



Γενική Οικολογία

Ενότητα 3: Βιοκοινότητες

Βώκου Δέσποινα
Τμήμα Βιολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

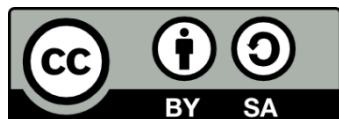
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Βιοκοινότητες

Έννοιες και θεωρίες
οργάνωση, μεταβολές, λειτουργίες



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Σύνθεση βιοκοινότητας, δείκτες ποικιλότητας, ενδιαίτημα, οικοθέση
2. Αλληλεπιδράσεις
3. Σταθερότητα βιοκοινότητας
4. Οι βιοκοινότητες στον χώρο
5. Οι βιοκοινότητες στον χρόνο
6. Διαταραχές
7. Στρατηγικές ζωής
8. Νησιωτική βιογεωγραφία





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

**Σύνθεση βιοκοινότητας, δείκτες
ποικιλότητας, ενδιαίτημα, οικοθέση**

Βιοκοινότητα

Πληθυσμοί διαφορετικών ειδών που συνυπάρχουν στο χώρο και στο χρόνο και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους

Περιγραφή βιοκοινοτήτων

- Η πιο απλή: αναγνώριση και καταμέτρηση των ειδών που τη συγκροτούν



Εικόνα 3.1. Βιοκοινότητα λιβαδιού



Περιγραφή βιοκοινότητας

Δυσκολίες

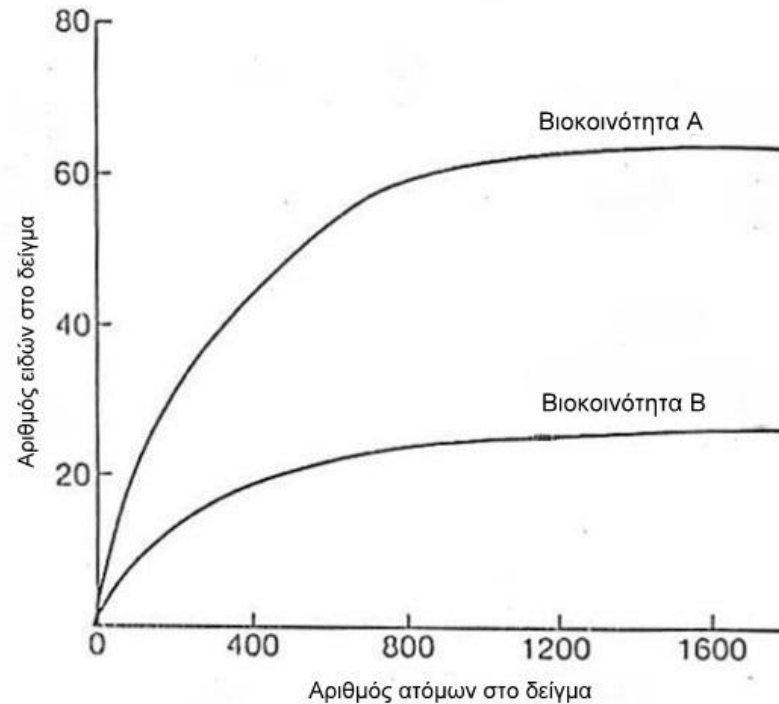
Ο αριθμός των ειδών που καταγράφονται εξαρτάται από τον αριθμό των δειγμάτων που λαμβάνονται και από το μέγεθος της περιοχής που διερευνάται

Πότε ο ερευνητής θα σταματήσει να παίρνει πρόσθετα δείγματα;



Περιγραφή βιοκοινότητας πλούτος και αφθονία ειδών

- Μπορεί να συγκριθεί ο πλούτος ειδών διαφορετικών βιοκοινοτήτων μόνον όταν προκύπτει από ίδιου μεγέθους δείγματα - με όρους επιφάνειας που εξετάζεται, χρόνου που αφιερώνεται, κλπ
- Σημαντική πληροφορία: πόσο κοινά ή σπάνια είναι τα είδη (= αφθονία)
- *Πλούτος + αφθονία = Ποικιλότητα ειδών*



Εικόνα 3.2. Σχέση μεταξύ αριθμού ειδών και ατόμων στα δείγματα δύο υποθετικών βιοκοινοτήτων: η Α έχει σημαντικά υψηλότερο πλούτο ειδών απ' ό,τι η Β



Περιγραφή βιοκοινότητας προβλήματα δειγματοληψίας

- Ζώα

Τα πρωτόζωα, τα σκουλήκια, τα πουλιά, τα ελάφια, οι αρκούδες... απαιτούν ειδικές για καθένα μεθόδους δειγματοληψίας

- Φυτά

Μη ευδιάκριτα άτομα, διαφορετικό μέγεθος - άρα και συμμετοχή



Εικόνα 3.3. Βιοκοινότητα στο πάρκο Chobe, Μποτσουάνα



Πλούτος - Αφθονία - Ποικιλότητα - Συνεκτικότητα βιοκοινότητας

- Πλούτος ειδών (richness): *Αριθμός ειδών στο σύστημα μελέτης*
- Αφθονία είδους (abundance): *άτομα ή βιομάζα (κυρίως για φυτά) ενός είδους στο σύστημα μελέτης*
 - Σε απόλυτους αριθμούς ή ως ποσοστιαία συμμετοχή
- Ποικιλότητα ειδών (diversity): *αποδίδει τον πλούτο και την αφθονία των ειδών*
 - Εκτιμάται με χρήση ειδικών δεικτών
- Συνεκτικότητα: *βαθμός σύνδεσης των ειδών της βιοκοινότητας*
 - Εκφράζεται ως ποσοστό του αριθμού των σχέσεων που αναπτύσσονται ανάμεσα στα είδη μιας βιοκοινότητας σε σχέση με το μέγιστο δυνατό αριθμό



Δείκτες ποικιλότητας

- Για την εκτίμηση της ποικιλότητας ειδών μιας βιοκοινότητας έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται πολυάριθμοι δείκτες
- Οι Simpson και Shannon, με μεγάλη υπολογιστική ευκολία, είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι

Δείκτες ποικιλότητας	Εξισώσεις
Simpson (D)	$D = 1 / \sum_{i=1}^S P_i^2,$ <p>Κατάσταση ισοδιανομής, $D_{\max}=S$ Απόσταση από κατάσταση ισοδιανομής, $E=D/D_{\max}=D/S$</p>
Shannon (H)	$H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ <p>Κατάσταση ισοδιανομής, $H_{\max}=\ln S$ Απόσταση από κατάσταση ισοδιανομής, $J=H/H_{\max}=H/\ln S$</p>

S = πλούτος ειδών, P_i =ποσοστό συμμετοχής του είδους i ίσο με N_i/N , όπου N_i = η συμμετοχή κάθε είδους στο δείγμα (αριθμός ατόμων, βιομάζα)
 N = ο συνολικός αριθμός ατόμων (η συνολική βιομάζα) όλων των ειδών στο δείγμα



Δείκτες ποικιλότητας

παράδειγμα

Βιοκοινότητα 1			Βιοκοινότητα 2			Βιοκοινότητα 3			Βιοκοινότητα 4		
P_i	P_i^2	$P_i \ln P_i$	P_i	P_i^2	$P_i \ln P_i$	P_i	P_i^2	$P_i \ln P_i$	P_i	P_i^2	$P_i \ln P_i$
0,143	0,0205	-0,278	0,40	0,16	-0,367	0,1	0,01	-0,23	0,40	0,16	-0,367
0,143	0,0205	-0,278	0,20	0,04	-0,322	0,1	0,01	-0,23	0,20	0,04	-0,322
0,143	0,0205	-0,278	0,15	0,0225	-0,285	0,1	0,01	-0,23	0,15	0,0225	-0,285
0,143	0,0205	-0,278	0,10	0,01	-0,230	0,1	0,01	-0,23	0,10	0,01	-0,230
0,143	0,0205	-0,278	0,05	0,0025	-0,150	0,1	0,01	-0,23	0,025	0,0006	-0,092
0,143	0,0205	-0,278	0,05	0,0025	-0,150	0,1	0,01	-0,23	0,025	0,0006	-0,092
0,143	0,0205	-0,278	0,05	0,0025	-0,150	0,1	0,01	-0,23	0,025	0,0006	-0,092
						0,1	0,01	-0,23	0,025	0,0006	-0,092
						0,1	0,01	-0,23	0,025	0,0006	-0,092
						0,1	0,01	-0,23	0,025	0,0006	-0,092
						0,1	0,01	-0,23	0,025	0,0006	-0,092
S	=7		$S=7$			$S=10$			$S=10$		
$D=1/\sum P_i^2$	=6,97		$D=4,17$			$D=10,00$			$D=4,24$		
$E=D/S$	=1,00		$E=0,60$			$E=1,00$			$E=0,42$		
$H=-\sum P_i \ln P_i$	=1,95		$H=1,65$			$H=2,30$			$H=1,76$		
$J=H/\ln S$	=1,00		$J=0,85$			$J=1,00$			$J=0,76$		

Παράδειγμα υπολογισμού των δεικτών ποικιλότητας σε τέσσερις βιοκοινότητες: S =πλούτος ειδών, D =δείκτης ποικιλότητας Simpson, E =δείκτης ισοδιανομής Simpson, H =δείκτης ποικιλότητας Shannon, J =δείκτης ισοδιανομής Shannon, P_i = ποσοστό επί του συνολικού αριθμού ατόμων που ανήκουν στο είδος i

Οι δείκτες δίνουν διαφορετικό βάρος στα άφθονα και σπάνια είδη



Ταξινομική / λειτουργική περιγραφή βιοκοινότητας

Η ταξινομική σύνθεση και η ποικιλότητα ειδών είναι δύο μόνο τρόποι/παράμετροι περιγραφής μιας βιοκοινότητας

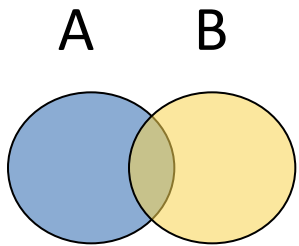
Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λειτουργικές παράμετροι, όπως

- Ρυθμός παραγωγής βιομάζας από αυτότροφους, χρήσης της από ετερότροφους οργανισμούς
- Ρυθμοί ανακύκλωσης θρεπτικών
- ...

Οι λειτουργικές παράμετροι επιτρέπουν συγκρίσεις και ανίχνευση κοινών προτύπων ακόμα και μεταξύ βιοκοινοτήτων που χαρακτηρίζονται από ταξινομική ανομοιότητα



α-, β-, γ-Ποικιλότητα



α-ποικιλότητα

Είναι η ποικιλότητα μιας συγκεκριμένης περιοχής, βιοκοινότητας ή οικοσυστήματος

Αντιστοιχεί στον αριθμό ειδών (πλούτο ειδών) της περιοχής [στο παράδειγμα, η α-ποικιλότητα της βιοκοινότητας A είναι όλα τα είδη που βρίσκονται στη βιοκοινότητα A]

β-ποικιλότητα

Είναι μέτρο μεταβολής της ποικιλότητας ανάμεσα σε δυο περιοχές, βιοκοινότητες ή οικοσυστήματα [στο παράδειγμα, η β-ποικιλότητα δυο βιοκοινοτήτων A και B είναι όλα τα είδη που δεν είναι κοινά (είναι μέτρο του ενδημισμού)]

γ-ποικιλότητα

Είναι η συνολική ποικιλότητα επιμέρους περιοχών, βιοκοινοτήτων ή οικοσυστημάτων (στο παράδειγμα, η γ-ποικιλότητα περιοχής που εμπεριέχει τις A και B είναι ίση με την α-ποικιλότητα της AUB)



α-, β-, γ-Ποικιλότητα παράδειγμα

$$\alpha\text{-ποικιλότητα (A)} = S_1 + S_2$$

$$\alpha\text{-ποικιλότητα (B)} = S_2 + S_3$$

$$\beta\text{-ποικιλότητα A,B} = S_1 + S_3$$

$$\gamma\text{-ποικιλότητα A,B} = S_1 + S_2 + S_3$$

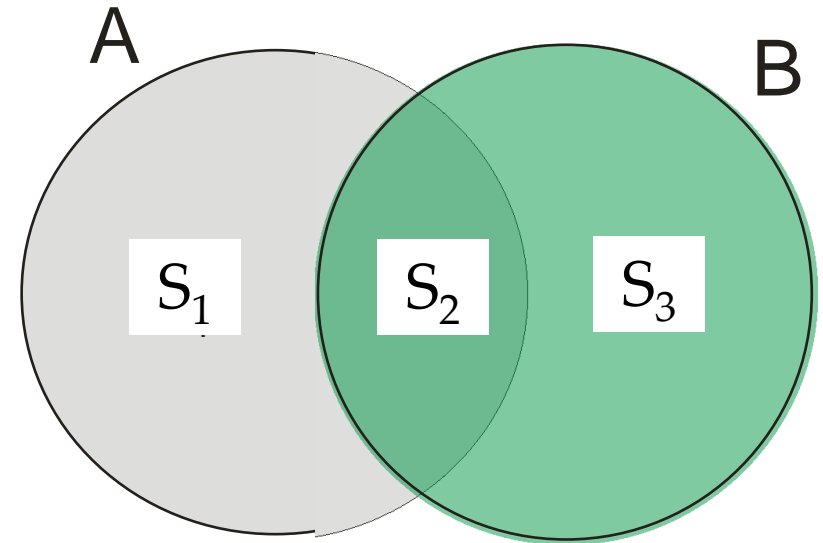
Για την εκτίμηση της ομοιότητας δύο περιοχών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και άλλους δείκτες:

Δείκτης ομοιότητας Sorensen

$$SI = \frac{2S_2}{(S_1 + S_2) + (S_2 + S_3)}$$

Δείκτης ανομοιότητας

$$\beta = 1 - SI$$



Εικόνα 3.4. Περιοχές A και B με αριθμό κοινών ειδών ίσο με S_2



Ενδιαίτημα

- Ο φυσικός χώρος ή τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που τον προσδιορίζουν, όπου ζει ή μπορεί να ζήσει ένα είδος

(π.χ. ενδιαίτημα καφετιάς αρκούδας, αργυροπελεκάνου, αντιλόπης, ρίγανης...)

- Αναφέρεται στο είδος και αποτελεί χαρακτηριστικό του

Μερικοί οργανισμοί έχουν μικρό εύρος ενδιαιτήματος (στενόοικοι), έχουν δηλαδή περισσότερο εξειδικευμένες ανάγκες/προτιμήσεις



Εικόνα 3.5. (α) Ενδιαίτημα της αντιλόπης *Antidorcas marsupialis*, στην Αφρική, (β) ενδιαίτημα χερσαίων σαλιγκαριών



Οικότοπος

Έννοια συγγενική με το ενδιαίτημα

- Όμως, δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο είδος
- Χρησιμοποιείται για τη διάκριση του χώρου σε ξεχωριστές οντότητες με βάση χαρακτηριστικά του βιοτικού ή αβιοτικού στοιχείου που συνδέεται με αυτόν



Εικόνα 3.6. Παράκτιος οικότοπος της Ατλαντικής βιογεωγραφικής περιοχής, στην Ιρλανδία

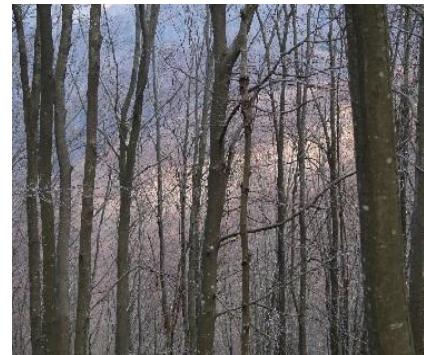


Τύποι οικοτόπων

[92/43/ΕΟΚ, Οδηγία Οικοτόπων - Habitats Directive]

Τύποι οικοτόπων = Μονάδες χώρου που ορίζονται με βάση κυρίαρχα αβιοτικά χαρακτηριστικά ή κυρίαρχα στοιχεία της βλάστησης ή και της χλωρίδας

π.χ. Λιθώνες της ανατολικής Μεσογείου, Ασβεστολιθικά βράχια Αιγαίου, Θαλάσσια σπήλαια, Ποταμοί της Μεσογείου με περιοδική ροή, Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου, δάση καστανιάς καλαμώνες, Φρύγανα από *Sarcopoterium spinosum*...



Βιότοπος

- Περισσότερο λαϊκός παρά αυστηρά επιστημονικός όρος
- Χρησιμοποιείται κυρίως για να προσδιορίσει περιοχή φυσικού κάλλους ή βιολογικού πλούτου αλλά και το ενδιαίτημα ενός είδους



Εικόνα 3.7. Βιότοπος στην κοίτη του Βοΐδομάτη, στην Ήπειρο



Φυσικές συνθήκες

Αβιοτικοί παράγοντες που χαρακτηρίζουν το ενδιαίτημα ενός οργανισμού

Εικόνα 3.8.

Ενδιαιτήματα -
μη τυπικά - για
φυτά και
πουλιά



- υγρασία
- θερμοκρασία
- υπόστρωμα
- προσανατολισμός (έκθεση)
- υψόμετρο
- pH
- φως
- αλατότητα
- βάθος νερού
-

Οι τιμές που παίρνει κάθε τέτοιος παράγοντας 'βολεύουν' ή όχι τον οργανισμό και είναι από βέλτιστες μέχρι απαγορευτικές



Απώλεια ενδιαιτήματος

Εκτίμηση συμβολής επιμέρους παραγόντων α) στις εξαφανίσεις σπονδυλωτών ζώων και β) στην κατάσταση επικινδυνότητας στην οποία έχουν περιέλθει σήμερα αρκετά εξ αυτών (κατηγορίες απειλούμενων, τρωτών και σπάνιων σε παγκόσμιο επίπεδο) (Reid & Miller 1989).

Ομάδα	Απώλεια ενδιαιτήματος	Υπερεκμετάλλευση	Εισαγωγή ειδών	Θηρευτές	Άλλοι παράγοντες	Άγνωστη αιτία
<i>Απώλειες</i>						
Θηλαστικά	19	23	20	1	1	36
Πτηνά	20	11	22	0	2	37
Ερπετά	5	32	42	0	0	21
Ψάρια	35	4	30	0	4	48
<i>Απειλούμενες απώλειες</i>						
Θηλαστικά	68	54	6	8	12	
Πτηνά	58	30	28	1	1	
Ερπετά	53	63	17	3	6	
Αμφίβια	77	29	14		3	
Ψάρια	78	12	28		2	

Οι τιμές παριστούν το ποσοστό των ειδών που επηρεάζονται από το συγκεκριμένο μελετούμενο παράγοντα. Ορισμένα είδη μπορεί να επηρεάζονται από περισσότερους του ενός και ως εκ τούτου το άθροισμα σε μερικές σειρές μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 100%.

Reid, W.V., Miller, K.R.
(1989) Keeping options
alive: the scientific
basis for conserving
biodiversity. World
Resources Institute,
Washington, DC



Οικοθέση

Δεν έχει διαστάσεις χώρου

- Αφηρημένη έννοια
- Αποτελεί χαρακτηριστικό των ειδών

αναφέρεται και ως:

οικολογικός θώκος, οικολογική φωλεά... (niche)



Οικοθέση

περιεχόμενο

Περιλαμβάνει

- όλο το φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών που είναι απαραίτητες σε ένα είδος ώστε να διατηρήσει βιώσιμο πληθυσμό

και

- τους πόρους που του χρειάζονται για τον ίδιο σκοπό, όπως νερό, θρεπτικά, φως, χώρο για να φωλιάσει ή να αναζητήσει τροφή, χρόνο για να δραστηριοποιηθεί....



Οικοθέση ορισμός

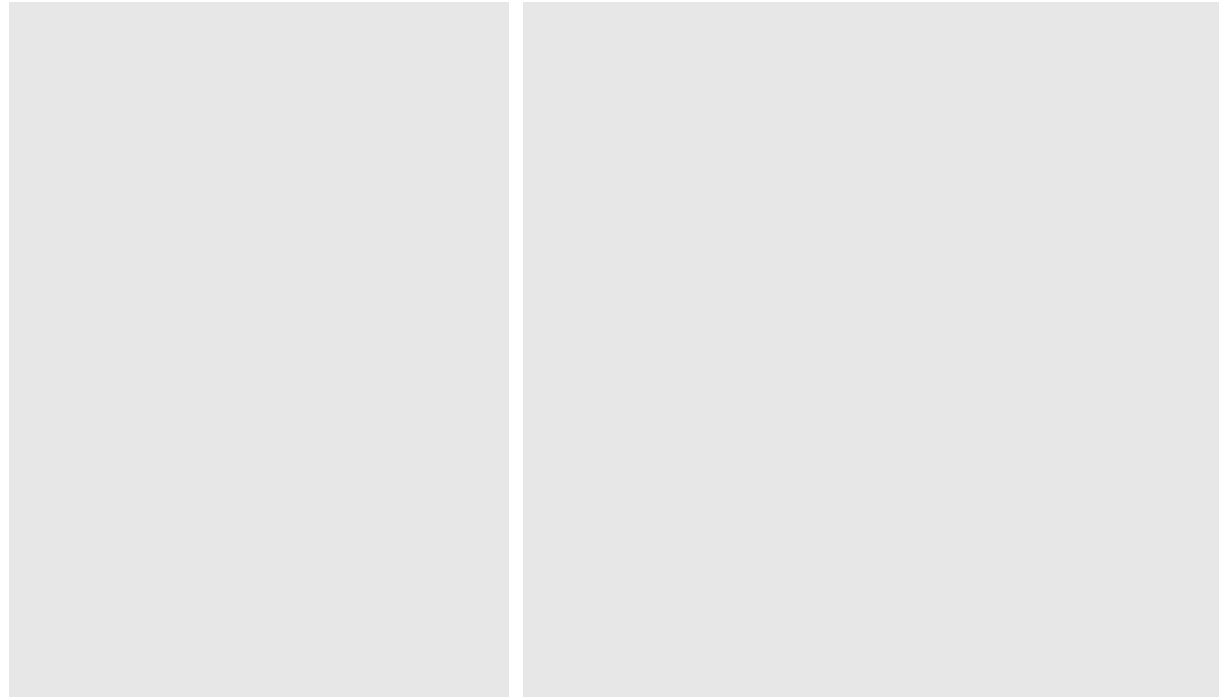
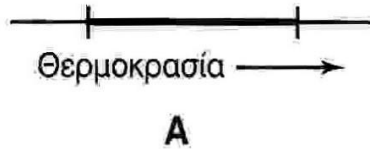
Όλες οι απαιτήσεις ενός είδους για συνθήκες και πόρους και ο ρόλος του στη βιοκοινότητα



Εικόνα 3.9. Είδη με έντονα διαφορετικές οικοθέσεις

Διαστάσεις οικοθέσης

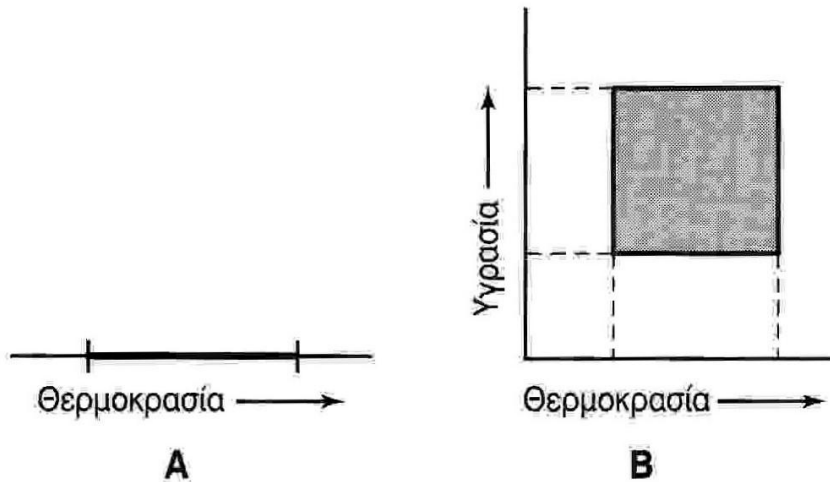
1 διάσταση



Εικόνα 3.10. Διαγραμματική απεικόνιση της οικοθέσης ενός είδους (A) ως προς μια διάσταση, π.χ. θερμοκρασία

Διαστάσεις οικοθέσης

2 διαστάσεις

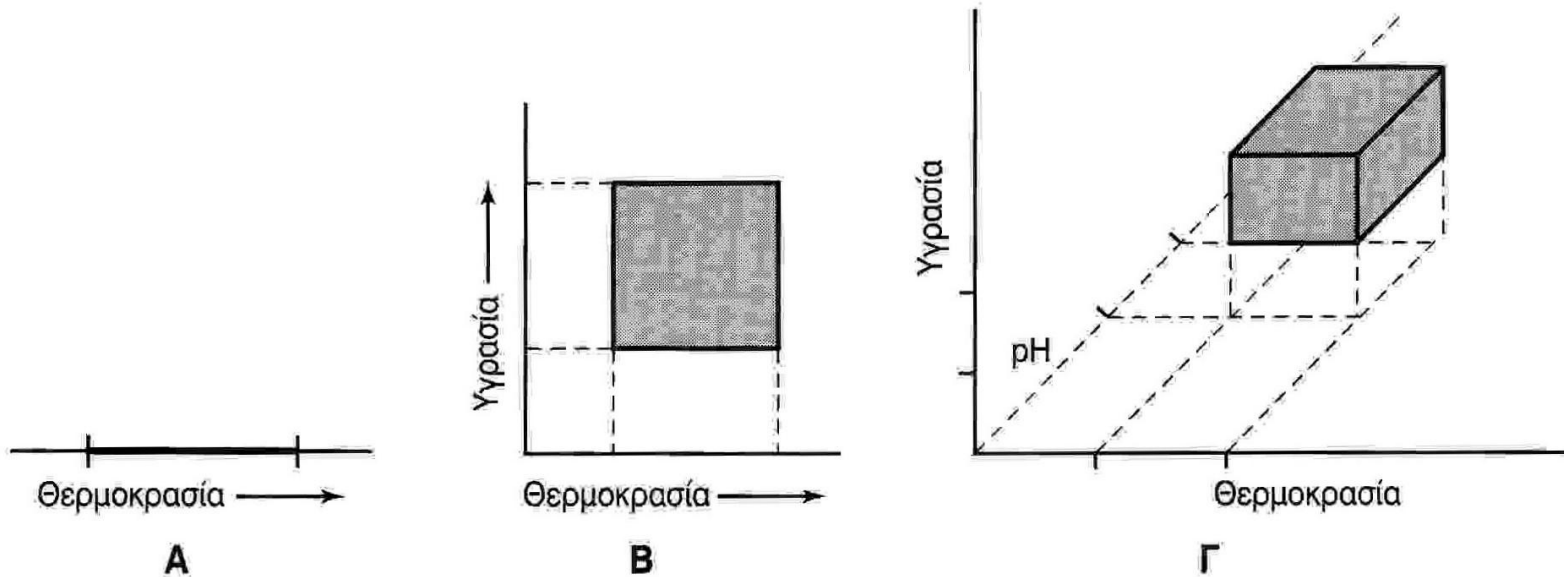


Εικόνα 3.10. Διαγραμματική απεικόνιση της οικοθέσης ενός είδους (A) ως προς μια διάσταση, π.χ. θερμοκρασία, (B) ως προς δύο διαστάσεις, π.χ. θερμοκρασία και υγρασία



Διαστάσεις οικοθέσης

3 διαστάσεις



Εικόνα 3.10. Διαγραμματική απεικόνιση της οικοθέσης ενός είδους (α) ως προς μια διάσταση, π.χ. θερμοκρασία, (β) ως προς δύο διαστάσεις, π.χ. θερμοκρασία και υγρασία, (γ) ως προς τρεις διαστάσεις, π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, pH



Διαστάσεις οικοθέσης

η διαστάσεις

Υπερόγκος *n* διαστάσεων

Έχοντας απεριόριστο αριθμό διαστάσεων, είναι αδύνατον να εκτιμηθεί στο σύνολό της

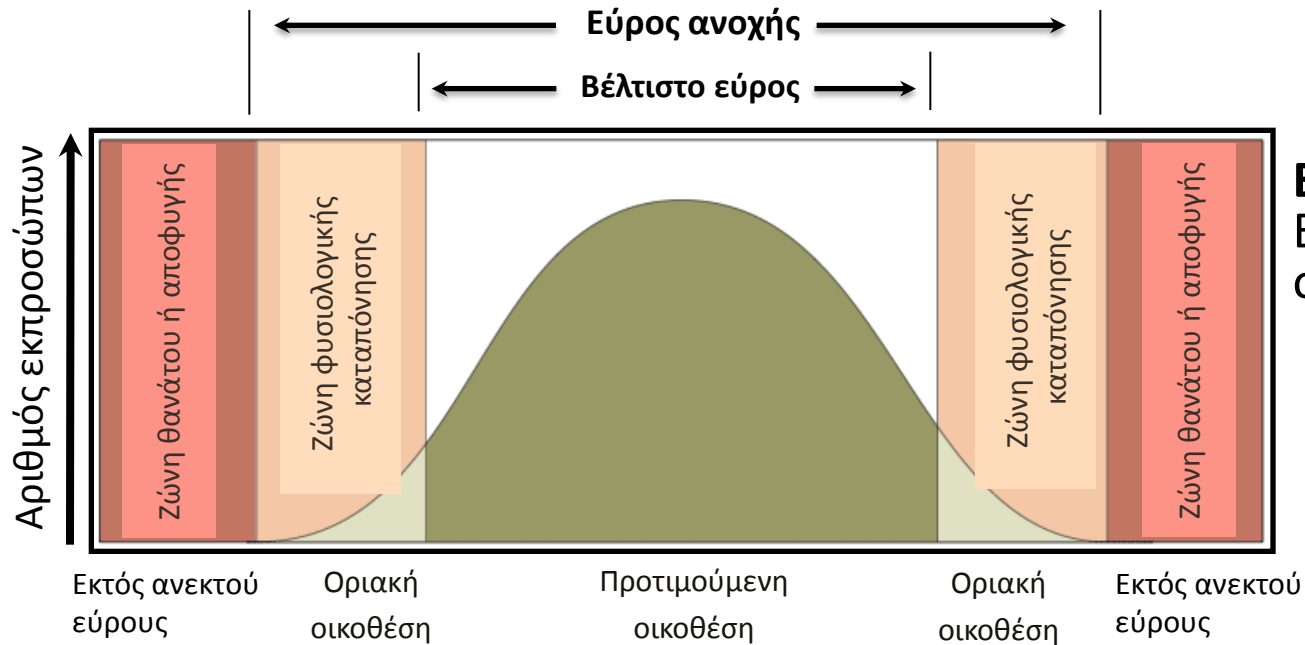
- ενδιαίτημα
- τροφή
- χρόνος δραστηριοποίησης

