

Η Επιστημονική Μέθοδος - Ερωτήσεις & Υποθέσεις

Οι οικολόγοι ερευνούν τις σχέσεις μεταξύ των οργανισμών & του περιβάλλοντος χρησιμοποιώντας **επιστημονικές μεθόδους**. Παρά τη μεγάλη ποικιλομορφία των προσεγγίσεων στο να κάνει κανείς **επιστήμη**, οι ορθές επιστημονικές μελέτες έχουν πολλά κοινά μεθοδολογικά χαρακτηριστικά.

Οι πιο καθολικές & κρίσιμες πτυχές της **επιστημονικής μεθόδου** είναι:

η διατύπωση των ερωτημάτων & η διαμόρφωση των ελέγξιμων υποθέσεων

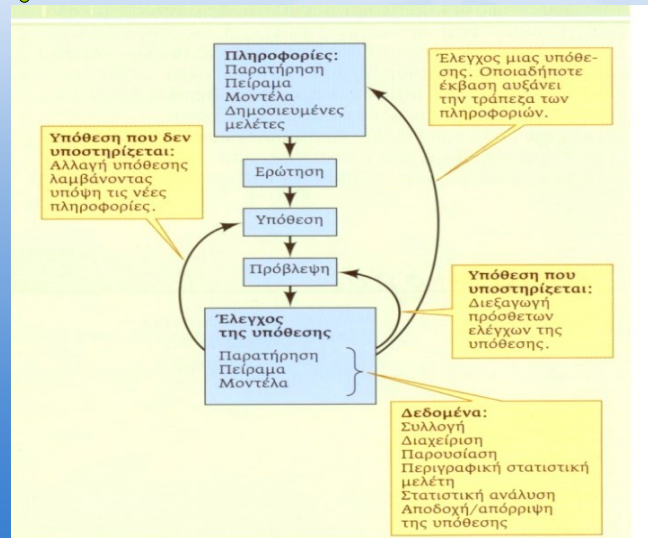
Ερώτηση ---- Υπόθεση

Τα ερωτήματα είναι τα καθοδηγητικά φώτα της επιστημονικής διαδικασίας. Χωρίς αυτά η εξερεύνηση της φύσης στερείται εστίασης & παρέχει μικρή κατανόηση του κόσμου.

1

Επιστημονική Μέθοδος

Ερωτήσεις & υποθέσεις



2

Η Επιστημονική Μέθοδος - Ερωτήσεις & Υποθέσεις

Μόλις ένας επιστήμονας ή μια επιστημονική ομάδα προτείνει **μια υπόθεση** (ή πολλές εναλλακτικές), το επόμενο βήμα **στην επιστημονική μέθοδο** είναι να καθορισθεί η ισχύς τους με τον **έλεγχο των προβλέψεων** που προκύπτουν από την υπόθεση.

Η επιστημονική μέθοδος εστιάζει στη **χρήση πληροφοριών** για να προτείνει & να εξετάσει υποθέσεις

τρεις θεμελιώδεις τρόποι να εξεταστούν οι υποθέσεις μέσω της παρατήρησης, πειραμάτων & της δημιουργίας μοντέλων

3

Η Επιστημονική Μέθοδος - Χρησιμοποίηση των Μελετών Πεδίου για τον Έλεγχο της Θεωρίας Mac Arthur, B. Αμερική (1955)

Οικολογία 5 ειδών δασοφαλτών (warbler), *Dendroica tigrina*, *D. coronata*, *D. virens*, *D. fusca* & *D. castanea* περίπου ίδιο, μέγεθος & σχήμα, τρέφονται με έντομα από το φλοιό & το φύλλωμα δένδρων ερυθρελάτης.

Ο Mac Arthur υπέθετε ότι τα πουλιά, μπορούσαν να συνυπάρχουν & να μην ανταγωνίζονται μεταξύ τους αν τρέφονταν με έντομα που ζουν σε διαφορετικές ζώνες των δένδρων.

Η θεωρία προέβλεπε ότι δύο είδη με πανομοιότυπες οικολογικές απαιτήσεις θα ανταγωνίζονταν μεταξύ τους & ως συνέπεια δεν θα μπορούσαν να ζήσουν στο ίδιο περιβάλλον για πάντα.

