

Εικόνα 1.1 Σύντομη οριζώντων σημαντικών γεγονότων σχετικά με τη Μεσόγειο: το αριστερό τμήμα (α) δείχνει την Τριτογενή Περίοδο. Το δεξιό τμήμα του (α) και το (β) αφορούν στο ανώτερο Ολόκαινο: 35 αιώνες σημαντικών γεγονότων, συγχρονισμένων, συνθηκολογημένων. Εχθ: εκατομμύρια χρόνια πριν.

Βιοποικιλότητα: Γένεση & εξάρτηση Γεω-ιστορική vs. οικολογική διάσταση

Εξέλιξη της βιοποικιλότητας στο πλαίσιο του γεωλογικού χρόνου (δυναμική) (ενδογενής –κυρίως– δυναμική της ζωής)

- Ειδιογένεση (η γένεση)
- Οικολογική διαφοροποίηση (επί τοπικού μεταμόρφωση & προσαρμογή) (μόδηση εκπαίδευση)
- Διασπορά, εξάπλωση (πιο ασθε)
- Εξαφάνιση ειδών (ο θάνατος)

Οικολογική εξάρτηση: ποικιλότητα στο πλαίσιο του οικολογικού χρόνου (στατική) (αμιγώς εξωγενής ή περιβαλλοντική εξάρτηση της ζωής)

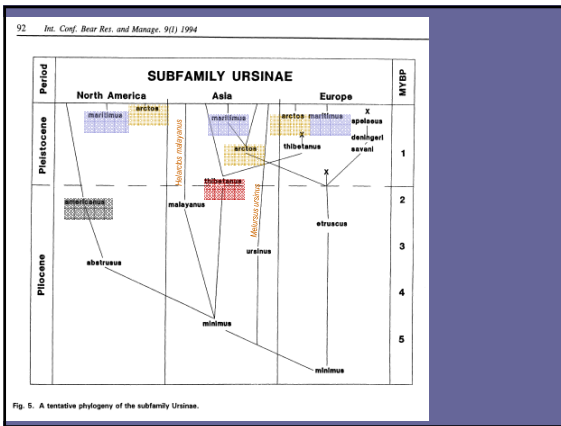
- Παραγωγικότητα
- Βροχόπτωση (& θερμοκρασία)
- μήκος αυθηκτικής περιόδου (growing season)
- Γεωγραφική θέση (γεωγραφικό πλάτος)
- Πολυπλοκότητα
- γεωλογική, εδαφική, κλιματική (μικρο-)ενδιατημάτων, τοπίου
- Σταθερότητα ενδιαιτήματος, συχνότητα διαταραχών

Ειδιογένεση (speciation)

- Διαδικασία διακλάδωσης των φυλογενετικών σχέσεων, με νέα είδη παραγόμενα από έναν κοινό προγονικό πληθυσμό
- κοινός πρόγονος φυτών πριν από 500 εκατομμύρια έτη

(from Darwin 1859)

Φυλογενετική: μελέτη της συγγένειας διαφορετικών οργανισμών, όπως αυτή αντικατοπτρίζεται στην εξελικτική ιστορία τους



Είδη αρκούδας (Ursus spp.)

- Ursus deningeri* (extinct)
- Ursus etruscus* (extinct)
- Ursus minimus* (extinct)
- Ursus spelaeus* (extinct)

- Ursus arctos*: Brown bear – Καφέ αρκούδα
- Ursus americanus*: American Black Bear – Αμερικανική μαύρη αρκούδα
- Ursus maritimus* (syn. *Thalarcos maritimus*): Polar bear – Πολική αρκούδα
- Ursus thibetanus* (syn. *Selenarctos thibetanus*): Asian Black Bear – Ασιατική μαύρη αρκούδα

Είδη αρκούδας (Ursus spp.)

- Ursus deningeri* (extinct)
- Ursus etruscus* (extinct)
- Ursus minimus* (extinct)
- Ursus spelaeus* (extinct)

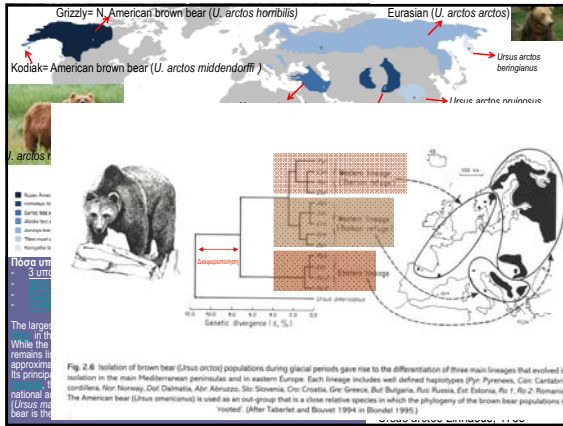
- U. maritimus*: Polar bear – Πολική αρκούδα
- U. arctos*: Brown bear – Καφέ αρκούδα
- U. americanus*: American Black Bear – Αμερικανική μαύρη αρκούδα
- U. thibetanus*: Asian Black Bear – Ασιατική μαύρη αρκούδα

Πόσο υποτίθεται καφέ αρκούδας? (Ursus arctos)

- 3 υποείδη: *U. arctos horribilis*, *U. arctos arctos*, *U. arctos middendorffi*

The largest ones, the coastal bears, range along the coast from Alaska to the Kamchatka Peninsula. While the brown bear's range has shrunk, and it has faced local extinctions, it remains listed as a species by the IUCN, with a total population of approximately 200,000. Its principal range countries are Russia, the United States (mostly in Alaska), and China. Of the three most common bear species, including the polar bear (*Ursus maritimus*) and the American black bear (*Ursus americanus*), the brown bear is the most widely distributed.

Ursus arctos Linnaeus, 1758



Ειδογένεση εν τω γεννάσθαι: οι σπίνι μετὰ τον Darwin

Galapagos finches caught in act of becoming new species

Δύο διακριτά είδη ζευγάρωσαν με αποτέλεσμα που φαίνεται ως νέο είδος!

http://www.bbc.com/science/evolution/2016/05/160529_galapagos_finch

Grant & Grant (2009), PNAS
Lamichaney et al. (2016), Science
Grant & Grant (2016), B.J.S.

Βιοποικιλότητα: Γένεση & εξάρτηση Γεω-ιστορική vs. οικολογική διάσταση

Εξέλιξη της βιοποικιλότητας στο πλαίσιο του γεωλογικού χρόνου (δυναμική)
(ενδογενής –κυρίως– δυναμική της ζωής)

- Ειδογένεση
- Οικολογική διαφοροποίηση (επί τόπου μεταμόρφωση & προσαρμογή)
- Διασπορά, εξάπλωση
- Εξαφάνιση ειδών

Οικολογική εξάρτηση: ποικιλότητα στο πλαίσιο του οικολογικού χρόνου (στατική)
(αμιγώς εξωγενής ή περιβαλλοντική εξάρτηση της ζωής)

- Παραγωγικότητα
- Βροχόπτωση (& θερμοκρασία) μήκος αυξητικής περιόδου (growing season)
- Γεωγραφική θέση (γεωγραφικό πλάτος)
- Πολυπλοκότητα γεωλογική, εδαφική, κλιματική (μικρο-)ενδιαπημάτων, τοπίου
- Σταθερότητα ενδιαιτήματος, συχνότητα διαταραχών

Ειδογένεση

Απαιτούμενα βήματα που οδηγούν σε ειδογένεση:

- Μετάλλαξη (mutation):** αλλαγή στο επίπεδο γονιδίου

- Διάρκση (μύωση)
- Μείωση
- Cross-over

Χρωμοσωμικές αλλαγές

- αλλαγές στη δομή των χρωμοσωμάτων
- ανεπιλοειδείς (αλλαγές στον αριθμό των χρωμοσωμάτων κατά 1 ή 2)
- πολυπλοειδείς (αλλαγές σε ολόκληρες σειρές χρωμοσωμάτων: x2, x3, x4, κ.ά.)
- υβριδικά (τεχνητά ή φυσικά)

IN CELL DIVISION, THE CELL MEMBRANE (BLUE) STRETCHES, WHILE THE GENETIC STOREHOUSES CALLED CHROMOSOMES (YELLOW) SPLIT INTO IDENTICAL SETS. THIS ILLUSTRATION FROM UNIVERSITY OF CALIFORNIA AND SALK INSTITUTE RESEARCHERS IS BUILT UP OF REAL IMAGE "SLICES" OF A CELL CAUGHT IN THE ACT, ASSEMBLED INTO A STRIKING 3-D WHOLE.

<http://www.istockphoto.com/illustration/18652964>

Ειδογένεση

Απαιτούμενα βήματα που οδηγούν σε ειδογένεση:

- Μετάλλαξη (mutation):** αλλαγή στο επίπεδο γονιδίου
- Φυσική επιλογή (natural selection):** οι προκληθείσες αλλαγές σε έναν πληθυσμό δίνουν διαφορικές δυνατότητες-πλεονεκτήματα ως προς τις αλληλεπιδράσεις ατόμων – περιβάλλοντος: **ευνοϊκές, θανατηφόρες (ή ουδέτερες)** → **Διαφορική επιβίωση και αναπαραγωγή** ατόμων στον πληθυσμό → οι προκληθείσες αλλαγές (κ τα γονίδια) **επιλέγονται φύσει**
- Γονιδιακή ροή (gene flow):** μεταφορά αλληλομόρφων εντός πληθυσμού ή μεταξύ πληθυσμών, εξαιτίας της διασποράς των γαμετών ή της αποδημησης των απογόνων

Ειδογένεση

Απαιτούμενα βήματα που οδηγούν σε ειδογένεση:

- Μετάλλαξη (mutation):** αλλαγή στο επίπεδο γονιδίου
- Φυσική επιλογή (natural selection):** οι προκληθείσες αλλαγές σε έναν πληθυσμό δίνουν διαφορικές δυνατότητες-πλεονεκτήματα ως προς τις αλληλεπιδράσεις ατόμων – περιβάλλοντος, είτε **ευνοϊκές** είτε **θανατηφόρες** → **Διαφορική επιβίωση και αναπαραγωγή** ατόμων στον πληθυσμό → οι προκληθείσες αλλαγές (κ τα γονίδια) **επιλέγονται φύσει**
- Γονιδιακή ροή (gene flow):** μεταφορά αλληλομόρφων εντός πληθυσμού ή μεταξύ πληθυσμών, εξαιτίας της διασποράς των γαμετών ή της αποδημησης των απογόνων
- Γενετική παρέκκλιση (diversion):** αλλαγές της γονιδιακής/γονοτυπικής σύστασης (συχνότητα αλληλομόρφων σε 1 πληθυσμό)

Wilson & Bossert (1971):
Η Διαφορική μεταβολή στη σχετική συχνότητα των γονοτύπων, λόγω διαφορών στην ικανότητα των φαινοτύπων τους να εκπροσωπηθούν στην επόμενη γενιά. Οι διαφορές οφείλονται:

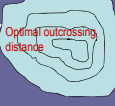
1. Διαφορική ικανότητα άμεσου αναπαραγωγού με άλλους γονοτύπους
2. Διαφορικό βαθμό επιβίωσης έναντι επιθέσεων παρασίτων, θηρευτών, εχθρών, μεταβολών φυσικού περιβάλλοντος
3. Διαφορικές αναπαραγωγικές ικανότητες
4. Διαφορικές ικανότητες εκμετάλλευσης νέων βιοτόπων κ.λπ.

Ειδογένεση

Απαιτούμενα βήματα που οδηγούν σε ειδογένεση:

- Μετάλλαξη (mutation):** αλλαγή στο επίπεδο γονιδίου
- Φυσική επιλογή (natural selection):** οι προκληθείσες αλλαγές σε έναν πληθυσμό δίνουν διαφορικές δυνατότητες-πλεονεκτήματα ως προς τις αλληλεπιδράσεις ατόμων – περιβάλλοντος, είτε *ευνοϊκές* είτε *θανατηφόρες* → **Διαφορική επιβίωση και αναπαραγωγή** ατόμων στον πληθυσμό → οι προκληθείσες αλλαγές (κ τα γονίδια) **επιλέγονται φύσει**
- Γονιδιακή ροή (gene flow):** μεταφορά αλληλομόρφων εντός πληθυσμού ή μεταξύ πληθυσμών, εξαιτίας της διασποράς των γαμετών ή της αποδήμησης των απογόνων
- Γενετική παρέκκλιση (diversion):** αλλαγές της γονιδιακής/γονοτυπικής σύστασης (συχρότητα αλληλομόρφων σε 1 πληθυσμό)

Απομόνωση (isolation):
 Γεωγραφική, γενετική, αναπαραγωγική, συμπεριφοράς
 Γεωγραφική ποικιλότητα
 Πολλές μορφές
 Κλινές (σταδιακή αλλαγή σε περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά ή ιδιότητες)
 Κατακερματισμός πληθυσμών (μεταπληθυσμοί)



Τύποι ειδογένεσης με απομόνωση: πώς προκύπτει ένα νέο είδος;

Γεωγραφική απομόνωση – *ισοκρινή μετανάστευση* Μετανάστευση – *αποίκιση* Μη γεωγραφική απομόνωση – *παρεκβολή*

| | Allopatric | Peripatric | Parapatric | Sympatric |
|---|-------------|--------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Original population | | | | |
| Initial step of speciation | φράγμας | αποίκιση | παρεκβολή, επαλληλιότητα | επιτόπιος γενετικός πολυμορφισμός |
| Evolution of reproductive isolation | | | | |
| New distinct species after equilibration | | | | |

Τύποι ειδογένεσης

| | Allopatric | Parapatric | Sympatric |
|---|--------------------|-----------------------|---------------------------|
| Original population | | | |
| Initial step of speciation process | Barrier formed | New niche entered | Polymorphism occurs |
| Evolution of reproductive isolation | In isolation | In new niche | Within the population |
| New distinct species after equilibration | | | |

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Speciation_modes.png

Επιτόπιος γενετικός πολυμορφισμός



Thessaloniki, N. Aγχιάλος
 Συμπατρική διεργασία

Εξελικτικοί μηχανισμοί ειδογένεσης

χρωμοσωμικές αλλαγές
 ανευπλοειδίες (αλλαγές στον αριθμό των χρωμοσωμάτων κατά 1 ή 2)
 πολυπλοειδίες (αλλαγές σε ολόκληρες σειρές χρωμοσωμάτων: x2, x3, x4, κ.ά.)
 υβριδία (τεχνητά ή φυσικά)
 αλλαγές στη δομή των χρωμοσωμάτων

φυσικές διεργασίες (φυτά, ψάρια σε απομονωμένες λίμνες)

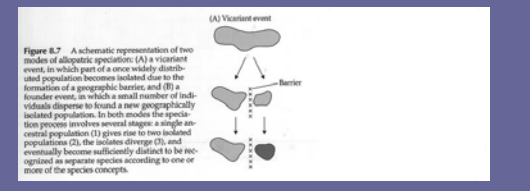
Διασπαστική επιλογή (disruptive selection)

Ακτινωτή Προσαρμοστική διαφοροποίηση (για την πλήρωση οικοθέσεων – adaptive radiation)

Αλλοπάτρια (αλλοπατρική ή γεωγραφική) ειδογένεση

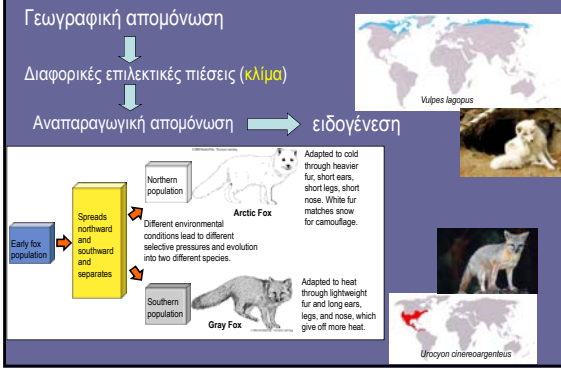
- γενετική παρέκκλιση και ειδογένεση σε γεωγραφική απομόνωση
- διαφορετικά περιβάλλοντα και επιλεκτικές πιέσεις π.χ. πεύκα & αρκούδες Ευρώπης – Αμερικής

Βικαρνιασμός, Βικαριανά γεγονότα: Απομόνωση λόγω περιβαλλοντικής αλλαγής (π.χ. δημιουργία φράγματος).

