδρόκοκκα εμφανίζουν υψηλότερη ανακλαστικότητα από τα λεπτόκοκκα ιζήματα



Side-scan sonars – Εύρος ανίχνευσης

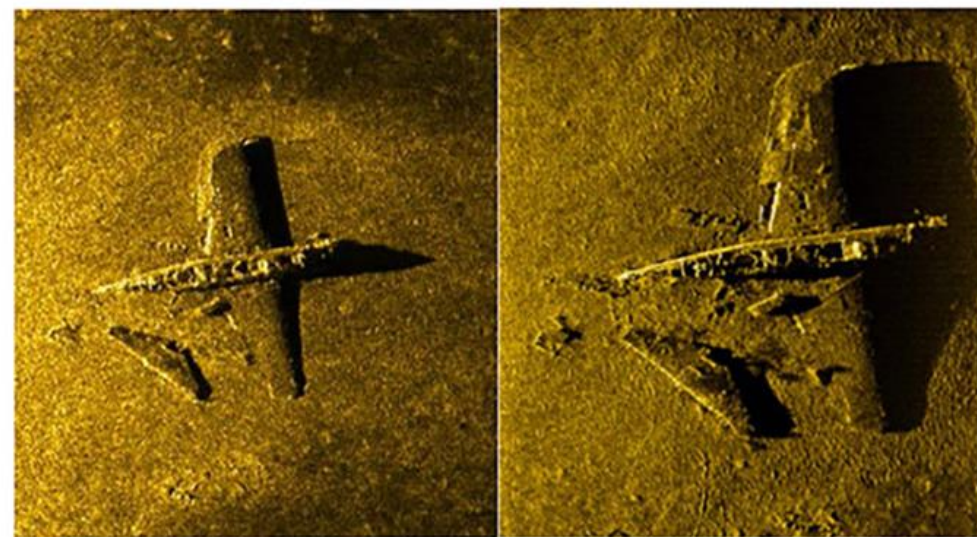
Ο χαμηλότερης συχνότητας 200 kHz συχνότητας ηχοβολιστής είναι ικανός να ανιχνεύει μεγάλους στόχους σε αποστάσεις 150 μέτρων.

Ο υψηλότερης συχνότητας 455 kHz ηχοβολιστής έχει στενή δέσμη και μικρότερο εύρος (100 m) για πιο λεπτομερείς εικόνες πλησιέστερων στόχων.



400 KHz

600 kHz



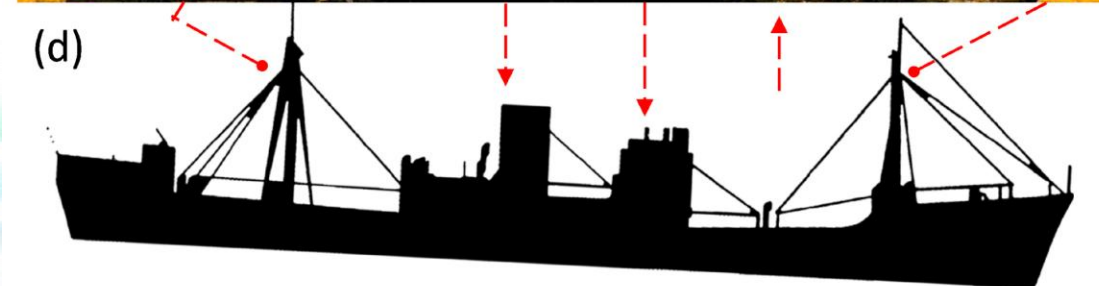
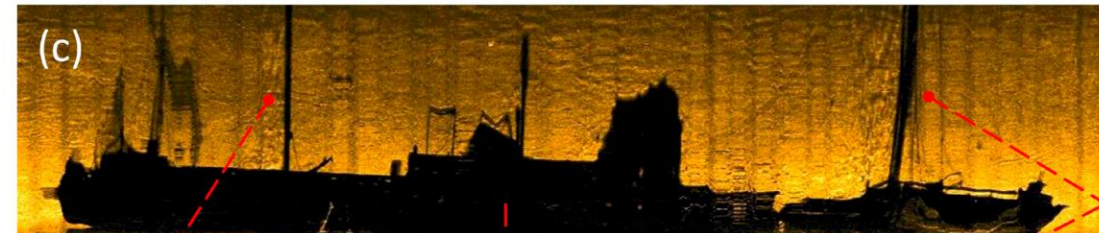
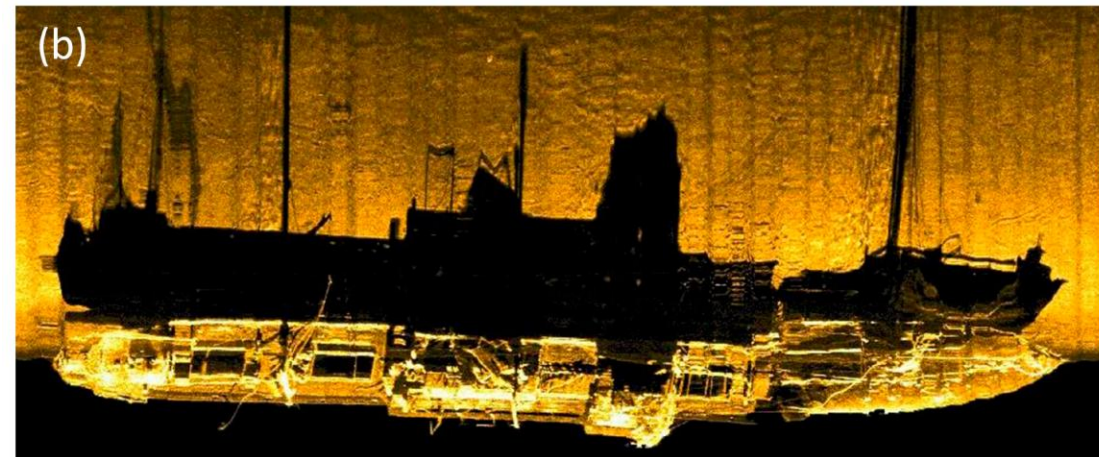
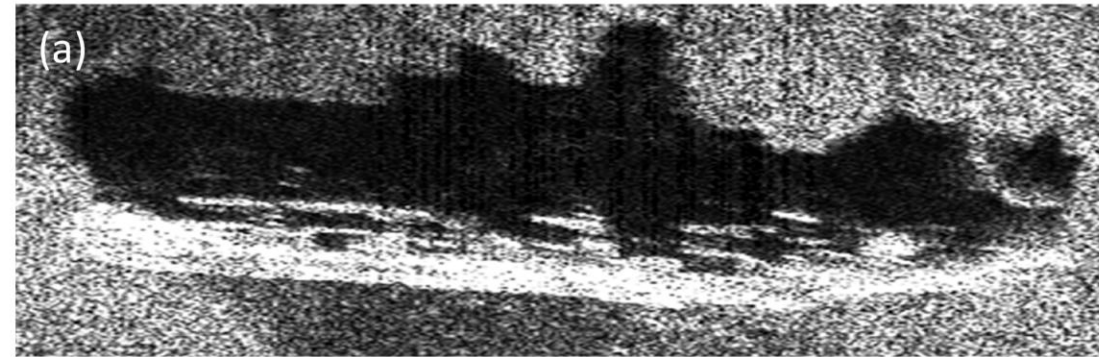
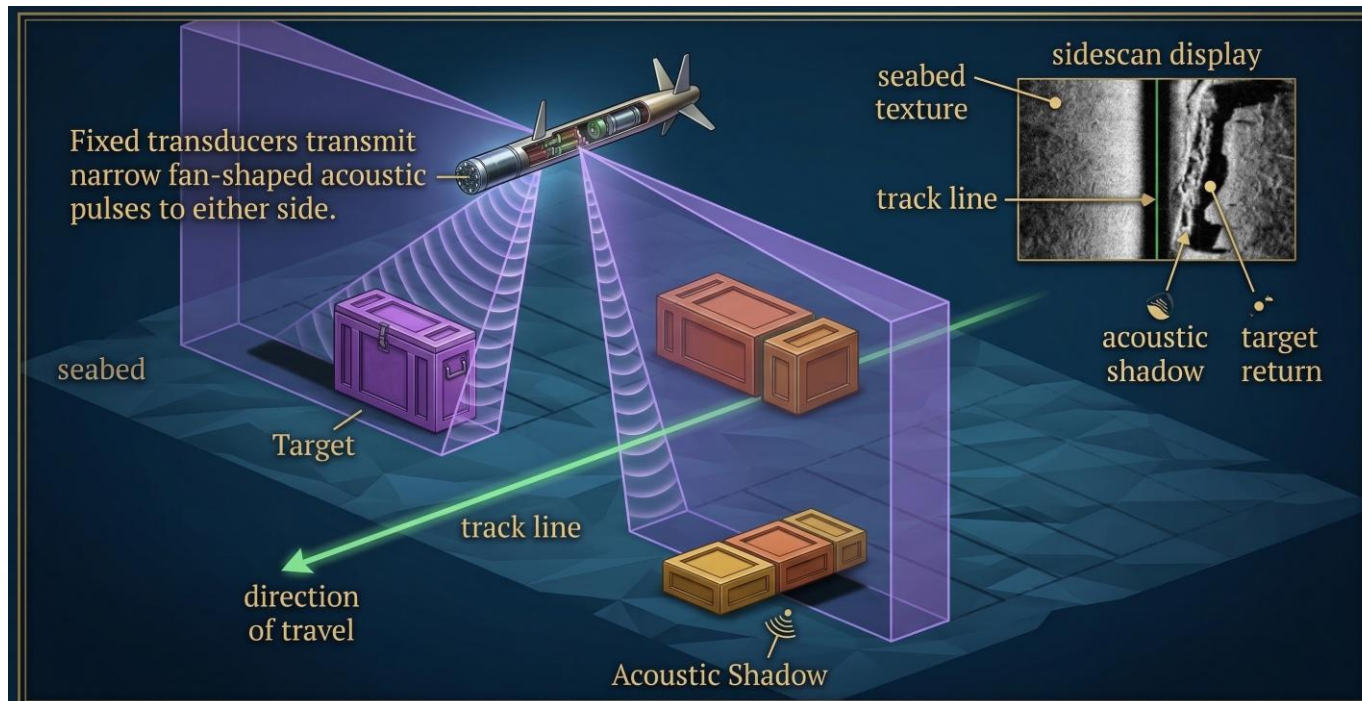
900 kHz