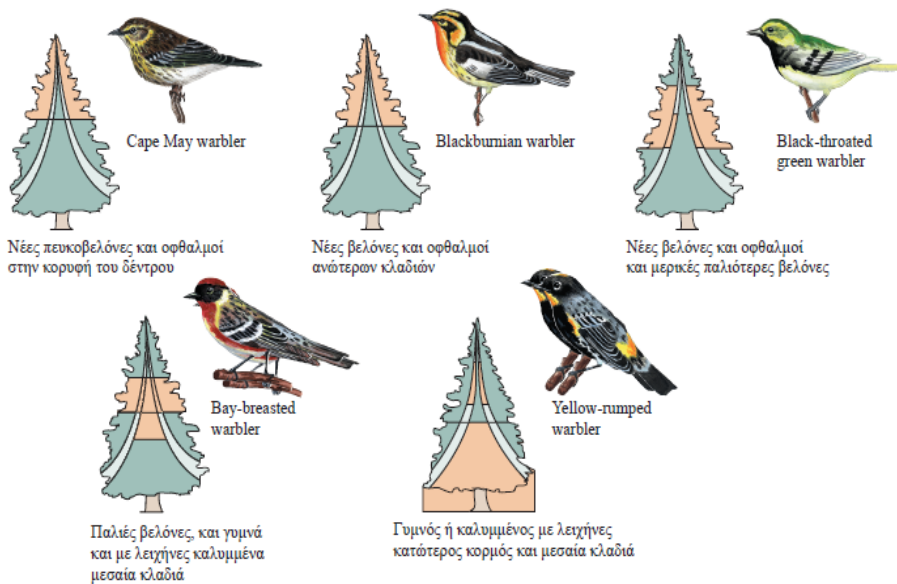
4

Η Επιστημονική Μέθοδος - Χρησιμοποίηση των Μελετών Πεδίου για τον Έλεγχο της Θεωρίας Mac Arthur, B. Αμερική (1955)

Υποδιαίρεση σε οριζόντιες & κάθετες ζώνες τα δένδρα & καταγραφή του χρόνου που περνούσαν τα είδη σε κάθε ζώνη. Βρήκε ότι τα 5 είδη, τρέφονταν σε διαφορετικές ζώνες των δένδρων.

- Ο *Dendroica tigrina* τρεφόταν κυρίως μεταξύ των νέων βελονών & των βλαστών στις κορυφές των δένδρων.
- Η τροφική ζώνη του *D. fusca* επικάλυπτε ευρέως αυτή του *D. tigrina* αλλά εκτεινόταν ακόμα πιο κάτω στο δένδρο.
- Ο *D. virens* τρεφόταν πολύ κοντά προς τα εσωτερικά του δένδρου.
- Ο *D. castanea* εστίαζε τη διατροφή του στο εσωτερικό των δένδρων.
- Ο *D. coronata*, τρεφόταν κυρίως στο έδαφος & χαμηλά στα δένδρα.

5



ΣΧΗΜΑ 1.1 Ζώνες διατροφής του warbler (Sylviidae)

6

Η Επιστημονική Μέθοδος - Χρησιμοποίηση των Μελετών Πεδίου για τον Έλεγχο της Θεωρίας Mac Arthur, B. Αμερική (1955)

Συμπέρασμα

η διατροφή σε διαφορετικές ζώνες μπορεί να μειώνει τον ανταγωνισμό στους δασοψάλτες των δασών ερυθρελάτης.

Η θεωρία προέβλεπε ότι δύο είδη με πανομοιότυπες οικολογικές απαιτήσεις θα ανταγωνίζονταν μεταξύ τους & ως συνέπεια δεν θα μπορούσαν να ζήσουν στο ίδιο περιβάλλον για πάντα.

7

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης & Διαμόρφωση προτύπων (μοντέλων)

Η **γη** & η ζωή πάνω σ' αυτήν *αλλάζουν συνεχώς*, ενώ πολλές από τις πιο σημαντικές αλλαγές γίνονται μέσα σε **τόσο μεγάλες χρονικές περιόδους** ή σε **τόσο μεγάλες χωρικές κλίμακες**, που είναι δύσκολο να μελετηθούν.

Δύο προσεγγίσεις που παρέχουν βαθύτερες γνώσεις για διαδικασίες **μεγάλης χρονικής διάρκειας** & **μεγάλης κλίμακας**, είναι

- οι **μελέτες γύρης**, που έχει διατηρηθεί σε ιζήματα λιμνών &
- η θεωρητική **διαμόρφωση προτύπων** (ή μοντέλων).

8

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης

Η Davis (1983, 89) ερευνήσε τα **ιζήματα μιας λίμνης στα Απαλάχια Όρη &**

η **γύρη** τη βοήθησε να καταγράψει **τις αλλαγές των φυτών** που ζούσαν κοντά στη λίμνη κατά τη διάρκεια αρκετών **χιλιάδων ετών** π.χ. (20.000 έτη) της Τεταρτογενούς περιόδου

Κάποιοι από τους **γυρεόκοκκους**, που παράγονται από τα **φυτά** πέφτουν στην επιφάνεια της λίμνης, **βυθίζονται & παγιδεύονται στα ιζήματα** της.

