



## Αλιευτική Βιολογία

### Αναπαραγωγή και Στρατολόγηση (νεοσυλλογή)



Βασίλης Τρυγόνης

Μυτιλήνη 2024



Αναφορά δημιουργού – Παρόμοια διανομή (CC BY-SA 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>



## Εισαγωγή

Η μελέτη της αναπαραγωγής των ψαριών έχει κεντρικό ρόλο στην αλιευτική βιολογία και διαχείριση.

Διαχειριστικά μέτρα (π.χ. το ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος αλίευσης) συχνά στηρίζονται στις αναπαραγωγικές συνήθειες των αλιευτικών αποθεμάτων.

Λόγω εξελικτικών προσαρμογών όμως, η ίδια η αλιευτική πίεση επηρεάζει τις αναπαραγωγικές στρατηγικές των ψαριών.

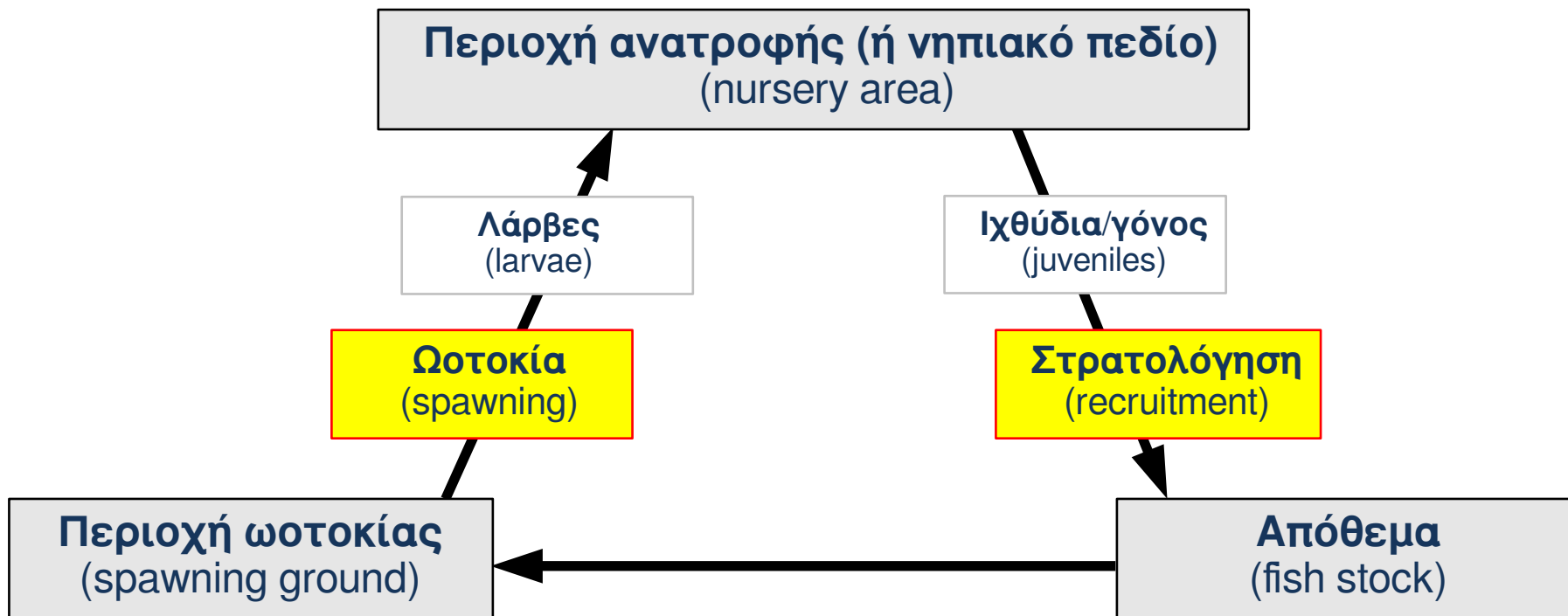
Σημαντικές παράμετροι που εξετάζονται είναι:

- Η αναλογία φύλων.
- Το στάδιο γεννητικής ωρίμανσης.
- Η έναρξη & διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου.
- Το μήκος της πρώτης γεννητικής ωρίμανσης.