1600 kHz

Side-scan sonars – Ακουστική σκιά

Η χρήση ενός ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης μοιάζει σαν να κοιτάς έναν κόσμο από γυαλιστερό μαύρο πλαστικό, στο σκοτάδι, με μόνο μια στενή δέσμη φακού για φωτισμό.

Προσδίδει μια τρισδιάστατη ποιότητα σε μια δισδιάστατη έρευνα.

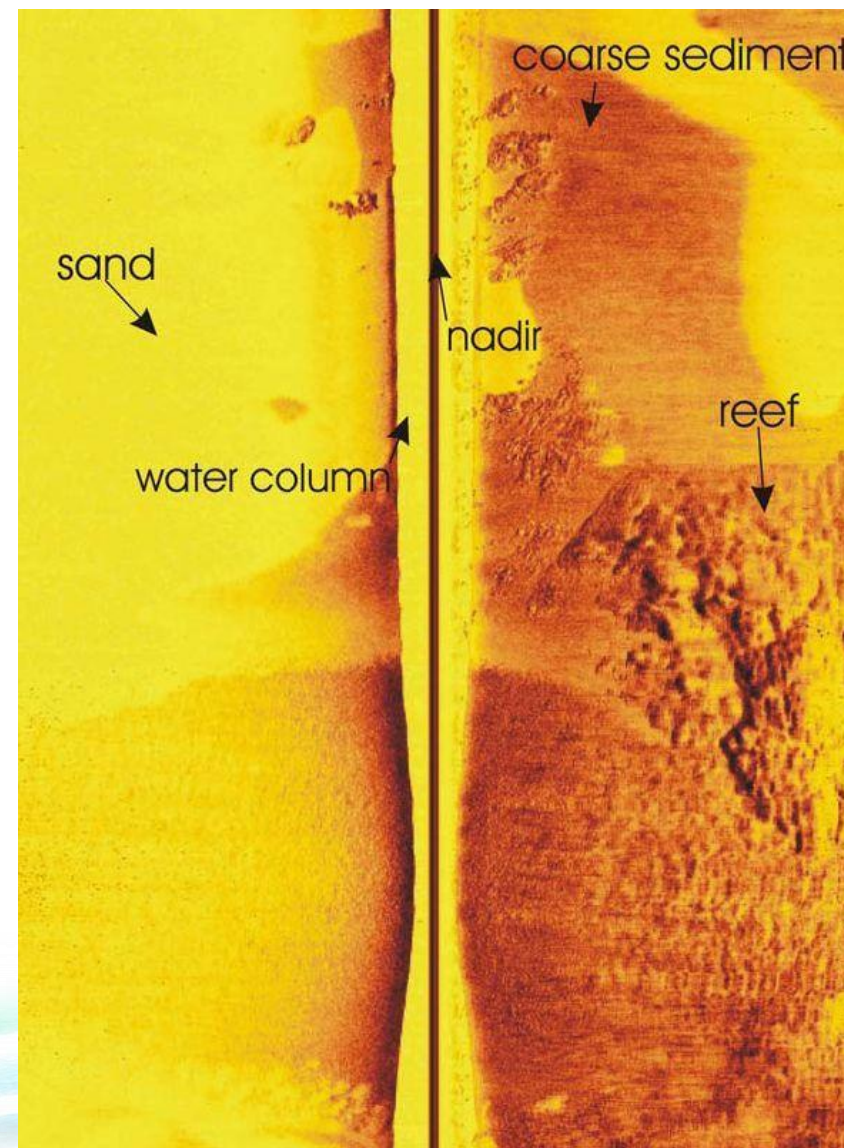
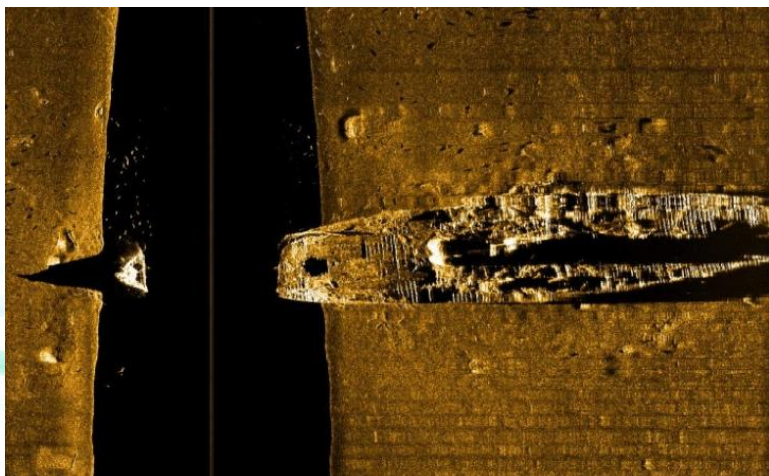


Side-scan sonars – Γραμμή ναδίου

Ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης **μετρούν τον χρόνο κάθε επιστροφής για να υπολογίσουν τη θέση των στόχων** στον πυθμένα.

Η **ζώνη ναδίου** είναι η περιοχή στον πυθμένα ακριβώς κάτω από τον αισθητήρα όπου η δέσμη προσπίπτει σχεδόν κατακόρυφα. Εμφανίζεται ως μια **φωτεινή γραμμή** στην ηχοβολιστική καταγραφή, επειδή η ισχυρή κατακόρυφη επιστροφή δημιουργεί ασάφεια.

Η **υδάτινη στήλη** είναι η περιοχή που εμφανίζεται αριστερά και δεξιά της κεντρικής γραμμής, αποτελώντας περίπου το 5% της κλίμακας εύρους.



eXtented Triton Format (XTF)

Ένα αρχείο XTF μπορεί να θεωρηθεί ως μια «δεξαμενή» δεδομένων.

Μπορεί να προστεθούν **δεδομένα στο αρχείο ανά πάσα στιγμή χωρίς να χρειάζεται συγχρονισμός** των πακέτων δεδομένων.

Για παράδειγμα:

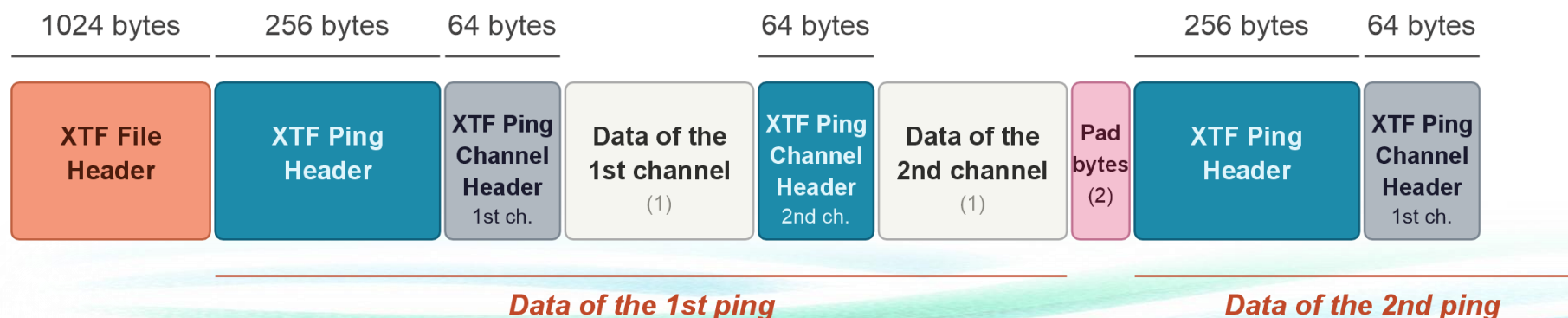
- τα βαθυμετρικά δεδομένα μπορεί να καταγράφονται **5 φορές ανά δευτερόλεπτο**
- τα ηχοβολιστικά δεδομένα καταγράφονται **10 φορές ανά δευτερόλεπτο**.

