

ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ροή ενέργειας: Τροφικές αλυσίδες, τροφικά πλέγματα και τροφικές πυραμίδες

ΓΕΝΙΚΑ

- Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια την οποία εξασφαλίζουν με την τροφή τους.
- Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών είναι:
 1. **ποιοτικές** (ποιος τρώει ποιον):
 - Απεικονίζονται με:
 1. τροφικές αλυσίδες
 2. τροφικά πλέγματα
 2. **ποσοτικές** (τι ποσότητα τρώει):
 - Απεικονίζονται με:
 1. τροφικές πυραμίδες
 - πληθυσμού (κανονικές η ανεστραμμένες)
 - βιομάζας
 - ενέργειας

ΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΚΑ ΠΛΕΓΜΑΤΑ

- **Τροφική αλυσίδα:** απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος με την κατασκευή μιας αλυσίδας της οποίας τα βέλη δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου - καταναλωτή.

Σχόλιο 1: Μια τροφική αλυσίδα δεν μας δείχνει τις εναλλακτικές επιλογές που έχει ένας καταναλωτής όσον αφορά στην πρόληψη της τροφής του. Επιπλέον δεν μας δίνει τη σύσταση της βιοκοινότητας ενός οικοσυστήματος, αφού σε κάθε «κρίκο» της αλυσίδας υπάρχει ένας μόνον εκπρόσωπος.

Σχόλιο 2: Οι αποικοδομητές δεν απεικονίζονται (συνήθως) στις τροφικές αλυσίδες ή στις τροφικές πυραμίδες διότι λαμβάνουν νεκρή οργανική ύλη από όλους τους κρίκους της αλυσίδας και από όλα τα επίπεδα των τροφικών πυραμίδων.

- **Τροφικό πλέγμα:** δίκτυο που απεικονίζει το σύνολο των ποιοτικών τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος.
 1. Οι τροφικές αλυσίδες αποτελούν μέρος των πολύπλοκων τροφικών σχέσεων που παρουσιάζει ένα τροφικό πλέγμα.
 2. Το τροφικό πλέγμα αποτελεί πιο σύνθετη (και πιο ρεαλιστική) απεικόνιση των τροφικών σχέσεων, καθώς δηλώνονται οι διαφορετικές πηγές από τις οποίες τρέφεται κάθε οργανισμός σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα.

***Σχόλιο 3:** Οι πληροφορίες που μπορούμε να αντλήσουμε μελετώντας ένα τροφικό πλέγμα είναι: α) οι εναλλακτικές επιλογές τροφής που έχει ένας καταναλωτής, β) τα είδη των πληθυσμών που συνθέτουν τη βιοκοινότητα του οικοσυστήματος και γ) οι μεταβολές που επιφέρει μια διαταραχή στους πληθυσμούς των διαφορετικών ειδών του οικοσυστήματος (αύξηση, μείωση, εξαφάνιση)*

ΤΡΟΦΙΚΕΣ ΠΥΡΑΜΙΔΕΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ

- **Τροφική πυραμίδα:** σχηματική απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος.
- Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα.
- Τροφικά επίπεδα: επάλληλα ορθογώνια σε μια τροφική πυραμίδα, σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο.
 1. Το **πρώτο τροφικό επίπεδο**, που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών.
 2. Το **δεύτερο τροφικό επίπεδο** είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης.
 3. Το **τρίτο τροφικό επίπεδο** είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ.ο.κ.
- Το εμβαδόν που δίνεται σε κάθε ορθογώνιο είναι ανάλογο με το μέγεθος της μεταβλητής που απεικονίζεται στο συγκεκριμένο τροφικό επίπεδο.

