



Αλιευτική Βιολογία

Αφθονία αποθέματος



Βασίλης Τρυγόνης

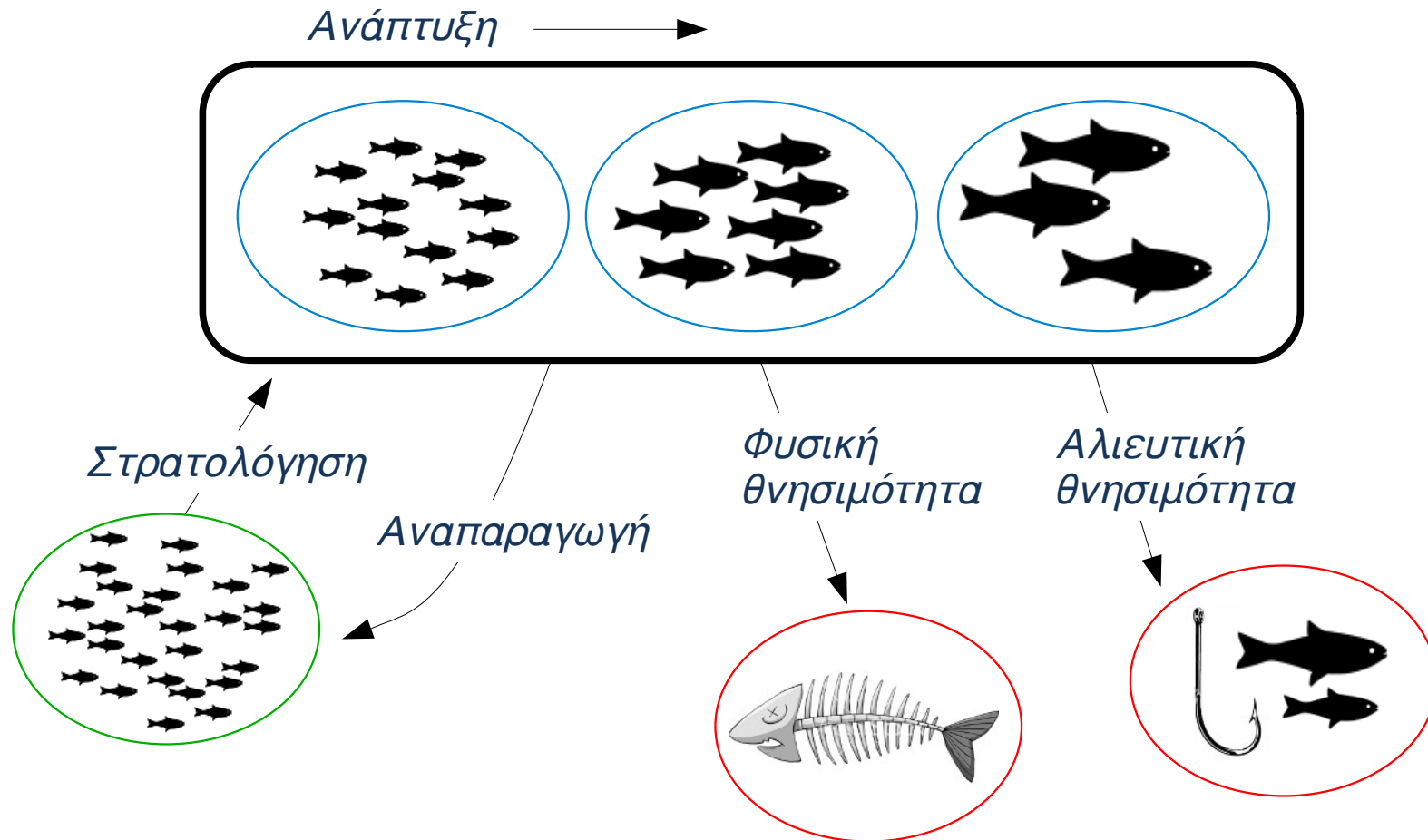
Μυτιλήνη 2024



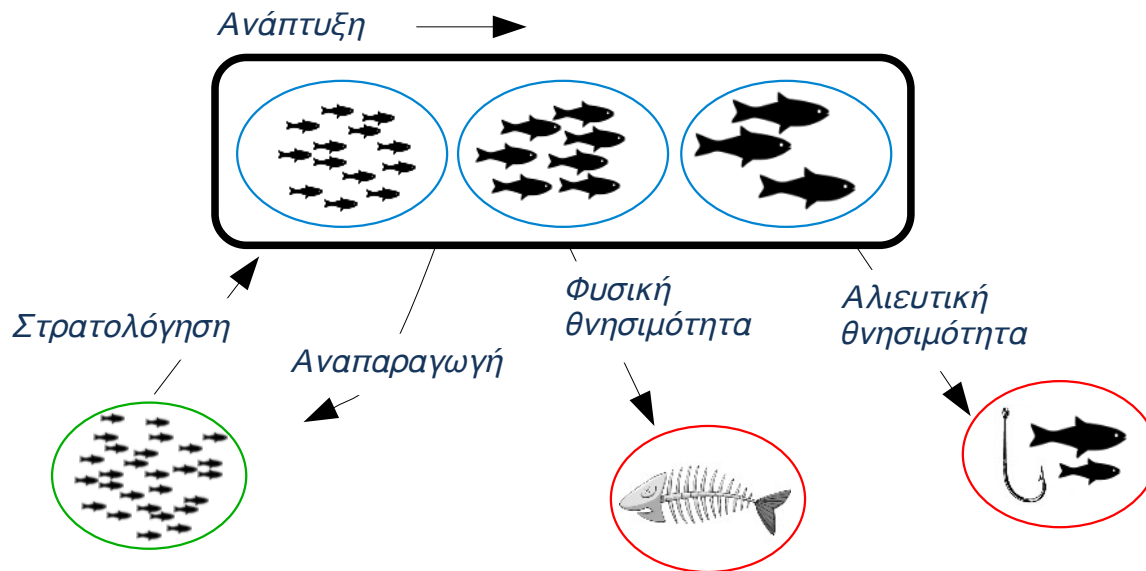
Αναφορά δημιουργού – Παρόμοια διανομή (CC BY-SA 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>

Το απόθεμα υπό αλιευτική εκμετάλλευση ως ένα απλό βιολογικό σύστημα

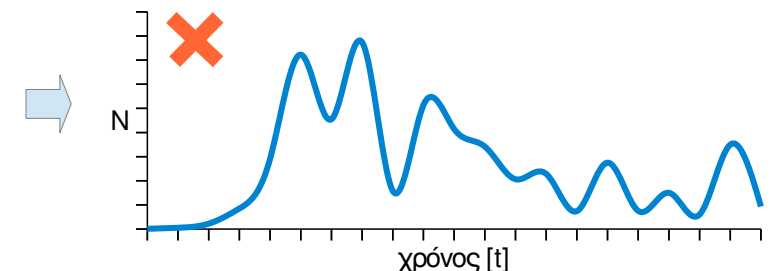
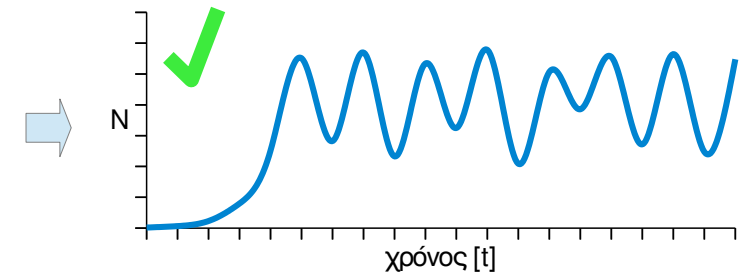
- Αγνοώντας περιβαλλοντικές παραμέτρους, το ακόλουθο σχήμα δείχνει τις βασικές παραμέτρους που καθορίζουν την αφθονία και τη βιομάζα ενός αποθέματος υπό αλιευτική εκμετάλλευση.



Το απόθεμα υπό αλιευτική εκμετάλλευση ως ένα απλό βιολογικό σύστημα



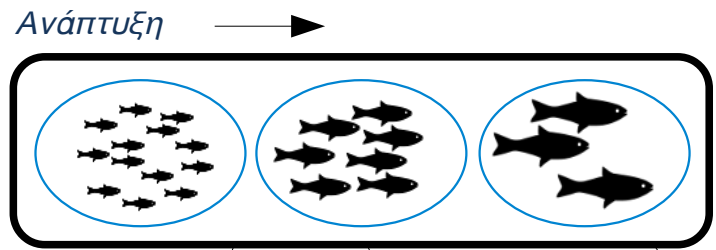
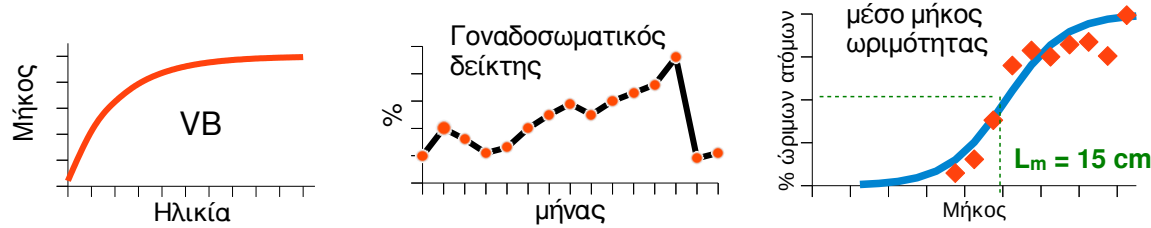
- Όταν η αλιευτική εκμετάλλευση διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, οι απώλειες της **θνησιμότητας** εξισορροπούνται –κατά μέσο όρο– από τη **στρατολόγηση**, και το μέγεθος του **αποθέματος** τυπικά θα παρουσιάζει (συχνά μεγάλες) διακυμάνσεις γύρω από μία μέση τιμή.
- Εάν το απόθεμα υπεραλιεύεται, η αφθονία των ενήλικων ψαριών μπορεί να μειωθεί τόσο, ώστε οι απώλειες να μην μπορούν να αναπληρωθούν μέσω της αναπαραγωγής και στρατολόγησης. Υπό αυτές τις συνθήκες, το μέγεθος του αποθέματος θα μειωθεί.



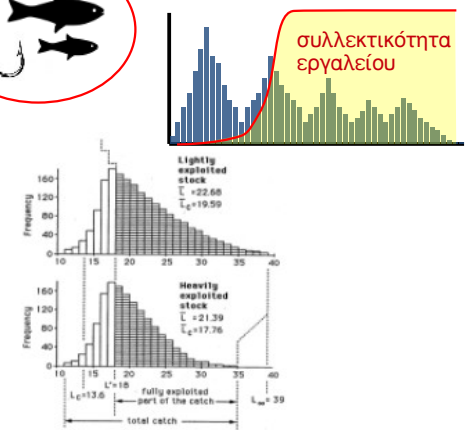
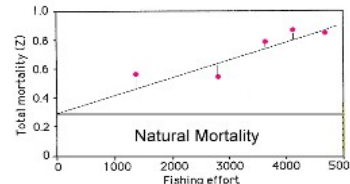
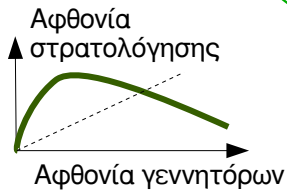


Ενδεικτικές μέθοδοι εκτίμησης παραμέτρων

που καθορίζουν το μέγεθος και τη βιομάζα ενός αποθέματος υπό αλιευτική εκμετάλλευση

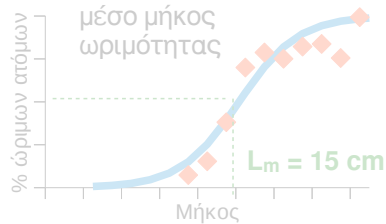
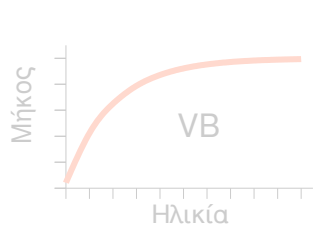


Στρατολόγηση Αναπαραγωγή Φυσική θνησιμότητα Αλιευτική θνησιμότητα

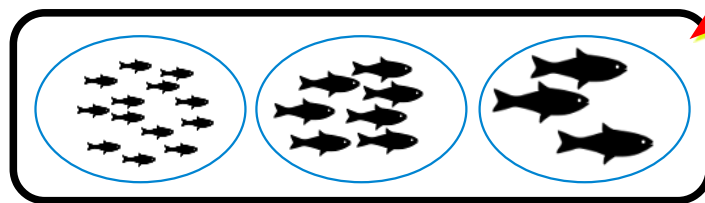




Εκτίμηση αποθέματος

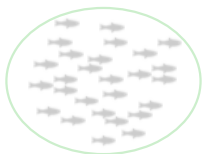


Ανάπτυξη

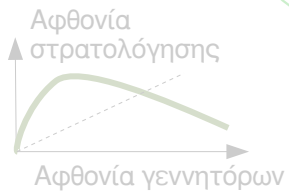


ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΑΛΕΞΗΣ

Στρατολόγηση



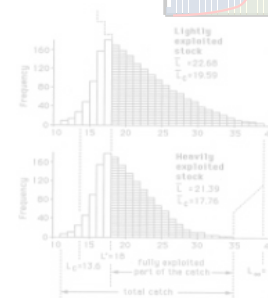
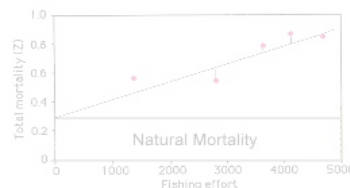
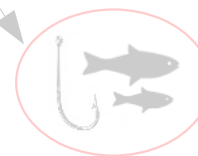
Αναπαραγωγή



Φυσική θνησιμότητα



Αλιευτική θνησιμότητα





Κατηγορίες δεδομένων

fishery-dependent | fishery-independent data

Για την εκτίμηση της αφθονίας των ιχθυοαποθεμάτων (και γενικότερα των θαλάσσιων βιολογικών πόρων) μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες μέθοδοι, οι οποίες προφανώς στηρίζονται σε αντίστοιχα δεδομένα.

