

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

Ερώτηση 1.

Τι σημαίνει ο όρος ροή ενέργειας;

Απάντηση

Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια για να καλύπτουν τις ανάγκες τους. Ροή ενέργειας σημαίνει διανομή της ενέργειας, που εισέρχεται στο οικοσύστημα, στους οργανισμούς του οικοσυστήματος. Η διανομή αυτή γίνεται μέσω των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών του οικοσυστήματος.

Ερώτηση 2.

Πώς διακρίνονται οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών;

Απάντηση

Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια την οποία εξασφαλίζουν με την τροφή τους. Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών χαρακτηρίζονται ως ποιοτικές όταν μας ενδιαφέρει ποιο είδος τρώει ποιο και ως ποσοτικές όταν μας ενδιαφέρει η ποσότητα που τρώει.

Ερώτηση 3.

Τι είναι μια τροφική αλυσίδα; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της;

Απάντηση

Τροφική αλυσίδα αποτελεί η σχηματική 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. Μια τροφική αλυσίδα δεν μας δείχνει τις εναλλακτικές επιλογές που έχει ένας καταναλωτής όσον αφορά στην πρόληψη της τροφής του. Επίσης δεν μας δίνει τη σύσταση της βιοκοινότητας ενός οικοσυστήματος, αφού σε κάθε «κρίκο» υπάρχει μόνον ένας εκπρόσωπος.

Ερώτηση 4.

Τι είναι ένα τροφικό πλέγμα; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά του;

Απάντηση

Τροφικό πλέγμα είναι ένα δίκτυο που απεικονίζει το σύνολο των ποιοτικών τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Οι σχέσεις αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με την εποχή και ανάλογα με το στάδιο του κύκλου ζωής των οργανισμών. Οι τροφικές αλυσίδες αποτελούν μέρος των πολύπλοκων τροφικών σχέσεων που παρουσιάζει ένα τροφικό πλέγμα. Το τροφικό πλέγμα αποτελεί πιο σύνθετη, πιο ρεαλιστική απεικόνιση των τροφικών σχέσεων, καθώς δηλώνονται οι διαφορετικές πηγές από τις οποίες τρέφεται κάθε οργανισμός σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα.

Ερώτηση 5.

Τι πληροφορίες μπορούν να αντληθούν από τη μελέτη ενός τροφικού πλέγματος;

Απάντηση

Οι πληροφορίες που μπορούν να αντληθούν από τη μελέτη ενός τροφικού πλέγματος είναι: α) οι εναλλακτικές επιλογές τροφής που έχει ένας καταναλωτής, β) τα είδη των πληθυσμών που συνθέτουν τη βιοκοινότητα ενός οικοσυστήματος γ) οι μεταβολές που επιφέρει μια διαταραχή στους πληθυσμούς των διαφορετικών ειδών του οικοσυστήματος δηλαδή αύξηση ή μείωση ή εξαφάνιση.

Ερώτηση 6.

Τι είναι μια τροφική πυραμίδα;

Απάντηση

Τροφική πυραμίδα είναι η σχηματική απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Αποτελείται από τροφικά επίπεδα.

Ερώτηση 7.

Τι είναι τα τροφικά επίπεδα; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά τους;

Απάντηση

Τροφικά επίπεδα είναι τα επάλληλα ορθογώνια σε μια τροφική πυραμίδα, σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας τον «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Το εμβαδόν κάθε ορθογωνίου είναι ανάλογο με το μέγεθος της μεταβλητής που απεικονίζεται στο συγκεκριμένο τροφικό επίπεδο.

Ερώτηση 8.

Πώς διακρίνονται τα τροφικά επίπεδα;

Απάντηση

Το πρώτο τροφικό επίπεδο που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας είναι αυτό των παραγωγών του οικοσυστήματος. Το δεύτερο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης δηλαδή των φυτοφάγων οργανισμών του οικοσυστήματος. Το τρίτο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης δηλαδή των σαρκοφάγων που τρέφονται με φυτοφάγα κ.ο.κ. Ο βαθμός του τροφικού επιπέδου είναι κατά έναν μεγαλύτερος από την τάξη του καταναλωτή.

Ερώτηση 9.

Πώς διακρίνονται οι τροφικές πυραμίδες με βάση την παράμετρο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους;

Απάντηση

Μια τροφική πυραμίδα που απεικονίζει τη μεταβολή της περιεχόμενης ενέργειας των οργανισμών από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα ενέργειας.

Μια τροφική πυραμίδα που απεικονίζει τη μεταβολή της βιομάζας των οργανισμών από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα βιομάζας.

Μια τροφική πυραμίδα που απεικονίζει τη μεταβολή του πληθυσμού - αριθμού των ατόμων από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα πληθυσμού.

Ερώτηση 10.

Τι σημαίνει ο όρος βιομάζα;

Απάντηση

Βιομάζα είναι η ξηρή μάζα των οργανισμών ενός οικοσυστήματος ανά μονάδα επιφάνειας.

Ερώτηση 11.

Ποιο είναι το ποσοστό της ενέργειας που μεταφέρεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο; Ποιο είναι το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται;

Απάντηση

Η ενέργεια με τη μορφή της χημικής ενέργειας που εμπεριέχεται στην τροφή των οργανισμών, μεταφέρεται από το κατώτερο τροφικό επίπεδο, αυτό των παραγωγών, στο ανώτερο. Έχει υπολογιστεί ότι μόνον το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται.

Ερώτηση 12.

Γιατί παρατηρείται πτωτική τάση της τάξης του 90% από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο σε μια πυραμίδα ενέργειας;

Απάντηση

Το 90% της ενέργειας που χάνεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο οφείλεται στο ότι:

- α) ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας όπως η θερμότητα.
- β) δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί, επομένως δεν μεταφέρεται όλη η ενέργεια του προηγούμενου επιπέδου στο επόμενο
- γ) ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν και η ενέργεια που περιέχουν καταλήγει στους αποικοδομητές και
- δ) ένα μέρος της οργανικής ύλης, αποβάλλεται με τα κόπρανα και τα ούρα (απεκκρίσεις) τα οποία αποικοδομούνται, επομένως και η περιεχόμενη σε αυτό ενέργεια, καταλήγει στους αποικοδομητές.

Ερώτηση 13.

Πως εξηγείται το γεγονός ότι η ίδια πτωτική τάση, της τάξης του 90% , που παρουσιάζεται στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας;

Απάντηση

Σε γενικές γραμμές, 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 να μειώνεται η βιομάζα του.

Ερώτηση 14.

Τι εννοούμε με τον όρο παρασιτικές σχέσεις; Δώστε ένα παράδειγμα.

Απάντηση

Παρασιτικές σχέσεις εννοούμε τις τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα σε έναν ξενιστή και σε έναν άλλο οργανισμό που ζει και πολλαπλασιάζεται μέσα ή πάνω σε αυτόν. Για παράδειγμα μια βελανιδιά φιλοξενεί κάμπιες σε κάθε μια από τις οποίες παρασιτούν πρωτόζωα.

Ερώτηση 15.

Τι μορφή εμφανίζουν οι τροφικές πυραμίδες πληθυσμού;

Απάντηση

Οι τροφικές πυραμίδες πληθυσμού με βάση τη μορφή τους μπορεί να είναι κανονικές ή ανεστραμμένες. Στις κανονικές πυραμίδες κάθε τροφικό επίπεδο είναι μικρότερο πάντα από το προηγούμενό του. Δηλαδή παρουσιάζουν μια πτωτική τάση από τροφικό επίπεδο σε τροφικό επίπεδο, καθώς στενεύουν προς την κορυφή της πυραμίδας. Όταν σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις τότε έχουμε ανεστραμμένες πυραμίδες. Στις ανεστραμμένες πυραμίδες κάθε τροφικό επίπεδο είναι μεγαλύτερο από το προηγούμενό του. Ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται όλο και μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων. Αυτό συμβαίνει γιατί το μέγεθος (βιομάζα) του παράσιτου είναι πολύ μικρότερο από το μέγεθος του ξενιστή του (π.χ. κάμπια- βελανιδιά).

Ερώτηση 16.

Ποιες είναι οι δυσκολίες που συναντώνται στην κατάταξη των οργανισμών σε τροφικά επίπεδα;

Απάντηση

Η κατάταξη των καταναλωτών στα τροφικά επίπεδα δεν είναι πάντοτε εύκολη, επειδή:

- α) υπάρχουν οργανισμοί που είναι ταυτόχρονα φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι όπως για παράδειγμα ο άνθρωπος.
- β) υπάρχουν οργανισμοί που μπορούν να αλλάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή όπως η αλεπού.
- γ) 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.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ, ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ερώτηση 1.

Εκφώνηση

Έστω ότι σε ένα οικοσύστημα ισχύει η τροφική αλυσίδα: γρασίδι → ακρίδες → σκαντζόχοιροι → φίδια → γεράκια.

α. Δεδομένου ότι οι οργανισμοί κάθε τροφικού επιπέδου τρέφονται αποκλειστικά με οργανισμούς του προηγούμενου τροφικού επιπέδου και ότι η βιομάζα των καταναλωτών δεύτερης τάξης είναι $2 \cdot 10^2$ κιλά, να υπολογίσετε τη βιομάζα των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων.

β. Πόσα γεράκια περιλαμβάνει το οικοσύστημα, αν η μέση βιομάζα ενός γερακιού είναι 0,5 κιλά;

Απάντηση

α. Οι οργανισμοί κατατάσσονται σε τροφικά επίπεδα ανάλογα με «τον αριθμό των βημάτων» που απέχουν από τον ήλιο.

Το πρώτο τροφικό επίπεδο κάθε τροφικής πυραμίδας είναι αυτό των παραγωγών, το δεύτερο είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης, το τρίτο είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ.ο.κ.

Παραγωγός του οικοσυστήματος είναι το γρασίδι. Καταναλωτές πρώτης τάξης (φυτοφάγοι οργανισμοί) είναι οι ακρίδες. Καταναλωτές δεύτερης τάξης (σαρκοφάγα που τρέφονται με φυτοφάγα) στο οικοσύστημα είναι οι σκαντζόχοιροι (τρέφονται με ακρίδες που με τη σειρά τους τρέφονται με γρασίδι). Καταναλωτές τρίτης τάξης τα φίδια που τρέφονται με σκαντζόχοιρους και καταναλωτές τέταρτης τάξης τα γεράκια που τρέφονται με φίδια.

Η ενέργεια «ρέει» μέσω της τροφής από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο. Έχει όμως υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) εμφανίζεται και στη βιομάζα, 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.

