



**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ &
ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ,
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

Κωνσταντίνος Φειδάντσης
Βιολόγος, MSc, PhD

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΟΙΚΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ



Βόλος, 2019

Biochemical Adaptation

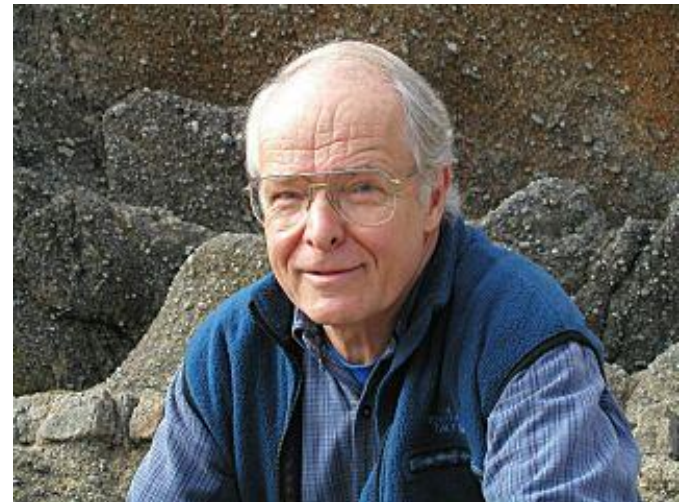
MECHANISM AND PROCESS IN PHYSIOLOGICAL EVOLUTION



Peter W. Hochachka
George N. Somero



Peter W. Hochachka



George N. Somero

Σχεδιάγραμμα Μαθήματος

Εισαγωγή:

1. το φυσικό περιβάλλον
2. κλιματικές και μικροκλιματικές συνθήκες
3. φυσική επιλογή και βιογεωγραφικές κατανομές των πληθυσμών
4. προσαρμογή και εγκλιματισμός
5. φυσιολογία και φαινοτυπική πλαστικότητα στις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών

Περιβάλλον και θερμικές σχέσεις:

1. θερμικός εγκλιματισμός, ρύθμιση θερμοκρασίας (βασικά στοιχεία της ανταλλαγής θερμότητας, εξωθερμία και ενδοθερμία)
2. ζωή στο ψύχος - αποφυγή και ανοχή ψύξης σε εξώθερμους οργανισμούς, χαμηλές θερμοκρασίες και ενδόθερμοι οργανισμοί
3. ζωή σε έρημους, ισορροπία νερού και ιόντων

Περιβάλλοντα χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου: φυσιολογία κατάδυσης, οικοσυστήματα βαθιών θαλασσών, ζωή στις σπηλιές

Τρόφιμα και βιοενέργεια:

1. περιβαλλοντικές διαφορές και στρατηγικές διατροφής
2. εξέλιξη μεταβολικών οδών, περιβάλλον και μεταβολικά πρότυπα

Αναπαραγωγή:

1. περιβάλλον και αναπαραγωγικές στρατηγικές
2. φυσιολογικές διαφορές

Αξιολόγηση - Βαθμολόγηση

- **Βαθμός γραπτών εξετάσεων στη θεωρία (B.Θ.)**
- **Την τελευταία εβδομάδα των μαθημάτων παράδοση (σε μορφή word) και παρουσίαση (σε μορφή power point) ανατιθέμενων εργασιών. Αξιολόγηση της κάθε εργασίας με βάση τη συνάφεια του ανατιθέμενου θέματος και τον τρόπο της παρουσίασης. Το θέμα της κάθε εργασίας ανατίθεται ατομικά ή ομαδικά ανάλογα με τον αριθμό των φοιτητών που έχουν επιλέξει το συγκεκριμένο μάθημα (B.E).**
- **Τελικός βαθμός = 60% B.Θ. + 40% B.E.**

ΟΙΚΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

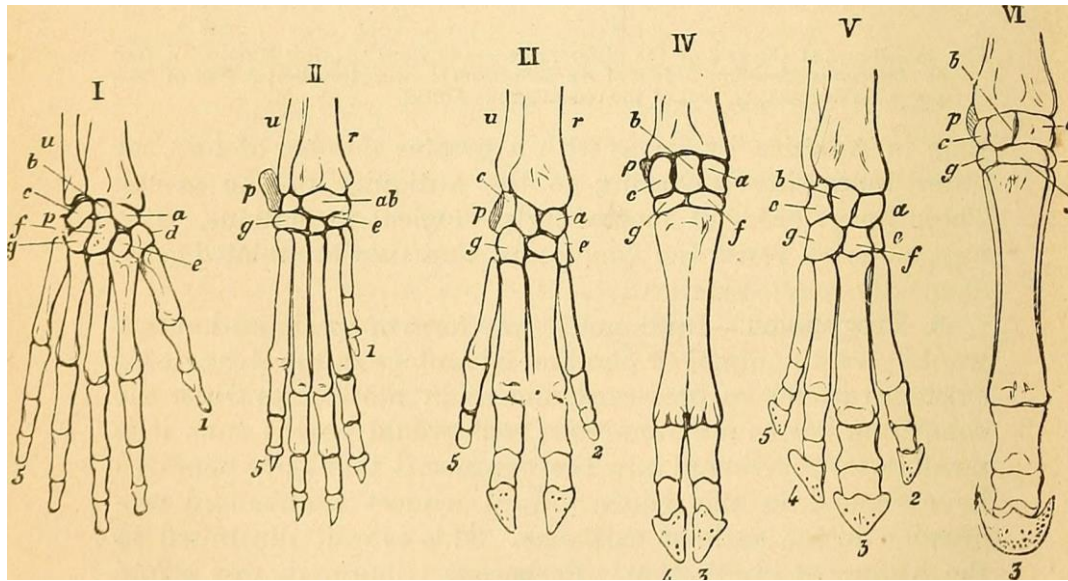


Η περιβαλλοντική φυσιολογία ή οικοφυσιολογία (από την ελληνική οίκος & φύσις – προέλευση) είναι η επιστήμη της βιολογίας που μελετά την προσαρμογή της φυσιολογίας του οργανισμού σε περιβαλλοντικές συνθήκες