9

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης

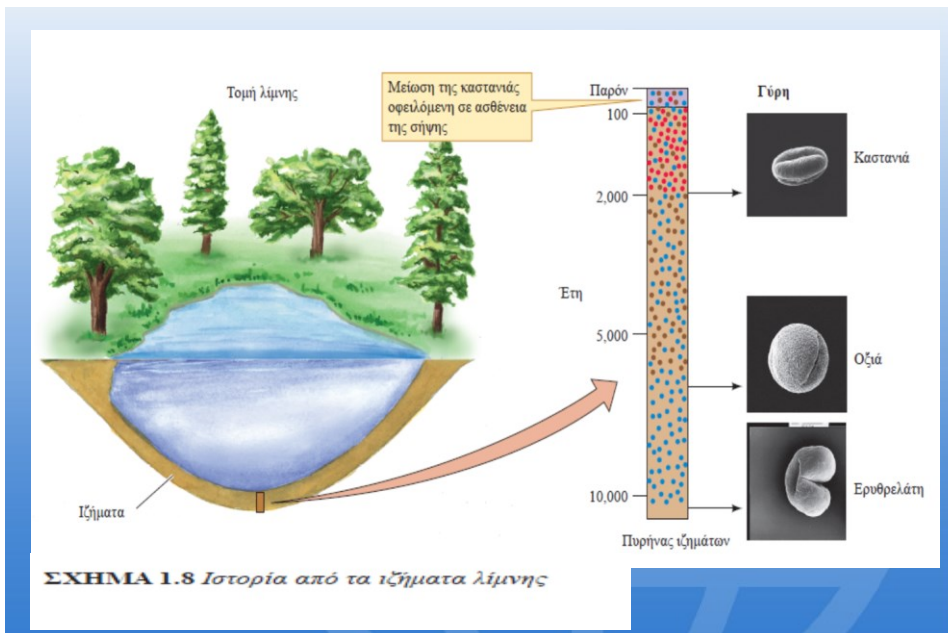
Καθώς **αυξάνονται** σταδιακά **τα ιζήματα** με την πάροδο των αιώνων,

η γύρη διατηρείται & σχηματίζει μια **ιστορική** καταγραφή των φυτών που ζούσαν εκεί.

Η **βλάστηση μεταβάλλεται** γύρω από την λίμνη & έτσι αλλάζει & η **σύσταση του μίγματος των γυρεοκόκκων** που διατηρούνται στα **ιζήματα της λίμνης** (Σχ. 1.8)

10

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης



11

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης

- ❖ η πρώτη εμφάνιση γύρης από ερυθρελάτη *Picea spp.*, είναι σε ιζήματα ηλικίας **12.000** ετών
- ❖ η γύρη από οξιές, *Fagus grandifolia*, είναι σε ιζήματα ηλικίας **8.000** ετών.

Οι Davis et. al, (2001,05) απέδειξαν ότι κατά τη **διάρκεια της αλλαγής του κλίματος**, τα φυτά **εξελισσονται & διασπείρονται.**

Οι έρευνες αυτές είναι σημαντικές στην πρόβλεψη & την κατανόηση των οικολογικών απαντήσεων στην παγκόσμια αλλαγή του κλίματος.

12

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης

Καθώς αλλάζει το κλίμα, οι πληθυσμοί των φυτών αλλάζουν ταυτόχρονα **τις γεωγραφικές τους εξαπλώσεις**

& υποβάλλονται στην **εξελικτική διαδικασία της προσαρμογής**, η οποία αυξάνει τη δυνατότητά τους να **επιβιώσουν στο νέο κλιματικό καθεστώς**.

Μελετώντας πολλές λίμνες, η Davis μπορούσε να παρατηρήσει **διαφορές στην βλάστηση που αφορούν ολόκληρες ηπείρους**

π.χ. πως τα δάση της ανατολικής Β. Αμερικής μεταβλήθηκαν με τις αλλαγές του κλίματος.