Γνωρίζουμε ότι η βιομάζα των καταναλωτών Β' τάξης (δηλαδή η βιομάζα του 3ου τροφικού επιπέδου) είναι $2 \cdot 10^2$ κιλά. Εάν Α είναι η βιομάζα του πρώτου τροφικού επιπέδου (γρασίδι), Β η βιομάζα του δεύτερου (ακρίδες), Γ η βιομάζα του τρίτου επιπέδου (σκαντζόχοιροι), Δ η βιομάζα του τέταρτου (φίδια) και Ε η βιομάζα του πέμπτου τροφικού επιπέδου (γεράκια) ισχύει:

$$\Delta = (10/100) \cdot \Gamma = (10/100) \cdot 2 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10 \text{ κιλά}$$

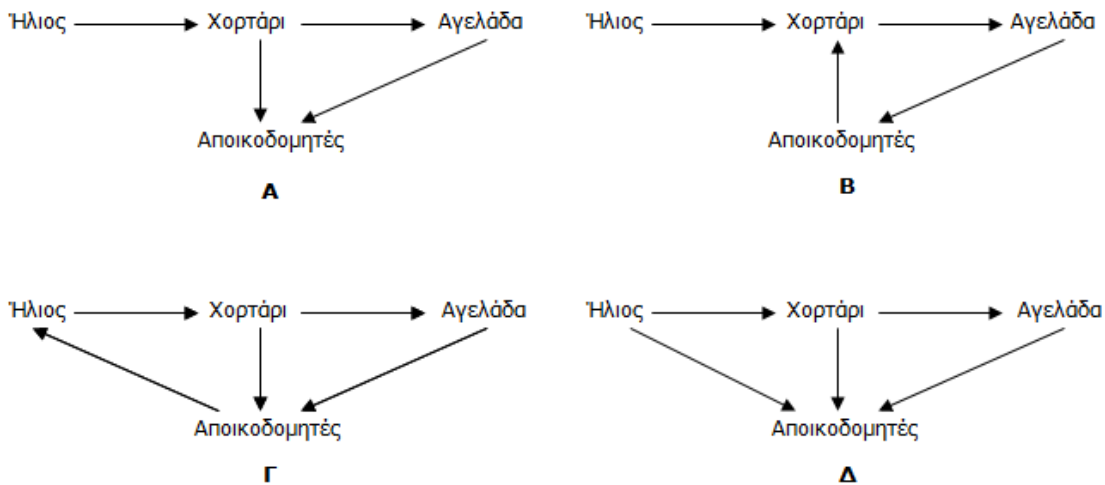
$$Ε = (10/100) \cdot \Delta = (10/100) \cdot 2 \cdot 10 = 2 \text{ κιλά}$$

$$\Gamma = (10/100) \cdot Β \text{ επομένως } Β = (100/10) \cdot \Gamma = 10 \cdot 2 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10^3 \text{ κιλά}$$

$$Β = (10/100) \cdot Α \text{ επομένως } Α = (100/10) \cdot Β = 10 \cdot 2 \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^4 \text{ κιλά}$$

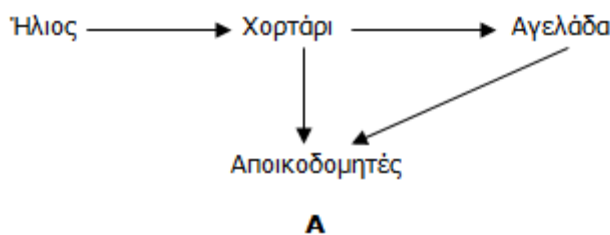
Ερώτηση 2.

Τα βέλη δείχνουν τη ροή ενέργειας σε χερσαίο οικοσύστημα. Ποιο από τα διαγράμματα που ακολουθούν είναι σωστό; Να εντοπίσετε το λάθος στα υπόλοιπα διαγράμματα και να το σχολιάσετε.

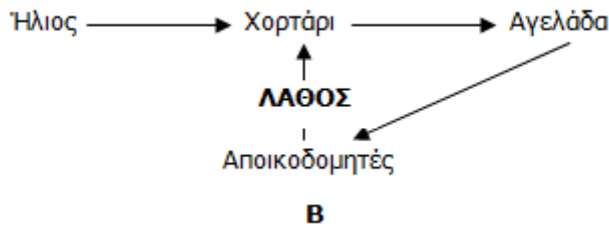


Απάντηση

A. Το χορτάρι (παραγωγός) δεσμεύει ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία και την αποθηκεύει, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε χημικά μόρια (χημική ενέργεια). Η ενέργεια αυτή μπορεί, μέσω της κυτταρικής αναπνοής να απελευθερωθεί καλύπτοντας τις ανάγκες των παραγωγών. Μέρος της ενέργειας αυτής περνάει με τη μορφή χημικής ενέργειας που περιέχεται στην τροφή από το κατώτερο τροφικό επίπεδο (χορτάρι) στο ανώτερο (αγελάδα). Οι αποικοδομητές τρέφονται με τη νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρπούς, απεκκρίσεις, τρίχες, σώματα νεκρών οργανισμών) φυτικής ή ζωικής προέλευσης, δέχονται επομένως ενέργεια τόσο από το χορτάρι όσο και από την αγελάδα. Επομένως το διάγραμμα A είναι σωστό.



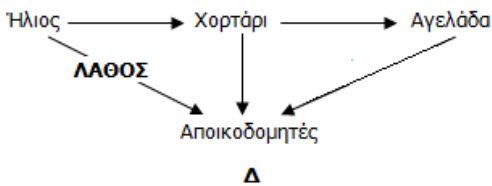
B. Οι αποικοδομητές τρέφονται με νεκρή οργανική ύλη που προέρχεται τόσο από τα φυτά όσο και από τα ζώα, μετατρέποντας την οργανική ύλη σε ανόργανη, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου από τους φυτικούς οργανισμούς. Επομένως οι αποικοδομητές παρέχουν στους παραγωγούς του οικοσυστήματος μόνο υλικά που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία τους και όχι ενέργεια (όπως φαίνεται στο σχήμα B).



Γ. Η ενέργεια δεν ανακυκλώνεται στα οικοσυστήματα. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας «χάνεται», ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα). Για το λόγο αυτό τα οικοσυστήματα απαιτούν, για τη διατήρησή τους και τη λειτουργία τους, συνεχή προσφορά ενέργειας. Η ενέργεια στα αυτότροφα οικοσυστήματα εισάγεται με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας και διανέμεται στους οργανισμούς μέσω των τροφικών σχέσεων. Οι αποικοδομητές φυσικά δεν τροφοδοτούν με ενέργεια τον ήλιο!

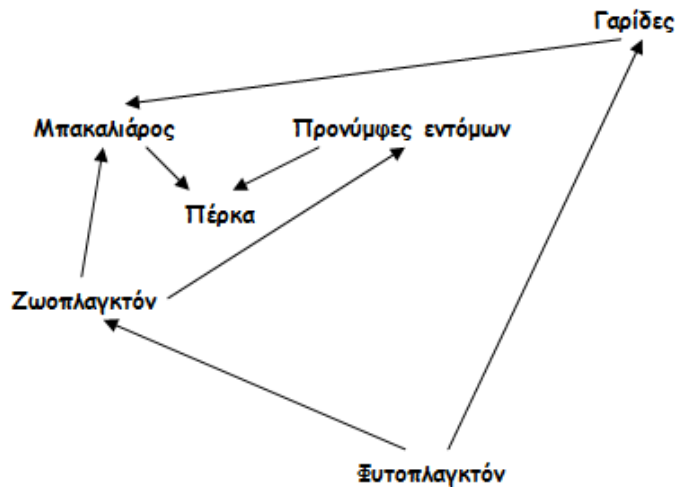


Δ. Μόνο το χορτάρι (παραγωγός) μπορεί να δεσμεύει ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία και την αποθηκεύει, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε χημικά μόρια (χημική ενέργεια). Οι αποικοδομητές τρέφονται με τη νεκρή οργανική ύλη, φυτικής ή ζωικής προέλευσης, και δε φωτοσυνθέτουν, δε δεσμεύουν ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία.



Ερώτηση 3.

Το διάγραμμα που ακολουθεί περιγράφει τις τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών ενός υδάτινου οικοσυστήματος:



- α. Ποιοι οργανισμοί εισάγουν ενέργεια στο οικοσύστημα αυτό συνθέτοντας οργανικές ενώσεις;
- β. Πόσα τροφικά επίπεδα καταναλωτών υπάρχουν στο οικοσύστημα;
- γ. Ποιοι είναι οι οργανισμοί του δεύτερου τροφικού επιπέδου;
- δ. Ποιους πληθυσμούς θα επηρεάσει άμεσα η ξαφνική αύξηση του πληθυσμού της γαρίδας και με ποιον τρόπο;
- ε. Εκτός από τις κατηγορίες οργανισμών που αναφέρονται, ποια επιπλέον κατηγορία οργανισμών είναι απαραίτητη για τη σωστή λειτουργία και τη διατήρηση του οικοσυστήματος αυτού;

Απάντηση

α. Τα βέλη σε ένα τροφικό πλέγμα δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου-καταναλωτή. Επομένως παραγωγοί του οικοσυστήματος είναι αυτοί στους οποίους δεν καταλήγουν βέλη (παράγουν μόνοι τους τις χημικές ουσίες από τις οποίες εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωσή τους) και από τους οποίους ξεκινάνε βέλη προς άλλους πληθυσμούς (οι οποίοι παραλαμβάνουν με την τροφή τους τις χημικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών). Στο συγκεκριμένο οικοσύστημα παραγωγός είναι το φυτοπλαγκτόν.

β. Προκειμένου να κατατάξουμε τους οργανισμούς σε τροφικά επίπεδα, θα καταγράψουμε τις τροφικές αλυσίδες που περιλαμβάνονται στο τροφικό πλέγμα και στη συνέχεια ανάλογα με θέση των οργανισμών σε αυτές θα τους κατατάξουμε σε τροφικά επίπεδα.

Τροφικές αλυσίδες:

Παραγωγοί	Καταναλωτές 1ης τάξης	Καταναλωτές 2ης τάξης	Καταναλωτές 3ης τάξης
Φυτοπλαγκτόν	Ζωοπλαγκτόν	Μπακαλιάρος	Πέρκα
Φυτοπλαγκτόν	Ζωοπλαγκτόν	Προνύμφες εντόμων	Πέρκα
Φυτοπλαγκτόν	Γαρίδες	Μπακαλιάρος	Πέρκα

Επομένως υπάρχουν τρία τροφικά επίπεδα καταναλωτών

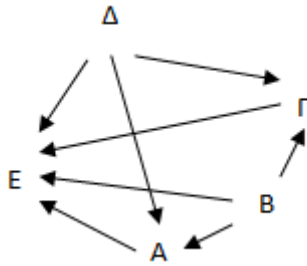
γ. Οι οργανισμοί του δεύτερου τροφικού επιπέδου είναι το ζωοπλαγκτόν και οι γαρίδες που τρέφονται με φυτοπλαγκτόν.

δ. Άμεσα θα επηρεαστεί ο πληθυσμός του φυτοπλαγκτού ο οποίος θα μειωθεί καθώς οι περισσότερες γαρίδες θα καταναλώνουν περισσότερο φυτοπλαγκτόν, το οποίο αποτελεί την τροφή τους. Επίσης άμεσα θα επηρεαστεί και ο πληθυσμός του μπακαλιάρου ο οποίος μετά την αύξηση του πληθυσμού των γαρίδων θα έχει στη διάθεσή του περισσότερη τροφή.

ε. Εκτός από τους παραγωγούς και καταναλωτές απαραίτητοι είναι και οι αποικοδομητές. Όσο αναγκαία είναι η τροφοδότηση ενός οικοσυστήματος με ενέργεια και η διανομή της στους οργανισμούς του, ώστε να καλύπτουν αυτοί τις ανάγκες τους, εξίσου απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων είναι και η ανακύκλωση των διάφορων χημικών στοιχείων, ώστε να είναι αυτά συνεχώς διαθέσιμα στους οργανισμούς ενός οικοσυστήματος.

Ερώτηση 4.