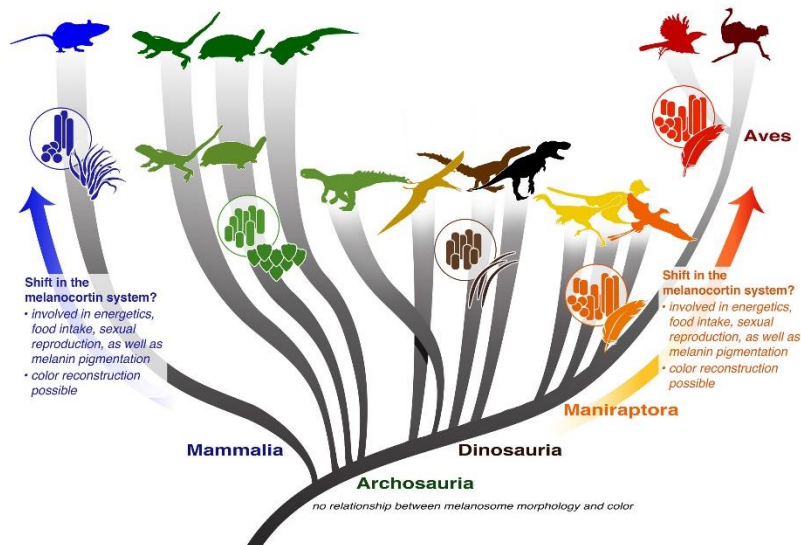


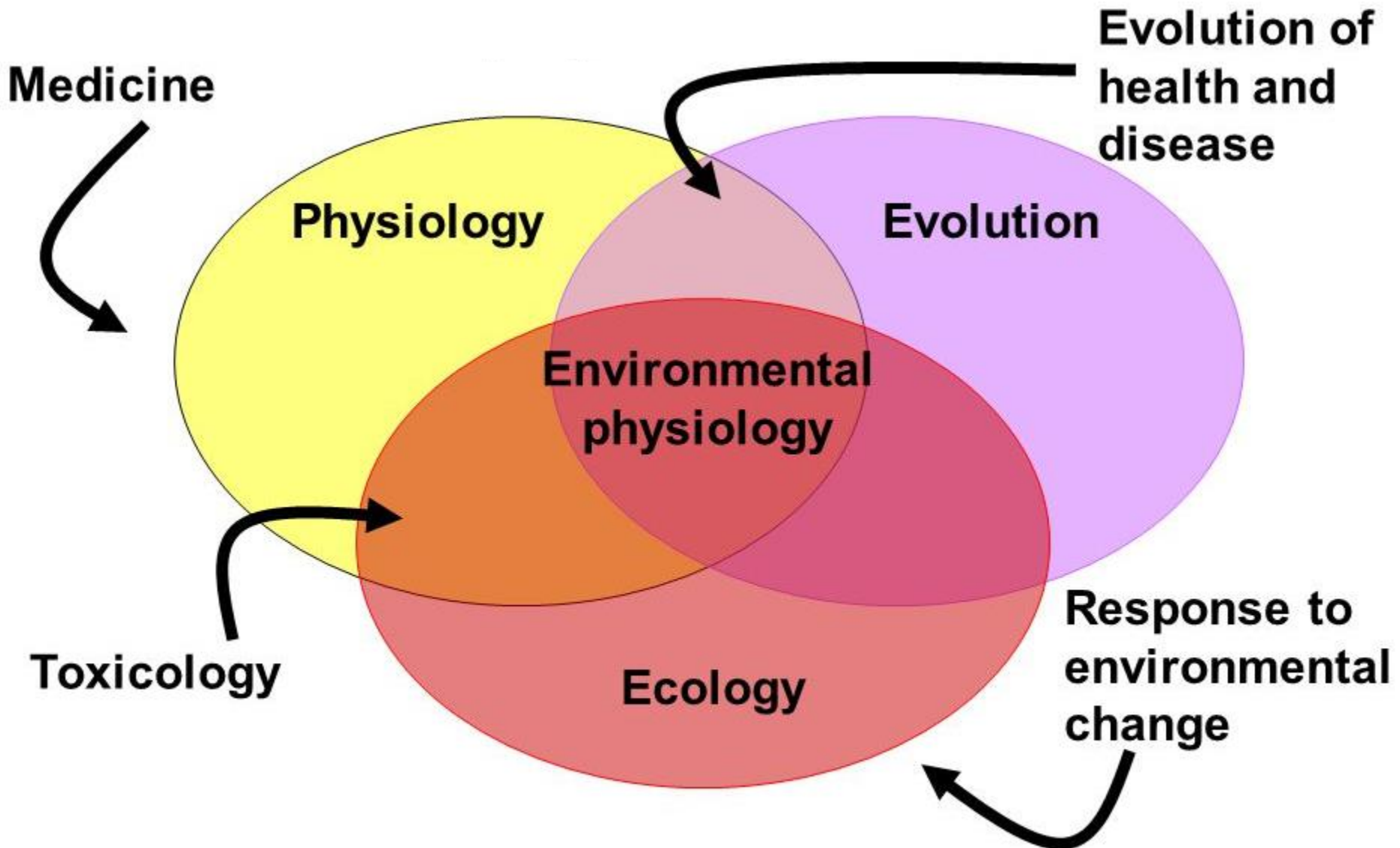
ΟΙΚΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Είναι στενά συνδεδεμένη με τη:
συγκριτική φυσιολογία και την



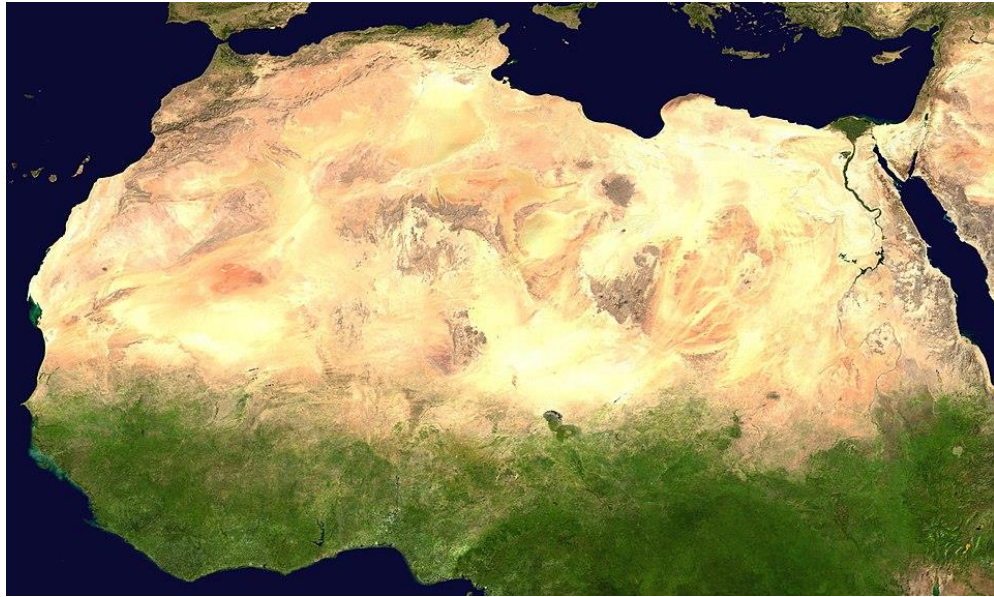
εξελικτική φυσιολογία





ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το φυσικό περιβάλλον περιλαμβάνει όλα τα **ζωντανά** και **μη ζωντανά στοιχεία** που απαντώνται φυσικά (όχι τεχνητά). Ο όρος εφαρμόζεται συνήθως στη Γη ή σε ορισμένα μέρη της Γης. Το περιβάλλον περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση όλων των ζωντανών ειδών, του κλίματος, του καιρού και των φυσικών πόρων που επηρεάζουν την ανθρώπινη επιβίωση και την οικονομική δραστηριότητα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

η έννοια του φυσικού περιβάλλοντος μπορεί να διακριθεί στα εξής συστατικά:

- Ολοκληρωμένες οικολογικές μονάδες που λειτουργούν ως φυσικά συστήματα χωρίς μαζική πολιτισμένη ανθρώπινη παρέμβαση, συμπεριλαμβανομένων της βλάστησης, των μικροοργανισμών, του εδάφους, των πετρωμάτων, της ατμόσφαιρας και των φυσικών φαινομένων που συμβαίνουν μέσα στα όρια και τη φύση τους.
- Οι καθολικοί φυσικοί πόροι και τα φυσικά φαινόμενα που στερούνται ξεκάθαρων ορίων, όπως ο αέρας, το νερό και το κλίμα, καθώς και η ενέργεια, η ακτινοβολία, το ηλεκτρικό φορτίο και ο μαγνητισμός, που δεν προέρχονται από πολιτισμένη ανθρώπινη δράση





Το φυσικό περιβάλλον χρησιμοποιείται συχνά ως συνώνυμο του **ενδιαιτήματος**. Για παράδειγμα, όταν λέμε ότι το φυσικό περιβάλλον των καμηλοπαρδάλων είναι η σαβάννα.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Δομημένο (τεχνητό) περιβάλλον

Σε αντίθεση με το φυσικό περιβάλλον είναι το **δομημένο (τεχνητό) περιβάλλον**. Σε περιοχές όπου ο άνθρωπος έχει μετασχηματίσει θεμελιωδώς τοπία όπως οι αστικές περιοχές και η μετατροπή της γεωργικής γης, το φυσικό περιβάλλον μετατρέπεται σε ένα απλοποιημένο ανθρώπινο περιβάλλον.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Δομημένο (τεχνητό) περιβάλλον

Ακόμη και πράξεις που φαίνονται λιγότερο ακραίες, όπως η οικοδόμηση:

- μιας καλύβας λάσπης ή
 - ενός φωτοβολταϊκού συστήματος στην έρημο
- το τροποποιημένο περιβάλλον γίνεται **τεχνητό**.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Δομημένο (τεχνητό) περιβάλλον