Δεν σπαταλάται χώρος αποθήκευσης και δεν δημιουργούνται «κενά» στην αποθηκευμένη ροή δεδομένων.

Triton Imaging, Inc (1988)



Δομή αρχείου XTF



...



(1) Variable length — depends on samples per ping and bit depth.

(2) Pad bytes align the next ping block to a 512-byte boundary.

SONARWIZ

Αναπτύχθηκε από **Chesapeake Technology**, είναι μια ολοκληρωμένη λύση λογισμικού για γεωφυσικές, υδρογραφικές, αρχαιολογικές και θαλάσσιες έρευνες αγωγών.

- λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο
- μετα-επεξεργασία
 - sidescan,
 - Sub-bottom,
 - βαθυμετρία και
 - μαγνητομετρικά δεδομένα

ReefMaster



Αναπτύχθηκε από **ReefMaster Software**, είναι λογισμικό για Windows.

- Εισαγωγή αρχείων πορείας και βάθους
- Χαρτογράφηση σε πραγματικό χρόνο
- Δημιουργία μωσαϊκού
- Διαχείριση διαδρομών πορείας
- Εξαγωγή σε GPS

BSB00193 – EfxINNOs

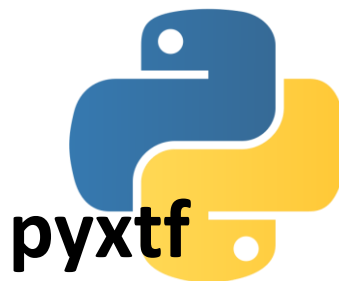
OpenSideScan



CIDCO

Αναπτύχθηκε από **CIDCO**.
Λογισμικό ανοιχτού κώδικα για:

- επεξεργασία και
- οπτικοποίηση ηχοβολιστικών δεδομένων



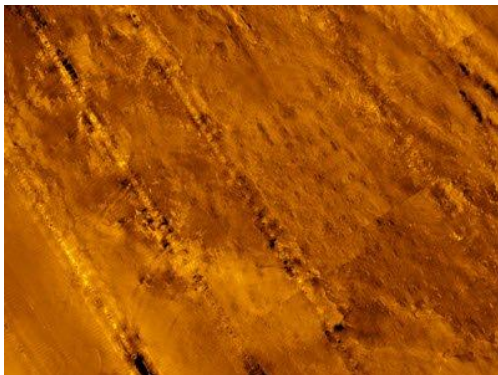
Αναπτύχθηκε από τον **Oystein Sture (oysstu)**,

είναι μια βιβλιοθήκη Python.

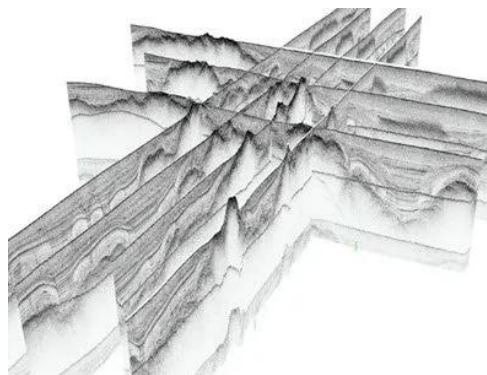
- Ανάγνωση και ανάλυση αρχείων XTF
- Εγγραφή ή δημιουργία αρχείων XTF
- Υποστήριξη ανάγνωσης πολλαπλών τύπων πακέτων δεδομένων

Αναπτύχθηκε από **Chesapeake Technology**, είναι μια ολοκληρωμένη λύση λογισμικού για γεωφυσικές, υδρογραφικές, αρχαιολογικές και θαλάσσιες έρευνες αγωγών.