Ανάλογα με την προέλευσή τους, τα δεδομένα (και κατά συνέπεια, οι μέθοδοι) διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες :

- Δεδομένα που προέρχονται από την επαγγελματική αλιεία (**fishery-dependent data**)



και

- Ερευνητικά δεδομένα ανεξάρτητα της επαγγελματικής αλιείας (**fishery-independent data**)



- Στην **πρώτη κατηγορία**, χρησιμοποιούνται (για παράδειγμα) δεδομένα αλιευτικής παραγωγής και προσπάθειας, και επιχειρείται η εκ των υστέρων εκτίμηση του μεγέθους της μεροληψίας και της ακρίβειας των μετρήσεων.
- Στη **δεύτερη κατηγορία**, η δειγματοληψία σχεδιάζεται από τους επιστήμονες, οι οποίοι πραγματοποιούν ειδικούς ερευνητικούς πλόες και επιτόπιες (*in situ*) μετρήσεις για τη συλλογή των δεδομένων.

—:— κάθε κατηγορία έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα —:—





Κατηγορίες δεδομένων

fishery-dependent | fishery-independent data

- Στην περίπτωση των **ερευνητικών δεδομένων**, η δειγματοληψία σχεδιάζεται από τους επιστήμονες, και ακολουθεί συγκεκριμένα πρότυπα ως προς τη συχνότητα και πυκνότητα δειγματοληψίας, τα χαρακτηριστικά του αλιευτικού εργαλείου, την επαναληψιμότητα της διαδικασίας, και τη συλλογή επικουρικών δεδομένων.
- Σε αντίθεση, τα **δεδομένα από την επαγγελματική αλιεία** χαρακτηρίζονται από μεγάλη αβεβαιότητα, έλλειψη στρωματοποίησης, καθώς και μεγάλη διασπορά στα αλιευτικά εργαλεία, την αλιευτική προσπάθεια και την αλιευτική τεχνική.
- Τα **ερευνητικά δεδομένα** είναι (αναλογικά) λίγα σε πλήθος και πολύ δαπανηρά, αλλά ιδιαίτερα ακριβή και πολύτιμα. Επίσης, τυπικά καλύπτουν μία μεγαλύτερη έκταση της χωρικής κατανομής του αποθέματος από αυτήν που καλύπτει η αλιεία.
- Τα **αλιευτικά δεδομένα** είναι άφθονα, έχουν ασήμαντο κόστος συλλογής, αλλά απαιτούν ειδικές διαδικασίες για να εκτιμηθεί το μέγεθος της μεροληψίας και η ακρίβεια των εκτιμήσεων που βασίζονται σε αυτά. Επίσης, συχνά επικεντρώνονται στις περιοχές υψηλού αλιευτικού ενδιαφέροντος.

Συμπερασματικά, η ποιότητα των δεδομένων από την επαγγελματική αλιεία είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί, και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση τους.



Δεδομένα από επαγγελματική αλιεία

fishery-dependent data





Ημερολόγιο αλιευτικού σκάφους

logbook

- Το ημερολόγιο σκάφους (logbook) είναι μία σημαντικότερη πηγή αλιευτικών δεδομένων, όπως το μέγεθος του αλιεύματος και η αντίστοιχη αλιευτική προσπάθεια.

Αποδελτίωση αλιευτικών ημερολογίων από την περιοχή της Λέσβου

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
58	July				July					July					July
59	August				August					August					August
60	September	5	56	1	1	September				September					September
61	October	2	33	1	4	October				October					October
62	November					November				November					November
63	December					December				December					December
64	Sum	7	89	2	5	Sum	0	0	2	46	Sum	0	0	0	0
65	2005	Boat 1 - POLYXNITOS (GRI GRI)				2005	Boat 2 - GERA (GRI GRI)			2005	Boat 4 - SYGRI (GRI GRI)				2005
66		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
67		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes		
68	January					January				January					January
69	February					February				February					February
70	March	6	12	2	4	March				March					March
71	April	3	232	1	52	April	6	206	6	155	April				April
72	May	4	16	1	1	May									May
73	June					June									June
74	July					July									July
75	August			1	1	August									August
76	September	8	26	4	129	September									September
77	October	2	22	2	35	October									October
78	November					November									November
79	December					December			4	922	December				December
80	Sum	23	308	11	222	Sum	6	206	10	1077	Sum	0	0	0	0
81	2006	Boat 1 - POLYXNITOS (GRI GRI)				2006	Boat 2 - GERA (GRI GRI)			2006	Boat 4 - SYGRI (GRI GRI)				2006
82		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
83		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes		
84	January	3	58	3	278	January	3	190	7	1496	January				January
85	February			3	388	February			3	500	February				February
86	March	5	455	5	170	March	2	87	3	195	March				March
87	April	3	9	2	3	April					April				April
88	May					May					May				May
89	June					June					June				June
90	July					July					July				July
91	August	1	2			August			6	28	August				August
92	September	7	92.5	2	20	September			7	50	September			3	9.5
93	October	3	91			October			9	140.5	October				October
94	November	1	1	1	3	November			3	157	November			1	1
95	December	2	4	2	5	December			4	319	December			1	1
96	Sum	25	712.5	18	667	Sum	5	277	20	2358	Sum	29	694.5	5	11.5
97	2007	Boat 1 - POLYXNITOS (GRI GRI)				2007	Boat 2 - GERA (GRI GRI)			2007	Boat 4 - SYGRI (GRI GRI)				2007
98		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
99		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes		
100	January					January			3	104	January				January
101	February			3	113	February					February				February
102	March					March	4	55	5	85	March				March
103	April	10	65	3	15	April	2	65	2	42	April	3	2		April
104	May					May	3	120	3	165	May	1	1		May
105	June					June					June				June
106	July					July			4	5	July				July
107	August					August			12	35	August				August
108	September					September			6	25	September				September
109	October					October			10	20	October				October
110	November					November			4	10	November				November
111	December					December			1	10	December				December
112	Sum	10	65	6	128	Sum	14	573	11	312	Sum	7	107	1	1
113	2008	Boat 1 - POLYXNITOS (GRI GRI)				2008	Boat 2 - GERA (GRI GRI)			2008	Boat 4 - SYGRI (GRI GRI)				2008
		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes		
	January					January					January				January
	February					February					February				February
	March					March					March				March
	April					April					April				April
	May					May					May				May
	June					June					June				June
	July					July					July				July
	August					August					August				August
	September					September					September				September
	October					October					October				October
	November					November					November				November
	December					December					December				December
	Sum					Sum					Sum				Sum
	2008	Boat 5 - KOS (DKTY - SYRTH)				2008	Boat 6 - KOS (DKTY - SYRTH)			2008	Boat 8 - RODOS (DKTY)				2008
		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes
	January					January					January				January
	February					February					February				February
	March					March					March				March
	April					April					April				April
	May					May					May				May
	June					June					June				June
	July					July					July				July
	August					August					August				August
	September					September					September				September
	October					October					October				October
	November					November					November				November
	December					December					December				December
	Sum					Sum					Sum				Sum
	2008	Boat 9 - RODOS (DKTY)				2008	Boat 10 - RODOS (DKTY-SYR)			2008					2008
		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes
	January					January					January				January
	February					February					February				February
	March					March					March				March
	April					April					April				April
	May					May					May				May
	June					June					June				June
	July					July					July				July
	August					August					August				August
	September					September					September				September
	October					October					October				October
	November					November					November				November
	December					December					December				December
	Sum					Sum					Sum				Sum
	2008	Boat 10 - RODOS (DKTY-SYR)				2008					2008				2008
		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes
	January					January					January				January
	February					February					February				February
	March					March					March				March
	April					April					April				April
	May					May					May				May
	June					June					June				June
	July					July					July				July
	August					August					August				August
	September					September					September				September
	October					October					October				October
	November					November					November				November
	December					December					December				December
	Sum					Sum					Sum				Sum
	2008	Boat 10 - RODOS (DKTY-SYR)				2008					2008				2008
		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
		days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes	days catch	boxes
	January					January					January				January
	February					February					February				February
	March					March					March				March
	April					April					April				April
	May					May					May				May
	June					June					June				June
	July					July					July				July
	August					August					August				August
	September					September					September				September
	October					October					October				October
	November					November					November				November
	December					December					December				December
	Sum					Sum					Sum				Sum
	2008	Boat 10 - RODOS (DKTY-SYR)				2008					2008				2008
		LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA			LAKERDA	PALAMIDA				
		days													

Ημερολόγιο αλιευτικού σκάφους

logbook

Όπως και πολλά από τα υπόλοιπα δεδομένα που συλλέγονται από την επαγγελματική αλιεία, τα συγκεκριμένα δεδομένα εμφανίζουν διάφορα σημαντικά προβλήματα:

- Η πραγματική παραγωγή μπορεί εσκεμμένα ή ακούσια να αλλοιώνεται,
- Τα απορριπτόμενα μπορεί να μη δηλωθούν ή να είναι υποτιμημένα,
- Η περιοχή αλιείας και η αλιευτική προσπάθεια μπορεί να μη δηλωθούν, ή να είναι παραποιημένα.

Η καλύτερη λύση για να συλλέξει κανείς ακριβή στοιχεία παραγωγής, προσπάθειας και απορριπτόμενων είναι η συστηματική χρήση **Παρατηρητών** πάνω στα αλιευτικά σκάφη.

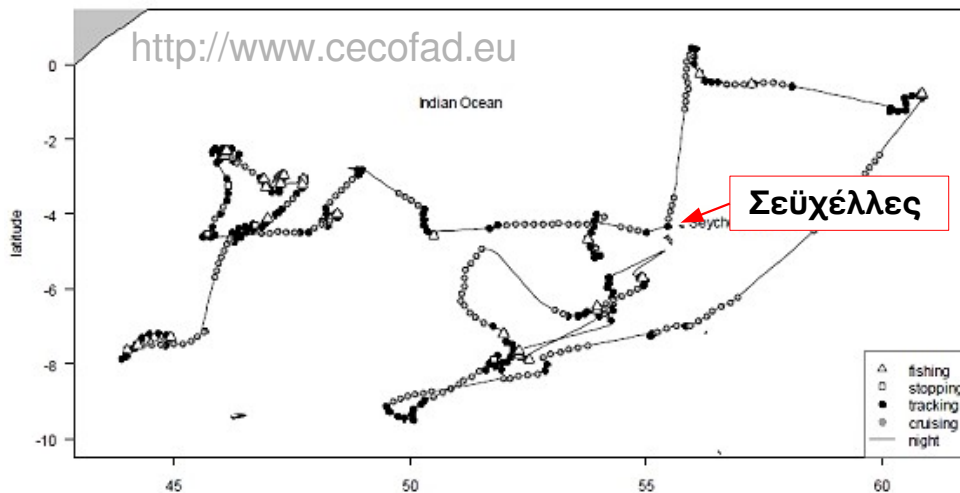
Trip Data		Catch/Effort Data		Catch/Landing Data	
Start day of trip	End day of trip	Species Code	Quantity	Species Code	Quantity
/ /	/ /	/		/	
/ /	/ /	/		/	
/ /	/ /	/		/	
/ /	/ /	/		/	
/ /	/ /	/		/	



Σύστημα παρακολούθησης αλιευτικών σκαφών vessel monitoring system - VMS

Τα τελευταία χρόνια, αυξάνεται συνεχώς η χρήση αυτόματων συστημάτων παρακολούθησης της θέσης των αλιευτικών σκαφών (vessel monitoring systems, VMS), συνήθως μέσω δορυφορικής σύνδεσης.

- Η χρήση τέτοιων συστημάτων είναι συχνά απαραίτητη για την αδειοδότηση του αλιευτικού σκάφους.



Κίνηση αλιευτικού σκάφους στον Ινδικό Ωκεανό





Σύστημα παρακολούθησης αλιευτικών σκαφών

vessel monitoring system - VMS

Τα συστήματα VMS αναφέρονται συνήθως στα αλιευτικά σκάφη.

- Ταυτόχρονα όμως, υπάρχουν παρεμφερή συστήματα (όπως το **Automatic Identification System – AIS** και το **Vessel Traffic Service – VTS**) που εξυπηρετούν κυρίως την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, αλλά παρέχουν επίσης την ταυτότητα, θέση, και ταχύτητα ενός σκάφους.

The screenshot displays a marine traffic monitoring interface. On the left, a 'Filters' menu is visible with various vessel types: Passenger Vessels, Cargo Vessels, Tankers, High Speed Craft, Tugs & Special Craft, Pleasure Craft, Fishing (checked), Navigation Aids, Unspecified Ships, Ships Underway (checked), and Anchored/Moored (checked). The main map shows the Aegean Sea with several vessels. A detailed view of a fishing vessel is shown on the right, including its name, status ('Engaged In Fishing'), speed/course ('3.1kn / 164°'), draught ('3m'), and a 'Past Track' button. The website address 'www.marinetraffic.com' is overlaid at the bottom.