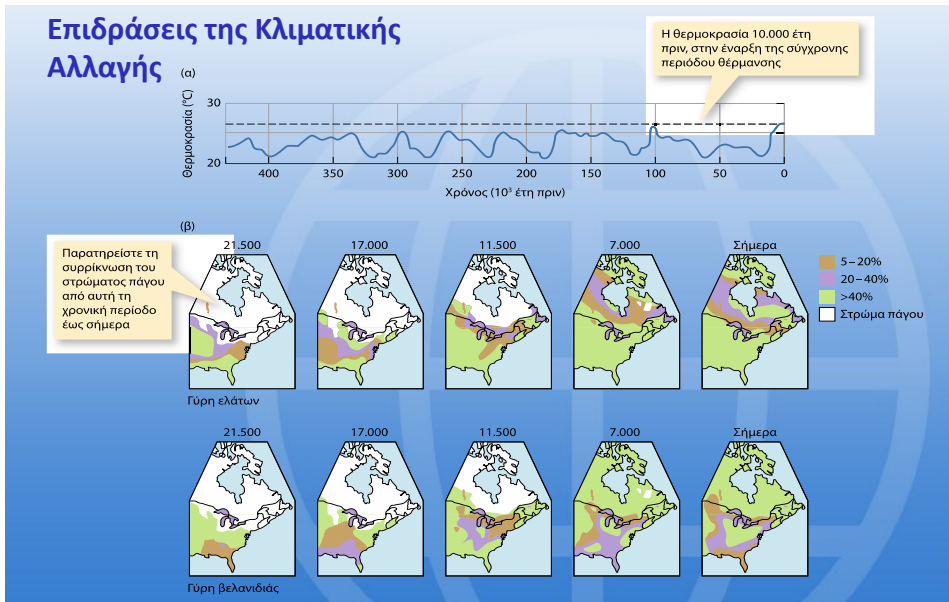
13

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης

- Οι αλλαγές του κλίματος, ειδικά στους παγετώνες του Πλειστόκαινου (τα τελευταία 2-3 εκατ. έτη), ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για τις σύγχρονες κατανομές φυτών και ζώων
- Μεγάλο μέρος της σημερινής κατανομής των ειδών αντιπροσωπεύει μια φάση ανάκαμψης από μια κλιματική αλλαγή του παρελθόντος
- Για το μεγαλύτερο μέρος των τελευταίων 2-3 εκατ. ετών, η Γη ήταν πολύ ψυχρή & στο Πλειστόκαινο πρέπει να υπήρξαν έως & 16 κύκλοι παγετώνων
- Κατά τη διάρκεια των 20.000 ετών που μεσολάβησαν από την κορύφωση της τελευταίας παγετώδους περιόδου, οι **παγκόσμιες θερμοκρασίες** αυξήθηκαν περίπου **8°C**
- Καθώς ο πάγος υποχωρούσε, τα διαφορετικά δασικά είδη εξαπλώθηκαν με διαφορετικούς τρόπους & ταχύτητες

14

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης



15

Αλλαγή της Βλάστησης - Καταγραφές Γύρης



16

Αλλαγή της Βλάστησης - Διαμόρφωση προτύπων (μοντέλων)

Οι Milne et. al. (1996) ανέπτυξαν μεθόδους προσδιορισμού των μεταβολών της βλάστησης, στο χώρο & το χρόνο.

Εστιάζουν στους **οικοτόνους** δηλ. μεταπτώσεις από ένα τύπο οικοσυστήματος σε άλλο π.χ. δάσος σε λιβάδι.

Τα **μοντέλα οικοτόνων** είναι ένα είδος **φάσης μετάβασης**, όπου η βλάστηση μεταβάλλεται από ένα μέρος σε άλλο χωρικά & όχι χρονικά, δηλ. **αλλαγές φάσης στο χώρο**.

Τα θεωρητικά μοντέλα προσφέρουν βαθύτερες γνώσεις για μακροχρόνιες οικολογικές μεταβολές

17

Αλλαγή της Βλάστησης - Διαμόρφωση προτύπων (μοντέλων)

Οι *αναλύσεις των οικοτόνων* από δάσος σε λιβάδι, επιχειρούν να προσδιορίσουν **τις κρίσιμες πυκνότητες δένδρων** στις οποίες πραγματοποιείται μια απότομη μετάβαση απ' τον ένα τύπο βλάστησης στον άλλο.

Η μετάβαση εμφανίζεται στις **πυκνότητες**, όπου η κάλυψη των δέντρων αλλάζει απότομα από ένα **τεμαχισμένο τοπίο**, με μικρές συστάδες δέντρων, σε ένα τοπίο, όπου οι κόμης των δένδρων αλληλοσυνδέονται.

18



ΣΧΗΜΑ 1.9 Όρια μεταξύ των τοπίων που δημιουργήθηκαν από την ανθρώπινη δραστηριότητα (στο βάθος) και φυσικές περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις ή κλίσεις (στο προσκήνιο της εικόνας).

19

Αλλαγή της Βλάστησης - Διαμόρφωση προτύπων (μοντέλων)

Οι **θέσεις** των κρίσιμων **πυκνοτήτων** μπορούν να χρησιμοποιηθούν σ' ένα μοντέλο για να προσδιορίσουν τις **κρίσιμες περιβαλλοντικές συνθήκες** που ρυθμίζουν τη μετάβαση απ' τη μια βλάστηση στην άλλη.

Οι αναλύσεις αυτές έδωσαν σημαντικά στοιχεία για τη **γεωμετρία των οικοτόνων** & την ευαισθησία τους απέναντι στην περιβαλλοντική αλλαγή, όπως τις αποστάσεις μεταξύ των **ορίων**, που καθορίζονται από διαφορετικές πυκνότητες βλάστησης

20

Αλλαγή της Βλάστησης - Διαμόρφωση προτύπων (μοντέλων)

Η απόσταση μεταξύ ορίων του οικοτόνου, που καθορίζεται από διαφορετικές πυκνότητες βλάστησης, υποδηλώνει διαφορές στην **περιβαλλοντική κλίση** κατά μήκος του οικοτόνου.

Όταν τα όρια αλληλεπικαλύπτονται ή είναι πολύ κοντά μεταξύ τους, η περιβαλλοντική κλίση είναι πιθανά **απότομη**.

Όταν τα όρια, είναι περισσότερο απομακρυσμένα, η περιβαλλοντική κλίση είναι πιθανά πιο **βαθμιαία**.