## Αναπαραγωγικός κύκλος

**Γενικευμένο** παράδειγμα κύκλου ζωής ψαριών. Οι φάσεις ωοτοκίας και ανατροφής μπορεί να λαμβάνουν χώρα στην ίδια γεωγραφική περιοχή.



- Τα νηπιακά (και συχνά, τα αναπαραγωγικά) πεδία βρίσκονται κυρίως σε παράκτιες περιοχές.

## Αναλογία φύλων

- (συνήθως ορίζεται ως) Η αναλογία θηλυκών προς αρσενικών στον πληθυσμό.
- Χρησιμοποιείται σε διάφορα μοντέλα εκτίμησης της αναπαραγωγικής βιομάζας.
- Τυπικά θεωρείται ίση με τη μονάδα σε ‘φυσικούς’ πληθυσμούς (χωρίς αλιευτική πίεση). Αποκλίσεις από τη μονάδα οφείλονται σε διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στην αύξηση, θνησιμότητα ή ενεργειακό κόστος της αναπαραγωγής, π.χ.:

Φρίσσα (*Sardinella aurita*)



Στο Β Αιγαίο, τα θηλυκά κυριαρχούν στα μεγαλύτερα μήκη (ηλικιακές κλάσεις).

Υψηλότερη θνησιμότητα των αρσενικών.

Κορδέλα (*Cepola macrophthalma*)



Στον Ευβοϊκό, τα αρσενικά κυριαρχούν στα μεγαλύτερα μήκη.

Ταχύτερη σωματική αύξηση αρσενικών, υψηλότερη θνησιμότητα των θηλυκών.

- Στα είδη που αρχικά ωριμάζουν ως ένα φύλο και κατόπιν αλλάζουν στο άλλο, η αλιευτική θνησιμότητα είναι μεγαλύτερη στο φύλο που εκφράζεται αργότερα.
  - Πρωτόγυνα: φαγγρί, γώπα, ροφός, ...
  - Πρώτανδρα: τσιπούρα, μурμούρα, σάλπα, ...



## Έναρξη και εποχή αναπαραγωγής

Η έναρξη της αναπαραγωγικής περιόδου συχνά καθορίζεται από περιβαλλοντικές παραμέτρους, με σημαντικότερη τη θερμοκρασία της θάλασσας.

Στη Μεσόγειο, τα περισσότερα αποθέματα αναπαράγονται κατά το τέλος άνοιξης με αρχή καλοκαιριού.

- Ο αναπαραγωγικός κύκλος εκφράζεται με αλλαγές στο μέγεθος (και βάρος) των ωοθηκών ή όρχεων.
- Κοινά χρησιμοποιούμενος δείκτης είναι ο **γοναδοσωματικός δείκτης (GSI)**.





## Γοναδοσωματικός δείκτης

gonadosomatic index (GSI)