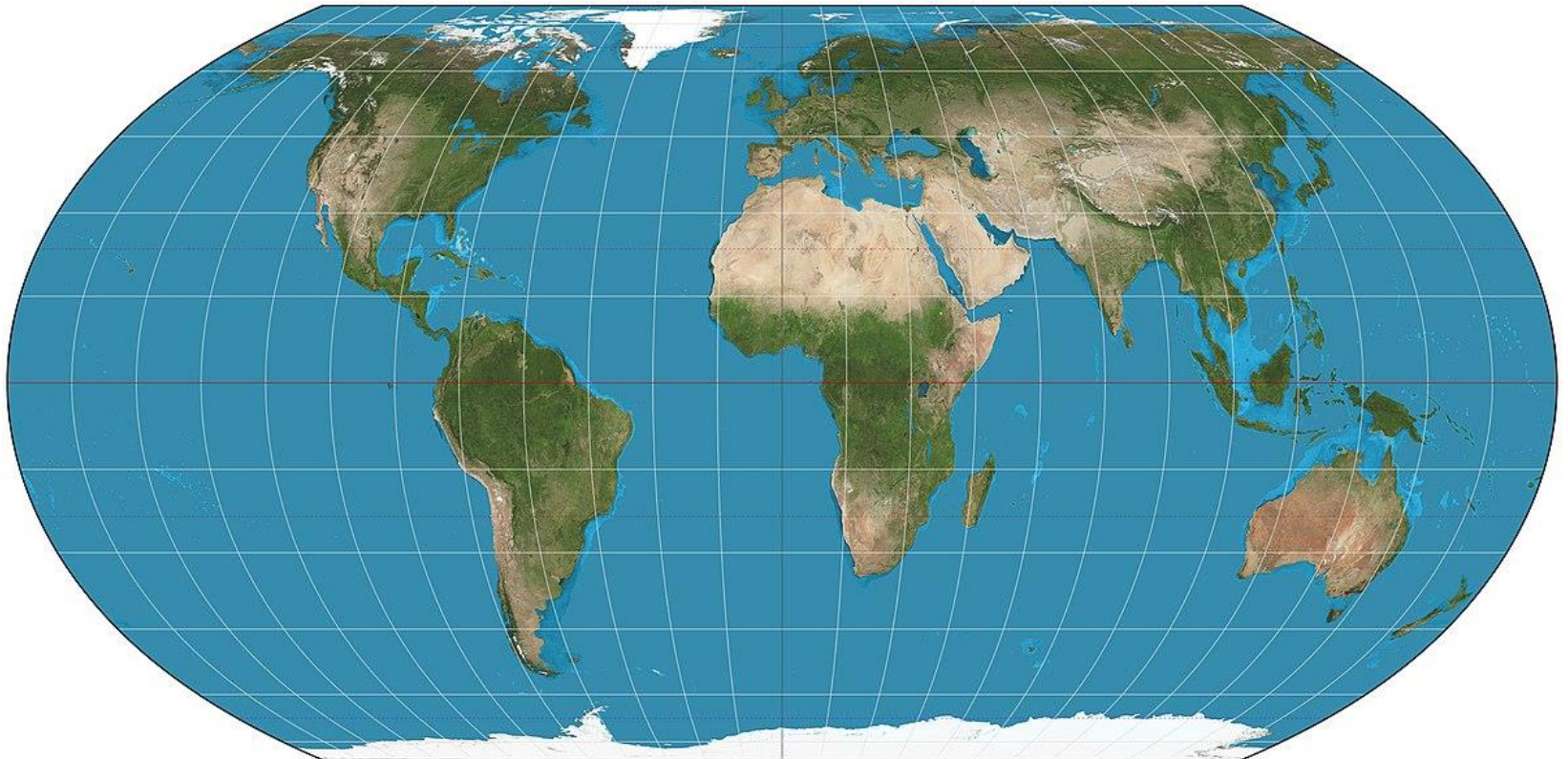
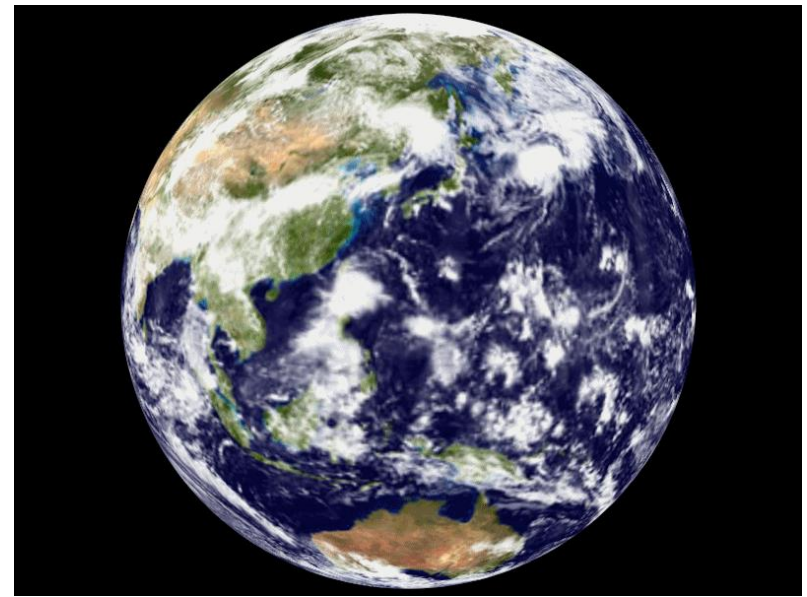
Αν και πολλά ζώα οικοδομούν για να παρέχουν ένα καλύτερο περιβάλλον για τους εαυτούς τους, αυτές οι κατασκευές δεν είναι ανθρώπινες, επομένως τα φράγματα από κάστορα, και οι κατασκευές των τερμιτών (οχυρά), θεωρούνται **φυσικά**.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Σύσταση

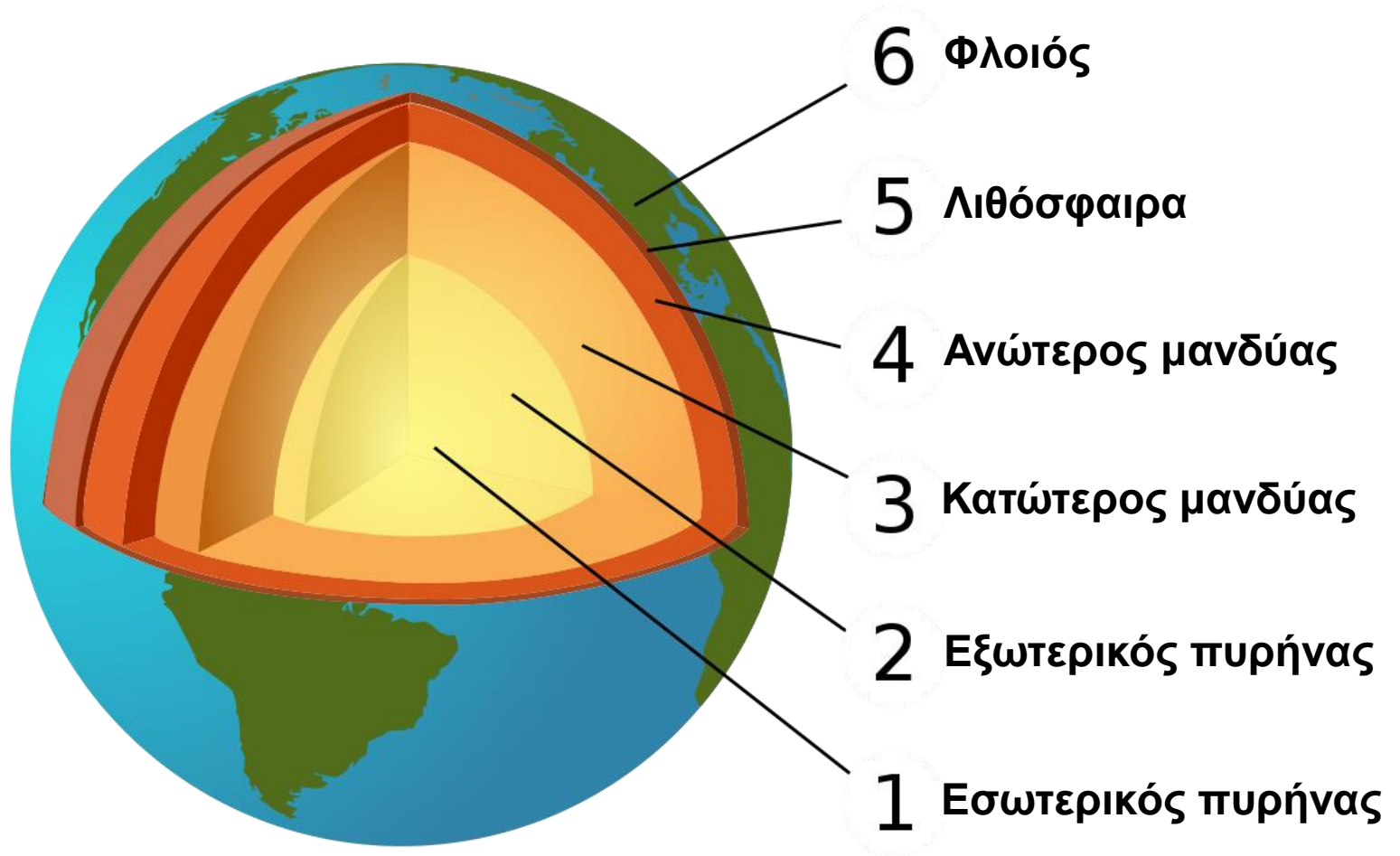
Η επιστήμη της γης αναγνωρίζει γενικά 4 σφαίρες:

τη **λιθόσφαιρα** (βράχοι),
την **υδροσφαίρα** (νερό),
την **ατμόσφαιρα** (αέρας) και
τη **βιόσφαιρα** (ζωή)