21



22

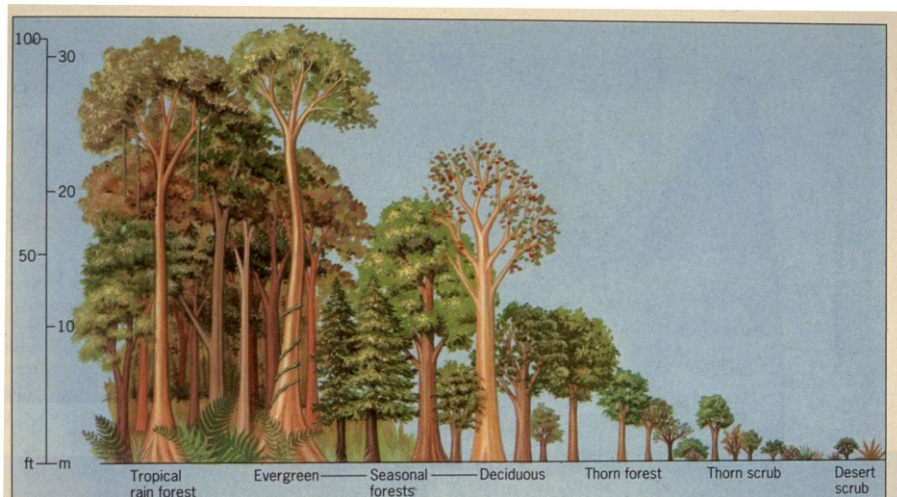
Οικολογικοί Παράγοντες

- Η επιβίωση κάθε οργανισμού εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων οι οποίοι μπορούν να δράσουν άμεσα στους οργανισμούς
- Κάθε οργανισμός ή πληθυσμός έχει κάποια όρια ανοχής γι' αυτό τον παράγοντα που κυμαίνονται από μια ελάχιστη έως μια μέγιστη τιμή
- Όταν ο παράγοντας έχει τιμή εκτός των ορίων του οργανισμού, τότε γίνεται περιοριστικός και ασκεί αρνητική επίδραση

Οι παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στη ζωή ενός οργανισμού κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του, ονομάζονται περιβαλλοντικοί παράγοντες.

23

Περιβαλλοντικοί παράγοντες & Μεγα-οικοσυστήματα



Αυξανόμενη καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού. Όταν η βροχόπτωση είναι άφθονη η βλάστηση είναι άφθονη, υπάρχουν δάση & ψηλά δέντρα πολλών ειδών. Όταν η βροχή μειώνεται, μειώνεται & το μέγεθος των δέντρων & έχουμε θάμνους & στη συνέχεια αραιά φυτά & χόρτα. Το σύνολο των διαπλάσεων-οικοσυστημάτων (Biomes) & γενικά ο αριθμός των ειδών μειώνεται. Παρόμοιες αλλαγές συμβαίνουν & σε άλλα είδη καταπόνησης (stress) π.χ. καταπόνηση από ορισμένους ρυπαντές

24

Οικολογικοί Παράγοντες του Περιβάλλοντος

I. Εξωγενείς παράγοντες

A. Κλιματικοί παράγοντες

1. Θερμότητα
2. Φως
3. Νερό (κατακρημνίσματα -υγρασία -εξάτμιση-διαπνοή)
4. Άνεμος

B. Εδαφικοί παράγοντες

1. Συστατικά του εδάφους (φυσικά, οργανικά)
2. Κοκκομετρική σύσταση
3. Χημικές ιδιότητες του εδάφους
4. Υγρασία εδάφους
5. Οργανισμοί εδάφους

25

Οικολογικοί Παράγοντες του Περιβάλλοντος

I. Εξωγενείς παράγοντες

Γ. Επιδράσεις ανθρώπου & ζώων

1. Φωτιά
2. Βόσκηση
3. Καλλιέργεια
4. Άλλες δραστηριότητες

II. Ενδογενείς παράγοντες

- Ο ανταγωνισμός των ειδών για χώρο, θρέψη, νερό & ενέργεια
- Η μεταξύ τους αλληλεξάρτηση
- Η αμοιβαία προσαρμογή
- Η αμοιβαία ανοχή

26

Ταξινόμηση Οικολογικών παραγόντων (Ramade 1981)

A. Ανεξάρτητοι της πυκνότητας της κοινότητας

1. Κλιματικοί παράγοντες

Θερμοκρασία
Φωτισμός
Υγρασία
Βροχοπτώσεις, άνεμος, κ.λπ.

2. Φυσικοχημικοί παράγοντες

Υδατικό περιβάλλον (αγωγιμότητα, D.O., φως)
Εδαφικό περιβάλλον (Κοκκομετρική σύνθεση, χημική σύσταση, φυσικές ιδιότητες)

27

Ταξινόμηση Οικολογικών παραγόντων (Ramade 1981)

B. Εξαρτώμενοι από την πυκνότητα της κοινότητας ή του πληθυσμού

1. Τροφικοί παράγοντες

Περιεκτικότητα σε θρεπτικά ανόργανα στοιχεία
Διαθέσιμη τροφή

2. Βιοτικοί παράγοντες

Ενδο-ειδικές αλληλεπιδράσεις
Δια-ειδικές αλληλεπιδράσεις (μεταξύ των ειδών)
Ανταγωνισμός, Θήρευση, Παρασιτισμός,
Εκμετάλλευση, Αμοιβαιότητα)

28

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

1. Νόμος της ανοχής (Shelford)

διαπίστωσε ότι η *ευδοκίμηση ενός οργανισμού ή η **αφθονία** ενός είδους* μπορεί να περιορισθεί όχι μόνο από **τις χαμηλές** αλλά & τις **υψηλές τιμές** ενός παράγοντα.