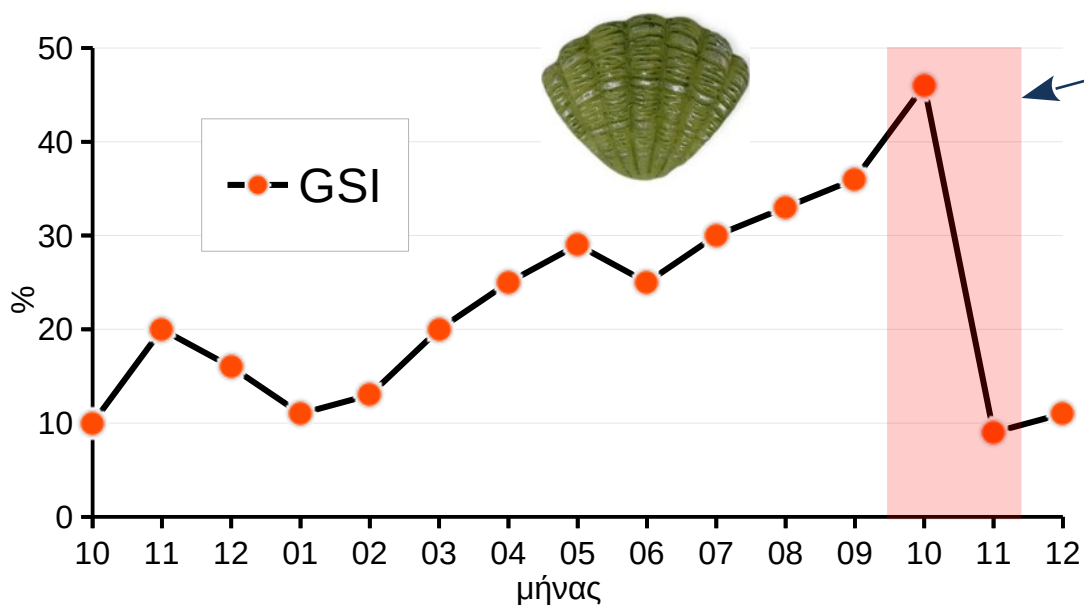
$$GSI = 100 * W_g / W_f$$

$W_g$  : Βάρος γονάδων

$W_f$  : Βάρος σώματος

Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση του αναπαραγωγικού κύκλου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η διακύμανσή του στο χρόνο.



Η απότομη μείωση του δείκτη τον Οκτώβρη–Νοέμβρη συνηγορεί στο ότι το είδος γεννά τα αυγά του μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα.



## Μέσο μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης ( $L_m$ )

mean length at maturity

Από διαχειριστική πλευρά, ιδιαίτερη σημασία έχει ο χρόνος **ωοτοκίας** και **στρατολόγησης**, και το αντίστοιχο μέσο μήκος (ή ηλικία) των ψαριών.

- Το μέσο μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης  $L_m$  είναι το μήκος στο οποίο το 50% των ατόμων στο απόθεμα είναι αναπαραγωγικά ώριμο (π.χ. τα θηλυκά έχουν πλήρως αναπτυγμένες ωοθήκες).
- Στην πράξη, συλλέγονται μεγάλα δείγματα κατά την αναπαραγωγική περίοδο, και υπολογίζεται αρχικά η αναλογία ώριμων ατόμων ανά κλάση μεγέθους (ή ηλικίας). Τέτοια δεδομένα μπορούν να μοντελοποιηθούν με μία λογιστική καμπύλη (logistic curve) για την στατιστική εκτίμηση του  $L_m$ .





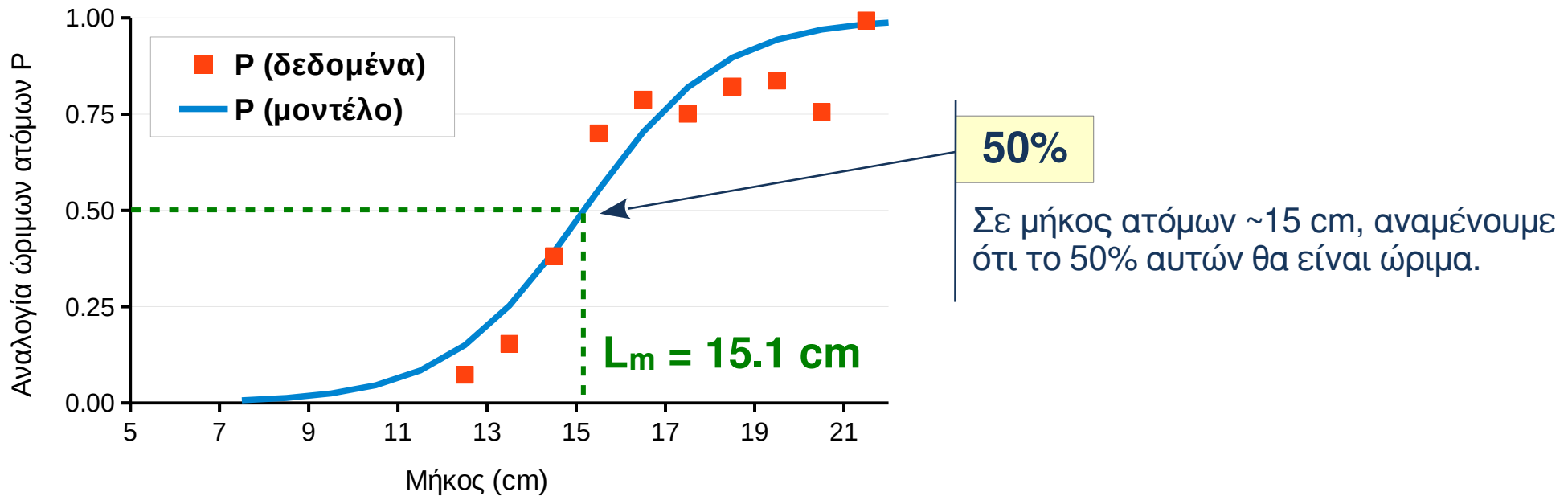
## Καμπύλη γεννητικής ωρίμανσης ( $L_m$ )