Το διάγραμμα που ακολουθεί (και στο οποίο περιλαμβάνονται όλες οι κατηγορίες οργανισμών: παραγωγοί, καταναλωτές και αποικοδομητές) περιγράφει τη ροή ενέργειας σε ένα οικοσύστημα. Ποιοι από τους πληθυσμούς Α, Β, Γ, Δ, Ε είναι οι αποικοδομητές του οικοσυστήματος;



Απάντηση

Οι αποικοδομητές τρέφονται με τη νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρπούς, απεκκρίσεις, τρίχες, σώματα νεκρών οργανισμών) φυτικής ή ζωικής προέλευσης, δέχονται επομένως ενέργεια από όλους τους υπόλοιπους οργανισμούς του οικοσυστήματος. Ταυτόχρονα δεν τροφοδοτούν με ενέργεια άλλους οργανισμούς. Καθώς τα βέλη δείχνουν την πορεία της ενέργειας, μέσω της τροφής, στα οικοσυστήματα, οι αποικοδομητές θα είναι εκείνοι οι οργανισμοί στους οποίους καταλήγουν βέλη χωρίς όμως να ξεκινούν από αυτούς βέλη. Στο διάγραμμα οι οργανισμοί αυτοί είναι οι Ε.

Ερώτηση 5.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει στοιχεία που συγκεντρώθηκαν κατά τη μελέτη ενός οικοσυστήματος. Το τροφικό πλέγμα αφορά το ίδιο οικοσύστημα.

Είδος οργανισμού Αριθμός ατόμων

Χορτάρι: 1.000.000

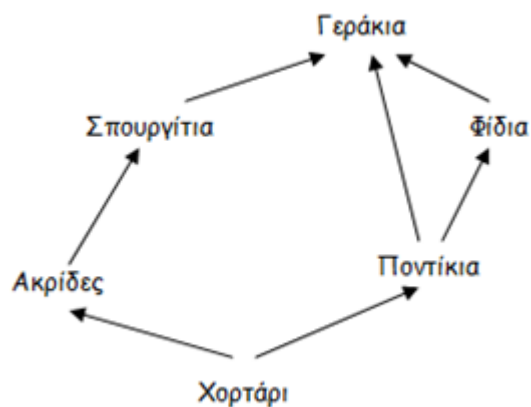
Ακρίδες: 100.000

Ποντίκια: 100

Φίδια: 15

Σπουργίτια: 100

Γεράκια: 4



- α. Πόσοι και ποιοι πληθυσμοί αποτελούν τη βιοκοινότητα του οικοσυστήματος;
- β. Ποια είναι η αρχική πηγή της ενέργειας που μέσω της τροφής καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες των οργανισμών του οικοσυστήματος;
- γ. Ποιος οργανισμός συμπεριφέρεται άλλοτε ως καταναλωτής 2ης και άλλοτε ως καταναλωτής 3ης τάξης; Ποια είναι η τροφή του σε κάθε περίπτωση;
- δ. Να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα πληθυσμών του οικοσυστήματος.
- ε. Ποια συνέπεια θα είχε στον πληθυσμό των σπουργιτιών η εξαφάνιση των ακρίδων; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
- στ. Ποια συνέπεια θα είχε στον πληθυσμό των γερακιών η εξαφάνιση των φιδιών; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Απάντηση

α. Την βιοκοινότητα του συγκεκριμένου οικοσυστήματος την αποτελούν οι πληθυσμοί του χορταριού, των ακρίδων, των ποντικών, των φιδιών, των σπουργιτιών και των γεράκιων. Δηλαδή συνολικά έξι πληθυσμοί.

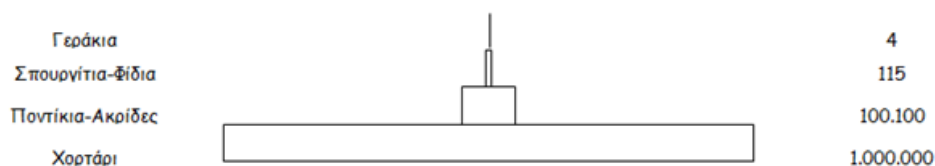
β. Αρχική πηγή ενέργειας για το οικοσύστημα είναι ο ήλιος.

γ. Οι τροφικές αλυσίδες που υπάρχουν στο οικοσύστημα είναι:

1. Χορτάρι -> Ακρίδες -> Σπουργίτια -> Γεράκια
2. Χορτάρι -> Ποντίκια -> Γεράκια
3. Χορτάρι -> Ποντίκια -> Φίδια -> Γεράκια

Παρατηρώντας τις τροφικές αλυσίδες διαπιστώνουμε ότι οι οργανισμοί που άλλοτε συμπεριφέρονται ως καταναλωτές 2ης και άλλοτε ως καταναλωτές 3ης τάξης είναι τα γεράκια. Τα γεράκια στη δεύτερη τροφική αλυσίδα συμπεριφέρονται ως καταναλωτές 2ης τάξης καθώς τρέφονται με ποντίκια. Όμως στην πρώτη και την τρίτη τροφική αλυσίδα συμπεριφέρονται ως καταναλωτές 3ης τάξης τρώγοντας σπουργίτια και φίδια αντίστοιχα.

δ. 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. Οι τροφικές πυραμίδες πληθυσμού απεικονίζουν τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο ενός οικοσυστήματος στο άλλο. Σε κάθε τροφικό επίπεδο περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Η δυσκολία που υπάρχει στην κατάταξη των οργανισμών του συγκεκριμένου οικοσυστήματος σε τροφικά επίπεδα, εντοπίζεται στο γεράκι που μπορεί να καταταχθεί τόσο στο τρίτο όσο και στο τέταρτο τροφικό επίπεδο. Στην περίπτωση αυτή επιλέγουμε να το κατατάσσουμε στο ανώτερο επίπεδο που μπορεί να καταταχθεί δηλαδή στο τέταρτο τροφικό επίπεδο, (ακολουθώντας το παράδειγμα του σχολικού βιβλίου, στο τροφικό πλέγμα της εικόνας 2.6 στη σελίδα 75, όπου το φίδι του τροφικού πλέγματος κατατάσσεται στο επίπεδο των κορυφαίων καταναλωτών καθώς έχει το ίδιο χρώμα με την κουκουβάγια). Επομένως στο πρώτο τροφικό επίπεδο κατατάσσεται το χορτάρι, στο δεύτερο οι ακρίδες και τα ποντίκια, στο τρίτο τα φίδια και τα σπουργίτια και τα γεράκια στο επίπεδο των κορυφαίων καταναλωτών. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα η μορφή της τροφικής πυραμίδας πληθυσμού θα είναι:



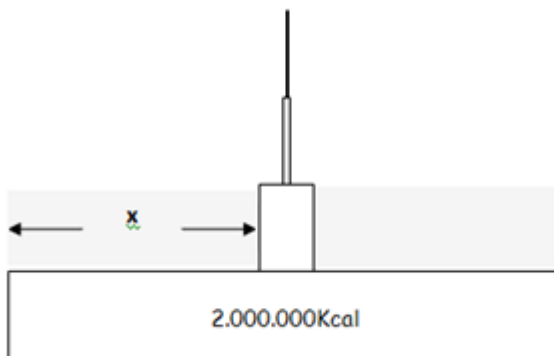
ε. Διαπιστώνουμε παρατηρώντας το τροφικό πλέγμα του οικοσυστήματος ότι μοναδική πηγή ενέργειας (τροφή) για τα σπουργίτια αποτελούν οι ακρίδες. Αν εξαφανιστούν

επομένως οι ακρίδες, τα σπουργίτια δεν θα έχουν στη διάθεσή τους τροφή και επομένως θα εξαφανίζονταν και αυτά (μετανάστευση, θάνατος).

στ. Η εξαφάνιση των φιδιών μπορεί να προκαλέσει μείωση του πληθυσμού των γερακιών. Παρατηρούμε όμως ότι τα γεράκια έχουν εναλλακτικές τροφικές επιλογές (εκτός από φίδια τρέφονται με σπουργίτια και ποντίκια). Η εξαφάνιση λοιπόν των φιδιών θα έχει μικρότερες συνέπειες στον πληθυσμό των γερακιών από την επίδραση που θα έχει η εξαφάνιση των ακρίδων για τα σπουργίτια.

Ερώτηση 6.

Να απαντήσετε στις ερωτήσεις χρησιμοποιώντας στοιχεία που δίνονται από το σχήμα που ακολουθεί:



- α. Να υπολογίσετε την ενέργεια κάθε τροφικού επιπέδου.
- β. Πόση ενέργεια είναι αποθηκευμένη στους καταναλωτές Β΄ τάξης;
- γ. Εξηγήστε γιατί μόνο ένα ποσοστό της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου μεταφέρεται στο επόμενο.
- δ. Τι αντιπροσωπεύει το X στην τροφική πυραμίδα του σχήματος;

Απάντηση

α. Το σχήμα παρουσιάζει την τροφική πυραμίδα ενέργειας ενός οικοσυστήματος. Η ενέργεια που εμπεριέχεται στο 1ο τροφικό επίπεδο είναι 2.000.000 Kcal. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται.

Επομένως η ενέργεια του 2ου τροφικού επιπέδου θα είναι $(10/100) \cdot 2.000.000 \text{ Kcal} = 200.000 \text{ Kcal}$, 3ου τροφικού επιπέδου $(10/100) \cdot 200.000 \text{ Kcal} = 20.000 \text{ Kcal}$ και του 4ου τροφικού επιπέδου $(10/100) \cdot 20.000 \text{ Kcal} = 2.000 \text{ Kcal}$.

β. Οι καταναλωτές Β΄ τάξης αποτελούν το 3ο τροφικό επίπεδο και σύμφωνα με τους προηγούμενους υπολογισμούς η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη σε αυτούς είναι 20.000 Kcal.

γ. Οι «απώλειες» ενέργειας κατά τη μεταφορά της κατά μήκος των τροφικών αλυσίδων έχει υπολογιστεί ότι είναι της τάξης του 90%. Αυτό οφείλεται στο ότι:

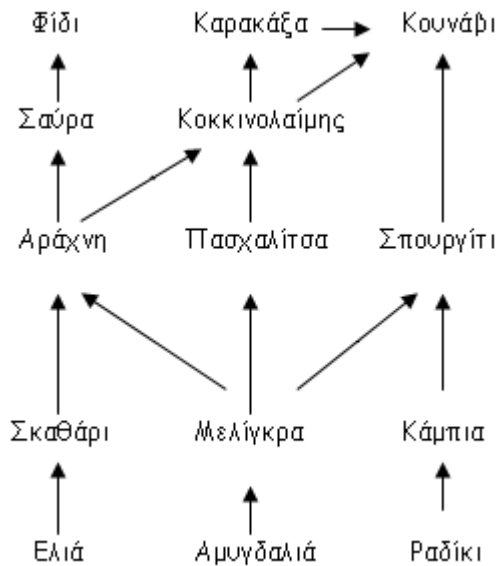
- Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.
- Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.

- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα, τα οποία αποικοδομούνται.

δ. Το x αντιπροσωπεύει απώλειες κατά τη μεταφορά της ενέργειας από το κατώτερο προς το ανώτερο τροφικό επίπεδο ενός οικοσυστήματος και στο συγκεκριμένο διάγραμμα αντιστοιχεί σε 900.000 Kcal. Οι «απώλειες» ενέργειας από το 1ο προς το 2ο τροφικό επίπεδο φαίνεται ότι είναι 1.800.000 Kcal και επομένως το $x = 1.800.000/2$ Kcal = 900.000 Kcal.

Ερώτηση 7.