οι σημαντικότερες διαστάσεις



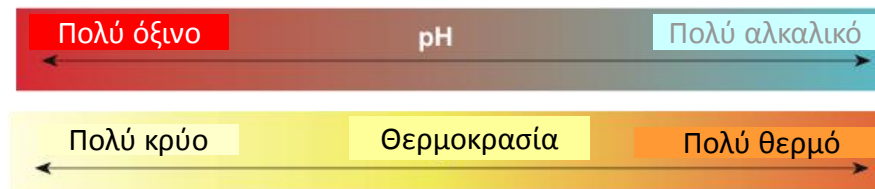
Εύρος οικοθέσης

Για κάθε ξεχωριστό παράγοντα, κάθε είδος μπορεί να επιβιώσει σε συγκεκριμένο εύρος τιμών



Εικόνα 3.20.
Εύρη και όρια οικοθέσεων

Παραδείγματα αβιοτικών παραγόντων που διαμορφώνουν το εύρος της οικοθέσης



Διαστάσεις οικοθέσης

Ενδιαίτημα

Προσαρμογές



Πρότυπα
δραστηριότητας

υπό φυσικές
συνθήκες

παρουσία άλλων
οργανισμών



Εγκατάσταση

- Εάν μια θέση χαρακτηρίζεται από συνθήκες που βρίσκονται στα ανεκτά όρια για ένα είδος
- εάν έχει όλους τους αναγκαίους πόρους για αυτό
το είδος μπορεί να εγκατασταθεί

Αυτό θα συμβεί

- εάν μπορεί να φθάσει στη θέση αυτή (ικανότητα διασποράς)
- εάν δεν παρεμποδιστεί η εγκατάστασή του από τη δράση άλλων ειδών που το ανταγωνίζονται ή το θηρεύουν

Υπάρχουν συνδυασμοί συνθηκών και πόρων που επιτρέπουν σε ένα είδος να εγκαταστήσει βιώσιμο πληθυσμό, εφόσον δεν δρουν αντίρροπες δυνάμεις



Θεμελιώδης και πραγματοποιημένη οικοθέση

Θεμελιώδης

Περιγράφει το σύνολο των αναγκών για συνθήκες και πόρους ενός είδους

- αλλιώς, το πλήρες εύρος τιμών των περιβαλλοντικών παραγόντων - φυσικών και βιολογικών - που επιτρέπουν την ύπαρξη ενός συγκεκριμένου είδους

Πραγματοποιημένη

Περιγράφει το περιορισμένο φάσμα συνθηκών και πόρων που επιτρέπουν διατήρηση βιώσιμου πληθυσμού ενός είδους, παρουσία ανταγωνιστών και θηρευτών

- αλλιώς, το τμήμα της θεμελιώδους οικοθέσης εντός του οποίου αρκείται ένα είδος





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Αλληλεπιδράσεις

Οι οργανισμοί δεν ζουν απομονωμένοι

Αλληλεπιδρούν



Τύποι αλληλεπιδράσεων

- Μπορεί να είναι θετικές, αρνητικές ή ουδέτερες
- Μπορεί να εμπεριέχουν μόνο περιστασιακή ή έμμεση επαφή (π.χ. ανταγωνισμός) ή να αντιστοιχούν σε στενή συνεύρεση (π.χ. παρασιτισμός, συνεργασία)



Εικόνα 3.11. Θήρευση
- Θηρευτές βοσκής



Εικόνα 3.12. Αλληλοπάθεια –
Χημικές ουσίες που παράγει ο
ευκάλυπτος παρεμποδίζουν τη
φύτρωση άλλων φυτών



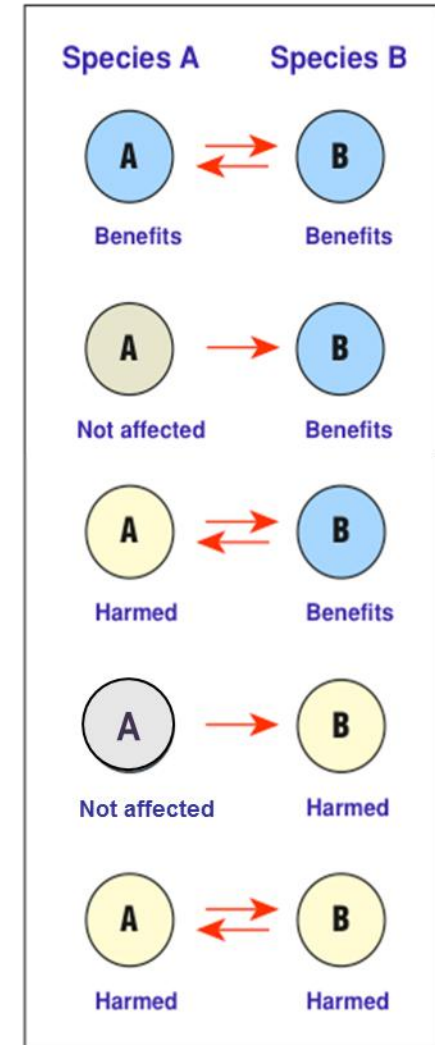
Συμβολισμός σχέσεων

Σχέση	Είδος A	Είδος B
Συνεργασία (Συμβίωση)	+	+
Σαπροβίωση	+	0
Θήρευση Παρασιτισμός	+	-
Αλληλοπάθεια (Αντιβίωση)	0	-
Ανταγωνισμός	-	-



Τύποι αλληλεπιδράσεων και συμβολισμοί 1

Συνεργασία (Συμβίωση)	<i>Αμφίπλευρη σχέση και τα δυο είδη ωφελούνται</i>
Σαπροβίωση	<i>Μονόπλευρη σχέση το ένα είδος ωφελείται, το άλλο δεν επηρεάζεται</i>
Θήρευση/ Παρασιτισμός	<i>Αμφίπλευρη σχέση το ένα είδος ωφελείται, το άλλο βλάπτεται</i>
Αλληλοπάθεια (Αντιβίωση)	<i>Μονόπλευρη σχέση το ένα είδος βλάπτεται, το άλλο δεν επηρεάζεται</i>
Ανταγωνισμός	<i>Αμφίπλευρη σχέση και τα δυο είδη βλάπτονται</i>



Τύποι αλληλεπιδράσεων και συμβολισμοί 2

Σχέση	Είδος A	Είδος B
Συνεργασία (Συμβίωση)	+	+
Σαπροβίωση	+	0
Θήρευση Παρασιτισμός	+	-
Αλληλοπάθεια (Αντιβίωση)	-	0
Ανταγωνισμός	-	-

Competition (-, -)

Mutualism (+, +)

Predation, Parasitism (+, -)

Commensalism (+, 0)

Amensalism (-, 0)

Neutralism (0, 0)



Ανταγωνισμός

*Απαραίτητες
προϋποθέσεις:*

- Συνύπαρξη
- Ανάγκη για ίδιους πόρους
- Οι πόροι δεν είναι σε αφθονία



Εικόνα 3.13. Νεαρές αντιλόπες στο πάρκο Kruger ;;

Διαειδικός/Ενδοειδικός



Διαειδικός ανταγωνισμός

- Εκδηλώνεται μεταξύ
 - φυτών
 - ζώων
 - μικροβίων
- Οι ανταγωνιστές ανήκουν στο ίδιο τροφικό επίπεδο και συνήθως, είναι συγγενικά είδη
- Όσο μεγαλύτερες οι πυκνότητες των αλληλεπιδρώντων ειδών, τόσο μεγαλύτερη η ένταση της μεταξύ τους σχέσης



Εικόνα 3.14. Διαφορετικά είδη πεταλούδων της οικογένειας Lycaenidae στην προσπάθεια εξασφάλισης θρεπτικών διαλυμένων στο νερό



Αρχή ανταγωνιστικού αποκλεισμού

- Ο ανταγωνισμός εκφράζεται στην αύξηση, αναπαραγωγή και επιβίωση των ειδών που αλληλεπιδρούν
- Τελικά, θα απομείνουν στη βιοκοινότητα οι επικρατέστεροι ανταγωνιστές, ενώ οι ασθενέστεροι θα εξαφανιστούν

Αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού
ή αρχή του Gause

*Είδη με ίδιες οικοθέσεις δεν μπορούν να συνυπάρξουν
(σταθερό περιβάλλον)*

Για συνύπαρξη, καταμερισμός πόρων / μετατόπιση χαρακτήρων



Ανταγωνισμός παράδειγμα με φυτά

Tansley

Πειραματίστηκε με είδη *Galium* στη Βρετανία

- *G. hercynicum*, σε όξινα εδάφη
- *G. rutilum*, σε ασβεστολιθικά (=αλκαλικό pH)

Όταν τα καλλιεργούσε

- μόνα τους, αναπτύσσονταν εξίσου καλά και στα όξινα και στα αλκαλικά εδάφη
- μαζί, μόνο το *G. hercynicum* αναπτυσσόταν καλά στα όξινα και μόνο το *G. rutilum* στα αλκαλικά εδάφη
- Άρα, τα είδη ανταγωνίζονται όταν συνυπάρχουν

Το ένα κερδίζει, το άλλο χάνει



Εικόνα 3.15.
Είδος *Galium*

Tansley, A.G. (1917) On competition between *Galium saxatile* L. (*G. hercynicum* Weige) and *Galium sylvestre* Poll. (*G. asperum* Schreb.) on different types of soil. *Journal of Ecology*, 5, 173-179



Παράδειγμα με φυτά *Galium*



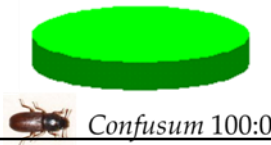







Η έκβαση του ανταγωνισμού εξαρτάται από τα αβιοτικά και βιοτικά χαρακτηριστικά του ενδιαιτήματος και τα βιολογικά χαρακτηριστικά των ανταγωνιζόμενων ειδών (γονιμότητα, θνησιμότητα, κλπ)



Ανταγωνισμός παράδειγμα με ζώα (έντομα)

- Πειράματα με κολεόπτερα
- *Tribolium confusum* (προτίμηση για χαμηλή θερμοκρασία και υγρασία)
- *T. castaneum* (προτίμηση για υψηλή θερμοκρασία και υγρασία)

Park

Θερμοκρασία	Υγρασία	
	30%	70%
24°C	  <i>Confusum</i> 100:0	 71:29
29°C	 87:13	 14:86
34°C	 90:10	 0:100  <i>Castaneum</i> 100:0

Εικόνα 3.16. Εκτροφή σε άλευρα δύο ειδών κολεοπτέρων υπό διαφορετικές συνθήκες

Park, T. (1954) Experimental studies of interspecies competition. II. Temperature, humidity and competition in two species of *Tribolium*. *Physiological Zoology*, 27, 177–238



Παράδειγμα με ζώα επικάλυψη οικοθέσεων

Η οικοθέση είναι
πολυδιάστατη

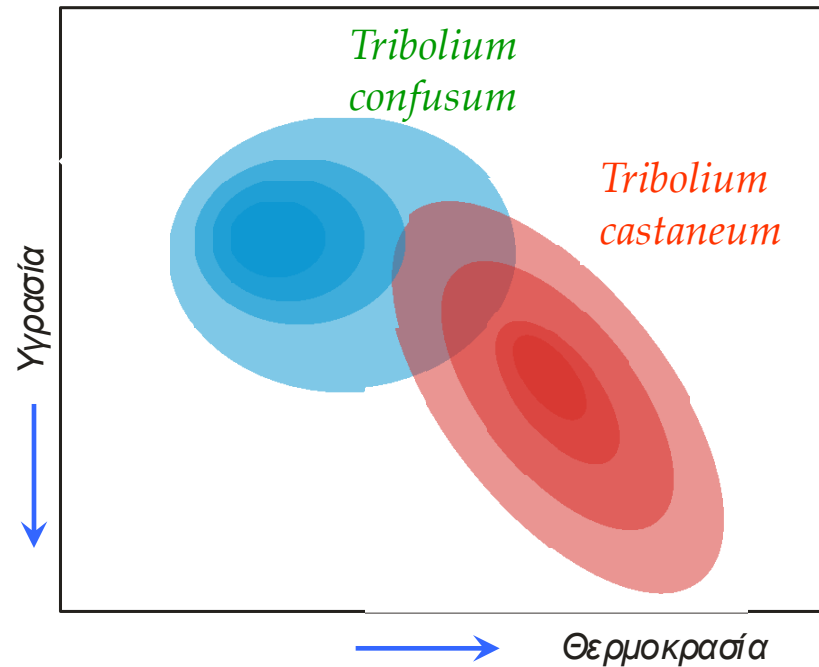
Κάθε περιβαλλοντικός
παράγοντας αντιστοιχεί σε
έναν άξονα

π.χ. στα πειράματα με κολεόπτερα

Άξονας-1: Θερμοκρασία

Άξονας-2: Υγρασία

Άξονας-3: ...



Εικόνα 3.17. Επικάλυψη οικοθέσεων των δύο συγγενικών ειδών εντόμων στο επίπεδο που ορίζουν η θερμοκρασία και η υγρασία

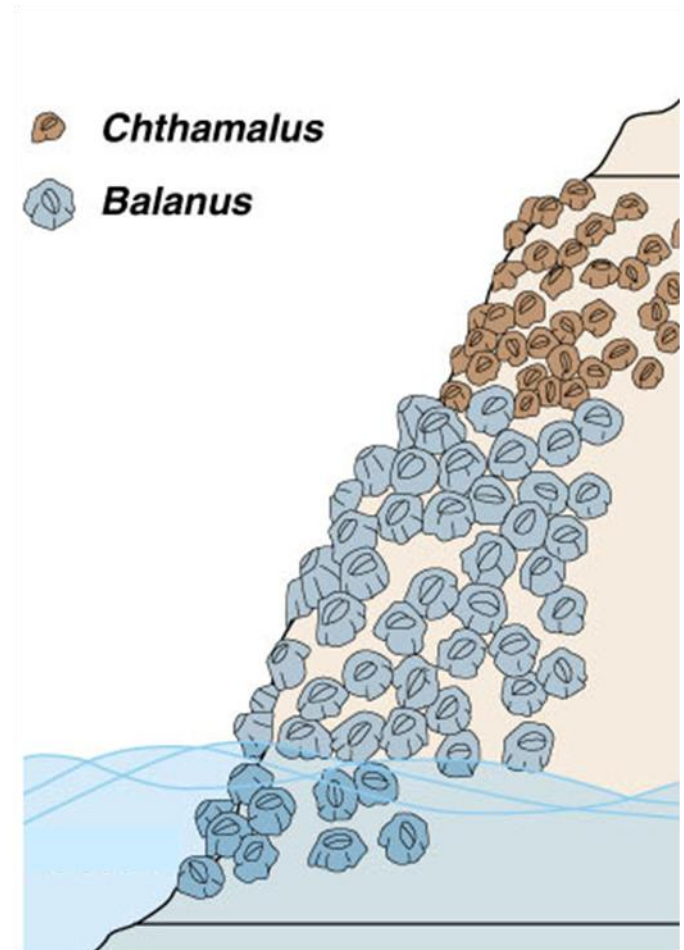


Παράδειγμα με ζώα (θυσανόποδα, καρκινοειδή)

Ζώνωση ασπονδύλων
σε βραχώδεις ακτές

Όμως, νεαρά *Chthamalus*
συναντώνται σε μεγάλους
αριθμούς και χαμηλότερα

Εικόνα 3.18. Δύο συγγενικά είδη
ασπονδύλων καταλαμβάνουν διαφορετικές
ζώνες στους παράκτιους βράχους: το
Chthamalus stellatus στην ανώτερη ζώνη,
το *Balanus balanoides* από κάτω



Connell, J.H. (1961) The Influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology*, 42, 710-723



Πείραμα με ζώα (Θυσανόποδα, καρκινοειδή)

Connell

- Όταν έβγαλε το *Balanus* από την κατώτερη ζώνη, το *Chthamalus* μπορούσε να εισβάλει στον ελεύθερο χώρο
- Όταν έβγαλε το *Chthamalus* από την ανώτερη ζώνη, το *Balanus* δεν μπορούσε να ανέβει επάνω

Άρα, το *Balanus* δεν αντέχει έξω από το νερό για μεγάλο διάστημα

Connell, J.H. (1961) The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology*, 42, 710-723



Πείραμα με ζώα επιβίωση

Παρακολούθησε την επιβίωση των νεαρών *Chthamalus* στη ζώνη των *Balanus*

- Νεαρά υπήρχαν εκεί ανεξαρτήτως ύψους παλίρροιας και μπορούσαν να εγκατασταθούν, όταν απουσίαζαν τα *Balanus*
- Η μεγαλύτερη θνησιμότητά τους συνέπιπτε με την εποχή ταχείας αύξησης των *Balanus*

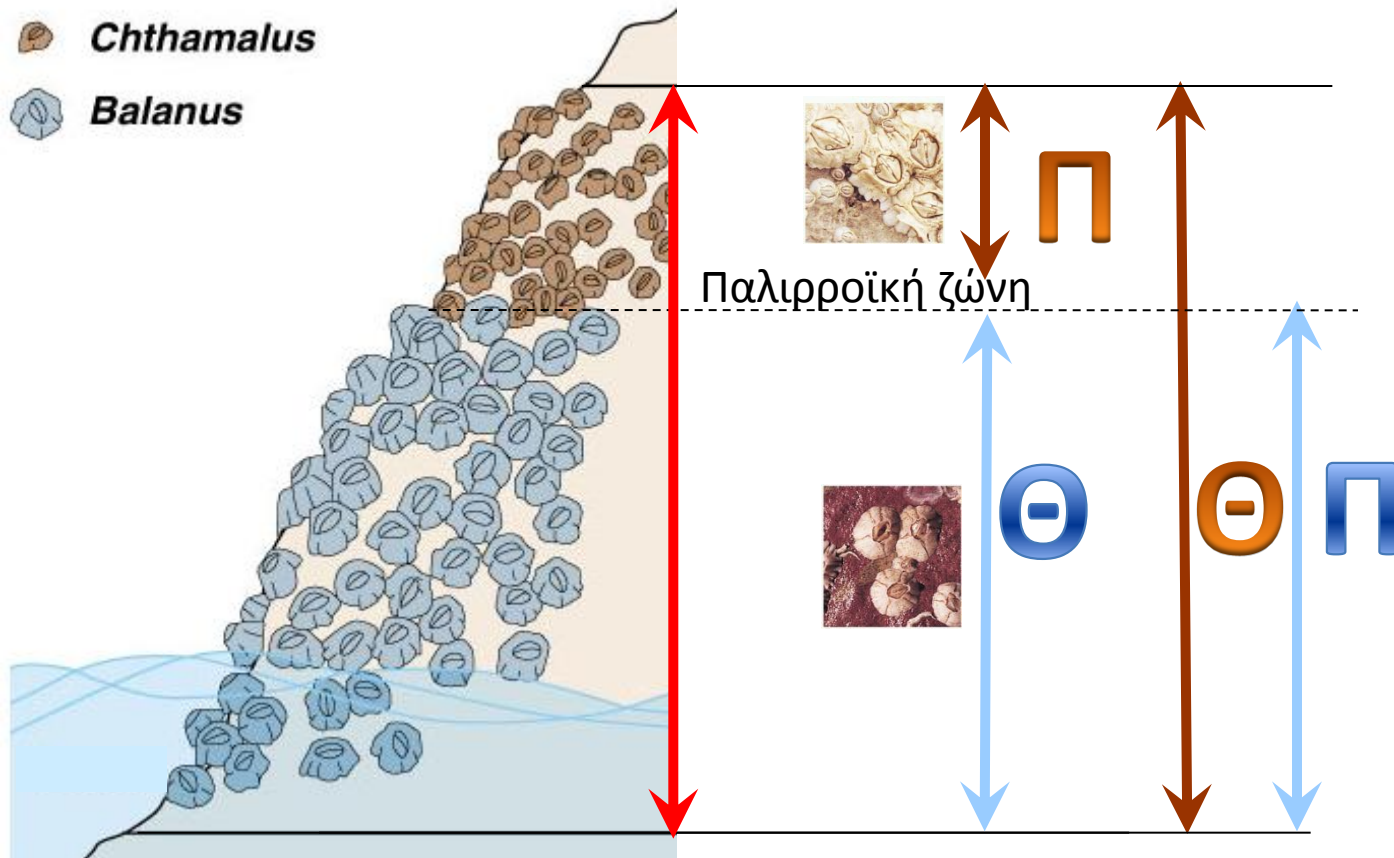
Άρα,

- τα *Chthamalus* περιορίζονται υψηλά λόγω του ανταγωνισμού από τα *Balanus*

Η μεγάλης διάρκειας βύθιση των *Chthamalus* στο νερό δεν είναι πρόβλημα



Θεμελιώδεις και πραγματοποιημένες οικοθέσεις



Εικόνα 3.19. Θεμελιώδεις και πραγματοποιημένες οικοθέσεις εκπροσώπων των ειδών *Chthamalus* και *Balanus*



Πείραμα με ζώα οικοθέσεις

- Η θεμελιώδης οικοθέση του *Chthamalus* επεκτείνεται μέσα στη ζώνη του *Balanus*
- Η θεμελιώδης οικοθέση του *Balanus* δεν του επιτρέπει να επεκταθεί στη ζώνη του *Chthamalus* δεδομένης της ευαισθησίας του εκτός νερού
- Ο ανταγωνισμός από το *Balanus* περιορίζει το *Chthamalus* σε υψηλότερες θέσεις της ακτής
- Το *Balanus* ανταγωνιστικά απέκλεισε το *Chthamalus* από την κατώτερη ζώνη



Bb

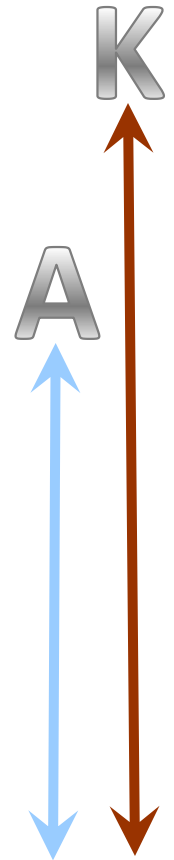


Ανταγωνισμοί χωρίς εξαφανίσεις

Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι

Είναι δυνατή η συνύπαρξη ανταγωνιστικών ειδών, εάν η πραγματοποιημένη οικοθέση του ανώτερου ανταγωνιστή δεν καλύπτει όλα τα τμήματα της θεμελιώδους οικοθέσης του κατώτερου ανταγωνιστή που προσφέρει το ενδιαίτημα

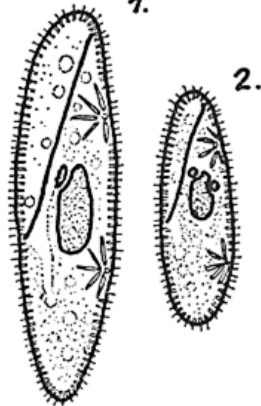
Διαφορετικά, το είδος που ανταγωνιστικά πλεονεκτεί θα εκδιώξει αυτό που υστερεί



Διαειδικός ανταγωνισμός πείραμα με πρωτόζωα - εξαφάνιση

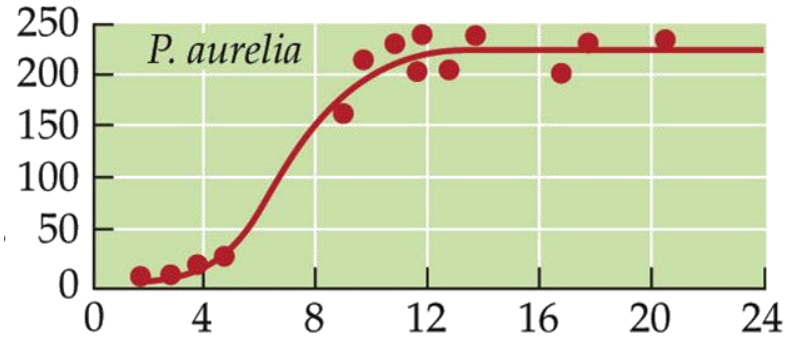
Gause

Δύο είδη *Paramecium*

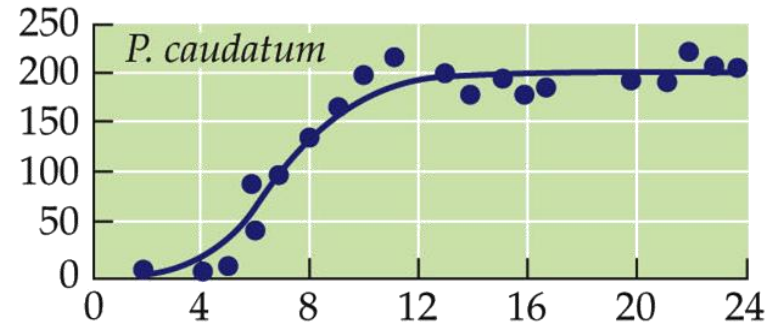


P. aurelia *P. caudatum*

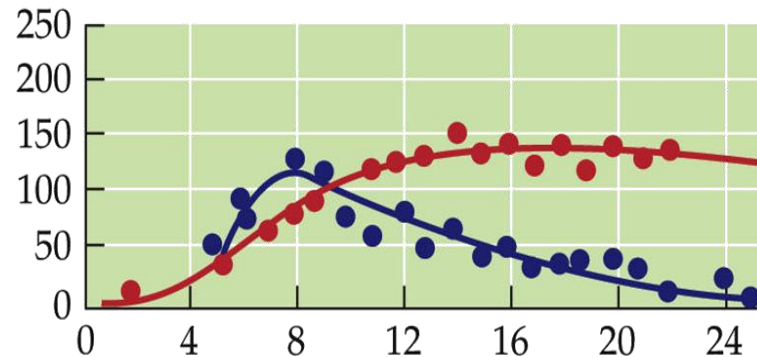
Εικόνα 3.21. Πληθυσμιακές μεταβολές δύο συγγενικών ειδών όταν αυξάνονται μόνο τους (α, β) ή μαζί (γ) - οπότε παρατηρείται εξαφάνιση του ενός



(α)



(β)



(γ)

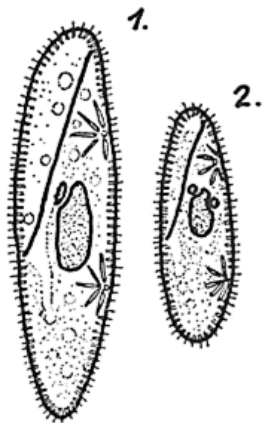
Gause, G.F. (1934) The struggle for existence. Williams and Wilkens, Baltimore



Διαειδικός ανταγωνισμός πείραμα με πρωτόζωα - συνύπαρξη

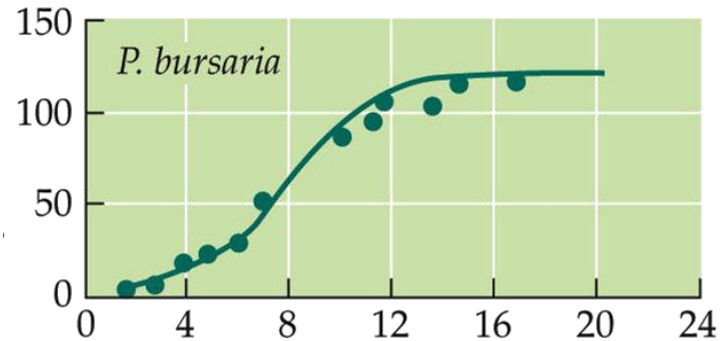
Gause

Δύο είδη *Paramecium*

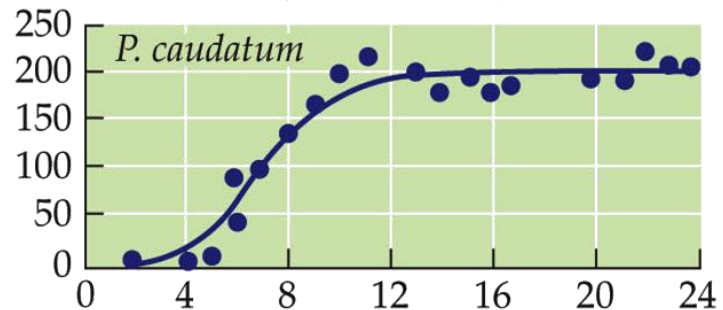


P. bursaria *P. caudatum*

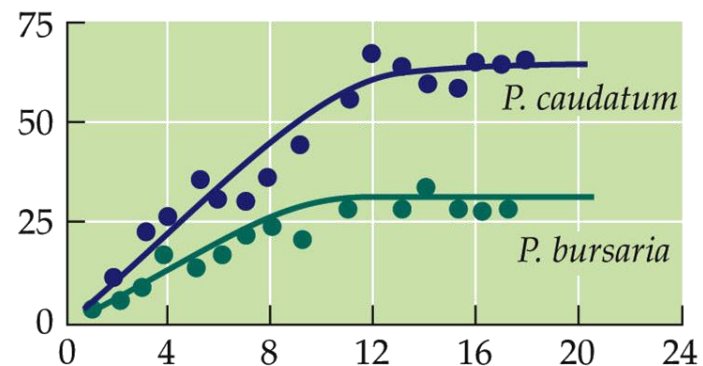
Εικόνα 3.22. Πληθυσμιακές μεταβολές δύο συγγενικών ειδών όταν αυξάνονται μόνο τους (α, β) ή μαζί (γ) - οπότε παρατηρείται συνύπαρξη (αλλά σε χαμηλότερα επίπεδα)



(α)



(β)



(γ)



Διαειδικός ανταγωνισμός συνύπαρξη

- Είδη με παρόμοια οικοθέση μπορούν να συνυπάρξουν στη φύση, εφόσον αναπτύξουν ελαφρά διαφορετικές απαιτήσεις για τροφή και ενδιαίτημα (= εάν διαφοροποιηθεί η οικοθέση τους)
- Όταν δύο είδη με παρόμοιες ανάγκες/προσαρμογές που δεν συνυπάρχουν φυσικά έρθουν σε επαφή, συνήθως το ένα θα ωφεληθεί εις βάρος του άλλου
 - Στη Βρετανία, την εισαγωγή του μεγαλύτερου και περισσότερο επιθετικού Αμερικάνικου σκίουρου (β), το 1846, ακολούθησε μια σταθερή συρρίκνωση του εύρους εξάπλωσης του ιθαγενούς σκίουρου (α)



(α)



(β)

Εικόνα 3.23. (α) *Sciurus vulgaris* (ευρωπαϊκός, (β) *S. carolinensis* (αμερικανικός)



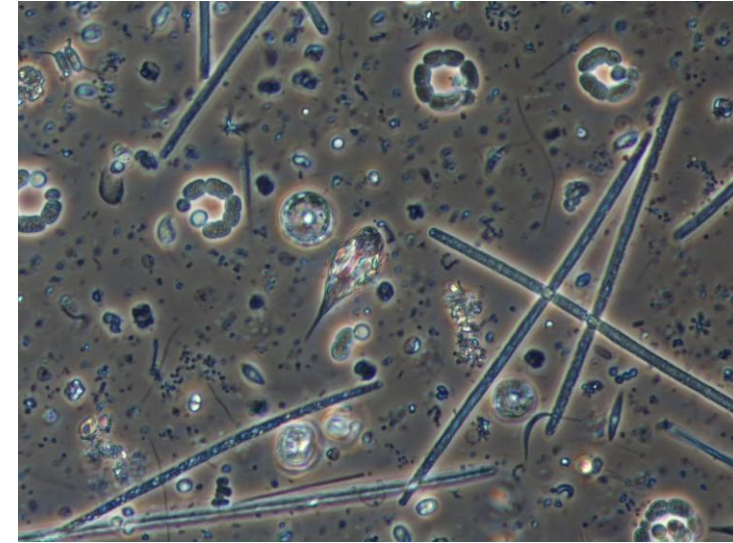
Η αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού δεν αποδεικνύεται πάντα