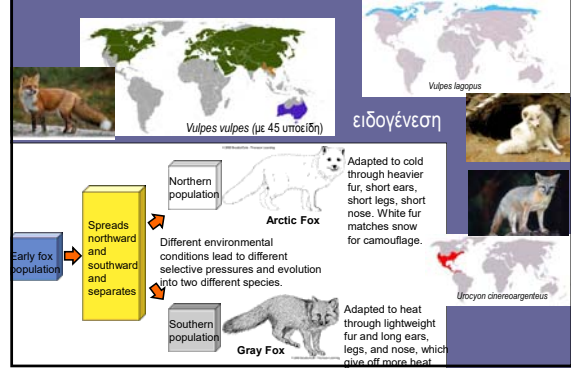


π.χ. η περίπτωση της λευκής – κόκκινης αλεπούς
 ... Υπερπήδηση φράγματος με μετανάστευση και διασπορά

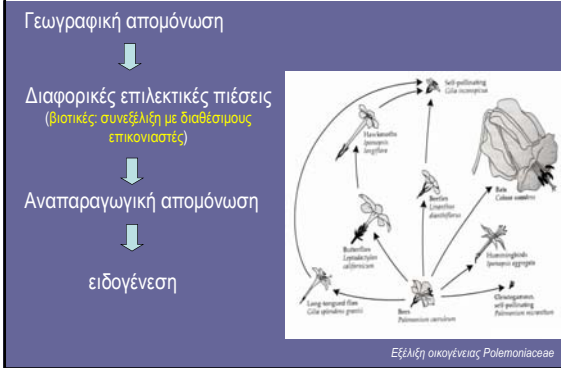
Αλλοπάτρια (αλλοπατριική ή γεωγραφική) ειδογένεση



Αλλοπάτρια (αλλοπατριική ή γεωγραφική) ειδογένεση



Αλλοπάτρια (αλλοπατριική ή γεωγραφική) ειδογένεση



Αλλοπάτρια (αλλοπατριική ή γεωγραφική) ειδογένεση

• γενετική παρέκκλιση και ειδογένεση σε γεωγραφική απομόνωση
• διαφορετικά περιβάλλοντα και επιλεκτικές πιέσεις π.χ. πεύκα & αρκούδες Ευρώπης – Αμερικής

Βικαριανά γεγονότα: Απομόνωση λόγω περιβαλλοντικής αλλαγής (δημιουργία φράγματος), π.χ. η περίπτωση της λευκής – κόκκινης αλεπούς Υπερήλιξη φράγματος με μετανάστευση και διασπορά

Αρχή του ιδρύτη: Γενετική παρέκκλιση που συμβαίνει όταν ιδρύεται ένας νέος απομονωμένος πληθυσμός από λίγα αναρπύτρια άτομα. Τα χαρακτηριστικά του νέου πληθυσμού μπορεί να είναι πολύ διαφορετικά από αυτά που υπάρχουν στον πληθυσμό προέλευσης, διότι η γονιδιακή δεξαμενή των ιδρύτων αντιπροσωπεύει ένα μικρό δείγμα του συνολικού γονιδιώματος του αρχικού πληθυσμού

• Εισβολητικά είδη – *Solanum elaeagnifolium*, *Centaurea solstitialis*

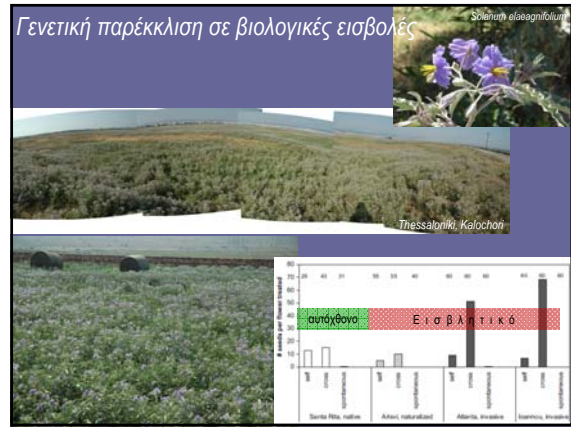
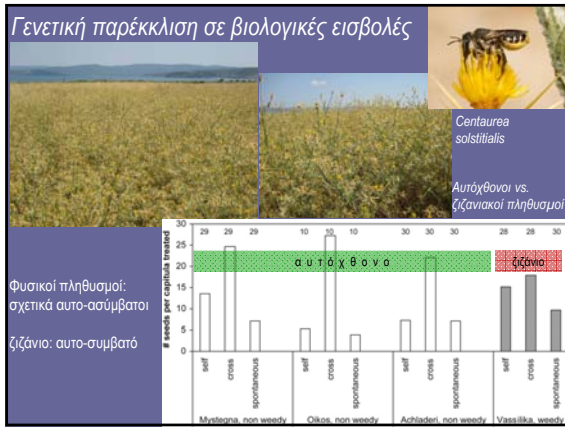
Γενετική παρέκκλιση σε βιολογικές εισβολές

Echium plantagineum

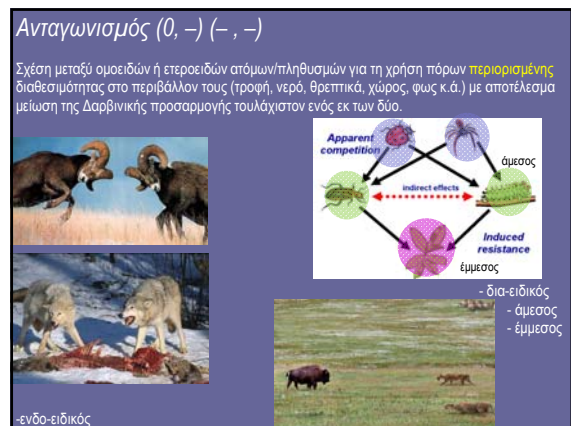
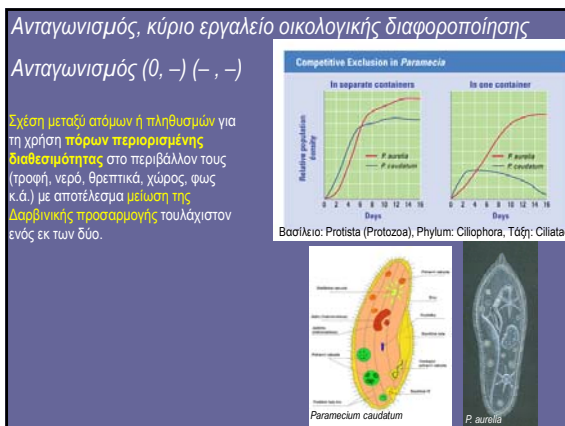
Από τη Μεσόγειο (αυτο-ασύμβατο)
Σε Αυστραλία – Κανάρια (αυτο-συμβατό)

Γενετική παρέκκλιση σε βιολογικές εισβολές

Centaurea solstitialis



- ### Από τι εξαρτάται η βιοποικιλότητα;
- Γενετική εξάρτηση:** ενδογενής –κυρίως– δυναμική της ζωής
- Ειδογένεση
 - Οικολογική διαφοροποίηση (επί τόπου μεταμόρφωση & προσαρμογή)
 - Διασπορά, εξαπλώση
 - Εξαφάνιση ειδών
- Οικολογική εξάρτηση:** αμιγώς εξωγενής ή περιβαλλοντική εξάρτηση της ζωής
- Παραγωγικότητα
 - Βροχόπτωση
 - μήκος αυθηκτικής περιόδου (growing season)
 - γεωγραφική θέση (γεωγραφικό πλάτος)
 - πολυπλοκότητα
 - γεωλογική, εδαφολογική, κλιματική ενδιαιτημάτων, ταπίου
 - σταθερότητα ενδιαιτηματος, συχνότητα διαταραχών



Ανταγωνισμός

Ανταγωνιστικές αποκλεισμός (Gauss: competitive exclusion)
 η παρουσία ενός είδους δρα ως ανασταλτικός παράγον για την παρουσία άλλου

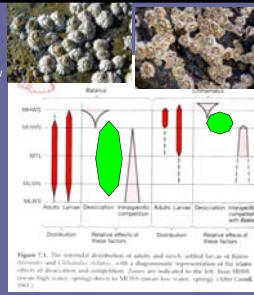
Το (κλασικό) παράδειγμα των θύσανοπόδων (Cirripedia):
Chthamalus stellatus: ευημερεί στην άνω παλιρροϊκή ζώνη
Balanus balanoides: στη ζώνη χαμηλής παλιρροίας - επικάλυψη λίγων cm

Άνω μισό παλιρροϊκής ζώνης:

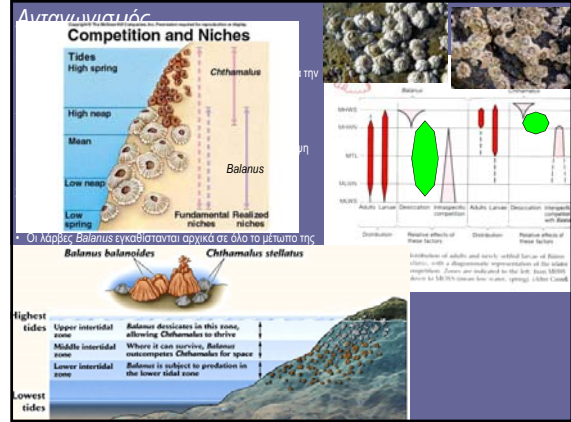
- Οι πύκνες λάρβες *Chthamalus* εγκαθίστανται χωρίς πρόβλημα επιβίωσης
- Οι λάρβες *Balanus* εγκαθίστανται αρχικά σε όλο το μέγεθος της παλιρροϊκής ζώνης, αλλά γρήγορα εξαρνίζονται από την άνω ζώνη, διότι δεν μπορούν ν' αντέσουν τις μεγάλες περιόδους έκθεσης στον αέρα (απουσία νερού, μεγάλο εύρος T)

Κάτω μισό παλιρροϊκής ζώνης:

- Οι λάρβες *Balanus* ευημερούν (δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα θήρασης)
- Οι λάρβες *Chthamalus* αποκλείονται λόγω ανταγωνισμού με το *Balanus*
- Όταν λάρβες-ενήλικα άτομα *Balanus* εμποδίζονται, το *Chthamalus* ευημερεί



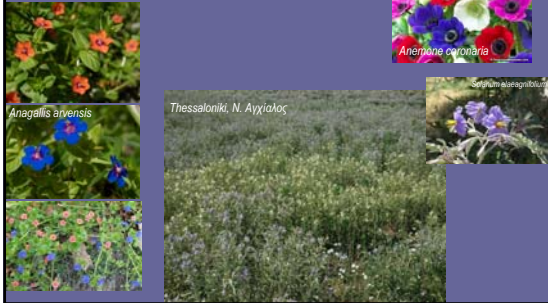
Οστρακόδερμα (Crustacea)
Chthamalus stellatus –
Balanus balanoides,
 βραχώδεις ακτές Σκοτίας



Οι λάρβες *Balanus* εγκαθίστανται αρχικά σε όλο το μέγεθος της
Chthamalus stellatus
 Highest tides: Upper intertidal zone: *Balanus* dominates in this zone, allowing *Chthamalus* to thrive.
 Middle intertidal zone: Where it can survive, *Balanus* outcompetes *Chthamalus* for space.
 Lower intertidal zone: *Balanus* is subject to predation in the lower tidal zone.
 Lowest tides

Οικολογική διαφοροποίηση για μείωση του ανταγωνισμού

μετατόπιση ή διαφοροποίηση χαρακτήρα
 π.χ. χρώμα ανθέων



Οικολογική διαφοροποίηση για μείωση του ανταγωνισμού

Χρονική διαφοροποίηση δραστηριότητας

εποχική
 ανθοφορία – ανταγωνισμός για επικονίαση (π.χ. ασφόδελος – σκυλακρεμμύδα)
 ανάπτυξη φυλλώματος: υπάρχουν σε ένα φυλλοβόλο δάσος (π.χ. κισσός)

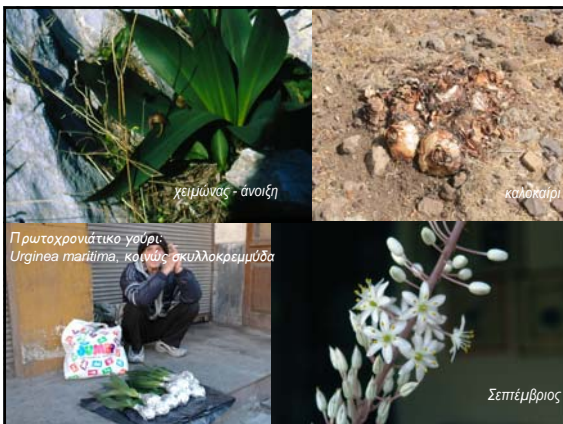
ημερήσια διαφοροποίηση δραστηριότητας
 τη βραδιά – άγριος μέλισσας (παύλι – μισπημέρι)
 γεράνια (ημέρα) – καυκοβάνες (νύχτα)