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

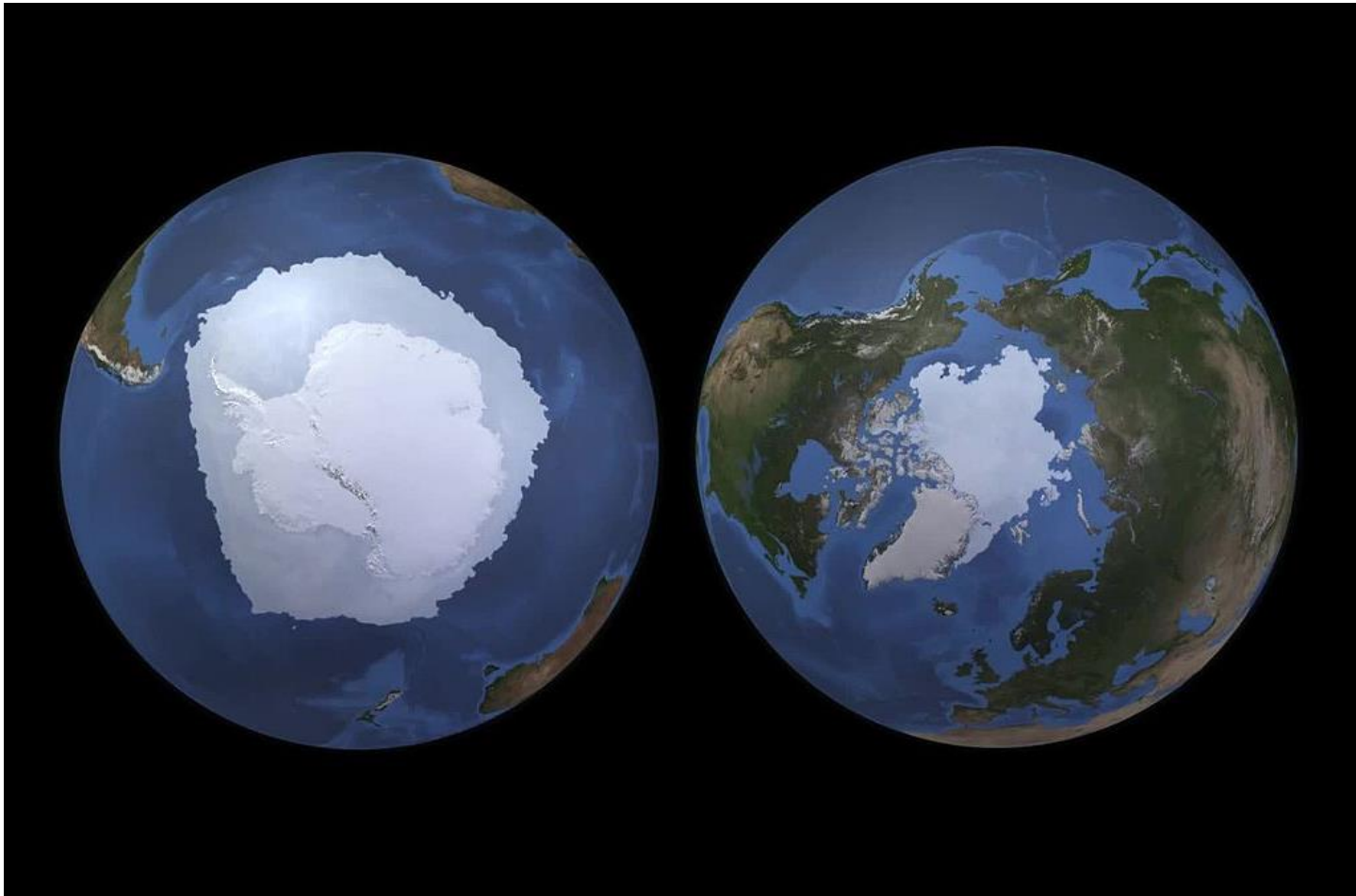
Σύσταση



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Σύσταση

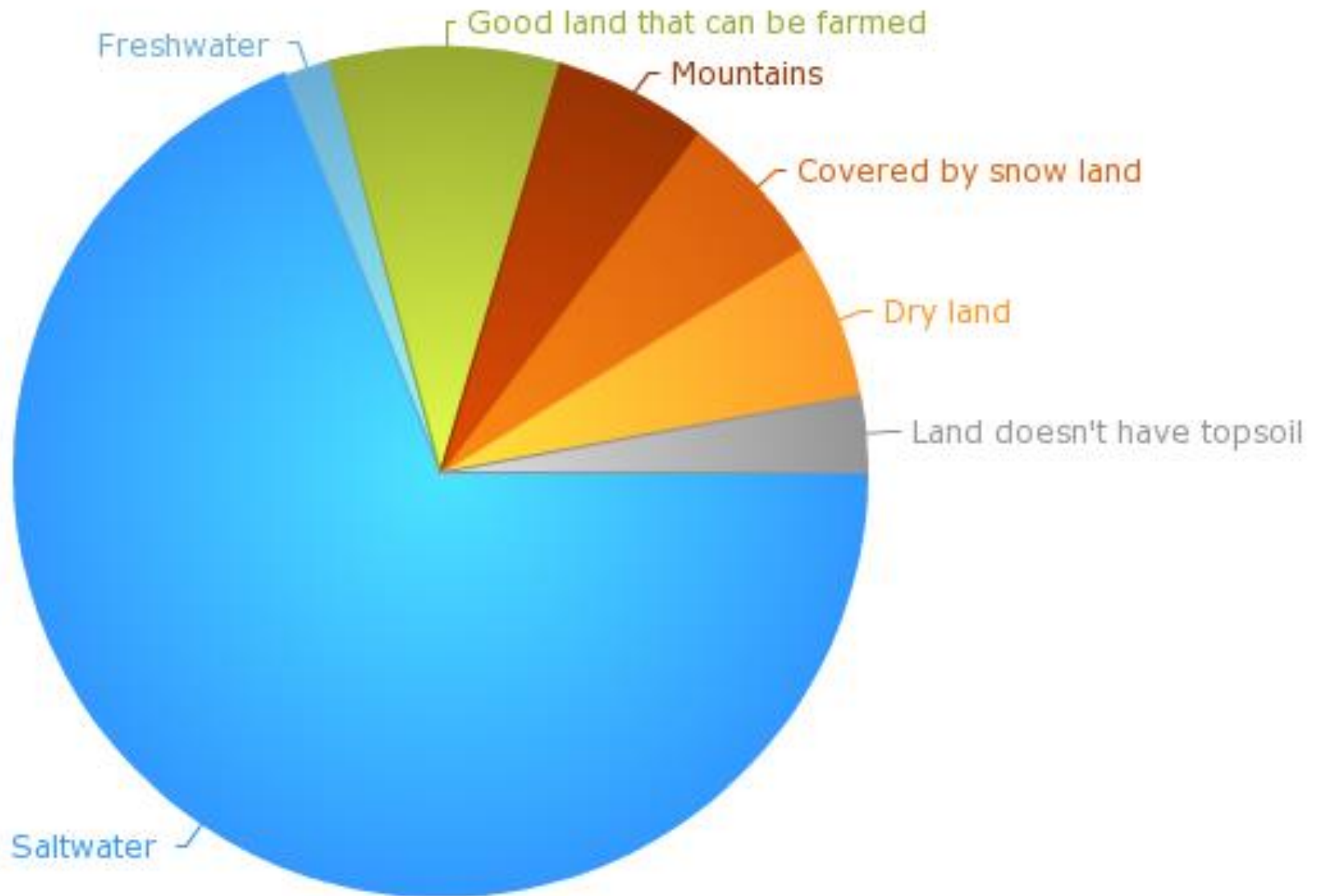
Μερικοί επιστήμονες περιλαμβάνουν, ως μέρος των σφαιρών της Γης, την κρυοσφαίρα (που αντιστοιχεί στον πάγο) ως ξεχωριστό τμήμα της υδροσφαίρας, καθώς και την πεδόσφαιρα (που αντιστοιχεί στο χώμα) ως μια ενεργή και αναμειγμένη σφαίρα.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

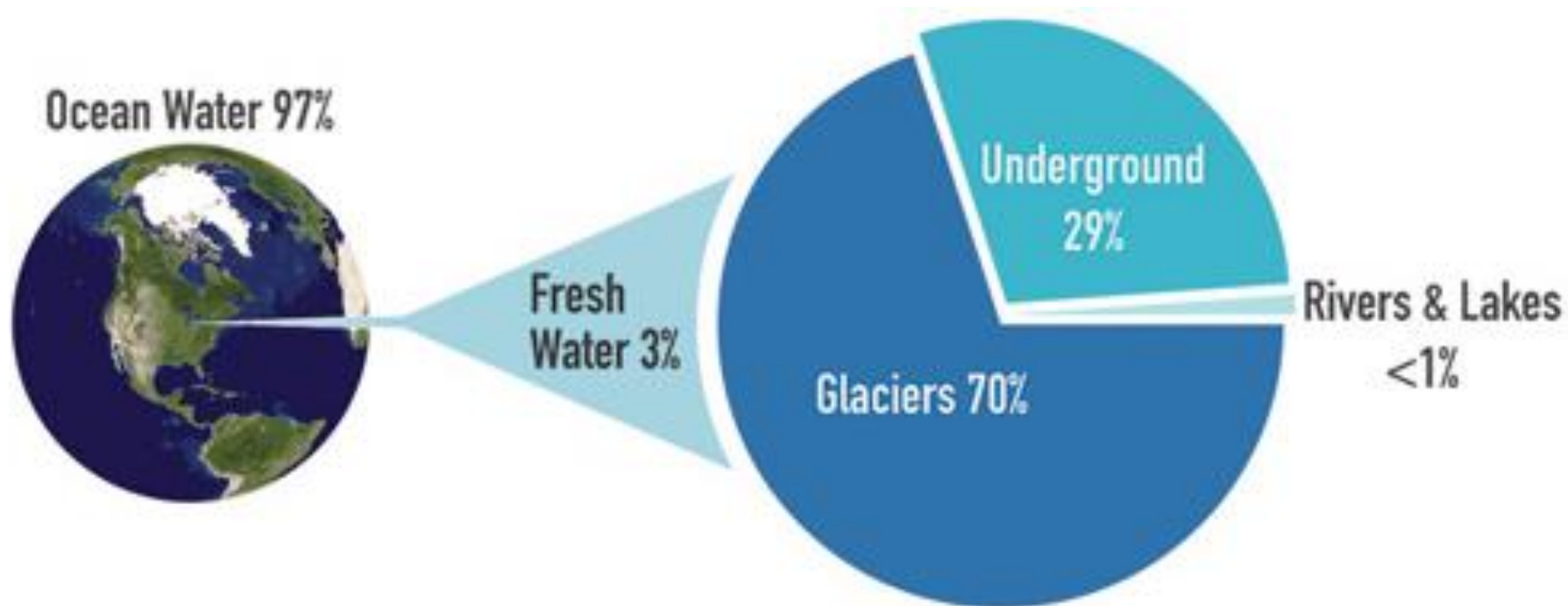
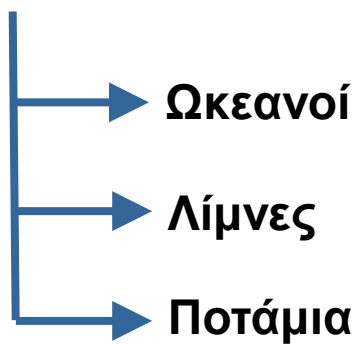
Σύσταση