Για κάθε στοιχείο ή οικολογικό παράγοντα, υπάρχει μια περιοχή συγκεντρώσεων (**εύρος ανοχής**) μέσα στην οποία εξελίσσεται φυσιολογικά κάθε λειτουργία που αφορά αυτό το στοιχείο (ή τον οικολογικό παράγοντα).

29

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

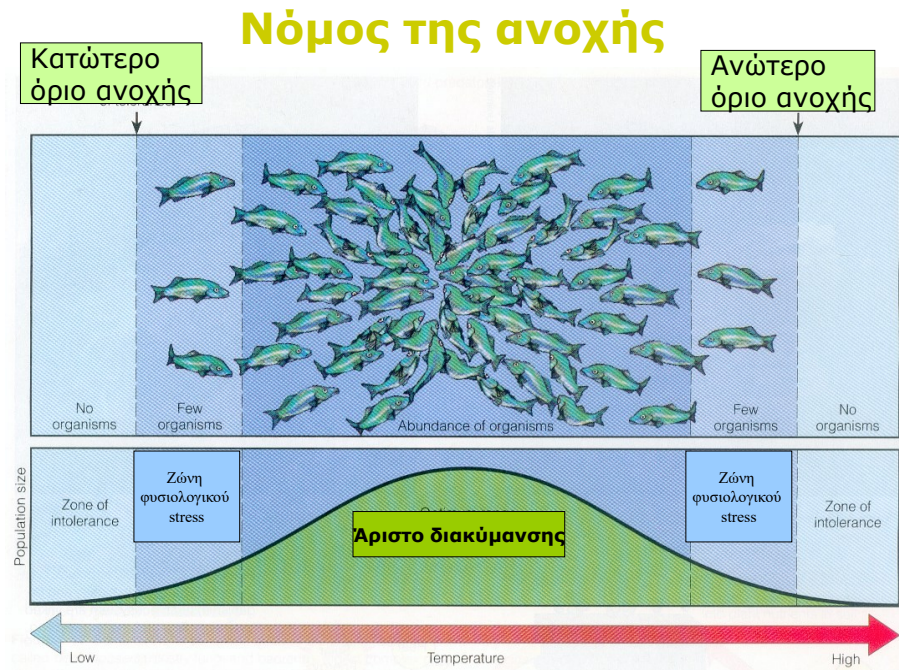
Νόμος της ανοχής

Φαίνεται ότι ο οργανισμός ή το είδος μπορεί να *επιβιώνει, να αυξάνεται & να αναπαράγεται* σε κάποιο εύρος της έντασης του παράγοντα που ορίζεται από ένα **ελάχιστο & μέγιστο όριο**.

Η σχέση μεταξύ *αφθονίας του είδους & έντασης του παράγοντα* μπορεί να παρασταθεί με **μία καμπύλη κωδωνοειδούς μορφής**.

Τέτοιες καμπύλες ονομάζονται **καμπύλες ανοχής** & μπορούν να γίνουν για *όλους τους αβιοτικούς παράγοντες*.

30



31

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

Νόμος της ανοχής

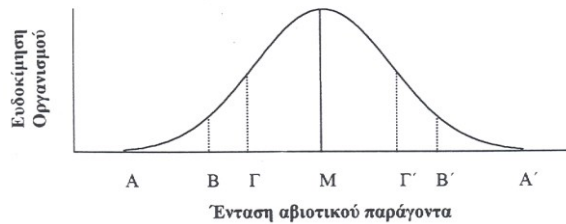
Σ' αυτή την περιοχή είναι δυνατή η ζωή του οργανισμού. Μέσα στην **περιοχή ανοχής** υπάρχει μία ζώνη συγκεντρώσεων για τις οποίες οι μεταβολικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται με τη **μεγαλύτερη ταχύτητα (optimum)**.

Πέρα του εύρους ανοχής, επέρχεται ο θάνατος του οργανισμού είτε από **έλλειψη** είτε από υπερβολική **συγκέντρωση** του στοιχείου αυτού (ή του οικολογικού παράγοντα).

32

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

Νόμος της ανοχής



Καμπύλη ανοχής ενός οργανισμού σε κάποιο αβιοτικό παράγοντα. Διακρίνονται τρία εύρη ανοχής: Στο εύρος ΓΓ' ο οργανισμός μπορεί να αναπαράγεται, στο ΒΒ' να δραστηριοποιείται και στο ΑΑ' να επιβιώνει έστω και σε λανθάνουσα κατάσταση (στις εντάσεις δηλαδή του αβιοτικού παράγοντα ΑΒ και Β'Α'). Στο μέσον των ορίων ανοχής (σημείο Μ) η ένταση του αβιοτικού παράγοντα θεωρείται ότι είναι η άριστη για την ευδοκίμηση του οργανισμού.