Παρακολούθηση αλιευτικών στο σκαφών στο Θερμαϊκό κόλπο, με το σύστημα AIS.

Άλλη ιστοσελίδα (AIS):
www.vesselfinder.com



Σύστημα παρακολούθησης αλιευτικών σκαφών

vessel monitoring system - VMS



GPS

Καταγραφή θέσης και ταχύτητας

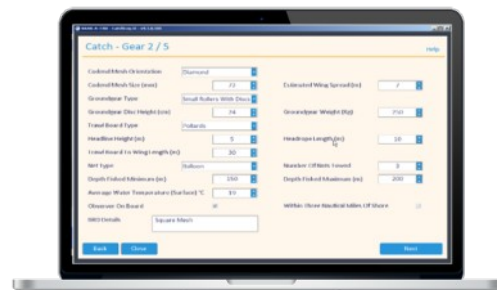


Κεντρικός υπολογιστής

Καταγραφή χρήσης βαρούλκων και λοιπών εργαλείων



Καταγραφή των δραστηριοτήτων στο κατάστρωμα



Ψηφιακό ημερολόγιο (logbook)

Ιδιαίτερα στους μεγάλους εμπορικούς στόλους, τα συστήματα VMS μπορεί να περιλαμβάνουν πολύ περισσότερη πληροφορία από απλώς τη θέση και την ταχύτητα του σκάφους.



Σύστημα παρακολούθησης αλιευτικών σκαφών

vessel monitoring system - VMS

Πέρα από το στίγμα του σκάφους, οι νέες οδηγίες για τα **VMS** των αλιευτικών σκαφών περιλαμβάνουν και μεταφορά συγκεκριμένων δεδομένων από το ημερολόγιο (logbook) όπως:

- Αλίευμα που προϋπήρχε κατά την είσοδο σε ελεγχόμενη περιοχή (catch on entry),
- Εβδομαδιαία παραγωγή (weekly catch),
- Μεταφόρτωση σε ενδιάμεσο μέσο/σταθμό (transshipment),
- Προσδιορισμός λιμανιού εκφόρτωσης (landing port),
- Αλίευμα κατά την έξοδο από ελεγχόμενη περιοχή (catch on exit),

Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το σύγχρονο ημερολόγιο (logbook) έχει αυτοματοποιηθεί και τυποποιηθεί.

- Βέβαια, οι προδιαγραφές και το κόστος του συστήματος περιορίζουν τη χρήση του σε μικρά σκάφη, και επικεντρώνονται σε συγκεκριμένα αλιευτικά εργαλεία.
- Επίσης, επειδή το **VMS** μεταφέρει δεδομένα με εμπορική αξία, χρησιμοποιεί δορυφορικούς διαύλους (INMARSAT, IRIDIUM, ARGOS, ORBCOMM,...) και δεν είναι ελεύθερα προσβάσιμο, όπως π.χ. το AIS.

- <http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/control/technologies/ers/>
- <http://www.efca.europa.eu/en/content/efca-fisheries-information-system>
- <http://www.perseus-net.eu/site/content.php>



Εκτίμηση σχετικής αφθονίας μέσω του CPUE

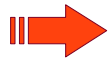
Συχνά, μπορούμε να διαχειριστούμε το απόθεμα με βάση σχετικές εκτιμήσεις, δηλαδή χρησιμοποιώντας **δείκτες σχετικής αφθονίας** που περιγράφουν μόνο τις **τάσεις** (αυξομειώσεις) στο απόθεμα.

Ένας **δείκτης σχετικής αφθονίας** δεν εκφράζει την απόλυτη αφθονία, αλλά μπορεί για παράδειγμα να δείξει:

- Εάν η αφθονία διαφοροποιείται μεταξύ περιοχών ή ανάλογα με το βάθος.
- Τη σχετική αύξηση ή μείωση του αποθέματος μεταξύ δύο χρονικών στιγμών.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες διαλέξεις, το CPUE είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης σχετικής αφθονίας, ο οποίος βασίζεται σε αλιευτικά (fishery-dependent) δεδομένα.

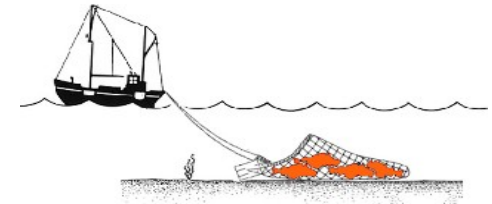




Εκτίμηση σχετικής αφθονίας μέσω του CPUE

$$CPUE = \frac{C}{f} = q * N$$

CPUE: αλιευτική παραγωγή ανά μονάδα αλιευτικής προσπάθειας.



Αν ο συντελεστής συλληπτικότητας q είναι σταθερός για το εργαλείο, τότε η γραμμική σχέση ανάμεσα στην αφθονία **N** και το **CPUE** μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη της σχετικής αφθονίας του αποθέματος.

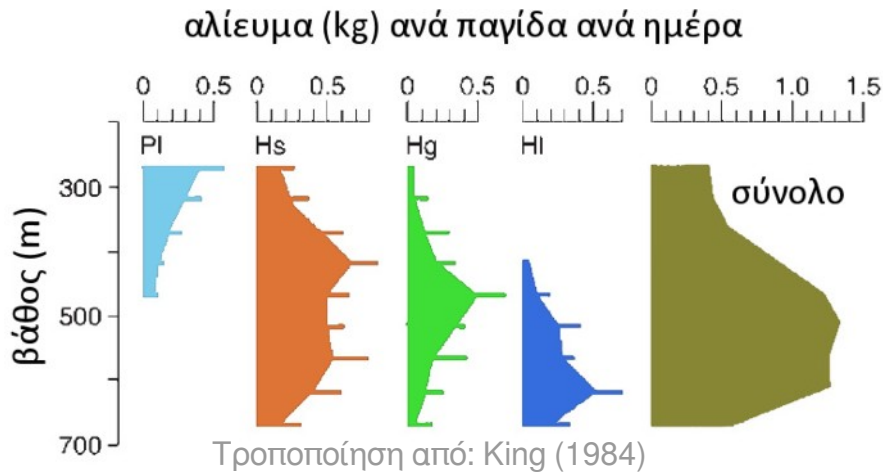
Αυτός είναι ο λόγος που το CPUE χρησιμοποιείται πολύ συχνά ως δείκτης σχετικής αφθονίας:

$$CPUE \sim N$$

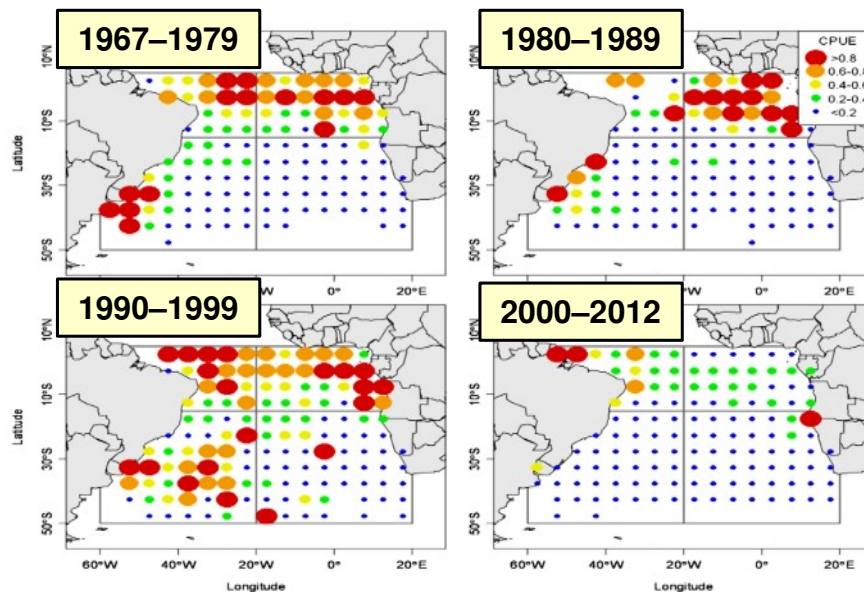
- Για παράδειγμα εάν στην ίδια αλιευτική περιοχή:
 - το 2010 πιάστηκαν **10 kg ανά 100 m δικτυού ανά ημέρα**,
 - και το 2011 πιάστηκαν **20 kg ανά 100 m δικτυού ανά ημέρα**,μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αφθονία διπλασιάστηκε μεταξύ των δύο ετών. Αντίστοιχα, μπορούμε να εξετάσουμε σχετικές διαφορές μεταξύ περιοχών.



Εκτίμηση σχετικής αφθονίας μέσω του CPUE



Σχετική αφθονία ειδών γαρίδας ως προς το βάθος.



Χωροχρονική κατανομή του CPUE για τον ξιφία (αριθμός ατόμων ανά 1000 αγκίστρια)

Πηγή: ICCAT, 70(4): 1945-1953 (2014)



Δειγματοληπτώντας το αλίευμα

Λοιπά αλιευτικά δεδομένα

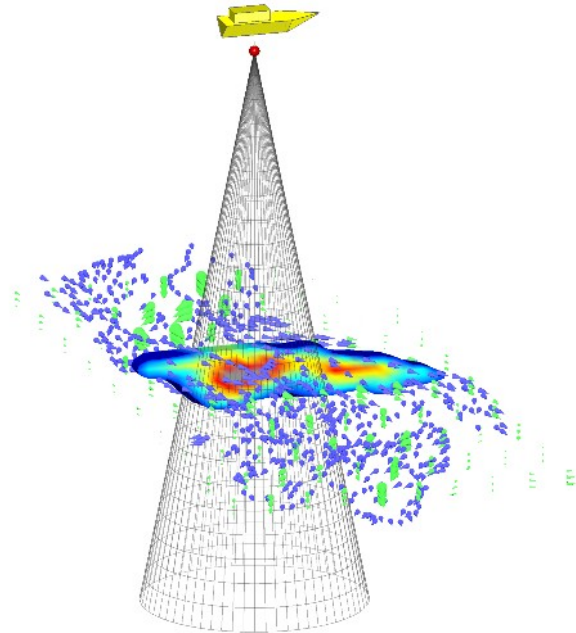
Πέρα από δεδομένα παραγωγής και προσπάθειας, μπορεί να συλλεχθεί μία πληθώρα από διαφορετικά αλιευτικά δεδομένα, μέσω δειγματοληψίας της ψαριάς στα σκάφη, στα σημεία εκφόρτωσης/επεξεργασίας, ή στην αγορά.

Ενδεικτικά:

- **Μορφομετρικά δεδομένα** για την εκτίμηση της σχέσης μήκους–βάρους, του δείκτη ευρωστίας, της κατά μήκος σύστασης του αλιεύματος, της ανάπτυξης των ατόμων, και της δομής του αποθέματος.
- **Ανάλυση σκληρών μερών** για την εκτίμηση της ηλικίας.
- **Στομαχικά περιεχόμενα** για τη διερεύνηση των τροφικών συνηθειών και σχέσεων μεταξύ ειδών.
- **Σήμανση (στη θάλασσα)** ώστε εάν τα άτομα αλιευθούν, να εξεταστούν τα πρότυπα κίνησης, ανάπτυξης και θνησιμότητας του είδους.



Μέθοδοι άμεσης εκτίμησης αφθονίας αποθέματος



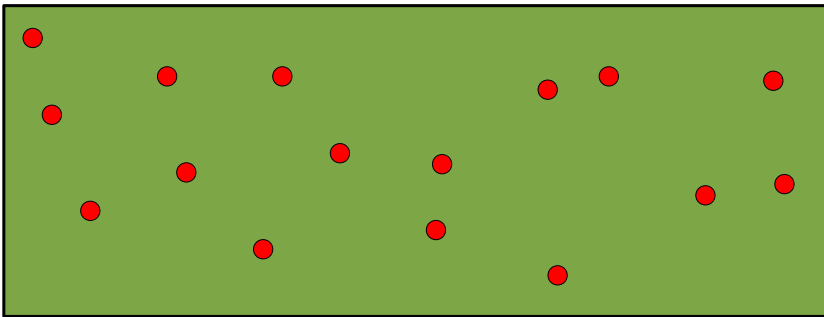
Απόλυτη αφθονία

absolute abundance

Με τον όρο “**απόλυτη αφθονία**” ή απλούστερα “**αφθονία**” εννοούμε τον πραγματικό αριθμό ατόμων σε μία περιοχή ή σε ένα απόθεμα.

Βέβαια, εκτός από συγκεκριμένες περιπτώσεις (π.χ. καταμέτρηση σολομών καθώς επιστρέφουν σε ένα ποτάμι για να γεννήσουν), σπάνια είναι δυνατόν να μετρηθούν όλα τα άτομα ενός πληθυσμού, δηλαδή να γίνει απογραφή:

Απογραφή



- **N**: μέγεθος πληθυσμού
- **A**: επιφάνεια περιοχής μελέτης
- **d=N/A**: πληθυσμιακή πυκνότητα

- Στις περισσότερες περιπτώσεις, η απόλυτη αφθονία εκτιμάται μέσω κατάλληλα σχεδιασμένης επιστημονικής δειγματοληψίας.