Το τροφικό πλέγμα που ακολουθεί αφορά ένα αγροτικό οικοσύστημα:



- Ποιες τροφικές αλυσίδες υπάρχουν στο οικοσύστημα;
- Ποιες πληροφορίες μας δίνει το βέλος που ξεκινάει από την πασχαλίτσα και καταλήγει στον κοκκινολαίμη;
- Σε ποιες τροφικές αλυσίδες το κουνάβι συμπεριφέρεται ως κορυφαίος καταναλωτής;
- Μέσω ποιων οργανισμών μεταφέρεται στην αράχνη ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο;
- Αν ο αγρότης ξεριζώσει τις ελιές και τις αμυγδαλιές του, ποιοι οργανισμοί θα εξαφανιστούν και γιατί;

Απάντηση

Οι τροφικές αλυσίδες του οικοσυστήματος είναι:

- Ελιά Σκαθάρι Αράχνη Σαύρα Φίδι
- Ελιά Σκαθάρι Αράχνη Κοκκινολαίμης Καρακάξα Κουνάβι
- Ελιά Σκαθάρι Αράχνη Κοκκινολαίμης Κουνάβι
- Αμυγδαλιά Μελίγκρα Αράχνη Σαύρα Φίδι
- Αμυγδαλιά Μελίγκρα Αράχνη Κοκκινολαίμης Καρακάξα Κουνάβι

- | | | | | | |
|--------------|----------|------------|---------------|----------|---------|
| 6. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Αράχνη | Κοκκινολαίμης | Κουνάβι | |
| 7. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Πασχαλίτσα | Κοκκινολαίμης | Καρακάξα | Κουνάβι |
| 8. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Πασχαλίτσα | Κοκκινολαίμης | Κουνάβι | |
| 9. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Σπουργίτι | Κουνάβι | | |
| 10. Ραδίκι | Κάμπια | Σπουργίτι | Κουνάβι | | |

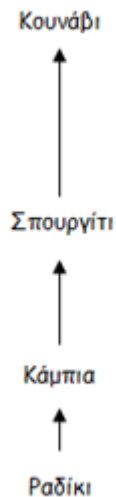
β. Σε μία τροφική αλυσίδα ή σε ένα τροφικό πλέγμα τα βέλη δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου - καταναλωτή. Επομένως το βέλος που ξεκινάει από την πασχαλίτσα και καταλήγει στον κοκκινολαίμη δείχνει ότι ο κοκκινολαίμης δέχεται ενέργεια από την πασχαλίτσα ή αλλιώς ότι ο κοκκινολαίμης τρέφεται με πασχαλίτσες.

γ. Κορυφαίοι καταναλωτές σε ένα οικοσύστημα είναι αυτοί που δεν καταναλώνονται από άλλον καταναλωτή. Το κουνάβι συμπεριφέρεται ως κορυφαίος καταναλωτής στις τροφικές αλυσίδες:

- | | | | | | |
|--------------|----------|------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. Ελιά | Σκαθάρι | Αράχνη | Κοκκινολαίμης | Καρακάξα | Κουνάβι |
| 2. Ελιά | Σκαθάρι | Αράχνη | Κοκκινολαίμης | Κουνάβι | |
| 3. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Αράχνη | Κοκκινολαίμης | Καρακάξα | Κουνάβι |
| 4. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Αράχνη | Κοκκινολαίμης | Κουνάβι | |
| 5. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Πασχαλίτσα | Κοκκινολαίμης | Καρακάξα | Κουνάβι |
| 6. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Πασχαλίτσα | Κοκκινολαίμης | Κουνάβι | |
| 7. Αμυγδαλιά | Μελίγκρα | Σπουργίτι | Κουνάβι | | |
| 8. Ραδίκι | Κάμπια | Σπουργίτι | Κουνάβι | | |

δ. Το σκαθάρι και η μελίγκρα (με τα οποία τρέφεται η αράχνη) δέχθηκαν ενέργεια μέσω της τροφής τους από την ελιά και την αμυγδαλιά αντίστοιχα, που αποτελούν τους παραγωγούς του οικοσυστήματος, δηλαδή τους οργανισμούς που δέσμευσαν σε χημικές ουσίες, μέσω της φωτοσύνθεσης, ενέργεια από τον ήλιο.

ε. Οι τροφικές σχέσεις των οργανισμών του οικοσυστήματος, μετά την εξαφάνιση της ελιάς και της αμυγδαλιάς περιγράφονται από την τροφική αλυσίδα:



Το ξερίζωμα της ελιάς και της αμυγδαλιάς θα προκαλέσει εξαφάνιση του σκαθαριού και της μελίγκρας που αντλούν την τροφή τους μόνο από τα αντίστοιχα δέντρα. Αυτό θα προκαλέσει εξαφάνιση της πασχαλίτσας η οποία τρέφεται αποκλειστικά με τη μελίγκρα αλλά και της αράχνης που τρέφεται με σκαθάρια και μελίγκρες. Θα προκαλέσει επίσης εξαφάνιση της σαύρας που τρέφεται μόνο με αράχνες, του κοκκινολαίμη που τρέφεται με πασχαλίτσες και αράχνες και τέλος εξαφάνιση των φιδιών και της καρακάζας που τρέφονται με σαύρες και κοκκινολαίμηδες αντίστοιχα.

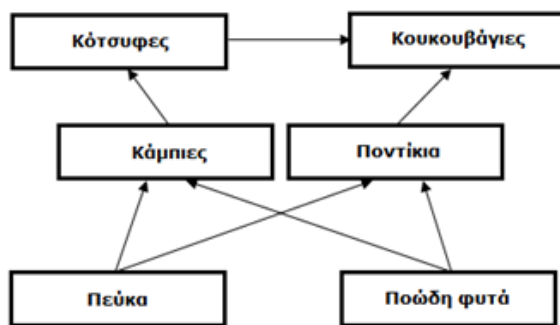
Ερώτηση 8.

Να σχεδιάσετε το τροφικό πλέγμα οικοσυστήματος του οποίου η βιοκοινότητα περιλαμβάνει τους ακόλουθους οργανισμούς:

- α. Πεύκα και ποώδη φυτά.
- β. Κάμπιες και ποντίκια που είναι φυτοφάγοι οργανισμοί.
- γ. Κότсуφες που τρέφονται αποκλειστικά με κάμπιες.
- δ. Κουκουβάγιες που τρέφονται με κότсуφες και ποντίκια.

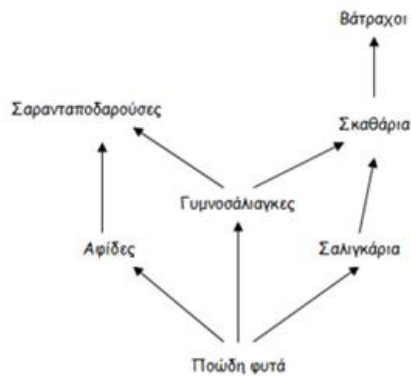
Απάντηση

Το τροφικό πλέγμα απεικονίζει το σύνολο των τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Σε μία τροφική αλυσίδα ή σε ένα τροφικό πλέγμα τα βέλη δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου - καταναλωτή. Σύμφωνα με τα δεδομένα της άσκησης το τροφικό πλέγμα του οικοσυστήματος θα έχει τη μορφή:



Ερώτηση 9.

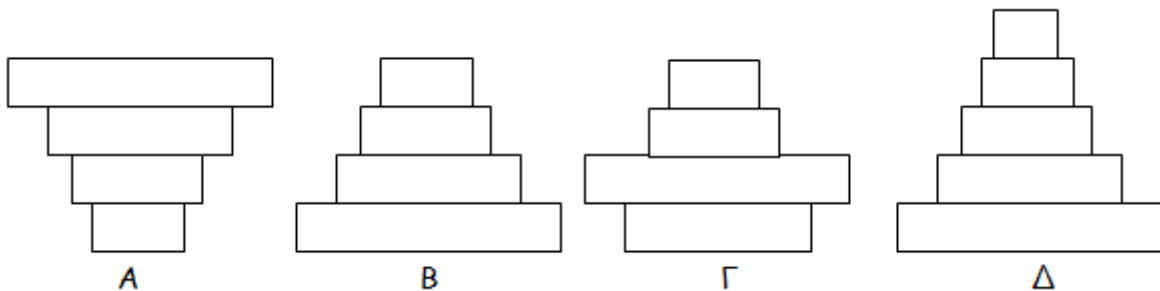
Χρησιμοποιώντας στοιχεία από το τροφικό πλέγμα που ακολουθεί και τον αντίστοιχο πίνακα:



Είδος	Μέγεθος πληθυσμού
Ποώδη φυτά	Εκατοντάδες
Αφίδες	Χιλιάδες
Σαλιγκάρια	80
Σκαθάρια	10
Γυμνοσάλιαγκες	30
Σαρανταποδαρούσες	20
Βάτραχοι	6

α. Να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα πληθυσμών των οργανισμών του οικοσυστήματος.

β. Να επιλέξετε από τις ακόλουθες επιλογές τη μορφή που θα έχει η πυραμίδα ενέργειας του οικοσυστήματος; Να εξηγήσετε την επιλογή σας.



γ. Εάν η ενέργεια που εμπεριέχεται στους βατράχους είναι 20 KJ να υπολογίσετε την ενέργεια που εμπεριέχεται στα ποώδη φυτά του οικοσυστήματος.

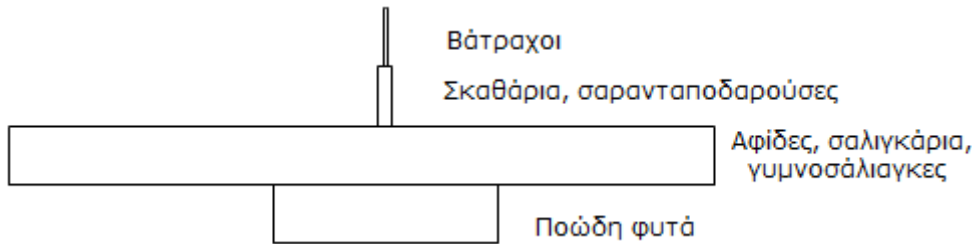
Απάντηση

α. Οι τροφικές αλυσίδες είναι:

1. Ποώδη φυτά -> Αφίδες -> Σαρανταποδαρούσες
2. Ποώδη φυτά -> Γυμνοσάλιαγκες -> Σαρανταποδαρούσες
3. Ποώδη φυτά -> Γυμνοσάλιαγκες -> Σκαθάρια -> Βάτραχοι
4. Ποώδη φυτά -> Σαλιγκάρια -> Σκαθάρια -> Βάτραχοι

Στο 1ο τροφικό επίπεδο κατατάσσονται τα ποώδη φυτά, στο 2ο οι αφίδες, οι γυμνοσάλιαγκες και τα σαλιγκάρια. Στο 3ο τροφικό επίπεδο ανήκουν οι σαρανταποδαρούσες και τα σκαθάρια ενώ στο 4ο τροφικό επίπεδο οι βάτραχοι.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα η τροφική πυραμίδα πληθυσμών θα έχει τη μορφή:



β. Οι οργανισμοί του οικοσυστήματος κατατάσσονται σε τέσσερα τροφικά επίπεδα, επομένως η πυραμίδα Δ δεν μπορεί να απεικονίζει την ενεργειακή κατάσταση του οικοσυστήματος. Δεδομένου ότι η ενέργεια εισάγεται στο οικοσύστημα από τους οργανισμούς του 1ου τροφικού επιπέδου και από αυτό, μεταφέρεται μέσω των τροφικών σχέσεων των οργανισμών στα ανώτερα τροφικά επίπεδα (με απώλειες της τάξης του 90% περίπου σε κάθε μεταφορά) θα πρέπει η ενέργεια του 1ου τροφικού επιπέδου να είναι η μεγαλύτερη, αμέσως μικρότερη η ενέργεια του 2ου τροφικού επιπέδου, να ακολουθεί η ενέργεια του 3ου επιπέδου και στο 4ο τροφικό επίπεδο να περικλείεται ένα μικρό μόνο μέρος της ενέργειας που εισήχθη αρχικά. Συνεπώς η πυραμίδα ενέργειας του οικοσυστήματος θα έχει τη μορφή της πυραμίδας Β.