προσφική εξειδίκευση
Hemiparus ostralegus (στρειδοβάρος): υλοομομιδείς αλιεύς εκτάσεις (δίδυρο *Caratium edule*)
 Τύπος 1: ραυρός-σφυρί για ανοίγμα αχβιδών διαχωρίζοντας τα 2 άσπρα
 Τύπος 2: ραυρός-σφυρί για σπάσιμο του ενός οστράκου της αχβιδας (πλατύπτερο)
 Τύπος 2.1: σπάσιμο του ενός οστράκου
 Τύπος 2.2: σπάσιμο του ενός οστράκου

Οικογένεια Cichlidae
 Άλιμος Κ. Αφρικής (π.χ. Βικτόρια)

χωρική διαφοροποίηση

Εξειδίκευση σε μικρονοσημάτια διαφορετικά για κάθε είδος
 αλιπέδα της Camargue, σχεδόν σε όλες τις Ελληνικές αλιεύς, διατροφή με πλαγκτονικούς οργανισμούς & *Artemia*
Prosopocera nivalis (βλαμύγκο): υψηλά πόδια, μεγάλο λαμβό φιλτράρουν στα βάλβια νερά
Resucitosteta inosetta (αρκέτοτα) και *Tadoma tadoma* (βαρβόρα): κοντύτερα πόδια → φιλτράρουν 'ακουτίζοντας' τα αβαθιά νερά
Cheradrius alexandrinus (θαλασσασφυρηγιά): πολύ μικρό μέγεθος και πόδια → άκρες του νερού



Οικολογική διαφοροποίηση για μείωση του ανταγωνισμού

Χρονική διαφοροποίηση δραστηριότητας ημερησίου
 πχ. Βομβοίνοι (πρωί) – Αγριες μέλισσες (μεσημέρι)
 γερακιά (ημέρα) – κοκκιφάγες (νύχτα)



Οικολογική διαφοροποίηση για μείωση του ανταγωνισμού

χωρική διαφοροποίηση
 Εξοίκωση σε μικρονοσηπώματα διαφορετικά για κάθε είδος
 αλιπάδα της Γαλιπάρου, συχνά σε όλες τις Ελληνικές αλιές: διατροφή με πλαγκτονικούς οργανισμούς & *Artemia*
Phaethon ruber (αλιμυγκο): ψηλά πόδια, μεγάλο λαμό φίλτρούσαν στα βαθιά νερά
Recurvirostra avosetta (φδοκέττα) και *Tadorna tadorna* (βορβόρα): κοννότερα πόδια → φίλτρούσαν 'ακουζίνοντας' τα οβαθή νερά
Charadrius alexandrinus (θαλασσοσφυρηχτή): πολύ μικρά μέγεθος και πόδια → άκρες του νερού



Οικολογική διαφοροποίηση για μείωση του ανταγωνισμού

τροφική εξειδίκευση
 Περιορισμένη διαθεσιμότητα πόρων, μείωση ανταγωνισμού

Haematopus ostralegus (στρειδοφάγος): λυσομυώδεις αλικές εκτάσεις (δίθυρο *Card*)
 Τύπος 1: ράμφος-μαγαίρι για άνοιγμα αχιβάδων διαχωρίζοντας τα 2 οστράκα
 Τύπος 2: ράμφος-σφυρί για σπάσιμο του ενός οστράκου του οβήθου (αλιμυγκο)
 Τύπος 2.1: σπάσιμο του άνω οστράκου
 Τύπος 2.2: σπάσιμο του κάτω οστράκου



Διασπαστική επιλογή (disruptive selection)
 ισχυρές επιλεκτικές πιέσεις για προσαρμογή σε δύο ή περισσότερες περιβαλλοντικές καταστάσεις ή θύκους της ίδιας περιοχής → ειδογένεση

Οικολογική διαφοροποίηση για μείωση του ανταγωνισμού

τροφική εξειδίκευση
 Περιορισμένη διαθεσιμότητα πόρων, μείωση ανταγωνισμού

φυτοφάγα έντομα – παράσιτα πολύ εξειδικευμένα σε έναν ξενιστή
Tangara spp. (Tiniidae), στρειδοφάγοι
 αντι-εξέλιξη ξενιστών ή εμφάνιση καινούργιου ξενιστή



Διασπαστική επιλογή (disruptive selection)
 ισχυρές επιλεκτικές πιέσεις για προσαρμογή σε δύο ή περισσότερες περιβαλλοντικές καταστάσεις ή θύκους της ίδιας περιοχής → ειδογένεση

Άλλοι Τύποι Οικολογικής διαφοροποίησης

Ακτινωτή Προσαρμοστική διαφοροποίηση & πλήρωση οικοθέσεων – adaptive radiation)
 Άφθονη διαθεσιμότητα οικοθέσεων – πόρων

Μια εξελικτική γραμμή παράγει πολλές διαφορετικές μορφές σε σύντομο χρονικό διάστημα, συνήθως προσαρμοσμένες σε διαφορετικά ενδιαίτηματα
 διαφοροποίηση ειδούς έτσι ώστε να γεμίσει μία ποικιλία οικοθέσεων

πολύ περισσότερα παραδείγματα συμπαρίας ειδογένεσης απ' ό,τι φανταζόμαστε
 Cichlidae (Μεγάλες Λίμνες Κ. Αφρικής – Ταγκανίκα, Quato Cienegas Μεξικού)
 Ρέγγες Σκανδιναβικών λιμνών

Τύποι Οικολογικής διαφοροποίησης



Ακτινωτή προσαρμοστική διαφοροποίηση πλήρωσης οικοθέσεων (adaptive radiation)
 διαφοροποίηση ειδούς έτσι ώστε να γεμίσει μία ποικιλία διαθέσιμων οικοθέσεων
 πολυάριθμα νέα συμπαρία είδη (πχ. σπίνι των Γκαλάπαγκος, Κιχλιίδες)

Άφθονη διαθεσιμότητα οικοθέσεων – πόρων

Προσαρμοστική διαφοροποίηση πλήρωσης οικοθέσεων (Adaptive radiation in cichlids)

African rift lakes
Τεκτονικές λίμνες

99% cichlid endemism within lakes

Lake Malawi Cichlids

- Απομόνωση ενδιαιτήματος
- Εξειδίκευση διαίτας για μείωση ανταγωνισμού
- Ηβιολογική απομόνωση
- αβασίσηση οικολογικών ευκαιριών

allopatric speciation due to:

- separation of rocky habitats by sand, swamps, open water
- periodic drying creating isolated lagoons

Sympatric speciation due to:

- parental care enables isolation (as opposed to pelagic life stages in coral reef fishes)
- Could be reinforced by resource competition and sexual selection

Κιχλίδες της λίμνης Malawi

Lake Victoria

- young lake 750,000 yrs (could be as young as 14-25,000 yrs)
- until recent had 300 cichlids (now about 100)

Lake Tanganyika

- 172* species of cichlids most endemic

Lake Malawi

- 500 species of cichlids, 496 endemic
- many color forms evolved within last 300 years
- of these 200* species in 10 genera with divergent jaw morphology (trophiic radiation)

Fishing in Lake Victoria

1. Before 1954, Lake Victoria's ecology was characterised by enormous biodiversity: inhabited by over 500 species of fish, 90% of which were cichlids belonging to the genus *Haplochromis*. They are thought to have evolved in Lake Victoria within the last 12,000 years.
2. *Haplochromis* species are small and bony, and were generally not favoured in catches. Riparian populations preferred the lake's two endemic species of tilapia (*Oreochromis esculentus* and *O. variabilis*).
3. Hence, by the late 1940s, British colonial authorities were debating the overall ecological efficiency of the lake. For many authorities at this time, the lake needed a large and efficient predator to turn *Haplochromis* fish stocks into something more economically valuable. The prime candidate was the Nile perch (*Lates niloticus*).

Haplochromis therellianus

Lates niloticus (μάγκρα του Νείλου) εισήχθη στη λίμνη Βικτωρία για εμπλουτισμό ιχθυοσπορευμάτων (1950-60), με καταστροφικά αποτελέσματα για τη βιοποικιλότητα των Cichlidae

Κρυπτικά ή αδελφά είδη: body doubles

αδελφά ή κρυπτικά είδη: ΓΙΑΤΙ?

όμοια σε μορφολογία, γενετικά διακριτά (δεν διασταυρώνονται)

Cryptic species: as we discover more examples of species that are morphologically indistinguishable, we need to ask why and how they exist.

<http://www.nature.com/news/2014/04/23/230423a1.html>

19 species described within the genus *Kryptopterus*

Kryptopterus (Siluridae), freshwater catfish, SE Asia

Κρυπτικά ή αδελφά είδη: κρυμμένη γενετική διαφοροποίηση;

αδελφά ή κρυπτικά είδη: ΓΙΑΤΙ?

όμοια σε μορφολογία, γενετικά διακριτά (δεν διασταυρώνονται)

COI barcodes reveal provisional new species even in well-studied groups.

North American *Catharus* thrushes
COI NJ tree

19 bootstrap performed with 100 iterations; values at species nodes shown


Κρυπτική ή αδελφά είδη: κρυμμένη οικολογική διαφοροποίηση;

αδελφά ή κρυπτικά είδη:
 όμοια σε μορφολογία, γενετικές διακριτά (συνήθως δεν επικαλύπτονται γεωγρ. κατανομές)


Οφείλονται
 1. είτε σε **αργή φαινοτυπική διαφοροποίηση** vs. **γενότυπο**
 2. είτε σε **εξελικτική σύγκλιση**, εξαιτίας της επιλεκτικής πίεσης για μορφολογική προσαρμογή σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον



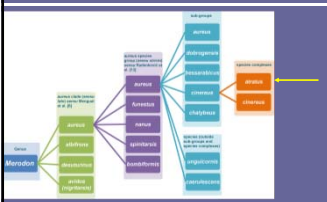
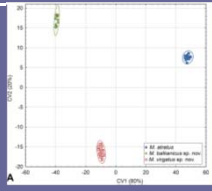
"Arctic Warblers" Είδη *Phylloscopus*, Κ - Α. Ασία
 (Very similar appearance)




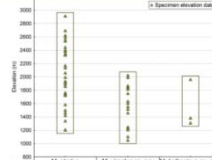
"Eastern European Warblers"



Κρυπτικά ή αδελφά είδη: body doubles

Sašić et al. 2016, PLOSone

Από τι εξαρτάται η βιοποικιλότητα;

Γενετική εξάρτηση: ενδογενής – κυρίως – δυναμική της ζωής


- Ειδιογένεση
- Οικολογική διαφοροποίηση (μεταμόρφωση)
- Διασπορά, εξάπλωση
- Εξαφάνιση ειδών

Οικολογική εξάρτηση: αμιγώς εξωγενής ή περιβαλλοντική εξάρτηση της ζωής

- Παραγωγικότητα
- Βροχόπτωση
- μήκος αυξητικής περιόδου (growing season)
- γεωγραφική θέση (γεωγραφικό πλάτος)
- πολυπλοκότητα
- γεωλογική, εδαφολογική, κλιματική ενδιαίτηματων, τοπίου
- σταθερότητα ενδιαίτηματος, συχνότητα διαταραχών

Εξαφανίσεις ειδών: Γιατί?

- **Μοίρα** των ειδών
- Πολλές εξαφανίσεις (βλ. απολιθώματα: περιστασιακά καταγραμμένα είδη)
- **υπόθεση της Κόκκινης Βασίλισσας** (Leigh Van Valen, 1935–2010): η εξελικτική ιστορία της ζωής είναι συνεχής αγώνας εξελικτικής προσαρμογής χωρίς νικητές – μόνο χαμένους: τα είδη που εξαφανίστηκαν



Η πεμπτουσία της Εξελικτικής Βιολογίας:
 Σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον, οι οργανισμοί για να επιβιώσουν πρέπει να εξελίσσονται παράλληλα με αυτό

Van Valen L.M. (1973) A new evolutionary law. *Evolutionary Theory* 1: 1–30

Louw L.H., Van Valen L., Slenseth N.C. (2011). Red Queen: From populations to taxa and communities. *Trends in Ecology and Evolution* 26 (7): 349-358

Εξαφανίσεις ειδών: Γιατί?

Μοίρα των ειδών

- Πολλές εξαφανίσεις (βλ. απολιθώματα: περιστασιακά καταγραμμένα είδη)
- **υπόθεση της Κόκκινης Βασίλισσας** (Leigh Van Valen, 1935–2010): η εξελικτική ιστορία της ζωής είναι συνεχής αγώνας εξελικτικής προσαρμογής χωρίς νικητές – μόνο χαμένους: τα είδη που εξαφανίστηκαν

Συνεχής αγώνας προσαρμογής ενός είδους, επειδή:

- Ζουν σε ένα περιβάλλον που συνεχώς αλλάζει
- λοιπά είδη προσαρμοζόμενα τροποποιούν συνεχώς τη διαθεσιμότητα των πόρων & τα πρότυπα των βιοτικών αλληλεπιδράσεων
- **Κούρσα εξοπλισμών μεταξύ ανταγωνιζόμενων ομάδων:** απειλούνται όχι μόνο διότι αδυνατούν να επιβιώσουν, αλλά και διότι έχει ανακατέψει ο ρυθμός ειδογένεσης

Πιθανότητα εξαφάνισης

- ανεξάρτητη από την εξελικτική του ηλικία
- εξαρτώμενη από: ταξινόμηση/οικολογική θέση: μεγάλα σαρκοφάγα > μικρά φυτοφάγα ζώα
- δημογραφία: μικροί > μεγάλοι πληθυσμοί

Απώλεια βιοποικιλότητας: Πόσο ακριβείς είναι οι αριθμοί;

<http://www.bbc.com/news/science-environment-17820898>

CBD: Ζούμε το μεγαλύτερο κύμα εξαφάνισης ειδών μετά την εξαφάνιση των δεινοσαύρων

Τι χάνεται

- Από τα 30–100 εκατομμύρια είδη που εκτιμάται ότι υπάρχουν, **χάνονται** 150/ημέρα, **3 είδη/ώρα (συντηρητική εκδοχή)**
- Ακόμη και με την συντηρητική εκδοχή των 3 ειδών/ώρα, θα έπρεπε να είχαμε μετρήσει στα 500 χρόνια: $3 \times 24 \times 365 \times 500 = 13.140.000$

Τι καταγράφκε ως χαμένο

- Η **IUCN** κατέγραψε **801** είδη ζώων + φυτών που έχουν εξαφανιστεί από το 1500

Not all extinct molluscs are fossils!

