

Δυναμική και αποκατάσταση οικοσυστημάτων

Κ. Ποϊραζίδης

Δυναμική και αποκατάσταση οικοσυστημάτων

□ Ενότητα 3: Οικολογικές Θεωρίες και Μοντέλα Δυναμικής

➤ Θεωρίες ισορροπίας και μη-ισορροπίας στα οικοσυστήματα

➤ Οικολογικές θεωρίες που διέπουν τη δυναμική των οικοσυστημάτων

➤ Έννοια της οικολογικής ανθεκτικότητας και σταθερότητας

➤ Οικολογική ανθεκτικότητα και μηχανισμοί απορρόφησης διαταραχών

➤ Συνοχή της Βιοκοινότητας (Community cohesion) και δυναμική

➤ Μοντέλα για την πρόβλεψη της απόκρισης οικοσυστημάτων σε διαταραχές

➤ Εξελικτική οικολογία και προσαρμογές

➤ Ο ρόλος της εξελικτικής διαδικασίας στην αποκατάσταση

Οικολογικές Θεωρίες και Μοντέλα Δυναμικής

- Θεωρίες ισορροπίας και μη-ισορροπίας στα οικοσυστήματα
 - Οικολογικές θεωρίες που διέπουν τη δυναμική των οικοσυστημάτων

Οικολογικές Θεωρίες και Μοντέλα Δυναμικής

Γιατί «η φύση δεν είναι φωτογραφία»

Η σύνθεση ειδών, οι αφθονίες, οι ροές ενέργειας και θρεπτικών, αλλά και βασικές λειτουργίες (π.χ. παραγωγικότητα, αποσύνθεση, αναγέννηση) μεταβάλλονται συνεχώς.

Μια στιγμιαία καταγραφή μπορεί να είναι αληθής αλλά εννοιολογικά ελλιπής, αν αποκοπεί από τη χρονική διάσταση.

Η οικολογία, χρειάζεται ιστορικότητα, επαναληπτική παρατήρηση και κατανόηση μηχανισμών, όχι μόνο περιγραφική αποτύπωση κατάστασης.

Οικολογικές Θεωρίες και Μοντέλα Δυναμικής

Γιατί «η φύση δεν είναι μόνο μια εικόνα»

Αν κοιτάξουμε ένα δάσος για 1 λεπτό, φαίνεται στατικό.

Αν το δούμε για 100 έτη, είναι μια ρευστή διαδικασία

https://www.reddit.com/r/Maps/comments/pg74xa/europe_is_greener_now_than_100_years_ago/#lightbox

Στατική vs Δυναμική Οικολογική Θεώρηση

- Η Στατική και η Δυναμική οικολογική θεώρηση αποτελούν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για την κατανόηση, μελέτη και μοντελοποίηση των οικοσυστημάτων

Η στατική θεώρηση εστιάζει κυρίως στη δομή (π.χ. σύνθεση ειδών, μορφή βλάστησης, κατανομή στοιχείων στον χώρο), αντιμετωπίζει τη διαταραχή ως εξαίρεση και προϋποθέτει συχνά ότι η ισορροπία είναι το «φυσιολογικό» καθεστώς.

Στατική vs Δυναμική Οικολογική Θεώρηση

- Η Στατική και η Δυναμική οικολογική θεώρηση αποτελούν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις για την κατανόηση, μελέτη και μοντελοποίηση των οικοσυστημάτων

Η δυναμική θεώρηση δίνει έμφαση στις διεργασίες (αποικισμός, θνησιμότητα, αναγέννηση, αναδράσεις),

βλέπει τη διαταραχή ως εγγενές στοιχείο της λειτουργίας

και αναγνωρίζει ότι διαφορετικές τροχιές εξέλιξης μπορεί να είναι εξίσου οικολογικά έγκυρες.

Στατική Οικολογική Θεώρηση

→ Η στατική προσέγγιση αντιμετωπίζει τη φύση ως ένα σύστημα που τείνει προς μια μόνιμη κατάσταση ισορροπίας (climax state).

Περιγραφή: Τα βιοσυστήματα περιγράφονται με σταθερές παραμέτρους και μοντέλα που δεν λαμβάνουν υπόψη τη μεταβολή του χρόνου ως καθοριστικό παράγοντα.

Αντιμετωπίζει το οικοσύστημα ως μια κατάσταση ισορροπίας (equilibrium), η οποία, αν διαταραχθεί, τείνει να επιστρέψει στην αρχική της μορφή (κλιμαξ).

Δυναμική Οικολογική Θεώρηση

Η δυναμική προσέγγιση αναγνωρίζει ότι τα οικοσυστήματα βρίσκονται σε διαρκή ροή και αλλαγή, επηρεαζόμενα από εσωτερικές και εξωτερικές πιέσεις.

Αντίληψη: Η αλλαγή (π.χ. διαδοχή ειδών, φυσικές καταστροφές) θεωρείται αναπόσπαστο μέρος της οικολογικής διαδικασίας.

Εστιάζει στις διαδικασίες (διαδοχή, αλληλεπιδράσεις) και όχι μόνο στη δομή.

Οι φυσικές διαταραχές (π.χ. πυρκαγιές, πλημμύρες) θεωρούνται αναπόσπαστο κομμάτι της δυναμικής του οικοσυστήματος, που συχνά προάγει τη βιοποικιλότητα.

Δυναμική Οικολογική Θεώρηση

Η δυναμική προσέγγιση αναγνωρίζει ότι τα οικοσυστήματα βρίσκονται σε διαρκή ροή και αλλαγή, επηρεαζόμενα από εσωτερικές και εξωτερικές πιέσεις.

Εστιάζει στην οικολογική ανθεκτικότητα και στη διατήρηση των διεργασιών που επιτρέπουν στο σύστημα να αυτο-οργανώνεται και να προσαρμόζεται.

Είναι απαραίτητη στη διαχείριση φυσικών πόρων και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, καθώς αναγνωρίζει ότι η "σταθερότητα" είναι σχετική

Στατική vs Δυναμική Οικολογική Θεώρηση

Η στατική θεώρηση αποτελεί συχνά την απαραίτητη βάση, αλλά δεν αρκεί από μόνη της για εξήγηση και πρόβλεψη των οικοσυστημάτων.

Από τη Στατική στη Δυναμική Θεώρηση της Φύσης

**Μετάβαση από την «ισορροπία της φύσης»
στη μεταβλητότητα και την αλλαγή ως θεμελιώδη
χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων**

Από τη Στατική στη Δυναμική Θεώρηση της Φύσης

**Τα οικοσυστήματα ως ανοιχτά συστήματα
που ανταλλάσσουν ενέργεια και ύλη με το περιβάλλον
τους**

Από τη Στατική στη Δυναμική Θεώρηση της Φύσης

- Κινητήριες δυνάμεις της δυναμικής:
 - διαταραχές (disturbance),
 - διασπορά (dispersal),
 - εξέλιξη (evolution)
 - και κλιματική μεταβλητότητα

Από τη Στατική στη Δυναμική Θεώρηση της Φύσης

- Η δυναμική προσέγγιση είναι απαραίτητη για την πρόβλεψη, διαχείριση και διατήρηση των οικοσυστημάτων υπό συνθήκες αλλαγής

Γιατί Έχει Σημασία η Δυναμική;

Πρόβλεψη υπό συνθήκες αλλαγής:

- Κατανόηση των δυναμικών μας επιτρέπει να προβλέπουμε πώς τα οικοσυστήματα θα ανταποκριθούν στην κλιματική αλλαγή, τις διαταραχές και τις ανθρωπογενείς πιέσεις