γ. Η ενέργεια που εμπεριέχεται στους βατράχους είναι 20 KJ και δεδομένου ότι μόνο το 10% της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου μεταφέρεται στο επόμενο επίπεδο μπορεί να υπολογιστεί η ενέργεια στα υπόλοιπα τροφικά επίπεδα. Οι «απώλειες» ενέργειας κατά τη μεταφορά της κατά μήκος των τροφικών αλυσίδων οφείλονται στο ότι:

- Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.
- Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.
- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα, τα οποία αποικοδομούνται.

Επομένως όταν η ενέργεια του 4ου τροφικού επιπέδου (Βάτραχοι) είναι 20 KJ η ενέργεια του 3ου τροφικού επιπέδου θα είναι 200KJ (τα 20KJ αποτελούν το 10% της ενέργειας του προηγούμενου τροφικού επιπέδου: $E_{4ου\ επιπέδου} = 10/100 \cdot E_{3ου\ επιπέδου}$ και $E_{3ου\ επιπέδου} = 100/10 \cdot E_{4ου\ επιπέδου}$). Η ενέργεια δηλαδή του 2ου επιπέδου θα είναι 2.000 KJ και του 1ου 20.000 KJ.

Ερώτηση 10.

Οι παραγωγοί ενός οικοσυστήματος δέχονται ανά έτος $5 \cdot 10^6 \text{ kJ/m}^2$ και από αυτή δεσμεύουν, μέσω της φωτοσύνθεσης ενέργεια $6 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2$. Από την ενέργεια που δεσμεύσαν χρησιμοποιούνται $5 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2$ για την ανάπτυξή τους.

α. Τι ποσοστό της ενέργειας που δέχονται τα φυτά από τον ήλιο το δεσμεύουν με τη φωτοσύνθεση;

β. Να υπολογίσετε την ενέργεια που οι παραγωγοί του οικοσυστήματος επιστρέφουν στο περιβάλλον μέσω της κυτταρικής τους αναπνοής.

γ. Εάν το οικοσύστημα διαθέτει τρία επίπεδα καταναλωτών και οι οργανισμοί ενός τροφικού επιπέδου δέχονται τροφή μόνο από το προηγούμενο επίπεδο, να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα ενέργειας του οικοσυστήματος.

Απάντηση

α. Οι παραγωγοί δέχονται συνολικά $5 \cdot 10^6 \text{ kJ/m}^2$ και δεσμεύουν μέσω της φωτοσύνθεσης $6 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2$. Άρα γνωρίζουμε ότι τα $5 \cdot 10^6 \text{ kJ/m}^2$ αποτελούν το 100% της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται οι παραγωγοί και θέλουμε να βρούμε ποιο είναι το ποσοστό της ενέργειας που δεσμεύεται για τη φωτοσύνθεση.

$$\frac{5 \cdot 10^6 \text{ kJ/m}^2}{6 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2} = \frac{100}{x_1} \text{ και } \frac{100 \cdot 6 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2}{5 \cdot 10^6 \text{ kJ/m}^2} = 0,012 \text{ ή } 1,2\%.$$

Τα φυτά επομένως μπορούν να δεσμεύσουν μόνο ένα μικρό ποσοστό της ενέργειας που δέχονται από τον ήλιο.

β. Από τα $6 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2$ που δεσμεύουν μέσω της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιούν για την ανάπτυξη τους $5 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2$ ενώ την υπόλοιπη ενέργεια την απελευθερώνουν στο περιβάλλον μέσω κυτταρικής αναπνοής (τη χρησιμοποιούν για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών). Επομένως επιστρέφουν στο περιβάλλον $6 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2 - 5 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2 = 100 \text{ kJ/m}^2$.

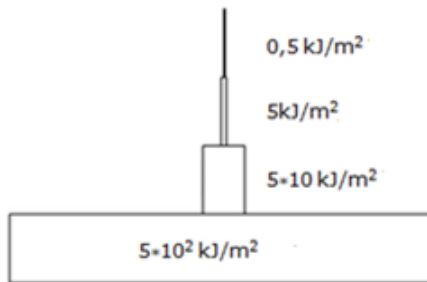
γ. Η ενέργεια του 1ου τροφικού επιπέδου (που είναι διαθέσιμη στους οργανισμούς του 2ου επιπέδου) είναι $5 \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^2$. Γνωρίζουμε ότι μόνο το 10% της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου μεταφέρεται στο επόμενο επίπεδο καθώς υπάρχουν «απώλειες» ενέργειας κατά τη μεταφορά της κατά μήκος των τροφικών αλυσίδων επειδή:

- Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.
- Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.

- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα, τα οποία αποικοδομούνται.

Η ενέργεια του 2ου τροφικού επιπέδου του οικοσυστήματος θα είναι επομένως
 $E_2 = 5 \cdot 10^2 \text{ kJ} / \text{m}^2 \cdot 10 / 100 = 5 \cdot 10 \text{ kJ} / \text{m}^2$, του 3ου τροφικού επιπέδου
 $E_3 = 5 \cdot 10 \text{ kJ} / \text{m}^2 \cdot 10 / 100 = 5 \text{ kJ} / \text{m}^2$ και του 4ου επιπέδου

$$E_4 = 5 \cdot 10^2 \text{ kJ} / \text{m}^2 \cdot 10 / 100 = 0,5 \cdot 10 \text{ kJ} / \text{m}^2 .$$



Ερώτηση 11.

Ένας πληθυσμός ανθρώπων τρέφεται κατά 50% σαν καταναλωτής πρώτης τάξης και κατά 50% σαν καταναλωτής δεύτερης τάξης (τρώει ίδια ποσότητα τροφής φυτικής και ζωικής προέλευσης). Ένας άλλος είναι αποκλειστικά καταναλωτής δεύτερης τάξης, ενώ άλλος αποκλειστικά καταναλωτής πρώτης τάξης. Αν η βιομάζα του ανθρώπινου πληθυσμού είναι 8.000 κιλά και στις τρεις περιπτώσεις, να βρεθεί σε κάθε περίπτωση η βιομάζα των παραγωγών.

Απάντηση

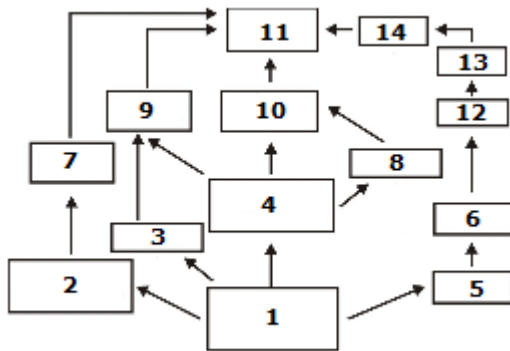
α. Στην περίπτωση του πληθυσμού των ανθρώπων που τρέφεται κατά 50% σαν καταναλωτής πρώτης τάξης και κατά 50% σαν καταναλωτής δεύτερης τάξης, τα 4.000 κιλά της συνολικής βιομάζας των 8.000 κιλών προέρχονται από την κατανάλωση τροφής φυτικής προέλευσης. Δεδομένου ότι μόνο το 10% της βιομάζας ενός τροφικού επιπέδου μεταφέρεται στο επόμενο, για την απόκτηση αυτής της βιομάζας οι άνθρωποι θα κατανάλωσαν 40.000 κιλά παραγωγών ($4.000 = E_{\pi 1} \cdot 10/100$ και $E_{\pi 1} = 40.000$ κιλά). Τα υπόλοιπα 4.000 κιλά του ίδιου πληθυσμού προέρχονται από την κατανάλωση φυτοφάγων ζώων βιομάζας ($4.000 = E_{\varphi} \cdot 10/100$ και $E_{\varphi} = 40.000$ κιλά) 40.000 κιλών. Για να αποκτήσουν τη βιομάζα των 40.000 κιλών αυτά τα φυτοφάγα ζώα κατανάλωσαν με τη σειρά τους 400.000 κιλά παραγωγών. Γνωρίζουμε ότι τα 40.000 κιλά της βιομάζας των φυτοφάγων ζώων αποτελούν το 10% της βιομάζας του προηγούμενου τροφικού επιπέδου δηλαδή: $40.000 = E_{\pi 2} \cdot 10/100$ και $E_{\pi 2} = 400.000$ κιλά. Επομένως η βιομάζα των παραγωγών που απαιτείται για τον πρώτο πληθυσμό των ανθρώπων είναι $40.000 + 400.000 = 440.000$ κιλά.

β. Στην περίπτωση του πληθυσμού που ο άνθρωπος είναι αποκλειστικά καταναλωτής δεύτερης τάξης, η βιομάζα του πληθυσμού που είναι 8.000 κιλά θα παραχθεί από κατανάλωση 80.000 κιλών καταναλωτών πρώτης τάξης που με τη σειρά τους έχουν κατανάλώσει 800.000 κιλά παραγωγών. Επομένως στην περίπτωση του πληθυσμού των ανθρώπων που είναι αποκλειστικά καταναλωτές δεύτερης τάξης η βιομάζα των παραγωγών που απαιτείται είναι 800.000 κιλά.

γ. Στην περίπτωση του πληθυσμού των ανθρώπων που είναι αποκλειστικά καταναλωτές πρώτης τάξης, τρέφονται δηλαδή αποκλειστικά με τροφές φυτικής προέλευσης, η βιομάζα των 8.000 κιλών προήλθε από κατανάλωση 80.000 κιλών παραγωγών. Στην περίπτωση αυτή η διαθέσιμη ενέργεια των παραγωγών μεταφέρεται κατευθείαν στον άνθρωπο (φυσικά με απώλειες της τάξης του 90%) χωρίς όμως τη μεσολάβηση άλλων οργανισμών γεγονός που θα προκαλούσε περαιτέρω ενεργειακές απώλειες. Επομένως, στην περίπτωση αυτή, η βιομάζα των παραγωγών που στηρίζει ενεργειακά τον ανθρώπινο πληθυσμό είναι 80.000 κιλά.

Ερώτηση 12.

Το τροφικό πλέγμα που ακολουθεί περιγράφει τις τροφικές σχέσεις των οργανισμών ενός υδάτινου οικοσυστήματος:



α. Ποιος αριθμός αντιστοιχεί στον πληθυσμό των διατόμων που είναι οι παραγωγοί του οικοσυστήματος;

β. Ποιες διαδοχικές επιπτώσεις αναμένεται να έχει η μείωση του πληθυσμού 6 στους πληθυσμούς 5, 1 και 2;

Απάντηση

α. Τα βέλη σε ένα τροφικό πλέγμα δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου-καταναλωτή. Επομένως παραγωγοί του οικοσυστήματος είναι αυτοί στους οποίους δεν καταλήγουν βέλη (παράγουν μόνοι τους τις χημικές ουσίες από τις οποίες εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωσή τους) και από τους οποίους ξεκινάνε βέλη προς άλλους πληθυσμούς (οι οποίοι παραλαμβάνουν με την τροφή τους τις χημικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών).

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν οι παραγωγοί του συγκεκριμένου υδάτινου οικοσυστήματος είναι τα άτομα του πληθυσμού 1.

β. Λόγω της μείωσης του πληθυσμού 6 αναμένεται να παρατηρηθεί αύξηση του πληθυσμού 5, ο οποίος αποτελεί την αποκλειστική τροφή του πληθυσμού 6 σύμφωνα με τα δεδομένα του τροφικού πλέγματος.

Ο πληθυσμός 5 όμως τρέφεται αποκλειστικά με τον πληθυσμό 1, επομένως η αύξησή του θα προκαλέσει μείωση του πληθυσμού 1, καθώς η αύξηση των ατόμων του πληθυσμού 5 θα προκαλέσει μεγαλύτερη κατανάλωση τροφής.