Δηλαδή, συνυπάρχουν ανταγωνιστές
ανώτεροι και κατώτεροι, χωρίς
εξαφανίσεις

Παράδοξο φυτοπλαγκτού
(Hutchinson 1961)

Μεγάλος αριθμός φυτικών ειδών
σε περιβάλλον με χαρακτηριστική
έλλειψη πόρων (θρεπτικά)

Πώς μπορούν να συνυπάρχουν;



Εικόνα 3.24.
Πλαγκτονικοί οργανισμοί

Hutchinson, G.E. (1961) The paradox of the plankton. *The American Naturalist* 95, 137-145



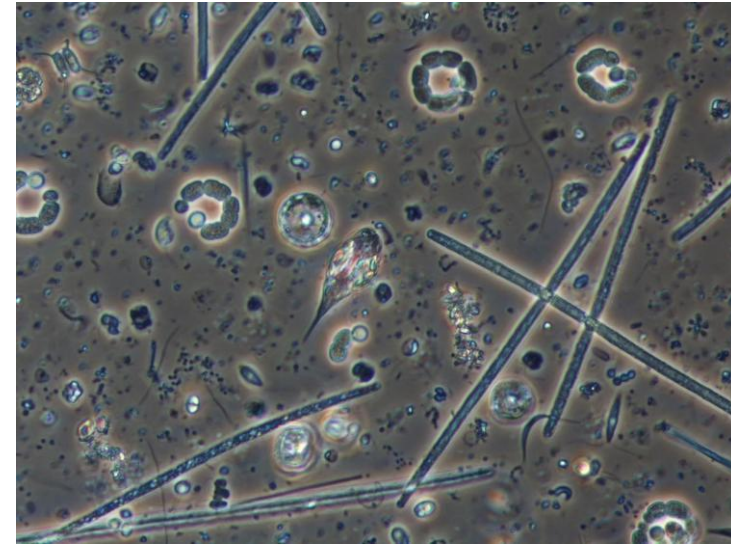
Η αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού δεν αποδεικνύεται πάντα - ερμηνεία

Δηλαδή, συνυπάρχουν ανταγωνιστές
ανώτεροι και κατώτεροι, χωρίς
εξαφανίσεις

Παράδοξο φυτοπλαγκτού
(Hutchinson 1961)

Μεγάλος αριθμός φυτικών ειδών
σε περιβάλλον με χαρακτηριστική
έλλειψη πόρων (θρεπτικά)

Πώς μπορούν να συνυπάρχουν;



Ερμηνεία: Συστήματα μεταβαλλόμενα, εκτός ισορροπίας



Μείζον μεθοδολογικό πρόβλημα

Η αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί με τρόπο θετικό

- Είναι συχνά δύσκολο να αποδειχτεί ότι υπάρχει διαφοροποίηση της οικοθέσης δύο ειδών που συνυπάρχουν
- *Είναι αδύνατο να αποδειχθεί ότι δεν υπάρχει διαφοροποίηση – είναι άπειρες οι δυνατές διαστάσεις της οικοθέσης*

Παρά τα εγγενή προβλήματα, η αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού έχει ευρεία αποδοχή, δεδομένου ότι

- (α) πολλές ενδείξεις συνηγορούν υπέρ της
- (β) είναι βάσιμη σε θεωρητικό επίπεδο (που προϋποθέτει συστήματα σε ισορροπία)
- [(γ) διαισθητικά, φαίνεται λογική]



Τροφικές σχέσεις

Κλασική κατάταξη καταναλωτών

- φυτοφάγοι (α)
- σαρκοφάγοι διαφόρων τάξεων (β)
- παμφάγοι (γ)

(α)



(β)



(γ)



Εικόνα 3.25. (α) Κοάλα (*Phascolarctos cinereus*), (β) Αλογάκι της Παναγιάς (Mantidae), (γ) μπαμπουίνος του Ακρωτηρίου (*Papio ursinus*)



Ετερότροφοι οργανισμοί



Κι άλλη ομαδοποίηση

Με βάση την τροφική συμπεριφορά:

- τυπικοί θηρευτές (άρπαγες)
- θηρευτές βοσκής (κυρίως φυτοφάγα ζώα)
- παράσιτα και παρασιτοειδή



Τυπικοί θηρευτές (σαρκοφάγα)

- Σκοτώνουν το θήραμά τους
- Θανατώνουν πλήθος ατόμων κατά τη διάρκεια της ζωής τους



Εικόνα 3.26.
Στο πάρκο Edeni,
N. Αφρική



Θηρευτές βοσκής

- Εντάσσονται φυτοφάγα ζώα και μη φυτοφάγοι οργανισμοί, όπως δίπτερα (π.χ. κουνούπια) που δαγκώνουν τα θηλαστικά, βδέλλες που ρουφούν το αίμα τους...
- Προσβάλλουν μεγάλους αριθμούς ατόμων στη διάρκεια της ζωής τους
- Συνήθως, αφαιρούν μόνον τμήμα τους
- Βλάπτουν τα άτομα που προσβάλλουν, αλλά δεν επιφέρουν άμεσο θάνατο
- Δεν μπορεί να προβλεφθεί αν η δράση τους θα έχει μακροπρόθεσμα θανατηφόρο αποτέλεσμα



Εικόνα 3.27. Τυπικός θηρευτής βοσκής στο πάρκο Kruger



Παράσιτα

- Όπως οι θηρευτές βοσκής, καταναλώνουν τμήματα μόνο του 'θηράματος' - ξενιστή τους
- Σπάνια έχουν βραχυπρόθεσμο θανατηφόρο αποτέλεσμα
- Αντίθετα από τους θηρευτές βοσκής, εκμεταλλεύονται ένα ή πολύ λίγα άτομα στη διάρκεια της ζωής τους



Εικόνα 3.28. Το πουρνάρι, ξενιστής παρασιτικών εντόμων. Πήρε το επιστημονικό του όνομα (*Quercus coccifera*) από τις κηκίδες των εντόμων στα φύλλα του.



Παράσιτα παραδείγματα

Εντάσσονται

- ιοί (π.χ. μωσαϊκή του καπνού)
- βακτήρια (π.χ. φυματίωσης)
- μύκητες (π.χ. που προκαλούν περονόσπορο στην πατάτα)
- ζώα (π.χ. έντομα που σχηματίζουν κηκίδες στα φυτά ή οι αφίδες που αφαιρούν τους χυμούς τους)
- φυτά



Εικόνα 3.29. Έλατο, ξενιστής του παρασιτικού φυτού *Viscum album* (ιξός, γκί)



Παρασιτοειδή

Εντάσσονται έντομα, κυρίως Υμενόπτερα (σφήκες) και Δίπτερα, με βάση τη συμπεριφορά ωαπόθεσης των ώριμων θηλυκών και του πρότυπου ανάπτυξης των λαρβών τους

- Ως ώριμα άτομα ζουν ελεύθερα αλλά αφήνουν τα αυγά τους σε άλλα έντομα (ή άλλα ζώα, όπως αράχνες)
- Η προνύμφη του παρασιτοειδούς αναπτύσσεται μέσα ή επάνω στο άτομο-ξενιστή του
- Αρχικά δεν φαίνεται να τον βλάπτει, τελικά, όμως, θα τον εξοντώσει καταναλώνοντάς τον πριν ή κατά τη διάρκεια του σταδίου της νύμφης

Όπως τα παράσιτα, είναι στενά συνδεδεμένα με ένα μοναδικό άτομο-ξενιστή

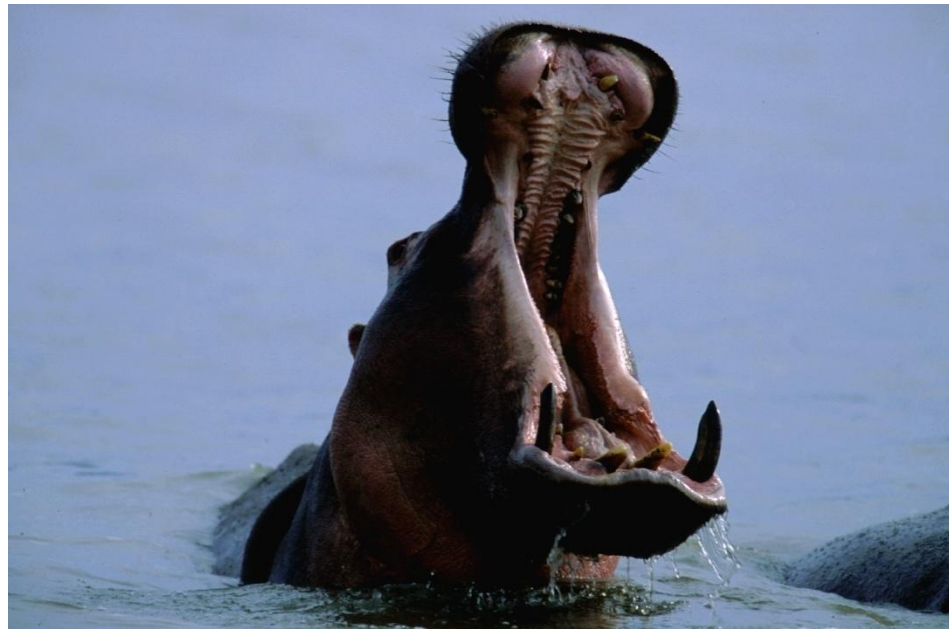


Εικόνα 3.30.
Ωαπόθεση της σφήκας *Aleiodes indiscretus* επάνω σε λάρβα



Ερώτηση

*Γιατί η θήρευση δεν οδηγεί σε
κατάρρευση του φυσικού κόσμου;*



Διερεύνηση σχέσης λείας-θηρευτή

Οι θηρευτές θα μπορούσαν να καταναλώσουν όλη τη διαθέσιμη τροφή και στη συνέχεια να εξαφανιστούν και αυτοί, αφού δεν θα είχαν τι να φάνε

Διερεύνηση τρόπων διατήρησης της ισορροπίας των συστημάτων λείας-θηρευτή

*Σημείο εκκίνησης: το μοντέλο Lotka-Volterra
(από τους Lotka 1925, Volterra 1926)*

- Lotka, A.J. (1925) Elements of Physical Biology. Williams and Wilkins, Baltimore
- Volterra, V. (1926) Variazione e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. Memorie Accademia Nazionale Lincei 2, 31-113



Σύστημα λείας-θηρευτή

Περιγραφή μεταβολών των
πληθυσμιακών μεγεθών
λείας (1) - θηρευτή (2)

$$dN_1/dt = r_1 N_1 - P N_1 N_2 \text{ και}$$
$$dN_2/dt = P_2 N_1 N_2 - d_2 N_2$$



Εικόνα 3.31. Λεοπάρδαλη (*Panthera pardus pardus*) και αντιλόπη (*Tragelaphus sylvaticus*) στο πάρκο Kruger



Μοντέλο Lotka-Volterra

$$dN_1/dt=r_1N_1-PN_1N_2 \text{ και } dN_2/dt=P_2N_1N_2-d_2N_2$$

N_1 , η πυκνότητα του πληθυσμού της λείας

N_2 , η πυκνότητα του πληθυσμού του θηρευτή

r_1 , ο ενδογενής ρυθμός αύξησης της λείας
(απουσία θηρευτών)

P , συντελεστής θήρευσης

P_2 , συντελεστής που εκφράζει την αποτελεσματικότητα του θηρευτή

d_2 , η πυκνοεξαρτημένη θνησιμότητα του θηρευτή



Παραδοχές του μοντέλου Lotka-Volterra

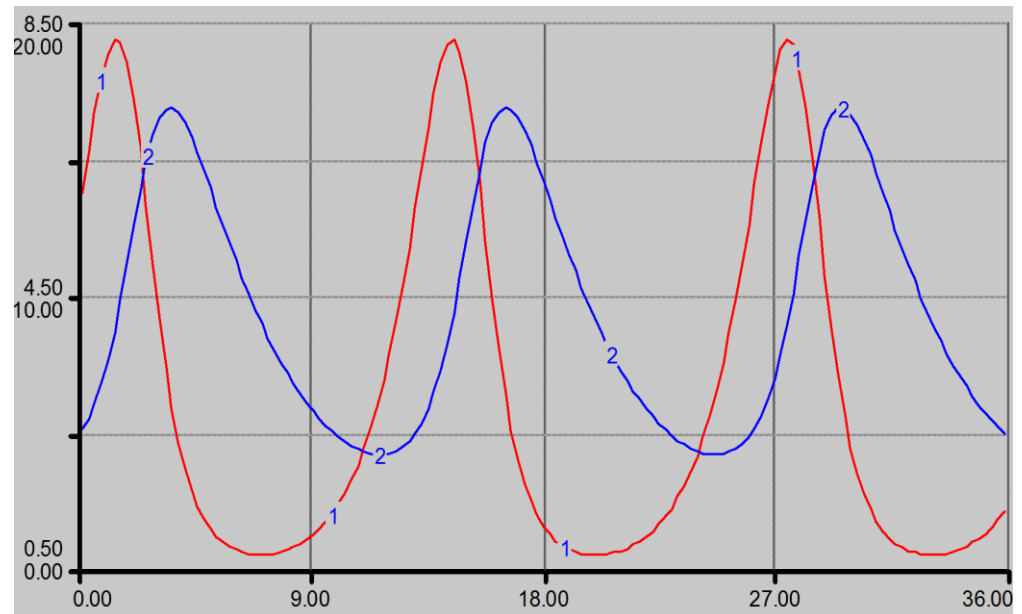
Βασικές παραδοχές

- ο πληθυσμός της λείας αυξάνεται εκθετικά
- η αύξηση του πληθυσμού του θηρευτή εξαρτάται από την ποσότητα της λείας (που καταναλώνει)

$$[dN_1/dt=r_1N_1-PN_1N_2 \text{ και } dN_2/dt=P_2N_1N_2-d_2N_2]$$

Αποτέλεσμα

Εικ. 3.32. Συζευγμένοι κύκλοι αυξομειώσεων των πληθυσμιακών μεγεθών της λείας και του θηρευτή



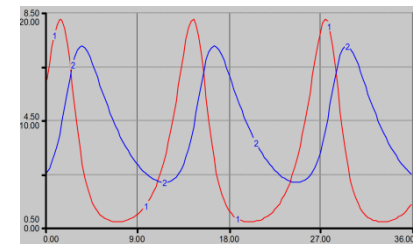
Συνέπειες παραδοχών του μοντέλου

- Παρουσία επαρκούς τροφής, ο θηρευτής θα αρχίσει να αναπαράγεται σε μεγαλύτερο βαθμό
- Καθώς ο πληθυσμός του θηρευτή θα αυξάνεται, θα καταναλώνει όλο και περισσότερη ποσότητα λείας – Αυτό δεν θα διατηρηθεί επ' άπειρον
- Η αυξανόμενη κατανάλωση της λείας θα οδηγήσει σε μείωση του πληθυσμού της (δηλαδή, της διαθέσιμης τροφής για το θηρευτή)
- Απουσία επαρκούς τροφής, ο πληθυσμός του θηρευτή θα αρχίσει να μειώνεται
- Αυτό θα διαρκέσει μέχρις ότου ο πληθυσμός της λείας αρχίσει να ανακάμπτει – όταν, δηλαδή, οι απώλειες (από τη θήρευση) γίνουν μικρότερες από τα κέρδη (αύξηση και αναπαραγωγή)
- Με την αύξηση του πληθυσμού της λείας, θα αρχίσει πάλι να αυξάνεται ο πληθυσμός του θηρευτή

Ένας νέος κύκλος ίδιων συμβάντων θα ξεκινήσει

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{dt} &= r_1 N_1 - P N_1 N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} &= P_2 N_1 N_2 - d_2 N_2 \end{aligned}$$

1 (λεία) ———
2 (θηρευτής) ———



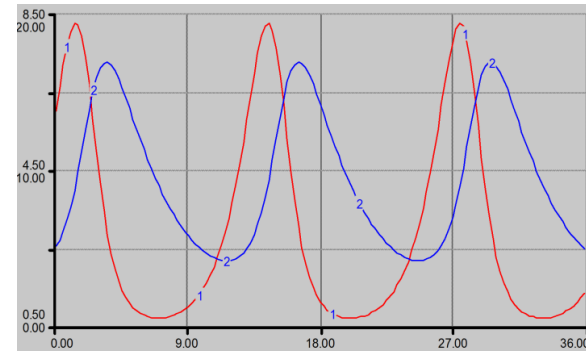
Προβλέψεις του μοντέλου

Σύμφωνα με το μοντέλο *Lotka-Volterra*

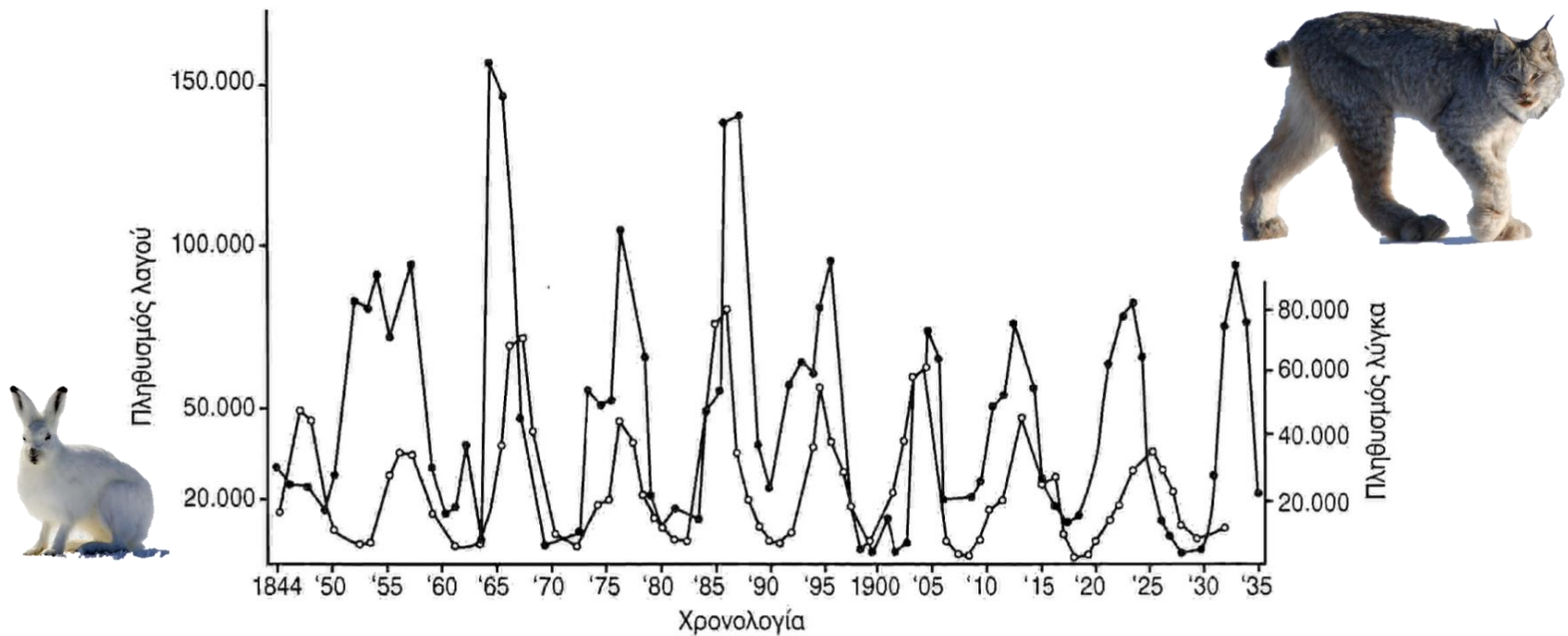
$$[dN_1/dt=r_1N_1-PN_1N_2, dN_2/dt=P_2N_1N_2-d_2N_2]$$

- Η λεία δεν καταστρέφεται τελείως από το θηρευτή
- Ο θηρευτής ποτέ δεν εξαφανίζεται

Διατήρηση της ισορροπίας με περιοδικές διακυμάνσεις της αφθονίας των ειδών



Κλασική εφαρμογή του μοντέλου



Εικόνα 3.33. Συζευγμένοι κύκλοι λύγκα-λαγού, από Καναδά



Άλλες σχέσεις λείας-θηρευτή

Οι μαθηματικές εξισώσεις του μοντέλου Lotka-Volterra είναι απλές και δεν λαμβάνουν υπόψη πλήθος παραγόντων που επιδρούν στο σύστημα

Στην πραγματικότητα, έχουν βρεθεί και άλλοι τύποι αλληλεπίδρασης, με τους θηρευτές να

- διατηρούν σχετικά σταθερές πυκνότητες παρά τις αυξομειώσεις της αφθονίας της λείας
- έχουν ιδιαίτερα βλαβερή δράση στη λεία, σχεδόν εξαφανίζοντάς την
- μην επηρεάζουν σε αξιόλογο βαθμό την αφθονία της λείας

Σειρά διαφορετικών μοντέλων επιχειρούν ρεαλιστικότερη προσέγγιση των πληθυσμιακών μεταβολών



Ερώτηση

Γιατί ο κόσμος παραμένει πράσινος;



Προφανής απάντηση

Επειδή καταναλώνεται μικρό μόνο τμήμα της πρωτογενούς παραγωγής των χερσαίων συστημάτων



Αίτια μικρής κατανάλωσης

- Τα σαρκοφάγα, τα παράσιτα και οι αρρώστιες κρατούν τους πληθυσμούς των φυτοφάγων σε χαμηλά επίπεδα
- Τα φυτά δεν είναι καλής ποιότητας τροφή
 - Χαμηλό περιεχόμενο σε άζωτο και νερό / συστατικά χαμηλής θρεπτικής αξίας / τοξίνες / ουσίες που μειώνουν την προσληψιμότητα των θρεπτικών συστατικών συμβάλλουν στο να κάνουν τα φυτά όχι ιδιαίτερα εδώδιμα
 - Τα 'καλά κομμάτια' είναι δύσκολο να βρεθούν ανάμεσα σε τόσα άλλα ακατάλληλα
- Τα φυτοφάγα βρίσκονται ανάμεσα σε συμπληγάδες Φυσικοί εχθροί, από τη μια, κακής ποιότητας τροφή, από την άλλη
Πρέπει να βρουν τον τρόπο να τα βγάλουν πέρα



Φυτική άμυνα

- Μηχανικά μέσα (π.χ. αγκάθια)
- Ιδιάζουσα χημεία (= δευτερογενής μεταβολισμός)

(α)



(β)



(γ)



Εικόνα 3.34. (α) Ακακία της ερήμου, (β) Δακτυλίτις, (γ) Γαλατσίδα



Δευτερογενείς μεταβολίτες

- *Τερπενοειδή* (ή *ισοπρενοειδή*)
[π.χ. (α) 3.35, 3.37]
από ακέτυλο-συνένζυμο A, μέσω κυρίως του μονοπατιού του μεβαλονικού οξέος
- *Αλκαλοειδή* και άλλες αζωτούχες ενώσεις
[π.χ. (β) 3.35, 3.37]
πρόδρομη ουσία: κάποιο βασικό αμινοξύ
- *Φαινολικές ουσίες*
μέσω σικιμικού οξέος, από αμινοξύ φαινυλαλανίνη και μαλόνυλο-συνένζυμο A (απαραίτητο και στη βιοσύνθεση λιπών)

80% φυτικής προέλευσης



(α)

Εικόνα 3.35. (α)
Θυμάρι, (β) Βίνκα

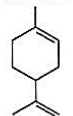


(β)



Κύριες ομάδες δευτερογενών μεταβολιτών

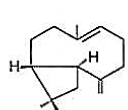
ΙΣΟΠΡΕΝΟΙΔΗ



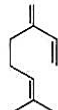
λιμονένιο



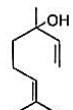
α-πινένιο



καρσοφυλλένιο



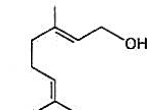
μυρκένιο



λιναλοόλη



μινθόνη

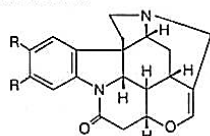


γερανιόλη

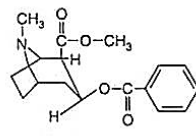


καμπορά

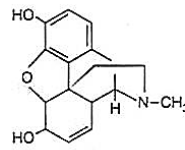
ΑΛΚΑΛΟΙΔΗ



στρυχνίνη: R=H
βρυκίνη: R=OCH₃



κοκαΐνη



μορφίνη

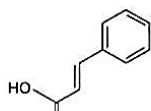


πιπεριδίνη

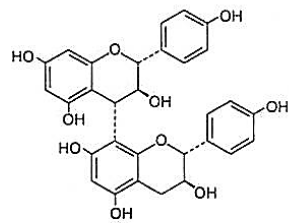


πυριδίνη

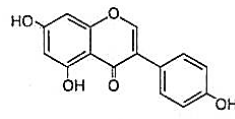
ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ



κινναμικό οξύ



διφαιβάνη



ισοφλαβόνη

- *Τερπενοειδή* - Καμιά άλλη ομάδα μεταβολιτών δεν είναι πιο ποικίλη, δεν παράγεται από περισσότερους οργανισμούς, δεν έχει μεγαλύτερη ποικιλία δραστηριότητας (δεκάδες χιλιάδες ενώσεις)
- *Αλκαλοειδή* - Πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις
- *Φαινολικές ουσίες* - Με αρωματικό δακτύλιο και ένα ή περισσότερα υδροξύλια, συνηθέστατα υποκατεστημένα από μεθυλικές ή γλυκοσιδικές ομάδες

Ο δευτερογενής μεταβολισμός είναι 'ακριβός'

- Εξαρτάται από τον πρωτογενή τόσο για παροχή ενέργειας όσο και πρόδρομων ουσιών
- Τα ισοπρενοειδή, πολύ ακριβές ενεργειακά ουσίες (περιέχουν περίπου 12 kcal/g)

Υπερχειλίση πρωτογενούς;(!)

Εικόνα 3.36. Ενδεικτικές δομές δευτερογενών μεταβολιτών



Δράσεις δευτερογενών μεταβολιτών

- Ορισμένοι είναι ζωτικής σημασίας για αύξηση φυτών (π.χ. γιββερελλίνες, αυξίνες, κυτοκινίνες και άλλες φυτικές ορμόνες)
- Άλλοι έχουν σημαντικό ρόλο - ως χρώματα ή αρώματα - για την προσέλκυση επικονιαστών (π.χ. ανθοκυάνες, καροτενοειδή)
- Για τη μεγάλη πλειονότητα των δευτερογενών μεταβολιτών, δεν υπάρχει αποδεδειγμένη δράση σε επίπεδο φυσιολογίας
- Σήμερα, γίνεται αποδεκτό ότι αποκτούν σημασία περισσότερο στο επίπεδο της οικολογίας

Για παράδειγμα, συμβάλλουν στην άμυνα των φυτών έναντι φυτοφάγων ζώων, παθογόνων μικροβίων αλλά και ανταγωνιστικών φυτικών ειδών

(α)



(β)



Εικόνα 3.37. (α)
Μυρτιά, (β)
Μανδραγόρας



Παρουσία δευτερογενών μεταβολιτών

- *Ενεργοποίηση αμυντικού μηχανισμού, όταν χρειάζεται*
Ουσίες που δεν προϋπάρχουν στους φυτικούς ιστούς (ή υπάρχουν σε απειροελάχιστες ποσότητες) παράγονται σε μεγάλες ποσότητες ως απόκριση σε μια μικροβιακή προσβολή παρέχοντας μεταγενέστερη προστασία (φυτοαλεξίνες)



Εντυπωσιακή αύξηση της συγκέντρωσης ως απόκριση σε μηχανική βλάβη ή βοσκητική πίεση

Νικοτίνη: αύξηση κατά 250-400% σε σχέση με το μάρτυρα, όταν τα φύλλα τρυπήθηκαν ή χρησιμοποιήθηκαν ως τροφή από λεπιδόπτερα

Εικόνα 3.38. *Nicotiana glauca* (καπνός)

- *Σταθερή παρουσία*



Αποκρίσεις στην παρουσία δευτερογενών μεταβολιτών

Αλληλεπίδραση φυτών-καταναλωτών πολύπλοκη, υποκείμενη σε αλλαγές με την πάροδο του χρόνου

Φυτά αντέχουν αφαίρεση βιομάζας / Ζώα αποτοξινώνουν

Όμως, προϊόν αποτοξίνωσης μπορεί να είναι πιο τοξικό από το αρχικό, π.χ. αλκαλοειδές σενεκιονίνη σε *Senecio jacobaea*

Αφυδρογόνωση, μηχανισμός αποτοξίνωσης στα θηλαστικά

- Όμως, το προϊόν αφυδρογόνωσης της σενεκιονίνης είναι ουσία που δεσμεύει το DNA στο συκώτι
- Φυτά που φέρουν σενεκιονίνη είναι πλήρως προστατευμένα από τα θηλαστικά που πεθαίνουν όταν τα φάνε
- Τα έντομα κατάφεραν να αντιμετωπίσουν την τοξικότητά του
- Μερικά λεπιδόπτερα συλλέγουν τέτοιες ουσίες και τις χρησιμοποιούν ως φερομόνες



Εικόνα 3.39.
Senecio jacobaea



Κατώτερα τερπενοειδή

Πολλαπλοί ρόλοι

Συμμετοχή και στα αιθέρια έλαια

Έχει βρεθεί ότι κυρίως

- προσελκύουν τα έντομα-επικονιαστές, αλλά μπορεί να έχουν και εντομοαπωθητική ή εντομοκτόνο δράση
- λειτουργούν ως φερομόνες στα έντομα (που τις παραλαμβάνουν είτε αυτούσιες από τα φυτά είτε υπό πρόδρομη μορφή που στη συνέχεια μετασχηματίζουν)
- έχουν αντιμικροβιακή δράση, αλλά και προωθητική
- έχουν ανασταλτική της φύτρωσης και αύξησης δράση, αλλά και προωθητική (σπανιότερα)



Εικόνα 3.40. *Salvia sclarea*, αιθέριο έλαιο θυμαριού, ρητινοσυλλογή

Επιλεκτική δράση



Αλληλοπάθεια

Χημικού τύπου αλληλεπίδραση μεταξύ φυτών

- Συνδέεται με την παραγωγή και απελευθέρωση από τα φυτά δραστικών ουσιών με βλαβερή ή ωφέλιμη δράση απέναντι σε φυτά-στόχους
- Άμεση / Έμμεση δράση
 - Η δεύτερη προϋποθέτει μεσολάβηση μικροοργανισμών και τροποποίηση των αρχικών ουσιών
- Πιο συχνά, αναφερόμαστε σε αρνητική και έμμεση δράση