Γιατί Έχει Σημασία η Δυναμική;

Σχεδιασμός διατήρησης και συνδεσιμότητα:

- Η θεωρία των μεταπληθυσμών και της χωρικής δυναμικής καθοδηγεί τον σχεδιασμό διαδρόμων, προστατευόμενων περιοχών και οικολογικών δικτύων

Γιατί Έχει Σημασία η Δυναμική;

Βιολογία εισβολών και μεταβάσεις καταστάσεων:

- **Αναγνώριση κατωφλίων και σημείων καμπής για πρόληψη καταρρεύσεων οικοσυστημάτων και διαχείριση ξενικών ειδών**

Γιατί Έχει Σημασία η Δυναμική;

Προσαρμοστική διαχείριση:

- Στρατηγικές βασισμένες στην ανθεκτικότητα και τη δυναμική απόκριση αντί για στατικούς στόχους "επιαναφοράς" σε παλιές καταστάσεις

Το Οικοσύστημα ως Σύστημα Ροών

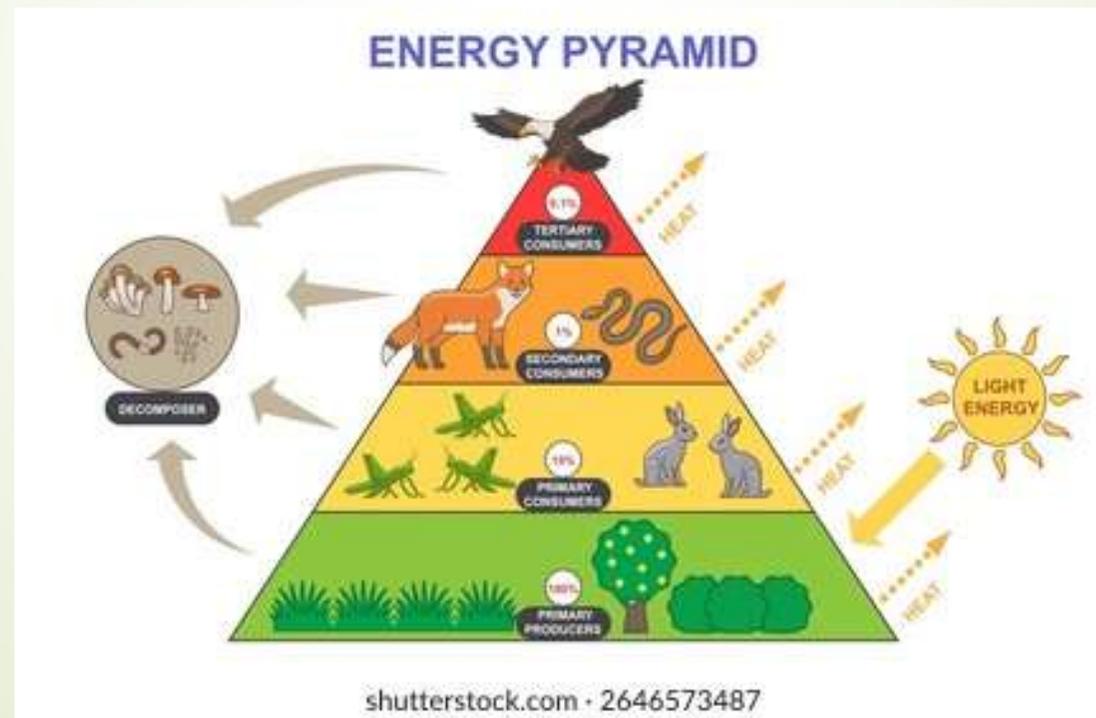
- ▶ Το οικοσύστημα μπορεί να ιδωθεί ως σύστημα αποθεμάτων και ροών.
- ▶ Τα αποθέματα (π.χ. βιομάζα, οργανική ουσία εδάφους, θρεπτικά) μεταβάλλονται μέσω ροών όπως η ενέργεια, το νερό, τα θρεπτικά, η οργανική ύλη και οι βιοτικές αλληλεπιδράσεις. Μια μεταβολή σε μία ροή μπορεί να έχει αλυσιδωτές επιδράσεις σε πολλές συνιστώσες του συστήματος.

Για παράδειγμα, αλλαγές στην υδρολογία μπορούν να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα θρεπτικών, τη σύνθεση της βλάστησης, τη μικροκλιματική σταθερότητα και τελικά τη δομή της βιοκοινότητας.

Το Οικοσύστημα ως Σύστημα Ροών

Ροή Ενέργειας

- Μονόδρομη κίνηση από τον ήλιο προς τους αποικοδομητές (Θερμοδυναμική ισορροπία).



Το Οικοσύστημα ως Σύστημα Ροών

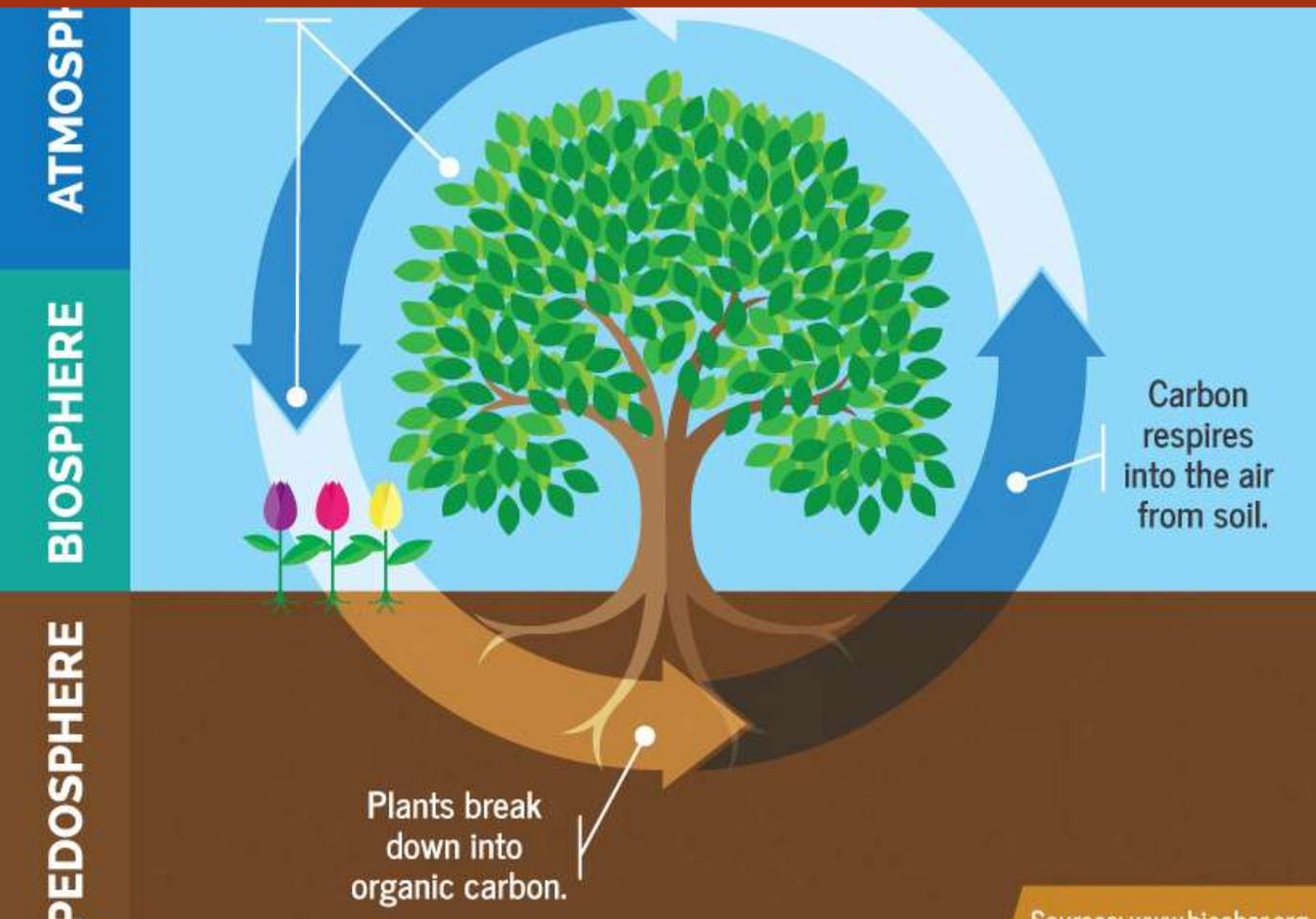
Κύκλος Ύλης

- ▶ Ανακύκλωση στοιχείων (C, N, P)