mean length at sexual maturity

Λογιστική καμπύλη (logistic curve)

$$P = 1 / (1 + e^{-r(L - L_m)})$$

$r$ : κλίση της καμπύλης στο  $L_m$







## Στρατολόγηση (ή νεοσυλλογή)

recruitment

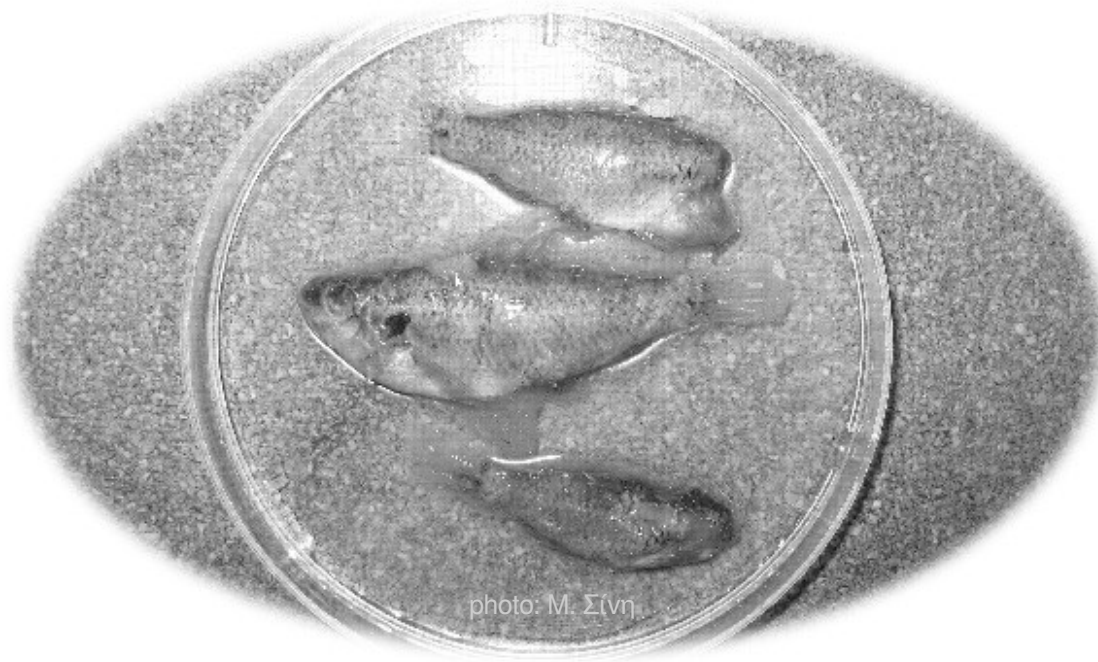


photo: Μ. Σίγη



## Στρατολόγηση

**Στρατολόγηση ή νεοσυλλογή** (recruitment) ονομάζουμε την ένταξη των νεαρών ατόμων σε ένα συγκεκριμένο στάδιο της ζωής τους, π.χ.

- A) Ενσωμάτωση στον ενήλικο πληθυσμό.
- B) Ενσωμάτωση στην αλιευτική φάση ενός εργαλείου.