Surface Area of the Earth



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

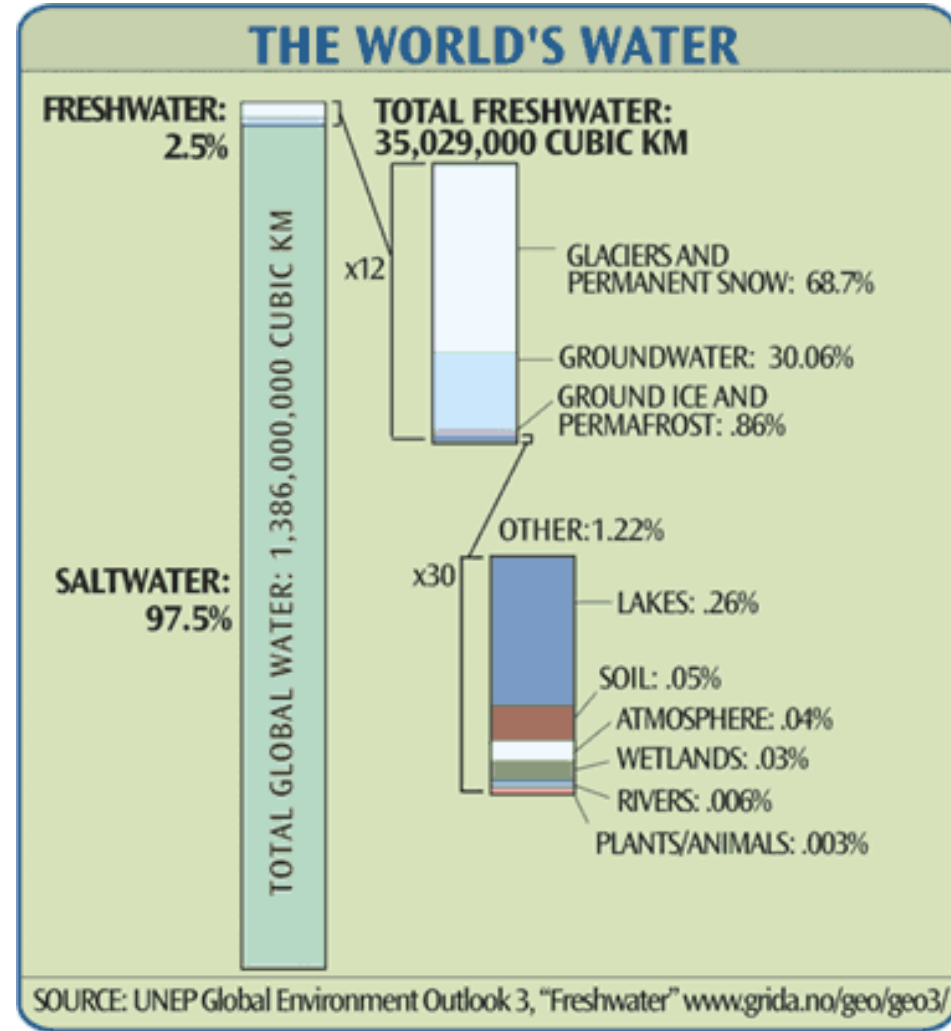
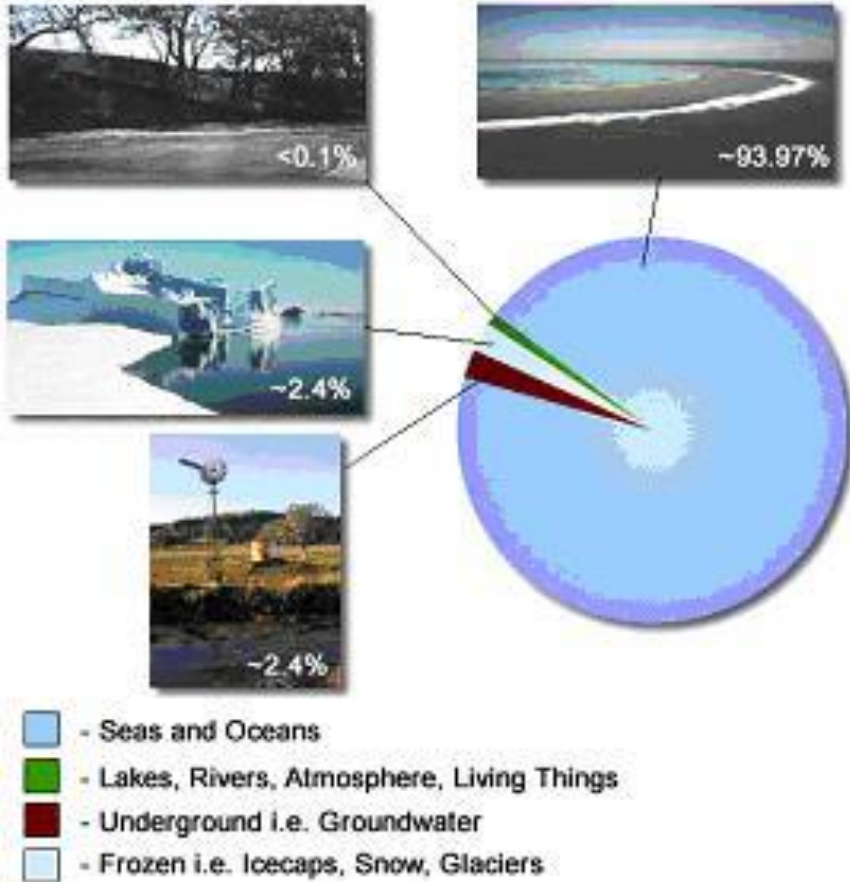
Υδρόσφαιρα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα - Κατανομή

Global Water Resources



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα - Ωκεανοί



Ένας ωκεανός είναι ένα μεγάλο σώμα αλατούχου νερού, και ένα συστατικό της υδροσφαίρας.

➤ Περίπου το 71% της επιφάνειας της Γης (επιφάνεια περίπου 362.000.000 km²) καλύπτεται από ωκεανό, ένα συνεχές σώμα νερού που διαιρείται συνήθως σε διάφορους κύριους ωκεανούς και μικρότερες θάλασσες.

➤ Περισσότερο από το ήμισυ αυτής της περιοχής είναι πάνω από 3.000 μέτρα βαθιά.