1. Υπήρξαν κ πολλά μαλάκια που δεν έχουν απολιθωθεί
2. Για την πληθώρα των ειδών είτε δεν έχουμε απολιθώματα, είτε αυτά δεν έχουν βρεθεί



..... Δεν γνωρίζουμε τι έχουμε χάσει!
 Χάνουμε περισσότερα από ποτέ άλλοτε!

Οι αριθμοί..

- 90-95 % των υπαρχάντων ειδών έχουν εξαφανιστεί
- 1.6 – 1.7 εκατομμ. είδη γνωστά σήμερα
- 10 – 30 – 80 εκατομμ. είδη συνολικά

Σήμερα τα ταχα απειλούνται, εκτός των άλλων, και διότι έχει ανακοπεί ο ρυθμός ειδογένεσης

Εξαφανίσεις ειδών

Χωρική διάσταση: εξαφάνιση σε επίπεδο

- τοπικό
- περιφερειακό
- ολική ή βιολογική εξαφάνιση

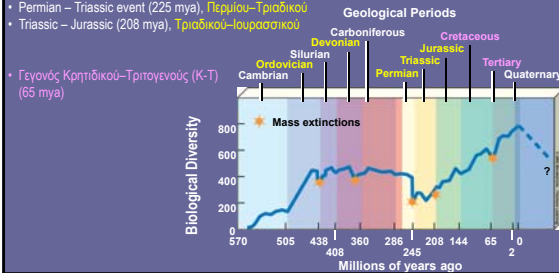
Αιτιακή διάσταση

- φυσικές διεργασίες & αίτια
- μαζικές/γεωλογικές εξαφανίσεις
- ανθρωπογενείς εξαφανίσεις

Γεωλογικές (μαζικές) εξαφανίσεις ειδών

Από το αρχείο απολιθωμάτων δραματικές εξαφανίσεις – Αλλαγές σε μικρό χρονικό διάστημα

- Ordovician event (438 mya), **Γεγονός Ορδοβικίου**
- Devonian (367 mya), **Δεβονίου**
- Permian – Triassic event (225 mya), **Περμιού–Τριαδικού**
- Triassic – Jurassic (208 mya), **Τριαδικού–Ιουρασσικού**



- Γεγονός Κρητιδικού–Τριτογενούς (Κ-Τ) (65 mya)

Γεωλογικές (μαζικές) εξαφανίσεις: Κ-Τ γεγονός (65 mya)

Τα γεγονότα – αποτελέσματα

- **εξαφάνιση** δεινοσαύρων (ξηρά), αμμωνιτών και κεφαλοπόδων
- **αύξηση** πουλιών & θηλαστικών, ψαριών

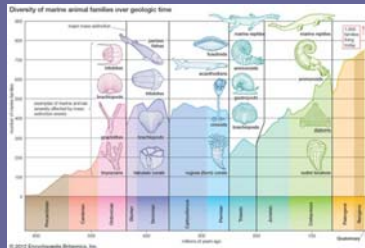


Αίτια – εξηγήσεις

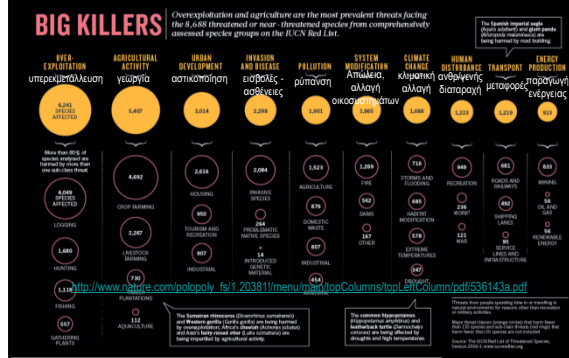
- Πιθανώς όχι κλιματικές αλλαγές καθαυτές, αλλά οι επιπτώσεις πρόσκρουσης ενός αστεροειδούς
- **σκόνη** ιριδίου (προελ. μετεωρίτη) απορρόφησε την ηλιακή ακτινοβολία → ψύχος
- **νέφος SO₂** και **όξινη βροχή** (από το γηινώδες υπόστρωμα πρόσκρουσης)
- **κρατήρας** από τη δράση του αστεροειδούς, προβλεπόμενου μεγέθους & ηλικίας του Yucatan

Εξαφανίσεις ειδών

- Ordovician event (438 mya), **Γεγονός Ορδοβικίου**
- Devonian (367 mya), **Δεβονίου**
- Permian – Triassic event (225 mya), **Περμιού–Τριαδικού**
- Triassic – Jurassic (208 mya), **Τριαδικού–Ιουρασσικού**
- Γεγονός Κρητιδικού–Τριτογενούς (Κ-Τ) (65 mya)



Ανθρωπο-επαγόμενες εξαφανίσεις ειδών



Διεθνής νομοθεσία & πολιτικές προστασίας φύσης: IUCN

International Union for Conservation of Nature (IUCN)
Σκοποί:

1. Εύρεση πραγματοποιήσιμων λύσεων απέναντι στους άμεσους & πιστικούς κινδύνους που απειλούν τη φύση
2. Δημιουργία των **IUCN Red Data List** σε συνεργασία με ένα δίκτυο οργανισμών που ασχολείται με τη διατήρηση της φύσης, με σκοπό την κατάταξη των ειδών σε επίπεδα επικινδυνότητας



Διεθνής οργανισμός προγραμματισμού

Καθεστώτα κινδύνου (IUCN)

- Εξασφαλισμένο (Extinct)
- Εξασφαλισμένο στη φύση (Extinct in the wild)
- Κρισιμώς κινδυνεύον (Critically endangered)
- Κινδυνεύον (Endangered)
- Τρωτά/Εύρωτο (Vulnerable)
- Απειλούμενο (Near Threatened)
- Μη απειλούμενο (Least Concern)
- Με ανεπαρκή δεδομένα (Data deficient)
- Not Evaluated (NE), χωρίς εκτίμηση

<http://www.iucnredlist.org>
<http://www.iucnredlist.org/assessment-species>
<http://www.iucnredlist.org>

Red Data Books (Ερυθρές Βιβλίοι, Κόκκινα Βιβλία)



Εξαφανίσεις ειδών

Αιτίες εξαφανίσεων (ιστορικών – σημερινών)

1. Κυνήγι, συλλογή
2. Απώλεια – καταστροφή – διαφοροποίηση ενδιαιτημάτων
3. Εισβολή ειδών (εκούσια/ακούσια εισαγωγή)

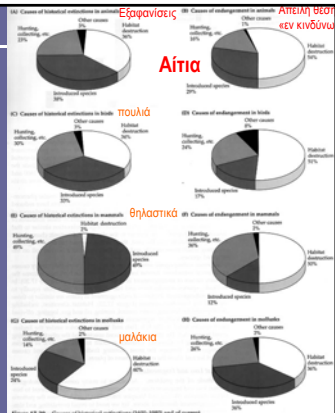


Figure 17.26 Causes of historical extinctions (1800-1900) and of current extinctions (1900-2000) for birds. (After Balmford et al., 2005)

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις – κυνήγι

- Πριν 15.000-8.000 έτη: κλιματικές αλλαγές ή υπερβολική θήρευση "overkill hypothesis"
- Συνεχιζόμενη υπερβολική θήρευση
- Τα τελευταία 200 χρόνια ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις χιλιάδων ειδών, κάποιες πολύ καλά τεκμηριωμένες

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις – κυνήγι

- 400 τελευταία χρόνια: 115 εξαφανίσεις πουλιών τεκμηριωμένες
- *dodo (Raphus cucullatus)* Μαυρικίου (δεκαετία 1680, 80 χρόνια μετά τον άνθρωπο)



Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις – κυνήγι

άπτερη μεγάλη αλκιόνα (*Alca impennis*) (1844 Ισλανδία)

- Cape Morgiou, Calanques, nr. Marseilles
- tunnel 175 m, depth 37 m undercs
- 27,000 - 19,000 ya




Σηγία Cosquer



Pinguinus impennis (= *Alca impennis*)



Great Auk



Figure 1 Drawing of *Alca impennis* = *Pinguinus impennis* (from J.J. Audubon's "Birds of America", 1840-1844)

Τα άπτερα αυτά ζώα ήταν πολύ διαφορετικά από με τον σημερινό γνωστό μας πτεροφόρο. Ανάμεσα να πετούν, όπως ακριβώς και το ντόπιο στη νήσο του Μαυρικίου, και μη έχοντας έλθει ποτέ σε επαφή με τον άνθρωπο – άρα ανάμεσα για αυτοπροστασία, υπήρξαν έρμια της ανθρώπινης θηριωδίας και απληστίας. Χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο, ακόμα και από τον ναυτιλιάρχη, ως τροφή. Έχουν μάλιστα βρεθεί πολυάριθμα απολιθώματα νεοφώτων (κυρίως στασιό στο Τζέροου και το Γ'βρολίτσα. Κατά την επαφή των τελευταίων πολετώνων κατοίκων μαζί στη Μεσόγειο, όπως δείχνουν ίχνη σπυλαιογραφιών. Ακολουθώντας την υποχώρηση των παγετώνων, με την έναρξη της παρούσας μεσοπαγετινικής περιόδου (περ. 10-12 χιλιάδες χρόνια πριν) τα πουλιά αυτά έφθασαν (λοι και βορβορώδη, πιθανώς έρμια της θήρευσης από τον άνθρωπο. Αλλά και η θήρα των ζώων αυτών δεν αποσπασε ιδιαίτερα εργασία και επιδεξιότητα. Αλλά της φιλικότητας των ζώων αρκούσε ένα γύψισμα δια ροτόλου στο κεφάλι. Η περιγραφή του Jacques Cartier, το 1534, στο Funk Island (πολύ κοντά στο Newfoundland) είναι ενδεικτική: μέσα σε μισή ώρα το πλήρωμά του είχε γεμίσει δύο πλοία με πουλιά τα οποία κάπνιζε αλάσσει.

Το *Alca impennis* είναι ένα από τα λίγα είδη για τα οποία γνωρίζουμε το πότε και πώς ακριβώς εξαφανίστηκαν. Το γεγονός έλαβε χώρα στο μικρό νησί **Eidey**, στο **Νότιο άκρο της Ισλανδίας**, όπου και ο τελευταίος εν ζωή πτηνόμας του είδους. Ήταν **3 η 4 Ιανουάριου του 1844**. Διαπιστώθηκε άθροισμα από τα Κάβινγκουμ πήλιν στα γράμ με σκοπό την κυνήγι, με πλοίο που ανήκε στον Ντήλντερ Νίκολσον. Ο σκάφος ήταν κενός, πράγμα που έκανε την πρόσβαση στο νησί δύσκολη, αλλά οι υδραυλικές γαλιόνες κατά τη φάση του τελευταίου εν ζωή ζεύγους του *Alca impennis*. Για μεγάλη σημαία όλων, όταν έφθασαν στη φάση το υπό επώση αυγό – το τελευταίο του είδους πάνω στη γη – είχε ήδη σπάσει. Ένας από τους υδραυλικούς, ο Κέιλ Κελλισον, θύμας τόσο πλοίου, που το κατέστρεψε επίτηδες. Είχαν χάσει παρά πολλά χρήματα, αφού το αυγό δόξε μια περίοδια στην αγορά των συλλογών αυτών. Οι Sigurdur Islefsson και Jon Brandsson σκόλασαν τα δύο ενήλικα άτομα. Στην επιστροφή πούλησαν τα νεκρά ζώα στον Christian Hansen, ο οποίος τα μετατόλησε στον ταρχειτή πουλιών Moller στο Reykjavik. Αυτό ήταν και το τέλος του είδους *Alca impennis*.

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις – κυνήγι

περιστέρι *Ectopistes migratorius* Β. Αμερικής
υπερ-κυνήγι για τροφή (φήνη τροφή για σκλάβους, 19^{ος} αι)



άφιξη Ευρωπαίων σε Β. Αμερική έως 1800: 5 δισεκατομμύρια
1871: 136 εκατομμύρια
1896: το τελευταίο κοπάδι (250.000) σκοτώθηκε από Αμερικανούς κυνηγούς (sportsmen)
1 Sept. 1914: ψόφησε το τελευταίο ζευγάρι στο Ζωολογικό κήτρο του Cincinnati



John James Audubon (1785-1851)
• The birds of America
• Description of 25 new species
• Audubon Society



Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις ειδών στη Μεσόγειο

Πλειστόκαινο – Ολόκαινο: Εξαφάνιση της «μεγαπανίδας» από τη Μεσόγειο






Αλογο βούβαλο – Σπήλαιο Lascaux

- Δριμύ κλίμα: τελευταία πανετώδης περίοδος (έως 10-11.000 χρόνια πριν)
- υπερβολικό κυνήγι (υπερθήρευση, overkill hypothesis)
70% μεγάλων θηλαστικών Αμερικής (μαμούθ, μαστόδοντες, γιγάντιο βούβαλο)
χρήση φωτιάς για εκφοβισμό – εξόντωση ζώων (Solutré Γαλλίας) για καλύτερη βασκατόπυξη → σαβόνες, μεσογειοί θαμώνες




Ο νεκρός άνθρωπος, ο βίσων, το πουλί, κι ένας ρινόκερος – Σπήλαιο Lascaux

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις ειδών στη Μεσόγειο

Το μακελιό της Solutré

The massive accumulation of horse bones under the escarpment, unique in the archaeological record, baffled specialists and intrigued the general public. Inspired by reports of bison kills in North America, Adrien Arcelin proposed in a novel, an interpretation which attracted a great deal of attention. In the novel, **Paleolithic hunters** chased horse herds up to the top of the escarpment and forced them to jump to their death.


Recent excavations and modern studies of animal bones were conducted to arrive at a better, more satisfactory interpretation of the horse "magma".