Εικόνα 3.41. Αλληλοπαθητική δράση του δενδρολίβανου στην αύξηση της τομάτας: αριστερά, έδαφος στο οποίο προστέθηκαν φύλλα δενδρολίβανου, δεξιά, μάρτυρας



Σχέσεις συνεργασίας (mutualism)

Συνεργασία = παίρνεις και δίνεις

Δημιουργούνται μεταξύ πληθώρας διαφορετικών οργανισμών
Προϋπόθεση να ωφελούνται και οι δύο μετέχοντες



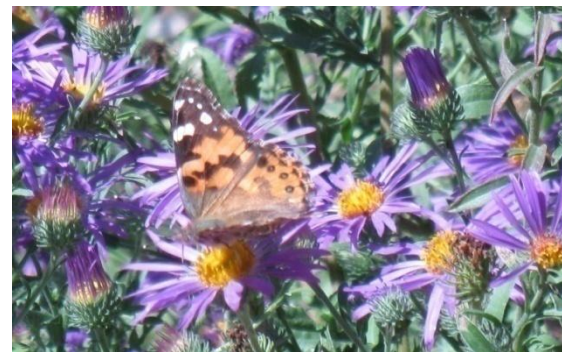
Εικόνα 3.42. Σχέση συνεργασίας: Αφρικανικός βούβαλος (*Syncerus caffer*) και πουλί-καθαριστής (*Burhagus africanus*) [μήπως εξελίσσεται σε παρασιτισμό;]



Σχέσεις συνεργασίας (α) μεταξύ φυτών και ζώων

Απελευθέρωση φυτών από τον καταναγκασμό της ακινησίας

- Διασπορά σπερμάτων
- Επικοινωνία



Διασπορά σπερμάτων

Σπέρματα ή καρποί, εξοπλισμένοι με ειδικές κατασκευές που επιτρέπουν την προσκόλληση τους στις τρίχες ή τα φτερά των ζώων = Σχέση εκμετάλλευσης (το όφελος μονόπλευρο) (α)

Σχέση συνεργασίας

Το φυτό 'πληρώνει' για τη διασπορά του

- Σαρκώδεις, εύγευστοι, θρεπτικοί καρποί (β)
- Πρόσθετο κόστος για κατασκευή σκληρών, ανθεκτικών ιστών που θα προστατεύουν το έμβρυο (γ)

(α)



Εικόνα 3.43. Δομές που αποσκοπούν στην επιτυχή διασπορά των σπερμάτων

(β)



(γ)



Επικονίαση

Με αβιοτικούς παράγοντες

Στηρίζεται στην τύχη (= μικρή αποτελεσματικότητα)

Ανεμογαμία, ο πιο σπάταλος επικονιαστικός μηχανισμός,

Ο μοναδικός τρόπος επικονίασης των γυμνόσπερμων (...αλλεργίες)

Με βιοτικούς παράγοντες

Πουλιά / νυχτερίδες / μικρά τρωκτικά / μαρσιποφόρα / έντομα: κολεόπτερα, δίπτερα, λεπιδόπτερα, υμενόπτερα

Τα έντομα εμφανίζουν προτιμήσεις για συγκεκριμένα χρώματα, σχήματα και αρώματα και μαθαίνουν γρήγορα να αποφεύγουν άνθη που δεν τα ανταμείβουν



(α)



(β)



(γ)



(δ)

Εικόνα 3.44 (α) Τυπική μορφή γυρεόκοκκου κωνοφόρων, εκπρόσωποι (β, γ) ανεμοεπικονιαζόμενων (κωνοφόρα, περδικάκι) και (δ) εντομοεπικονιαζόμενων φυτών



Όφελος για τους επικονιαστές

Όφελος επικονιαστή = τροφή
Γύρη και νέκταρ: για τον εαυτό
του ή και για τις ατελείς μορφές
του είδους του, εάν πρόκειται για
κοινωνικό έντομο



Εικόνα 3.45. Κολιμπρί
(οικογένεια Trochilidae) στο
έργο της επικονίασης



Αποτελεσματικότητα σχέσης

Διαβαθμίζεται από το αβέβαιο έως το απολύτως σίγουρο, ανάλογα με την ένταση της σχέσης συνεργασίας

Σε ένα επίπεδο, ανοιχτό άνθος (π.χ. Umbelliferae), η γύρη κολλάει στο σώμα του εντόμου και έπειτα πέφτει - ίσως, πάνω στο στίγμα του κατάλληλου άνθους

(α)



(β)



Εικόνα 3.46. (α) *Tordylium arulium*, (β) *Senecio squallidus*



Αποτελεσματικότητα σχέσης εξελιγμένα άνθη

Διαβαθμίζεται από το αβέβαιο έως το απολύτως σίγουρο,
ανάλογα με την ένταση της σχέσης συνεργασίας

Σε ένα εξελιγμένο άνθος, η
επικονίαση είναι σχεδόν σίγουρη

Αν μια μέλισσα επισκεφτεί άνθη
ψυχανθών, η κοιλιά της γεμίζει
με γύρη που μεταφέρει στο
επόμενο άνθος



Εικόνα 3.47. *Spartium junceum*
(σπάρτο)



Επικονιαστές

- Νυχτερίδες, πουλιά και λεπιδόπτερα παίρνουν νέκταρ
- Άλλα έντομα (κολεόπτερα, δίπτερα, υμενόπτερα) παίρνουν και γύρη
- Δεν υπάρχουν ενδείξεις ορνιθοφιλίας ή χειροπτεροφιλίας στην Ελλάδα



Επικονίαση οι ορχιδέες

Ειδική περίπτωση επικονίασης

Ορχιδέες: η στρατηγική του 'απατεώνα'

Μοιάζουν με τα έντομα-επικονιαστές τους (θηλυκά) και εκκρίνουν ουσίες που τους προξενούν συμπεριφορά αναπαραγωγικής συνεύρεσης

Η απάτη θα αποκαλυφθεί αλλά η ορχιδέα θα έχει μεταφέρει τη γύρη της

(α)



(β)



(γ)



Εικόνα 3.48 (α) *Ophrys attica*, (β) *O. mammosa*, (γ) *O. ferrum-equinum*

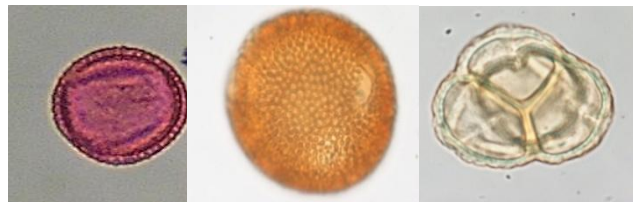


Ανθική πιστότητα ή σταθερότητα

Επικονιαστές επισκέπτονται άνθη του ίδιου φυτικού είδους - τουλάχιστον κατά τη διάρκεια ενός τροφοσυλλεκτικού ταξιδιού, με ακραία περίπτωση να επισκέπτονται πάντα το ίδιο είδος

Δεν έχει καταγραφεί 1:1 σχέση εξειδίκευσης (1 είδος επικονιαστή σε μόνον 1 είδος φυτού) στην Ελλάδα

- Υμενόπτερα, οι πιο πιστοί επικονιαστές
- Η γύρη που κουβαλάει ένας πιστός επικονιαστής ανήκει σε ένα μόνον είδος



Εικόνα 3.49. Γυρεόκοκκοι από ελιά, γεράνι, ρείκι



Ανθική πιστότητα

Οφέλη

Όφελος για φυτά

- Μεγαλύτερη πιθανότητα αποτελεσματικής επικονίασης
- Αντισταθμίζει κόστος εξειδικευμένων κατασκευών (εναντίον 'κλεφτών')



Διαδικασία μάθησης μελετημένη κυρίως στα κοινωνικά έντομα

Π.χ. οι μέλισσες επικονιάζουν μεγάλο αριθμό ειδών, αλλά καθεμιά προτιμά να επισκέπτεται άνθη ενός μόνον είδους στη διάρκεια μιας ημέρας - εκείνου που συνάντησε πρώτο στην αρχική της έξοδο από την κυψέλη

Όφελος για (πιστά) έντομα

- Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην πρόσληψη των ανθικών παροχών
- Μικρότερη συνολική κατανάλωση ενέργειας, αφού ο χρόνος για εκμάθηση-απομνημόνευση των χαρακτήρων του άνθους και εφαρμογή αυτής της γνώσης, ο μικρότερος δυνατός



Σχέσεις συνεργασίας (β) μεταξύ φυτών και μικροβίων

Πλήθος περιπτώσεων στη φύση

- Βιολογική αζωτοδέσμευση (συμβιωτική)
- Μυκόρριζες
- Λειχήνες



Συμβιωτική αζωτοδέσμευση

Αζωτοδεσμευτικά βακτήρια σε
συμβίωση με ψυχανθή ή άλλα
φυτά (ρίζες)

Όφελος μικροβίου

Ενέργεια

Όφελος φυτού

Άμεσα διαθέσιμο άζωτο



Εικόνα 3.50. Φυμάτια στις ρίζες του
Lotus corniculatus



Λειχήνες

~25% από τα 70.000 γνωστά είδη μυκήτων μπορούν να συμμετάσχουν στη δημιουργία λειχήνων με ~30 γένη φυκών

- Ο τρόπος αύξησης των μυκήτων αλλάζει δραστικά - ποικίλλει ανάλογα με το φύκος
- Μεγάλης έντασης αλλαγές - ταξινομούνται σε ξεχωριστά είδη

(α)

(β)

(γ)



Εικόνα 3.51. (α) Δενδρώδεις, (β) κρουστώδεις και (γ) φυλλώδεις λειχήνες σε κορμούς δένδρων



Λειχήνες - οφέλη

Όφελος και για τους δυο

Αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό το οικολογικό τους εύρος

Όφελος μύκητα

Προμήθεια φωτοσυνθετικών προϊόντων

Όφελος φυτού

∴

Το γεγονός ότι ορισμένα φύκη δεν μπορούν να ζήσουν ελεύθερα υποδηλώνει ότι πρέπει να υπάρχει κάτι ιδιαίτερα σπουδαίο σ' αυτόν τον τύπο (συμβιωτικό) ζωής



(α)



(β)

Εικόνα 3.52 (α) Λειχήνες επάνω σε υπόστρωμα βράχων (Όλυμπος Καρπάθου) (β) σε κορμούς δέντρων (βελανιδιάς)



Μυκόρριζες

*Αποτέλεσμα διείσδυσης και ανάμιξης υφών
μυκήτων με ιστούς ριζών*

- Βρύα / φτέρες / γυμνόσπερμα / αγγειόσπερμα και όλοι οι κύριοι τύποι βλάστησης χαρακτηρίζονται από την παρουσία μυκόρριζων
- Λίγες οι εξαιρέσεις, π.χ. εκπρόσωποι των Cruciferae



Εικόνα 3.53. Το αναπαραγωγικό τμήμα (μανιτάρι) του εδώδιμου μύκητα *Lactarius deliciosus* που ενδημεί σε πευκοδάση



Εξωμυκόρριζες

Οι μύκητες σχηματίζουν κολεό πάνω από τις ρίζες των φυτών και προκαλούν αλλαγές στον τρόπο αύξησής τους

Όφελος μύκητα

Προμήθεια πηγών άνθρακα -
υδατάνθρακες

Όφελος φυτού

Προμήθεια θρεπτικών στοιχείων

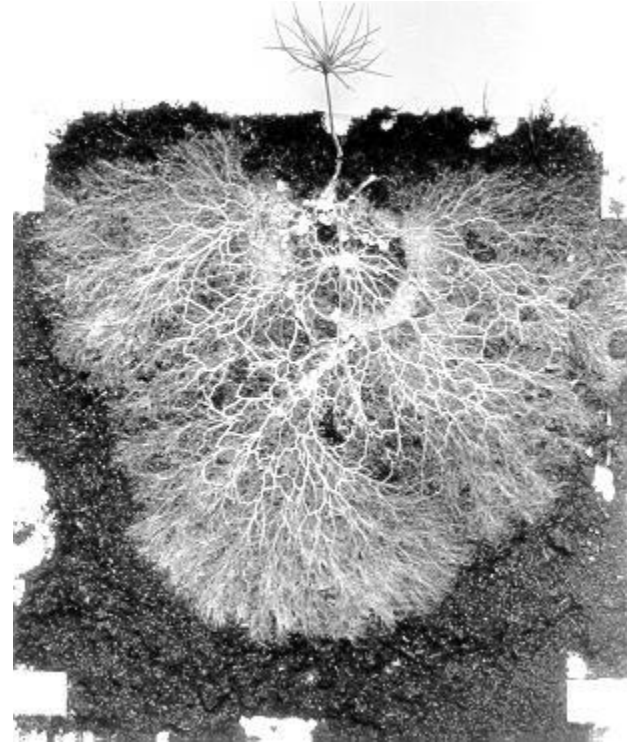


Εικόνα 3.54 . Υφές μυκήτων που περιβάλλουν ως θήκη τις ρίζες

Ενδομυκόρριζες

(VA, vesicular arbuscular mycorrhiza)

- Δεν σχηματίζεται κολεός ούτε αλλάζει το πρότυπο αύξησης των ριζών
- Διεισδύουν μέσα στα κύτταρα και σχηματίζουν διακλαδιζόμενο δίκτυο υφών
- Πάνω από 150 είδη μυκήτων



Εικόνα 3.55. Σύστημα διακλαδιζόμενων υφών μυκήτων που εποικίζουν τη ρίζα ενός αρχέφυτρου κωνοφόρου

Ενδομυκώρριζες οφέλη

Όφελος φυτού

- Προστασία από παθογόνα
(χωρίς να είναι γνωστός ακόμη ο μηχανισμός)
- Εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων φωσφόρου ακόμα και από πολύ φτωχά σε αυτό το στοιχείο εδάφη

Όφελος μύκητα

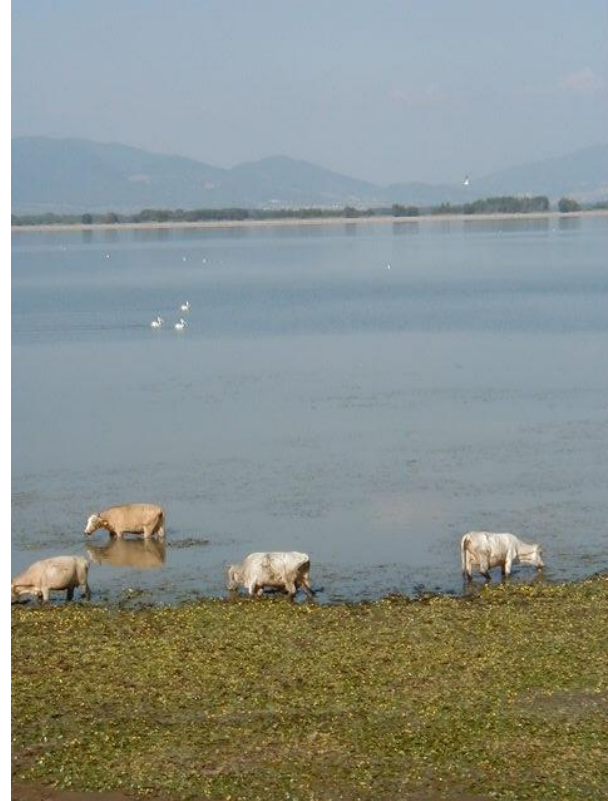
- Προμήθεια πηγών άνθρακα



Σχέσεις συνεργασίας (γ) μεταξύ ζώων και μικροβίων

Περιπτώσεις

- προστόμαχος
- έντερο



Σχέσεις συνεργασίας πεπτικό σύστημα

Μηρυκαστικά

Πυκνοί πληθυσμοί πολυάριθμων ειδών αναερόβιων βακτηρίων και πρωτοζώων στον προστόμαχο

- Βασίζονται στα βακτήρια για την αφομοίωση της τροφής τους – ουσιαστικά δηλαδή καταναλώνουν προϊόντα ζύμωσης
- Όλες οι σχέσεις σε μικρογραφία - ανταγωνισμού, θήρευσης, συμβίωσης
- Τηρουμένων των αναλογιών, η ποικιλότητα σ' αυτό το μικροπεριβάλλον είναι ανάλογη της ποικιλότητας των τροπικών δασών

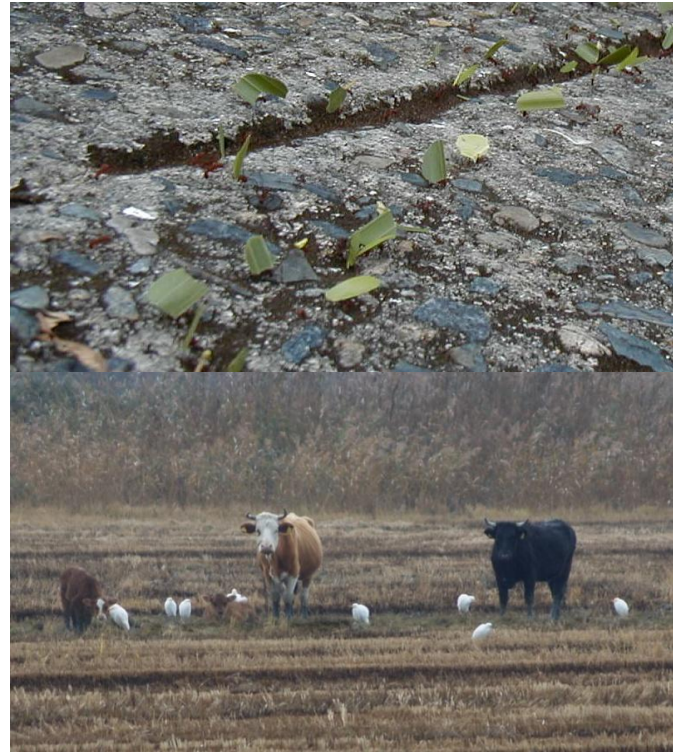
Άλλα ζώα

Στα περισσότερα (και στον άνθρωπο), το έντερο αποτελεί ένα μικρόκοσμο που βρίθει από μικρόβια



Άλλες περιπτώσεις σχέσεων

- Μυρμήγκια που φωλιάζουν σε ακακίες και τις προστατεύουν από ανταγωνιστές και θηρευτές, με αντάλλαγμα πλούσια τροφή που φτιάχνουν ειδικά γι' αυτά
- Φάρμες εντόμων που συντηρούν μυρμήγκια, με αντάλλαγμα τις σακχαρούχες εκκρίσεις τους
- Κήποι μυκήτων που συντηρούν είδη τερμιτών και μυρμηγκιών
- Ψάρια-καθαριστές που καθαρίζουν από τα παράσιτα (τρώγοντάς τα) ψάρια-πελάτες



Εικόνα 3.56. (α) Μυρμήγκια (*Atta* sp.) μεταφέρουν φύλλα στους μύκητες που συντηρούν (για αντιβιοτικά, τροφή λαρβών) (β) γελαδάρηδες (*Bubulcus ibis*) που βρίσκουν ευκολότερα τροφή από το ανακάτεμα του εδάφους, καθώς βόσκουν οι αγελάδες





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σταθερότητα βιοκοινότητας

Σταθερότητα

Έντονο ενδιαφέρον – για θεωρητικούς και πρακτικούς λόγους

Πρακτικός λόγος

Ανθρώπινες επεμβάσεις με όλο και μεγαλύτερο ρυθμό και ένταση

- Πώς αποκρίνονται; Πώς θα αποκριθούν στο μέλλον οι βιοκοινότητες;

Θεωρητικός λόγος

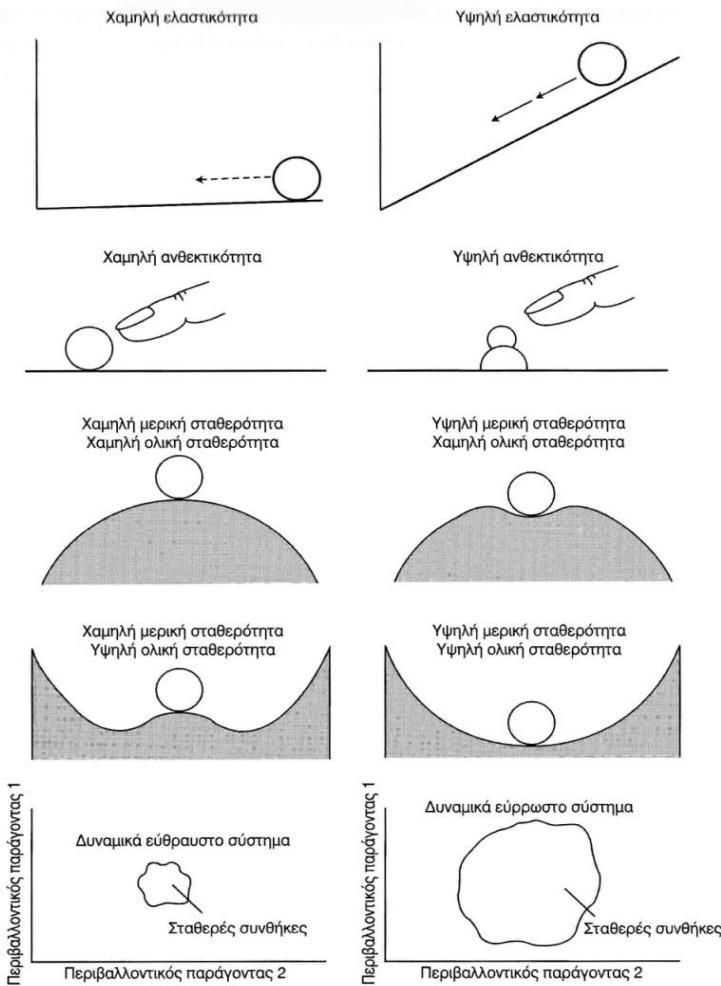
Οι βιοκοινότητες που διατηρούνται είναι σταθερές

- Ποιες ιδιότητες προσδίδουν σταθερότητα;

Τι καθορίζει τη σταθερότητα (ή αστάθεια) μιας βιοκοινότητας;



Διάκριση σταθερότητας 1



Διάκριση ως προς απόκριση

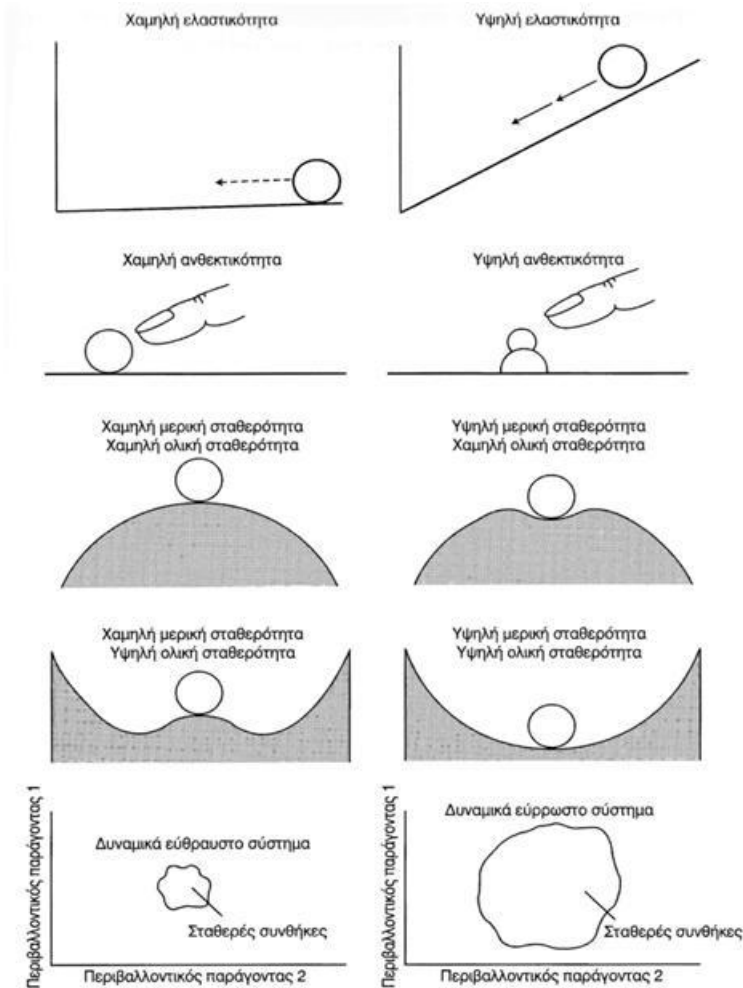
- *ανθεκτικότητα* (resistance - resistant)

εκφράζει την αντίσταση της βιοκοινότητας που υφίσταται μια διαταραχή να μετατοπιστεί από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται

- *ελαστικότητα ή ικανότητα ανάκαμψης* (resilience - resilient)
εκφράζει την ταχύτητα επαναφοράς της βιοκοινότητας στην κατάσταση που βρισκόταν πριν τη διαταραχή

Εικόνα 3.53. Σχηματική απεικόνιση εκδοχών της σταθερότητας

Διάκριση σταθερότητας 2



Διάκριση ως προς εμβέλεια διαταραχής

- *μερική σταθερότητα* - μετά από μικρής κλίμακας διαταραχή (local stability)
- *ολική σταθερότητα* - μετά από μεγάλης κλίμακας διαταραχή (global stability)

Διάκριση ως προς χαρακτηριστικά

- *δυναμικά ευπαθής* - ανθεκτική σε μικρό εύρος μεταβολής περιβαλλοντικών παραγόντων
- *δυναμικά εύρωστη* – ανθεκτική σε μεγάλο εύρος μεταβολής περιβαλλοντικών παραγόντων

[Καθοριστικά τα χαρακτηριστικά των ειδών που συμμετέχουν]



Κριτήρια σταθερότητας

Η σταθερότητα = ιδιότητα της βιοκοινότητας

Τι θα χρησιμοποιήσουμε για να την εκτιμήσουμε;

– *Δημογραφική προσέγγιση*

αριθμός, πυκνότητα, ταυτότητα συμμετεχόντων ειδών...

– *Λειτουργική προσέγγιση*

ρυθμός παραγωγής βιομάζας, ρυθμός ανακύκλωσης υλικών...



Πολυπλοκότητα και συνεκτικότητα

Πολυπλοκότητα =

- μεγάλος αριθμός ειδών
- μεγάλος αριθμός αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ειδών
- μεγάλη ένταση σχέσεων αλληλεπίδρασης

Συνεκτικότητα (connectance) =

(πόσο στενά συνδεδεμένα είναι μεταξύ τους τα είδη της βιοκοινότητας)

αριθμός ζευγαριών ειδών που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ως ποσοστό του μέγιστου δυνατού αριθμού



Πολυπλοκότητα και σταθερότητα

‘Συμβατική σοφία’

πολυπλοκότητα = σταθερότητα



Πολυπλοκότητα και σταθερότητα

διερεύνηση από MacArthur

MacArthur

Όσο περισσότερα τα μονοπάτια διαμέσου των οποίων ρέει η ενέργεια σε μια βιοκοινότητα, τόσο λιγότερο πιθανό είναι να αλλάξουν οι πυκνότητες των ειδών ως απόκριση σε υπέρμετρη αύξηση ή μείωση ενός από αυτά

*Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη η πολυπλοκότητα,
(= πολλές τροφικές αλυσίδες)
τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα
(= μικρή αριθμητική μεταβολή)
απέναντι σε μια διαταραχή*

MacArthur, R.H. (1955) Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, 36, 533-536



Πολυπλοκότητα και σταθερότητα επιχειρήματα *Elton* 1

Elton

Δηλώνει ότι εμπειρικά και θεωρητικά στοιχεία υποδεικνύουν ότι οι πιο πολύπλοκες βιοκοινότητες είναι και οι πιο σταθερές

- Μονοκαλλιέργειες = εντυπωσιακά ευπαθείς σε εισβολές
- Οι τροπικές βιοκοινότητες δεν παρουσιάζουν εξάρσεις εντόμων αντίστοιχες με αυτές των εύκρατων και υποαρκτικών περιοχών
- Οι απλές εργαστηριακές βιοκοινότητες λίγων ειδών δύσκολα μπορούν να διατηρηθούν
- Τα μαθηματικά μοντέλα αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε λίγα είδη είναι ενδογενώς ασταθή

Elton, C.S. (1958) The ecology of invasions of animals and plants. Methuen, London



Πολυπλοκότητα και σταθερότητα επιχειρήματα *Elton* 2

Elton

Δηλώνει ότι εμπειρικά και θεωρητικά στοιχεία υποδεικνύουν ότι οι πιο πολύπλοκες βιοκοινότητες είναι και οι πιο σταθερές

- Μονοκαλλιέργειες = εντυπωσιακά ευπαθείς σε εισβολές
- Οι τροπικές βιοκοινότητες δεν παρουσιάζουν εξάρσεις εντόμων αντίστοιχες με αυτές των εύκρατων και υποαρκτικών περιοχών
- Οι απλές εργαστηριακές βιοκοινότητες λίγων ειδών δύσκολα μπορούν να διατηρηθούν
- Τα μαθηματικά μοντέλα αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε λίγα είδη είναι ενδογενώς ασταθή

*Τα επιχειρήματα αυτά δεν ισχύουν στην ολότητά τους
ή μπορεί να δοθεί διαφορετική ερμηνεία*



Διερεύνηση επιχειρημάτων Elton

1. Μονοκαλλιέργειες = εντυπωσιακά ευπαθείς σε εισβολές
2. Οι τροπικές βιοκοινότητες δεν παρουσιάζουν εξάρσεις εντόμων αντίστοιχες με αυτές των εύκρατων και υποαρκτικών περιοχών
3. Οι απλές εργαστηριακές βιοκοινότητες λίγων ειδών δύσκολα μπορούν να διατηρηθούν
4. Τα μαθηματικά μοντέλα αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε λίγα είδη είναι ενδογενώς ασταθή

Αντιπαράθεση στα παραπάνω επιχειρήματα

1. Υπάρχουν φυσικές 'μονοκαλλιέργειες' που φαίνονται σταθερές (αλατόβαλτοι, φτέρες)

Οι μη φυσικές χαρακτηρίζονται από απουσία συνεξελικτικής ιστορίας των ειδών, ενώ αυτά που καλλιεργούνται συνήθως είναι είδη αρχικών σταδίων διαδοχής και άρα φυσικά υποκείμενα σε ταχεία μεταβολή

2. Δεν αληθεύει πλέον
3. Αληθεύει – ίσως οφείλεται στην αδυναμία αναπαραγωγής των φυσικών περιβαλλοντικών συνθηκών, ενώ δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι οι εργαστηριακές βιοκοινότητες πολλών ειδών είναι σταθερές
4. Δεν ισχύει πλέον σύμφωνα με πιο πρόσφατα δεδομένα



Δυναμικά ευπαθείς – δυναμικά εύρωστες βιοκοινότητες

Προβλέψεις

σε σχέση με περιβαλλοντική μεταβλητότητα

- Σε ένα σταθερό και προβλεπτό περιβάλλον, η βιοκοινότητα αντιμετωπίζει περιορισμένο εύρος συνθηκών
 Έστω κι αν είναι δυναμικά ευπαθείς, μπορεί να διατηρηθεί
- Σε μεταβλητά και απρόβλεπτα περιβάλλοντα, μόνο δυναμικά εύρωστες βιοκοινότητες μπορούν να υπάρξουν