***Σχόλιο 4:** Το μέγεθος του κάθε ορθογωνίου (τροφικό επίπεδο) μας δείχνει τη διαθέσιμη ενέργεια, διαθέσιμη βιομάζα ή διαθέσιμο πληθυσμό για τη στήριξη που επομένως τροφικού επιπέδου.*

Διάκριση τροφικών πυραμίδων:

1. Με βάση την παράμετρο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους:

Πυραμίδες πληθυσμού	Πυραμίδες βιομάζας	Πυραμίδες ενέργειας
Κατασκευάζεται με βάση το συνολικό αριθμό των ατόμων όλων των πληθυσμών κάθε τροφικού επιπέδου.	Κατασκευάζεται με βάση τη συνολική βιομάζα (ξηρή μάζα ανά μονάδα επιφάνειας) όλων των οργανισμών κάθε τροφικού επιπέδου.	Κατασκευάζεται με βάση τη συνολική ενέργεια που περιέχεται στη βιομάζα όλων των οργανισμών κάθε τροφικού επιπέδου.
Απεικονίζει τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο.	Απεικονίζει τη μεταβολή της βιομάζας από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο.	Απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο.
Έχουν κανονική μορφή ή ανεστραμμένη.	Έχουν συνήθως κανονική μορφή.	Έχουν κανονική μορφή.

2. Με βάση τη μορφή τους:

Κανονικές πυραμίδες	Ανεστραμμένες πυραμίδες
Κάθε τροφικό επίπεδο είναι μικρότερο πάντα από το προηγούμενό του.	Κάθε τροφικό επίπεδο είναι μεγαλύτερο από το προηγούμενό του.
Δηλαδή παρουσιάζουν μια πτωτική τάση από τροφικό επίπεδο σε τροφικό επίπεδο (στενεύουν προς την κορυφή).	Ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται ολοένα μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων.
Είναι οι πυραμίδες ενέργειας, βιομάζας και πολλές πυραμίδες πληθυσμού.	Είναι οι πυραμίδες πληθυσμού όταν σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις.

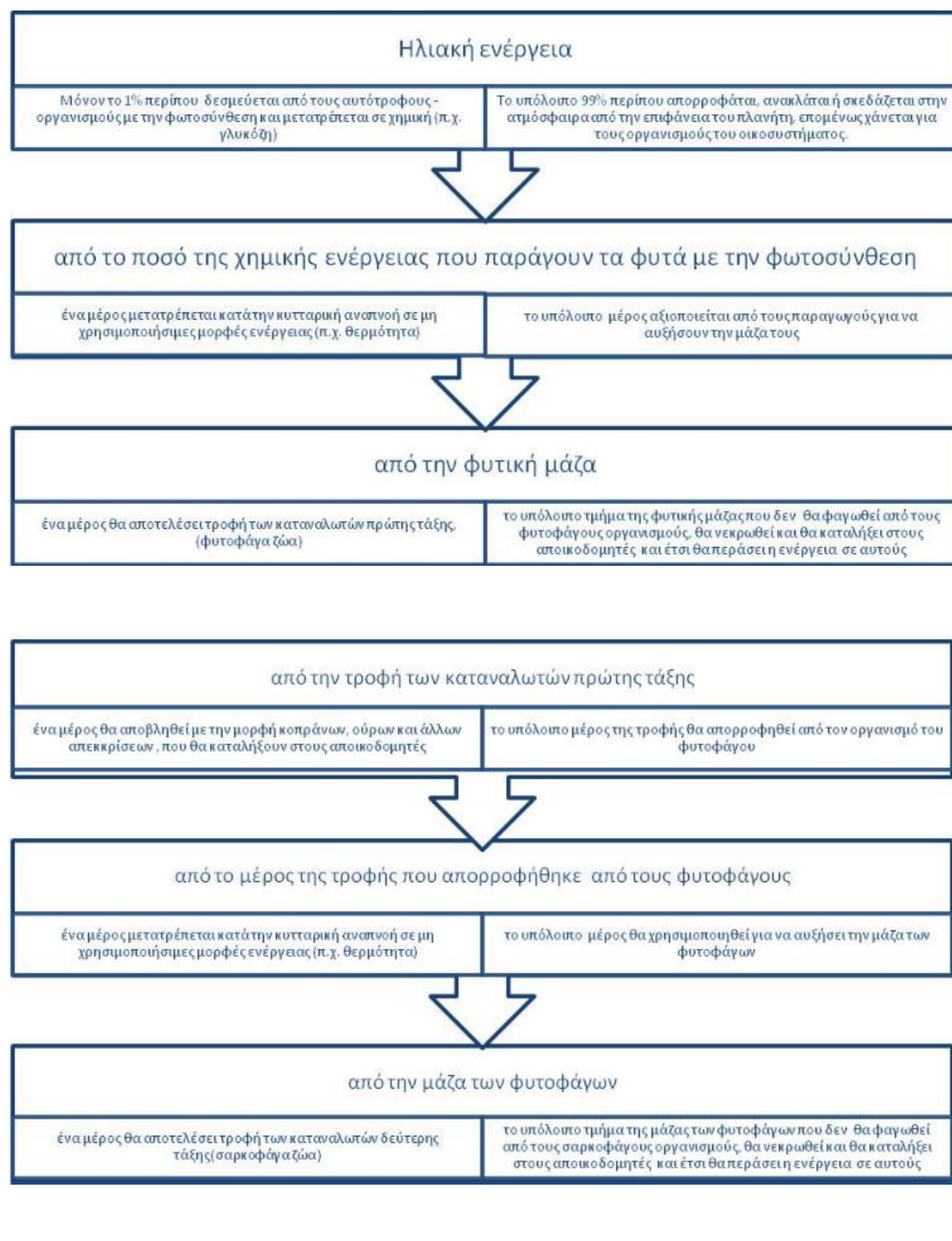
Σχόλιο 5: Ως παρασιτικές σχέσεις εννοούμε τις τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα σε έναν ξενιστή και σε έναν άλλο οργανισμό που ζει η πολλαπλασιάζεται μέσα ή πάνω σε αυτόν.