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις στη Μεσόγειο: (χαρτ)αετοί της ερήμου




Υπερθήρευση στην Α. Μεσόγειο (6000χππ): Gazelles caught in ancient Syrian 'killing zones'


Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις στη Μεσόγειο: (χαρτ)αετοί της ερήμου



Stone wall tunnel
Λιθορακτα τούνελ
Killing pit
Φρέζα θανάτωσης
Λιθο-περίφρακτος χώρος
Walled enclosure

'Desert kites' were named for their shape by British airmen. There are large numbers right across the region

Archaeological investigations of 'desert kites' in south Israel, Syria etc show them to have been animal traps of considerable sophistication and capacity, constructed in the **Early Bronze Age or earlier**. Extensive stone-wall arms gather in gazelles from their habitual trails and canalise them into a sunken enclosure, cunningly hidden from view of the galloping herd until it was too late...





Dr Guy Bar-Oz, PNAS 2011

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις στη Μεσόγειο: (χαρτ)αετοί της ερήμου

Υπερθήρευση στην Α. Μεσόγειο (6000χππ): Gazelles caught in ancient Syrian 'killing zones'

In one hunting 'event' 5,500 years ago, hunters appear to have herded at least **93 gazelles into a kite** and killed the animals

Drawings on stones in the heart of the kites location. From

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις ειδών στη Μεσόγειο

Πλειστόκαινο – Ολόκαινο: Εξαφάνιση της «μεγαπανίδας» από τη Μεσόγειο

Ολόκαινο (από 10.000 χΠΠ):
 Εκγερασώσεις, φωτιές, κυνήγι, καταδίωξη, εισαγωγές ειδών

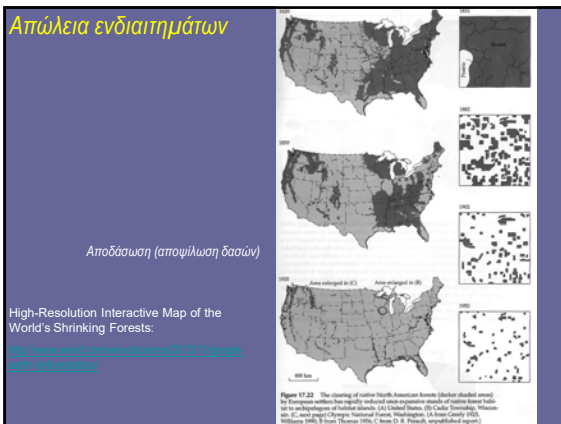
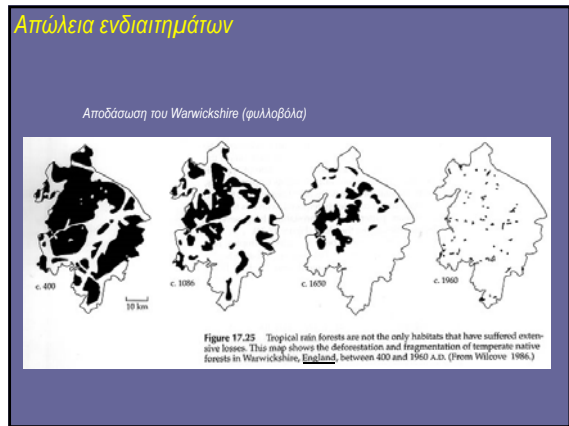
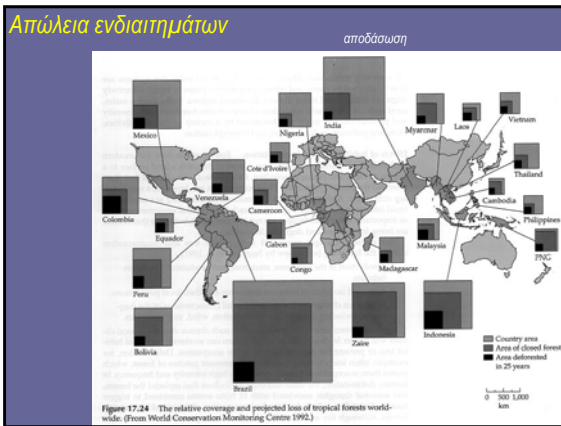
- **Αγριάλογο** (*Equus caballus*): εξαφανίσθηκαν μέσα 19ου αι. (Ουκρανία)
- **Αγριόβοιδο** (*Bos primigenius*): τα τελευταία σκοτώθηκαν το 1627 (Πολωνία)
- **Ασιατικός ελέφας** (*Elephas maximus*) στη Μεσόγειο:
- Το τελευταίο κοπάδι εξοντώθηκε 2800 χΠΠ στη Συρία (από Ασσύριο βασιλιά)
- **Αφρικανικός ελέφας** (*Loxodonta africana*) στο Ν. Μαρόκο:
- Μισο-εξημερωμένο από Ρωμαίους – εξαφανίσθηκε μετά τον 11ο αι.
- **Γαζέλες** (6 είδη → 2 είδη)
- **Λέων Μεσογείου**

Ανθρωποεπαγόμενες εξαφανίσεις ειδών στη Μεσόγειο

Πλειστόκαινο – Ολόκαινο: Εξαφάνιση της «μεγαπανίδας» από τη Μεσόγειο

Ολόκαινο (από 10.000 χΠΠ):
 Εκγερασώσεις, φωτιές, κυνήγι, καταδίωξη, εισαγωγές ειδών

- **Αγριάλογο** (*Equus caballus*): εξαφανίσθηκαν μέσα 19ου αι. (Ουκρανία)
- **Αγριόβοιδο** (*Bos primigenius*): τα τελευταία σκοτώθηκαν το 1627 (Πολωνία)
- **Ασιατικός ελέφας** (*Elephas maximus*) στη Μεσόγειο:
- Το τελευταίο κοπάδι εξοντώθηκε 2800 χΠΠ στη Συρία (από Ασσύριο βασιλιά)
- **Αφρικανικός ελέφας** (*Loxodonta africana*) στο Ν. Μαρόκο:
- Μισο-εξημερωμένο από Ρωμαίους – εξαφανίσθηκε μετά τον 11ο αι.
- **Γαζέλες** (6 είδη → 2 είδη)
- **Λέων Μεσογείου**
- **Αλγερία:** δραματική εξαφάνιση 2/3 μεγάλων χερσαίων μετά την αρχαιότητα: Λέων, πάνθηρ, ελέφας, αφρικανικό άλογο, αφρικανικός όνος, Αντιλόπη, κόκκινη γαζέλα κλπ.



Από το εξαρτάται η πιθανότητα εξαφάνισης;

- Πιθανότητα εξαφάνισης
 - ανεξάρτητη από την εξελικτική του ηλικία
 - εξαρτώμενη από ταξονομική και οικολογική θέση
 - μεγάλα > μικρά ζώα
 - σαρκοφάγα > φυτοφάγα ζώα
 - μικροί > μεγάλοι πληθυσμοί

Από το εξαρτάται η πιθανότητα εξαφάνισης;

Πολλά μικρόσωμα είδη και λίγα μεγαλόσωμα...

- Είναι επικίνδυνο το να είναι μεγαλόσωμα?
- Γιατί είναι ασφαλές το να είναι μικρόσωμα?

Πληθυσμιακή αύξηση – οικολογία

T. Malthus:

μέγεθος πληθυσμού f (γεννήσεων, εποικισμού, θανάτων & μετανάστευσης):

$$r = b - d + i - e$$

όπου:

- r = ρυθμός αύξησης του πληθυσμού ανά άτομο (reproduction, population growth)
- b = ρυθμός γεννήσεων ανά άτομο (birth)
- d = ρυθμός θανάτων ανά άτομο (death)
- i = ρυθμός εποικίσης ανά άτομο και (immigration)
- e = ρυθμός αποίκησης ανά άτομο (emigration)

Πληθυσμιακή αύξηση – οικολογία

$$N_2 = N_1 + B - D + I - E$$

Αν θεωρήσουμε $\Delta N = N_2 - N_1$ $\Delta t = t_2 - t_1$ $E = I = 0$

τότε

$$\frac{\Delta N}{N \Delta t} = \frac{B}{N \Delta t} - \frac{D}{N \Delta t}$$

$$\frac{\Delta N}{N \Delta t} = b - d = r$$

$$\frac{dN}{N dt} = b - d = r$$

$$\frac{dN}{dt} = Nr$$

Πληθυσμιακή αύξηση – δημογραφία

Εκθετικό μοντέλο: αύξηση απουσία περιβαλλοντικών περιορισμών

Υπό ιδανικές συνθήκες το r παίρνει τη μέγιστη τιμή που αφορά στο είδος και τότε ισχύει (μοντέλο εκθετικής αύξησης):

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

όπου:

- N = μέγεθος του πληθυσμού,
- t = χρόνος,
- r = ρυθμός αύξησης πληθυσμού

Εκθετικό μοντέλο: αύξηση σε περιβάλλον ελεύθερο περιορισμών

Μαλθουσιανός τύπος μεταβολής

• Έκφραση ενδογενών τάσεων!

Δείγμα Β: Έλεγχος μεταβολής πληθυσμού. Ο ρυθμός πληθυσμιακής μεταβολής είναι 0,93. Πληθυσμός με αρχικό μέγεθος $N_0 = 10$ άτομα/τόπος και τελικό μέγεθος $N_t = 45$ άτομα/τόπος με τη διάρκεια που φαίνεται με τις παρακάτω χρονικές και τελεί στην αμφοτέρωθεν.

Λογιστικό μοντέλο: αύξηση σε περιοριστικό περιβάλλον

Logistic Growth

Carrying capacity

βιοχωρητικότητα

Environmental resistance

Περιβαλλοντική αντίσταση

Standing stock

Biotic potential

Βιοδυναμικότητα

Επιβολή περιβάλλοντος (π.χ. ανταγωνισμού) έναντι ενδογενών τάσεων!

Βιοχωρητικότητα (K): σταθερό σημείο ισορροπίας του πληθυσμιακού μεγέθους (αποδίδει το σύνολο των περιορισμών που επιβάλλονται από το περιβάλλον – βιολογικό & αβιοτικό – στην αύξηση του πληθυσμού)

K = ανώτατο μέγεθος του πληθυσμού σε περιοριστικό περιβάλλον

Λογιστικό μοντέλο: αύξηση σε περιοριστικό περιβάλλον

total K=maximal number of individuals at the end
 r: steepness of the slope
 Examples: yeast (*Saccharomyces cerevisiae* in grape juice, bread; different strains)

Πρωτόζωα, Ciliophora, Ciliatae

Σημαντικές πληθυσμιακές αλλαγές. Πληθυσμός με αρχικό μέγεθος 18 ατόμων θα αυξηθεί με το χρόνο και φθάσει στην πυκνότητα που θα αντιστοιχούσε στα 100 άτομα. Εξοικονομεί με αρχικό μέγεθος μεγαλύτερο των 100 ατόμων (=128) θα κληθεί να διασπαστεί και θα αποκτήσει τη μέγιστη επιβιωσιμότητα, στο συγκεκριμένο βιότοπο, πυκνότητα K (=100) ατόμων.

Βιοχωρητικότητα K=100
 K/2=50

N(t) vs Χρόνος

Λογιστικό μοντέλο: αύξηση σε περιοριστικό περιβάλλον

Επιβολή τ... τάσεων !
 βους αβιστικό-...
 K = ανώτατο μ...

Πληθυσμιακό μέγεθος vs Χρόνος

Διάγραμμα 13. Διωνύμια αύξηση ανώτατου πληθυσμού. Οι τεχνολογικές καινοτομίες αυξάνουν τη βιοχωρητικότητα του περιβάλλοντος από το σημείο K₁ στο σημείο K₂, και το πληθυσμιακό μέγεθος που αντιστοιχεί στο επίπεδο K₂ θα αυξηθεί βηματικά με την πάροδο του χρόνου και θα ισορροπήσει στο επίπεδο K₂.

Εκθετικό vs. λογιστικό μοντέλο

$\frac{dN}{dt} = rN$ $N = \frac{K}{1 + [\frac{K}{N_0} - 1]e^{-rt}}$

Exponential Growth vs. Logistic Growth

Organisms with high intrinsic dynamism (prosperous) vs. The environment plays a limiting role (European spruce)

στρατηγική επιβίωσης: r

- r-στρατηγικής οργανισμοί (ρέγγα, ραδίκι)
 - αναπαραγωγικές μονάδες (σπέρματα, ωάρια, νεοσσόι κ.λπ.):
 - πολλές
 - ελαφρές, μικρές
 - ανυπεράστιστες
 - Μεγάλη ικανότητα διασποράς
 - εγκατάσταση σε πρώιμα στάδια διαδοχής
 - Μεγάλη θνησιμότητα σε πρώιμα στάδια
 - οικολογικώς μη-εξειδικευμένοι
 - γεννημένοι εποικιστές
 - ευρέως καταμετρημένοι

Exponential Growth graph and field image.

στρατηγική επιβίωσης: K

- K-στρατηγικής οργανισμοί (Κοάλα, Καμήλα, Καρυδιά)
 - αναπαραγωγικές μονάδες
 - λίγες
 - βαρείες
 - με καλή άμυνα ή προφυλαγμένες
 - οικολογικώς εξειδικευμένοι
 - μικρή ικανότητα διασποράς
 - σθεναροί ανταγωνιστές
 - Μικρή θνησιμότητα σε πρώιμα στάδια
 - περιορισμένης κατανομής
- Conservation priority, e.g. panda (extreme food specialists: bamboo sprouts)

Logistic Growth graph and landscape image.

number of survivors (log scale) vs age in relative units

Type I: High survival rate, late mortality (e.g., humans, elephants)

Type II: Constant mortality rate (e.g., birds)

Type III: High mortality rate in early stages, high survival in later stages (e.g., plants, insects)

© 2011 Encyclopædia Britannica, Inc.