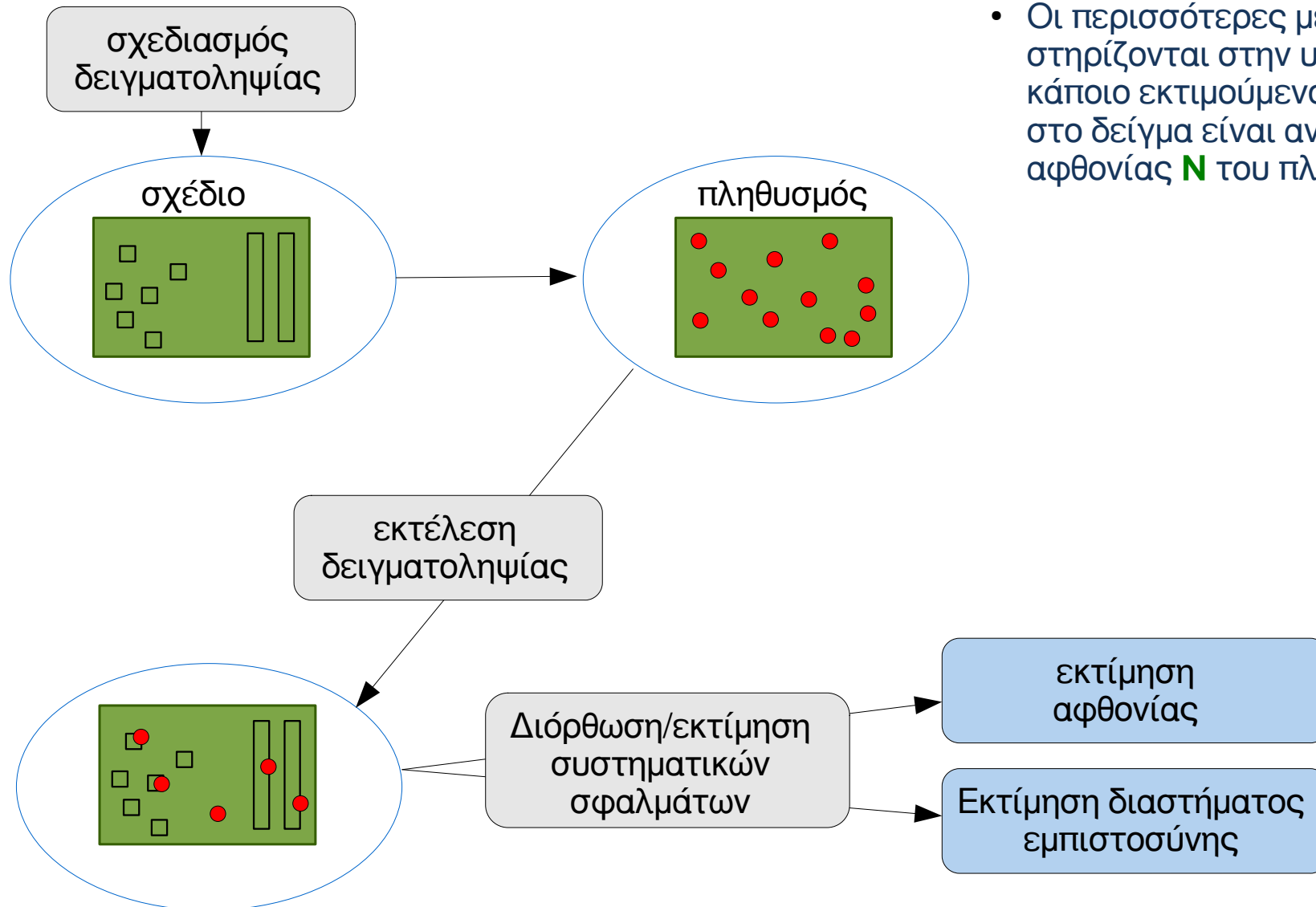
Ερευνητικά δεδομένα, ανεξάρτητα από την επαγγελματική αλιεία

fishery-independent data

Τα δεδομένα από ερευνητικά προγράμματα προέρχονται συνήθως από δειγματοληψίες με:

- Βενθικές ή πελαγικές τράτες (συρόμενα εργαλεία),
- Κυκλικά δίκτυα,
- Παραγάδια και παγίδες,
- Υποβρύχιες παρατηρήσεις με αυτόνομη κατάδυση (SCUBA) ή οχήματα (ROV),
- Ακουστικές μετρήσεις (από ερευνητικά σκάφη ή ακουστικούς πλωτήρες),
- Σήμανση / επανασύλληψη,
- Εναέριες παρατηρήσεις (αεροπλάνα),
- Οπτικές μετρήσεις (LIDAR).

Βασικά βήματα εκτίμησης αφθονίας



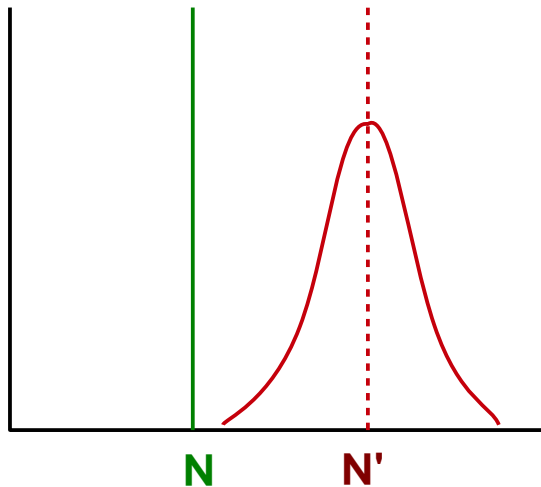
- Οι περισσότερες μέθοδοι στηρίζονται στην υπόθεση ότι κάποιο εκτιμώμενο μέγεθος N' στο δείγμα είναι ανάλογο της αφθονίας N του πληθυσμού.



Πιστότητα και ακρίβεια

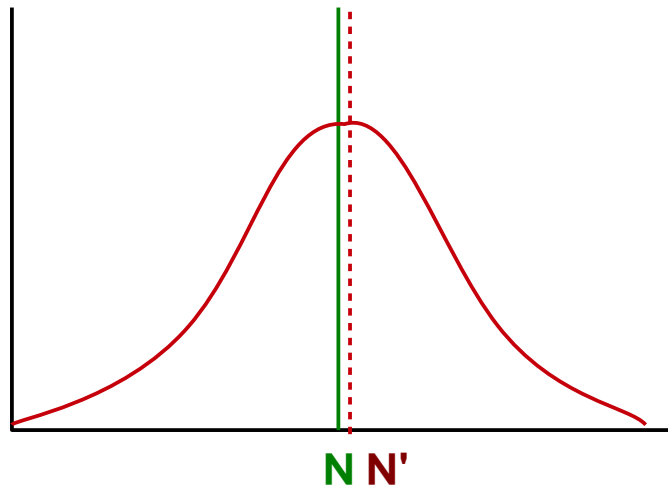
Καλή πιστότητα
(precision)

Κακή ακρίβεια
(accuracy)



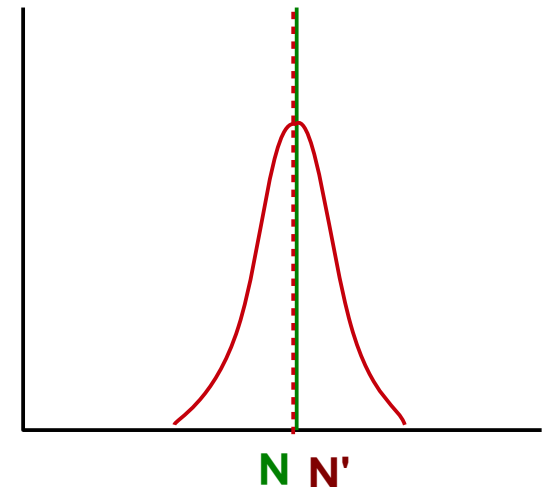
Κακή πιστότητα
(precision)

Καλή ακρίβεια
(accuracy)



Καλή πιστότητα
(precision)

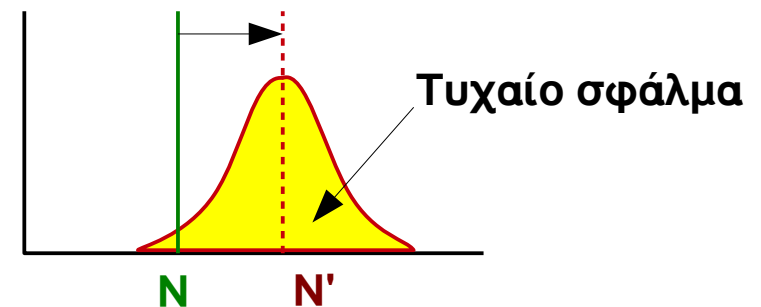
Καλή ακρίβεια
(accuracy)



Πιστότητα: πόσο κοντά πέφτουν οι επανειλημμένες μετρήσεις **N'** στην ίδια τιμή. Όσο μικρότερη η διασπορά των μετρήσεων, τόσο καλύτερη η πιστότητα της μεθόδου.

Ακρίβεια: πόσο κοντά πέφτουν οι μετρήσεις **N'** στην πραγματική τιμή **N** που επιχειρούμε να εκτιμήσουμε.

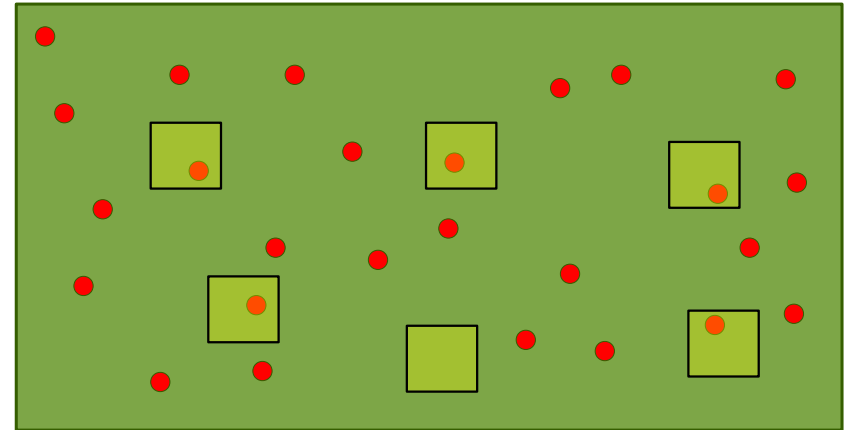
Συστηματικό σφάλμα



Εκτίμηση αφθονίας με χρήση πλαισίων και αυτόνομης κατάδυσης

plot (or quadrat) sampling

- Ειδικά για οργανισμούς που εμφανίζουν μικρή κινητικότητα, η εκτίμηση της αφθονίας τους μπορεί να γίνει με δειγματοληψία σε κελιά (quadrats).
- Εάν η κατανομή του είδους-στόχου είναι τυχαία στην περιοχή μελέτης, η επιλογή των κελιών μπορεί να επίσης να είναι τυχαία. Για παράδειγμα, ο δύτες πετάει το πλαίσιο (quadrat) με τυχαίο τρόπο σε διαφορετικά σημεία, και μετράει τον αριθμό των οργανισμών μέσα σε κάθε ένα από αυτά.
- Εάν υπάρχει διαστρωμάτωση του πληθυσμού σε σχέση με το περιβάλλον του (π.χ. με το βάθος), η δειγματοληψία γίνεται σε αντίστοιχες στρώσεις.
- Βασική υπόθεση είναι ότι **όλα** τα άτομα εντός των δειγματοληπτικών επιφανειών καταγράφονται.

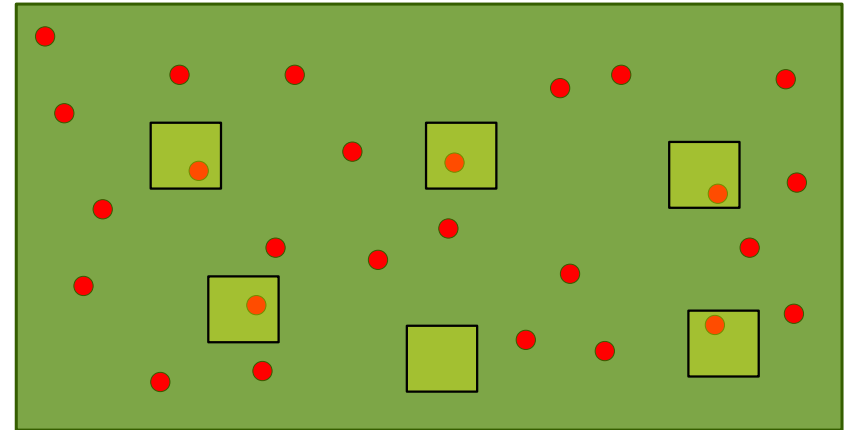


Εκτίμηση αφθονίας με χρήση πλαισίων και αυτόνομης κατάδυσης

- Από τις μετρήσεις στα επιλεγμένα κελιά, εκτιμούνται οι στατιστικές παράμετροι του δείγματος, και τελικά του συνόλου της περιοχής υπό μελέτη.
- Εκτίμηση του αριθμητικού μέσου:

$$\bar{x}_m = \sum x/n$$

όπου n ο αριθμός κελιών, και x ο αριθμός ατόμων ανά κελί.



- Εκτίμηση του συνολικού αριθμού ατόμων:
 $N = \bar{x}_m (A/a)$
όπου a το εμβαδόν ενός κελιού και A το συνολικό εμβαδόν της περιοχής μελέτης.