THE CARBON CYCLE

Κύκλος του Άνθρακα (C):
Είναι ο κύκλος της ενέργειας.

Το Οικοσύστημα ως Σύστημα Ροών

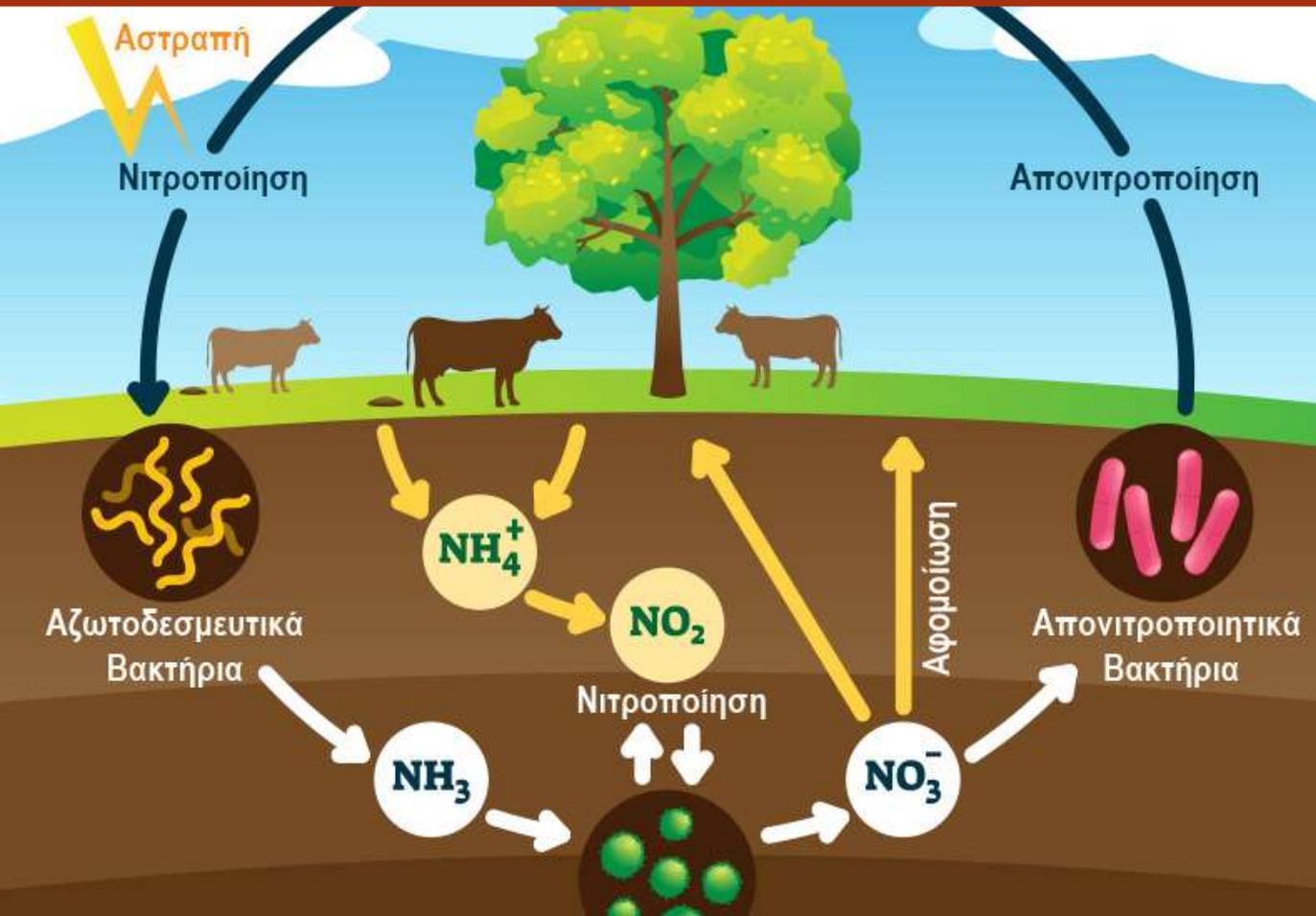


- **Πρόσληψη:** Τα φυτά δεσμεύουν το από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης, μετατρέποντάς το σε οργανική ύλη (γλυκόζη).
- **Μεταφορά:** Οι καταναλωτές (ζώα) προσλαμβάνουν τον άνθρακα τρώγοντας τα φυτά.
- **Επιστροφή:** Ο άνθρακας επιστρέφει στην ατμόσφαιρα ως μέσω της κυτταρικής αναπνοής, της αποσύνθεσης και της καύσης ορυκτών καυσίμων.

Ο Κύκλος του Αζώτου

Κύκλος του Αζώτου (N)