33

Νόμος της ανοχής

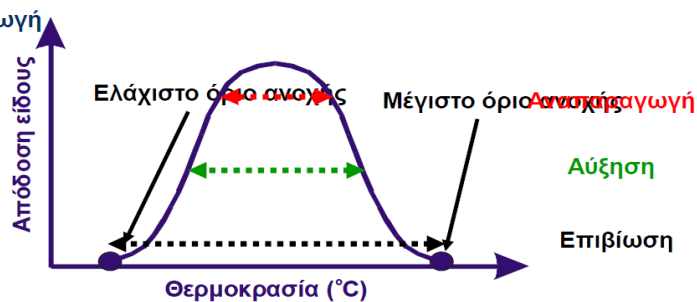
Ανοχή:

Δεν είναι όλα τα περιβάλλοντα κατάλληλα για όλους τους οργανισμούς! Η κατανομή και αφθονία ενός οργανισμού διαμορφώνεται από τα όρια στα οποία ο οργανισμός μπορεί να ανέχεται μία περιβαλλοντική παράμετρο. Η περιοχή ανάμεσα σε αυτά τα όρια ονομάζεται εύρος ανοχής

Η επίδραση του περιβάλλοντος μπορεί να αφορά στην:

- επιβίωση
- αύξηση
- αναπαραγωγή

...και είναι διαφορετική σε καθεμιά από αυτές

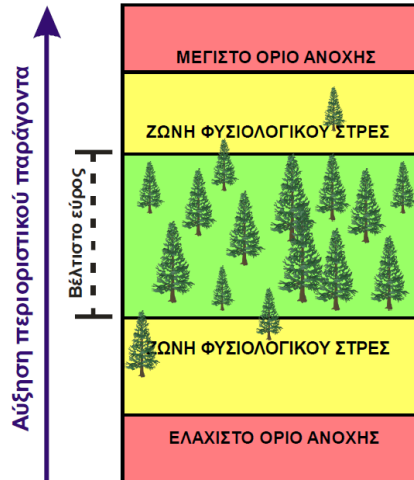


34

Νόμος της ανοχής

Περιοριστικοί παράγοντες:

Περιοριστικός παράγοντας: Παράγοντας που ελέγχει μία διαδικασία π.χ. την επιβίωση ή την αύξηση ενός οργανισμού



Οι περιοριστικοί παράγοντες (π.χ. υγρασία, καιρικές συνθήκες) μπορεί έτσι να διαμορφώνουν τα εύρη ανοχής των οργανισμών

35

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

Νόμος της ανοχής

Το **εύρος των τιμών του παράγοντα** στις οποίες ο οργανισμός μπορεί να αναπαράγεται, αντιπροσωπεύει προφανώς το **άριστο εύρος** για τον οργανισμό, ενώ **τα άκρα** καθορίζουν **τα όρια ανοχής**.

Από την καμπύλη φαίνεται ότι **τα όρια ανοχής για αναπαραγωγή** είναι τα **στενότερα**, ενώ τα **όρια ανοχής για επιβίωση** είναι τα **ευρύτερα**.

Ο **Shelford** χρησιμοποίησε τέτοιες **καμπύλες ανοχής ειδών** προκειμένου να εξηγήσει την γεωγραφική εξάπλωση ειδών φυτών και ζώων.

36

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

Νόμος της ανοχής

Ορισμένοι **οικολογικοί όροι**, που χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία σχετικά με τα *όρια ανοχής των οργανισμών*, περιέχουν τα προθέματα

ευρύ-, στενό-, πολύ-, & ολίγο-,

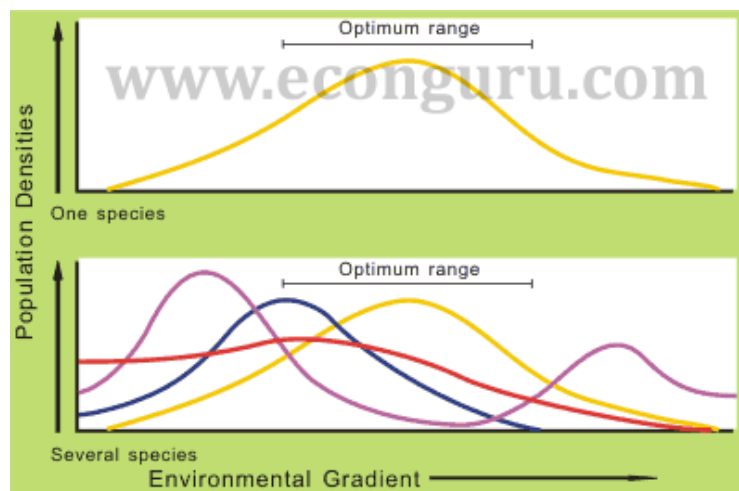
π.χ. *στενοθερμικός, ολιγοθερμικός, πολυθερμικός*

Οι **οργανισμοί** που έχουν **ευρέα όρια ανοχής** για πολλούς παράγοντες ονομάζονται **ευρύοικοι**, ενώ εκείνοι που έχουν **στενά** ονομάζονται **στενόοικοι**.

Τα περισσότερο **διαδεδομένα είδη** είναι αυτά που παρουσιάζουν **μεγάλο εύρος ανοχής** για *όλους τους περιβαλλοντικούς παράγοντες*.

37

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ



38

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

Η εξελικτική προσέγγιση της ανοχής

Πολλοί **οικολόγοι** θεωρούν ότι η προσοχή που έχει δοθεί μέχρι σήμερα στη μελέτη του εύρους ανοχής, **είναι υπερβολική**.