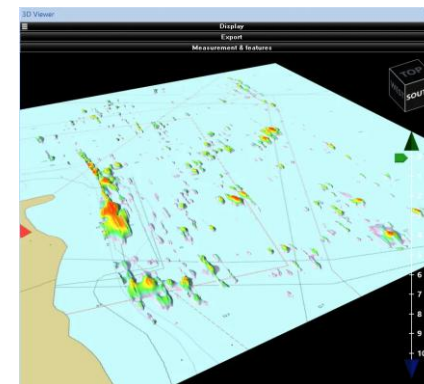
Sidescan



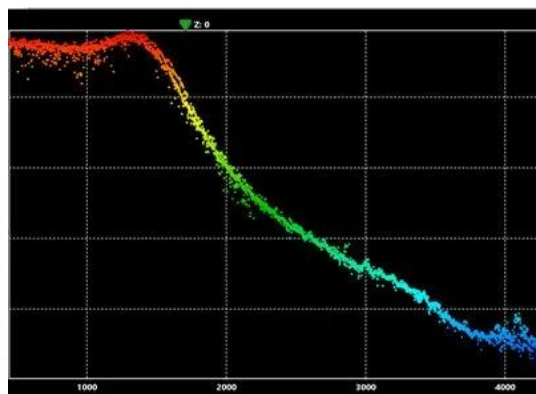
Sub-Bottom



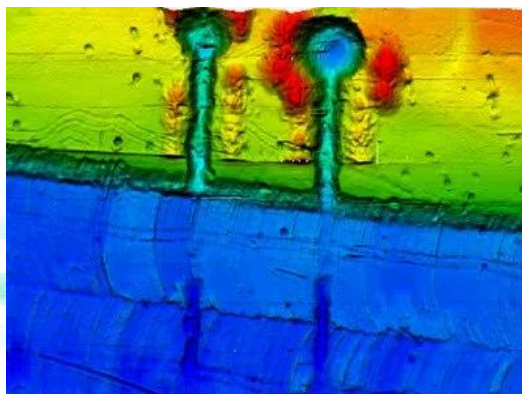
Magnetometry



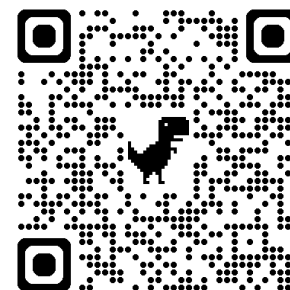
Single beam



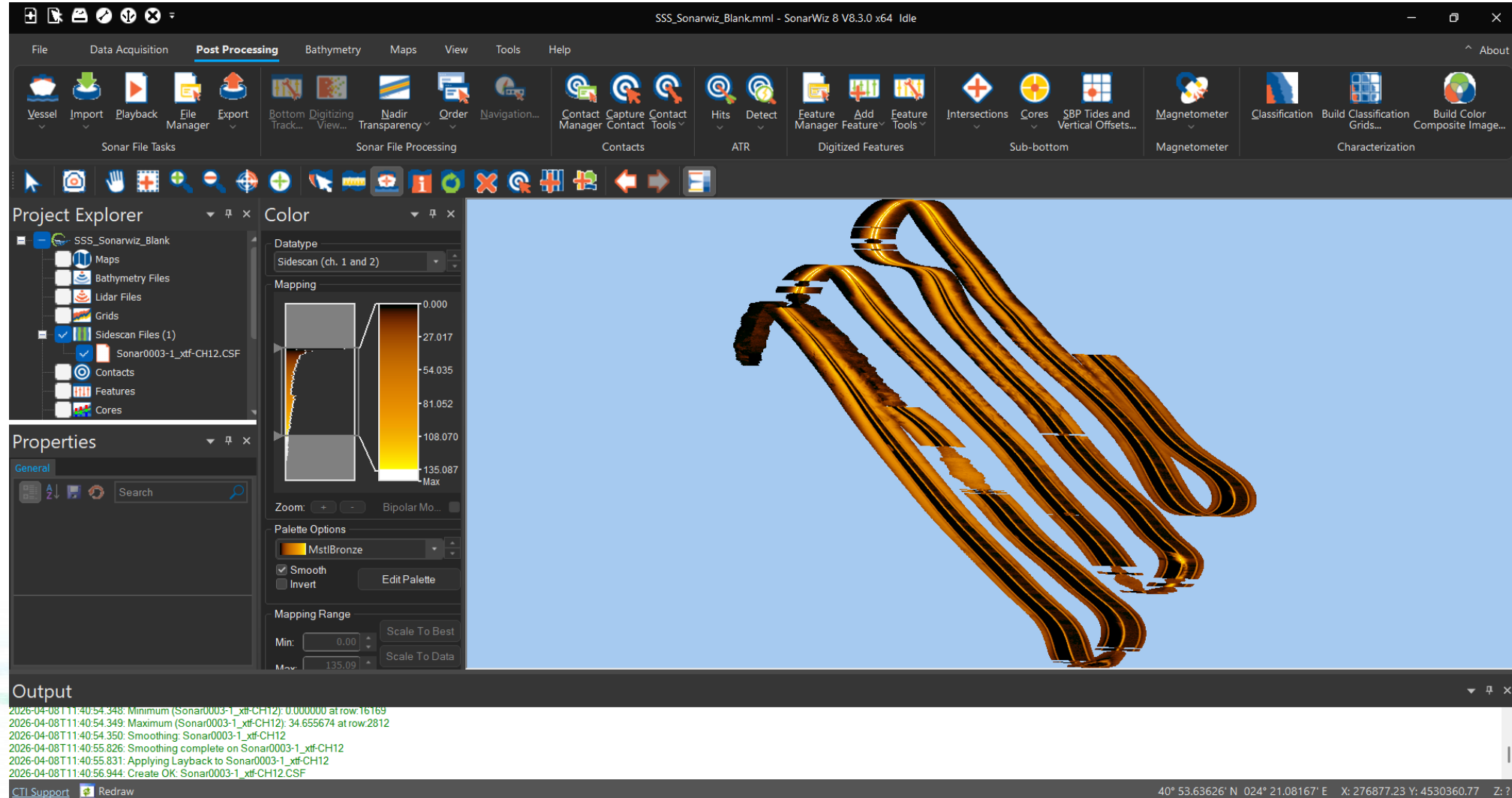
Multi-beam



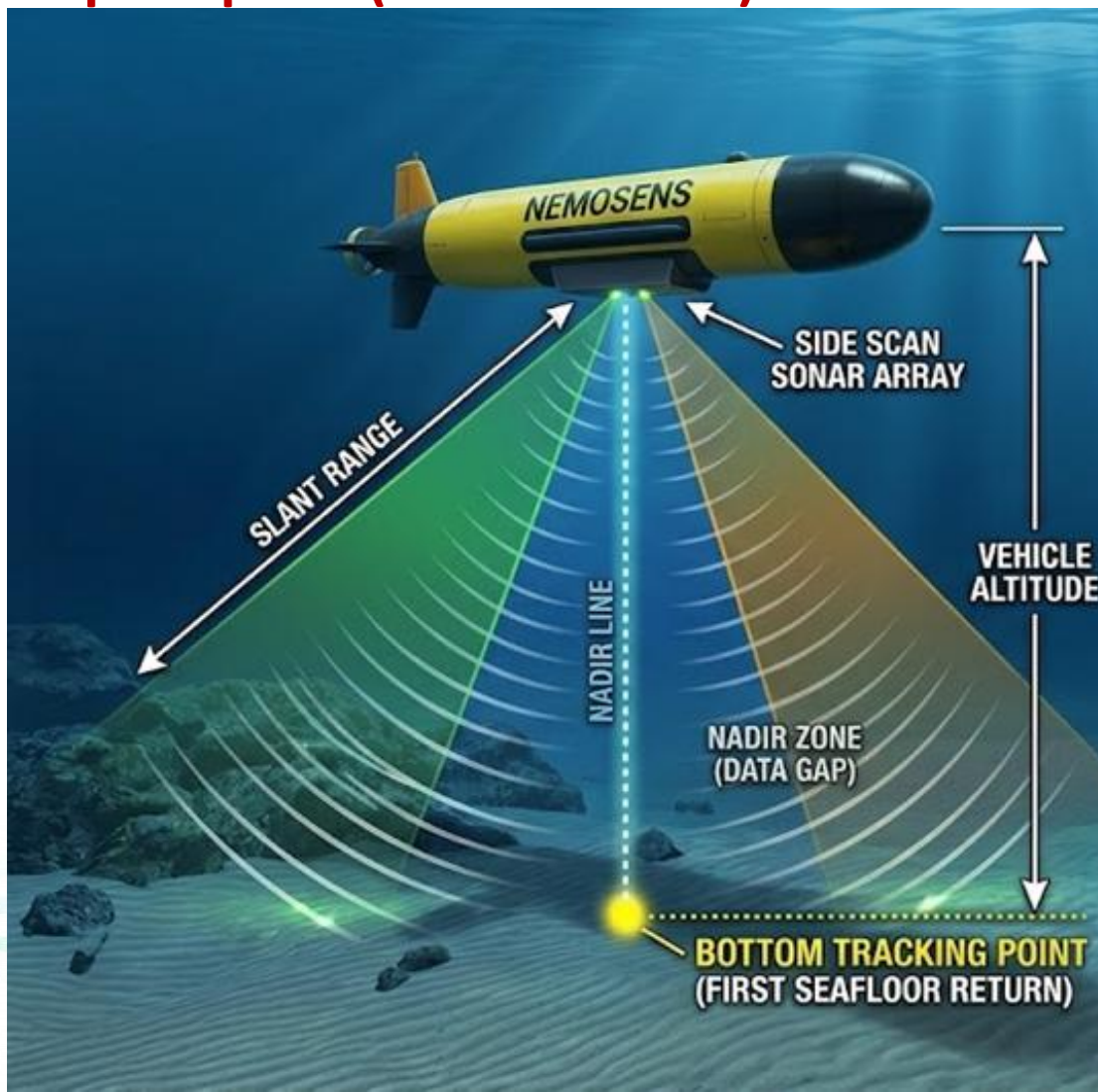
<https://chesapeakeotech.com/products/sonarwiz-sidescan/>



Περιβάλλον εργασίας Sonarwiz



Ανίχνευση πυθμένα (Bottom Track)



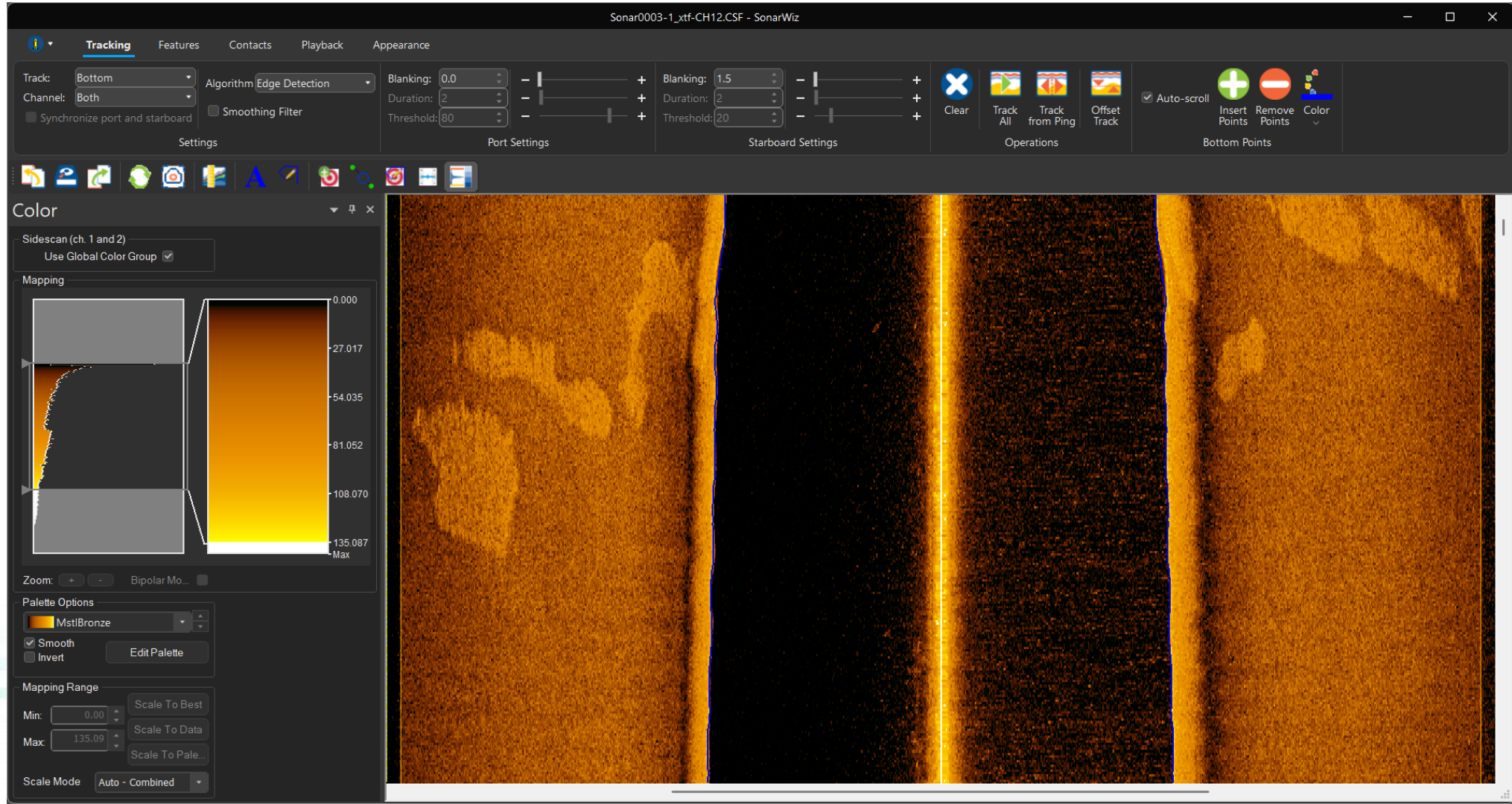
Το SonarWiz σαρώνει το προφίλ πλάτους κάθε ring και εντοπίζει την πρώτη ισχυρή ηχώ = επιστροφή πυθμένα.