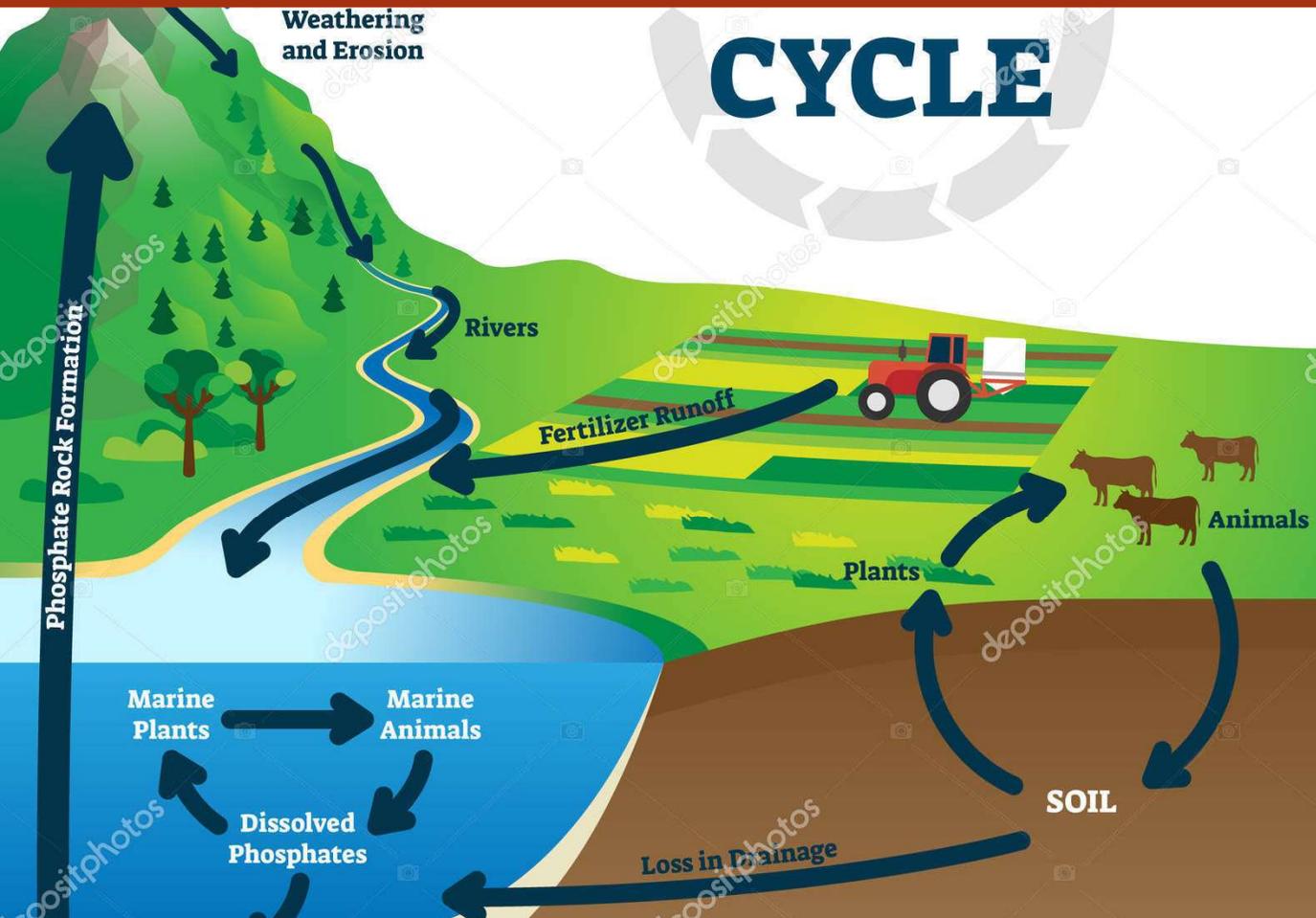
Το Οικοσύστημα ως Σύστημα Ροών



- Το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα (78%), αλλά τα φυτά δεν μπορούν να το απορροφήσουν απευθείας στην αέρια μορφή του (N_2).
- Αζωτοδέσμευση: Ειδικά βακτήρια στο έδαφος ή στις ρίζες φυτών μετατρέπουν το αέριο άζωτο σε αμμωνία (NH_3).
- Νιτροποίηση: Βακτήρια μετατρέπουν την αμμωνία σε νιτρικά άλατα (NO_3^-), τα οποία απορροφούν τα φυτά.
- Απονιτροποίηση: Άλλα βακτήρια επιστρέφουν το άζωτο στην ατμόσφαιρα, ολοκληρώνοντας τον κύκλο.

Κύκλος του Φωσφόρου (P)

Το Οικοσύστημα ως Σύστημα Ροών



Σε αντίθεση με τους άλλους δύο, δεν περιλαμβάνει αέρια φάση στην ατμόσφαιρα.

- **Αποσάθρωση:** Ο φώσφορος απελευθερώνεται από τα πετρώματα λόγω διάβρωσης και καταλήγει στο έδαφος και το νερό ως φωσφορικά ιόντα ((PO_3-4)).
- **Αφομοίωση:** Τα φυτά τον απορροφούν από το έδαφος και περνά στην τροφική αλυσίδα.
- **Επιστροφή:** Επιστρέφει στο έδαφος μέσω της αποσύνθεσης οργανισμών ή κατακάθεται στους ωκεανούς σχηματίζοντας νέα πετρώματα (μια διαδικασία που διαρκεί εκατομμύρια χρόνια).

Το Οικοσύστημα ως Σύστημα Ροών

Ροή Πληροφορίας

- ▶ Γενετική πληροφορία (DNA), σήματα επικοινωνίας (χημικά, νευρικά, περιβαλλοντικά) και οικολογική μνήμη (legacy) που καθοδηγούν την απόκριση.

Η οικολογική μνήμη αυξάνει την ανθεκτικότητα (resilience) και την ικανότητα ανάκαμψης ενός συστήματος μετά από καταστροφές (π.χ. πυρκαγιές).

Οικολογική μνήμη και αποκατάσταση ενός δάσους μετά από μια πυρκαγιά

Βιολογική Μνήμη (Biological Legacies)

Πρόκειται για τα φυσικά στοιχεία που επιβιώνουν της φωτιάς και «καθοδηγούν» την αποκατάσταση:

- **Τράπεζα Σπόρων:** Πολλοί σπόροι βρίσκονται προστατευμένοι μέσα στο έδαφος ή σε ανθεκτικούς κώνους (κουκουνάρια) που ανοίγουν μόνο με τη θερμότητα της φωτιάς.
- **Πρέμνα και Ρίζες:** Πολλά πλατύφυλλα δέντρα και θάμνοι έχουν τη δυνατότητα να «παραβλαστάνουν» από τη βάση τους ή από τις ρίζες τους λίγες εβδομάδες μετά τη φωτιά.
- **Νεκρό Ξύλο (Κορμοί):** Τα καμένα δέντρα που παραμένουν όρθια ή πεσμένα προσφέρουν σκιά, συγκρατούν την υγρασία και το χώμα, και αποτελούν καταφύγιο για έντομα και μικρά ζώα που βοηθούν στην αναγέννηση.
- **Νησίδες Βλάστησης:** Άκαυτα τμήματα μέσα στην καμένη έκταση λειτουργούν ως «πηγές» σπόρων και αποικισμού για την υπόλοιπη περιοχή

Οικολογική μνήμη και αποκατάσταση ενός δάσους μετά από μια πυρκαγιά

Πληροφοριακή Μνήμη

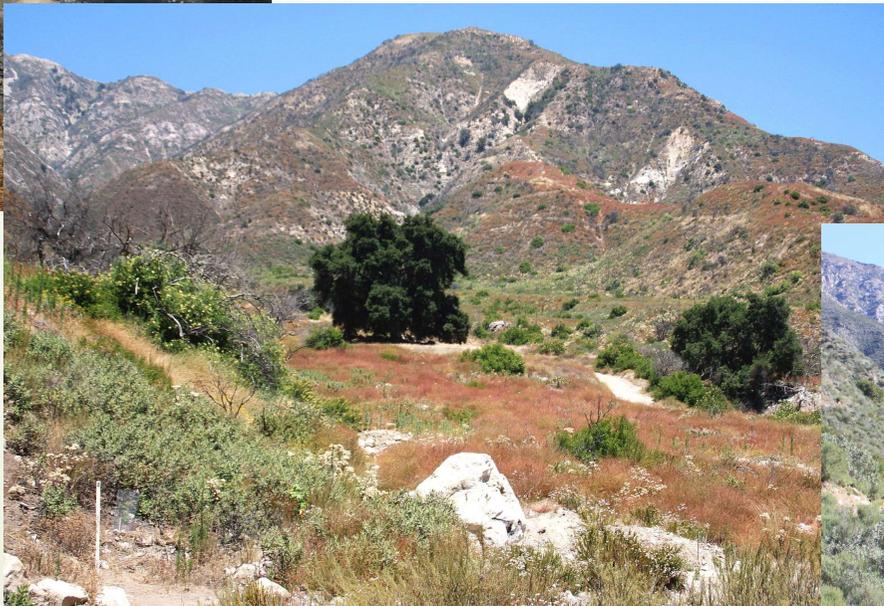
Είναι η ικανότητα του συστήματος να αναδιοργανώνεται βάσει των προηγούμενων εμπειριών του:

- **Προσαρμοστικότητα Ειδών:** Τα μεσογειακά οικοσυστήματα έχουν «εκπαιδευτεί» εξελικτικά στη φωτιά. Η γενετική τους πληροφορία περιλαμβάνει μηχανισμούς ταχείας ανάπτυξης αμέσως μετά την πυρκαγιά, εκμεταλλευόμενα τα θρεπτικά συστατικά της στάχτης.
- **Αλληλουχία (Succession):** Η μνήμη του εδάφους (μικροοργανισμοί, μύκητες) καθορίζει ποια είδη θα εμφανιστούν πρώτα (πρωτοπόρα είδη) για να προετοιμάσουν το έδαφος για τα επόμενα.