Η μείωση του πληθυσμού 1 σημαίνει μείωση της διαθέσιμης τροφής για τον πληθυσμό 2, αφού αυτός εξασφαλίζει την τροφή του αποκλειστικά από τον πληθυσμό 1. Επομένως θα παρατηρηθεί μείωση του πληθυσμού 2.

Ερώτηση 13.

Η βιοκοινότητα ενός υποθετικού οικοσυστήματος περιλαμβάνει τους πληθυσμούς Α, Β, Γ, Δ, Ε και Ζ οι οποίοι αποτελούν τροφική αλυσίδα.

ΕΙΔΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΟΜΩΝ	ΜΕΣΗ ΜΑΖΑ ΑΤΟΜΟΥ
Α	200	5 kg
Β	1.000	0,001 kg
Γ	4	2.500 kg
Δ	100.000	0,0001 kg
Ε	400	0,25 kg

α. Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα να κατατάξετε τους οργανισμούς σε τροφικά επίπεδα.

β. Να σχεδιάσετε τις τροφικές πυραμίδες ενέργειας και πληθυσμού του οικοσυστήματος, δεδομένου ότι σε κάθε κιλό βιομάζας εμπεριέχεται ενέργεια 40Kjoules.

Απάντηση

α. Για την κατάταξη των οργανισμών σε τροφικά επίπεδα θα χρησιμοποιήσουμε ως κριτήριο τη βιομάζα του πληθυσμού τους καθώς δεν δίνονται οι τροφικές σχέσεις των οργανισμών. Γνωρίζουμε ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο. Η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) εμφανίζεται και στη βιομάζα, 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. Επομένως οι οργανισμοί του πρώτου τροφικού επιπέδου (παραγωγοί) θα είναι αυτοί που ο πληθυσμός τους έχει τη μεγαλύτερη βιομάζα, καταναλωτές πρώτης τάξης αυτοί οι οργανισμοί που ο πληθυσμός τους έχει την αμέσως μικρότερη βιομάζα κ.ο.κ. Για τον υπολογισμό της βιομάζας κάθε τροφικού επιπέδου θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τον αριθμό των ατόμων κάθε είδους με το αντίστοιχο μέσο βάρος ανά άτομο:

ΕΙΔΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΟΜΩΝ	ΜΕΣΗ ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ ΑΤΟΜΟΥ (Μέσο Βάρος ανά άτομο)	ΒΙΟΜΑΖΑ
A	200	5 kg	$5 \cdot 200 = 1.000 \text{ kg}$
B	1.000	0,001 kg	$10.00 \cdot 0,001 = 1 \text{ kg}$
Γ	4	2.500 kg	$4 \cdot 2.500 = 10.000 \text{ kg}$
Δ	100.000	0,0001 kg	$100.000 \cdot 0,0001 = 10 \text{ kg}$
Ε	400	0,25 kg	$400 \cdot 0,25 = 100 \text{ kg}$

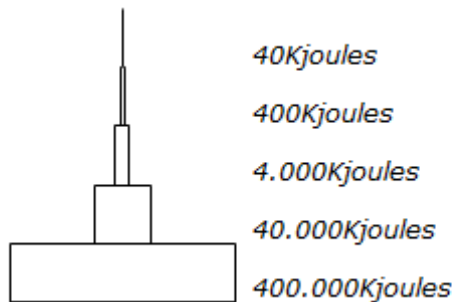
Σύμφωνα με τα παραπάνω η κατάταξη των οργανισμών σε τροφικά επίπεδα είναι η εξής:

ΕΙΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ	ΤΡΟΦΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ
B	1 kg	5ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές τέταρτης τάξης
Δ	10 kg	4ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές τρίτης τάξης
Ε	100 kg	3ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές δεύτερης τάξης
A	1.000 kg	2ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές πρώτης τάξης
Γ	10.000 kg	1ο τροφικό επίπεδο, παραγωγοί

Β. Μία 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 κάθε ορθογωνίου είναι ανάλογο της μεταβλητής (βιομάζα, ενέργεια ή αριθμός ατόμων) που απεικονίζεται στο συγκεκριμένο τροφικό επίπεδο.

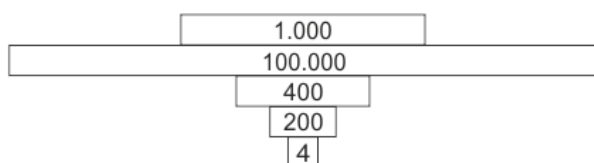
Προκειμένου να σχεδιάσουμε την τροφική πυραμίδα ενέργειας θα πρέπει να υπολογίσουμε την ενέργεια που εμπεριέχεται στη συνολική βιομάζα κάθε τροφικού επιπέδου.

ΕΙΔΟΣ	ΤΡΟΦΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΙΟΜΑΖΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
Β	5ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές τέταρτης τάξης	1 kg	$1 \cdot 40 = 40$ Kjoules
Δ	4ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές τρίτης τάξης	10 kg	$10 \cdot 40 = 400$ Kjoules
Ε	3ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές δεύτερης τάξης	100 kg	$100 \cdot 40 = 4.000$ Kjoules
Α	2ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές πρώτης τάξης	1.000 kg	$1.000 \cdot 40 = 40.000$ Kjoules
Γ	1ο τροφικό επίπεδο, παραγωγοί	10.000 kg	$10.000 \cdot 40 = 400.000$ Kjoules



Η τροφική πυραμίδα πληθυσμού θα απεικονίζει τον συνολικό αριθμό των ατόμων κάθε τροφικού επιπέδου και θα έχει τη μορφή:

ΕΙΔΟΣ	ΤΡΟΦΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΟΜΩΝ
Β	5ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές τέταρτης τάξης	1.000
Δ	4ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές τρίτης τάξης	100.000
Ε	3ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές δεύτερης τάξης	400
Α	2ο τροφικό επίπεδο, καταναλωτές πρώτης τάξης	200
Γ	1ο τροφικό επίπεδο, παραγωγοί	4



Τροφική πυραμίδα πληθυσμού

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

(Ερωτήσεις του κεφαλαίου άνθρωπος και περιβάλλον - σελ. 81 σχολικού βιβλίου)

Ερώτηση 1.

Δύο κτηνοτρόφοι έχουν από ένα κοπάδι 100 προβάτων ο καθένας και τα πηγαίνουν για βοσκή σε διαφορετικούς βοσκότοπους. Ο πρώτος χρησιμοποιεί για βοσκότοπο μια ερημοποιημένη περιοχή της οποίας η πρωτογενής παραγωγικότητα είναι 500 g/m^2 στους έξι μήνες και ο δεύτερος χρησιμοποιεί για βοσκότοπο μια περιοχή κοντά στο δέλτα ενός ποταμού, με πρωτογενή παραγωγικότητα 2500 g/m^2 στους έξι μήνες. Όλα τα πρόβατα στο διάστημα των έξι μηνών παρουσίασαν την ίδια ανάπτυξη.

- Ποιο από τα δύο βοσκοτόπια έχει μεγαλύτερη έκταση και κατά πόσο;
- Αν οι δύο κτηνοτρόφοι χρησιμοποιήσουν για τη βοσκή των προβάτων τους ίσες εκτάσεις των βοσκοτόπων τους, ποιος από τους δύο θα έχει μετά από έξι μήνες πρόβατα με μεγαλύτερο βάρος;

Απάντηση

a. Η ποσότητα της οργανικής ύλης που συνθέτουν οι οργανισμοί εξαρτάται από την ποσότητα της τροφής που προσλαμβάνουν. Επειδή όλα τα πρόβατα παρουσίασαν την ίδια ανάπτυξη, στο διάστημα των έξι μηνών, θα πρέπει στο διάστημα αυτό να κατανάλωσαν την ίδια ποσότητα τροφής. Η αύξηση της βιομάζας (δηλαδή της ξηρής μάζας ανά μονάδα επιφάνειας) των παραγωγών, στο διάστημα των έξι μηνών, στην περιοχή του δέλτα του ποταμού είναι πενταπλάσια από αυτή στην ερημοποιημένη περιοχή. Επομένως για να παράγουν οι δύο βοσκότοποι την ίδια ποσότητα τροφής θα πρέπει η έκταση E_1 του πρώτου (ερημοποιημένη περιοχή) να είναι πενταπλάσια της έκτασης E_2 του δεύτερου.

Δηλαδή:

$B_1 = (500 \cdot E_1) \text{ gr}$ (όπου B_1 η συνολική βιομάζα των παραγωγών στην ερημοποιημένη περιοχή)

$$B_2 = (2500 \cdot E_2) \text{ gr}$$

(όπου B_2 η συνολική βιομάζα των παραγωγών στο δέλτα του ποταμού)
Αφού η ποσότητα τροφής πρέπει να είναι ίδια θα έχω:

$$B_1 = B_2 \quad \text{δηλαδή} \quad 500 E_1 \text{ gr} = 2500 E_2 \text{ gr} \quad \text{δηλαδή} \quad E_1 = 5 \cdot E_2$$

b. Ο κτηνοτρόφος, ο οποίος θα έχει μετά από έξι μήνες πρόβατα με μεγαλύτερο βάρος, αν χρησιμοποιήσουν για τη βοσκή των προβάτων ίσες εκτάσεις των βοσκοτόπων τους θα είναι ο δεύτερος. Στο διάστημα των έξι μηνών οι παραγωγοί του δεύτερου βοσκότοπου θα παράγουν πενταπλάσια ποσότητα οργανικής ύλης από

τον πρώτο βοσκότοπο και κατά συνέπεια τα πρόβατα θα έχουν στον δεύτερο βοσκότοπο πενταπλάσια τροφή από αυτή που θα έχουν τα πρόβατα του πρώτου βοσκότοπου στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Δηλαδή:

$$E_1 = E_2 \text{ δηλαδή } \frac{B_1}{500} gr = \frac{B_2}{2500} gr \text{ δηλαδή } B_1 = \frac{B_2}{5}.$$

$$\text{Άρα } B_2 = 5 \cdot B_1$$

Ερώτηση 2.

Έστω ότι σε μια λίμνη ισχύει η τροφική αλυσίδα:

φυτοπλαγκτόν $\rightarrow$ ζωοπλαγκτόν $\rightarrow$ μεγάλα ψάρια $\rightarrow$ υδρόβια πτηνά.
 Όλοι οι οργανισμοί κάθε τροφικού επιπέδου τρέφονται αποκλειστικά με οργανισμούς του προηγούμενου τροφικού επιπέδου. Εάν η βιομάζα των μικρών ψαριών είναι $5 \times 10^4 \text{ Kg}$ και η ενέργεια που εμπεριέχεται στο φυτοπλαγκτόν είναι 40 KJoules/Kg φυτοπλαγκτού:

- Να υπολογιστεί η βιομάζα των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων και να σχεδιαστεί η αντίστοιχη τροφική πυραμίδα.
- Να υπολογιστεί η ενέργεια που εμπεριέχεται σε κάθε τροφικό επίπεδο και να σχεδιαστεί η αντίστοιχη τροφική πυραμίδα.
- Με δεδομένο ότι το μέσο βάρος ενός πτηνού είναι $2,5 \text{ Kg}$, να υπολογιστεί ο αριθμός των υδρόβιων πτηνών που μπορούν να εξασφαλίσουν την τροφή τους μέσω αυτής της τροφικής αλυσίδας.

Απάντηση

α. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Σε γενικές γραμμές, 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.