Την επισημαίνει ως τον πυθμένα στην απεικόνιση καταρράκτη.

Αυτό επιτρέπει τον υπολογισμό της πραγματικής λοξής απόστασης → εγκάρσιας απόστασης ώστε η εικόνα να διορθώνεται γεωμετρικά.

Χωρίς αυτό, οι σκιές και οι στόχοι τοποθετούνται εσφαλμένα.

Ανίχνευση πυθμένα (Bottom Track)



Ενίσχυση πλευρικής σάρωσης και επεξεργασία σήματος

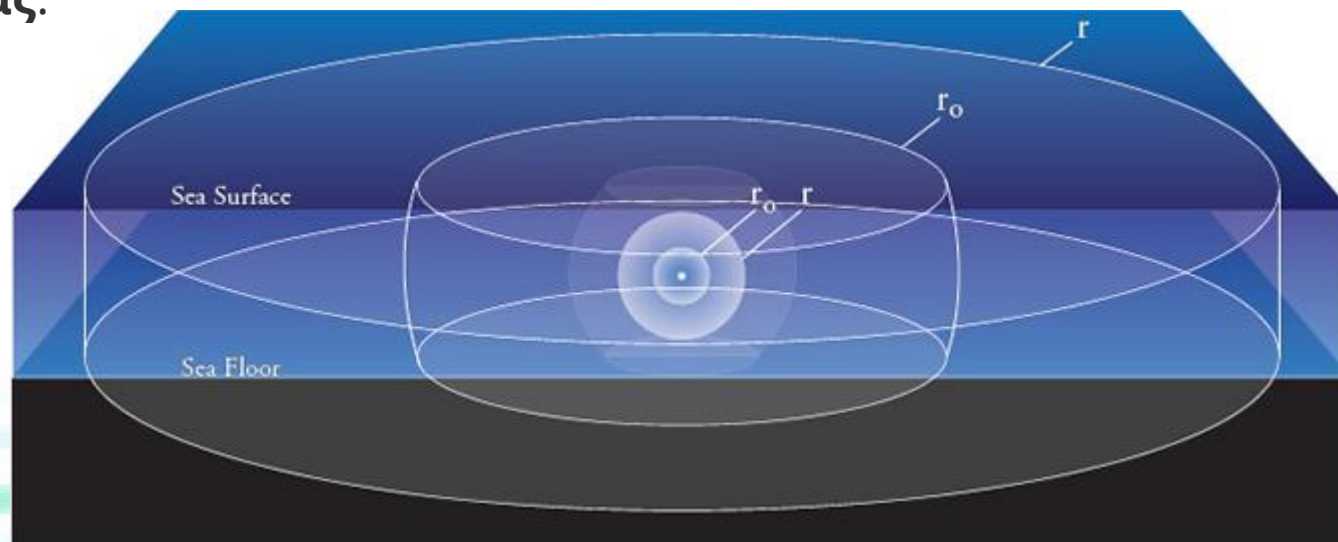
Ο ήχος **δεν μπορεί να διαδίδεται ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις** από μια πηγή στον ωκεανό επ' άπειρον.

Πέρα από κάποια απόσταση ο **ήχος θα προσκρούσει στην επιφάνεια ή στον πυθμένα της θάλασσας**.

Μόλις ο **ήχος παγιδευτεί ανάμεσα στην επιφάνεια και τον πυθμένα του ωκεανού**, αρχίζει σταδιακά να **διαδίδεται κυλινδρικά**.

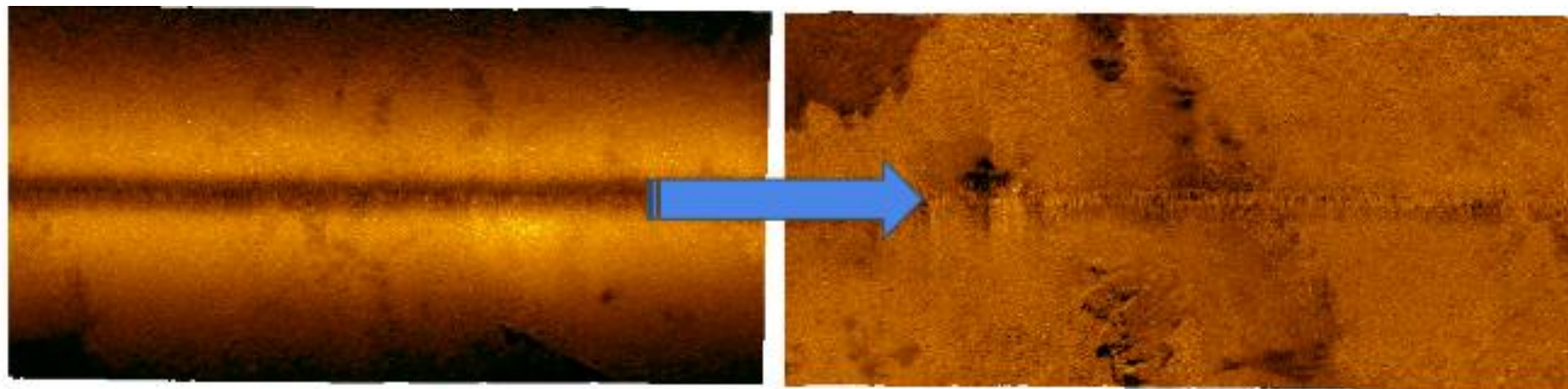
Καθώς τα ακουστικά κύματα διαδίδονται μέσα στο νερό, **χάνουν ένταση** εξαιτίας της **γεωμετρικής διασποράς** και **απορρόφησης**.

Το αποτέλεσμα είναι μια **μεταβολή στη φωτεινότητα του σήματος** στην απεικόνιση (waterfall).



Ενίσχυση πλευρικής σάρωσης και επεξεργασία σήματος

Το SonarWiz παρέχει αλγορίθμους για την εξομάλυνση της φωτεινότητας εγκάρσια στην πορεία.