Οικολογική μνήμη και αποκατάσταση ενός δάσους μετά από μια πυρκαγιά



*Deukmejian Wilderness, 2009
Immediately after the Station Fire*



2011, two years after



2015, six years after

Χρονικές Κλίμακες: Από τα Δευτερόλεπτα στους Αιώνες

- ▶ Ώρες/Ημέρες: Φυσιολογικές αποκρίσεις, φωτοσύνθεση, συμπεριφορά θηρευτών.
- ▶ Έτη/Δεκαετίες: Δημογραφικές αλλαγές, δευτερογενής διαδοχή, κύκλοι θρεπτικών.
- ▶ Αιώνες/Χιλιετίες: Εξέλιξη ειδών, κλιματικές μεταβολές, εδαφογένεση.

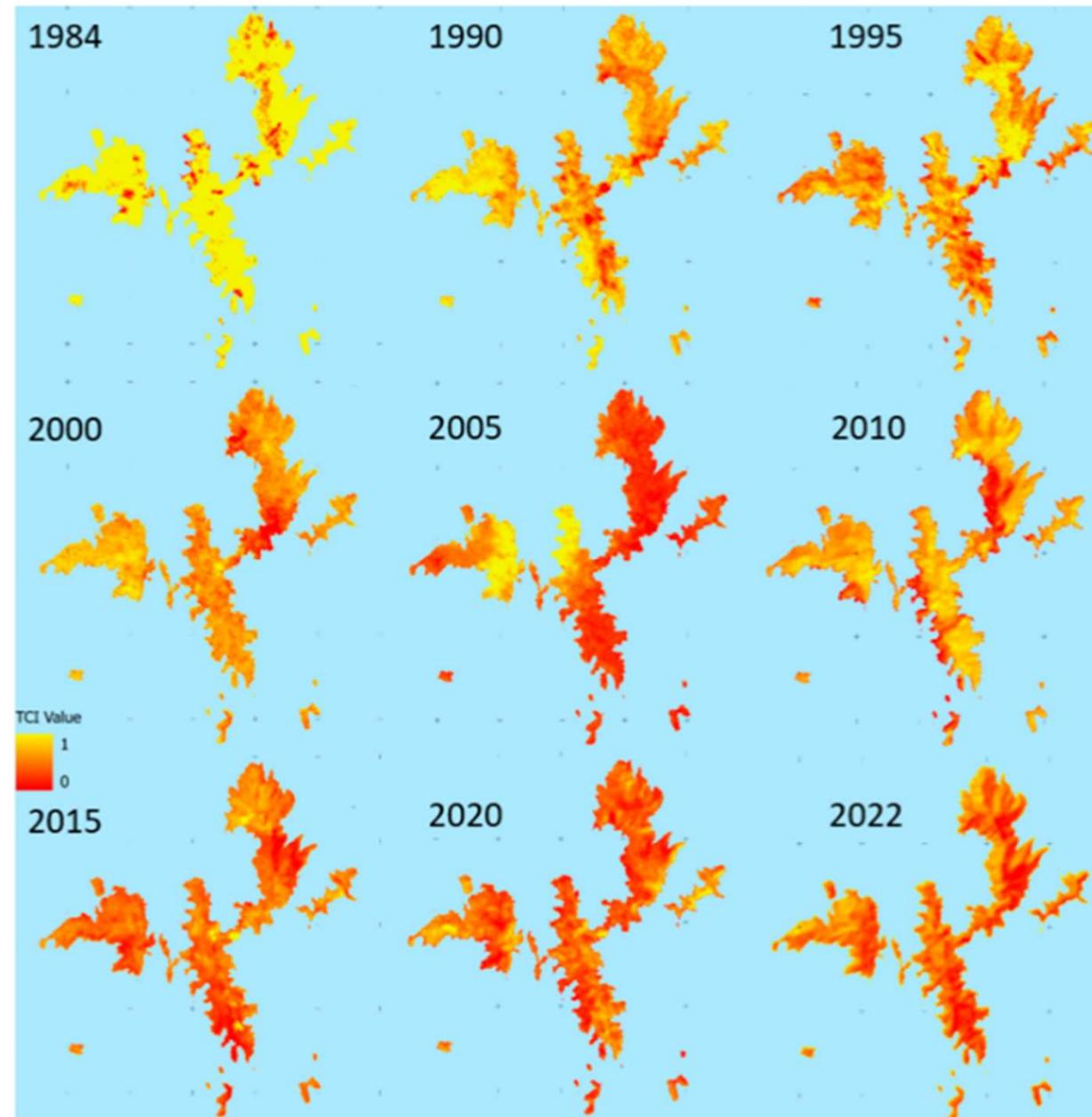
Χρονικές Κλίμακες: Από τα Δευτερόλεπτα στους Αιώνες

- ▶ Σε βραχείες χρονικές κλίμακες (ώρες–ημέρες) κυριαρχούν διεργασίες όπως το μικροκλίμα, η συμπεριφορά οργανισμών, η φωτοσύνθεση και οι καθημερινές διακυμάνσεις.

Χρονικές Κλίμακες: Από τα Δευτερόλεπτα στους Αιώνες

- ▶ Σε εποχικές και ετήσιες κλίμακες παρατηρούμε αναγέννηση, πληθυσμιακές αυξομειώσεις, παραγωγικότητα και διαταραχές εποχικού χαρακτήρα.
- ▶ Σε δεκαετίες γίνονται εμφανείς αλλαγές διαδοχής, μεταβολές χρήσεων γης και αλλαγές στο καθεστώς διαταραχών.

Long-Term Monitoring of Trends in Xerothermality and Vegetation Condition of a Northeast Mediterranean Island



Panteleimon Xofis ^{1,*}, Elissavet Feloni ², Dimitrios Emmanouloudis ^{1,3}, Stavros Chatzigiovanakis ¹, Kalliopi Kravari ³, Elena Samourkasidou ³, George Kefalas ⁴ and Panagiotis Nastos ⁵

Χρονικές Κλίμακες: Από τα Δευτερόλεπτα στους Αιώνες

- ▶ Σε ακόμη μεγαλύτερες κλίμακες υπεισέρχονται εξελικτικές διεργασίες, βιογεωγραφικές μετατοπίσεις και εδαφογένεση.

Η «σταθερότητα» ή η «ισορροπία» πρέπει πάντοτε να ορίζεται σε σχέση με τη χρονική κλίμακα παρατήρησης.

Χωρικές Κλίμακες

Από τον Μικροβιότοπο στη Βιογεωγραφία

- **Μικροκλίμακα:** Η ρίζα ενός φυτού, ένας πεσμένος κορμός, ένας μεμονωμένος βράχος.
- **Τοπίο (Landscape):** Μωσαϊκό οικοσυστημάτων, συνδεσιμότητα και μεταπληθυσμοί.
- **Βιογεωγραφία:** Παγκόσμια κατανομή, βιώματα (biomes) και εξελικτικές γραμμές.