➤ Η μέση ωκεάνια αλατότητα είναι περίπου 35‰ και σχεδόν όλο το θαλασσινό νερό έχει αλατότητα από 30 έως 38‰.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα - Ωκεανοί

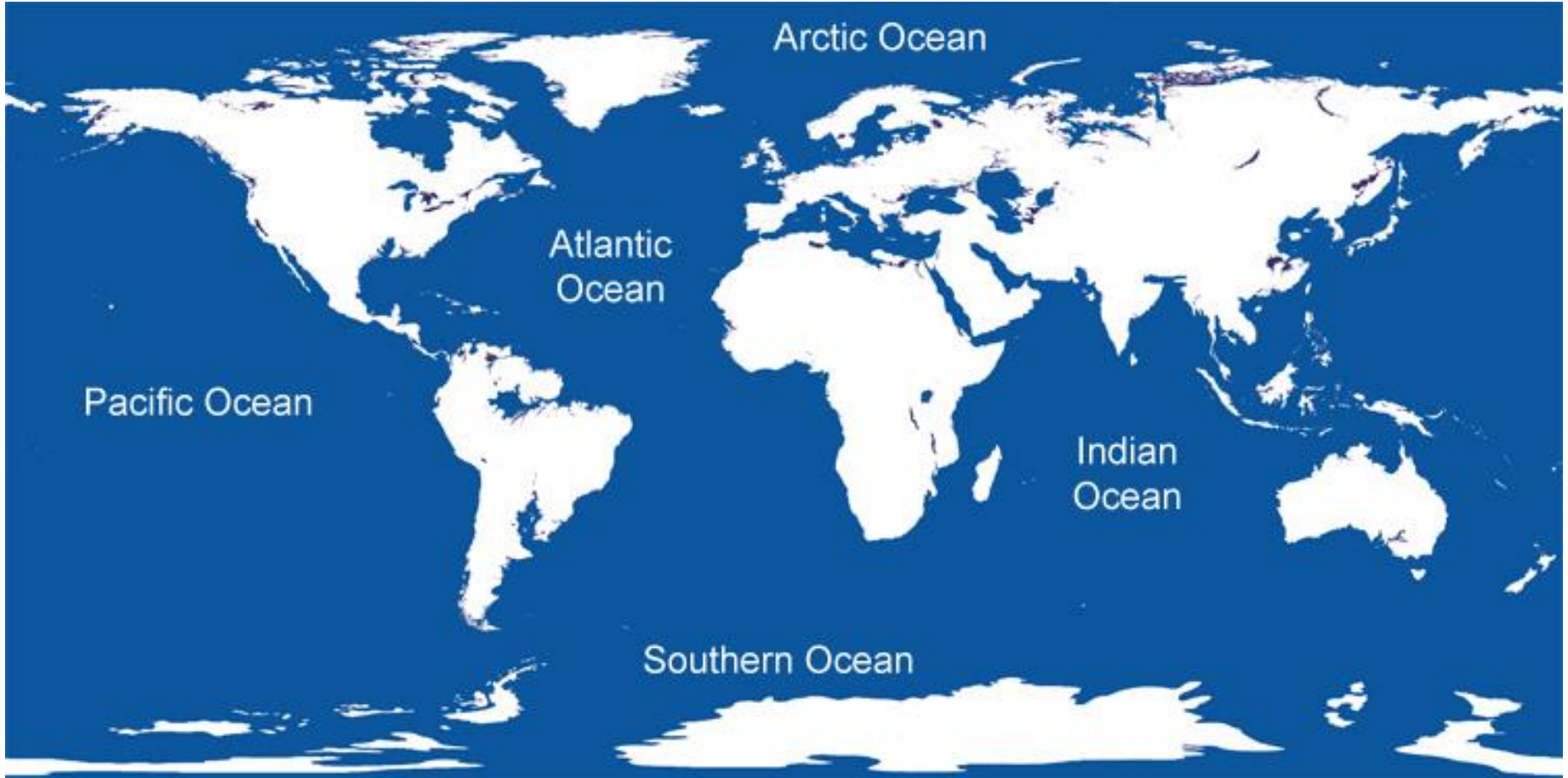
- Αν και γενικώς αναγνωρίζονται διάφοροι «ξεχωριστοί» ωκεανοί, αυτά τα ύδατα περιλαμβάνουν ένα παγκόσμιο, διασυνδεδεμένο σώμα αλμυρού νερού που συχνά αναφέρεται ως **Παγκόσμιος Ωκεανός**.
- Οι βαθιές θάλασσες αποτελούν πάνω από το ήμισυ της επιφάνειας της Γης και είναι μεταξύ των λιγότερο τροποποιημένων φυσικών περιβαλλόντων.
- Τα μεγάλα τμήματα του ωκεανού καθορίζονται εν μέρει από τις ηπείρους, από διάφορα αρχιπελάγη και από άλλα κριτήρια.
- Αυτά τα τμήματα είναι (κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους):

Ειρηνικός Ωκεανός
Ατλαντικός Ωκεανός
Ινδικός Ωκεανός
Νότιος Ωκεανός
Αρκτικός Ωκεανός



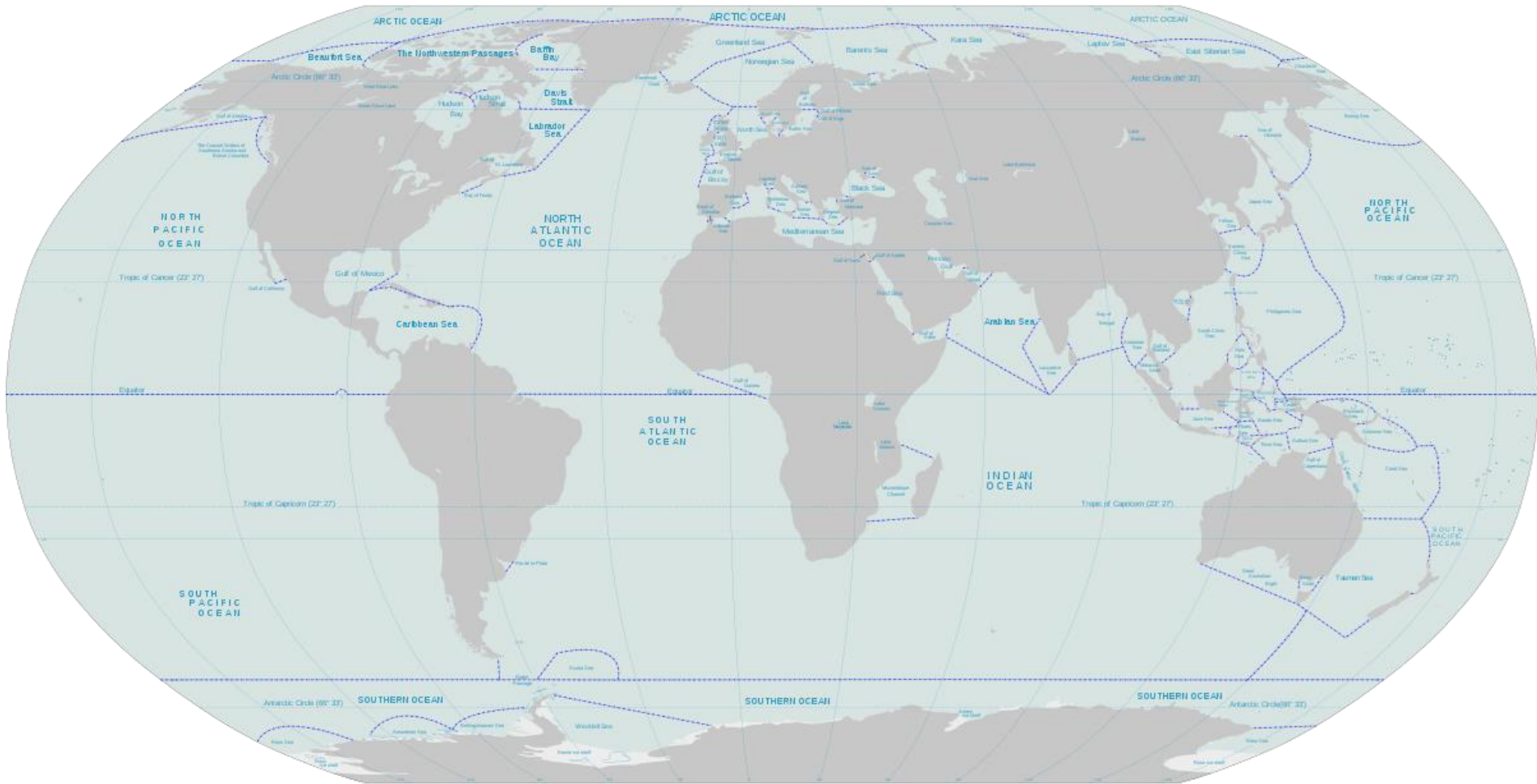
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα - Ωκεανοί



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

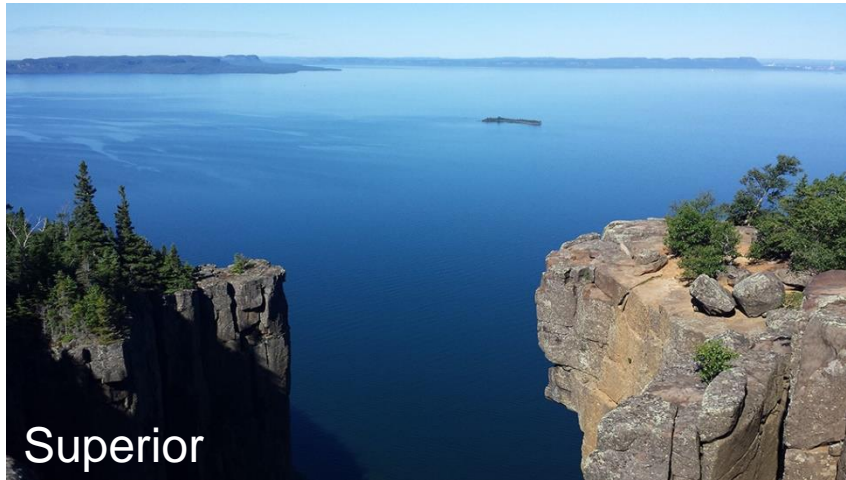
Υδρόσφαιρα - Ωκεανοί



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα – Λίμνες

Μια λίμνη (από το λατινικό *lacus*) είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα εδάφους, ένα σώμα νερού που βρίσκεται στο κάτω μέρος της λεκάνης απορροής. Ένα σώμα νερού θεωρείται λίμνη όταν είναι εσωτερικό, δεν είναι μέρος ενός ωκεανού και είναι μεγαλύτερο και βαθύτερο από μια απλή υδατοσυλλογή