Πρότυπα αναπαραγωγής και Επιβίωση

Φυλετική αναπαραγωγή

Είδη K στρατηγικής επιβίωσης



- Λιγότεροι, μεγαλύτεροι απόγονοι
- Υψηλή γονική φροντίδα και προστασία απογόνων
- Αργή έναρξη αναπαραγωγικής ηλικίας
- Επιβίωση των περισσότερων απογόνων ως την αναπαραγωγή
- Ενήλικα σωματικά μεγαλύτερα
- Προσαρμοσμένοι σε σταθερές συνθήκες κλίματος-περιβάλλοντος
- Ταχύτητα αύξησης πληθυσμού χαμηλή (r)
- Μέγεθος πληθυσμού σταθερό, συνήθως κοντά στη βιοχωρητικότητα του συστήματος (K)
- Οικολογικός βίαιος εξοικείωση
- Μεγάλη ανταγωνιστική ικανότητα
- Είδη ζωικών σταθίων διαβίωσης

+ Μη φυλετική αναπαραγωγή

Είδη r στρατηγικής επιβίωσης



- Πολλοί & μικρόσωμοι απόγονοι
- Λίγη ή καθόλου γονική φροντίδα των απογόνων
- Πρώιμη έναρξη αναπαραγωγικής ηλικίας
- Οι περισσότεροι απόγονοι πεθαίνουν πριν φθάσουν την αναπαραγωγική ηλικία
- Μικρόσωμοι ενήλικες
- Προσαρμοσμένοι σε ασταθείς συνθήκες (κλίμα, περιβάλλον)
- Υψηλή ταχύτητα αύξησης πληθυσμού (r)
- Μέγεθος πληθυσμού έντονα κυμαινόμενο περί την βιοχωρητικότητα K
- Οικολογικός, Γενικατορία
- Μικρή ανταγωνιστική ικανότητα
- Είδη πρώιμων σταθίων διαβίωσης (παιδικά, ηλικιωμένα)

Από τι εξαρτάται η βιοποικιλότητα;

Γενετική εξάρτηση: ενδογενής –κυρίως– δυναμική της ζωής

- Ειδιογένεση
- Οικολογική διαφοροποίηση (μεταμόρφωση)
- Διασπορά, εξαπλώση
- Εξαφάνιση ειδών

Οικολογική εξάρτηση: αμγώς εξωγενής ή περιβαλλοντική εξάρτηση της ζωής

- Παραγωγικότητα
- Βροχόπτωση
- μήκος αυθηκτικής περιόδου (growing season)
- γεωγραφική θέση (γεωγραφικό πλάτος)
- πολυπλοκότητα
- γεωλογική, εδαφολογική, κλιματική ενδιαιτημάτων, τοπίου
- σταθερότητα ενδιαιτηματος, συχνότητα διαταραχών

Διασπορά

Τι είναι?

- **Οικολογική διεργασία (process):** μεταφορά, κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων βιολογικών σταδίων, ενός είδους στο χώρο και εγκατάστασή του μακράν της περιοχής προέλευσης
- **Ιστορικό και βιογεωγραφικό γεγονός (event)**

Φραγμοί διασποράς

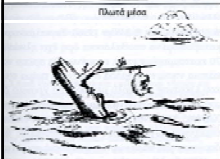
- Φυσικοί (π.χ. γεωλογικοί)
- Φυσιολογίας (όρια ανοχής οργανισμών)
- Οικολογικοί (π.χ. ορχιδέες)

Υπέρβαση φραγμών


- Εποικιστές
- Φαινόμενοι τύποι διασποράς
- Μηχανισμοί διασποράς

Πώς μετακινούνται οι εποικιστές;


Πλωτά μέσα




Χαρούλι γεφυρές



Διασπορά με ούλα



Διασπορά, λίγη διεργασία τεκτονικής των πλακών



Τέσσερα υποθετικοί τρόποι με τους οποίους οι διάφοροι είδη φθίνουν στο νερό: με πλωτά μέσα, μέσω χαρούλις γεφυρών, μέσω διασποράς με ούλα και με τον χωρισμό ενός θραύσματος της ηπείρου Αλγυα τεκτονικών πλακών (από τον John Holdren από το Terborch, C. J. & Loeb, K. (1999) Evolution: the history of the physical world, 2nd ed., © 1999, σ. 472, Σκ. 19-4. Ανατύπωση κατόπιν αδείας της Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ).

Διασπορά: τύποι διασποράς (ως προς χωρική αποτελεσματικότητα)

• **Αλτική διασπορά (jump dispersal):** διασπορά μεγάλων αποστάσεων πολύ αποτελεσματική, από λίγα άτομα

1883: το Κρακατόα καταστράφηκε ολοσχερώς (Rakata, υπόλειμμα)
 1927: αναδύθηκε το **Anak Krakatoa** (παιδί Κρακατόα)
 Σε 50 έτη το **Anak Krakatoa** αποικίστηκε (από Ιάβα–Σουμάτρα: 40–80 km)
 είδη: 271 φυτών, 31 πουλιών, πολλά ασπόνδυλα



Διασπορά: τύποι διασποράς (ως προς χωρική αποτελεσματικότητα)

• **Αλτική διασπορά (jump dispersal):** διασπορά μεγάλων αποστάσεων πολύ αποτελεσματική, από λίγα άτομα

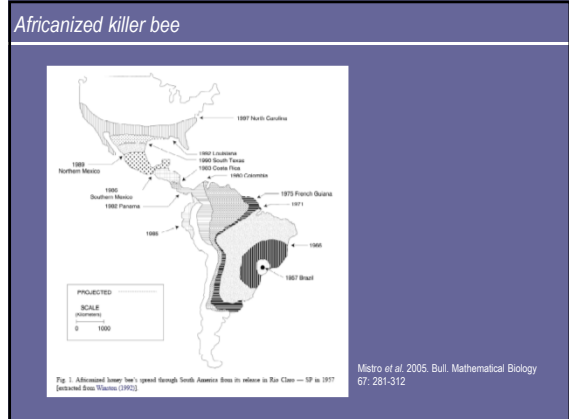
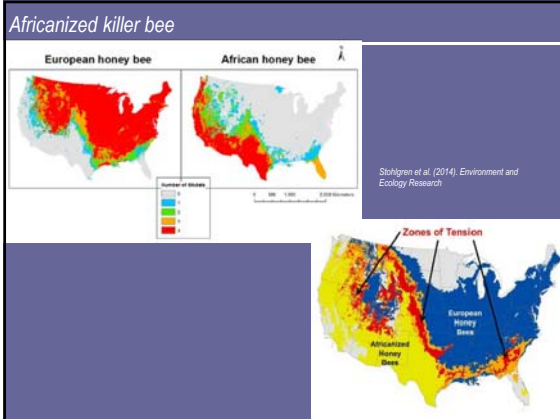
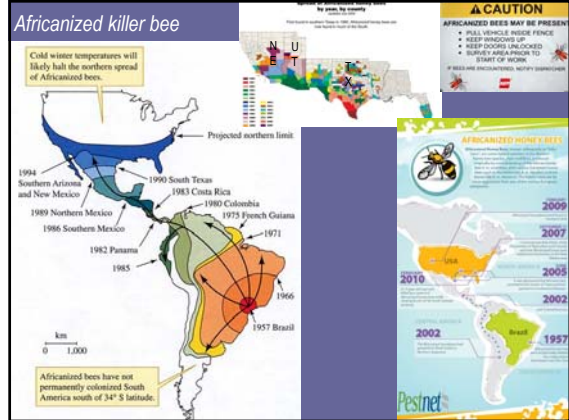
1883: το Κρακατόα καταστράφηκε ολοσχερώς (Rakata, υπόλειμμα)
 1927: αναδύθηκε το **Anak Krakatoa** (παιδί Κρακατόα)
 Σε 50 έτη το **Anak Krakatoa** αποικίστηκε (από Ιάβα–Σουμάτρα: 40–80 km)
 είδη: 271 φυτών, 31 πουλιών, πολλά ασπόνδυλα



Διασπορά: τύποι διασποράς



- **Διάχυση (diffusion):** συνεχής διασπορά σε μικρές αποστάσεις, από άτομα & πληθυσμούς
- Africanized killer bee (αφρικοποιημένη φονική μέλισσα)**
 - μεταφορά 26 βασιλισσών από την Τανζανία (*Apis mellifera scutellata*) στο Sao Paulo (1957, Ν. Βραζιλία)
 - σβέλτη/ηχηρά διαφυγή βασιλισσών κατά την εποχή σημιουργιάς (αφασμίου) και διασαύρωσης (ξευάρωμα) με τοπικούς κηφήνες *Apis mellifera ligustica*
 - πολύ επιθετικές μέλισσες
 - απώλεια ελέγχου πληθυσμών και διάχυση στην αμερικανική ήπειρο



Africanized killer bee: η Αφρικανική μέλισσα-φονιάς

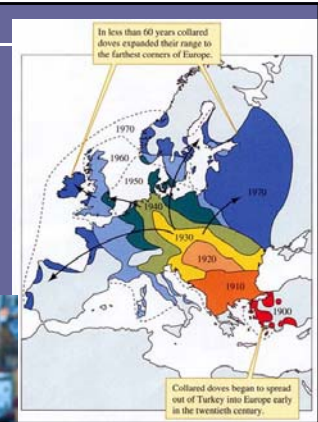
http://www.aphis.usda.gov/aphis/area_default.asp?area=plant_health&topic=pests&pest=killer_bee

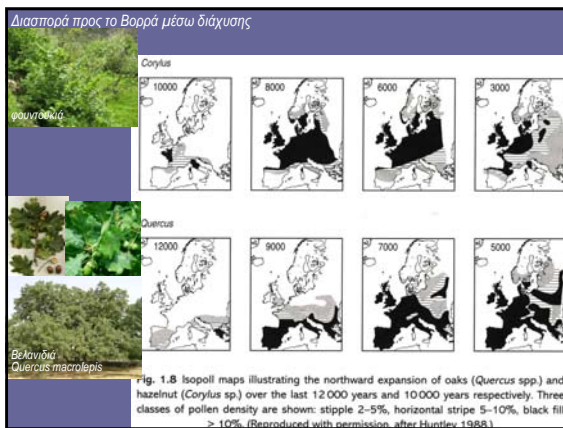
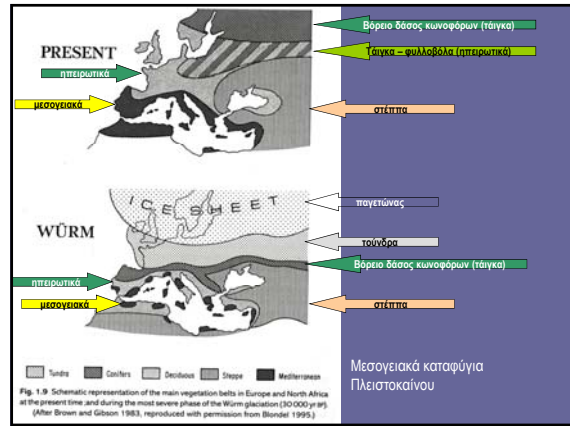
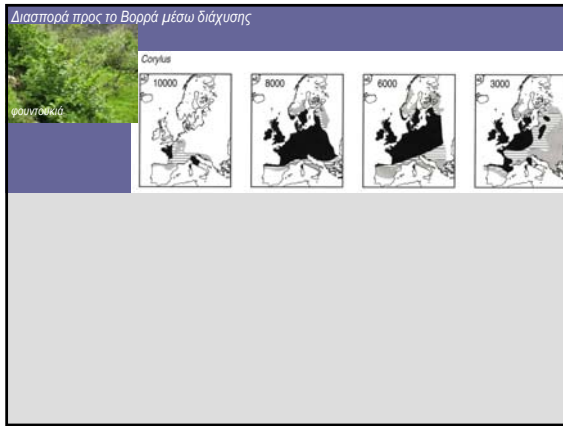
Africanized honey bees (AHB), known colloquially as "killer bees", are hybrids of the African honey bee, *Apis mellifera scutellata* (see Collet et al., 2006), with various European honey bees such as the Italian bee *A. m. ligustica*.

The Africanized bee in the western hemisphere descended from 26 Tanzanian honey bees (*A. m. scutellata*) accidentally released by a replacement bee-keeper in 1957 near Rio Claro, São Paulo State in the southeast of Brazil from hives operated by Robert Kerr's *Apis*, who had interbred honey bees from Europe and southern Africa. Hives containing these particular queens were noted to be especially defensive. Kerr was attempting to breed a strain of bees that would be better adapted to tropical conditions (i.e., more productive) than the European bees used in North America and southern South America. The hives from which the bees were released had special excluder grates which were in place to prevent the larger queen bees from getting out but to allow the drones free access to mate with the queen. Unfortunately, following the accidental release, the African queens eventually mated with local drones, and their descendants have since spread throughout the Americas. The Africanized hybrid bees have become the preferred type of bee for apiculture in Central America and in tropical areas of South America because of improved productivity. However, in most areas the Africanized hybrid is initially feared because it tends to retain certain behavioral traits from its African ancestors that make it less desirable for domestic beekeeping.



Η διάχυση της δεκαχοιούρας





Διασπορά: τύποι διασποράς

αλτική διασπορά (jump dispersal): διασπορά πολύ αποτελεσματική, από λίγα άτομα Κρακατόα καταστράφηκε ολοσχερώς Σε 50 έτη αποικίστηκε από Ιάβα – Σαμόα

- Είδη: 271 φυτών, 31 πουλιών, πολλών άλλων ειδών
- Διάχυση (diffusion): διασπορά μικρών πληθυσμών
- Africanised killer bee
- Αργή ή αιώνια μετανάστευση: εκατοντάδες γενιές & εξέλιξη στην πορεία Νόμος του Buffon, 18ος αι.: όλα τα είδη προέρχονται από τις βόρειες περιοχές
- Π.χ. Ιπποειδή: Καμήλες (εξαφανισμένες πλέον) και άλογα της Β. Αμερικής προς το νότο
- Λάμα (*Lama guanicoe*, *Vicugna vicugna*) άλογο, αφρικανικός όνος, Αντιλόπη, κόκκινη γαζέλα κλπ.

Διασπορά: μηχανισμοί διασποράς των ειδών

Ενεργητική (αυτοχωρία)

- Πουλιά, ψάρια, νυχτερίδες κλπ, αλλά και ελέφαντες κολυμπώντας σε νησιά
- Φυτά: *Ecballium elaterium*: καρποί με υγρό πίεσης έως 3 at

Διασπορά έως και 15 μέτρα μακριά (Λέσβος)

Διασπορά: μηχανισμοί διασποράς των ειδών

Ενεργητική (αυτοχωρία)

- Πουλιά, ψάρια, νυχτερίδες κλπ, αλλά και ελέφαντες κολυμπώντας σε νησιά
- Φυτά: *Ecballium elaterium*: καρποί με υγρό πίεσης έως 3 at

Παθητική (αλλοχωρία)

- Πλειονότητα οργανισμών (πχ. φίδια από τα κύματα)
- Τύποι:
 - ζωοχωρία (επι-, ενδο-ζωοτία, εντομοχωρία)
 - υδροχωρία (*Trapa natans*)
 - ανεμοχωρία (ανεμογενές πλαγκτόν)
 - βραδυχωρία (serotiny)

Απαιτούμενες ικανότητες (χαρακτηριστικά) για διασπορά

- Ικανότητα διασποράς κατά τη **διάρκεια ενός** ανθεκτικού βιολογικού σταδίου
- Σε **συγκεκριμένες μόνο φάσεις** του βιολογικού κύκλου
- **Μονάδες διασποράς** μικρές, ελαφρές, ανθεκτικές, ευέλικτες, προσαρμοσμένες στον φορέα μεταφοράς
π.χ. χρώμα καρπών, γύρη, πάππος
Artemia (κύστες), φυτά (σπέρματα, καρποί)
Ακάρια (mites), ανεμογενές πλαγκτόν



Απαιτούμενες ικανότητες (χαρακτηριστικά) για διασπορά




Figure 9.13. The distribution of the Atlantic Laysan gull (*Laysan gull*) is restricted to the northern part of the North Atlantic Ocean. This distribution is due to the fact that the gull is a long-lived species and its dispersal is limited to the North Atlantic Ocean. The gull is a species that is highly adapted to the marine environment and is able to survive in the open ocean for long periods of time.