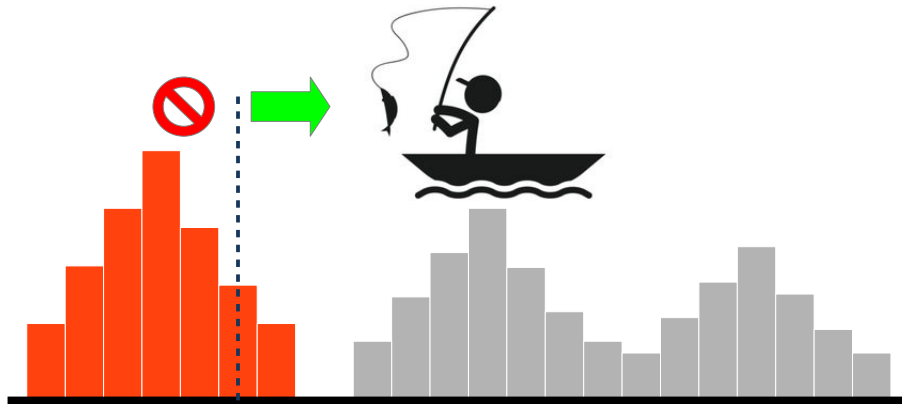
Τις περισσότερες φορές, ως στρατολόγηση εννοούμε το **B)**, δηλαδή την **είσοδο μιας νέας ηλικιακής κλάσης στον ενήλικο πληθυσμό που αλιεύεται.**

(= τα νεαρά ψάρια αρχίζουν πλέον να πιάνονται στα εργαλεία)

# Στρατολόγηση

## recruitment

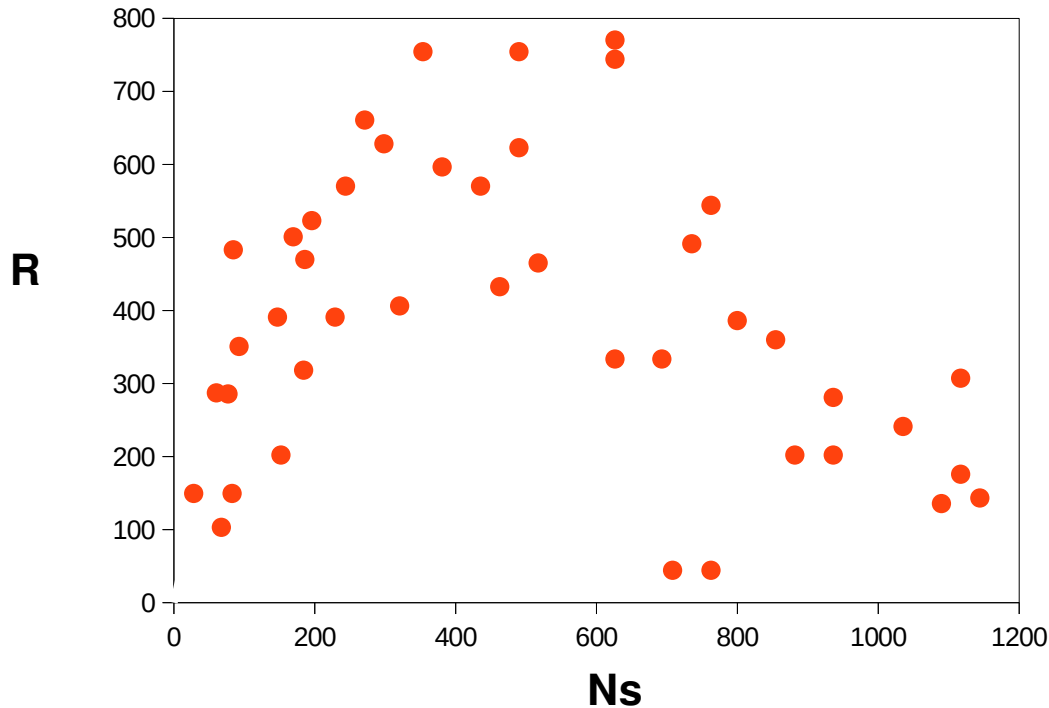
- Ο όρος “στρατολόγηση” χρησιμοποιείται συνδυαστικά με την έννοια της κοόρτης (της ρωμαϊκής στρατιωτικής μονάδας), για να προβληθεί η περιοδικότητα και η φύση του φαινομένου: Τα νεαρά άτομα έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και πλέον συλλαμβάνονται από τα αλιευτικά εργαλεία, ή μπορούν να κινούνται στα ίδια αλιευτικά πεδία με τα ενήλικα άτομα.
- Τα νεαρά στρατολογούμενα άτομα συνιστούν μια συγκεκριμένη κοόρτη (ηλικιακή κλάση), π.χ. έχουν ηλικία ενός έτους, και λόγω του μεγέθους τους, συλλαμβάνονται σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με τα μεγαλύτερα άτομα.