- Τυπικό σφάλμα του μέσου:
 $se = s/\sqrt{n}$

$$s = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

- τα 95% όρια εμπιστοσύνης:
 $\bar{x}_m \pm 1.96 \cdot se$



Εκτίμηση αφθονίας με χρήση πλαισίων και αυτόνομης κατάδυσης

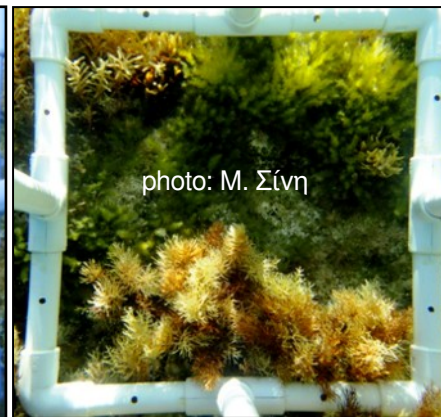
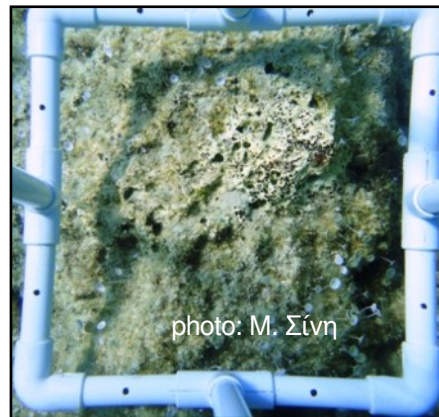
Παράδειγμα

Καταγραφή πληθυσμών του
προστατευόμενου είδους
Lithophaga lithophaga
(πετροσωλήνας)



Εκτίμηση αφθονίας με χρήση πλαισίων και αυτόνομης κατάδυσης

- Με πολλές παραλλαγές του δειγματοληπτικού προτύπου ανάλογα με τις ερευνητικές ανάγκες, η μέθοδος εκτίμησης με χρήση πλαισίων (quadrats) χρησιμοποιείται εκτενέστατα και σε πληθώρα μελετών των βενθικών βιοκοινοτήτων.



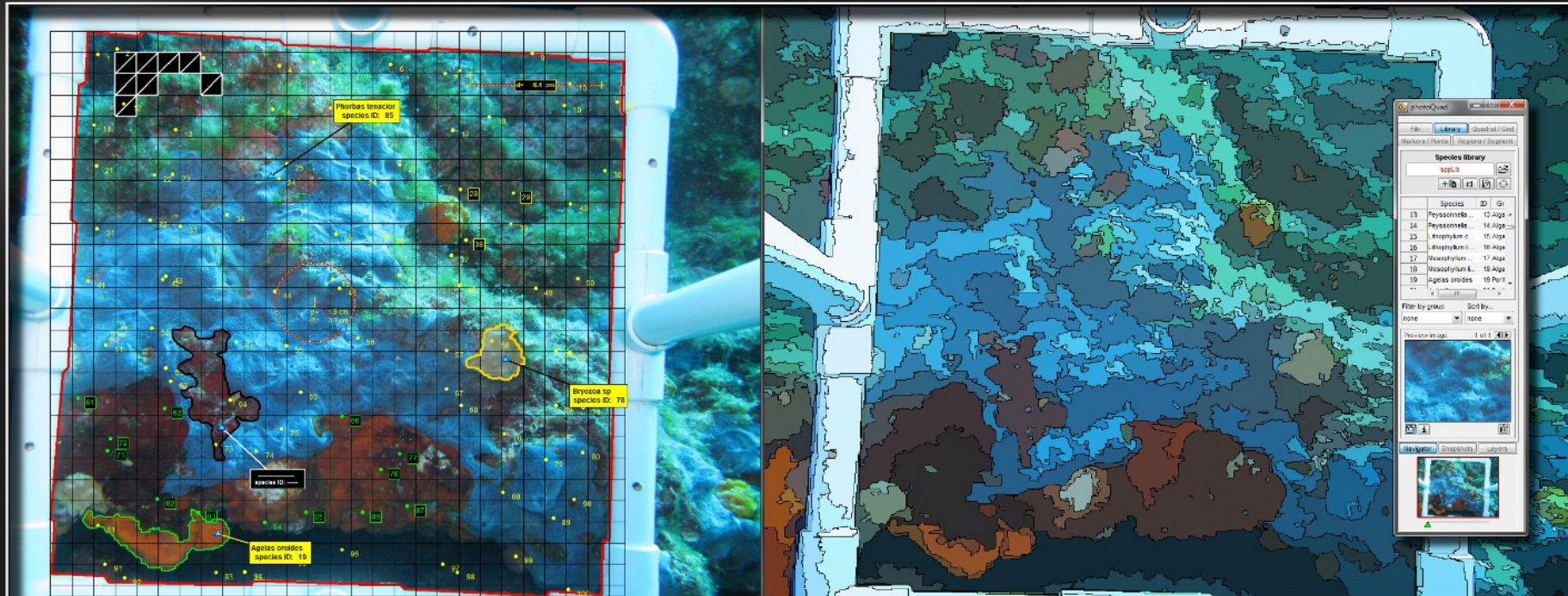
Ερευνητές του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας έχουν αναπτύξει ένα εξειδικευμένο λογισμικό για την ανάλυση φωτογραφικών δειγμάτων με πλαίσια (quadrats), το οποίο διατίθεται δωρεάν και χρησιμοποιείται εκτενώς από τη διεθνή ερευνητική κοινότητα:





photoQuad 
photo quadrat analysis software

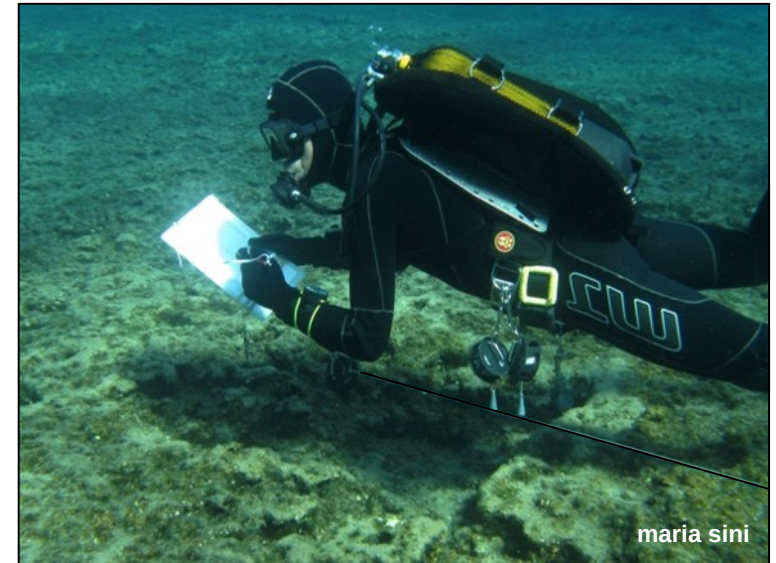
Trygonis & Sini (2012)
Journal of Experimental Marine Biology and Ecology



Οπτικές μέθοδοι σε γραμμές (ή λουρίδες)



- Η καταμέτρηση γίνεται με άμεση παρατήρηση αυτοδύτη ή μέσω βίντεο από υποβρύχια οχήματα (ROV).
- Εκτίμηση αριθμού ατόμων ανά δειγματοληπτική επιφάνεια (δείκτες αφθονίας/πληθυσμιακής πυκνότητας).
- Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που εκμεταλλεύονται τις σύγχρονες τεχνολογίες, όπως π.χ. η ταυτόχρονη χρήση δύο καμερών (stereo-video).



Epinephelus marginatus
Ροφός



Diplodus sargus
Σαργός



Sarpa salpa
Σάλπα

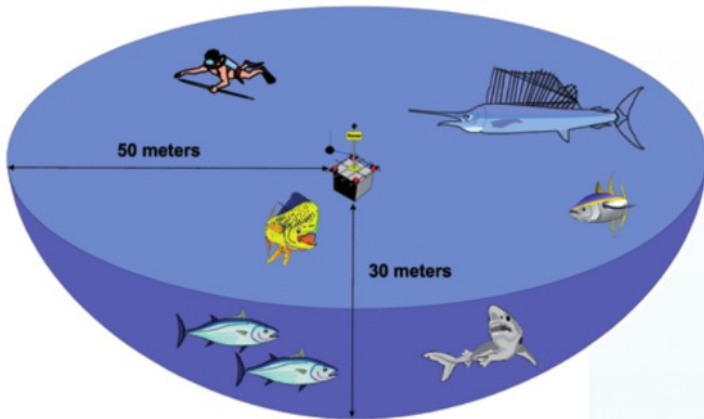
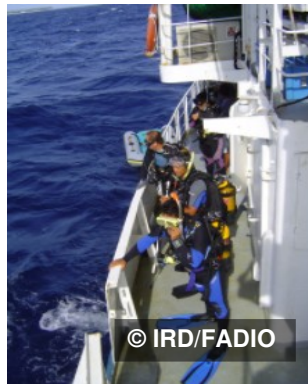
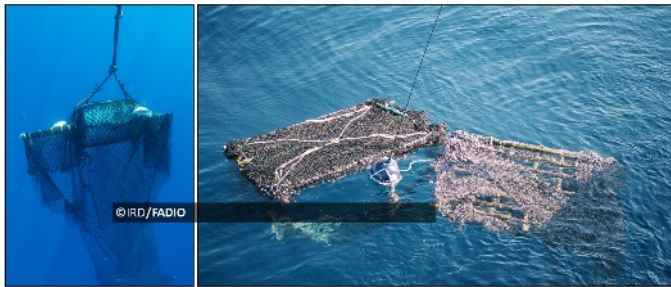


Siganus luridus
Γερμανός



Οπτικές μέθοδοι σε γραμμές (ή λουρίδες)

Η οπτική καταμέτρηση μπορεί να εκτελεστεί και κατακόρυφα. Χαρακτηριστική εφαρμογή της μεθόδου είναι η μελέτη των πλωτήρων προσέλκυσης ψαριών (FAD).



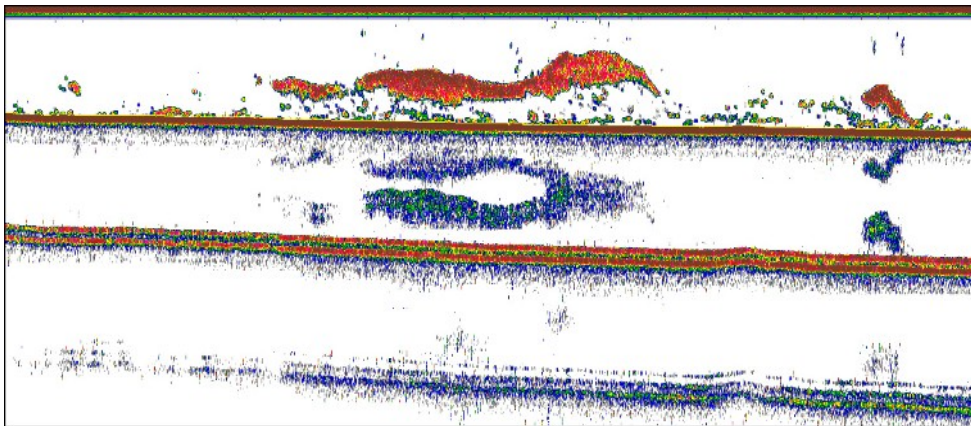
- Κατάδυση κάτω από το FAD (έως 30 m), και οπτική παρατήρηση σε μία ακτίνα 30–50 m, ανάλογα με την ορατότητα.
- Απαιτούνται 2-3 έμπειροι δύτες για προστασία (από καρχαρίες).
- Διάρκεια: 30 λεπτά.
- <50 άτομα καταμετρούνται αναλυτικά. Εάν τα άτομα ενός είδους είναι περισσότερα, τότε καταχωρούνται σε κλάσεις πλήθους.
- Το μήκος των ψαριών μπορεί να εκτιμηθεί συγκρίνοντας με το μέγεθος των χεριών ή των δακτύλων.
- Καταγραφή βίντεο για επαλήθευση των εκτιμήσεων.



Ακουστική εκτίμηση αφθονίας

Η υδροακουστική μέθοδος χρησιμοποιείται για την:

- Εκτίμηση της αφθονίας και της γεωγραφικής κατανομής των θαλάσσιων βιολογικών πόρων (χάρτες κατανομής βιομάζας).
- Παρακολούθηση της δυναμικής και της συμπεριφοράς των θαλάσσιων οργανισμών.
- Μέτρηση μεγέθους σμηνών ψαριών.
- Κατηγοριοποίηση του πυθμένα και του βενθικού υποστρώματος.
- Βελτιστοποίηση της αλιευτικής δειγματοληψίας και των αλιευτικών εργαλείων (συλληπτικότητα και επιλεκτικότητα αλιευτικών εργαλείων).