Automatic Gain Control

Auto TVG

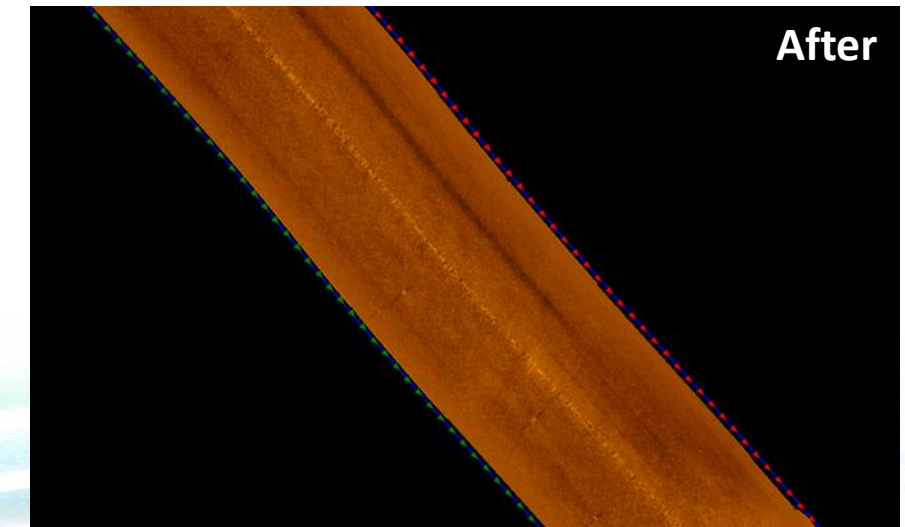
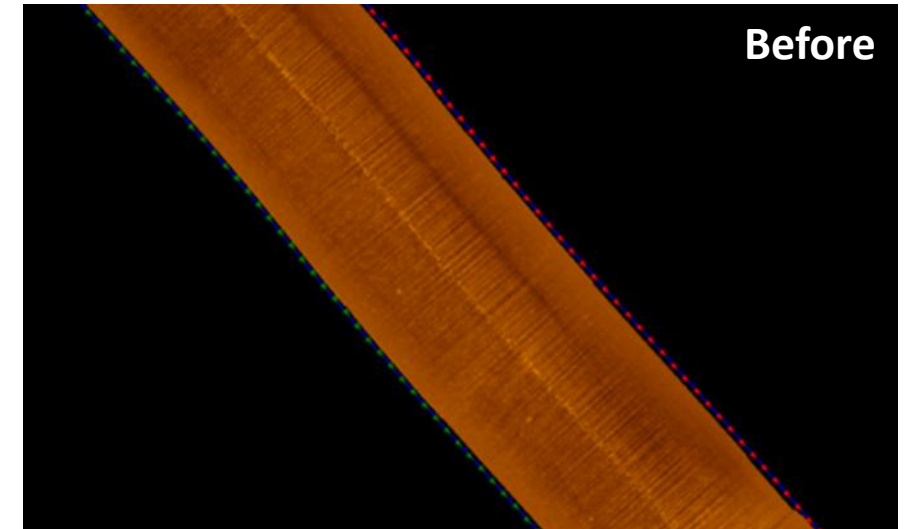
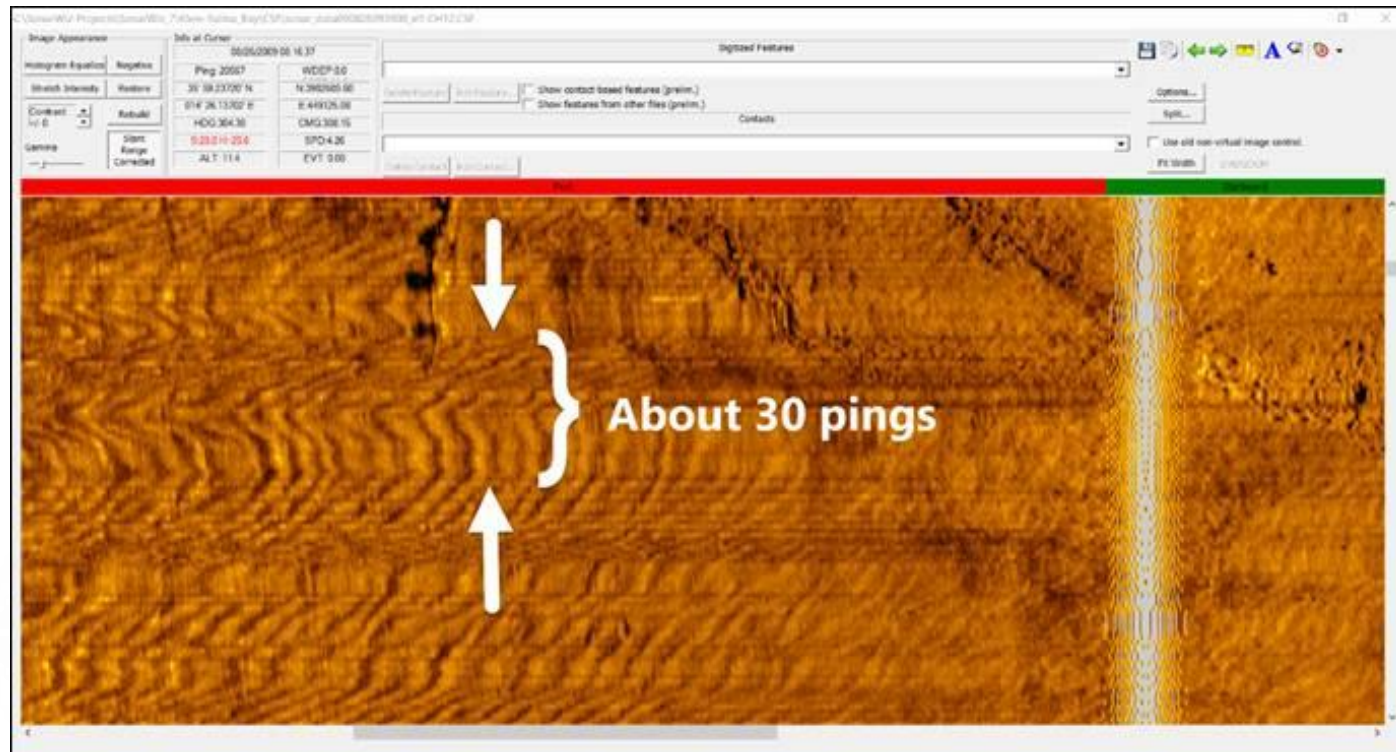
Beam Angle Correction

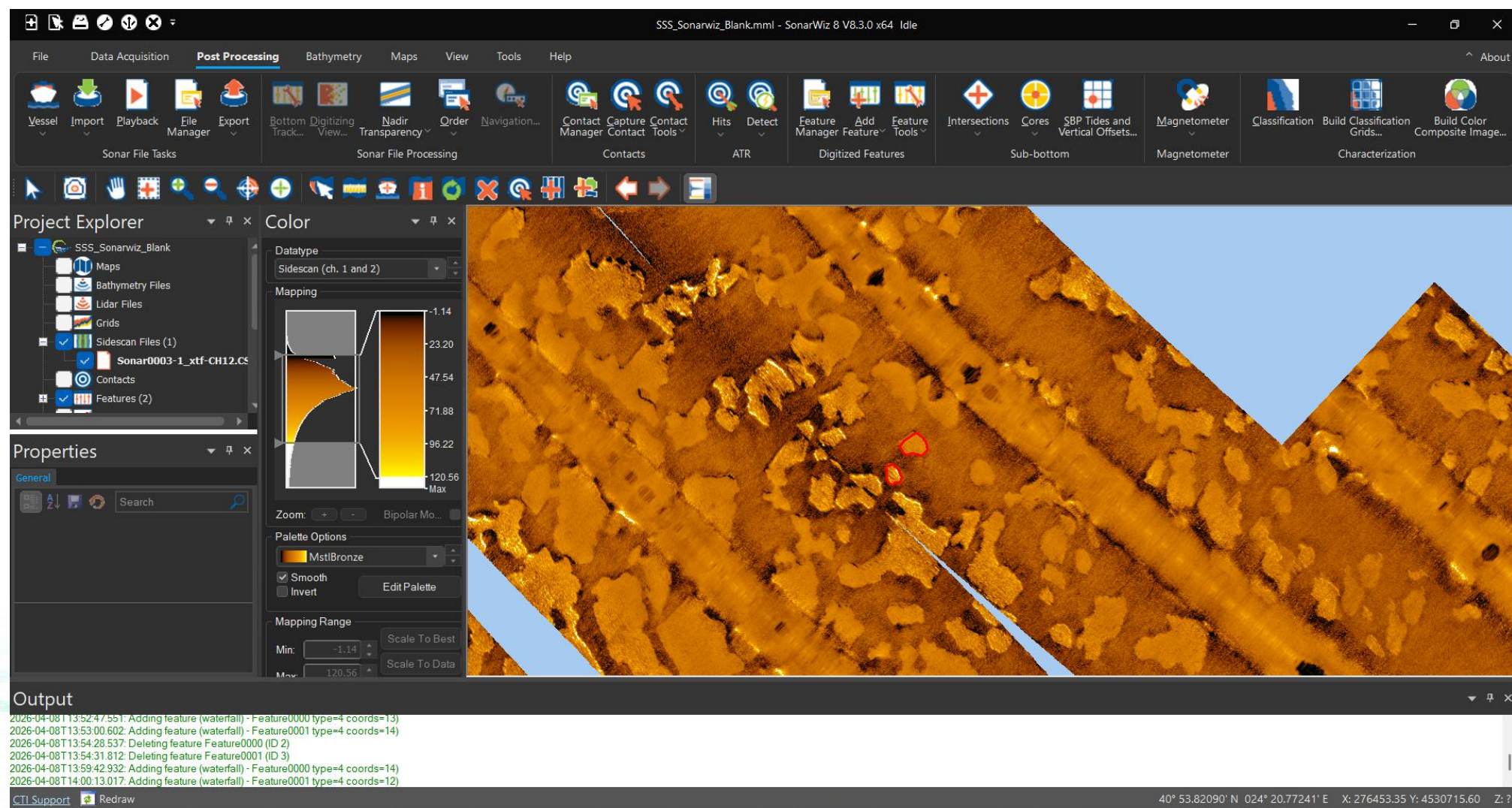
Empirical Gain Normalization

Αφαίρεση λωρίδων (De-Striping)

Η συνάρτηση De-Striping:

Χρησιμοποιείται για τη μείωση των επιδράσεων ενός **‘κινούμενου’** ηχοβολιστή που χαρακτηρίζεται από ένα μοτίβο κάθετο στην κατεύθυνση κίνησης.