Ασταθείς βιοκοινότητες

- Υπάρχουν ασταθείς βιοκοινότητες που διατηρούνται κάτω από συγκεκριμένο πλαίσιο συνθηκών
- Όμως, δεν θα μπορέσουν να διατηρηθούν αν υποβληθούν σε περιβαλλοντικές συνθήκες εκτός αυτού του πλαισίου (δηλαδή, τέτοιες που αποκαλύπτουν την ενδογενή τους αστάθεια)

Άρα αναμένουμε ίδια μετρούμενη σταθερότητα παντού (με όρους πληθυσμιακών κυμάνσεων), αφού αυτή εξαρτάται από την ενδογενή σταθερότητα σε συνδυασμό με την περιβαλλοντική μεταβλητότητα



Δημογραφικές προσεγγίσεις μοντέλα βιοκοινοτήτων 1

May

Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο μεταβάλλονται τα πληθυσμιακά μεγέθη (σε σχέση με τα ισχύοντα στην κατάσταση ισορροπίας) μετά από μικρού βαθμού διαταραχές

Προέκυψε ότι

- η αύξηση του αριθμού των ειδών,
- η αύξηση της συνεκτικότητάς τους,
- η αύξηση της έντασης των σχέσεων (τυχαίες τιμές)

οδηγούσε σε μεγαλύτερη αστάθεια

Οι πληθυσμοί δεν επανέρχονταν στην κατάσταση ισορροπίας

Δηλαδή, οποιαδήποτε έκφραση της πολυπλοκότητας έφερνε μεγαλύτερη αστάθεια

May, R.M. (1972) Will a Large Complex System be Stable? Nature 238, 413 - 414



Πολυπλοκότητα και αστάθεια

May

Αύξηση πολυπλοκότητας, μεγαλύτερη αστάθεια

Ισχύει αυτό όποιες και αν είναι οι αρχικές παραδοχές;

Διερεύνηση

Προέκυψε ότι

Η σταθερότητα παραμένει ανεπηρέαστη ή και αυξάνεται με την αύξηση της πολυπλοκότητας,

όταν οι πληθυσμοί των καταναλωτών επηρεάζονται από την παροχή τροφής, αλλά η ποσότητα τροφής δεν επηρεάζεται από τους καταναλωτές

Όμως, αυτή η υπόθεση ισχύει μόνο για τους σαπροβιοτικούς οργανισμούς



Δημογραφικές προσεγγίσεις μοντέλα βιοκοινοτήτων 2

Pimm

Διερεύνηση απόκρισης βιοκοινοτήτων που υπόκεινται σε μεγάλη και συνεχή διαταραχή: απώλεια ενός είδους

- Η σταθερότητα μειωνόταν με την αύξηση της πολυπλοκότητας
- Η τάση αναστράφηκε όταν αφαιρέθηκαν είδη βάσης (= από κατώτερα τροφικά επίπεδα)

Διαταραχή από κάτω ή από πάνω

Και άλλοι βρίσκουν ότι



- όταν η διαταραχή έρχεται από επάνω (αφαίρεση κορυφαίου καταναλωτή), η πολυπλοκότητα συνδέεται με μεγαλύτερη αστάθεια



- όταν η διαταραχή έρχεται από κάτω (αφαίρεση είδους από τη βάση του τροφικού πλέγματος), η πολυπλοκότητα συνδέεται με μεγαλύτερη σταθερότητα



Συμπεράσματα από δημογραφικές προσεγγίσεις με μοντέλα

Κατά κανόνα, όλα τα μαθηματικά μοντέλα καταλήγουν στο ότι η σταθερότητα τείνει να μειώνεται με την πολυπλοκότητα

Τι κάνουμε;

Εγκαταλείπουμε την παλιά 'πίστη';



Επισημάνσεις για δημογραφικές προσεγγίσεις με μοντέλα

- Υπάρχουν αντιφάσεις στα επιμέρους αποτελέσματα των μαθηματικών μοντέλων
- Μοντέλα-μικρόκοσμοι = απλουστευμένες βιοκοινότητες
- Η πολυπλοκότητα στις πραγματικές βιοκοινότητες μπορεί να είναι ειδικού τύπου

Άρα, ανάγκη διερεύνησης ειδικών κατασκευών των τροφικών πλεγμάτων που θα μπορούσαν να προάγουν τη σταθερότητα



Δημογραφικές προσεγγίσεις

πειράματα 1

Διερεύνηση υπόθεσης (με δημογραφικά κριτήρια)
«Οι πολύπλοκες βιοκοινότητες είναι λιγότερο σταθερές όταν υποβληθούν σε εξωγενείς διαταραχές»

Έλεγχος υπόθεσης

Δύο σειρές βιοκοινοτήτων

- Πλούσιες σε είδη
- Φτωχές σε είδη

Δύο τύποι διαταραχών

- Προσθήκη θρεπτικών
- Πίεση βόσκησης

Αποτέλεσμα

Και οι δύο διαταραχές μείωναν σημαντικά την ποικιλότητα της πλούσιας σε είδη βιοκοινότητας αλλά όχι της φτωχής

Άρα, όσο πιο πολύπλοκη τόσο πιο ασταθής η βιοκοινότητα



Δημογραφικές προσεγγίσεις πειράματα 2

Διερεύνηση υπόθεσης (με μη δημογραφικά κριτήρια)
«Οι πολύπλοκες βιοκοινότητες είναι λιγότερο σταθερές όταν υποβληθούν σε εξωγενείς διαταραχές»

Έλεγχος υπόθεσης

Δύο σειρές βιοκοινοτήτων

- Πλούσιες σε είδη
- Φτωχές σε είδη

Δύο τύποι διαταραχών

- Προσθήκη θρεπτικών
- Πίεση βόσκησης

Αποτέλεσμα για πρωτογενή παραγωγικότητα

Διαταραχή	Πλούσιες βιοκοινότητες	Φτωχές βιοκοινότητες
Προσθήκη θρεπτικών	↑ 16%	↑ 53%
Βόσκηση	↓ 11%	↓ 69%

Άρα όσο πιο πολύπλοκη τόσο πιο σταθερή η βιοκοινότητα

Ανάλογα αποτελέσματα και από άλλες μελέτες



Σταθερότητα συμπεράσματα 1

Οι πολύπλοκες βιοκοινότητες των σταθερών περιβαλλόντων (π.χ. τροπικά δάση) φαίνονται περισσότερο ευπαθείς απέναντι σε εξωγενείς διαταραχές από απλούστερες βιοκοινότητες μεταβλητών περιβαλλόντων (π.χ. Μεσογειακά συστήματα) που όμως είναι συνηθισμένες στην εμφάνιση διαταραχών (περιοδική ή μη)



Σταθερότητα

συμπεράσματα 2

- Δεν διαφαίνεται μια μόνη τάση ως προς τον τρόπο με τον οποίο κυμαίνονται οι πληθυσμοί καθώς περνάμε από απλούστερες σε πιο πολύπλοκες βιοκοινότητες
- Οι ιδιότητες των ειδών ίσως διαδραματίζουν σημαντικότερο ρόλο από τον αριθμό των ειδών
 - Σταθερά περιβάλλοντα: είδη *K*-επιλογής
 - Μεταβλητά περιβάλλοντα: είδη *r*-επιλογής
- Η σταθερότητα της βιοκοινότητας δεν μπορεί να μετρηθεί ως τέτοια – χρειάζεται να ορίσουμε κριτήρια



Σταθερότητα

συμπεράσματα 3

- Οι εκτιμήσεις της σταθερότητας μπορεί να είναι τελείως διαφορετικές ανάλογα με τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν (δημογραφικά ή μη), αλλά και ανάλογα με τη φύση της διαταραχής

Με βάση δημογραφικές προσεγγίσεις, διαφαίνεται τάση μείωσης της σταθερότητας με την αύξηση της πολυπλοκότητας, ενώ το αντίστροφο ισχύει με βάση λειτουργικές προσεγγίσεις

- Η σχέση ανάμεσα στη σταθερότητα και την πολυπλοκότητα δεν είναι ακόμα σαφώς καθορισμένη



Σταθερότητα-Βιοποικιλότητα

Η συζήτηση περί σταθερότητας και πολυπλοκότητας έχει σήμερα μετατοπιστεί προς την κατεύθυνση διερεύνησης της σχέσης ανάμεσα στη βιοποικιλότητα και τις οικοσυστημικές λειτουργίες





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

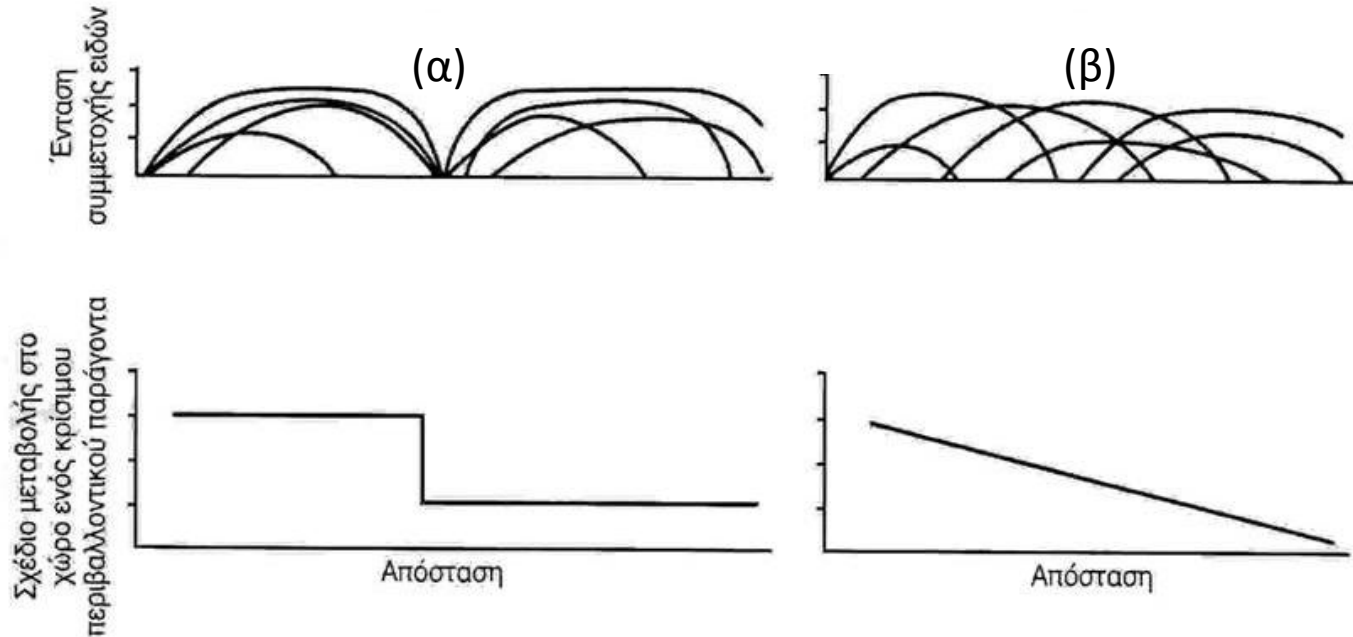
Οι βιοκοινότητες στον χώρο

Διάκριση βιοκοινοτήτων

Δύο βιοκοινότητες είναι διαφορετικές όταν συγκροτούνται από διαφορετικά είδη



Όρια βιοκοινοτήτων μεταβολή περιβαλλοντικών παραγόντων



Εικόνα 3.54. Η παρουσία ευκρινών ορίων ανάμεσα στις βιοκοινοότητες εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται στο χώρο καθοριστικές περιβαλλοντικές παράμετροι. Αν η μεταβολή από μια στάθμη σε άλλη είναι απότομη (α), ομάδες ειδών αντικαθιστούν άλλες στην περιοχή όπου εντοπίζεται η μεταβολή δημιουργώντας διακριτά όρια. Αν η μεταβολή είναι σταδιακή (β), η ένταση της συμμετοχής των ειδών μεταβάλλεται κι αυτή βαθμιαία με αποτέλεσμα την απουσία σαφών ορίων.



Οικότονος

Περιοχή συνάντησης (ανάμιξης) διαφορετικών βιοκοινοτήτων

- Αύξηση της ποικιλότητας στον οικότονο = δράση οικότόνου (είδη των δύο βιοκοινοτήτων και του οικότόνου)

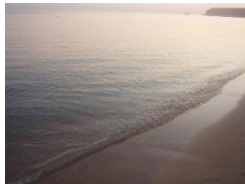


Εικόνα 3.55. Συνάντηση χερσαίου και υδάτινου περιβάλλοντος (υγρότοπος Πελοποννήσου)



Όρια βιοκοινοτήτων

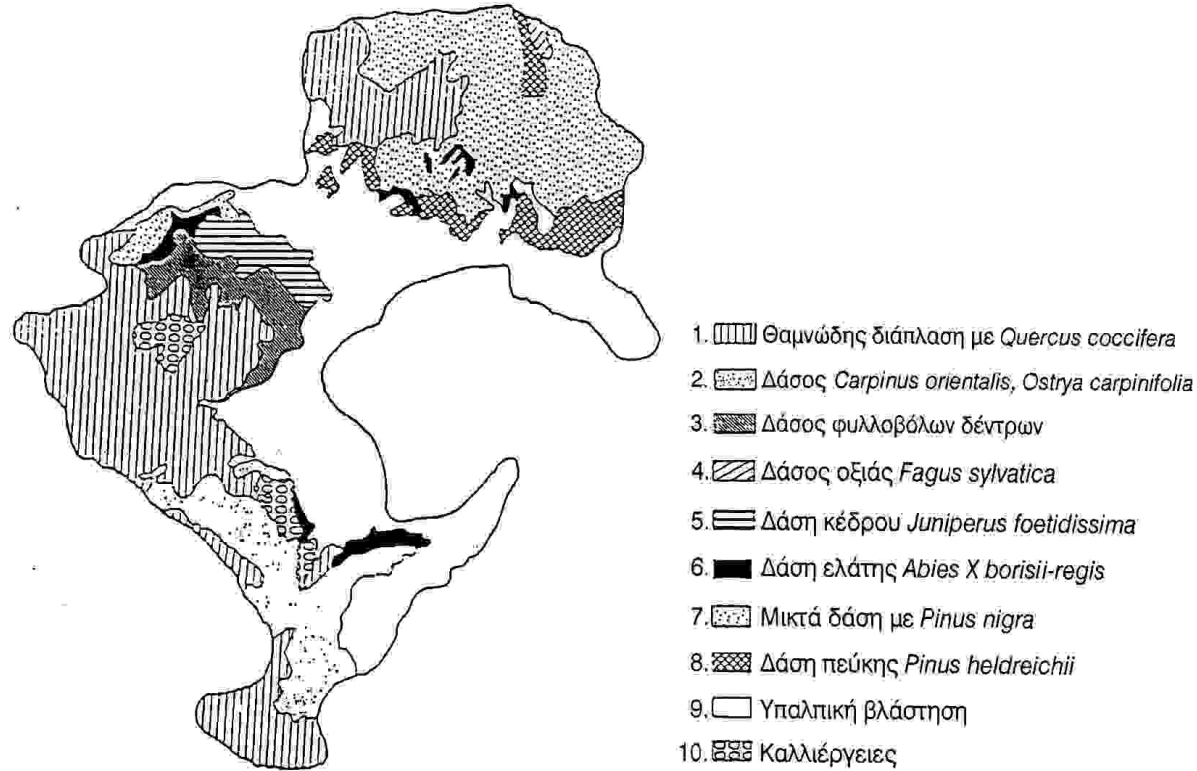
- Βιοκοινότητες που διαχωρίζονται με απόλυτα διακριτό τρόπο, με ομάδες ειδών που γειτονεύουν αλλά δεν διεισδύουν η μία μέσα στην άλλη, είναι εξαιρετικά σπάνιες
- Ακόμα και η περιοχή συνάντησης του χερσαίου με το υδάτινο περιβάλλον δεν αποτελεί απόλυτα διακριτό όριο
 - Μεγάλη ποικιλία οργανισμών το διασχίζουν (π.χ. βάτραχοι) ή περνούν στάδια της ζωής τους σε κάποιο από τα δύο (π.χ. λάρβες εντόμων που ζουν στο νερό, ενώ τα ώριμα άτομα στο έδαφος ή στον αέρα)
 - Οργανισμοί καλύπτονται από νερό και αποκαλύπτονται σε διαφορετικούς χρόνους και για διαφορετικό διάστημα λόγω των κυμάτων ή της εποχικά μεταβαλλόμενης στάθμης του νερού



Το γεωγραφικά ευκρινές όριο ανάμεσα στα χερσαία και στα υδάτινα συστήματα δεν είναι παρά μια διαβάθμιση ενδιάμεσων καταστάσεων



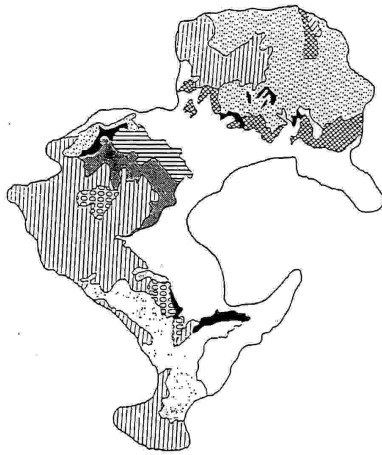
Όρια βιοκοινοτήτων διάκριση σε ζώνες βλάστησης



Εικόνα. 3.56. Χάρτης βλάστησης Εθνικού Δρυμού Βίκου-Αώου με διάκριση σε ζώνες (χαρακτηριστική εικόνα χαρτών βλάστησης)

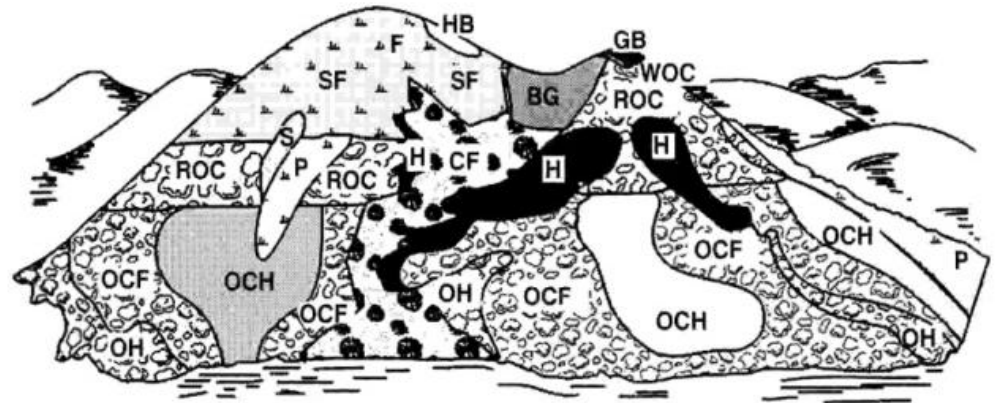


Όρια βιοκοινοτήτων παράδειγμα 1



1. Θαμνώδης διάπλωση με *Quercus coccifera*
2. Δάσος *Carpinus orientalis*, *Ostrya carpinifolia*
3. Δάσος φυλλοβόλων δέντρων
4. Δάσος οξιάς *Fagus sylvatica*
5. Δάση κέδρου *Juniperus foetidissima*
6. Δάση ελάτης *Abies X borisii-regis*
7. Μικτά δάση με *Pinus nigra*
8. Δάση πεύκης *Pinus heldreichii*
9. Υπαλτική βλάστηση
10. Καλλιέργειες

(α)

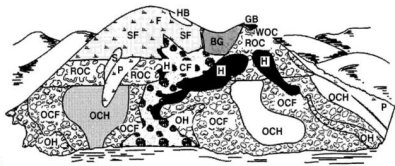


Εικόνα 3.57. Κατ' αντιστοιχία με το χάρτη βλάστησης της περιοχής Βίκου-Αώου (α) χάρτης βλάστησης των Great Smoky Mountains (B. Καρολίνα, ΗΠΑ)

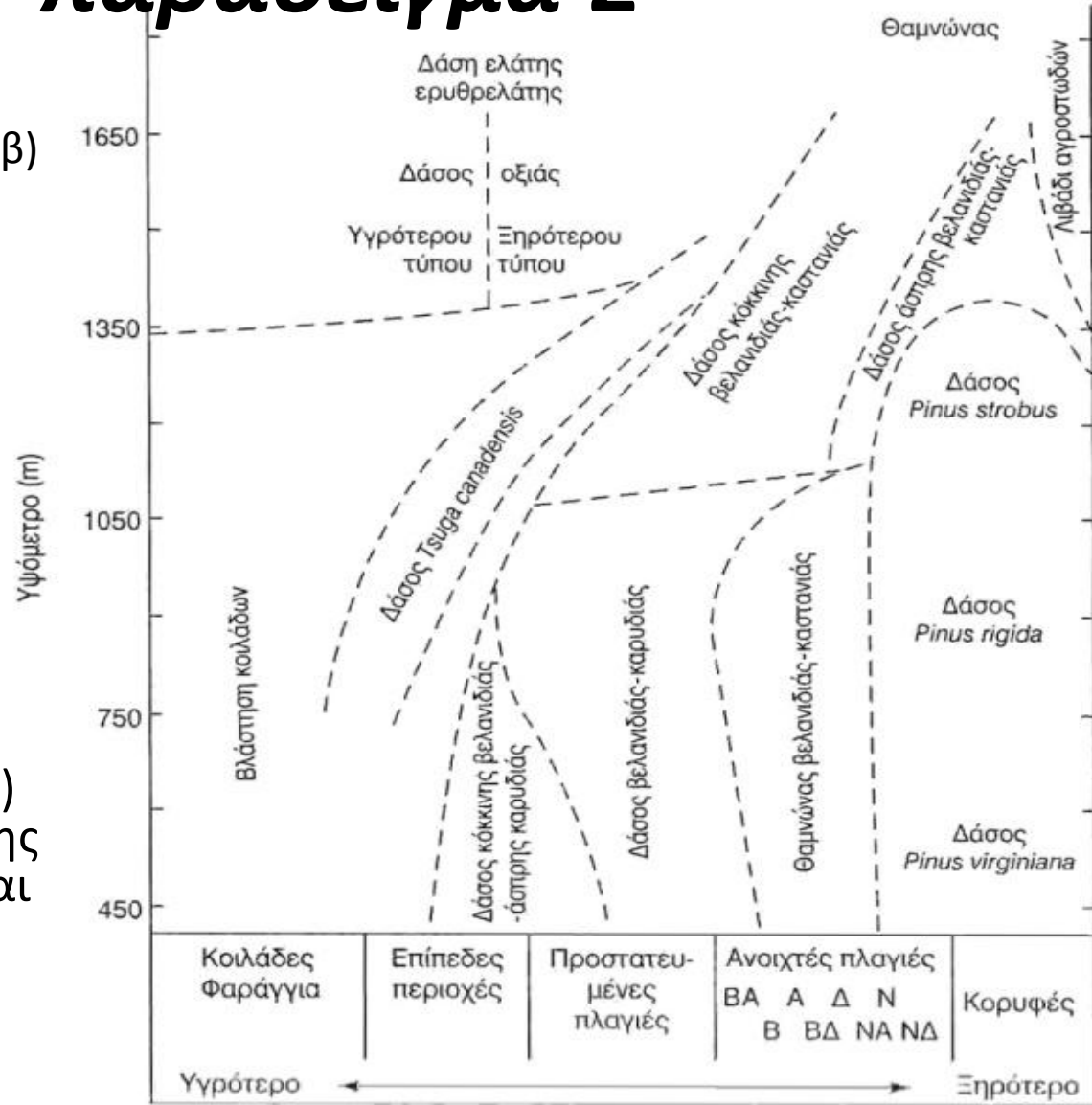


Όρια βιοκοινοτήτων παράδειγμα 2

(α)



(β)

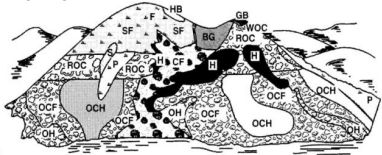


Εικόνα 3.57. The Great Smoky Mountains (ΗΠΑ): (α) χάρτης βλάστησης, (β) διανομή τύπων βλάστησης σε σχέση με υψόμετρο και υγρασία

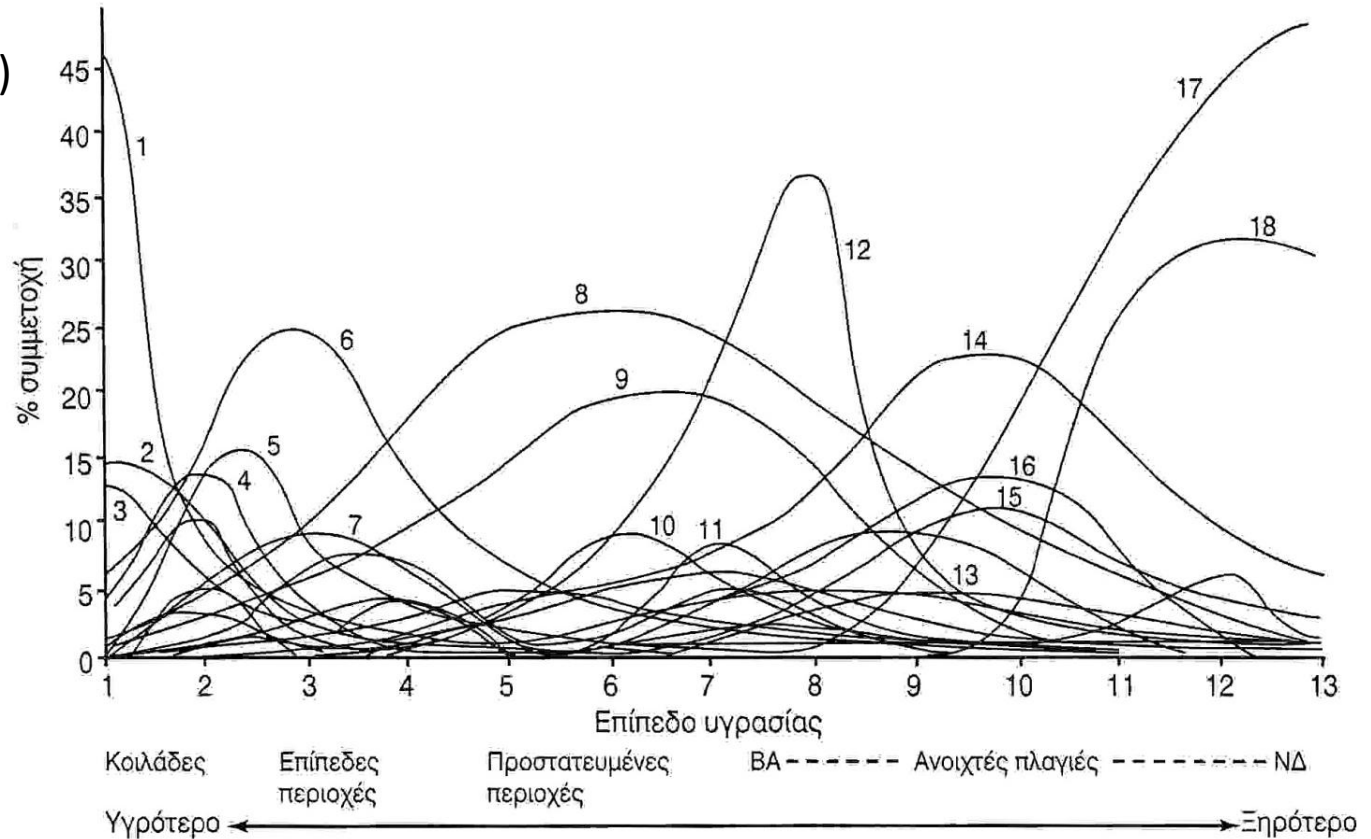


Ανάλυση διαβάθμισης 1

(α)



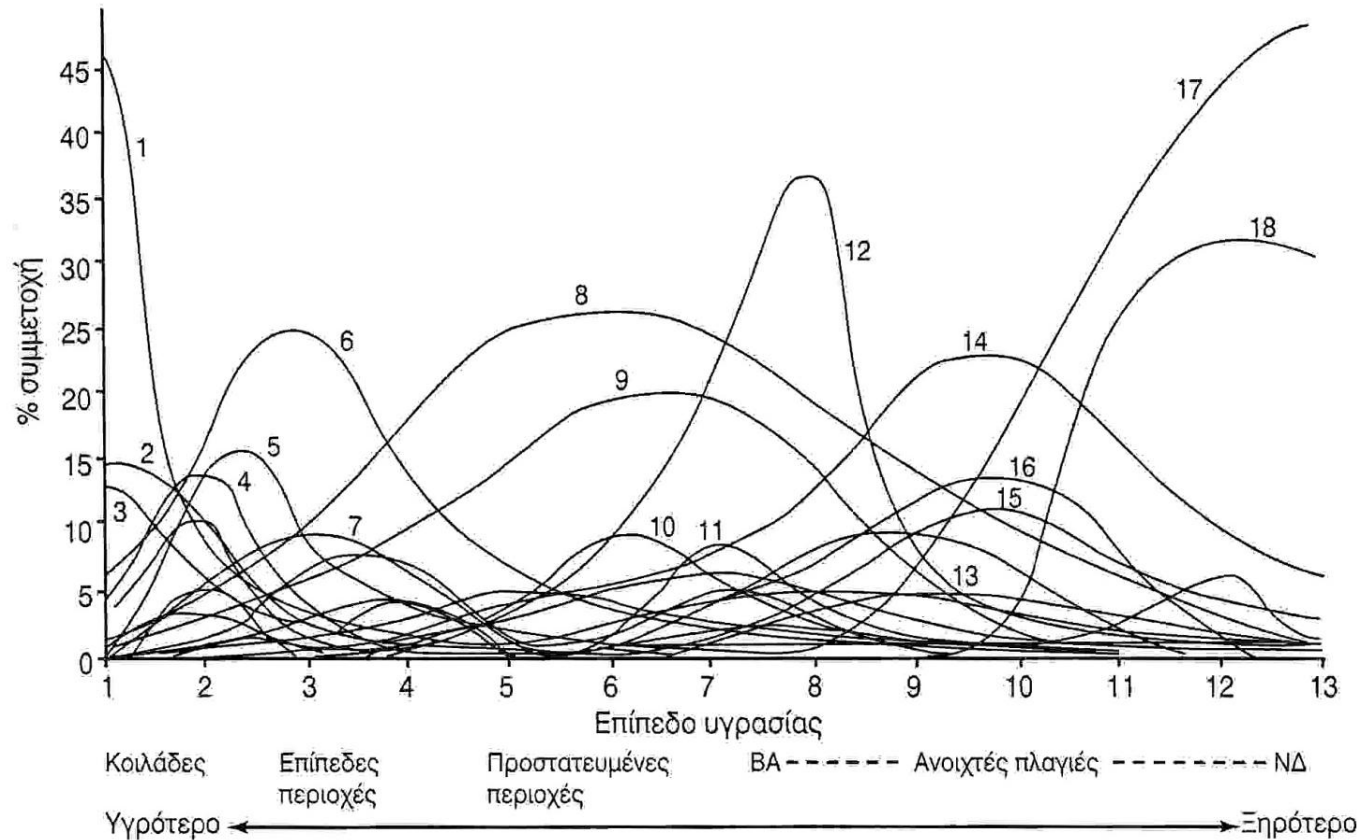
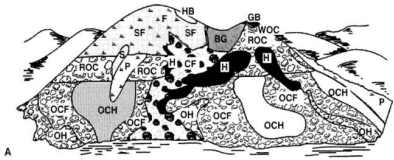
(γ)