Σχόλιο 6: Οι πυραμίδες πληθυσμού έχουν το μειονέκτημα ότι δεν λαμβάνουν υπόψη το μέγεθος των οργανισμών. Σε αυτές τις πυραμίδες, ένα κύτταρο φυτοπλαγκτού έχει την ίδια βαρύτητα, στην αρίθμηση, με μια γιγάντια Σεκόγια, που είναι το ψηλότερο δέντρο που υπάρχει στον πλανήτη.

Σχόλιο 7: Το μέσο βάρος των οργανισμών άρα και η μέση ενέργεια που περιέχεται σε έναν οργανισμό κάθε τροφικού επιπέδου ποικίλει. Ο αριθμός των ατόμων κάθε τροφικού επιπέδου βρίσκεται από τη διαίρεση της βιομάζας του με το βάρος του κάθε οργανισμού ή από τη διαίρεση της ενέργειάς του με την περιεχόμενη ενέργεια κάθε οργανισμού. Η μεταβολή της βιομάζας και της ενέργειας ακολουθεί τον κανόνα του 10% από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο για την μεταβολή του πληθυσμού. Επομένως το πλήθος των οργανισμών που μπορεί να στηριχτεί με τη διαθέσιμη βιομάζα ή ενέργεια του συγκεκριμένου τροφικού επιπέδου ποικίλει. Για το λόγο αυτό οι πυραμίδες πληθυσμού μπορεί να έχουν ακανόνιστο σχήμα.

- Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται.
- Αίτια ελάττωσης της ενέργειας από κάθε τροφικό επίπεδο στο επόμενο του:
 1. Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
 2. Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.
 3. Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.
 4. Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα, τα οποία αποικοδομούνται.
- Η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) που παρουσιάζεται στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας, καθώς, όταν μειώνεται η ενέργεια που προσλαμβάνει κάθε τροφικό επίπεδο από το προηγούμενό του, είναι λογικό να μειώνεται και η ποσότητα της οργανικής ύλης που μπορούν να συνθέσουν οι οργανισμοί του και συνεπώς μειώνεται η βιομάζα του.

Σχόλιο 8:



Σχόλιο 9: Οι τροφικές πυραμίδες μας βοηθούν να κατανοήσουμε έναν από τους λόγους για τους οποίους οι κάτοικοι των χωρών με υπερπληθυσμό είναι κυρίως χορτοφάγοι, ενώ οι κάτοικοι των αναπτυγμένων χωρών είναι κρεατοφάγοι ή παμφάγοι. Αν θεωρήσουμε ότι κάθε άνθρωπος χρειάζεται την ίδια ποσότητα ενέργειας για να