Πιστεύουν, ότι οι επιστήμονες πρέπει να μελετούν τους τρόπους με τους οποίους οι οργανισμοί **έχουν εξελιχθεί**,

ώστε να εκμεταλλεύονται τις συγκεκριμένες βιοκατοικίες, αφού για να επιβιώσουν αναγκάστηκαν να αναπτύξουν κατάλληλα **εύρη ανοχής** στους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

39

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

2. Νόμος του ελαχίστου του Liebig

Η ανάπτυξη ενός φυτικού οργανισμού είναι δυνατή όταν **όλα τα στοιχεία** που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή του, *υπάρχουν σε επαρκή ποσότητα*.

Ακόμη & **ένας** μόνο θεμελιώδης **παράγοντας** είναι δυνατό να περιορίζει την *παραγωγικότητα του φυτού*.

Η **ταχύτητα ανάπτυξης** ρυθμίζεται από το στοιχείο με την *πιο χαμηλή συγκέντρωση*. Αναστέλλεται δε, εάν ένα από τα απαραίτητα στοιχεία δεν υπάρχει στο περιβάλλον του φυτού σε μια επαρκή τιμή συγκέντρωσης.

40

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

Όροι εφαρμογής του Νόμου του Ελαχίστου του Liebig

I. Μπορεί να εφαρμοστεί μόνο κάτω από συνθήκες σταθερής κατάστασης.

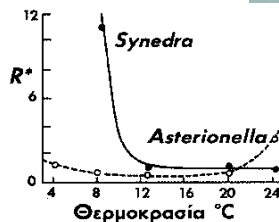
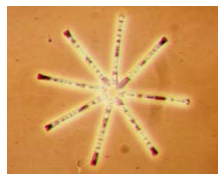
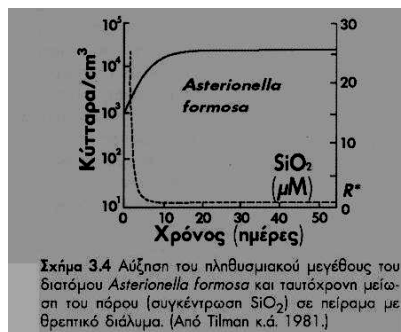
Εάν οι εισροές & εκροές ύλης & ενέργειας στο οικοσύστημα δεν εξισορροπούνται, οι ποσότητες των διαφόρων ουσιών που απαιτούνται από τους οργανισμούς θα μεταβάλλονται συνεχώς & έτσι ο νόμος δεν θα μπορεί να εφαρμοστεί.

II. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση των διαφόρων παραγόντων.

Δύο ή περισσότεροι παράγοντες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους όταν η συνδυασμένη δράση τους δεν είναι αθροιστική.

41

Νόμος του ελαχίστου [Justus von Liebig]



Σχήμα 3.5 Σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και των κρίσιμων επιπέδων (απαιτήσεων) SiO_2 των διατόμων *Asterionella formosa* και *Synedra ulna*. Οι σχέσεις αυτές δείχνουν ότι το *Asterionella* είναι ανταγωνιστικότερο του *Synedra* σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 20°C , όταν το SiO_2 είναι περιοριστικό. Το αντίθετο συμβαίνει σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 20°C . (Από Tilman κ.ά. 1981.)

Νόμος του ελαχίστου–αλληλεπίδραση παραγόντων

42

Νόμοι οικολογίας σχετικοί με την επίδραση των οικολογικών παραγόντων

Όροι εφαρμογής του Νόμου του Ελαχίστου του Liebig

II. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση των διαφόρων παραγόντων

Υψηλή συγκέντρωση ή διαθεσιμότητα μιας ουσίας μπορεί να μετριάσει το ρυθμό χρήσης της ουσίας εκείνης που βρίσκεται στις **ελάχιστες διαθέσιμες ποσότητες**.

Μερικές φορές οι οργανισμοί έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιούν άλλη χημική ουσία (**χημική συγγένεια**) ως υποκατάστατο εκείνης που βρίσκεται σε ανεπάρκεια, π.χ. ορισμένα τα μαλάκια για το κέλυφος τους χρησιμοποιούν στρόντιο αντί ασβέστιο.

43

II. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση των διαφόρων παραγόντων

Π.χ. αν έχουμε **δύο παράγοντες A & B** που επηρεάζουν κάποιο βιολογικό φαινόμενο **κατά α & β μονάδες**, αντίστοιχα, όταν κάθε ένας από τους **δύο** παράγοντες **δρα χωριστά**.

Εάν το **αποτέλεσμα** της **ταυτόχρονης επίδρασης** των **δύο παραγόντων** είναι **$\alpha + \beta$** , λέμε οι παράγοντες **δεν αλληλεπιδρούν**, ενώ αν είναι **μικρότερο** ή **μεγαλύτερο από $\alpha + \beta$ μονάδες**, λέμε ότι παρουσιάζεται **αρνητική ή θετική αλληλεπίδραση**.

Υπάρχουν **άπειρες περιπτώσεις κατά τις οποίες η προσθήκη ενός άλλου παράγοντα** μπορεί να επηρεάσει αρνητικά ή θετικά εκείνον που βρίσκεται στην ελάχιστη διαθεσιμότητα.

44