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

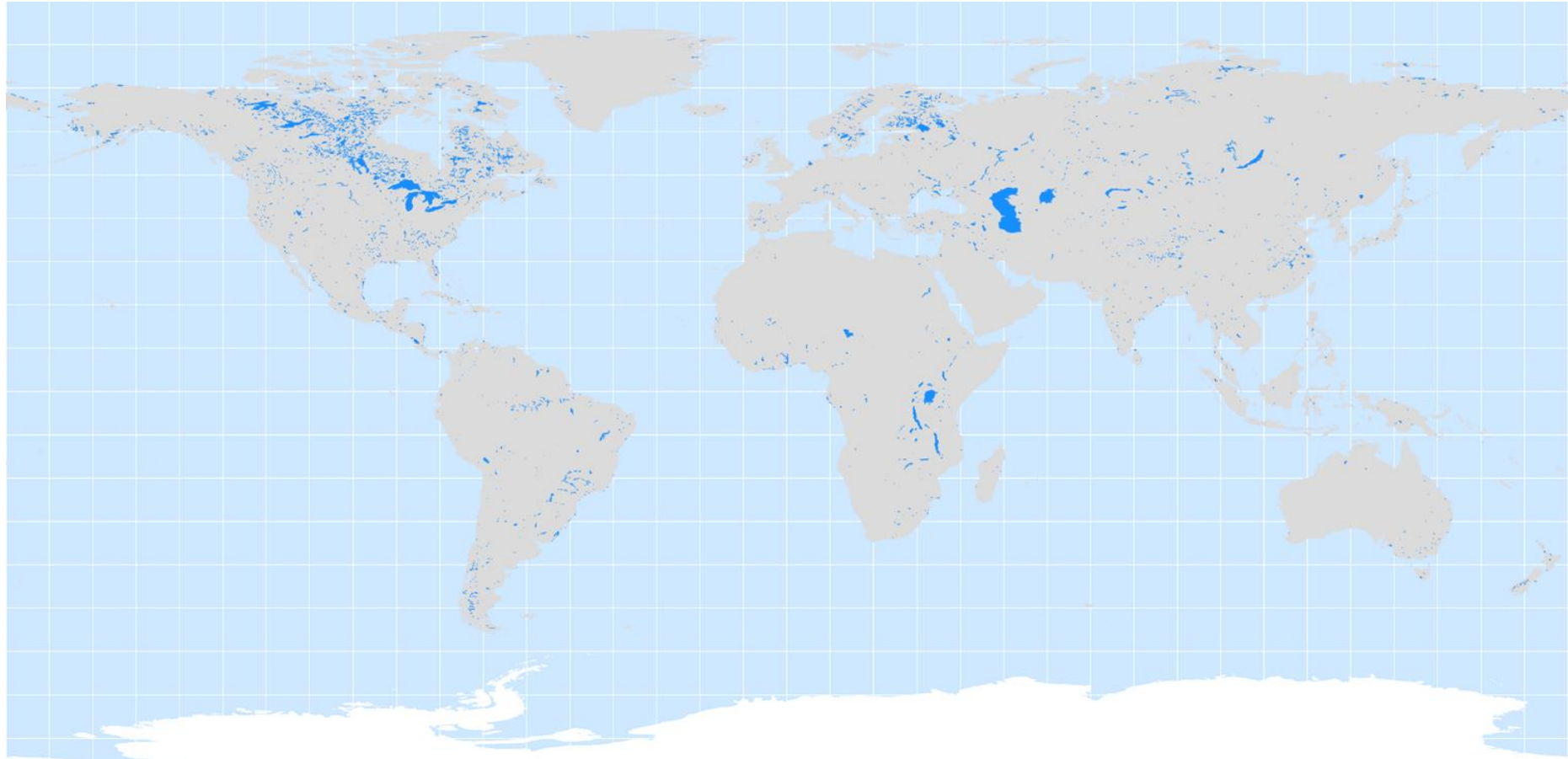
Υδρόσφαιρα – Λίμνες

- Οι φυσικές λίμνες στη Γη απαντώνται γενικά σε ορεινές περιοχές, ζώνες ρήξης και περιοχές με συνεχείς ή πρόσφατους παγετώνες
- Άλλες λίμνες βρίσκονται σε λεκάνες απορροής ή κατά μήκος των ποταμών. Σε ορισμένα μέρη του κόσμου υπάρχουν πολλές λίμνες λόγω των χαοτικών προτύπων αποστράγγισης που απομένουν από την τελευταία Εποχή των Παγετώνων
- Όλες οι λίμνες είναι προσωρινές σε γεωλογικές χρονικές κλίμακες, καθώς θα γεμίσουν αργά με ιζήματα ή θα διαρρεύσουν από τη λεκάνη που τις περιέχει.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα – Λίμνες