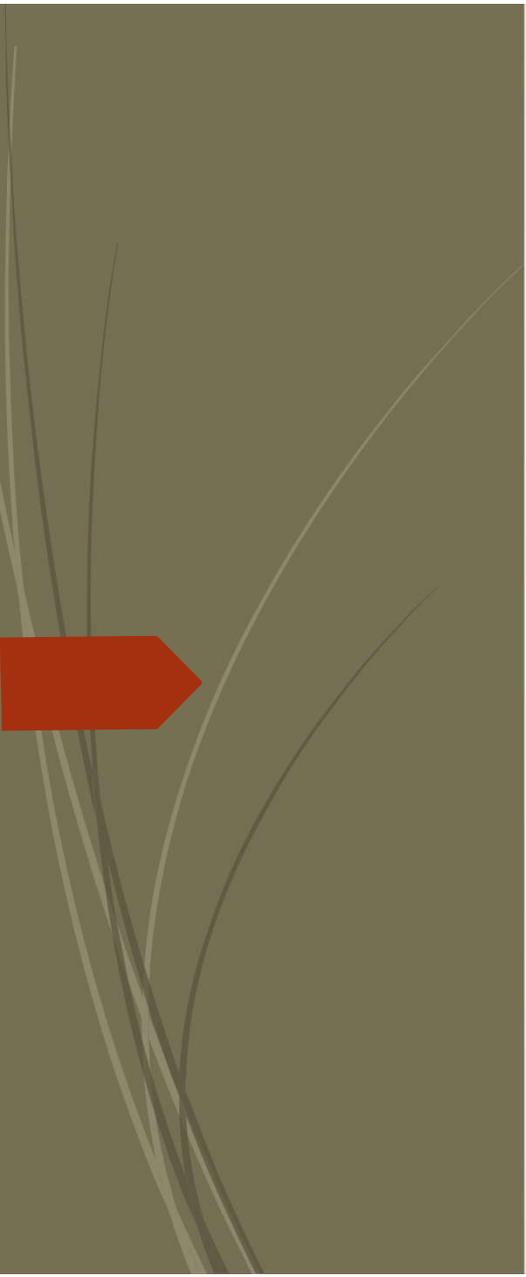
Χωρικές Κλίμακες

Από τον Μικροβιότοπο στη Βιογεωγραφία

Στη μικροκλίμακα, οι μικροτοπογραφικές διαφοροποιήσεις και τα μικροενδιαιτήματα μπορούν να διαμορφώσουν έντονες διαφοροποιήσεις στη σύσταση και λειτουργία.

Στην τοπική κλίμακα, γίνονται πιο εμφανείς οι πληθυσμιακές διεργασίες και οι αλληλεπιδράσεις ειδών. Στην κλίμακα τοπίου, η σύνθεση του μωσαϊκού βιοτόπων, η συνδεσιμότητα και ο κατακερματισμός αποκτούν πρωτεύοντα ρόλο.

Σε περιφερειακή ή βιογεωγραφική κλίμακα, οι κλιματικές συνθήκες, η ιστορικότητα και τα όρια διασποράς ειδών καθίστανται κυρίαρχοι παράγοντες.



**Η «Ισορροπία της Φύσης»
ως ιστορικό θεωρητικό πλαίσιο**

Η «Ισορροπία της Φύσης»

- ▶ Η ιδέα της «ισορροπίας της φύσης» αποτέλεσε κεντρικό σημείο αναφοράς στην πρώιμη οικολογία.

Πρόκειται για μια αντίληψη που έβλεπε τα φυσικά συστήματα ως δομές που τείνουν προς τάξη, κανονικότητα και σχετική σταθερότητα.

Αυτή η προσέγγιση υπήρξε εξαιρετικά χρήσιμη για τη συστηματοποίηση της οικολογικής σκέψης, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά τη διαδοχή και τη δομή κοινοτήτων.

Ιστορική Εξέλιξη της Οικολογικής Σκέψης

Πρώιμη Οικολογία

Σύγχρονη Προσέγγιση

○ ~1800s	○ 1916	○ 1926	○ 1969	○ 1973	○ Σήμερα
Πρώιμη Φυσική Ιστορία	F.E. Clements	H.A. Gleason	R. Levins	C.S. Holling	Πολύπλοκα Συστήματα
Περιγραφική παρατήρηση και ταξινόμηση της φύσης	Θεωρία Διαδοχής και Κλίμακας - Ισορροπία	Ατομικιστική Θεώρηση - Τυχασιότητα	Θεωρία Μεταπληθυσμών - Χωρική Δυναμική	Οικολογική Ανθεκτικότητα - Resilience	Δίκτυα, μη-γραμμικότητα, regime shifts



Clements και η κοινότητα ως «υπεροργανισμός»

- ▶ Η θεωρία του Frederic Clements (1874–1945), Αμερικανού φυτοοικολογού, σχετικά με την κοινότητα ως «υπεροργανισμό» (superorganism),
- ▶ αποτελεί μία από τις θεμελιώδεις και πιο επιδραστικές θεωρίες στην ιστορία της οικολογίας.

Clements και η κοινότητα ως «υπεροργανισμός»

- Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, η φυτική κοινότητα δεν είναι απλώς μια τυχαία συλλογή ειδών,
- αλλά μια στενά ολοκληρωμένη λειτουργική ενότητα, η οποία αναπτύσσεται, ωριμάζει και αναπαράγεται με τρόπο ανάλογο με έναν μεμονωμένο οργανισμό.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Clements

Ανάπτυξη και Διαδοχή (Succession):

- ▶ Ο Clements υποστήριξε ότι οι κοινότητες διέρχονται από προβλέψιμα στάδια ανάπτυξης (διαδοχή), ξεκινώντας από πρωτοπόρα είδη και καταλήγοντας σε μια τελική, σταθερή κατάσταση.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Clements

Η «Κλίμαξ» Κοινότητα (Climax Community):

- ▶ Η τελική αυτή κατάσταση, η "κλίμαξ", θεωρείται ο «ώριμος ενήλικας» της κοινότητας, ο οποίος βρίσκεται σε ισορροπία με το κλίμα της περιοχής.
- ▶ Αν η κοινότητα διαταραχθεί (π.χ. από φωτιά ή υλοτομία), έχει την ικανότητα να «αυτο-θεραπευτεί» και να επιστρέψει στην αρχική της μορφή (κλίμαξ).

Βασικά σημεία της θεωρίας του Clements

Αλληλεξάρτηση Ειδών:

- ▶ Ο Clements θεωρούσε ότι τα είδη σε μια κοινότητα είναι τόσο στενά συνδεδεμένα, που η κοινότητα είναι «περισσότερο από το άθροισμα των μερών της».
- ▶ Η επιβίωση της κοινότητας εξαρτάται από την αρμονική συνύπαρξη των μελών της.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Clements

Ιεραρχικός Έλεγχος:

- Αν και συχνά παρερμηνεύεται ως μια κατάσταση «mutualistic organicism» (αμοιβαίας συνεργασίας),
- η θεωρία του Clements ερμηνεύεται συχνότερα ως «ιεραρχικός οργανισμός ελέγχου» (control-hierarchical organicism),
- όπου τα υποδεέστερα είδη εξαρτώνται από τα επικρατούντα.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Clements

Ιεραρχικός Έλεγχος:

- Αν και συχνά παρερμηνεύεται ως μια κατάσταση «mutualistic organicism» (αμοιβαίας συνεργασίας),
- η θεωρία του Clements ερμηνεύεται συχνότερα ως «ιεραρχικός οργανισμός ελέγχου» (control-hierarchical organicism),
- όπου τα υποδεέστερα είδη εξαρτώνται από τα επικρατούντα.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Clements

Ιεραρχικός Έλεγχος:

- ▶ Αν και συχνά παρερμηνεύεται ως μια κατάσταση «mutualistic organicism» (αμοιβαίας συνεργασίας),
- ▶ η θεωρία του Clements ερμηνεύεται συχνότερα ως «ιεραρχικός οργανισμός ελέγχου» (control-hierarchical organicism),
- ▶ όπου τα υποδεέστερα είδη εξαρτώνται από τα επικρατούντα.