## Διακυμάνσεις στη στρατολόγηση

Η σχέση μεταξύ της αφθονίας των ενήλικων ( $N_s$ ) και της αφθονίας των νεαρών στρατολογούμενων ατόμων ( $R$ ) έχει μεγάλη διαχειριστική αξία:

- Η αλιευτική εσοδεία (yield) εξαρτάται από τη στρατολόγηση.
- Παρέχει ενδείξεις για το επίπεδο μείωσης του αποθέματος (λόγω αλίευσης) πέρα από το οποίο η στρατολόγηση θα καταρρεύσει.



Ωστόσο, η σχέση  $R = f(N_s)$  είναι διάσπρη για τη μεγάλη διασπορά τιμών που παρουσιάζει. Αντίστοιχα, είναι δύσκολη και η μοντελοποίησή της.

Γιατί;

$R$  : αφθονία νεαρών που στρατολογούνται (number of new recruits)

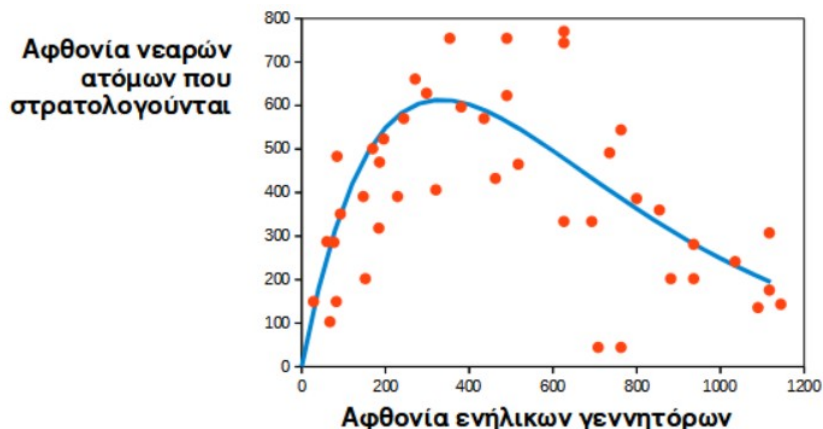
$N_s$  : αφθονία ενήλικων γεννητόρων (number of spawning fish)

## Διακυμάνσεις στη στρατολόγηση

Με μια πρώτη ματιά, φαίνεται λογικό ότι θα πρέπει η σχέση  $R = f(N_s)$  να είναι σαφής: όσο περισσότεροι γεννήτορες ( $N_s$ ) στο απόθεμα, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των νεαρών που θα γεννηθούν και κατόπιν θα στρατολογηθούν ( $R$ ).

Ωστόσο, υπάρχουν διάφοροι λόγοι που αυξάνουν την αβεβαιότητα στη μοντελοποίηση της σχέσης  $R = f(N_s)$ :

- Χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα για τη συλλογή επαρκών δεδομένων (π.χ. μία μέτρηση το έτος των  $R$  και  $N_s$ ).
- Τα αποθέματα συνήθως ήδη υπεραλιεύονται όταν αρχίσει η συστηματική μελέτη τους, και άρα δεν υπάρχουν αρκετές μετρήσεις για μεγάλες τιμές αφθονίας  $N_s$ .