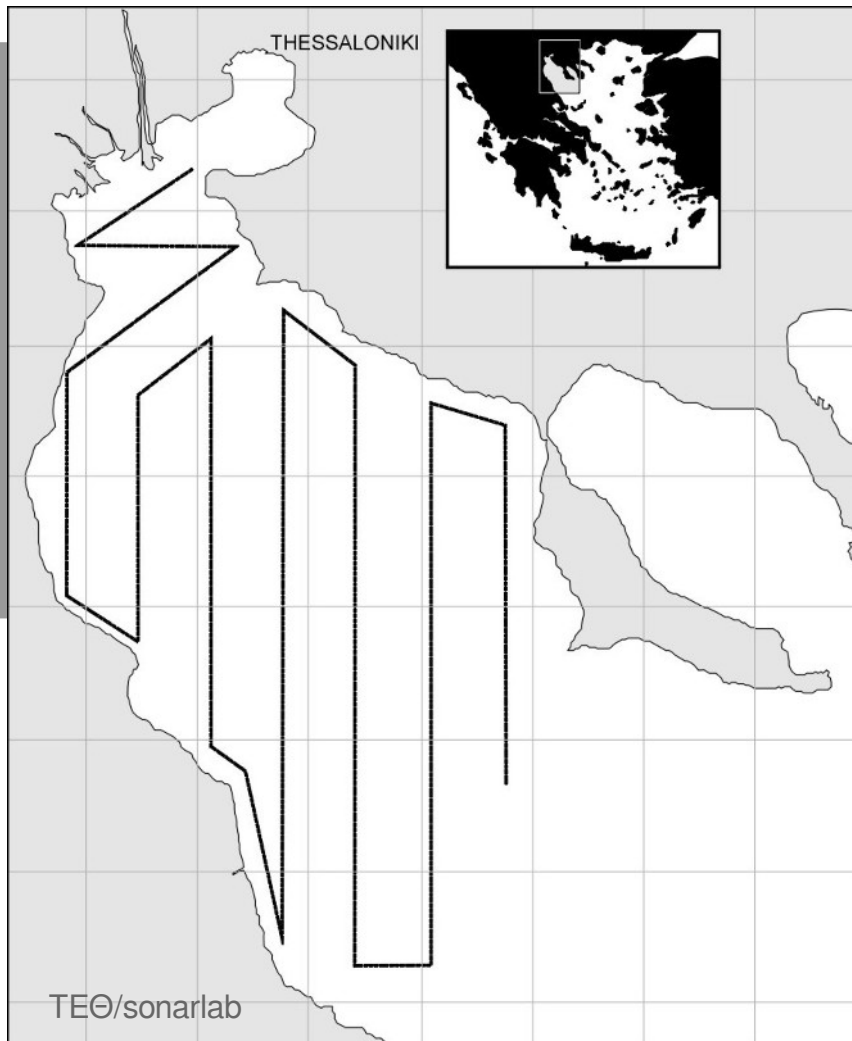


Ηχογράμμα κατακόρυφου ηχοβολιστικού



Ακουστική εκτίμηση αφθονίας

Συνήθως, τα υδροακουστικά συστήματα εγκαθίστανται σε ερευνητικά σκάφη για τη σάρωση μιας περιοχής με κατακόρυφες ή οριζόντιες ακουστικές δέσμες.

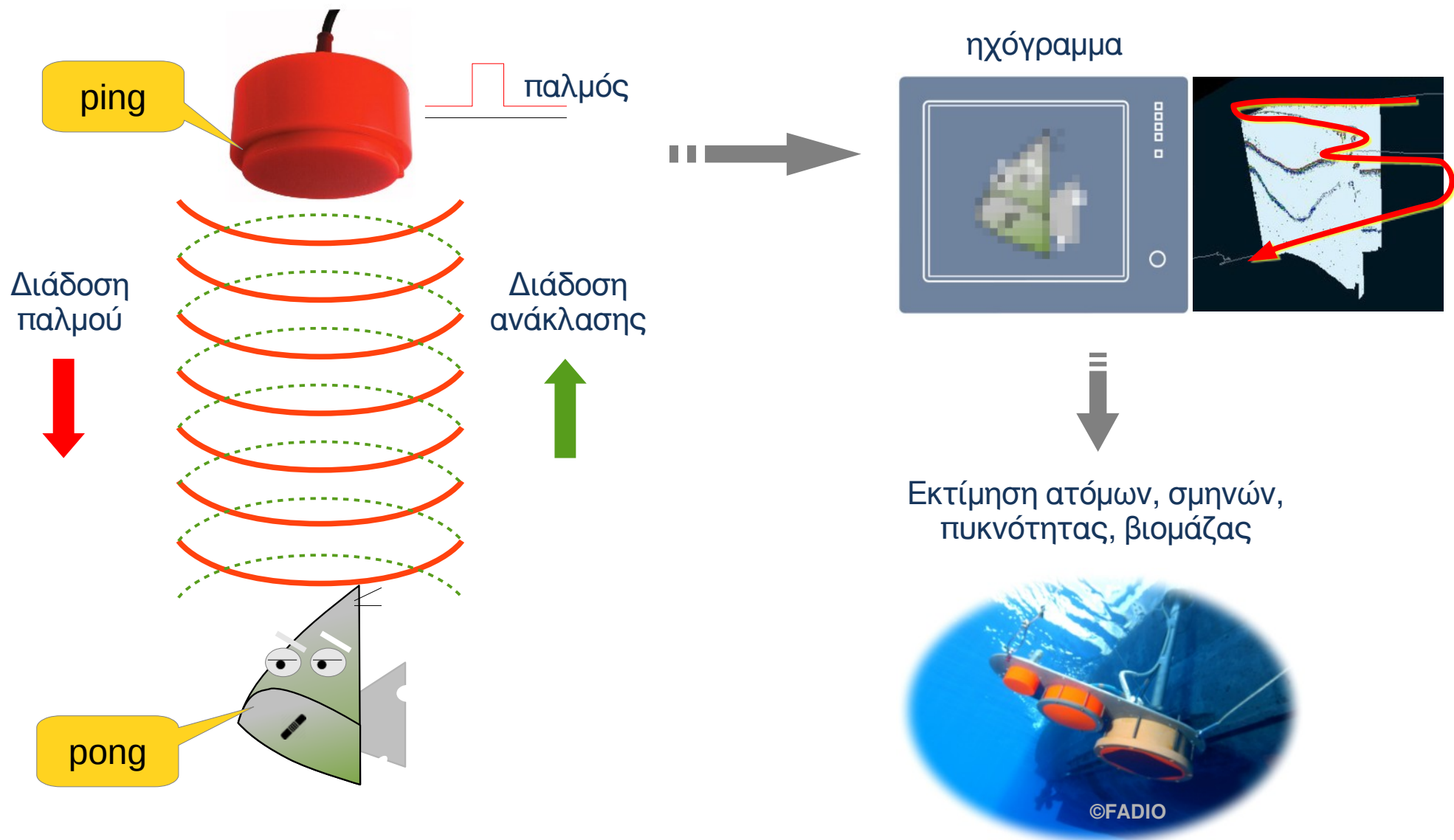


- Η υδροακουστική μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την εκτίμηση της βιομάζας στη στήλη του νερού (πλαγκτόν, ασπόνδυλα, ψάρια), και λιγότερο στα βενθικά είδη, τα οποία διακρίνονται δυσκολότερα από τον πυθμένα.



Ακουστική εκτίμηση αφθονίας

Αρχή λειτουργίας



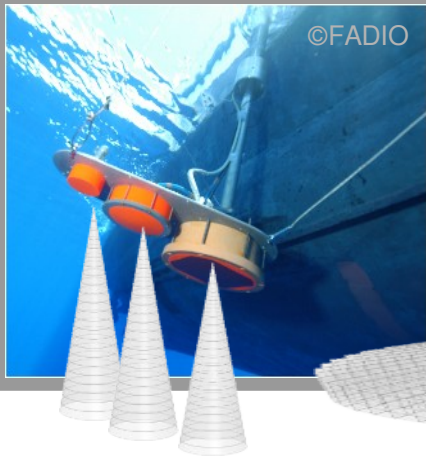


Ακουστική εκτίμηση αφθονίας

Οι υδροακουστικοί πλόες δεν περιλαμβάνουν μόνο ακουστική σάρωση, αλλά και λήψη βιολογικών και ωκεανογραφικών δειγμάτων.

Κατακόρυφα ηχοβολιστικά μονής δέσμης, πολλαπλών συχνοτήτων.

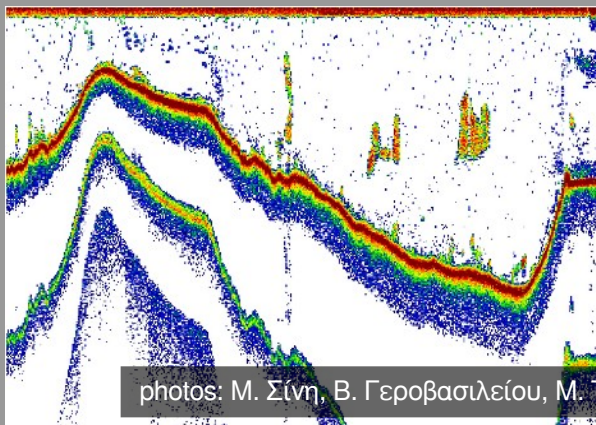
Οριζόντια πολυκατευθυντικά ηχοβολιστικά πολλαπλών δεσμών (multibeam).



Τυποποιημένη αλιευτική δειγματοληψία (τράτα)

Μέτρηση της κατά είδος και κατά μήκος σύνθεσης

Μέτρηση ωκεανογραφικών παραμέτρων

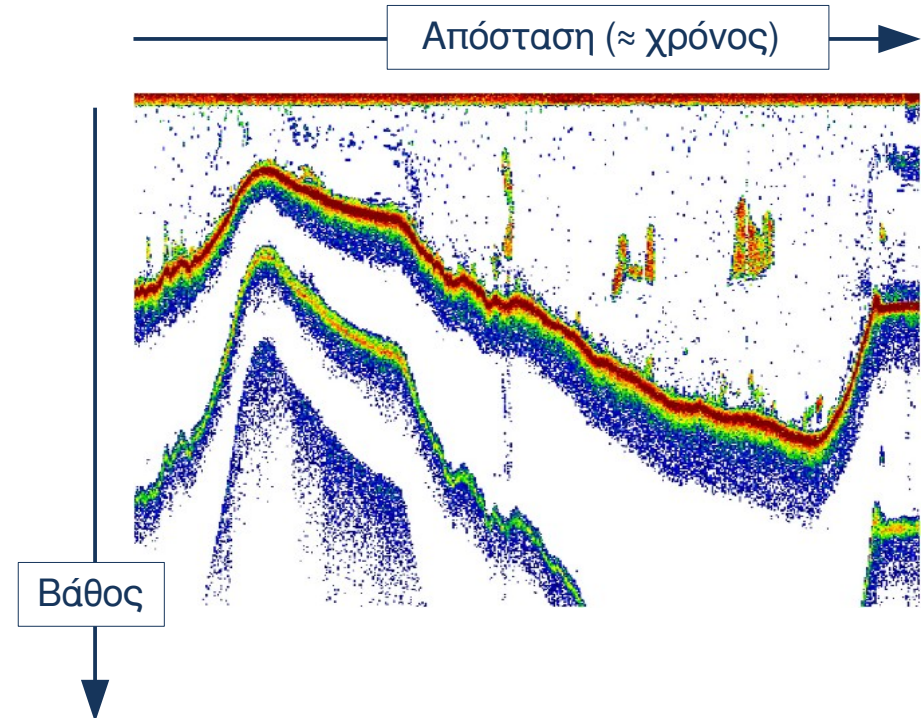
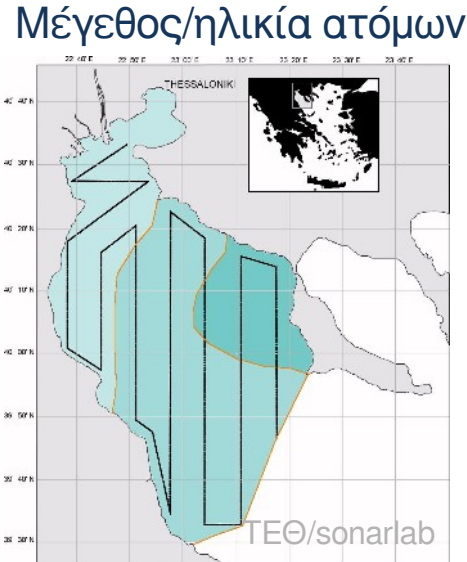
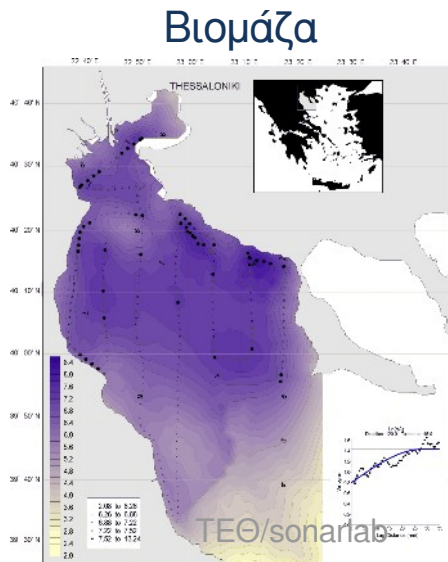


photos: Μ. Σίνη, Β. Γεροβασιλείου, Μ. Taquet

Υδροακουστική μέθοδος

Παράδειγμα (I)