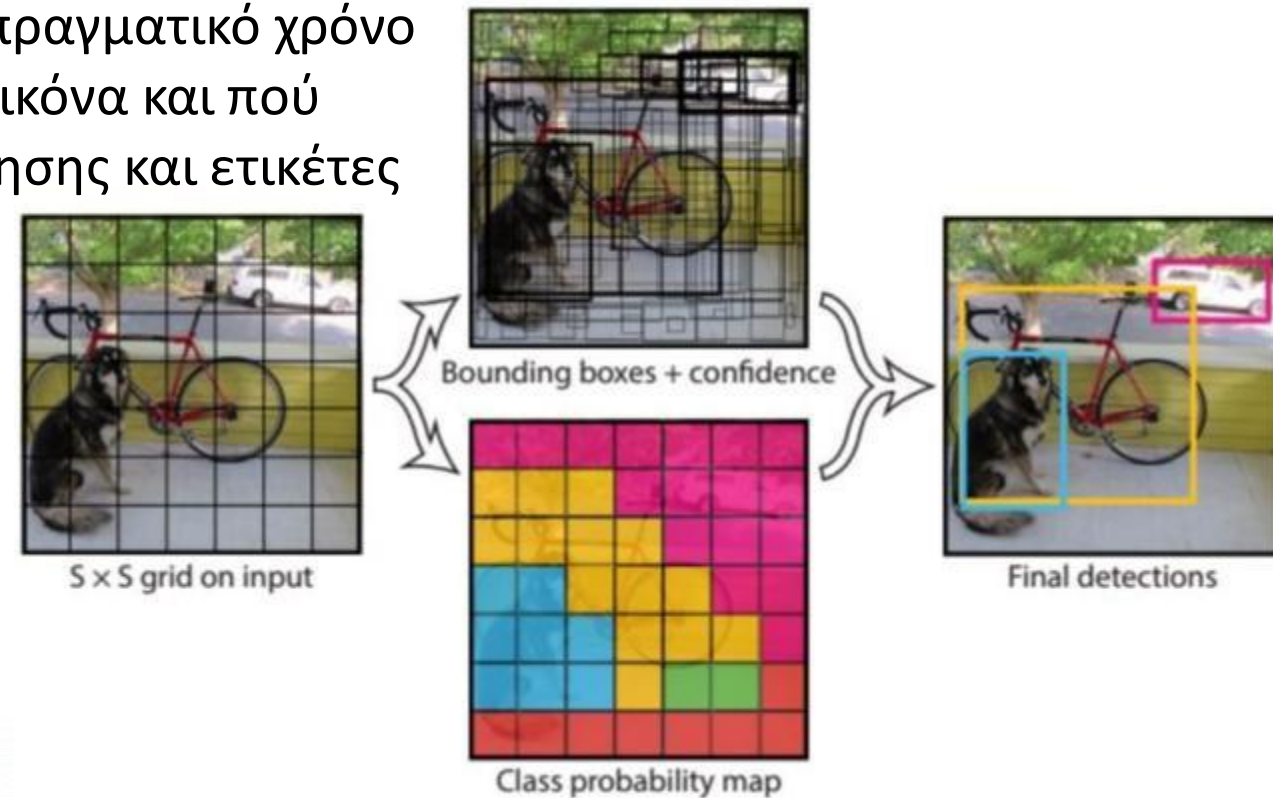


Τι είναι το YOLO (You Only Look Once);

- Ένας αλγόριθμος ανίχνευσης αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο
- Ανιχνεύει ποια αντικείμενα υπάρχουν σε μια εικόνα και πού βρίσκονται χρησιμοποιώντας πλαίσια οριοθέτησης και ετικέτες κλάσης

Πώς λειτουργεί;

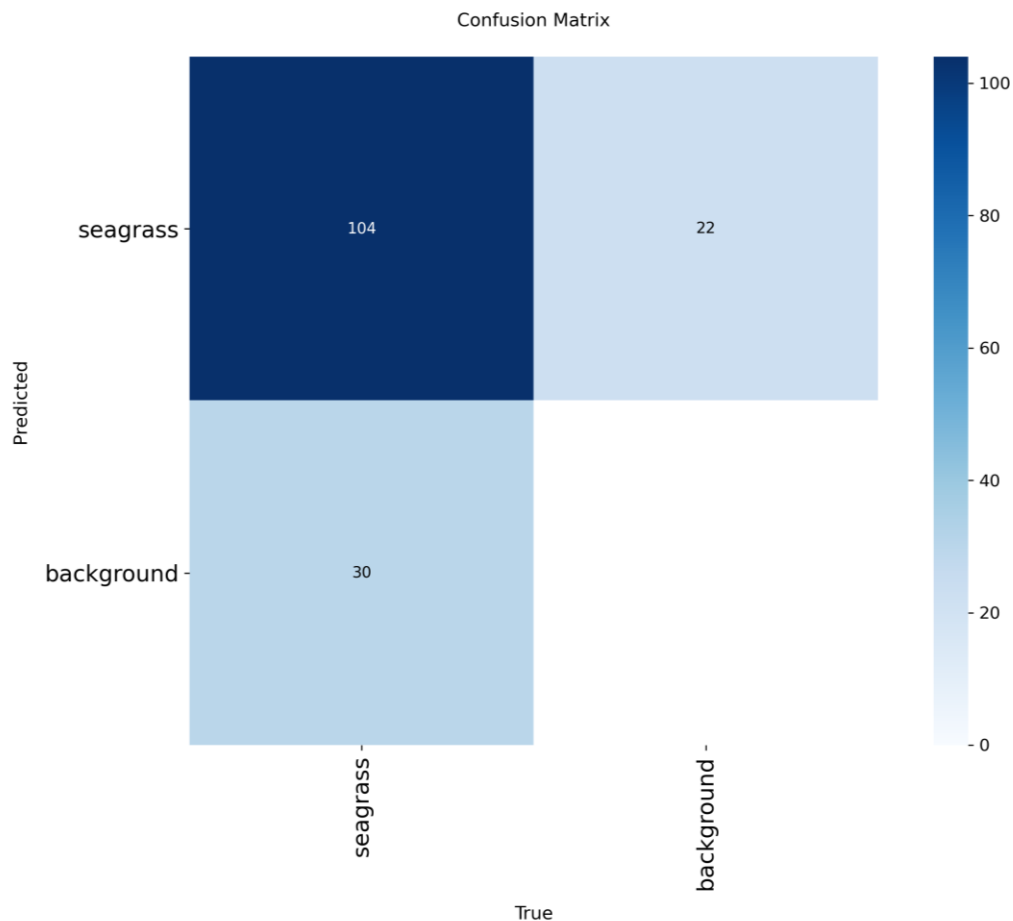
- Η εικόνα εισόδου χωρίζεται σε ένα πλέγμα $S \times S$
- Κάθε κελί του πλέγματος προβλέπει:
 - Πλαίσια οριοθέτησης
 - Βαθμολογία εμπιστοσύνης
 - Πιθανότητες κλάσης
- Όλες οι προβλέψεις γίνονται σε ένα εμπρόσθιο πέρασμα μέσα από το δίκτυο



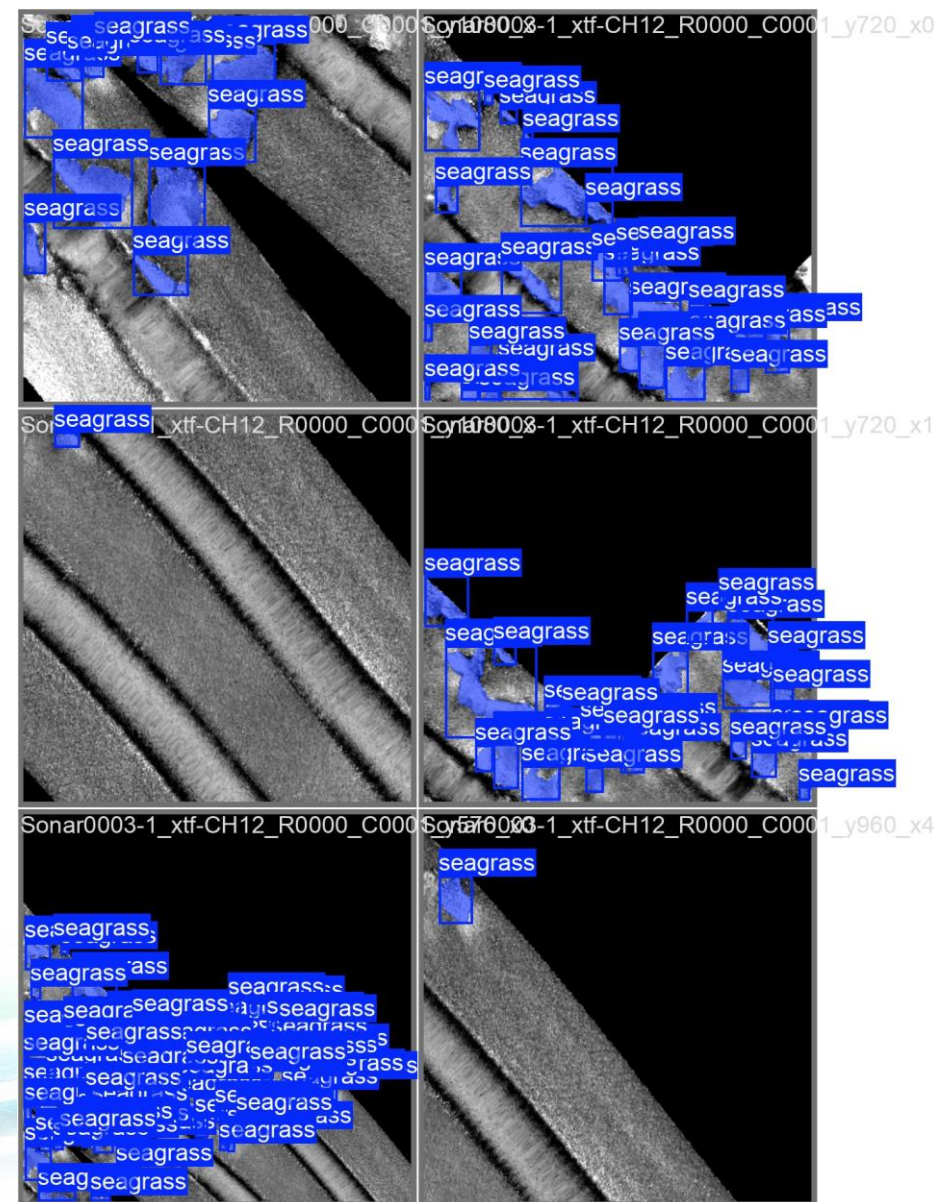
Rahman, Zillur & Ami, Amit & Ullah, Muhammad. (2022). A Real-Time Wrong-Way Vehicle Detection Based on YOLO and Centroid Tracking. 10.48550/arXiv.2210.10226.