Clements και η κοινότητα ως «υπεροργανισμός»

- ▶ Ο Frederic Clements πρότεινε μια ισχυρή και επιδραστική θεώρηση της οικολογικής κοινότητας ως οργανωμένης ενότητας, σχεδόν σαν «υπεροργανισμό».
- ▶ Σύμφωνα με αυτή τη λογική, οι κοινότητες ακολουθούν σχετικά κατευθυντικές τροχιές διαδοχής, οι οποίες, ελλείψει σοβαρών διαταραχών, οδηγούν σε μια τελική ώριμη κατάσταση (climax community).
- ▶ Η αναλογία με την ανάπτυξη ενός οργανισμού προσέφερε ένα διδακτικά ελκυστικό σχήμα κατανόησης της οικολογικής αλλαγής. Παρ' όλα αυτά, η θεώρηση αυτή μπορεί να υποεκτιμήσει την ατομική απόκριση των ειδών, τη χωρική ετερογένεια και τον ρόλο της τυχαιότητας.

Οικολογική διαδοχή ως κατευθυντική διαδικασία

- ▶ Η διαδοχή ορίζεται ως η χρονική μεταβολή της σύνθεσης, της δομής και συχνά της λειτουργίας μιας κοινότητας μετά από μια αρχική κατάσταση ή διαταραχή.
- ▶ Στην κλασική μορφή της, παρουσιάζεται ως κατευθυντική ακολουθία σταδίων, με σχετικά προβλέψιμη πορεία.
- ▶ Η διάκριση μεταξύ πρωτογενούς και δευτερογενούς διαδοχής είναι βασική: στην πρωτογενή διαδοχή έχουμε εγκατάσταση ζωής σε υπόστρωμα χωρίς ανεπτυγμένο έδαφος ή προηγούμενη βιοκοινότητα, ενώ στη δευτερογενή υπάρχει προϋπάρχουσα οικολογική «μνήμη» (σπόροι, οργανική ύλη, μικροοργανισμοί, έδαφος).

Οικολογική διαδοχή ως κατευθυντική διαδικασία

- ▶ Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι στη σύγχρονη οικολογία η διαδοχή συχνά αντιμετωπίζεται ως πολλαπλές πιθανές τροχιές και όχι ως μία υποχρεωτική γραμμική πορεία.

Η έννοια του Climax: χρησιμότητα και όρια

- ▶ Η έννοια του climax χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει μια θεωρητική τελική κατάσταση σχετικής σταθερότητας μιας κοινότητας.
- ▶ Διδακτικά και θεωρητικά υπήρξε εξαιρετικά χρήσιμη, επειδή προσέφερε ένα σημείο αναφοράς για τη σύγκριση διαδοχικών σταδίων και για τη δομική οργάνωση της σκέψης γύρω από την οικολογική ωρίμανση.

Η έννοια του Climax: χρησιμότητα και όρια

- ▶ Ωστόσο, σε πολλά πραγματικά οικοσυστήματα,
- ▶ ιδίως σε τοπία με επαναλαμβανόμενες διαταραχές, ανθρωπογενείς πιέσεις και κλιματική μεταβλητότητα, η ιδέα ενός μοναδικού τελικού σταδίου δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα.

Παράδειγμα εφαρμογής: μεσογειακό οικοσύστημα μετά από πυρκαγιά

- Η πυρκαγιά σε πολλά μεσογειακά οικοσυστήματα δεν είναι εξαιρετικό γεγονός αλλά επαναλαμβανόμενη διαταραχή που εντάσσεται στη μακροχρόνια οικολογική δυναμική.
- Η απόκριση του συστήματος εξαρτάται από την ένταση και συχνότητα της φωτιάς, τη δυνατότητα αναβλάστησης, την παρουσία σπερματοτράπεζας, την πίεση βόσκησης, τις εδαφικές συνθήκες και την υδρολογία.
- Έτσι, η μεταπυρική πορεία δεν είναι πάντα μία και μοναδική.
- Διαφορετικές αρχικές συνθήκες και συνδυασμοί πιέσεων μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικές τροχιές ανάκαμψης ή μετάβασης.

Τι εξηγεί καλά η θεώρηση ισορροπίας

- ▶ Η θεώρηση ισορροπίας εξακολουθεί να είναι χρήσιμη.
- ▶ Παρέχει ένα συνεκτικό πλαίσιο για την κατανόηση της διαδοχής, της οργάνωσης κοινοτήτων και της ύπαρξης σχετικά σταθερών δομικών προτύπων σε ορισμένες κλίμακες και περιβάλλοντα.
- ▶ Επίσης, λειτουργεί ως ένα χρήσιμο «πρώτο μοντέλο» σκέψης για αρχική περιγραφή και ερμηνεία δεδομένων πεδίου.

Τι εξηγεί καλά η θεώρηση ισορροπίας

- ▶ Πρόκειται για μοντέλο που λειτουργεί καλύτερα όταν οι διαταραχές είναι περιορισμένες
- ▶ ή όταν οι μεταβολές φαίνονται μικρότερες.

Τι δεν εξηγεί καλά η θεώρηση ισορροπίας

- ▶ Η κλασική θεώρηση δυσκολεύεται να εξηγήσει επαρκώς καταστάσεις όπου κυριαρχούν η χωρική ετερογένεια, οι επαναλαμβανόμενες διαταραχές, η αβεβαιότητα και οι πολλαπλές πιθανές τροχιές εξέλιξης.
- ▶ Επίσης, δεν αποδίδει πάντα ικανοποιητικά τον ρόλο της τυχαιότητας στον αποικισμό, των περιορισμών διασποράς ή της ιστορικής εξάρτησης (path dependence), δηλαδή την επίδραση του «τι συνέβη πριν» στη σημερινή κατάσταση.

Τι δεν εξηγεί καλά η θεώρηση ισορροπίας

- ▶ Αυτοί οι περιορισμοί οδήγησαν την οικολογία στην ανάπτυξη μη-ισορροπιακών θεωρήσεων, οι οποίες δεν καταργούν την έννοια της τάξης, αλλά τη βλέπουν ως αναδυόμενη και συχνά παροδική.



Gleason και η ατομικιστική έννοια της κοινότητας

- Ο Henry A. Gleason πρότεινε μια διαφορετική οπτική:
- τα είδη ανταποκρίνονται κυρίως ατομικά στα περιβαλλοντικά gradients και η κοινότητα δεν είναι απαραίτητα μια αυστηρά ολοκληρωμένη «οντότητα».