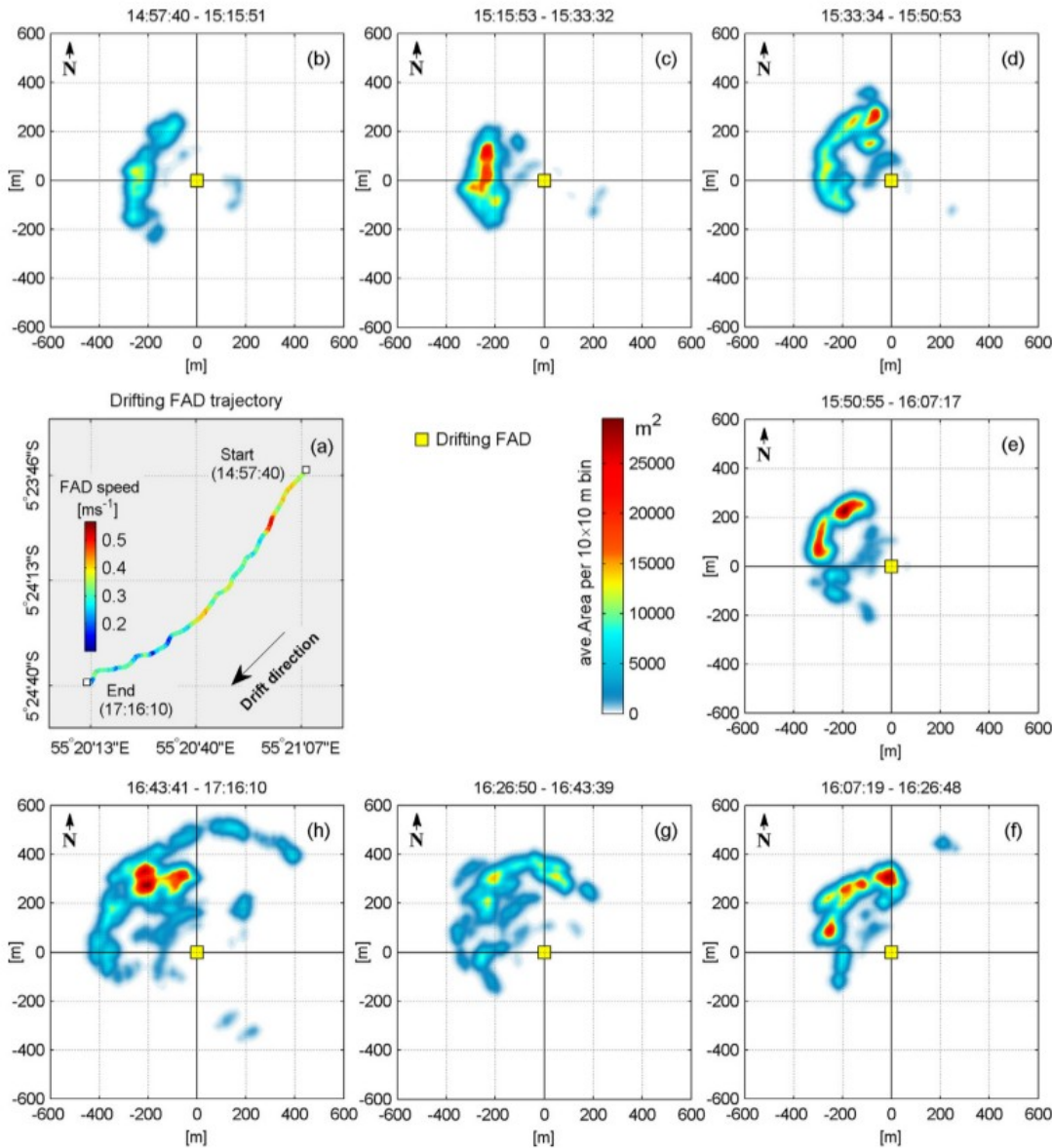
- Εκτίμηση βιομάζας σαρδέλας (*Sardina pilchardus*) στο Θερμαϊκό κόλπο με χρήση κατακόρυφων ηχοβολιστικών.



Georakarakos & Kitsiou (2008), Hydrobiologia.

Υδροακουστική μέθοδος

Παράδειγμα (II)



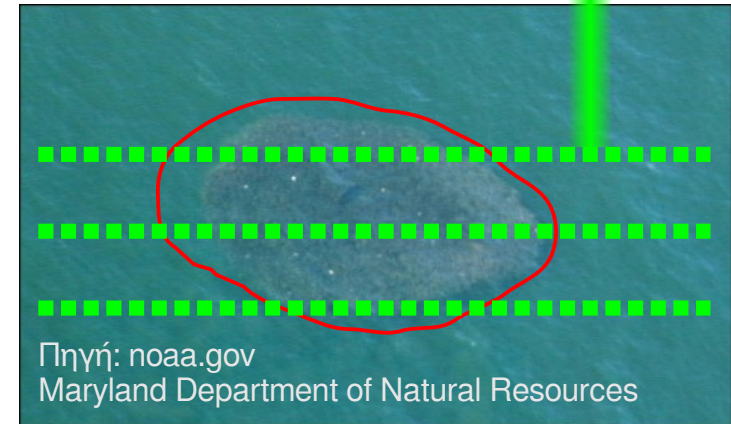
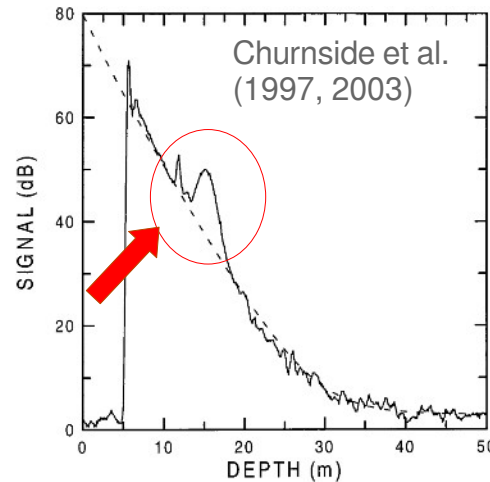
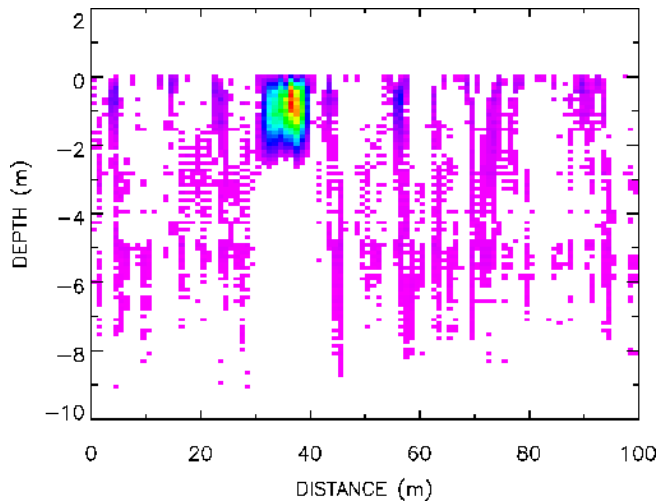
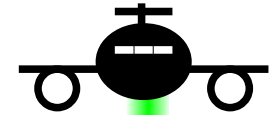
- Εκτίμηση χωροχρονικής κατανομής πελαγικών σμηνών γύρω από παρασυρόμενους πλωτήρες (drifting FADs) στον ανοικτό ωκεανό.

Trygonis et al. (2016), Fisheries Research.



Άλλες μέθοδοι

Οπτικές μέθοδοι LIDAR (LIDAR – Light Detection And Ranging) για εφαρμογές σε ρηχά νερά



Σήμανση – επανασύλληψη

Μέθοδος Petersen

Βασική αρχή: ένα τυχαίο δείγμα θα έχει την ίδια αναλογία μαρκαρισμένων ατόμων με τον πληθυσμό.



photo: V.M. Giacalone



photo: Des Colhoun

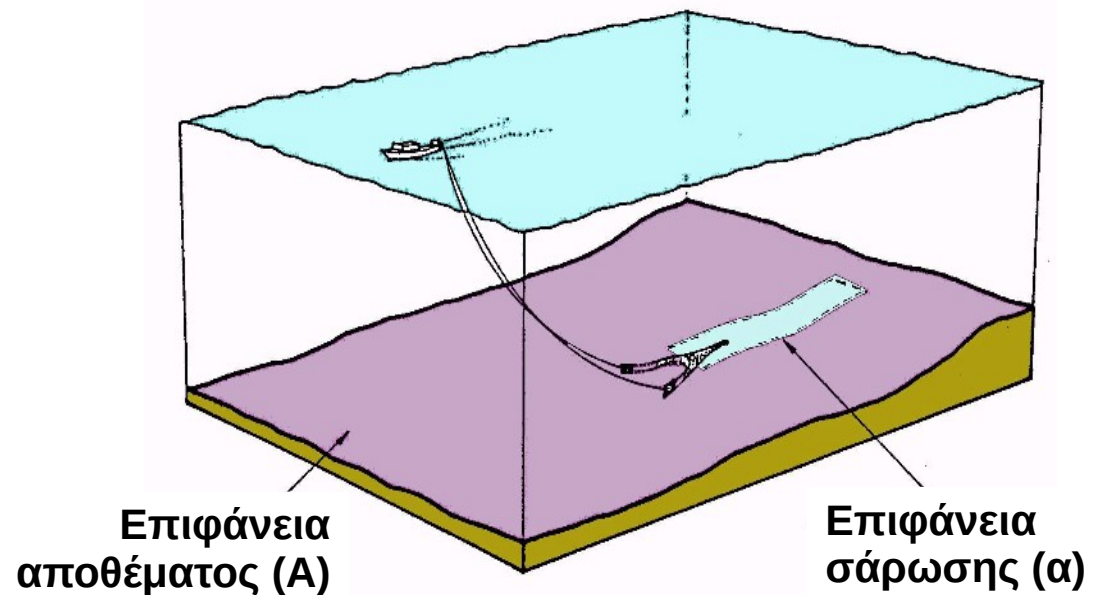
Μέθοδος σάρωσης επιφάνειας βυθού ή όγκου νερού

Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση βιομάζας από δεδομένα σύρσης βενθικής ή πελαγικής τράτας.

Βενθική τράτα

- Στη βενθική τράτα μας ενδιαφέρει μόνο το οριζόντιο άνοιγμά της (w), αφού σύρεται πάνω στο βυθό.
- Σε χρόνο t (π.χ. 30 λεπτά) και με ταχύτητα σύρσης u , σαρώνεται επιφάνεια:

$$\alpha = w u t$$



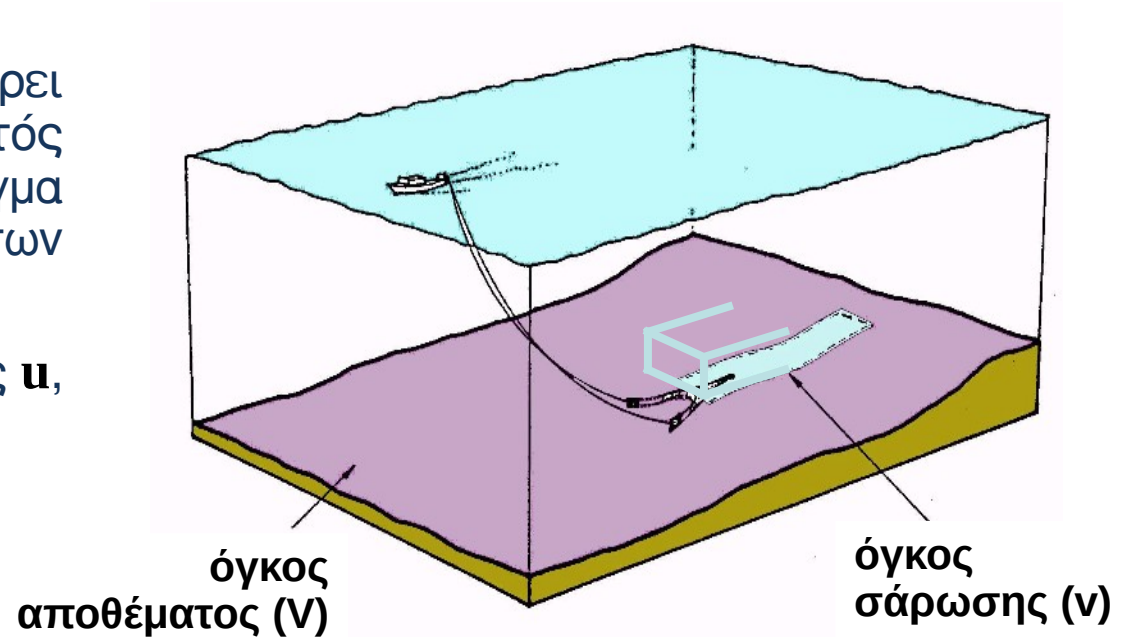
Μέθοδος σάρωσης επιφάνειας βυθού ή όγκου νερού

Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση βιομάζας από δεδομένα σύρσης βενθικής ή πελαγικής τράτας.