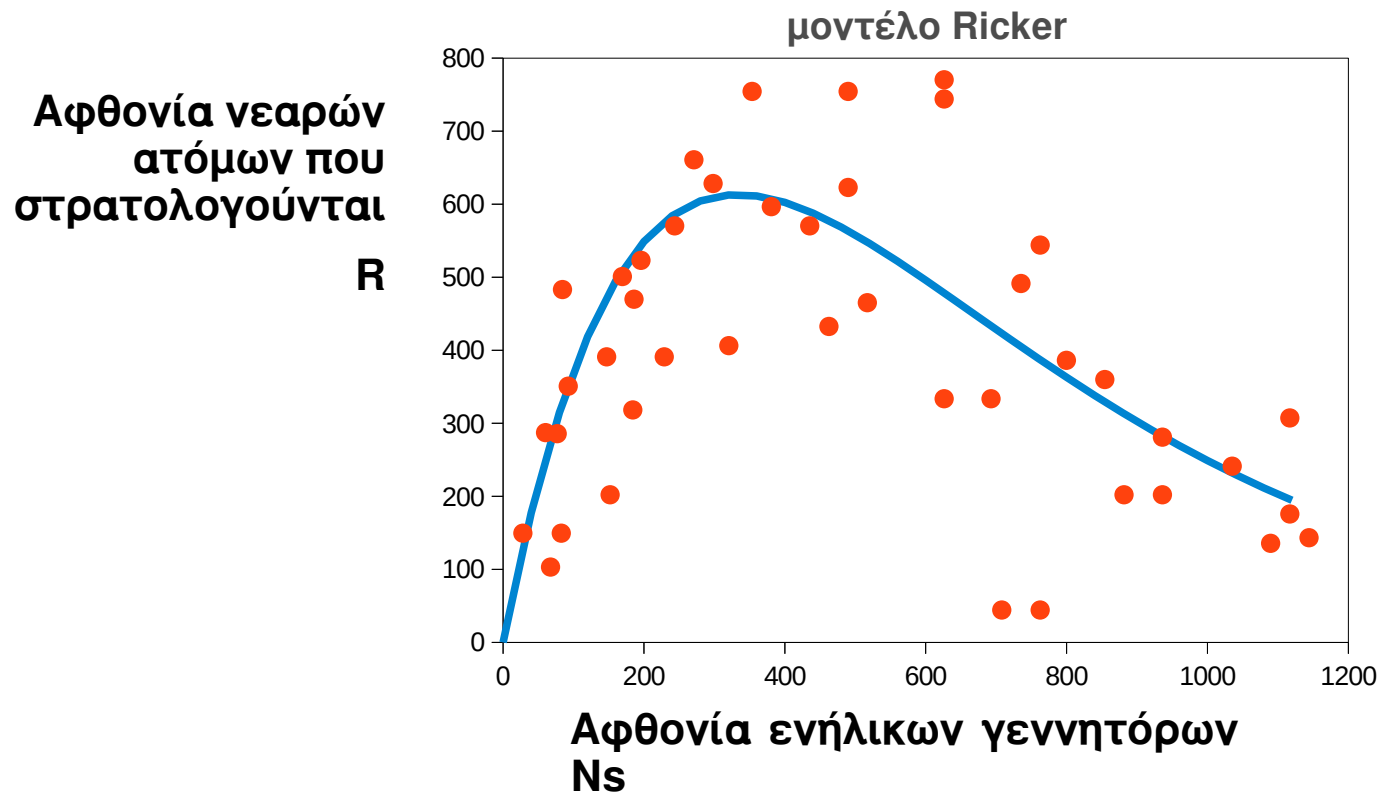
- Τυπικά, η γέννηση με τη στρατολόγηση απέχουν αρκετά στο χρόνο. Παρεμβαίνουν πολλοί βιοτικοί, αβιοτικοί, και ενδοειδικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη φυσική θνησιμότητα, με αποτέλεσμα τη μεγάλη διασπορά στα δεδομένα.

Κάποιες φορές, κοόρτες παραμένουν ισχυρές στο χρόνο (δες παράδειγμα *Hjort* στην *Ιστορική Αναδρομή*) χωρίς ουσιαστική συσχέτιση με την αφθονία των γεννητόρων, π.χ. λόγω ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών.

## Διακυμάνσεις στη στρατολόγηση

το μοντέλο του Ricker

- Ο **Ricker** διαπίστωσε ότι η ανταγωνιστική σχέση ανάμεσα στα ώριμα και τα νεαρά άτομα δεν ήταν σταθερή.
- Όταν ο ενήλικος πληθυσμός φτάνει σε επίπεδα μεγάλης αφθονίας και πυκνότητας, τότε **αυξάνεται** ο ενδοειδικός ανταγωνισμός (περιορισμός πόρων και χώρου, κανιβαλισμός) ή/και η μετάδοση ασθενειών, και **μειώνεται** η επιβίωση των νεαρών ατόμων.