Εικόνα 3.57. The Great Smoky Mountains (ΗΠΑ): (α) χάρτης βλάστησης, (γ) διανομή των διαφορετικών ειδών δέντρων (ως εκατοστιαίο ποσοστό των παρόντων κορμών) κατά τη διαβάθμιση της υγρασίας



Ανάλυση διαβάθμισης 2



Άρα, πολύ μεγάλη υποκειμενικότητα στην οριοθέτηση των βιοκοινοτήτων



Βιοκοινότητες

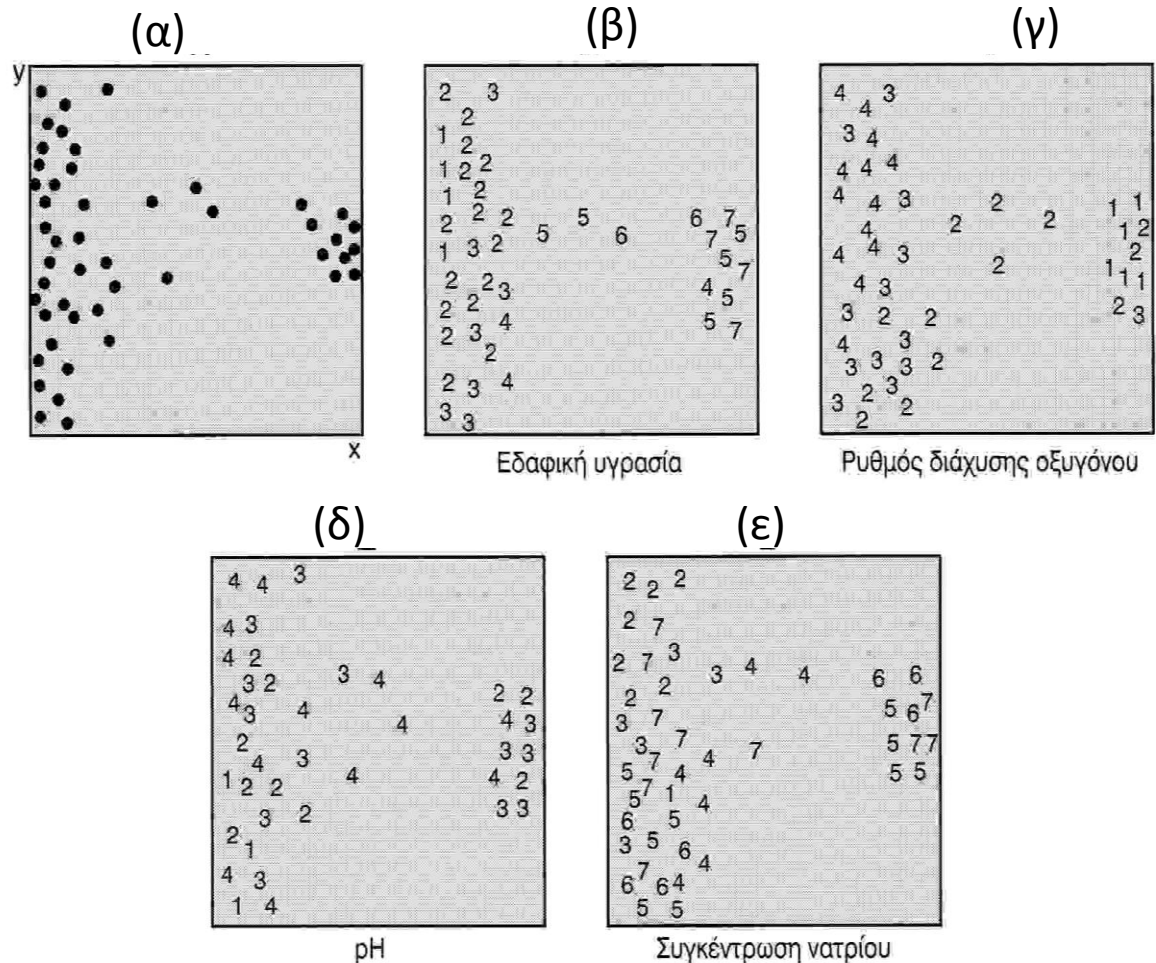
Ανάγκη αντικειμενικής περιγραφής



Ταξιθέτηση βιοκοινοτήτων

Εικόνα 3.58.

(α) Ταξιθέτηση 50 ερευνητικών σταθμών (φυτικών βιοκοινοτήτων) σε αμμοθίνες της Ουαλίας
 (β) Η ίδια ταξιθέτηση με χαρακτηρισμένους τους σταθμούς ως προς την υγρασία τους, (γ) ως προς το ρυθμό διάχυσης του οξυγόνου, (δ) ως προς το pH και (ε) ως προς τη συγκέντρωση Na
 Για κάθε παράμετρο, δίνονται στάθμες τιμών και όχι τα ακριβή μεγέθη



Pemadasa, M.A., Grieg-Smith, P., Lovell, P.H. (1974) A quantitative description of the distributions of annuals in the dune system at Aberffraw, Anglesey. *Journal of Ecology*, 62, 379-402



Ταξιθέτηση – Ταξινόμηση βιοκοινοτήτων

Ομάδα E

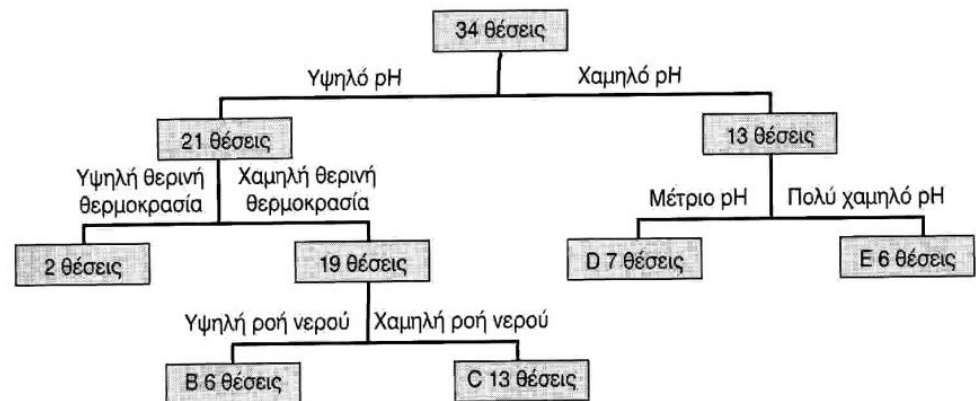
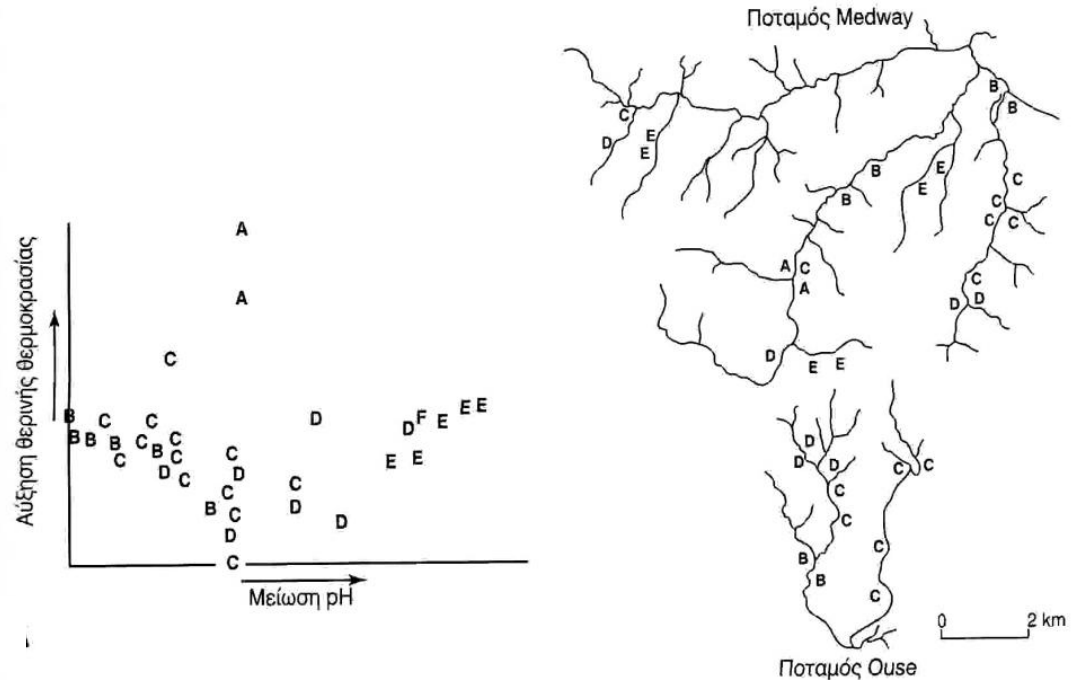
λάρβες μυγών
ανθεκτικές σε
ακραίες
περιβαλλοντικές
συνθήκες

Leuctra nigra,
Nemurella picteti...

Βιολογικοί δείκτες

Βιοπαρακολούθηση

Εικόνα 3.59. Αποτελέσματα
ανάλυσης 34 βιοκοινοτήτων
ασπονδύλων σε ποτάμια της
νότιας Αγγλίας



Προβλεψιμότητα βιοκοινοτήτων και αβιοτικού περιβάλλοντος

Ένα είδος μπορεί να υπάρχει σε διαφορετικές βιοκοινότητες, σε διαφορετικές περιοχές, κάτω από διαφορετικές συνθήκες

Όμως,

- είναι προβλέψιμη η βιοκοινότητα σε δεδομένη θέση, εάν είναι γνωστά τα φυσικά χαρακτηριστικά της και αντίστροφα,
- είναι προβλέψιμα τα φυσικά χαρακτηριστικά μιας θέσης, εάν είναι γνωστή η εκεί βιοκοινότητα





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Οι βιοκοινότητες στον χρόνο

Οικολογική διαδοχή 1

- *Φυσική διαδικασία*
- *Δυναμική διαδικασία*

Μεταβολές στη σύνθεση των βιοκοινοτήτων στη διάσταση του χρόνου προς συγκεκριμένη κατεύθυνση

Οι μεταβολές αναφέρονται στη σχετική συνεισφορά των ειδών



Οικολογική διαδοχή 2

Μεταβολές στη σύνθεση των βιοκοινοτήτων:

Δεν πρόκειται για ταλαντώσεις, δηλαδή αυξομειώσεις της πυκνότητας των ειδών (εποχικές, από έτος σε έτος...) ως απόκριση στο πλήθος των παραγόντων που επηρεάζουν την επιβίωση και αναπαραγωγή τους

Μονιμότερες και συνολικότερες αλλαγές



Οικολογική διαδοχή 3

Αλλαγή της σύνθεσης και δομής της βιοκοινότητας με το πέρασμα του χρόνου προς μια τελική 'σταθερή' κατάσταση, την κατάσταση κλίμακας (climax)



Σταθερή κατάσταση

Πρακτικά σημαίνει ότι τα άτομα που πεθαίνουν θα αντικαθίστανται από νεαρά του είδους τους, όχι από άλλα είδη

Κάθε φορά που ένα δέντρο πεθαίνει, ελευθερώνει χώρο προς εποικισμό



Εικόνα 3.60. Τροπικό δάσος στη βόρεια Αργεντινή



Κατάσταση κορύφωσης ή κλίμακας (climax)

Μία ή πολλές καταστάσεις κλίμακας για κάθε κλιματική ζώνη;

Clements (1916)

Για κάθε κλιματική περιοχή υπάρχει μία κατάσταση κλίμακας

Ερμηνεία αντίφασης ανάμεσα στις προβλέψεις και στην πραγματικότητα: είτε δεν παρήλθε αρκετός χρόνος ώστε να ολοκληρωθεί η πορεία διαδοχής, είτε μεσολάβησαν διαταραχές που επανέφεραν τα συστήματα σε προγενέστερα στάδια

Tansley (1935)... και υποστηρικτές

Η κατάσταση κλίμακας δεν μπορεί να είναι ίδια, αφού η βλάστηση, εκτός από το κλίμα, επηρεάζεται και από συνδυασμούς άλλων παραγόντων, όπως η τοπογραφία, ο τύπος εδάφους...

Σε κάθε κλιματική ζώνη, θα πρέπει να αναμένουμε ποικιλία καταστάσεων κορύφωσης

- Clements, F.E. (1916) Plant succession: analysis of the development of vegetation. Carnegie Institute of Washington Publication, No 242, Washington DC
- Tansley, A.G. (1935) The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology, 16, 284-307



Πρωτογενής διαδοχή

*Αφορά περιοχές όπου δεν
προϋπήρχε βλάστηση
νέες περιοχές -
χερσαίες ή υδάτινες*

Παραδείγματα

- Ηφαιστειογενή νησιά
- Εκτάσεις που αποκαλύφθηκαν από υποχώρηση παγετώνων
- Νέα υδάτινα συστήματα, όπως φράγματα



Εικόνα 3.61. Πρωτογενής διαδοχή στην Παλιά Καμένη, στην καλδέρα της Σαντορίνης



Δευτερογενής διαδοχή 1

Αφορά περιοχές στις οποίες προϋπήρχε φυσική βλάστηση

- όπου η πορεία προς την κατάσταση κλίμακας παρεμποδίστηκε από κάποια διαταραχή

Εφόσον η διαταραχή πάψει να υφίσταται, θα ακολουθήσει δευτερογενής διαδοχή

- Το σύστημα επανακάμπτει πιο γρήγορα απ' ό,τι στην πρωτογενή διαδοχή
- Η ταχύτητα επανάκαμψης εξαρτάται από τα εμπλεκόμενα είδη, κλιματικούς, εδαφικούς και άλλους παράγοντες



Εικόνα 3.62. Δευτερογενής διαδοχή σε πεζούλες, στο Τρίστομο Καρπάθου



Δευτερογενής διαδοχή 2

Με αυτή τη διαδικασία γίνεται και ο εποικισμός των διάκενων που δημιουργούνται σε ένα δάσος από την πτώση μεγάλων δέντρων



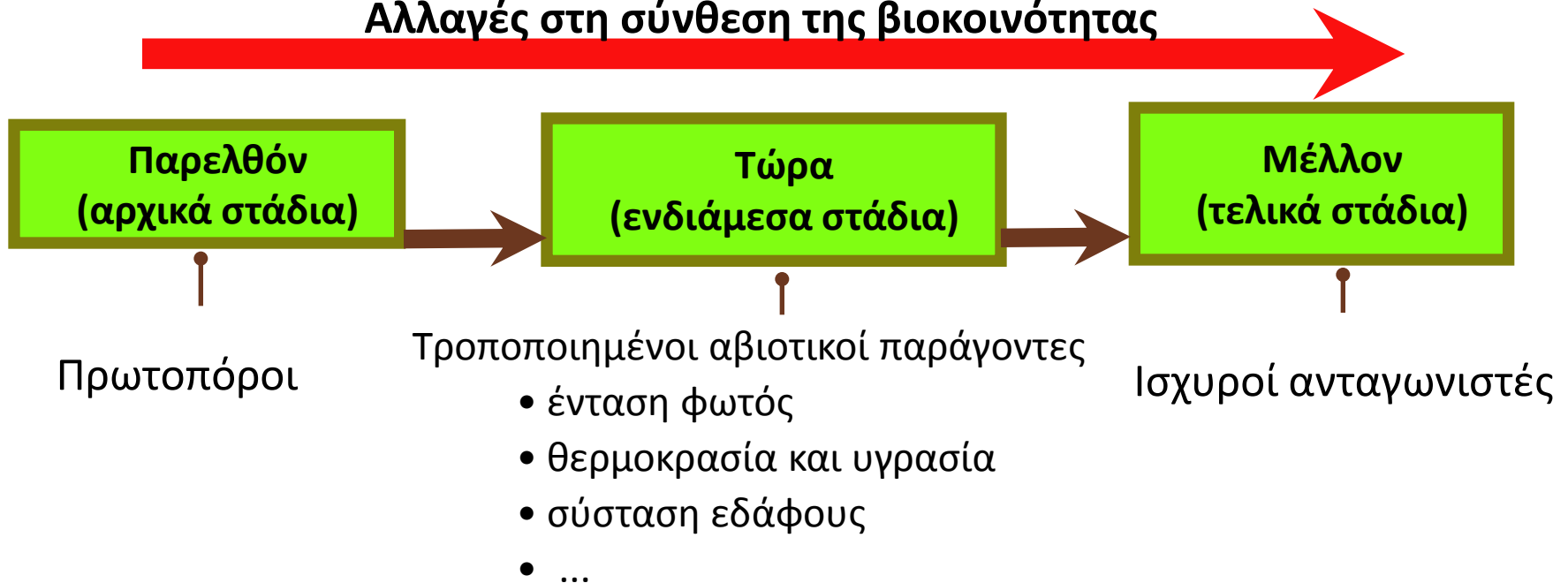
Εικόνα 3.63. Κάθε δέντρο που πεθαίνει δημιουργεί άνοιγμα προς εποικισμό



Οικολογική διαδοχή

Το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες

Αλλαγές στη σύνθεση της βιοκοινότητας



Οι τροποποιημένες συνθήκες επιτρέπουν σε νέα είδη να εγκατασταθούν



Οικολογική διαδοχή στάδια

Πρωτογενής διαδοχή

(α)



(β)



(γ)



Εικόνα 3.64. Αλλαγή στη σύνθεση της βιοκοινότητας κατά την πρωτογενή διαδοχή

(α) αρχίζει με κυανο-
βακτήρια, βρύα, λειχήνες...

(β) συνεχίζει με ψυχανθή,
αγρωστώδη, θάμνους...

(γ) καταλήγει σε
ώριμο δάσος



Αρχικά στάδια διαδοχής

Το σύστημα χαρακτηρίζεται από

- Απλή τροφική δομή
- Ευρείες οικοθέσεις (ευρύοικα είδη)
- Χαμηλή ποικιλότητα
- Χαμηλή σταθερότητα (γρήγορες αλλαγές στη σύνθεση ειδών)

Πρωτοπόρα είδη

Έχουν μεγάλη ικανότητα διασποράς και εγκατάστασης, αυτοεξυπηρετούνται ως προς άνθρακα και άζωτο, σπέρματα που απαιτούν φώς για να φυτρώσουν...

Ζωή πρωτοπόρων = Ζωή φυγάδων

- σε διαταραγμένα υποστρώματα
- στρώνουν το δρόμο για τους άλλους



Εικόνα 3.65. Εγκατάσταση βλάστησης στις αμμοθίνες της Λήμνου



Τελικά στάδια διαδοχής

Κατάσταση κλίμακας (climax)

Σε αντίθεση με τα αρχικά στάδια, το τελικό χαρακτηρίζεται από

- Πολύπλοκη τροφική δομή
- Στενές οικοθέσεις (στενόοικα είδη)
- Υψηλή ποικιλότητα
- Υψηλή σταθερότητα (αργές αλλαγές στη σύνθεση ειδών)

Είδη τελικού σταδίου

μεγάλη ανταγωνιστική ικανότητα



Εικόνα 3.66. Βροχερό δάσος στη βόρεια Αυστραλία



Χαρακτηριστικά ειδών αρχικών και τελικών σταδίων

- *Αρχικά στάδια*

Είδη με στρατηγική αποφυγής (r -)

- *Τελικά στάδια*

Είδη με στρατηγική αντοχής (K -)



Εκτρεπόμενη διαδοχή

Με τη δραστηριότητά τους, οι άνθρωποι μπορεί να εκτρέψουν τη φυσική πορεία διαδοχής

(ελεγχόμενη φωτιά, βόσκηση, καλλιέργειες, άλλες διαταραχές...)



Εικόνα 3.67. Βόσκηση στα λιβάδια του Φαλακρού





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Διαταραχές

Διαταραχή

Ασύνηθες φαινόμενο που επενεργεί σε αυτό που θεωρείται ως κανονική κατάσταση



Πηγές διαταραχής

Ασύνηθες φαινόμενο που επενεργεί σε αυτό που θεωρείται ως κανονική κατάσταση

Σεισμός, φωτιά, δράση θηρευτών, αλλά και μια σταγόνα βροχής (πιθανόν θανατηφόρα για ένα αρτίβλαστο)

Η ένταση της διαταραχής δεν ορίζεται με βάση την ανθρώπινη κλίμακα, αλλά σε σχέση με το μελετούμενο σύστημα



Διαταραχές στην οικολογία

Οι διαταραχές έχουν θεμελιώδη σημασία για την επιστήμη της οικολογίας

- Ο κόσμος αλλάζει
- Ο χρόνος φέρνει αλλαγές
- Ο άνθρωπος: πηγή διαταραχών (γεωργία, δασοπονία, ρύπανση, αναψυχή...)



Επαναλαμβανόμενη έκθεση σε διαταραχή – ‘κανονικότητες’

- Πολλές αλλαγές αποτελούν φυσιολογικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος – κανονικότητες που μπορούν να προβλεφθούν
(η εναλλαγή μέρας-νύχτας, η παλιρροιακή κίνηση, η πτώση ενός δέντρου στο δάσος)
- Οι πληθυσμοί μιας βιοκοινότητας έχουν κατ’επανάληψη εκτεθεί σε αυτές και μπορούν να τις αντιμετωπίσουν



Διαταραχές και γενετική μνήμη

1. Διαταραχές που εμφανίζονται αρκετά συχνά ώστε να μπορούν να ασκήσουν επιλεκτική πίεση

ή

2. Διαταραχές που εμφανίζονται τόσο αραιά ώστε οι οργανισμοί να μη μπορούν να διατηρήσουν τη 'γενετική μνήμη' του συμβάντος

[Disturbance, γενικός όρος

1. *Disaster*

2. *Catastrophe*]



Δημιουργία ανοιγμάτων

Συχνές οι διαταραχές που δημιουργούν ανοίγματα

Δασικά συστήματα

- Ισχυροί άνεμοι, κεραυνοί, κατολισθήσεις, ξυλοκόποι, θάνατος δέντρου...

Ποολίβαδα

- Παγωνιά, εδαφικά ζώα που ανοίγουν λαγούμια, δόντια, πόδια, κοπριά των ζώων που βόσκουν...

Βιοκοινότητες σε βραχώδεις παραλίες

- Τρικυμία, παλιρροιακά κύματα, αγκυροβόληση πλοίων, δράση θηρευτών



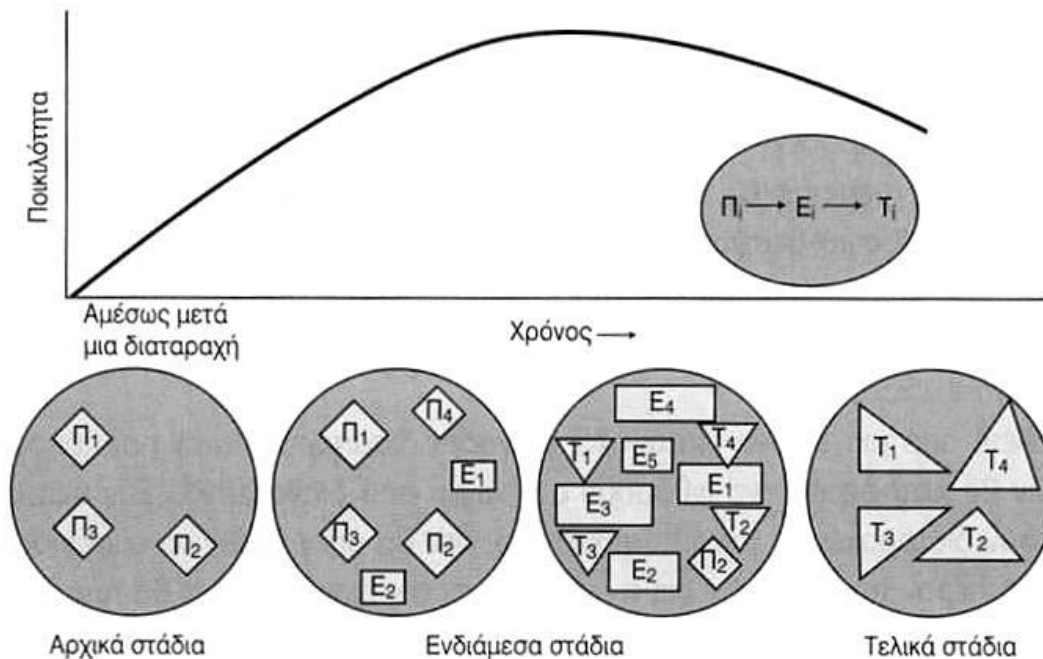
Κάλυψη ανοιγμάτων

Μετά τη δημιουργία ανοίγματος, ξεκινά η διαδικασία κάλυψής του με τρόπο

- προβλεπτό
 - Διαδοχή
(σε μικρογραφία)
- απρόβλεπτο
 - Ανταγωνιστική λοταρία
[τα ανοίγματα καλύπτονται σχεδόν εξ ολοκλήρου από άτομα ενός μόνου είδους, ενώ διαφορετικά είδη καλύπτουν τα διαφορετικά ανοίγματα]



Διαδικασία κάλυψης ανοιγμάτων οικολογική διαδοχή



Εικόνα 3.69. Υποθετική πορεία διαδοχής για την κάλυψη ενός ανοιγματος. Η ποικιλότητα αρχικά είναι μικρή, αφού λίγα μόνο πρωτοπόρα είδη (Π_i) εγκαθίστανται. Φθάνει σε μέγιστη τιμή στα ενδιάμεσα στάδια, όταν συνυπάρχουν είδη πρωτοπόρα, είδη τυπικά των ενδιάμεσων σταδίων (E_i), καθώς και είδη των τελικών σταδίων (T_i) που έχουν αρχίσει να εγκαθίστανται, ενώ πέφτει στα τελικά στάδια, όταν οι δυνάμεις ανταγωνισμού οδηγούν σε εξαφανίσεις των ανταγωνιστικά υποδεέστερων.