Ανίχνευση αντικειμένων – προκαταρκτικά αποτελέσματα

YOLO-8n model

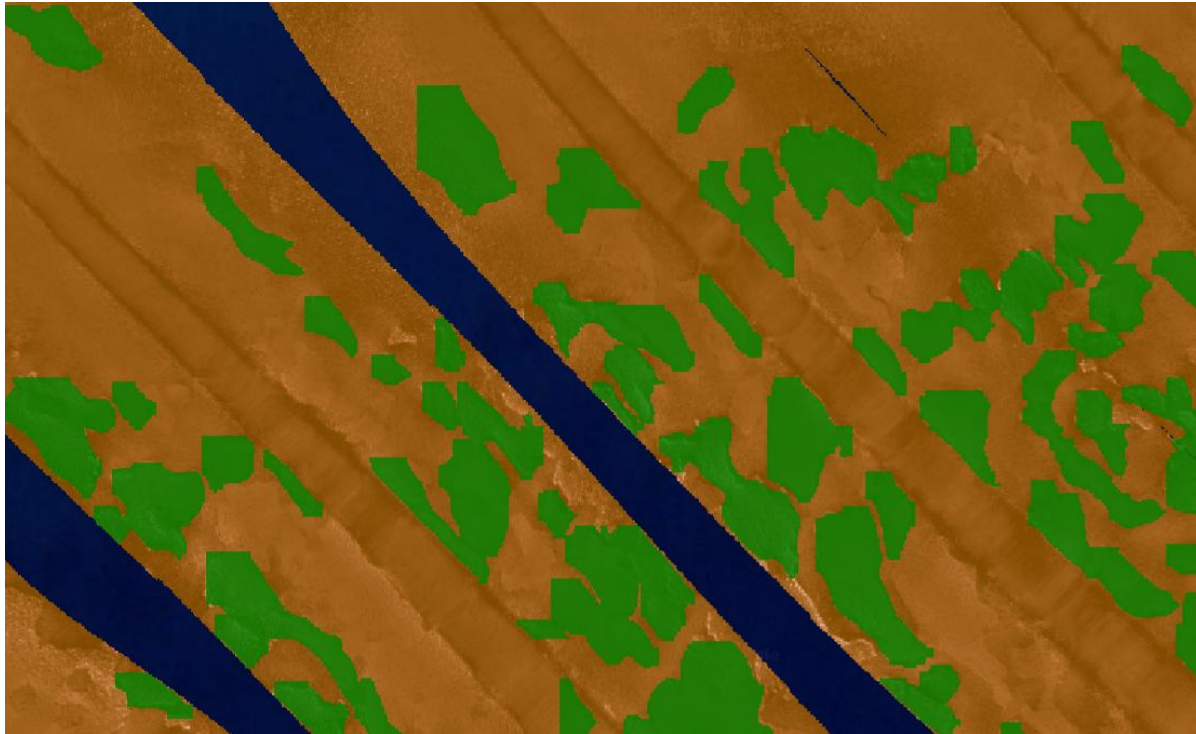


193 - EfxINNOs

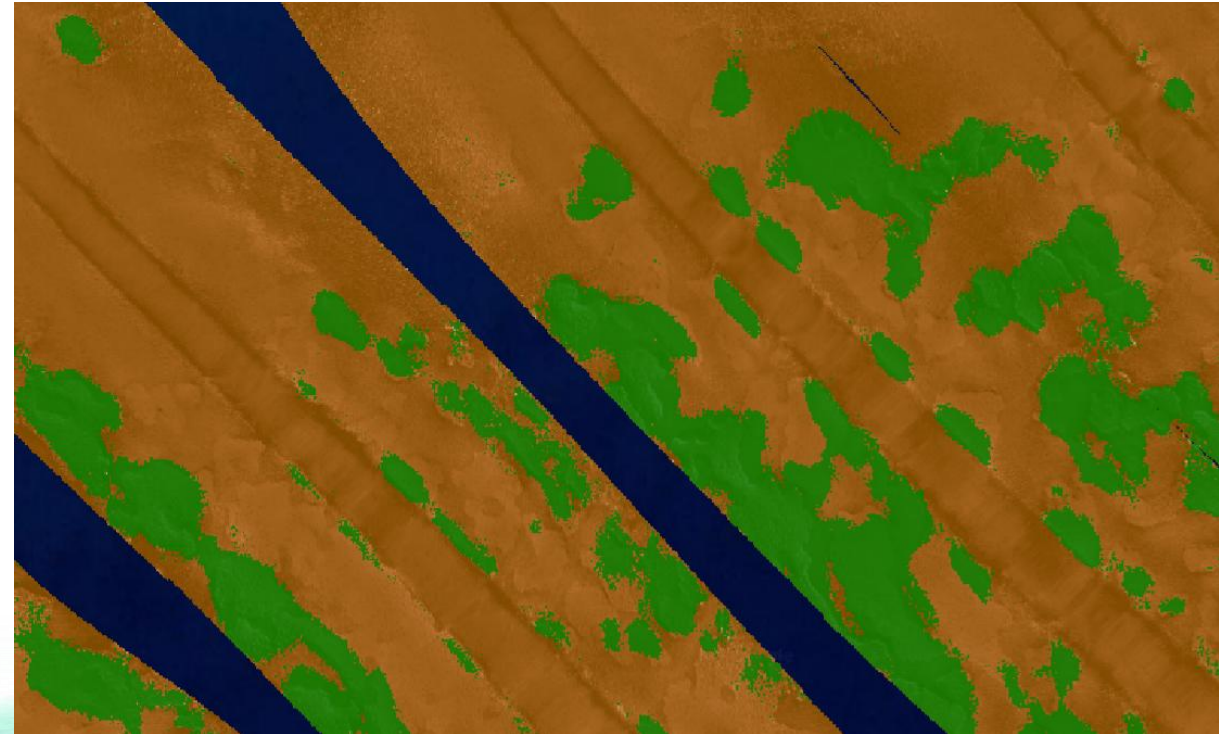


Ανίχνευση αντικειμένων – προκαταρκτικά αποτελέσματα

YOLO-8n model



U-Net model



EMODnet – Πίνακας ελέγχου υποβολών

|  DASHBOARD

WELCOME NIKOLAOS KOKKOS | VIEWING AS DATA SUBMITTER | ? | LOGOUT

Submitter's Data Submission List

Show 10 entries

AddSubmission identifier
(UUID)↕

Title of dataset↕

Status↕

Last Update↕

Controls

Enter Submission identifie

Enter Title of dataset...

Select... | ▼

1dd3a10a-695e-40fc-9e20-
89dd9864d23b

Efxinnos - Seagrass - North Aegean

 Drafting form part 1 by Data
Submitter2025-06-20
19:23:57.522252

View

Edit

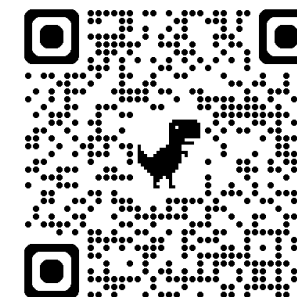
37c2a56b-9f34-403a-baa7-
f6da8a4500dbFishing weir areas on the territory of the Black
Sea basin management region Drafting form part 1 by Data
Submitter2025-05-22
13:54:12.431628

View

Edit

Showing 2 entries of 2

1

emodnet.ec.europa.eu/ingestion

Interreg



Co-funded by
the European Union



NEXT Black Sea Basin
NEXT Black Sea Basin

Ευχαριστώ!