## Αντιστάθμιση (Compensation)

### Πώς εξηγείται;

Λόγω ανταγωνισμού.

- Σε υψηλές πυκνότητες θα υπάρχει έλλειψη τροφής και καταφυγίου από θηρευτές (ή ανταγωνισμός για κάποιον άλλο κρίσιμο πόρο),
- Μεγαλύτερη πιθανότητα μετάδοσης ασθενειών,
- Και (σε κάποια είδη) κανιβαλισμός εις βάρος των νεαρών ατόμων ή των αβγών.
  
- Οι μηχανισμοί είναι ιδιαίτερα σύνθετοι (ειδικά σε πολυ-ειδικές βιοκοινωνίες) και διαφέρουν μεταξύ ειδών (Rose et al. 2002).

### Προτεινόμενο paper:

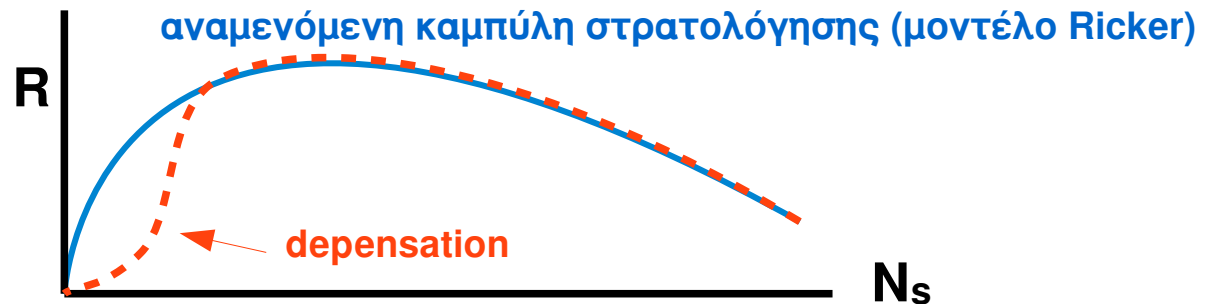
**Rose et al (2002)**. Compensatory density dependence in fish populations: importance, controversy, understanding and prognosis. *Fish and Fisheries* 2, 293–327. doi: [10.1046/j.1467-2960.2001.00056.x](https://doi.org/10.1046/j.1467-2960.2001.00056.x)



Με ερωτηματικό ο Ελληνικός όρος, η Ελλ. βιβλιογραφία είναι ασαφής ως προς αυτόν

## “Υποπλήρωση” (Depensation)

- Λιγότερος κοινός μηχανισμός, αλλά λαμβάνει χώρα.
- Αντίθετα με ό,τι περιμένουμε από την αντιστάθμιση, κάποιες φορές ο ρυθμός αύξησης επιβραδύνεται σε πολύ χαμηλή πυκνότητα του πληθυσμού (δες **Allee effect**).
- **Αιτίες:** αύξηση ρυθμού θήρευσης ανά νεαρό άτομο (π.χ. αν ο θηρευτής είναι πολύ αποδοτικός και τρώει σταθερό αριθμό ατόμων, οπότε ο ρυθμός θνησιμότητας αυξάνει, ή αν ο θηρευτής δεν εξαρτάται από την αφθονία του θηράματος καθώς έχει πολλές άλλες επιλογές), δυσκολία εύρεσης συντρόφου για αναπαραγωγή, απώλεια πλεονεκτημάτων συνάθροισης (group benefits), διαταραχή στην αναλογία φύλων, τυχαία περιβαλλοντικά γεγονότα.
- Η κατάσταση αυτή αυξάνει την πιθανότητα τοπικής ή ολικής βιολογικής εξαφάνισης του πληθυσμού (extinction), λόγω της μικρής στρατολόγησης σε μικρές αφθονίες γεννητόρων.



**R** : αφθονία νεαρών που στρατολογούνται (number of new recruits)  
**N<sub>s</sub>** : αφθονία ενήλικων γεννητόρων (number of spawning fish)

“Depensatory density dependence is especially important for depleted populations and for endangered species because it acts to accelerate further population decline and can delay recovery” (Rose et al., 2002).