Διαδικασία κάλυψης ανοιγμάτων ανταγωνιστική λοταρία

- Τα είδη ανταγωνίζονται για ζωτικό χώρο
- Αυτό που φθάνει πρώτο στον κενό χώρο και μπορεί να τον υπερασπιστεί, κερδίζει τη θέση
- Για να καλυφθεί το άνοιγμα με τη διαδικασία της ανταγωνιστικής λοταρίας, τα είδη θα πρέπει να είναι:
 - ισοδύναμα ως προς ικανότητα διασποράς και εγκατάστασης
 - εξίσου ανθεκτικά στις αβιοτικές συνθήκες και ικανά να υπερασπιστούν το χώρο τους στη διάρκεια της ζωής τους



Προϋποθέσεις-αποτέλεσμα κάλυψης ανοιγμάτων με ανταγωνιστική λοταρία

Προϋποθέσεις

- Ανοίγματα δημιουργούνται συνεχώς και με τυχαίο τρόπο
- Αριθμός νεαρών ατόμων ανεξάρτητος από την παραγωγή απογόνων

[διαφορετικά, τα παραγωγικά είδη θα μονοπωλούσαν το χώρο ακόμα και σε ένα συνεχώς διαταρασσόμενο περιβάλλον]

Εάν ισχύουν οι προϋποθέσεις, οποτεδήποτε δημιουργείται ένα άνοιγμα όλες οι δυνατές αντικαταστάσεις είναι δυνατές

Αποτέλεσμα

Βιοποικιλότητα διατηρούμενη σε υψηλά επίπεδα



Κοραλλιογενή συστήματα

Παράδειγμα

Κοραλλιογενή συστήματα

- Το μεγαλύτερο σύστημα, μήκους 1250 μιλίων, ανατολικά της Αυστραλίας
- >50 είδη ψαριών σε τμήμα βράχου διαμέτρου μόνο 3 m (900 είδη στο νότιο, 1500 στο βόρειο τμήμα)
- Μικρό μέρος αυτής της βιοποικιλότητας μπορεί να αποδοθεί σε καταμερισμό πόρων και άρα σε απουσία ανταγωνισμού (παρόμοιες δίαιτες)
- Η απουσία ελεύθερου χώρου είναι ο κρίσιμος παράγοντας
- Τα είδη ανταγωνίζονται σε μια λοταρία για ζωτικό χώρο



Εικόνα 3.70. Στον Μεγάλο Κοραλλιογενή Ύφαλο της Αυστραλίας



Χαρακτηριστικά ανοιγμάτων

Υπάρχουν χαρακτηριστικά διαταραχών που ευνοούν συνύπαρξη περισσότερων ειδών απ' ό,τι θα αναμέναμε

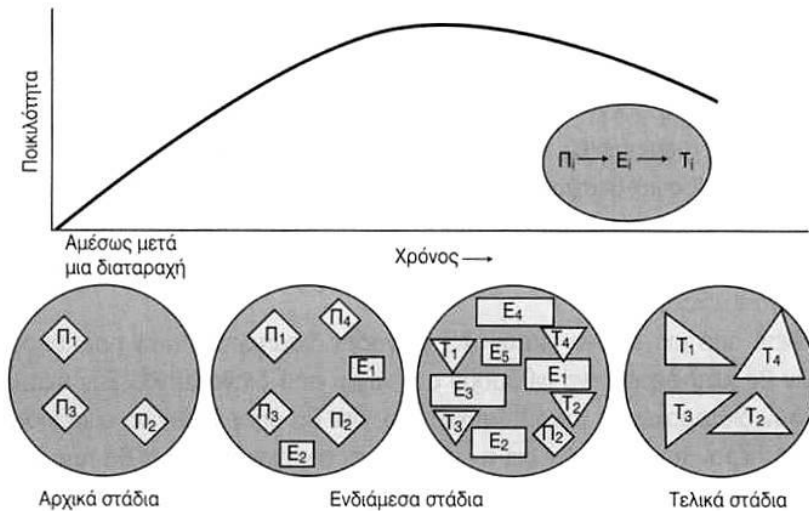
Γνωρίσματα ανοιγμάτων καθοριστικής σημασίας

- Συχνότητα
- Συγχρονισμός
- Μέγεθος

Μεγάλη η σημασία των ενδιάμεσων διαταραχών



Συχνότητα διαταραχών και ποικιλότητα ειδών

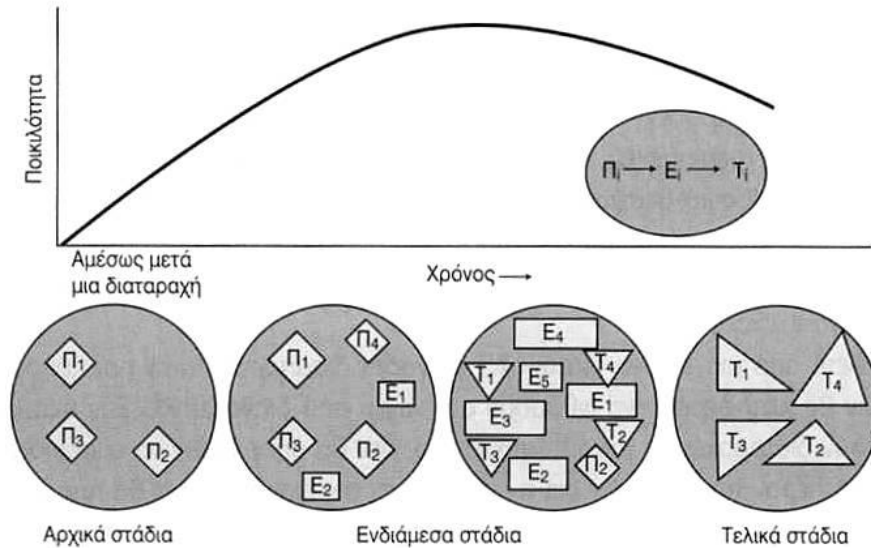


Με χαμηλές συχνότητες διαταραχής, η βιοκοινότητα προλαβαίνει να μεταβεί στην κατάσταση κλίμακας, όπου ο ανταγωνισμός είναι έντονος, με αποτέλεσμα εξαφανίσεις ειδών

Με πολύ υψηλές συχνότητες διαταραχής, η βιοκοινότητα δεν προλαβαίνει να μεταβεί σε στάδια πέραν των αρχικών



Χαρακτηριστικά διαταραχών και ποικιλότητα ειδών



- Ασύγχρονες διαταραχές
↓
μωσαϊκού τύπου συστήματα, σε διαφορετικά στάδια διαδοχής
- Ενδιάμεσης συχνότητας διαταραχές
↓
υψηλή ποικιλότητα
- Μεσαίου και μεγάλου μεγέθους ανοίγματα
↓
υψηλή ποικιλότητα



Διαταραχές μόνιμου χαρακτήρα εισαγωγή ξενικών ειδών

(α)



(β)



Εικόνα 3.71. Δύο σημαντικές περιπτώσεις φυτικών εισβολέων (α) *Eichhornia crassipes* (υάκινθος του νερού), (β) *Opuntia* sp. (φραγκοσυκιά)



Ο υάκινθος του νερού στη Β. Αμερική

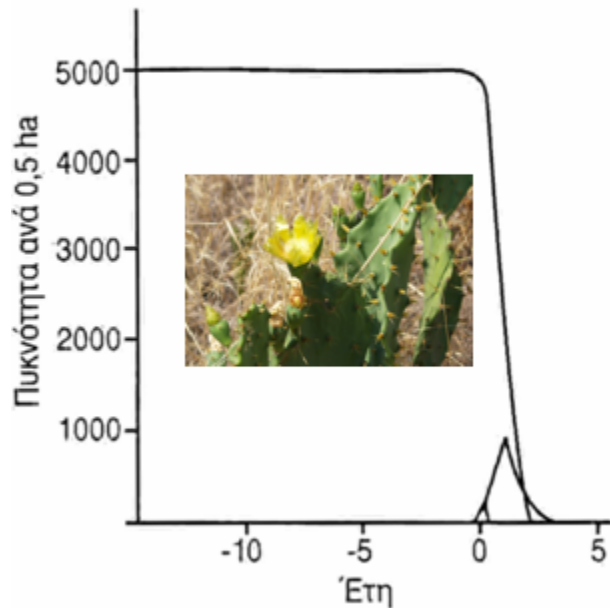


- Εισήχθη στις ΗΠΑ από τη Ν Αμερική ως διακοσμητικό είδος (τέλη 19^{ου} αιώνα)
- Έκτοτε κατάφερε να 'μολύνει' λίμνες, ποτάμια, κανάλια και να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στα αρδευτικά συστήματα, στη ναυσιπλοΐα, στην αλιεία...
- Ανεξέλεγκτο



Η φραγκοσυκιά στην Αυστραλία

Ένα από τα επιτυχέστερα παραδείγματα βιολογικού ελέγχου



Εικόνα 3.72. Η κατάρρευση του πληθυσμού της φραγκοσυκιάς (περίπου 5.000 άτομα ανά 0,5 ha) και η μετάβαση σε μια σταθερή πυκνότητα περίπου 11 ατόμων ανά 0,5 ha μετά την εισαγωγή (χρόνος 0) του ηεπιδόπτερου *Cactoblastis cactorum*. Η ανώτερη καμπύλη παριστάνει την πυκνότητα της φραγκοσυκιάς, ενώ η κατώτερη την πυκνότητα του ηεπιδόπτερου μετά την εισαγωγή του

Η αμερικανικής προέλευσης φραγκοσυκιά είχε κατακλύσει την Αυστραλία πριν την εισαγωγή ενός φυσικού 'εχθρού' από την περιοχή φυσικής εξάπλωσής της



Διαταραχές μεταβατικού χαρακτήρα οι συχνότερες

Θάνατος δέντρων



- Ανοίγματα προς εποίκιση

Θηρευτές



- Συνήθως ανοίγουν θέση για
εποικισμό από κατώτερους
ανταγωνιστές

Εικόνα 3.73. (α) Από τα τροπικά δάση στον Παναμά, (β) γατόπαρδος (cheetah), μεγάλο αιλουροειδές στο πάρκο Edeni, Ν. Αφρική



Διαταραχές μεταβατικού χαρακτήρα

Μπορεί να συμβαίνουν

- τόσο αραιά ώστε τα αποτελέσματα της προηγούμενης να έχουν εξαφανιστεί πολύ πριν εμφανιστεί η επόμενη
- τόσο συχνά ώστε η βιοκοινότητα να διατηρείται συνεχώς σε μια μεταβατική κατάσταση

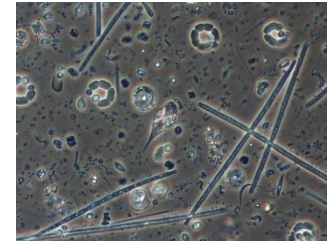
Με βάση την τελευταία εκδοχή ερμηνεύτηκαν καταστάσεις που φαίνεται να αντιστρατεύονται την αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού



Ερμηνεία 'παράδοξων'

Ερμηνεία 'παράδοξου φυτοπλαγκτού'

(αλλά και άλλων ανάλογων παραδοξοτήτων)



- Ομοιογενές περιβάλλον
- Κοινή δεξαμενή θρεπτικών, συνήθως σε ανεπάρκεια
- Αναμενόμενος έντονος ανταγωνισμός, άρα και εξαφανίσεις

Η συνύπαρξη τόσων ειδών μπορεί να ερμηνευτεί με βάση την περιβαλλοντική αστάθεια

- Η θερμοκρασία, η συγκέντρωση θρεπτικών, η φωτεινή ένταση ... ποικίλλουν έντονα
- Λόγω των διαρκών μεταβολών (διαταραχών) παρέχεται πρόσκαιρο πλεονέκτημα σε διαφορετικούς ανταγωνιστές κάθε φορά

Επανειλημμένες διακοπές της διαδικασίας που οδηγεί σε εξαφανίσεις



Αποκλίσεις από τα προβλεπόμενα

Αφού το φυσικό περιβάλλον δεν είναι σταθερό*, τόσο τα πληθυσμιακά μεγέθη των ανταγωνιστών όσο και η φύση των ανταγωνιστικών σχέσεων θα υφίστανται διακυμάνσεις ...

... έτσι ώστε τελικές καταστάσεις ανταγωνιστικής ισορροπίας να μην είναι πάντοτε ο κανόνας

Έστω κι αν δεν υπάρχει καταμερισμός πόρων οι βιοκοινότητες δεν θα τείνουν υποχρεωτικά προς μια μορφή τύπου 'μονοκαλλιέργειας' (= λίγα είδη)

*προϋπόθεση για να ισχύει η θεωρία του ανταγωνιστικού αποκλεισμού



Διαταραχές και διαχείριση

Η θεωρία των διαταραχών προτείνει τρόπους με τους οποίους μπορούν να χειραγωγηθούν οι βιοκοινότητες προς επιθυμητό αποτέλεσμα

– γεωργία, δασοπονία, δημιουργία εθνικών πάρκων ...

Εάν το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι η διατήρηση της βιοποικιλότητας

(όπως κατεξοχήν ισχύει για τις προστατευόμενες περιοχές)



δεν πρέπει να αποκλειστούν οι διαταραχές



Διαταραχές και βιοποικιλότητα

Η δημιουργία ανοιγμάτων, τα μωσαϊκά θέσεων, οι διαφορετικές φάσεις διαδοχής που ακολουθούν

είναι σπουδαίοι παράγοντες, με τους οποίους μπορούμε να διατηρήσουμε ή να αυξήσουμε τη βιοποικιλότητα

- Αντιστοιχία με μείζονος σημασίας διαταραχές του παρελθόντος: περίοδοι παγετώνων, αποκόλληση ηπείρων, σχηματισμός νησιών...

Αποτελεσματικές διαταραχές:
αυτές που πλήττουν τα είδη που κυριαρχούν



Πρωτογενής τομέας και βιοποικιλότητα

Γεωργία

- Συνεχής διαταραχή
- Καθόλου τυχαίο που συνδέεται με πλήθος ανεπιθύμητων 'ζιζανίων'

Δασοπονία

Οι συνήθειες πρακτικές δεν προάγουν την ποικιλότητα

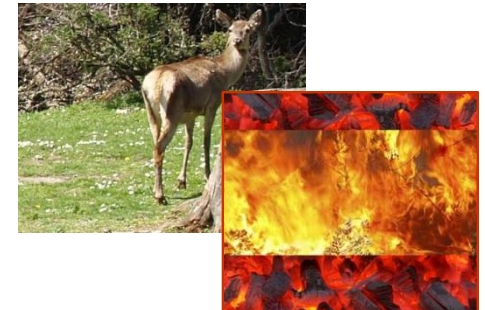
- Συντομεύεται η διαδικασία της οικολογικής διαδοχής
 - μεταφορά στην τελική κατάσταση
 - φτωχοί σε είδη υπόροφοι, μονοτονία ανώτερου ορόφου, ηλικιακή μονοτονία
- Διαχείριση δάσους που δημιουργεί ανοίγματα μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ποικιλότητας



Τύπος και κλίμακα διαταραχών

- Μια φωτιά μεγαλύτερη διαταραχή από την εισαγωγή ενός είδους ελαφιού;
- Πώς διαφορετικές βιοκοινότητες αποκρίνονται σε ίδιες διαταραχές;

Καθόλου εύκολες οι απαντήσεις



Η θεωρία των διαταραχών μπορεί να αποτελέσει πλαίσιο και να δώσει κατευθυντήριες γραμμές





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Στρατηγικές ζωής

Στρατηγικές ζωής 1

Το σύμπλοκο των δημογραφικών, φυσιολογικών, μορφολογικών/ανατομικών χαρακτηριστικών που έχουν αναπτύξει οι οργανισμοί ως απόκριση στις ιδιαιτερότητες του περιβάλλοντός τους, προκειμένου να επιβιώσουν



Στρατηγικές ζωής 2

Το σύμπλοκο των δημογραφικών, φυσιολογικών, μορφολογικών/ανατομικών χαρακτηριστικών που έχουν αναπτύξει οι οργανισμοί ως απόκριση στις ιδιαιτερότητες του περιβάλλοντός τους, προκειμένου να επιβιώσουν

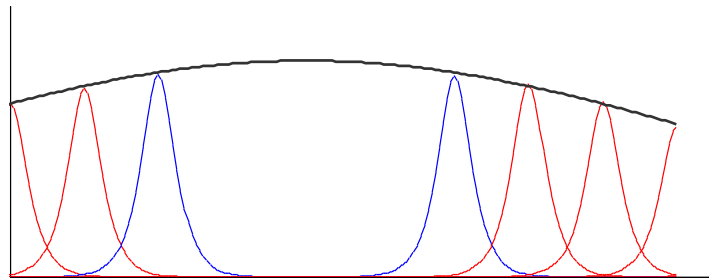
Απαντούν σε 'διλήμματα' του τύπου

- Να επενδύσω σε χαρακτηριστικά που ευνοούν τη δική μου επιβίωση ή να διαθέσω τους πόρους στους απογόνους;
- Τους πόρους που θα διαθέσω στους απογόνους, να τους μοιράσω σε λίγους και εύρωστους ή σε πολλούς αλλά αδύναμους;



Ανοίγματα άλλου τύπου

Όταν οι οργανισμοί δεν ανταγωνίζονται ή ανταγωνίζονται ελαφρά (= δεν επικαλύπτονται έντονα οι οικοθέσεις) => ευκαιρία για να καταληφθεί ο άδειος χώρος

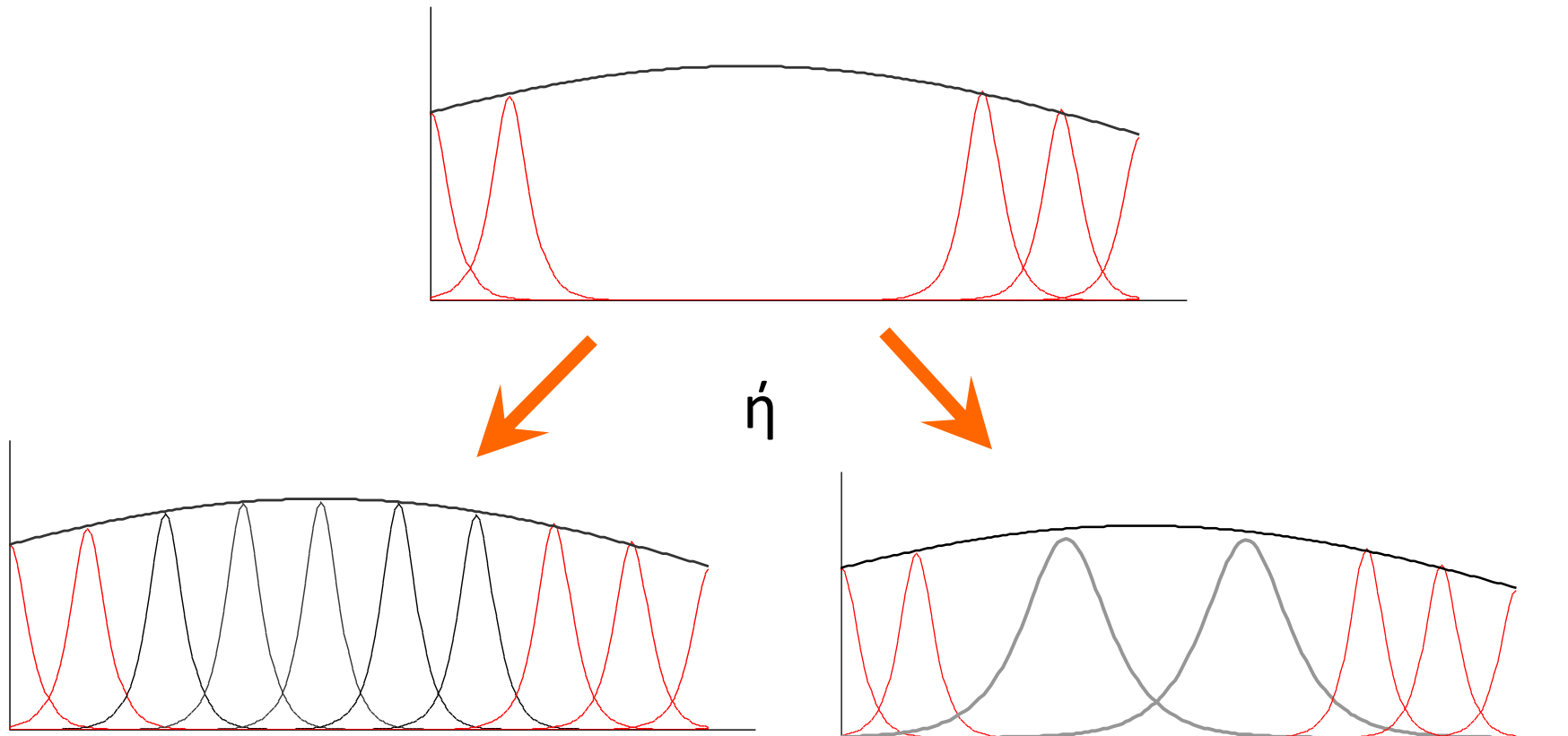


Εικόνα 3.74. (α) Το 'κενό' δεν θα διατηρηθεί στο διηνεκές

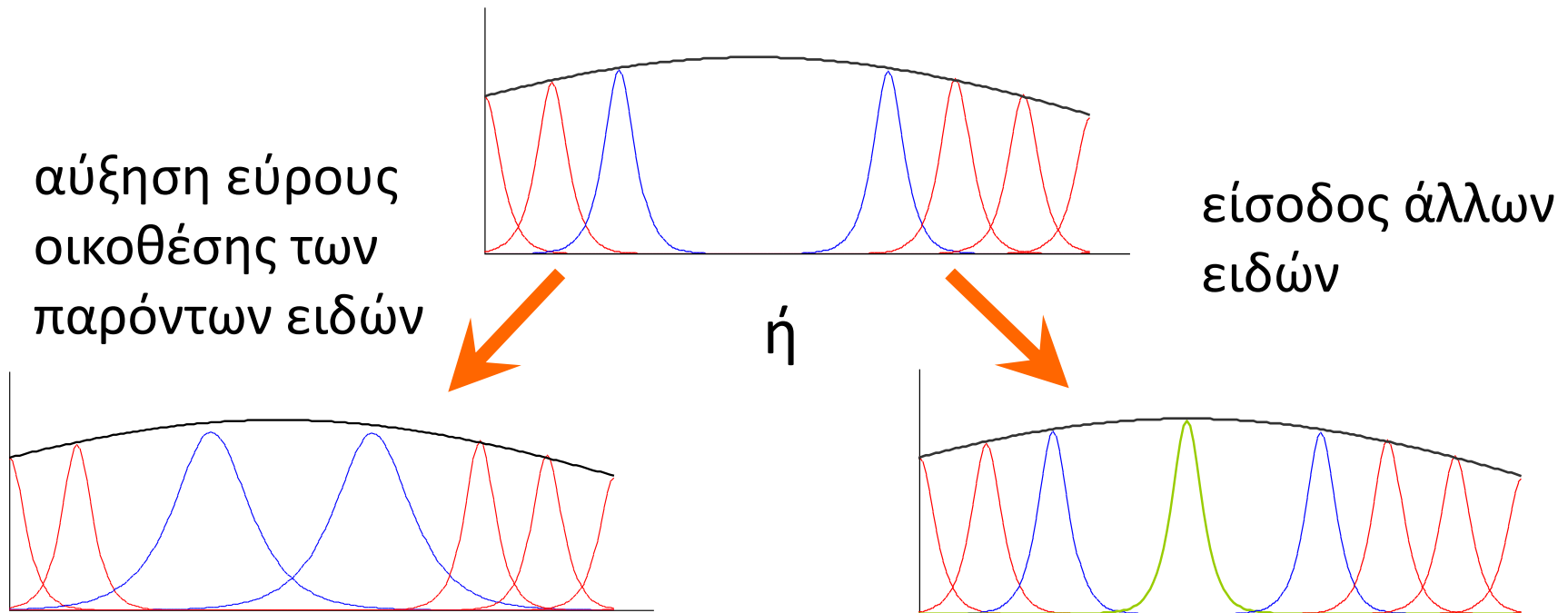


‘Ανοίγματα’ οικοθέσεων

Εικόνα 3.74. (β) Όταν υπάρχει ‘κενό’, μπορούν να χωρέσουν λίγοι με ευρεία οικοθέση ή πολλοί με στενή οικοθέση



Δυνατότητες πλήρωσης ανοιγμάτων



Εικόνα 3.74. (γ) Πλήρωση του κενού εκ των έσω ή έξωθεν

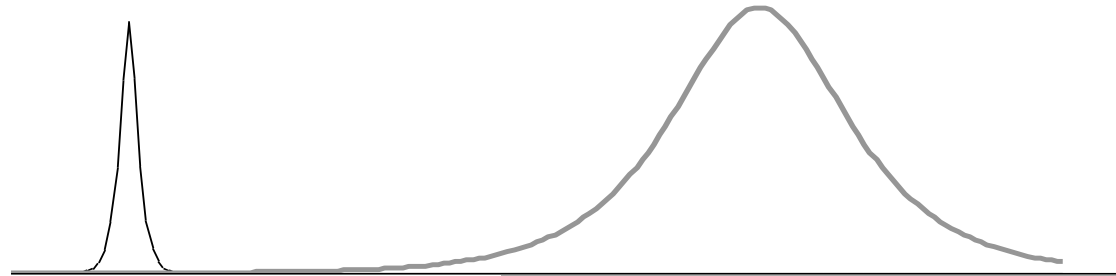
Εξειδίκευση και γενικοτροπία

Στενή οικοθέση

Ευρεία οικοθέση

Εικόνα 3.75.

Παραδείγματα (α)
εξειδικευμένων,
(β) γενικών
καταναλωτών



“specialists”

ειδικοί, εξειδικευμένοι

“generalists”

γενικοί, γενικότροποι

(α) *Acinonyx
jubatus*
(γατό-
παρδος)



(β) *Ursus
arctos*
(καφετιά
αρκούδα)

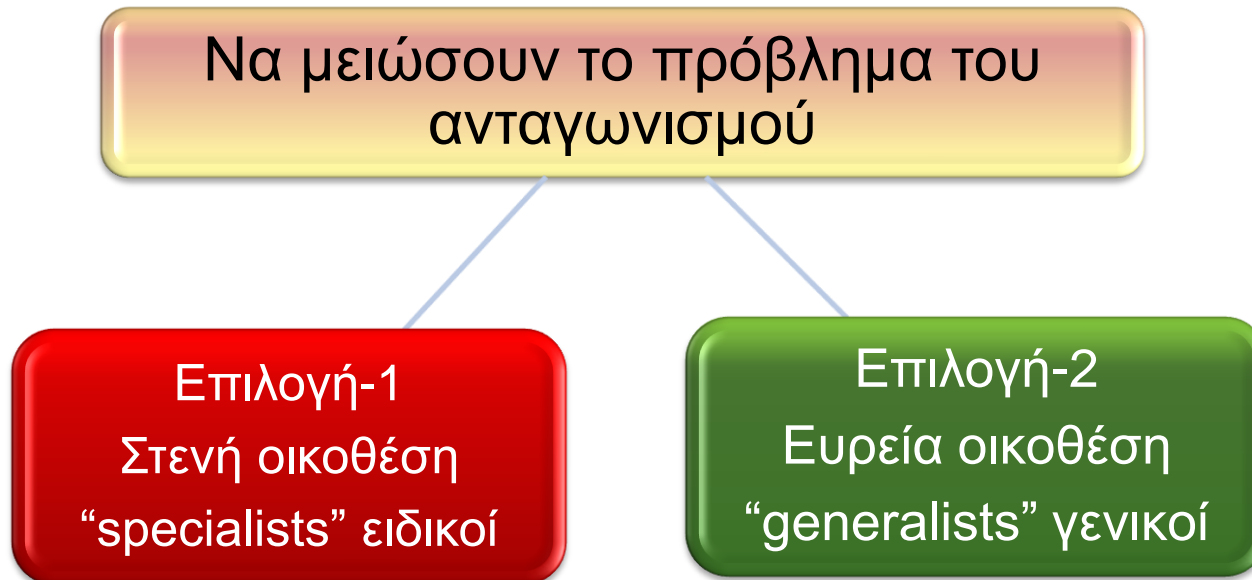


Οικολογικές επιλογές 1

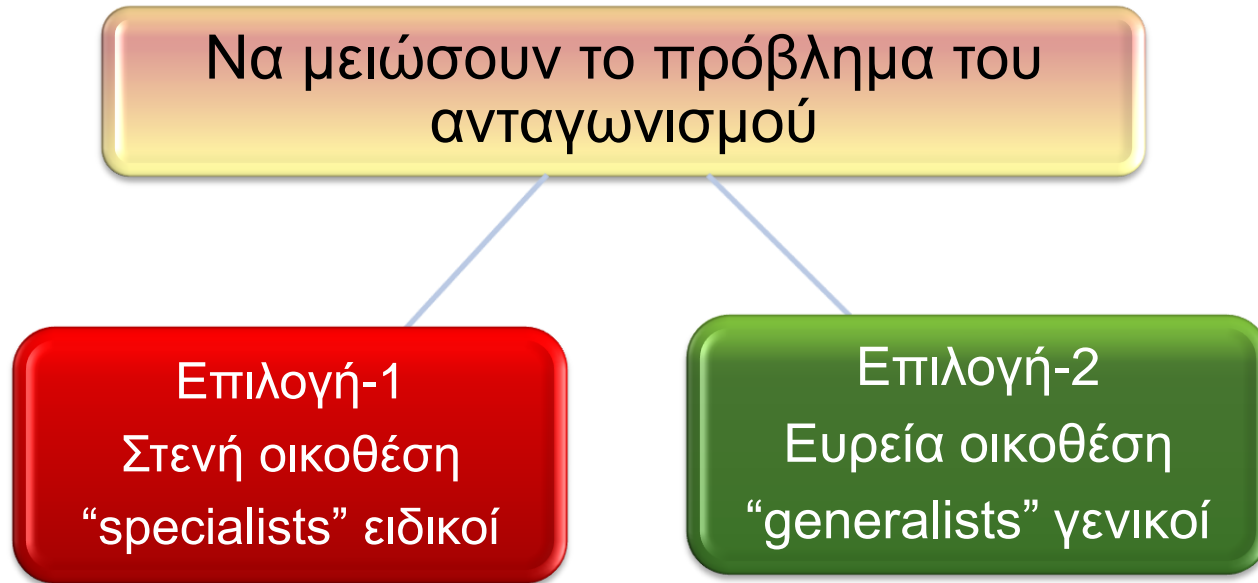
Ο ανταγωνισμός πιέζει όλα τα είδη συνεχώς

Αυτή η πίεση οδηγεί την εξέλιξη των οργανισμών προς συγκεκριμένες επιλογές στο συνεχές:

Απόλυτη εξειδίκευση.....Απόλυτη γενικοτροπία



Οικολογικές επιλογές 2



*Δεν υπάρχει τέλεια στρατηγική
Κάθε επιλογή έχει το κόστος της*



Συνθήκες και επιλογές

	εξειδίκευση	γενικοτροπία
Έντονος ανταγωνισμός	✓	
Ασθενής ανταγωνισμός		✓
Μεγάλη περιβαλλοντική μεταβλητότητα		✓
Σταθερό περιβάλλον	✓	



Δυνατές επιλογές 1

Ένας πληθυσμός επιδιώκει
μεγάλη γονιμότητα
ή μικρή θνησιμότητα



Δυνατές επιλογές 2

Ένας πληθυσμός επιδιώκει μεγάλη γονιμότητα ή μικρή θνησιμότητα

Είναι εξαιρετικά δαπανηρό να έχεις και μεγάλη γονιμότητα και μικρή θνησιμότητα

Τα είδη επιλέγουν κάτι στο συνεχές:

μικρή επένδυση στην αναπαραγωγή προσπάθεια και μεγάλη γονική φροντίδα

⋮

μεγάλη επένδυση στην αναπαραγωγική προσπάθεια και ελάχιστη γονική φροντίδα





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Υπότιτλος

Νησιωτική βιογεωγραφία

Νησιωτικές βιοκοινότητες 1

- Η μελέτη τους ενδιαφέρει σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο
- Λίγες φυσικές βιοκοινότητες δεν διαθέτουν κάποιο χαρακτηριστικό νησιωτικότητας
- Η κατανόηση των γνωρισμάτων τους μπορεί να συμβάλει στη διατήρηση της άγριας ζωής

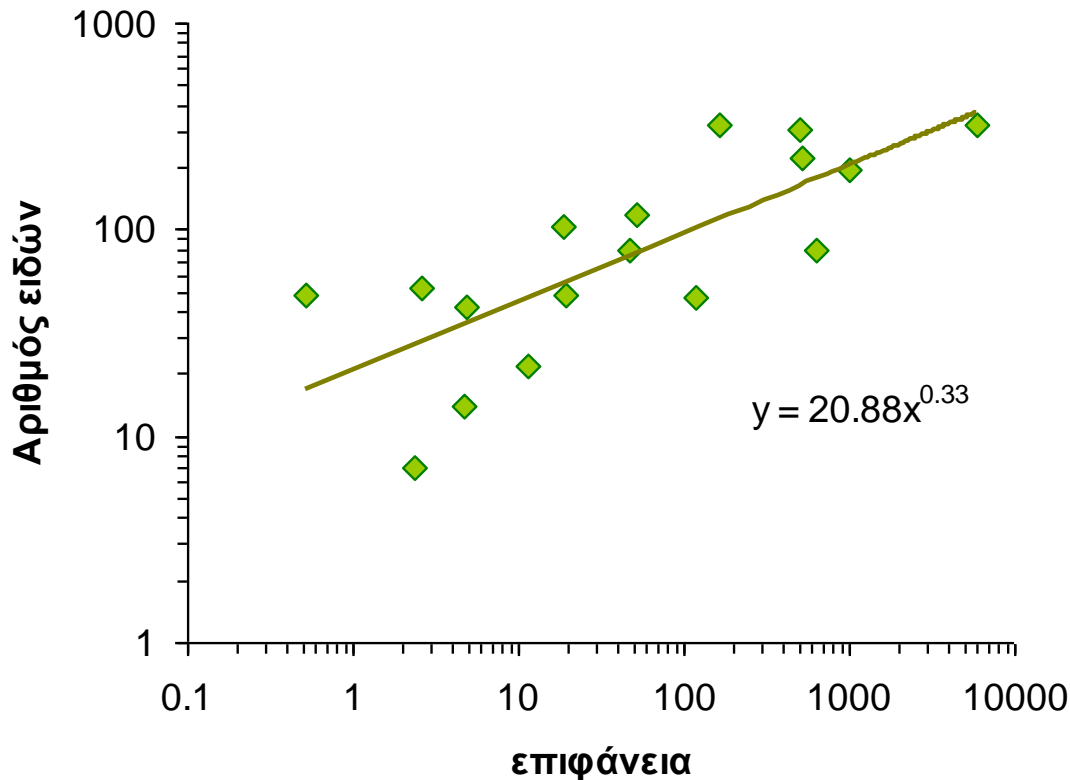


Νησιωτικές βιοκοινότητες 2

- Συνήθως, τα νησιά περιέχουν λιγότερα είδη απ' ό,τι οι γειτονικές τους (ανάλογου μεγέθους) ηπειρωτικές περιοχές
- Όσο μικρότερο το νησί τόσο λιγότερα τα είδη που περιέχει
 - καθοριστικής σημασίας η περιβαλλοντική ετερογένεια