Εάν η βιομάζα των μικρών ψαριών είναι $B_{\psi} = 5 \cdot 10^4 \text{ kg}$, τότε:

Η βιομάζα του ζωοπλαγκτού (Bζ) θα είναι $B_{\psi} = \frac{10}{100 \cdot B_{\zeta}}$

$$\text{και } B_{\zeta} = \frac{100}{10 \cdot 5 \cdot 10^4} \text{ kg} = 5 \cdot 10^5 \text{ kg} .$$

Η βιομάζα του φυτοπλαγκτού (Bφ) θα

$$\text{είναι } B_{\zeta} = \frac{10}{100} \cdot B_{\phi} \text{ και } B_{\phi} = \frac{100}{10 \cdot 5 \cdot 10^5} \text{ kg} = 5 \cdot 10^6 \text{ kg} .$$

Η βιομάζα των μεγάλων ψαριών (Bμψ) θα

$$\text{είναι } B_{\mu\psi} = \frac{10}{100 \cdot B_{\psi}} = \frac{10}{100 \cdot 5 \cdot 10^4} \text{ kg} = 5 \cdot 10^3 \text{ kg} .$$

Η βιομάζα των υδρόβιων πτηνών (Bυπ) θα

$$\text{είναι } B_{\nu\pi} = \frac{10}{100 \cdot B_{\mu\psi}} = \frac{10}{100 \cdot 5 \cdot 10^3} \text{ kg} = 5 \cdot 10^2 \text{ kg} .$$

Η τροφική πυραμίδα βιομάζας του οικοσυστήματος είναι:



β. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η βιομάζα του φυτοπλαγκτού (Βφ) είναι $5 \cdot 10^6$ kg και ότι η ενέργεια που εμπεριέχεται στο φυτοπλαγκτόν είναι 40 KJoules/Kg φυτοπλαγκτού, η ενέργεια του τροφικού επιπέδου του φυτοπλαγκτού

είναι: $E_{\varphi} = 5 \cdot 10^6 \cdot 40 = 2 \cdot 10^8$ KJoules. Επειδή μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, η ενέργεια των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων θα είναι: Η ενέργεια του δεύτερου τροφικού επιπέδου (Εζ) θα

$$\text{είναι } B_{\varphi} = \frac{10}{100 \cdot E_{\varphi}} = \frac{10}{100 \cdot 2 \cdot 10^8} \text{ KJoules} = 2 \cdot 10^7 \text{ KJoules} .$$

Η ενέργεια του τρίτου τροφικού επιπέδου (Εψ) θα

$$\text{είναι } E_{\psi} = \frac{10}{100 \cdot E_{\varphi}} = \frac{10}{100 \cdot 2 \cdot 10^7} \text{ KJoules} = 2 \cdot 10^6 \text{ KJoules} .$$

Η ενέργεια του τρίτου τροφικού επιπέδου (Εμψ) θα

$$\text{είναι } E_{\mu\psi} = \frac{10}{100 \cdot E_{\psi}} = \frac{10}{100 \cdot 2 \cdot 10^6} \text{ KJoules} = 2 \cdot 10^5 \text{ KJoules} .$$

Η ενέργεια του τέταρτου τροφικού επιπέδου (Ευπ) θα

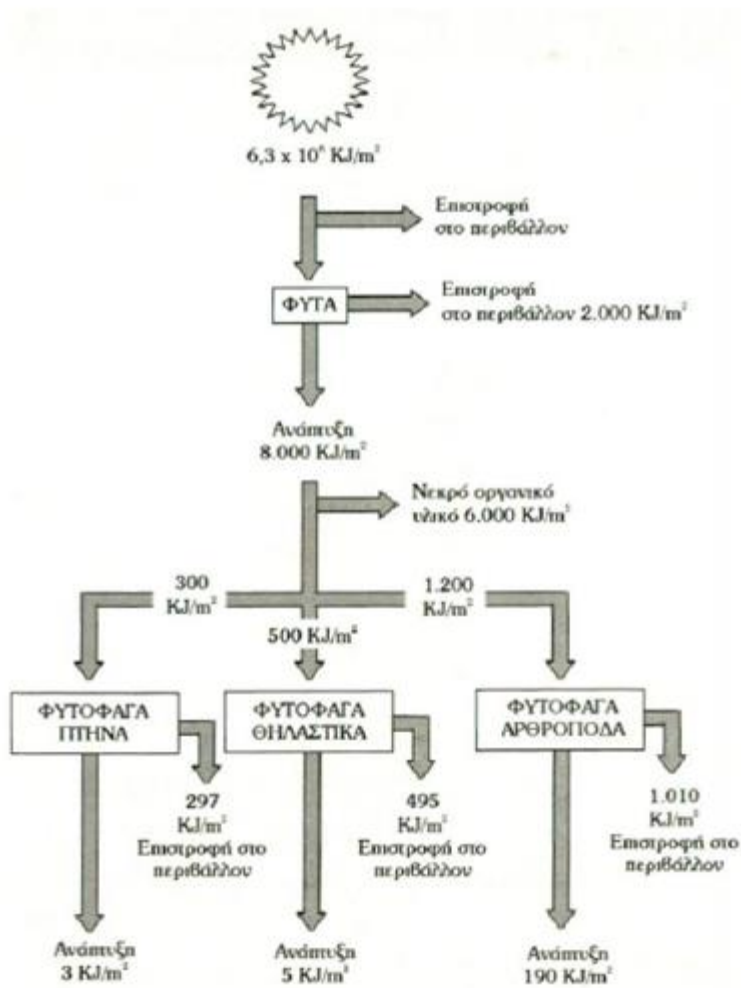
$$\text{είναι } B_{\nu\pi} = \frac{10}{100 \cdot B_{\mu\psi}} = \frac{10}{100 \cdot 2 \cdot 10^5} \text{ KJoules} = 2 \cdot 10^4 \text{ KJoules} .$$

Η τροφική πυραμίδα ενέργειας του οικοσυστήματος είναι:



c. Στο (α) ερώτημα υπολογίσαμε ότι η βιομάζα των υδρόβιων πτηνών είναι $B_{\nu\pi} = 5 \cdot 10^2 \text{ kg}$. Εφόσον το μέσο βάρος ενός πτηνού είναι 2,5 kg, τότε ο αριθμός των υδρόβιων πτηνών που μπορούν να εξασφαλίσουν την τροφή τους μέσω της συγκεκριμένης τροφικής αλυσίδας είναι: $\frac{5 \cdot 10^2 \text{ kg}}{2,5 \text{ kg}} = 200$ υδρόβια πτηνά.

Ερώτηση 3.



- Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες του διαγράμματος να απαντήσετε στις ερωτήσεις:
- Τι ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτά από τον ήλιο το δεσμεύουν με τη φωτοσύνθεση;
 - Ποια είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά επιστρέφουν στο περιβάλλον τους 2.000 KJ/m^2 ;
 - Τι ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτοφάγα πτηνά από τα φυτά το επιστρέφουν στο περιβάλλον τους;
 - Τι ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο ενσωματώνεται στους ιστούς των φυτοφάγων πτηνών;
 - Τι ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο τα φυτοφάγα αρθρόποδα το επιστρέφουν στο περιβάλλον;

Απάντηση

α. Η ενέργεια που δεσμεύουν τα φυτά από τον ήλιο, μέσω της φωτοσύνθεσης, αποθηκεύεται σε μόρια γλυκόζης και άλλων υδατανθράκων. Ένα μέρος της ενέργειας αυτής χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και τελικά απελευθερώνεται ως θερμότητα ενώ η υπόλοιπη χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη. Επομένως η ενέργεια που συνολικά δεσμεύουν τα φυτά από τον ήλιο είναι το άθροισμα της ενέργειας που απελευθερώνεται ως θερμότητα και της ενέργειας που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη, δηλαδή: $2000 + 8000 = 10.000 \frac{KJ}{m^2}$.

Επομένως το ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτά από τον ήλιο το δεσμεύουν με τη φωτοσύνθεση είναι $\frac{100 \cdot 10.000}{6,3 \cdot 10^6} \approx 0,16\%$.

β. Η διαδικασία με την οποία τα φυτά επιστρέφουν στο περιβάλλον τους 2.000 KJ/m^2 είναι η κυτταρική αναπνοή.

γ. Σύμφωνα με το διάγραμμα τα φυτοφάγα πτηνά δέχονται από τα φυτά 300 KJ/m^2 . Από αυτά επιστρέφουν στο περιβάλλον τους 297 KJ/m^2 . Επομένως το ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτοφάγα πτηνά από τα φυτά και το επιστρέφουν στο περιβάλλον τους είναι: $297 \cdot \frac{100}{300} = 99\%$.

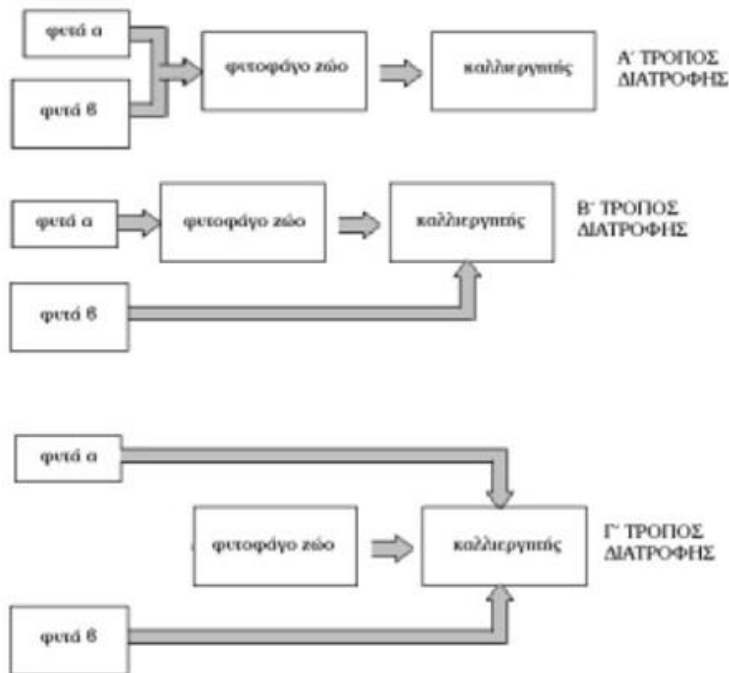
δ. Σύμφωνα με το διάγραμμα, τα φυτοφάγα πτηνά ενσωματώνουν στους ιστούς τους (ανάπτυξη) 3 KJ/m^2 . Επομένως, το ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο και ενσωματώνεται στους ιστούς των φυτοφάγων πτηνών είναι:

$$\frac{3 \cdot 100}{6,3 \cdot 10^6} = 4,7 \cdot 10^{-5}.$$

ε. Σύμφωνα με το διάγραμμα, τα φυτοφάγα αρθρόποδα το επιστρέφουν στο περιβάλλον 1.010 KJ/m^2 . Επομένως το ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο και επιστρέφουν τα φυτοφάγα αρθρόποδα στο περιβάλλον είναι:

$$\frac{1.010 \cdot 100}{6,3 \cdot 10^6} = 0,016\%.$$

Ερώτηση 4.



Ο καλλιεργητής ενός αγροκτήματος ασχολείται με την καλλιέργεια δύο φυτικών ειδών και την εκτροφή ενός ζωικού είδους που είναι φυτοφάγο. Ποιος από τους εικονιζόμενους τρόπους διατροφής είναι ο λιγότερο και ποιος ο περισσότερο αποδοτικός από ενεργειακή άποψη και γιατί;

Απάντηση

Η ενέργεια, με τη μορφή της χημικής ενέργειας που εμπεριέχεται στην τροφή των οργανισμών, περνάει από το κατώτερο τροφικό επίπεδο (των παραγωγών) στο ανώτερο. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Αυτό οφείλεται στο ότι:

- Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.
- Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.
- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα, τα οποία αποικοδομούνται.