συντηρηθεί, οι εκτάσεις που είναι καλλιεργημένες με σιτηρά θα μπορούσαν να θρέψουν πολύ περισσότερους ανθρώπους αν αυτοί ήταν αποκλειστικά χορτοφάγοι ενώ πολύ λιγότερους αν αυτοί ήταν αποκλειστικά σαρκοφάγοι ή παμφάγοι. Οι χορτοφάγοι εκμεταλλεύονται όλη την ενέργεια των παραγωγών και αποθηκεύουν το 10% αυτής. Οι αποκλειστικά κρεατοφάγοι εκμεταλλεύονται το 10% της ενέργειας των παραγωγών δηλαδή την ενέργεια των φυτοφάγων ζώων και αποθηκεύουν το 10% της ενέργειας των ζώων δηλαδή το 1% της ενέργειας των παραγωγών, γι' αυτό και ο αριθμός τους είναι περιορισμένος.

- Δυσκολίες στην κατάταξη των καταναλωτών στα τροφικά επίπεδα:
 1. Υπάρχουν οργανισμοί που είναι ταυτόχρονα φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι (π.χ. άνθρωπος).
 2. Υπάρχουν οργανισμοί που μπορούν να αλλάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή (π.χ. αλεπού).
 3. Οι διατροφικές προτιμήσεις κάποιων οργανισμών αλλάζουν ανάλογα με το στάδιο της ζωής τους. Για παράδειγμα, ο βάτραχος στο στάδιο του γυρίνου είναι φυτοφάγος, ενώ, όταν μεταμορφωθεί σε ώριμο βάτραχο, γίνεται εντομοφάγος.

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

<u>Ανεστραμμένη πυραμίδα</u>	Τροφική πυραμίδα πληθυσμού, στην οποία ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων, εξ αιτίας ύπαρξης παρασιτικών τροφικών σχέσεων στο οικοσύστημα.
<u>Βιομάζα</u>	Η ξηρή μάζα των οργανισμών ενός οικοσυστήματος ανά μονάδα επιφάνειας.
<u>Γυρίνος</u>	Η πρώτη μορφή του βατράχου όταν εκκολάπτεται από το αυγό. Είναι αποκλειστικά υδρόβιος και φυτοφάγος και εμφανίζει ουρά. Μετασχηματίζεται, χάνοντας την ουρά του, σε ώριμο βάτραχο που είναι αμφίβιος οργανισμός.
<u>Δρυοκολάπτης</u>	Πτηνό των δασών με μακρύ και σκληρό ράμφος για να μπορεί να τρέφεται με τα έντομα που βρίσκονται στους κορμούς των δέντρων.
<u>Θερμιδομετρία</u>	Η μέτρηση της ποσότητας της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά τις θερμικές μεταβολές των σωμάτων. Το θερμιδικό περιεχόμενο, δηλαδή η ενέργεια που περιέχεται στις οργανικές ουσίες είναι δυνατό να μετρηθεί με άμεσο τρόπο ως το αποτέλεσμα της πλήρους καύσης των συστατικών τους σε ένα θερμιδόμετρο.
<u>Κυτταρική αναπνοή</u>	Διαδικασία καύσης - οξειδωσης των οργανικών μορίων που περιέχονται στην τροφή των ετερότροφων οργανισμών ή που παράγονται από τους αυτότροφους οργανισμούς. Πραγματοποιείται μέσα στα κύτταρα, και στο μεγαλύτερο μέρος της στα μιτοχόνδρια. Με τη διαδικασία αυτή παράγεται ενέργεια που είναι απαραίτητη στα κύτταρα για τη διατήρηση των δομών και των λειτουργιών τους.
<u>Μελίγκρα</u>	Πολύ μικρό έντομο που τρέφεται από τους χυμούς φυτικών οργανισμών.
<u>Οργανική ύλη</u>	Η ύλη από την οποία αποτελούνται όλοι οι οργανισμοί δηλαδή φυτά, ζώα, μικρόβια. Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τις πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα, τα σάκχαρα και τα λιπίδια.