Η επίδραση του μεγέθους της περιοχής στον αριθμό ειδών που περιέχει

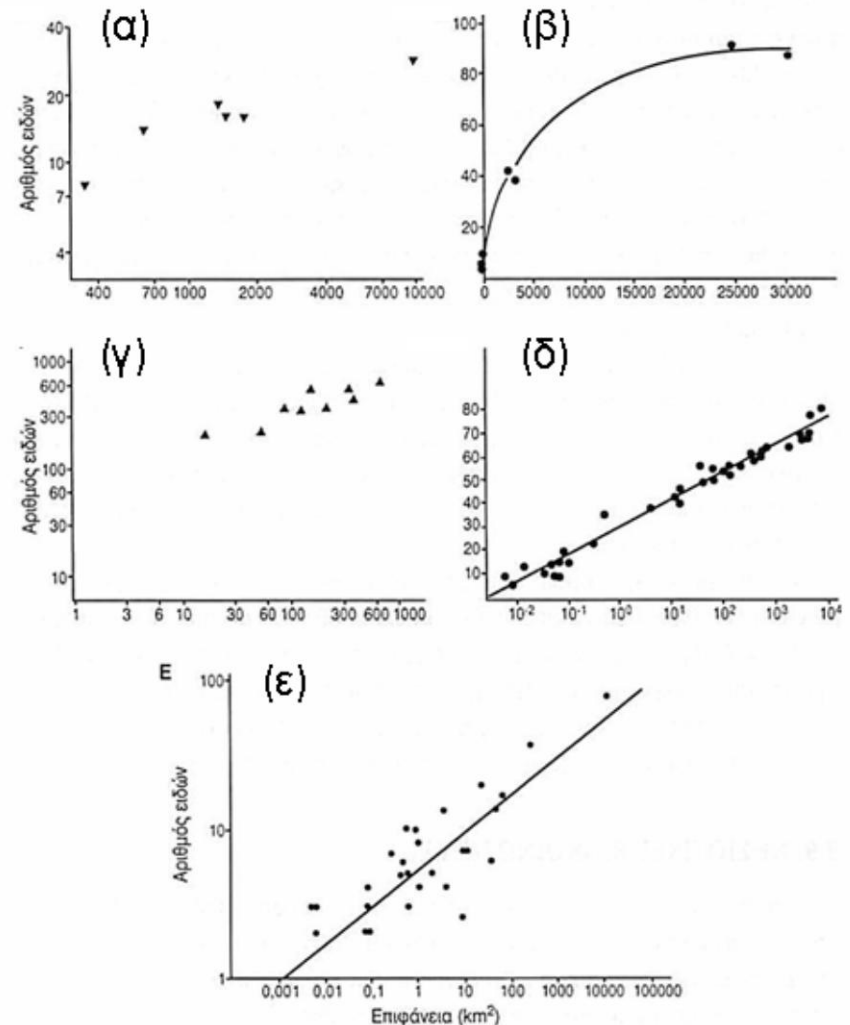


Συνήθως, τα δεδομένα ταιριάζουν με την εξίσωση Arrhenius, $S = cA^z$ όπου S είναι ο πλούτος ειδών, A το μέγεθος της επιφάνειας, c ο πλούτος ειδών για επιφάνεια ίση με τη μονάδα και z ο ρυθμός αύξησης του πλούτου ειδών με την επιφάνεια (σε κλίμακα log)

Εικόνα 3.76. Σχέση επιφάνειας-ειδών για φυτά στα νησιά Galapagos

Σχέσεις επιφάνειας-ειδών

Εικόνα 3.77. Σχέσεις επιφάνειας-ειδών για νησιωτικές βιοκοινότητες: (α) πουλιά στα νησιά της Χαβάης, (β) αγγειόσπερμα στις Αζόρες, (γ) αμφίβια και ερπετά στα νησιά της Καραϊβικής, (δ) πουλιά στα νησιά του Σολομώντα, (ε) μαλάκια στις λίμνες της Νέας Υόρκης. Σε όλες τις περιπτώσεις ο άξονας x αντιστοιχεί σε km^2



Begon, M., Harper, J.L., Townsend, C.R. (1996) Ecology: individuals, populations and communities (3rd edition). Blackwell Science Ltd, Oxford



Θεωρία νησιωτικής βιογεωγραφίας

Θεωρία Ισορροπίας κατά McArthur και Wilson

- Ερμηνεία του αριθμού ειδών ενός 'νησιού'
 - Ισοζύγιο εισόδων– εξόδων
 - Ισοζύγιο εποικισμών (μεταναστεύσεων προς το νησί) – εξαφανίσεων (λόγω άσκησης ανταγωνισμού)
- Ισορροπία δυναμική
 - είδη συνεχώς εξαφανίζονται/αντικαθίστανται

$$\frac{dS}{dt} = C - E$$

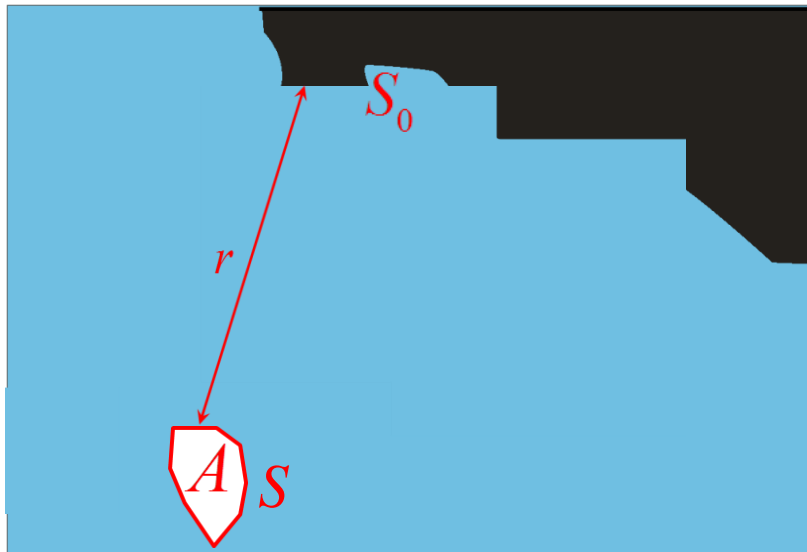
Όπου C = εποικισμοί και E = εξαφανίσεις
Όταν $C = E$, $dS/dt = 0$, υπάρχει ισορροπία

MacArthur, R.H, Wilson, E.O. (1967) The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton



Θεωρία νησιωτικής βιογεωγραφίας

αριθμός ειδών



Ο αριθμός ειδών S σε ένα νησί εξαρτάται από

- επιφάνεια νησιού, A
- απόσταση από πηγή, r
- είδη στην πηγή = S_0



Είσοδοι (εποικισμοί)

Για την εκτίμηση του ρυθμού εισόδου λαμβάνονται υπόψη όλα τα είδη από την πηγή (την ηπειρωτική βιοκοινότητα)

$$C = c S_0$$

όπου C = ρυθμός εισόδου (εποικισμού), S_0 ο αριθμός ειδών στην πηγή και c η πιθανότητα να εποικίσει ένα είδος το νησί στη μονάδα του χρόνου

Όσο αυξάνεται ο αριθμός των ειδών που εγκαθίστανται τόσο θα μειώνεται ο ρυθμός εποικισμού νέων, μέχρι μηδενισμού, όταν όλα τα είδη της ηπειρωτικής περιοχής αντιπροσωπεύονται στο νησί

$$E = \mu S$$

όπου E = ρυθμός εξόδου (εξαφάνισης), S ο αριθμός ειδών στο νησί και μ η πιθανότητα να εξαφανιστεί από το νησί ένα είδος στη μονάδα του χρόνου



Έξοδοι (εξαφανίσεις)

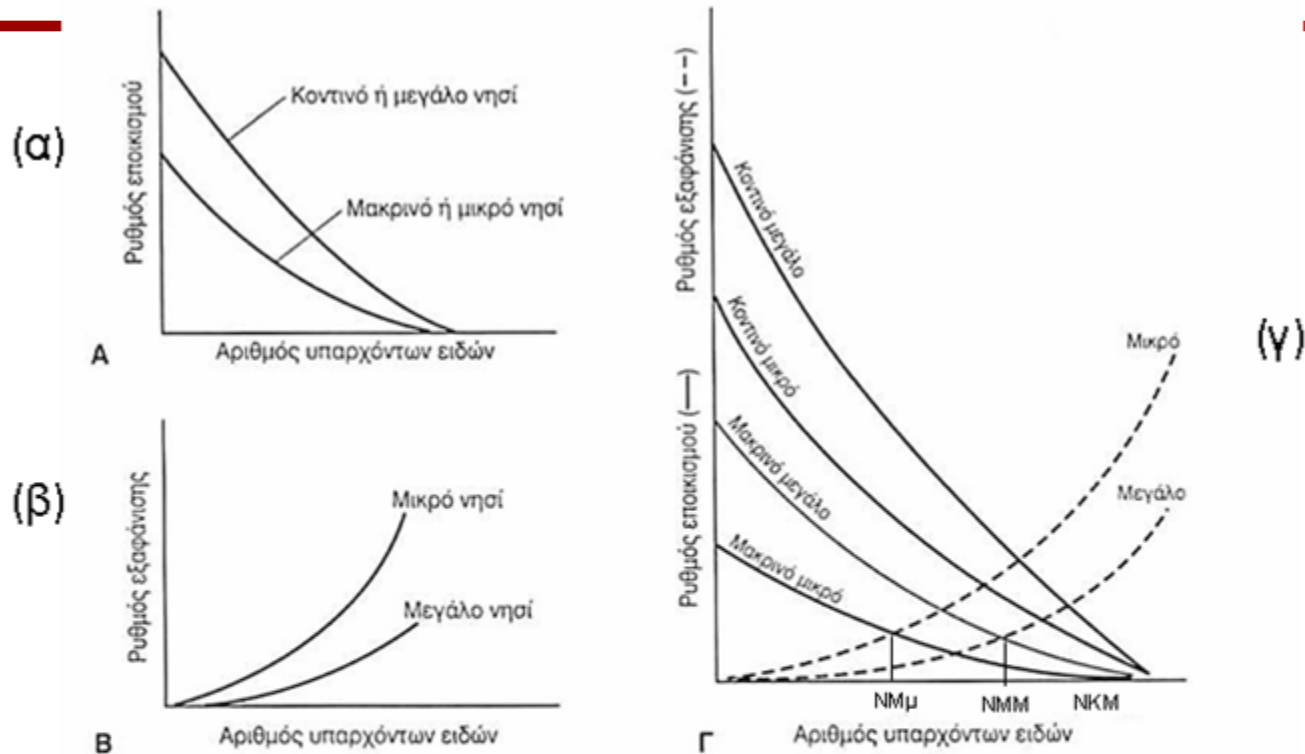
Ο ρυθμός

- Θα είναι μηδενικός όταν δεν υπάρχουν είδη στο νησί
- Θα είναι χαμηλός όταν υπάρχουν λίγα είδη
- Θα μεγαλώνει με την αύξηση του αριθμού των ειδών

Η θεωρία δέχεται ότι όλοι οι πληθυσμοί είναι ανεξάρτητοι



Πρόβλεψη αριθμού ειδών



Εικόνα 3.78. Απεικόνιση των προβλέψεων της θεωρίας της ισορροπίας κατά McArthur και Wilson (1967): (α) ρυθμός εποικισμού ειδών σε σχέση με τα ήδη υπάρχοντα για μεγάλα και μικρά, κοντινά και μακρινά νησιά, (β) ρυθμός εξαφάνισης ειδών για μεγάλα και μικρά νησιά, (γ) ισοζύγιο εισροών-εκροών (εποικισμών-εξαφανίσεων) για μικρά και μεγάλα, κοντινά και μακρινά νησιά. N= αριθμός ειδών στην κατάσταση ισορροπίας, Μμ=Μακρινό μικρό νησί, ΜΜ=Μακρινό Μεγάλο, ΚΜ=Κοντινό Μεγάλο νησί



Προβλέψεις της θεωρίας της ισορροπίας

Η θεωρία κάνει τις ακόλουθες προβλέψεις:

α) Ο αριθμός ειδών που μπορεί να στηρίξει ένα νησί είναι συγκεκριμένος και μπορεί να προσδιοριστεί

β) ο αριθμός αυτός δεν προκύπτει στατικά αλλά με συνεχή εναλλαγή ειδών ανάμεσα σ' αυτά που εισέρχονται και σ' αυτά που εξαφανίζονται

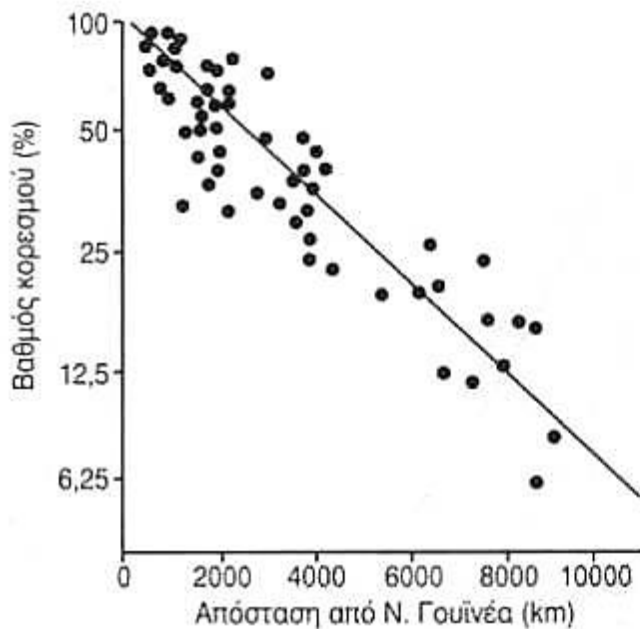
γ) τα μεγαλύτερα νησιά στηρίζουν περισσότερα είδη απ' ό,τι τα μικρότερα

δ) ο αριθμός ειδών θα είναι τόσο χαμηλότερος όσο μεγαλύτερη η απομόνωση του νησιού

Κομβικό σημείο της θεωρίας αποτελεί η παραδοχή ότι η κατάσταση ισορροπίας προκύπτει ως αποτέλεσμα μιας διαρκούς εναλλαγής και ότι είναι μια δυναμική ισορροπία



Η επίδραση της απομόνωσης



Εικόνα 3.79. Αριθμός πουλιών σε νησιά που απέχουν περισσότερο από 500 km από το νησί της Νέας Γουϊνέας, εκφρασμένος ως ποσοστό του αριθμού ειδών που έχουν καταγραφεί σε ισομεγέθη νησιά κοντά στη Νέα Γουϊνέα, την κύρια πηγή μεταναστών

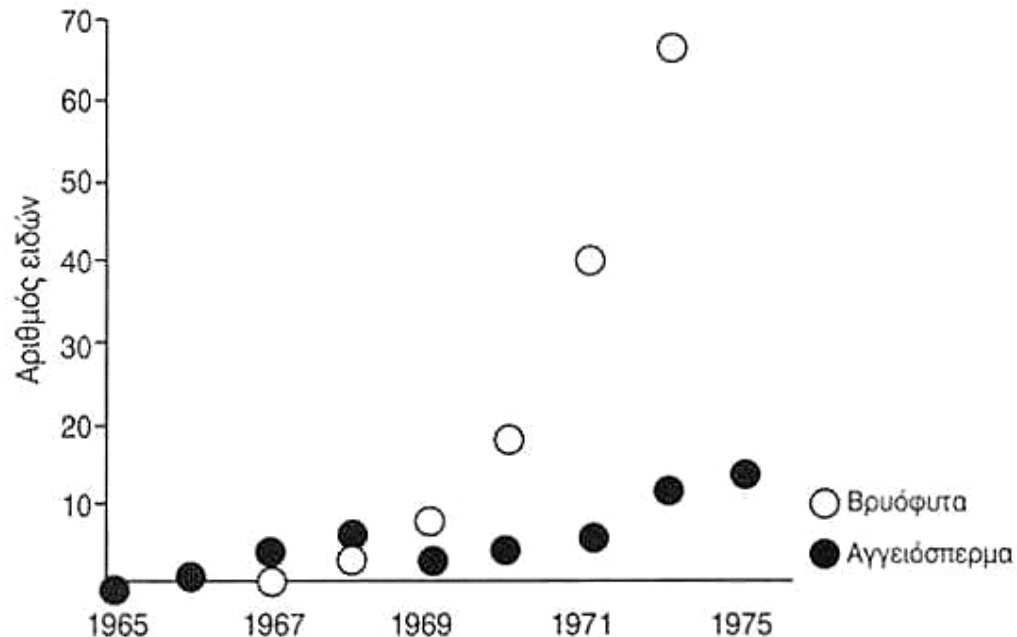
Νοτιοδυτικός Ειρηνικός ωκεανός

Diamond, J.M. (1973) Distributional ecology of New Guinea birds. *Science*, 179, 759-769



Πρωτογενής διαδοχή άφιξη εποίκων

Νησί Surtsey:
εμφανίστηκε το
1963



Εικόνα 3.80. Αριθμός ειδών βρυοφύτων και αγγειοσπέρμων που καταγράφηκαν στο νέο, ηφαιστειογενούς προέλευσης, νησί Surtsey της Ισλανδίας, από το 1965 μέχρι το 1973

Προβλέψεις και ερμηνείες

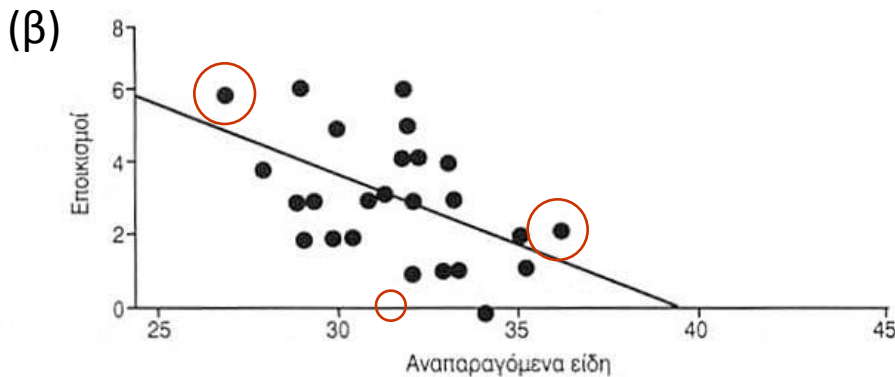
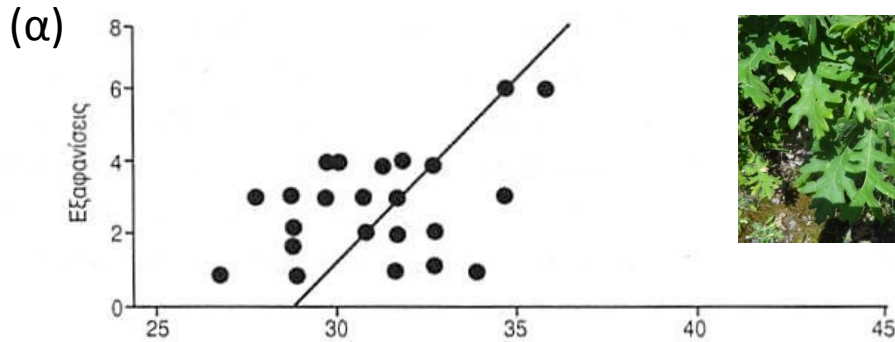
Η θεωρία των ισορροπίας κατά McArthur και Wilson είναι μια από τις πιο επιτυχείς στην οικολογία

Εξηγεί γιατί

- τα νησιά περιέχουν λιγότερα είδη από τις ηπειρωτικές περιοχές
- τα μικρότερα νησιά περιέχουν λιγότερα είδη
- τα απομονωμένα νησιά περιέχουν λιγότερα είδη
- τα είδη που βρίσκονται τώρα σε ένα μικρό νησί είναι διαφορετικά από τα είδη που υπήρχαν πριν



Διερεύνηση προβλέψεων θεωρίας συνεχής εναλλαγή



Μικρό δάσος βαλανιδιάς

- 44 είδη συνολικά
- 27-36 ετησίως
- μέση τιμή 32
- Σημαντική η συσχέτιση για εποικισμούς
- οι ευθείες τείνουν να συναντηθούν στο σημείο που αντιστοιχεί στο 32

3 είσοδοι, 3 έξοδοι ετησίως

Εικόνα 3.81. Αριθμός αναπαραγόμενων πουλιών σε σχέση με (α) 'εξαφανίσεις' και (β) νέες αφίξεις στο Eastern Wood της νότιας Αγγλίας, για κάθε έτος για μια περίοδο 25ετίας



Η Θεωρία της Ισορροπίας κατά McArthur και Wilson 1

- Είναι ουδέτερη θεωρία
 - Όλα τα είδη θεωρούνται ισότιμα
(δηλαδή, παραβλέπει τροφικές θέσεις, αυξητικές μορφές κλπ)
- Είναι θεωρία μόνο για πλούτο ειδών
 - Δεν λέει τίποτα για το μέγεθος των πληθυσμών



Η Θεωρία της Ισορροπίας κατά McArthur και Wilson 2

- Δίνει έμφαση μόνο στους αριθμούς
- Δεν λέει τίποτα για
 - ποια είδη ζουν στα διαφορετικά νησιά
 - ποια μεταναστεύουν
 - ποια εξαφανίζονται
- Η πρόβλεψη για εναλλαγή ειδών εισάγει το στοιχείο της τυχαιότητας στη δομή της νησιωτικής βιοκοινότητας
- Στην πραγματικότητα, αυτό δεν αφορά όλα τα είδη
Υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των ειδών ως προς τη δυνατότητα διασποράς και την πιθανότητα επιβίωσης



Χαρακτηριστικά απόντων ειδών

- Είδη με μικρή ικανότητα διασποράς δεν μπορούν να φθάσουν
- Είδη εξαρτώμενα από άλλα που απουσιάζουν, δεν μπορούν να εγκατασταθούν
- Είδη με μικρή πληθυσμιακή πυκνότητα (όπως οι κορυφαίοι καταναλωτές) είναι ιδιαίτερα ευπαθή, ακόμα και λόγω τυχαίων κυμάνσεων
 - Κορυφαίοι καταναλωτές απουσιάζουν από πολλά νησιά
 - Στο νησί του Ατλαντικού Tristan da Cunha, δεν υπάρχουν καθόλου ανώτεροι καταναλωτές - αρπακτικά, θηλαστικά ή ερπετά - εκτός από αυτούς που απελευθέρωσε ο άνθρωπος



Εξέλιξη και εποικισμός στα νησιά 1

Λείπουν και οι εξελικτικές διεργασίες

- Στα απομονωμένα νησιά, ο ρυθμός με τον οποίο τα είδη εξελίσσονται μπορεί να είναι συγκρίσιμος ή και μεγαλύτερος αυτού της άφιξης νέων εποίκων

Νησιά

- ‘ωκεάνια’ ($P_{\text{εξέλιξης}} > P_{\text{εποικισμού}}$)
- ‘ηπειρωτικά’ ($P_{\text{εποικισμού}} > P_{\text{εξέλιξης}}$)

Μπορεί να είναι ωκεάνια (= απομονωμένα) για μια ομάδα και ηπειρωτικά για μια άλλη, αφού διαφέρουν οι ικανότητες διασποράς

Έτσι μπορεί να ερμηνευτεί ο μεγάλος αριθμός ενδημικών ειδών *Drosophila* στο αρχιπέλαγος της Χαβάης, ο μεγάλος βαθμός ενδημισμού Ελληνικών νησιών ... (δεν ερμηνεύονται με βάση τις εισροές και εκροές της θεωρίας)



Εξέλιξη και εποίκισμός στα νησιά 2

Ανάλογα,

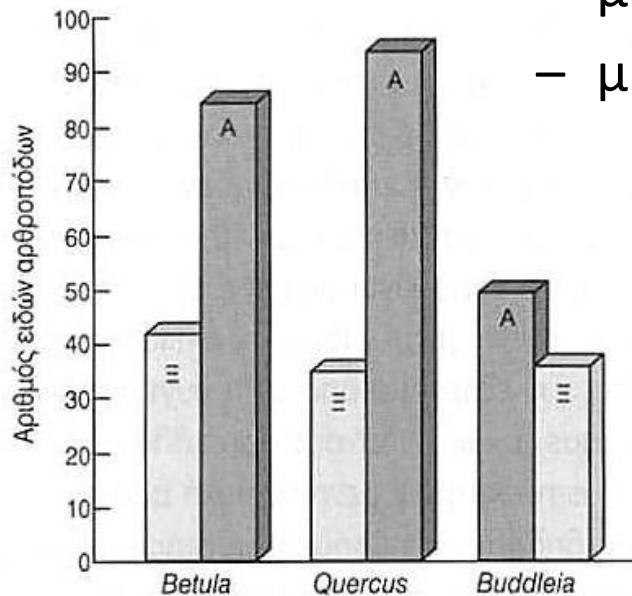
- λίμνη Ταγκανίκα, από τις πιο παλιές και βαθιές της Αφρικής
 - 214 είδη τροπικών ψαριών οικογένειας Cichlidae, 80% ενδημικά
- λίμνη Rudolph, αποκόπηκε από σύστημα Νείλου πριν μόνο 5000 χρόνια
 - 37 είδη της ίδιας οικογένειας, 16% ενδημικά



Διερεύνηση προβλέψεων θεωρίας διασπορά και εξέλιξη

Φτώχεια ειδών ως αποτέλεσμα

- μικρής διάρκειας εξελικτικού χρόνου
- μικρής ικανότητας διασποράς



Τα νησιά μας θυμίζουν ότι ο φυσικός κόσμος βρίσκεται σε μια συνεχή οικολογική και εξελικτική ροή

Εικόνα 3.82. Σχετική αφθονία ειδών φυτοφάγων αρθροπόδων που συνδέονται με τρία είδη δένδρων στη Μεγάλη Βρετανία (στήλες δεξιά) και στη Νότια Αφρική (στήλες αριστερά). Λιγότερα είδη καταγράφονται εκεί όπου τα δέντρα έχουν εισαχθεί (I) σε σχέση με εκεί όπου είναι αυτοφυή (A) (από Southwood et al 1982).



Εφαρμογή της θεωρίας στην προστασία της φύσης

- Οι προστατευόμενες περιοχές μπορούν να θεωρηθούν ως περικλειόμενες από 'ωκεανό' ακατάλληλων ενδιαιτημάτων (λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας)
 - Τα όρια συνεπάγονται δημιουργία οικοτόνων
- Όσο μεγαλύτερες τόσο περισσότερα τα είδη που μπορούν να στηρίξουν

Είναι προτιμότερη μία μεγάλου μεγέθους προστατευόμενη περιοχή ή πολλές μικρές ίδιας συνολικής επιφάνειας;



Μία μεγάλη ή πολλές μικρές προστατευόμενες περιοχές

- Αν δεν συντρέχουν επιδημιολογικοί κίνδυνοι

Μεγάλη

- Αν πρόκειται για προστασία μεμονωμένων ειδών μικρής πυκνότητας

Μεγάλη

(μπορεί να τα διαφυλάξει από έντονες κυμάνσεις)

- Αν ο χώρος είναι ετερογενής και υπάρχει αδυναμία συνολικής προστασίας του

Πολλές διάσπαρτες

(μία μεγάλη θα έχει περιορισμένη ποικιλότητα, αφού δεν θα περικλείει όλο το εύρος των διαφορετικών ενδιαιτημάτων)

Εκτός από τη γενική θεωρία, χρειάζονται όχι μόνο ειδικές γνώσεις αλλά και αποφασιστικότητα για άσκηση προστασίας



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Εικόνα 3.15: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galium_aparine.jpg

Εικόνα 3.23: (α) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sciurus_vulgaris_by_redR_1.jpg

(β) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sciurus_carolinensis-gotigersjf_%28cropped%29.jpg

Εικόνα 3.24: Φωτογραφία από Μ. Μουστάκα

Εικόνα 3.30: http://simple.wikipedia.org/wiki/Parasitic_wasp

Εικόνα 3.31: "Leopard kill - KNP - 001" by NJR ZA - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leopard_kill_-_KNP_-_001.jpg#/media/File:Leopard_kill_-_KNP_-_001.jpg

Εικόνα 3.33: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Canadian_lynx_by_Keith_Williams.jpg

http://en.wikipedia.org/wiki/Arctic_hare#mediaviewer/File:Arctic_Hare_1.jpg

Εικόνα 3.38: "Nicotiana sylvestris Prague 2013 3" by Karelj - Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons -

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nicotiana_sylvestris_Prague_2013_3.jpg#/media/File:Nicotiana_sylvestris_Prague_2013_3.jpg

Εικόνα 3.39: "Ragwort and caterpillars, Croucheston - geograph.org.uk - 1388879" by Trish Steel. Licensed under CC BY-SA 2.0 via Wikimedia Commons -

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ragwort_and_caterpillars,_Croucheston_-_geograph.org.uk_-_1388879.jpg#/media/File:Ragwort_and_caterpillars,_Croucheston_-_geograph.org.uk_-_1388879.jpg

Εικόνα 3.43: (α) http://en.wikipedia.org/wiki/Seed_dispersal#mediaviewer/File:Epizoochoria_NRM.jpg

(β) Culinary fruits front view". Licensed under CC BY 3.0 via Wikimedia Commons -

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Culinary_fruits_front_view.jpg#/media/File:Culinary_fruits_front_view.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Εικόνα 3.45: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Purple-throated_carib_hummingbird_feeding.jpg

Εικόνα 3.50: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lotus_pedunculatus11_ies.jpg

Εικόνα 3.54: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mycorrhizal_root_tips_%28amanita%29.jpg

Εικόνα 3.55: <http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/mrhizas/ecbmycor.htm>

Εικόνα 3.56: Ε. Χανλίδου

Εικόνα 3.64 : (β) <http://www.public-domain-image.com/nature-landscapes-public-domain-images-pictures/field-public-domain-images-pictures/overgrown-field.jpg.html>

(γ) https://en.wikipedia.org/wiki/Tarkine#/media/File:Tarkine_walks.JPG

Εικόνα 3.71: (α) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Opuntia_robusta_growth_form.jpg

(β) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eichhornia_crassipes_A.jpg

Εικόνα 3.75: (β) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9e/Ours_brun_paranimalierpyrenees_1.jpg

Εικόνες σελ. 60, 66, 76: Rudi J van Aarde

Εικόνες 3.10, 3.33, 3.36, 3.53, 3.54, 3.56, 3.57, 3.58, 3.59, 3.69, 3.72, 3.77, 3.78, 3.79, 3.80, 3.81, 3.82: Σύγγραμμα «Γενική Οικολογία: Μια εισαγωγή», Δέσποινα Βώκου, εκδόσεις University Studio Press

Όλες οι υπόλοιπες φωτογραφίες-εικόνες του παρόντος προέρχονται από το κοινό αρχείο των Δ. Βώκου & J.M. Halley



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Δέσποινα Βώκου. «Γενική Οικολογία: Βιοκοινότητες». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS497/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

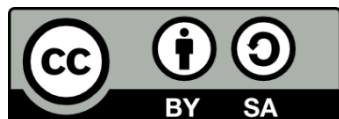
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Β. Αλμπανίδου
Θεσσαλονίκη, 1 Φεβρουαρίου 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