Επομένως, όσο λιγότερα τροφικά επίπεδα μεσολαβούν μεταξύ ενός καταναλωτή και του τροφικού επιπέδου των παραγωγών, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας αξιοποιείται από αυτόν για την αύξηση της βιομάζας του, αφού περιορίζονται οι ενδιάμεσες μεταφορές (βιομάζας και ενέργειας) με αποτέλεσμα να υπάρχουν οι λιγότερες δυνατές

απώλειες.

Α΄ τρόπος διατροφής: Αν τα φυτοφάγα ζώα περιέχουν ενέργεια γ KJ και τα φυτά περιέχουν ενέργεια α KJ και β KJ, τα φυτοφάγα ζώα που θα τα καταναλώσουν θα αυξήσουν τη βιομάζα τους ενσωματώνοντας σε αυτή ενέργεια $\frac{\alpha + \beta}{10}$ KJ. Με τη σειρά

του ο καλλιεργητής καταναλώνοντας τα φυτοφάγα ζώα θα αυξήσει τη βιομάζα του ενσωματώνοντας σε αυτή ενέργεια:

$$E_{\alpha} = \frac{1}{10}\gamma + \frac{1}{10}\left(\alpha + \frac{\beta}{10}\right) KJ = \frac{(10\alpha + \beta + \gamma)}{100} KJ .$$

Β΄ τρόπος διατροφής: Αν τα φυτοφάγα ζώα περιέχουν ενέργεια γ KJ και τα φυτά περιέχουν ενέργεια α KJ και β KJ, τα φυτοφάγα ζώα που θα καταναλώσουν το φυτό α θα αυξήσουν τη βιομάζα τους ενσωματώνοντας σε αυτή ενέργεια $\alpha/10$ KJ. Με τη σειρά του ο καλλιεργητής καταναλώνοντας τα φυτοφάγα ζώα και τα φυτά β θα αυξήσει τη βιομάζα του ενσωματώνοντας σε αυτή ενέργεια:

$$E_{\beta} = \frac{1}{10}\gamma + \frac{1}{10}\beta + \frac{1}{100}\alpha KJ = \frac{(\alpha + 10\beta + 10\gamma)}{100} KJ .$$

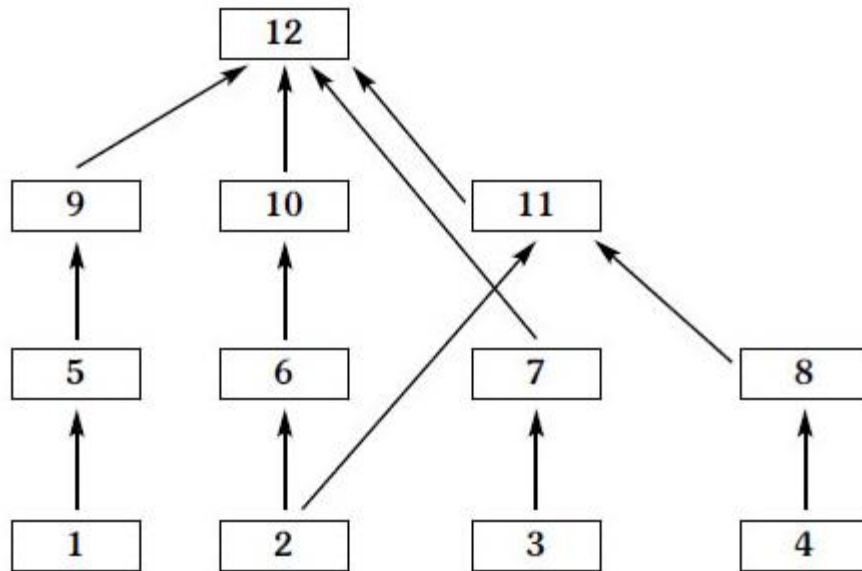
Γ΄ τρόπος διατροφής: Αν τα φυτοφάγα ζώα περιέχουν ενέργεια γ KJ και τα φυτά περιέχουν ενέργεια α KJ και β KJ, καταναλώνοντας ο καλλιεργητής τα φυτά και τα φυτοφάγα ζώα θα αυξήσει τη βιομάζα του ενσωματώνοντας σε αυτή ενέργεια:

$$E_{\gamma} = \frac{1}{10}\gamma + \frac{1}{10}\beta + \frac{1}{10}\alpha KJ = \frac{(10\alpha + 10\beta + 10\gamma)}{100} KJ$$

Επειδή $E_{\gamma} > E_{\beta} > E_{\alpha}$, διαπιστώνουμε ότι ο περισσότερο αποδοτικός, από ενεργειακή άποψη, τρόπος διατροφής είναι ο (Γ΄), όπου ο καλλιεργητής τρέφεται απευθείας από τα φυτά (α) και (β) και το φυτοφάγο ζώο. Αντίθετα ο λιγότερο αποδοτικός, από ενεργειακή άποψη, τρόπος διατροφής θα είναι ο (Α΄), όπου ο καλλιεργητής χάνει ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που θα μπορούσε να αξιοποιήσει από τα φυτά (α) και (β), αφού μεσολαβούν τα φυτοφάγα ζώα.

Ερώτηση 5.

Στην εικόνα παρουσιάζονται οι τροφικές σχέσεις σε ένα οικοσύστημα. Αν οι οργανισμοί 1, 2, 3, 4 αντιπροσωπεύουν παραγωγούς και όλοι οι υπόλοιποι καταναλωτές, να απαντήσετε στις ερωτήσεις:



- Τι ονομάζουμε τροφική αλυσίδα, τι τροφικό πλέγμα και τι τροφικό επίπεδο;
- Πόσες διαφορετικές τροφικές αλυσίδες διαπιστώνετε ότι υπάρχουν στο οικοσύστημα;
- Ποιος είναι ο κορυφαίος καταναλωτής του οικοσυστήματος;
- Ποιος από τους οργανισμούς του οικοσυστήματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 2ης και ως καταναλωτής 1ης τάξης; Ποιος οργανισμός είναι η τροφή του σε κάθε περίπτωση;
- Ποιοι από τους καταναλωτές του οικοσυστήματος αναμένετε να είναι οι μεγαλύτεροι σε βιομάζα και γιατί;
- Ποιος από τους οργανισμούς του οικοσυστήματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 3ης και ως καταναλωτής 2ης τάξης; Ποιος οργανισμός είναι η τροφή του σε κάθε περίπτωση;
- Με ποιους άλλους οργανισμούς ο οργανισμός της ερώτησης (στ) ανήκει στο ίδιο τροφικό επίπεδο, όταν συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 2ης τάξης;
- Ποια από τις έννοιες, η τροφική αλυσίδα ή το τροφικό πλέγμα, είναι πλησιέστερη προς την πραγματικότητα που υπάρχει στα φυσικά οικοσυστήματα και γιατί;
- Αν εξαφανιστεί ο οργανισμός 2, ποιοι οργανισμοί θα επηρεαστούν τροφικά και γιατί;
- Ποιοι από τους οργανισμούς της ερώτησης (θ) θα επηρεαστούν περισσότερο και γιατί;

Απάντηση

α. **Τροφική αλυσίδα:** 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.

Τροφικό πλέγμα: Το δίκτυο που απεικονίζει το σύνολο των ποιοτικών τροφικών σχέσεων (δηλαδή το σύνολο των τροφικών αλυσίδων) μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών ενός οικοσυστήματος ανάλογα με την εποχή και την ηλικία τους ή το στάδιο της ζωής τους.

Τροφικό επίπεδο: 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.

β. Στο οικοσύστημα υπάρχουν πέντε διαφορετικές τροφικές αλυσίδες:

<u>Αλυσίδα</u>	<u>παραγωγός</u>		<u>καταναλωτής</u> <u>1ης τάξης</u>		<u>καταναλωτής</u> <u>2ης τάξης</u>		<u>καταναλωτής</u> <u>3ης τάξης</u>
I	1	→	5	→	9	→	12
II	2	→	6	→	10	→	12
III	2	→	11	→	12		
IV	3	→	7	→	12		
V	4	→	8	→	11	→	12

- c. Κορυφαίοι καταναλωτές είναι οι οργανισμοί μιας τροφικής αλυσίδας οι οποίοι δεν αποτελούν τροφή κάποιων άλλων. Επομένως ο κορυφαίος καταναλωτής του οικοσυστήματος είναι ο 12.
- d. Ο οργανισμός που συμπεριφέρεται ταυτόχρονα ως καταναλωτής 2ης τάξης και ως καταναλωτής 1ης τάξης είναι ο 11. Στην τροφική αλυσίδα $4 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 12$ τρέφεται με τον οργανισμό 8 (συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 2ης τάξης), ενώ στην τροφική αλυσίδα $2 \rightarrow 11 \rightarrow 12$ τρέφεται με τον οργανισμό 2 (συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 1ης τάξης).
- e. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Σε γενικές γραμμές, 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 προηγούμενο του, είναι λογικό να μειώνεται και η ποσότητα της οργανικής ύλης που μπορούν να συνθέσουν οι οργανισμοί του και συνεπώς μειώνεται η βιομάζα του. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, από τους καταναλωτές του οικοσυστήματος μεγαλύτεροι σε βιομάζα αναμένεται να είναι οι καταναλωτές 1ης τάξης. Η βιομάζα τους είναι το 10% της βιομάζας των παραγωγών, ενώ η βιομάζα των καταναλωτών 2ης τάξης είναι το 1% της βιομάζας των παραγωγών και των καταναλωτών 3ης τάξης το 0,1 της βιομάζας των παραγωγών.
- f. Ο οργανισμός που συμπεριφέρεται ταυτόχρονα ως καταναλωτής 2ης τάξης και ως καταναλωτής 3ης τάξης είναι ο 12. Στις τροφικές αλυσίδες ($1 \rightarrow \dots, 9 \rightarrow 12$), ($2 \rightarrow 6 \rightarrow 10 \rightarrow 12$) και ($4 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 12$) συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 3ης τάξης και τρέφεται με τους οργανισμούς 9 και 11 αντίστοιχα, ενώ στις τροφικές αλυσίδες ($2 \rightarrow 11 \rightarrow 12$) και ($3 \rightarrow 7 \rightarrow 12$) συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 2ης τάξης και τρέφεται με τους οργανισμούς 11 και 7, αντίστοιχα.
- g. Ο οργανισμός 12, όταν συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 2ης τάξης, ανήκει στο ίδιο τροφικό επίπεδο με ποιους οργανισμούς 9, 10 και 11.
- h. Στα φυσικά οικοσυστήματα, ένα είδος οργανισμού δεν εξασφαλίζει την τροφή του μόνο από ένα άλλο είδος ούτε αποτελεί τροφή μόνο για ένα είδος. Οι τροφικές σχέσεις επομένως των οργανισμών δεν μπορούν να απεικονιστούν με μεμονωμένες τροφικές αλυσίδες. Προκειμένου να απεικονίσουμε τις τροφικές σχέσεις που ανατάσσουν οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος περισσότερο ρεαλιστικά, χρησιμοποιούμε το τροφικό πλέγμα, με το οποίο δηλώνονται οι διαφορετικές πηγές από τις οποίες τρέφεται κάθε οργανισμός σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα.
- i. Αν εξαφανιστεί ο οργανισμός 2, θα επηρεαστούν τροφικά οι οργανισμοί 6, 10, 11 και 12, οι οποίοι περιλαμβάνονται στις ίδιες τροφικές αλυσίδες ($2 \rightarrow 6 \rightarrow 10 \rightarrow 12$ και $2 \rightarrow 11 \rightarrow 12$) με τον 2.