<u>Παρασιτικές τροφικές σχέσεις</u>	Τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ οργανισμών διαφορετικών ειδών με σχέση ξενιστή (καταναλισκόμενου) - παράσιτου (καταναλωτή).
<u>Ποιοτικές τροφικές σχέσεις</u>	Τροφικές σχέσεις μεταξύ οργανισμών διαφορετικών ειδών που απεικονίζουν ποιος οργανισμός τρώει ποιον.
<u>Ποσοτικές τροφικές σχέσεις</u>	Τροφικές σχέσεις μεταξύ οργανισμών διαφορετικών ειδών που απεικονίζουν την ποσότητα τροφής που τρώει ο κάθε οργανισμός.
<u>Ποώδη φυτά</u>	Κατηγορία μονοετών, διετών ή πολυετών χερσαίων φυτών με μαλακό πράσινο βλαστό (απουσία ξυλώδους βλαστού). Τέτοια φυτά είναι οι παπαρούνα, ο κρίνος, το χαμομήλι κ.ά.
<u>Πυραμίδα βιομάζας</u>	Τροφική πυραμίδα που απεικονίζει τη μεταβολή της βιομάζας από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο. Κατασκευάζεται με βάση τη συνολική βιομάζα (δηλαδή την ξηρή μάζα ανά μονάδα επιφάνειας) όλων των οργανισμών κάθε τροφικού επιπέδου. Έχει κανονική μορφή.
<u>Πυραμίδα ενέργειας</u>	Τροφική πυραμίδα που απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο. Κατασκευάζεται με βάση τη συνολική ενέργεια που περιέχεται στη βιομάζα όλων των οργανισμών κάθε τροφικού επιπέδου. Έχει κανονική μορφή.
<u>Πυραμίδα πληθυσμού</u>	Τροφική πυραμίδα που απεικονίζει την μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο. Κατασκευάζεται με βάση το συνολικό αριθμό των ατόμων όλων των πληθυσμών κάθε τροφικού επιπέδου. Έχει κανονική ή ανεστραμμένη μορφή.
<u>Ροή ενέργειας</u>	Η είσοδος και διανομή της ενέργειας στους οργανισμούς του οικοσυστήματος μέσω των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Η ροή της ενέργειας είναι μονόδρομη: στους καταναλωτές φτάνει ενέργεια μόνο από τους παραγωγούς, ενώ στους αποικοδομητές φτάνει τόσο από τους παραγωγούς, όσο και από τους καταναλωτές.

<u>Τροφικές σχέσεις</u>	Σχέσεις τροφικής εξάρτησης που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών που ζουν σε μια περιοχή. Διακρίνονται σε ποιοτικές (ποιος τρώει ποιον) και ποσοτικές (τι ποσότητα τρώει). Μέσω των τροφικών σχέσεων πραγματοποιείται η διανομή της ενέργειας στους οργανισμούς ενός οικοσυστήματος.
<u>Τροφική αλυσίδα</u>	Σχηματική απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών ενός οικοσυστήματος. Η απεικόνιση αυτής της τροφικής αλληλεξάρτησης γίνεται με μια απλοποιημένη αλυσίδα - αποτελούμενη από οργανισμούς διαφορετικών ειδών τοποθετημένους σε μια σειρά και συνδεδεμένους με βέλη, τα οποία δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου - καταναλωτή.
<u>Τροφική πυραμίδα</u>	Σχηματική απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Αποτελείται από τροφικά επίπεδα σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Διακρίνεται σε πυραμίδα ενέργειας, βιομάζας ή πληθυσμού.
<u>Τροφικό επίπεδο</u>	Δομικό συστατικό των τροφικών πυραμίδων. Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια) σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Το εμβαδόν που δίνεται σε κάθε ορθογώνιο είναι ανάλογο με το μέγεθος της μεταβλητής που απεικονίζει το συγκεκριμένο τροφικό επίπεδο. Δηλαδή το τροφικό επίπεδο είναι ένα σύνολο ειδών οργανισμών (π.χ. φυτοφάγα) με άμεση τροφική εξάρτηση από ένα άλλο σύνολο ειδών (π.χ. φυτά) και αποτελεί βασική μονάδα του τροφικού πλέγματος.
<u>Τροφικό πλέγμα</u>	Το δίκτυο που απεικονίζει το σύνολο των ποιοτικών τροφικών σχέσεων (δηλαδή το σύνολο των τροφικών αλυσίδων) μεταξύ