Gleason και η ατομικιστική έννοια της κοινότητας

- Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, η σύνθεση της κοινότητας προκύπτει από την αλληλεπίδραση περιβαλλοντικών ανοχών, διασποράς, ιστορικών γεγονότων και τυχαιότητας.
- Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν οικολογικά πρότυπα, αλλά ότι τα πρότυπα αυτά αναδύονται από τις επιμέρους αποκρίσεις των ειδών και όχι απαραίτητα από έναν κοινό εσωτερικό «σχεδιασμό» της κοινότητας.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Gleason

Ανεξάρτητη Απόκριση Ειδών

- ▶ Ο Gleason υποστήριξε ότι κάθε φυτικό είδος αποκρίνεται στις περιβαλλοντικές μεταβολές (κλίμα, έδαφος, υγρασία) μεμονωμένα, βάσει των δικών του φυσιολογικών απαιτήσεων και της ικανότητας διασποράς του, και όχι ως μέλος μιας συνεκτικής ομάδας.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Gleason

Τυχαία Συνάθροιση

- ▶ Οι βιοκοινότητες δεν είναι σταθερά, ενιαία σύμπλοκα, αλλά κατά βάση τυχαία συνδυασμοί ατόμων/ειδών που συνυπάρχουν επειδή έχουν παρόμοιες περιβαλλοντικές απαιτήσεις σε μια δεδομένη περιοχή.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Gleason

Συνεχές (Continuum):

- ▶ Η βλάστηση δεν χωρίζεται σε διακριτές, ομοιογενείς κοινότητες με σαφή όρια (όπως υποστήριζε ο Clements), αλλά μεταβάλλεται συνεχώς κατά μήκος περιβαλλοντικών βαθμίδων (continuum).
- ▶ Συνεπώς, κάθε κοινότητα είναι μοναδική.

Βασικά σημεία της θεωρίας του Gleason

Απόρριψη του Υπεροργανισμού:

- ▶ Ο Gleason αμφισβήτησε την ιδέα ότι η κοινότητα λειτουργεί ως ενιαίος οργανισμός που γεννιέται, αναπτύσσεται και πεθαίνει.

Community assembly: κοινότητες ως αποτέλεσμα συναρμολόγησης ειδών

- Η σύνθεση μιας κοινότητας μπορεί να θεωρηθεί αποτέλεσμα συνδυασμού βασικών διεργασιών: περιβαλλοντικού φιλτραρίσματος (ποια είδη «αντέχουν» σε δεδομένες συνθήκες), περιορισμών διασποράς (ποια είδη μπορούν να φτάσουν), βιοτικών αλληλεπιδράσεων (ανταγωνισμός, αμοιβαισμός, θήρευση κ.ά.) και στοχαστικών γεγονότων.
- Έτσι, η κοινότητα δεν είναι απλώς «ένα τελικό αποτέλεσμα», αλλά προϊόν δυναμικών διαδικασιών και ιστορικότητας.

Ρόλος τύχης, ιστορικότητας και διασποράς

- ▶ Η τύχη μπορεί να παίξει ρόλο στο ποιο είδος θα φτάσει πρώτο, ποια χρονιά θα συμπέσει με ακραία διαταραχή ή ποια μικρή μεταβολή θα αλλάξει την τροχιά εγκατάστασης.
- ▶ Η ιστορικότητα (π.χ. προηγούμενες χρήσεις γης, παλιές διαταραχές, υπολείμματα βλάστησης) δημιουργεί παλαιά αποτελέσματα που επιδρούν στη σημερινή δυναμική.
- ▶ Παράλληλα, η διασπορά και η συνδεσιμότητα καθορίζουν ποιο «περιφερειακό είδος pool» είναι πραγματικά διαθέσιμο. Επομένως, ακόμη και θέσεις με παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες δεν οδηγούν απαραίτητα στην ίδια οικολογική έκβαση.

Η διαταραχή ως κανονικότητα και όχι εξαίρεση

- ▶ Πυρκαγιές, πλημμύρες, ξηρασίες, θύελλες, βόσκηση και ανθρωπογενείς παρεμβάσεις μπορεί να αποτελούν επαναλαμβανόμενα στοιχεία του καθεστώτος λειτουργίας πολλών οικοσυστημάτων.
- ▶ Σε αρκετές περιπτώσεις, οι κοινότητες και οι πληθυσμοί έχουν εξελιχθεί υπό συγκεκριμένα καθεστώτα διαταραχής, άρα η διαταραχή δεν είναι εκ προοιμίου «παθολογία».
- ▶ Το κρίσιμο ερώτημα δεν είναι απλώς αν υπάρχει διαταραχή, αλλά ποιο είναι το καθεστώς διαταραχών (συχνότητα, ένταση, έκταση, διάρκεια, συνδυασμός με άλλες πιέσεις) και κατά πόσο αυτό παραμένει εντός οικολογικά ανεκτών ορίων.

Ανοιχτά οικοσυστήματα: εισροές, εκροές και συνδέσεις

- ▶ Τα οικοσυστήματα δεν λειτουργούν ως κλειστά συστήματα απομονωμένα από το περιβάλλον τους.
- ▶ Συνδέονται με γειτονικές περιοχές μέσω διασποράς οργανισμών, ροών νερού, ιζημάτων, θρεπτικών, οργανικής ύλης, αλλά και μέσω ανθρωπογενών παρεμβάσεων.
- ▶ Αυτή η οπτική είναι θεμελιώδης για τη σύγχρονη οικολογία τοπίου και τη μεταπληθυσμιακή σκέψη, καθώς η τοπική κατάσταση ενός patch μπορεί να εξαρτάται ισχυρά από εξωγενείς παράγοντες και περιφερειακές διεργασίες.

Gleason και η ατομικιστική έννοια της κοινότητας

- ▶ Ενώ αρχικά η ατομικιστική προσέγγιση απορρίφθηκε, από τη δεκαετία του 1950 και μετά έγινε η κυρίαρχη βάση για τη σύγχρονη ανάλυση της βλάστησης και τη μελέτη των προτύπων αφθονίας των ειδών.

Πότε μιλάμε για «ισορροπία» στην οικολογία;

- Αν ένα οικοσύστημα με έντονη εποχική μεταβλητότητα αλλά σχετική μακροχρόνια λειτουργική σταθερότητα μπορεί να χαρακτηριστεί «σε ισορροπία»?
- Δεν υπάρχει μία σωστή μονολεκτική απάντηση,
- Ο όρος «ισορροπία» έχει νόημα μόνο αν διευκρινίσουμε:
 - (α) ποια μεταβλητή μετράμε (δομή, αφθονία, λειτουργία),
 - (β) σε ποια χρονική κλίμακα
 - και (γ) ποιο εύρος διακύμανσης θεωρούμε αποδεκτό.

Γιατί χρειαζόμαστε δυναμικές θεωρίες;

- Πώς μπορούμε να περιγράψουμε τα είδη και κοινότητες σε μεταβαλλόμενα τοπία?
- Πολλά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από τοπικές εξαφανίσεις, επαναποικισμό, χωρική ανομοιογένεια, αλλαγές στη συνδεσιμότητα και μεταβαλλόμενα καθεστώτα διαταραχών.
- Η στατική περιγραφή μιας κοινότητας σε μια χρονική στιγμή δεν επαρκεί για πρόβλεψη.
- Οι δυναμικές θεωρίες προσφέρουν πλαίσια κατανόησης της επιμονής μέσα στην αλλαγή και γι' αυτό είναι κεντρικές για τη σύγχρονη οικολογία και τη διαχείριση.



**ΣΤΟ
ΕΠΌΜΕΝΟ**

Θεωρία μεταπληθυσμών

**Κατακερματισμός ενδιαιτημάτων και
συνδεσιμότητα**

**Η υπόθεση της ενδιάμεσης διαταραχής
(Intermediate Disturbance Hypothesis)**

**Σύνδεση θεωρίας με διαχείριση: φωτιά,
βόσκηση, πλημμύρες**