- Ικανότητα υπερπήδησης **φραγμάτων φυσιολογίας** (Κάποιες ομάδες δεν μπορούν να διασχίσουν τον ισθμικό: **Alcidae: *Fratercula arctica*, *Alca torda***)
- Ικανότητα υπερπήδησης **φραγμάτων οικολογικών & συμπεριφορικών**
- ικανότητα αντιμετώπισης **θήρευσης – ανταγωνισμού** σε νέα περιβάλλοντα

Διάδρομοι (δρόμοι) διασποράς (dispersal routes)

1. **Ανοιχτοί Διάδρομοι (corridors)**
 - Βερινγείου κατά τους παγετώνες (: χερσαίο)
 - Ευρασίας (: χερσαίο – ανθρωπογενείς – δρόμος μεταξού)
 - Τηθύος (μεταξύ Αφρικής – Ευρώπης πριν το κλείσιμο Σουέζ, βενθικοί – πελαγικοί οργανισμοί)



Suez: 20 mya
Gibraltar: 6 mya
Americas: 3 mya

Mid Cretaceous Tethys map (100 Mya). Global reconstruction with oceanic circulation, showing the Tethys as a broad ocean separating the dispersed remnants of Laurasia and Gondwana. The solid black shows areas of black shale accumulation between 120 and 90 Mya.

3 είδη *Monachus* αποδεικνύουν τη διασπορά μέσω Τηθύος

Φώκιες γένους *Monachus*: τρία είδη στον κόσμο:
στη Μεσόγειο (*M. monachus*; κρισίμως κινδυνεύον)
στο νησί Hawaii (*M. schauinslandi*) το πλέον **ρημάτιστα**, κρισίμως κινδυνεύον)
στις Αντίλες Καραϊβικής (*M. tropicalis*) (εξαφανισθέν)

Εξήγηση:
η κατανομή, βάσει φυλογενετικών μελετών (γενετικές αναλύσεις DNA) χρονολογείται από την εποχή της Τηθύος
γενετική απόκλιση (ΓΑ) μεταξύ Μεσογείου – Νέου Κόσμου 6.3 εχπ
ΓΑ μεταξύ Χαβάης – Καραϊβικής: 3.7 εχπ



M. schauinslandi (Χαβάη) → *M. monachus* (6.3 εχπ) → *M. tropicalis* (3.7 εχπ) → *M. schauinslandi*

Διάδρομοι διασποράς (dispersal routes)

2. **Διάδρομοι-Φίλτρα (κλειστοί)**
Διώρυγα Παναμά (1904-14)
3. **Διάδρομοι-λοταρίες**
Ωκεάνια νησιά

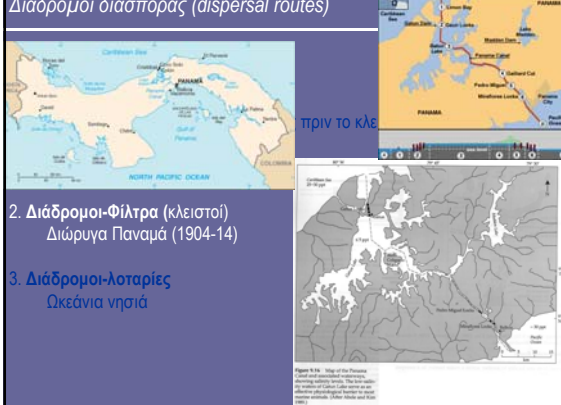


Figure 9.16. Map of the Panama Canal and surrounding area. The canal is shown as a narrow strip of water connecting the Caribbean Sea and the Gulf of Panama. The map also shows the surrounding landmasses and the location of the canal.

Figure 9.17. A classic example of a zoogeographic state. The lines show the limits of the distribution of eight different species of birds in the North Pacific and the South Pacific. Each of these groups is thought to have originated in the South Pacific and has spread northward and eastward to a different extent. (Coxon 1983.)

Διάδρομοι διασποράς (dispersal routes)

1. **Ανοιχτοί διάδρομοι (corridors)**
Ευρασίας
Τηθύος (μεταξύ Αφρικής – Ευρώπης πριν το κλείσιμο Σουέζ); βενθικοί – πελαγικοί οργανισμοί
Βερινγείου κατά τους παγετώνες
2. **Διάδρομοι-Φίλτρα (κλειστοί)**
κανάλι Παναμά
3. **Διάδρομοι-λοταρίες**
(εύνοια τύχης – τυχαίου)
Ωκεάνια νησιά

Από τι εξαρτάται η βιοποικιλότητα;

Γενετική εξάρτηση: ενδογενής –κυρίως– δυναμική της ζωής

- Ειδιογένεση
- Οικολογική διαφοροποίηση (μεταμόρφωση)
- Διασπορά, εξάπλωση
- Εξαφάνιση ειδών

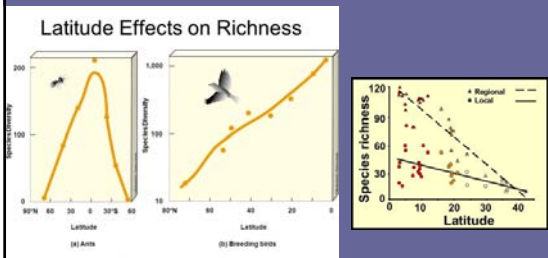
Οικολογική εξάρτηση: αμιγώς εξωγενής ή περιβαλλοντική εξάρτηση της ζωής

- Παραγωγικότητα
- Βροχόπτωση
- μήκος αυξητικής περιόδου (growing season)
- γεωγραφική θέση (γεωγραφικό πλάτος)
- πολυπλοκότητα
- γεωλογική, εδαφολογική, κλιματική ενδιαιτημάτων, τοπίου
- σταθερότητα ενδιαιτήματος, συχνότητα διαταραχών

Γενικά πρότυπα κατανομής βιοποικιλότητας

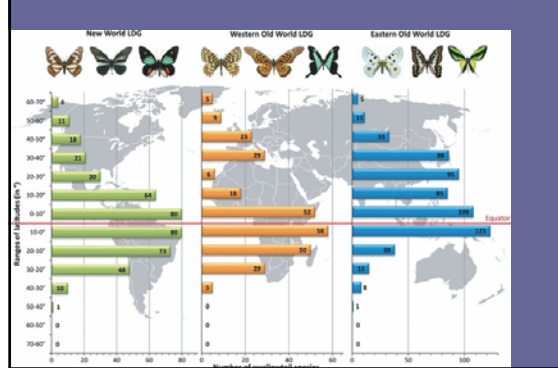
- **Διαβάθμιση (μείωση) κατά γεωγραφικό πλάτος**
 - μείωση βιοποικιλότητας (με εξαιρέσεις, π.χ. φώκιες, πιγκουίνοι)
- **Διαβάθμιση (μείωση) κατά το υψόμετρο**
 - εξαιρέσεις κάποια αγγειόσπερμα (γενιανές) – υγρασία
- **κανόνος του Rapoport**
 - το εύρος εξάπλωσης αυξάνει με το γεωγραφικό πλάτος (στο κέντρο κατανομής)
 - το εύρος εξάπλωσης αυξάνει με το υψόμετρο (βουνά) ή το βάθος (θάλασσα)
 - αντίθετα, η βιοποικιλότητα μειώνεται
- Χερσόνησοι
 - η αρένη ειδών μειώνεται με την απόσταση από την ηπειρωτική σύνδεση
- Ήπησης
 - γενικώς η ποικιλότητα μειώνεται – με εξαιρέσεις & όχι πλήρως μελετημένα (π.χ. Μεσόγειος – νόμος Zochary)
- Υδάτινα περιβάλλοντα
 - λίμνες, ό.π. και στα γρήσα
 - θαλάσσια (αχ. αντίθετα από τα χερσαία: η ποικιλότητα μειώνεται με την παραγωγικότητα)
- πρότυπα επικράτησης (κυριαρχίας) – ποικιλότητας
 - μικρότερη επικράτηση στα τροπικά εδάφη (π.χ. εξιδίκευση)

Βιοποικιλότητα κατά το γεωγραφικό πλάτος

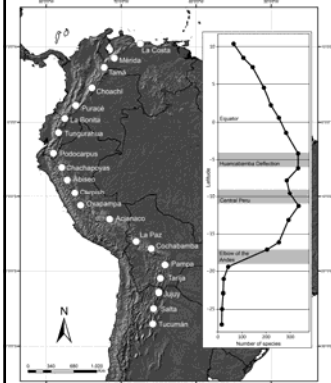


από τους πόλους στον ισημερινό

Βιοποικιλότητα κατά το γεωγραφικό πλάτος



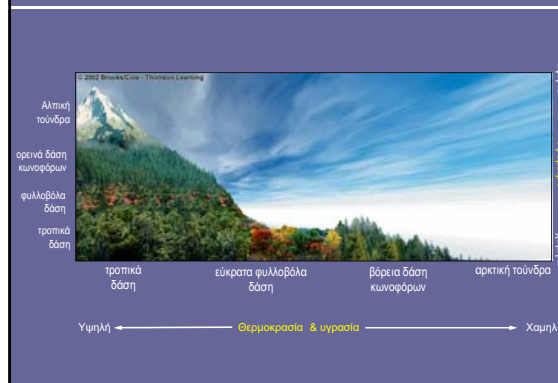
Βιοποικιλότητα κατά το γεωγραφικό πλάτος

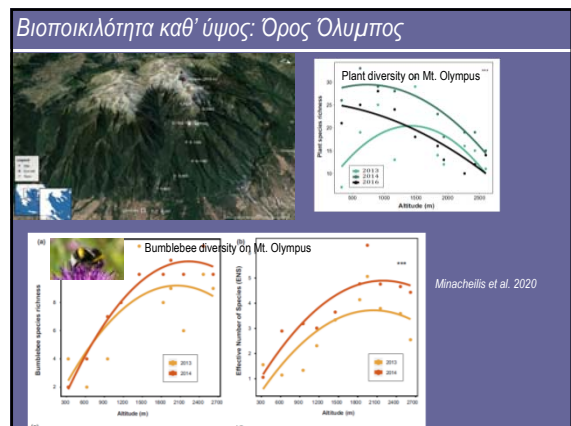
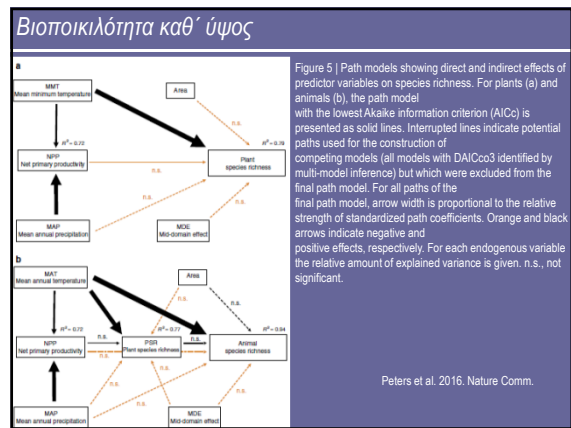
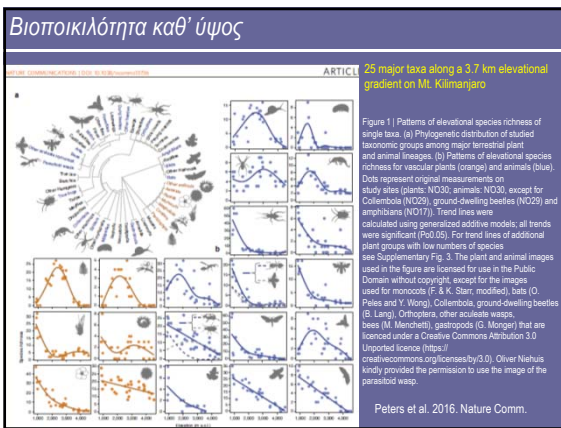
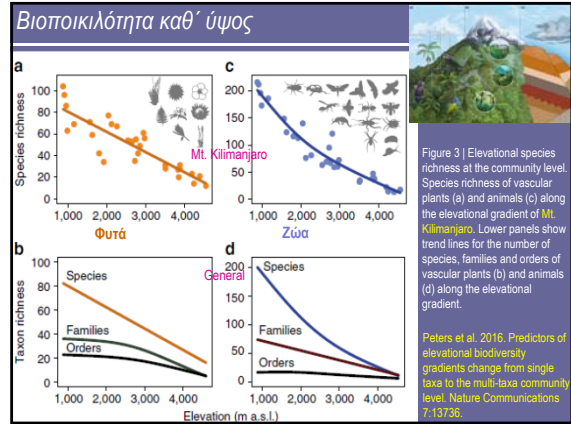
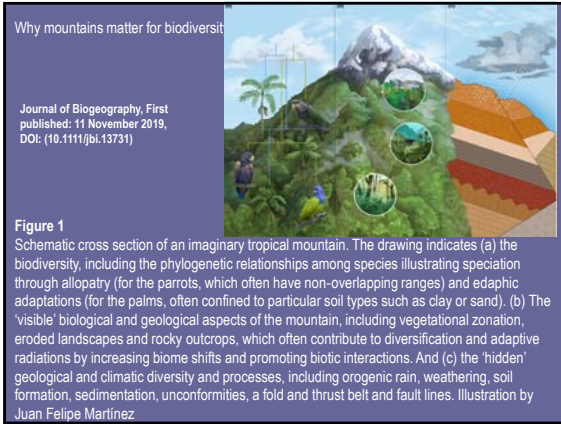


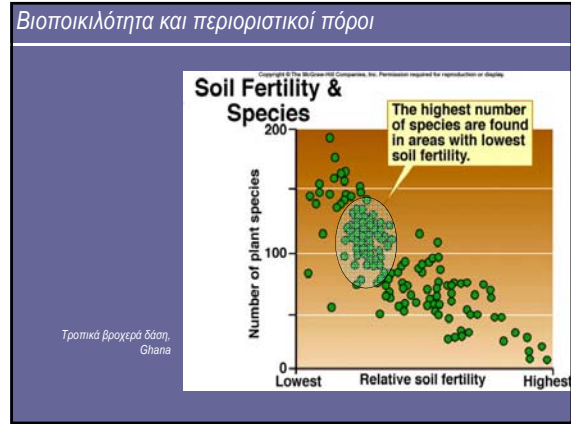
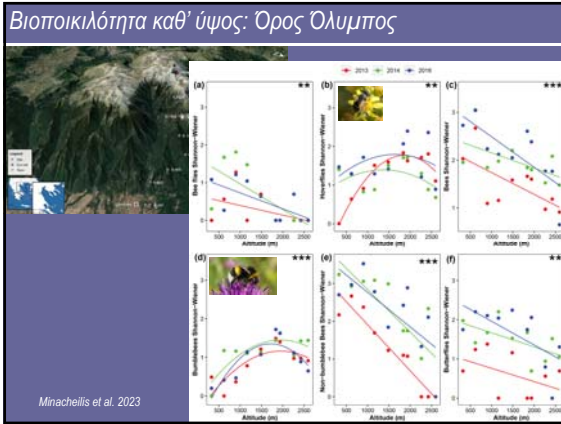
Location of studied east Andean elevational transects and latitudinal gradient in species diversity for nine Lepidoptera taxa.