Πελαγική τράτα

- Στην πελαγική τράτα μας ενδιαφέρει συνολικά η επιφάνεια του ανοίγματός της (**a**), αφού όλο το άνοιγμα χρησιμοποιείται για τη σύλληψη των ψαριών.
- Σε χρόνο **t** και με ταχύτητα σύρσης **u**, σαρώνεται όγκος νερού:

$$v = a u t$$





Μέθοδος σάρωσης επιφάνειας βυθού ή όγκου νερού

Βήματα ανάλυσης

1. Εκτίμηση του ανοίγματος του στομίου της τράτας.
2. Εκτίμηση της αποδοτικότητας της τράτας **g** (ποσοστό της βιομάζας που μένει στον σάκο) σε σχέση με την ποσότητα που διέρχεται τις πόρτες της τράτας (με ακουστικές ή βιντεοσκοπικές μεθόδους).
3. Εκτίμηση της βιομάζας από τη σχέση:

$$B = \frac{C}{g} \frac{A}{a}$$

όπου:

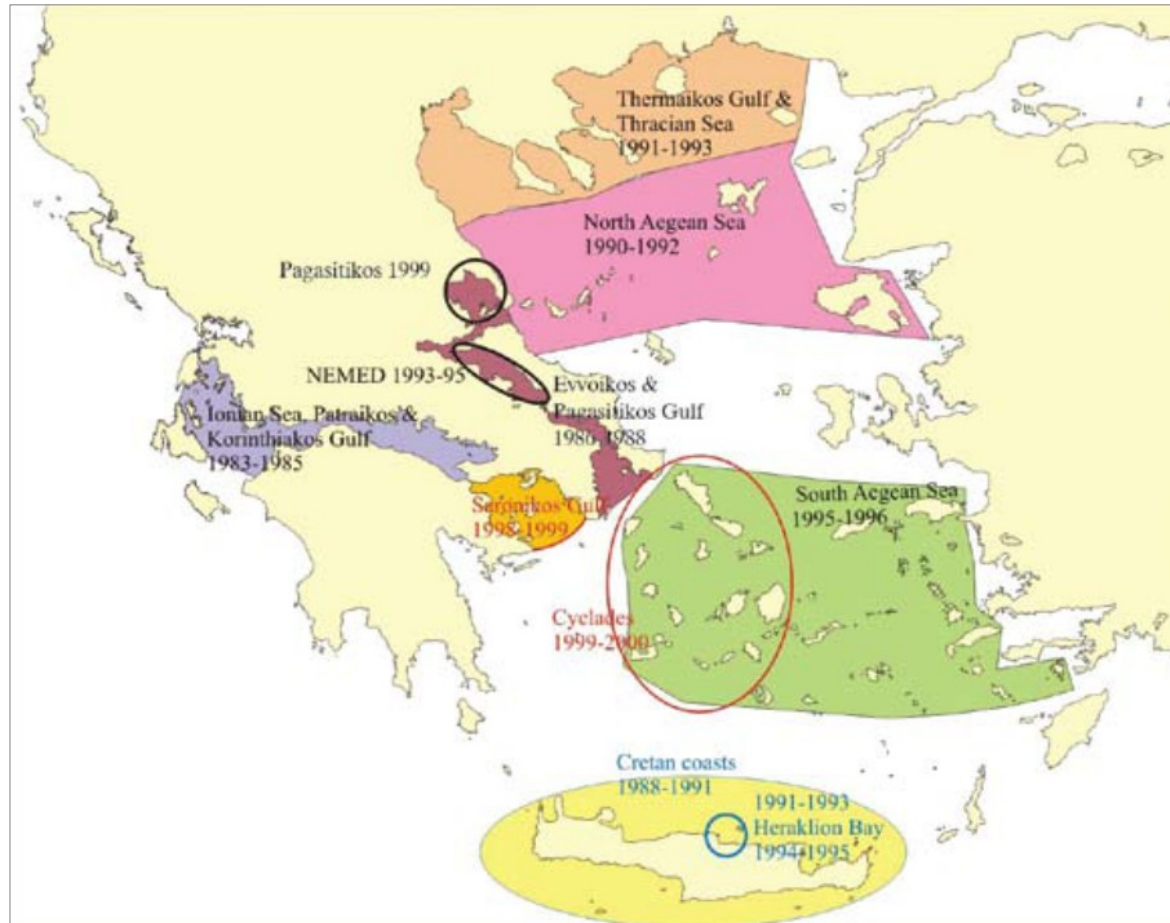
C: η ποσότητα αλιεύματος,

g: αποδοτικότητα τράτας ($0 \leq g \leq 1$)

A/a: επιφάνεια (όγκος) αποθέματος προς επιφάνεια (όγκος) δειγματοληψίας

- Η αποδοτικότητα **g** είναι το ποσοστό των ψαριών που βρίσκονται στο μονοπάτι (ζώνη επιρροής) της τράτας και πιάνονται από αυτήν. Ο συντελεστής συλληπτικότητας **q** του εργαλείου είναι το ποσοστό των ψαριών στο απόθεμα που πιάνονται με μία μονάδα αλιευτικής προσπάθειας.

Μέθοδος σάρωσης επιφάνειας βυθού ή όγκου νερού



Ερευνητικές δειγματοληψίες βενθικής τράτας στα Ελληνικά νερά για την περίοδο 1983 – 2000 (Πηγή: State of Hellenic Fisheries 2007, HCMR).

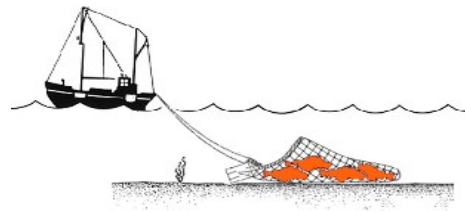
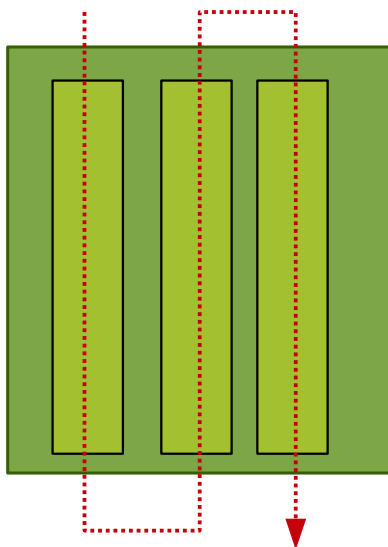
- Οι ερευνητικές δειγματοληψίες με σύρσεις τράτας παρέχουν πολλά επιπλέον δεδομένα, και χρησιμοποιούνται επίσης για τη μελέτη της κατά είδος σύνθεσης των αλιευτικών πόρων, την εκτίμηση των σχέσεων μήκους – βάρους, την εκτίμηση σχετικής αφθονίας (τάσεων στο απόθεμα) μέσω του τυποποιημένου CPUE, την εκτίμηση της συλληπτικότητας των εργαλείων, κλπ.

Μέθοδος εξάντλησης αποθέματος

depletion method

Η μέθοδος περιλαμβάνει την αφαίρεση των ψαριών σε διαδοχικές σύρσεις σε μία συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, και τη μέτρηση της μείωσης της σχετικής αφθονίας, χρησιμοποιώντας ως δείκτη το CPUE.

- Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει ότι ο πληθυσμός είναι απομονωμένος και ότι μπορεί να υπεραλιευθεί σε εύλογο χρόνο (ώστε να είναι αμελητέες οι επιδράσεις της φυσικής θνησιμότητας και της μετανάστευσης).
- Επίσης, θεωρείται ότι κατά τη διάρκεια της υπεραλίευσης, ο συντελεστής συλληπτικότητας q του εργαλείου παραμένει σταθερός.
- Η μέθοδος είναι λιγότερο δραστική (καταστρεπτική) απ' όσο αφήνει να εννοηθεί το όνομά της...



- Επιτρέπει την εκτίμηση του q , και της αρχικής αφθονίας.

Μέθοδος εξάντλησης αποθέματος

depletion method

- Αφού έχει ξεκινήσει η αλίευση, η αφθονία στο χρόνο t θα ισούται με την αρχική αφθονία, μείον το σύνολο της έως τώρα ψαριάς:

$$N_t = N_0 - \sum_{t=0}^T C_t$$

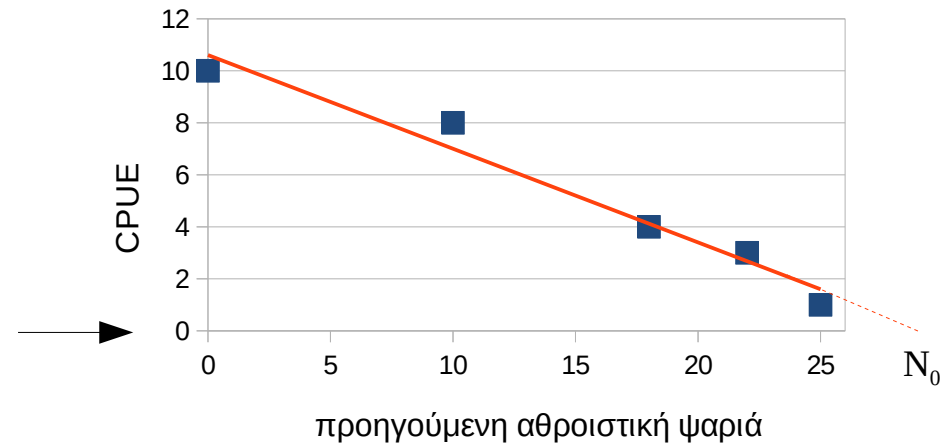
- Υποθέτουμε ότι το CPUE είναι ανάλογο της αφθονίας: $CPUE_t = q * N_t$

- Άρα: $CPUE_t = q N_0 - q \Sigma C_t$

$$CPUE_t = q N_0 - q \Sigma C_t$$

$$Y = a + b X$$

- Δηλαδή, το $CPUE_t$ στο χρόνο t σχετίζεται γραμμικά με την προηγούμενη αθροιστική ψαριά ΣC_t



$$q = - (\text{κλίση } b)$$

$$N_0 = - (\text{σταθερά } a / \text{κλίση } b)$$



Μέθοδος εξάντλησης αποθέματος

depletion method

Παράδειγμα:

- Ο ανεξάρτητος παρατηρητής τοποθετεί 30 φασόλια (ας τα αντιμετωπίσουμε ως... ψάρια) στην περιοχή δειγματοληψίας με τυχαίο τρόπο. Ο “ψαράς” δε βλέπει την τοποθέτηση.
- Ο “ψαράς” λαμβάνει 5 διαδοχικά δείγματα **ίσης χρονικής διάρκειας** (προσπάθεια = 30 seconds), προσπαθώντας να μαζέψει όσα φασόλια μπορεί.
- Για κάθε δείγμα, καταγράφονται τα φασόλια που πιάνονται. Αυτά, δεν επιστρέφονται.

Σε ένα τέτοιο σύστημα, μπορεί να εκτιμηθεί το πραγματικό αρχικό μέγεθος του πληθυσμού των φασολιών μέσω της τυποποιημένης CPUE;

- Η επίλυση του παραδείγματος βρίσκεται στο αρχείο **depletion_demo.xls**, το οποίο βρίσκεται στο eclass του μαθήματος



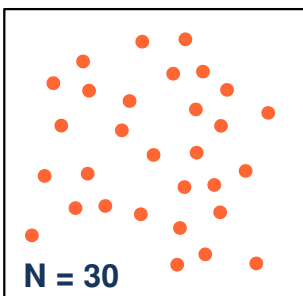
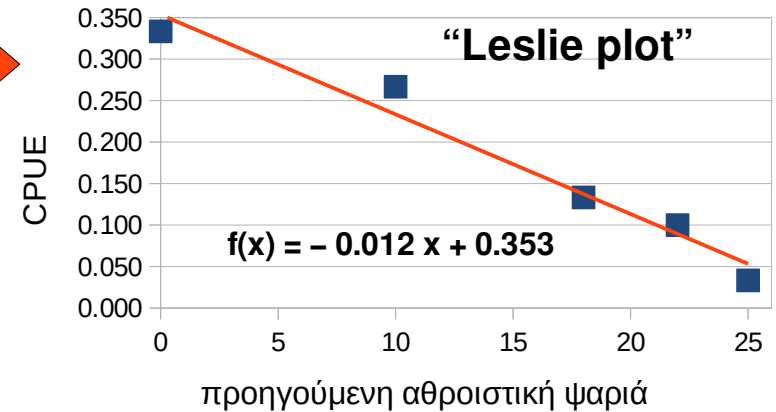
Μέθοδος εξάντλησης αποθέματος depletion method

- Η ψαριά ανά προσπάθεια (CPUE) είναι η εξαρτημένη μεταβλητή (**Y** – άξονας).
- Η προηγούμενη αθροιστική ψαριά είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή (**X** – άξονας). Για το πρώτο δείγμα, αυτή η τιμή είναι 0.

- Με μία απλή γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ **X** και **Y**, η αφθονία είναι: $N = -(a / b)$ όπου **a** είναι η σταθερά της παλινδρόμησης (intercept), και **b** η κλίση (slope).

$$N = -(a / b)$$

Δείγμα (k)	Ψαριά (Catch)	X (προηγούμενη αθροιστική ψαριά)	Y (CPUE)
1	10	0	0.333
2	8	10	0.267
3	4	18	0.133
4	3	22	0.100
5	1	25	0.033



Ψαριά που πιάστηκε με προσπάθεια 30 sec.

$$a = 0.353 \quad b = -0.012$$

$$N = -(a / b) = 29.4 \text{ φασόλια}$$



Μέθοδος εξάντλησης αποθέματος depletion method

Μία ολοκληρωμένη εκτίμηση συνοδεύεται από το διάστημα εμπιστοσύνης. Έστω ότι αποφασίζουμε επίπεδο σημαντικότητας:

$\alpha = 0.05$ (95% confidence limit)

$k = 5$ δείγματα

t (two-tailed) = 3.18

S_b : Standard Error of regression slope $b = 0.013$

$$b_{upper} = b + (t * S_b) = -0.0079$$

$$b_{lower} = b - (t * S_b) = -0.0161$$

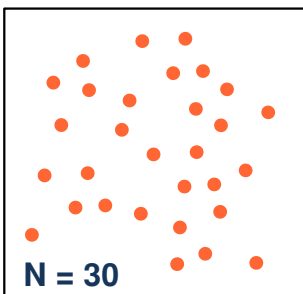
$$N_{upper} = -a / b_{upper} = 44.7$$

$$N_{lower} = -a / b_{lower} = 21.9$$

από στατιστικούς πίνακες, λαμβάνουμε το t two-tailed Degrees of Freedom $DF: k - 2 = 3$

Critical values for t					
α (two-tailed)		0.1	0.05	0.01	
	DF	2	2.92	4.30	9.92
		3	2.35	3.18	5.84
		4	2.13	2.78	4.60

Excel | LibreOffice
function: **LINEST**



«Με 95% βεβαιότητα, η αφθονία είναι μεταξύ 21.9 και 44.7»

$$q = -(-0.012) \text{ ανά δευτερόλεπτο, δηλαδή } q = 0.012 * 30 * 100 = 36\%$$