Pyrce et al. 2014. Latitudinal gradient and spatial covariance in species richness of tropical Lepidoptera in the Andes. *Insect Conservation and Diversity* 7: 355–384

Βιοποικιλότητα καθ' ύψος & κατά γεωγραφικό πλάτος

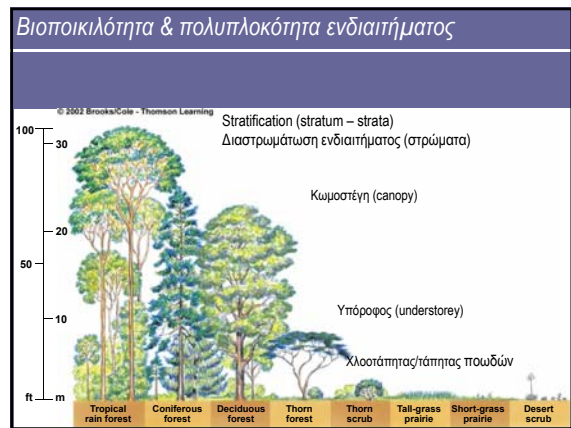






Βιοποικιλότητα και περιοριστικοί πόροι

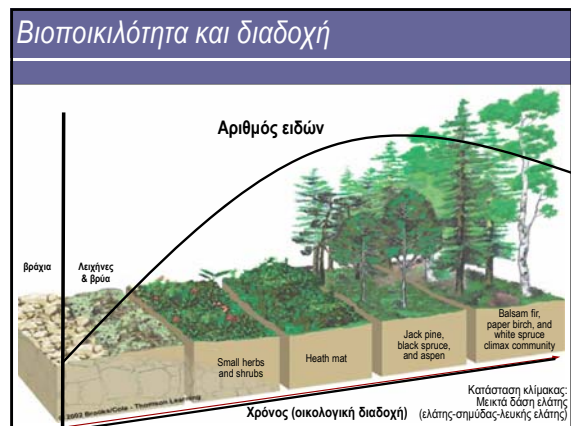
- Περιοριστικοί πόροι?
- Πώς επηρεάζουν την βιοποικιλότητα?



Βιοποικιλότητα & πολυπλοκότητα ενδιαιτήματος

Περισσότερα στρώματα
↓
Περισσότερη διαθέσιμη επιφάνεια
& πιθανές οικοθέσεις
↓
Περισσότερα είδη

Τροπικά βροχερά δάση: μεγάλη ποικιλότητα λόγω τεράστιας έκτασης + πολλοί υπόροφοι



Οικολογική Διαδοχή

- Διεργασία αλλαγής στο χρόνο ...
 - της σύνθεσης ειδών και
 - των οικολογικών (δομή βλάστησης) και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών (έδαφος, μικροκλίμα) ενός οικοσυστήματος ως αποτέλεσμα μιας διαταραχής ή άλλης αλλαγής (π.χ. χρήσης γης)
- ... ως αποτέλεσμα
 - εσωτερικής δυναμικής των βιοκοινοτήτων - οικοσυστημάτων
 - διαταραχών εξωγενούς προέλευσης
- Χαρακτηριστικά:
 - προβλεπτή **αλληλουχία εποικισμών** σε συνάρτηση με/ εξάρτηση από τις εκάστοτε κατάλληλες συνθήκες (αβιοτικές - βιοτικές)
- Η Διαδοχή επηρεάζει σημαντικές συνιστώσες της βιοποικιλότητας:
 - Σύνθεση ειδών
 - Σχετικές & απόλυτες συμμετοχές ειδών (δείκτες βιοποικιλότητας)
 - Βλάστηση και εξ αυτής εξαρτώμενη βιοποικιλότητα (π.χ. εξαιτίας διαφορικής βιομάζας, στρωμάτων βλάστησης)

Οικολογική διαδοχή: μεταβατικές βιοκοινότητες & μεταβατική βιοποικιλότητα

- Πρωτογενής διαδοχή
 - Εντελώς καινούργια περιβάλλοντα (π.χ. δημιουργία νήσων από ηφαιστειακή λάβα, κατεστραμμένες γαίες)
- Δευτερογενής διαδοχή
 - Ανακυκλούμενα περιβάλλοντα (π.χ. μεταπτυρικά, ξυλεμένα, αποψιλωμένα)
- Πρωτοπόρα είδη (... r-στρατηγιστές)
- Διάδοχα είδη ή είδη διαδοχής
- Είδη κλίμακας - κατάσταση κλίμακας (... K-στρατηγιστές)

Πρωτογενής διαδοχή: Hawaiian volcanic soils
Επιδημία διαδοχής εδάφους φηγά σε θρηπτικά (κυρίως αζώτο)

Δευτερογενής διαδοχή: Μεσογειακά οικοσυστήματα

Δευτερογενής διαδοχή: εγκαταλεμμένοι αγροί & συστήματα καλλιέργειας

Εγκαταλεμμένες αναβλάμψεις Νιουρος
Εγκαταλεμμένες αναβλάμψεις Σητού

ειδών
Χρόνος διαδοχής

πρωτοπόρα είδη
θαμνώνες
συστήματα κλίμακας

Βιοποικιλότητα και Πρωτογενής διαδοχή

Αριθμός ειδών
βιομάζα

βράχια
Αεχίνες & βρύα
Small herbs and shrubs
Heath mat
Jack pine, black spruce, and aspen
Balsam fir, paper birch, and white spruce climax community

Χρόνος (οικολογική διαδοχή)
Κατάσταση κλίμακας: Μεκτά δάση ελάτης (ελάτης-σημιδας-λευκής ελάτης)

Βιοποικιλότητα και Βιομάζα

Αριθμός ειδών
βιομάζα

βράχια
Αεχίνες & βρύα
Small herbs and shrubs
Heath mat
Jack pine, black spruce, and aspen
Balsam fir, paper birch, and white spruce climax community

Χρόνος (οικολογική διαδοχή)
Κατάσταση κλίμακας: Μεκτά δάση ελάτης (ελάτης-σημιδας-λευκής ελάτης)

Βιοποικιλότητα & διαδοχή: Μεσογειακά οικοσυστήματα

φρύγανα
μακί (αείφυλλα-σκληρόφυλλα, shrubby)

ειδών
Χρόνος διαδοχής

θαμνώνες
Μεσογειακά δάση πεύκης
Μεσογειακή πευκώνας

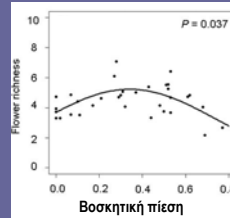
Βιοποικιλότητα & Διαταραχή

Θεωρία των ενδιάμεσων διαταραχών

Διαταραχή με μέτρο: ούτε πολύ συχνή, ούτε πολύ σπάνια

The Intermediate Disturbance Hypothesis (IDH) states that local species diversity is maximized when ecological disturbance is **neither too rare nor too frequent**. At low levels of disturbance, more competitive organisms will push subordinate species to extinction and dominate the ecosystem. At high levels of disturbance, due to frequent forest fires or human impacts like deforestation, all species are at risk of going extinct. According to IDH theory, at intermediate levels of disturbance, diversity is thus maximized because both competitive **selected** and opportunistic **selected** species can coexist.

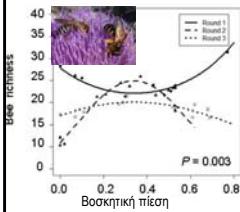
Επιπτώσεις βόσκησης από οικόσφαιρα σε βιοποικιλότητα ανθοφόρων φυτών



Lázaro et al. (2016) Ecol. Entomol.

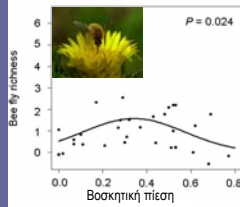
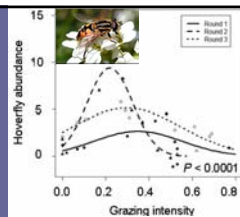
• Απόκριση σύμφωνη με την υπόθεση των Ενδιάμεσων Διαταραχών

Επιπτώσεις βόσκησης από οικόσφαιρα σε βιοποικιλότητα επικονιαστών



Lázaro et al. (2016) Ecol. Entomol.

- Απόκριση σύμφωνη με την υπόθεση των Ενδιάμεσων Διαταραχών
- Ενδιάμεση βοσκήνική πίεση ευνοεί ποικιλότητα ανθέων και επικονιαστών

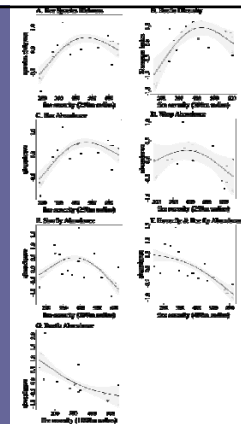


Επιπτώσεις της σφοδρότητας φωτιάς

- Απόκριση πλούτου ειδών, ποικιλότητας, αφθονίας, σε διάφορες κλίμακες τοπίου

Απόκριση σύμφωνη με την Υπόθεση Ενδιάμεσων Διαταραχών (ΥΕΔ)

- Ενδιάμεση σφοδρότητα φωτιάς ευνοεί την ποικιλότητα επικονιαστών



Επιπτώσεις της σφοδρότητας φωτιάς

| Τάξη | Οικογένεια | Επίσημο όνομα | Ποσοστό | Επίσημο όνομα | Ποσοστό |
|---------|------------|---------------|---------|---------------|---------|
| Τρίτοτα | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| Τρίτοτα | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |
| | Κολεόβροχα | Κολεόβροχα | 100% | Κολεόβροχα | 100% |

Ευνοούνται από ενδιάμεση σφοδρότητα: Υμενόπτερα (μέλισσες, σφήκες, σύμφυτα)

Μειώνονται με τη σφοδρότητα: δίπτερα & κολεόβροχα

2 πυρο-επαγόμενα έντομα

Lazarina et al. 2019. Ecology

Βιοποικιλότητα & Διαταραχή



Αδιατάρακτα, ήμισυ διαταραγμένα, πολύ διαταραγμένα Μεσογειοικά συστήματα: Πού ή μέγιστη ποικιλότητα?

Ένας επιπλέον λόγος της πολύ μεγάλης βιοποικιλότητας της Μεσογείου: συνεχής διαταραχές, φυσικές & ανθρωπογενείς

Οικολογικοί παράγοντες επαύξησης βιοποικιλότητας

Συμβουλές για διαχείριση

- **Πολυπλοκότητα**
 - Φυσικών ενδιαιτημάτων (γεωλογικά, κλιματικό, χρονικό μωσαϊκό)
 - Τοπίων
- **Συνεχές των ευνοϊκών εποχών (μικρές μη ευνοϊκές εποχές)**
 - Τροπικοί
- **Μεσαία στάδια οικολογικής διαδοχής**
- **Μετρίου μεγέθους – όχι πολύ συχνή περιβαλλοντική διαταραχή**
- **Μωσαϊκά συστήματα (ετερογένεια ενδιαιτημάτων)**
- **Μεγάλο μέγεθος περιοχής**
- **Ήπια διαχείριση, καλλιέργεια**

Γενικά πρότυπα κατανομής βιοποικιλότητας

- **Διαβάθμιση (μείωση) κατά γεωγραφικό πλάτος**
 - μείωση βιοποικιλότητας (με εξαιρέσεις, π.χ. φώκιες, πηγκουίνοι)
- **Διαβάθμιση (μείωση) κατά το υψόμετρο**
 - εξαιρέσεις: κάποια αγγειόσπερμα (γενιάνες) – υγρασία
- **κανόνας του Rapoport**
 - το εύρος εξάπλωσης αυξάνει με το γεωγραφικό πλάτος (στο κέντρο κατανομής)
 - το εύρος εξάπλωσης αυξάνει με το υψόμετρο (βουνά) ή το βάθος (θάλασσα)
 - αντίθετα, η βιοποικιλότητα μειώνεται
- **Χερσόνησοι**
 - η αφθονία ειδών μειώνεται με την απόσταση από την ηπειρωτική σύνδεση
- **Ξηρασία**
 - γενικώς η ποικιλότητα μειώνεται – με εξαιρέσεις & όχι πλήρως μελετημένο (π.χ. Μεσόγειος – νόμος Zochary)
- **Υδάτινα περιβάλλοντα**
 - Λιμένες: ό,τι και στα νησιά
 - Θαλάσσια (σχ. αντίθετα από τα χερσαία: η ποικιλότητα μειώνεται με την παραγωγικότητα)
- **πρότυπο επικράτησης (κυριαρχίας) – ποικιλότητας**
 - Μεγάλη κυριαρχία → μικρή ποικιλότητα
 - Εξειδίκευση → μεγάλη ποικιλότητα