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

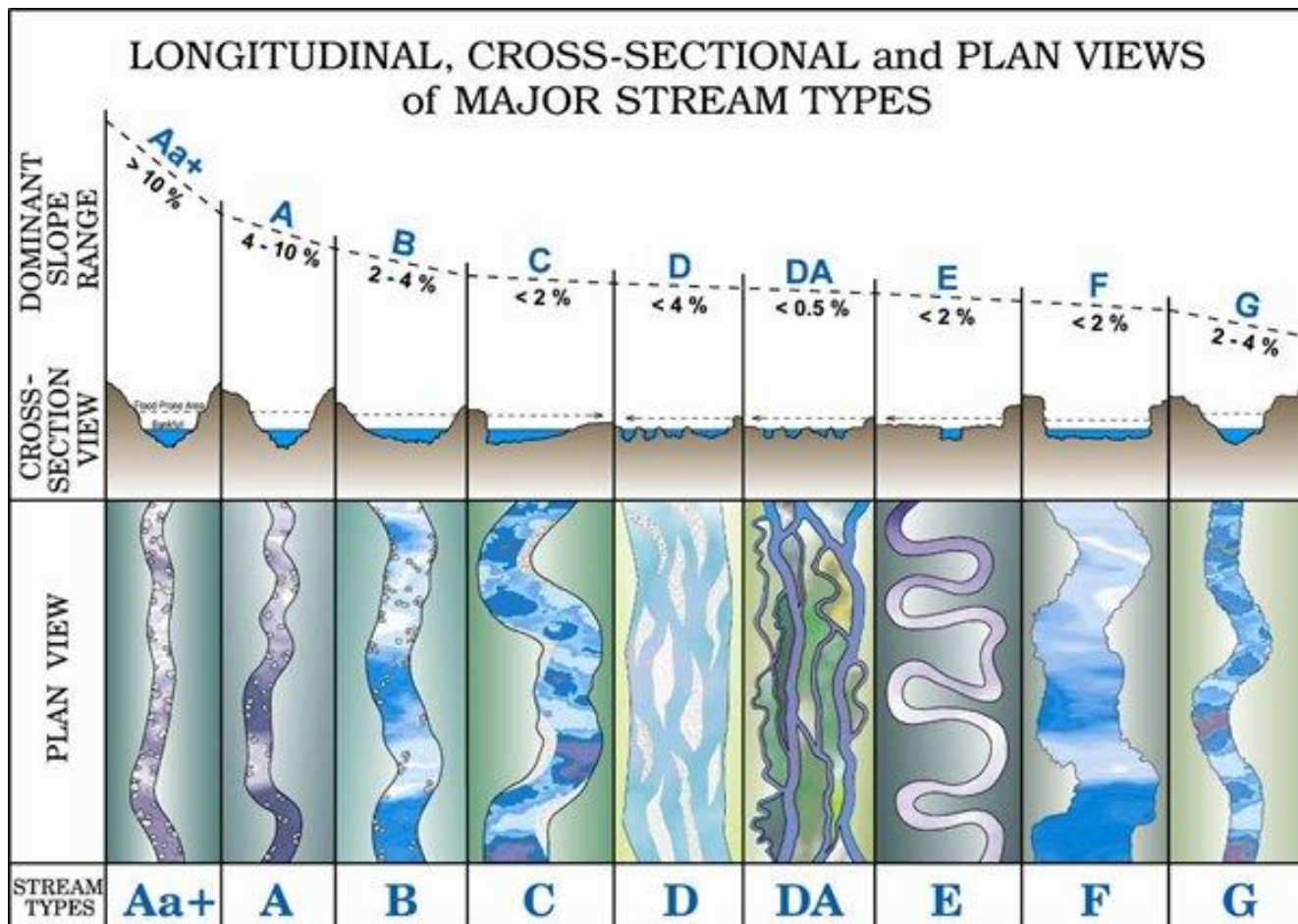
Υδρόσφαιρα – Ποτάμια



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα – Ποτάμια

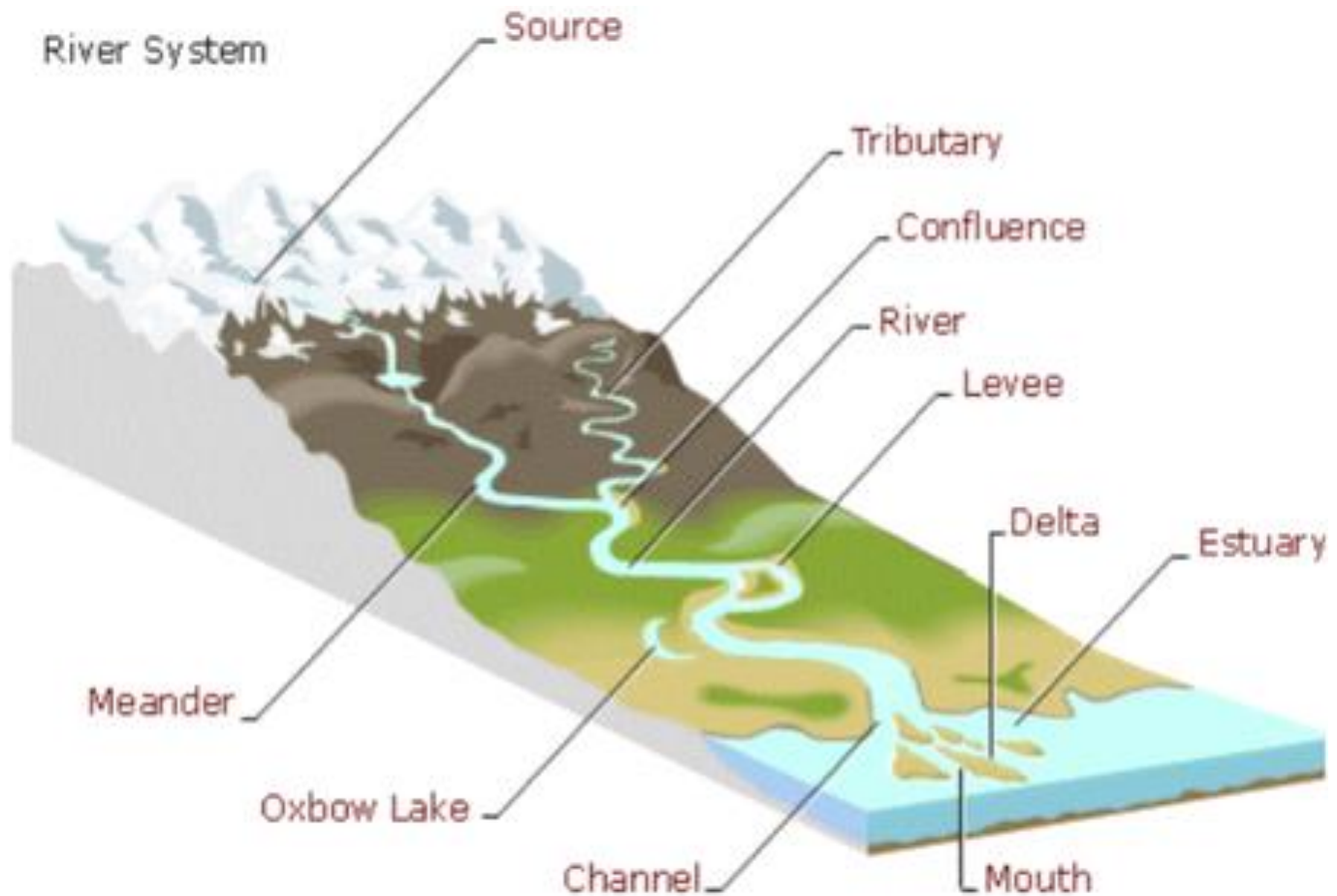
Ένας ποταμός είναι μία φυσική υδάτινη διαδρομή, συνήθως γλυκού νερού, που ρέει προς έναν ωκεανό, μια λίμνη, μια θάλασσα ή άλλο ποτάμι. Λίγα ποτάμια απλώς ρέουν στο έδαφος και στεγνώνουν εντελώς πριν φθάσουν σε άλλο σώμα νερού.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα – Ποτάμια

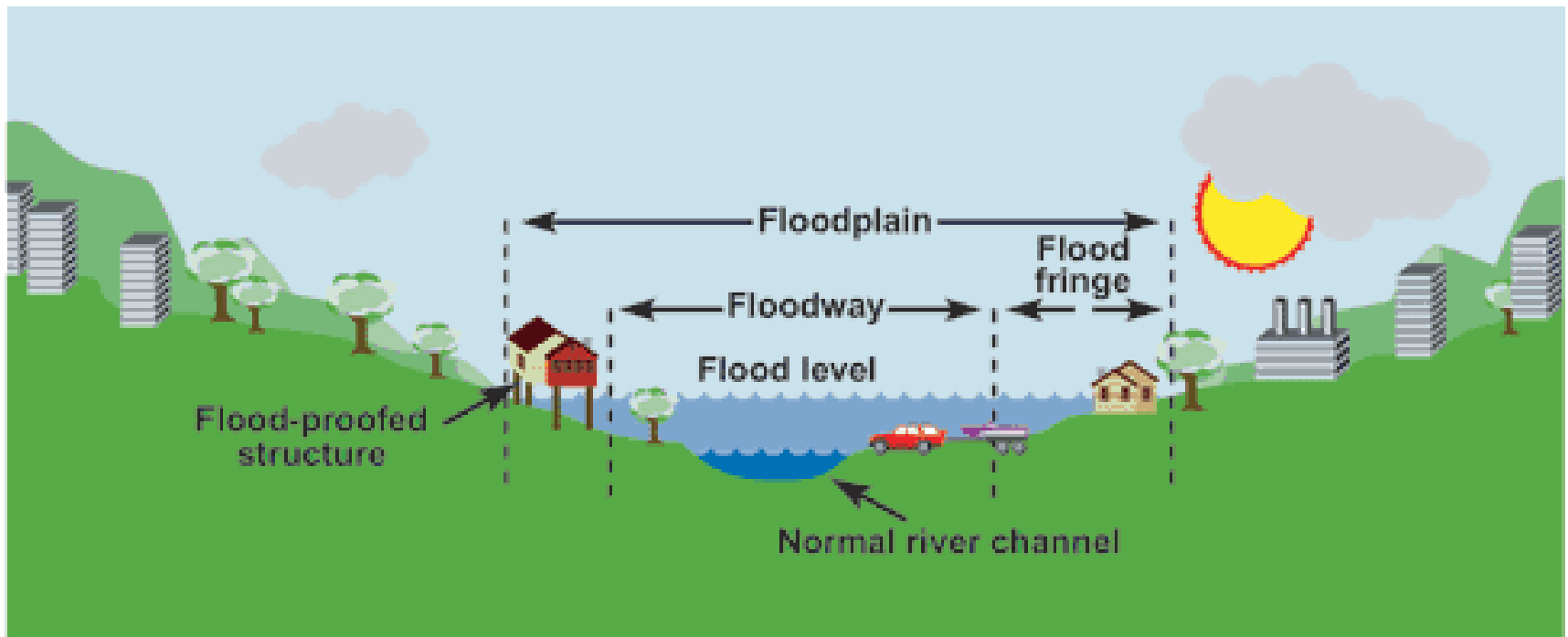
Οι ποταμοί αποτελούν μέρος του υδρολογικού κύκλου. Το νερό μέσα σε ένα ποτάμι συλλέγεται γενικά από την κατακρήμνιση μέσω της επιφανειακής απορροής, της επαναφόρτισης των υπόγειων υδάτων, των πηγών και της απελευθέρωσης του νερού που αποθηκεύεται σε παγετώνες.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Υδρόσφαιρα – Ποτάμια

- Το νερό σε ένα ποτάμι είναι συνήθως σε ένα κανάλι, που αποτελείται από ένα ρέμα ροής μεταξύ των κοιτών.
- Σε μεγαλύτερους ποταμούς υπάρχει επίσης μια ευρύτερη πλημμυρίδα διαμορφωμένη από τα νερά που υπερβαίνουν το κανάλι. Οι πεδιάδες πλημμύρας μπορεί να είναι πολύ μεγάλες σε σχέση με το μέγεθος του ποταμού.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ατμόσφαιρα



Η ατμόσφαιρα της Γης χρησιμεύει ως βασικός παράγοντας στη διατήρηση του πλανητικού οικοσυστήματος. Το λεπτό στρώμα αερίων που περιβάλλει τη Γη διατηρείται στη θέση του από τη βαρύτητα του πλανήτη. Ο ξηρός αέρας αποτελείται από 78% άζωτο, 21% οξυγόνο, 1% αργόν και άλλα αδρανή αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα.

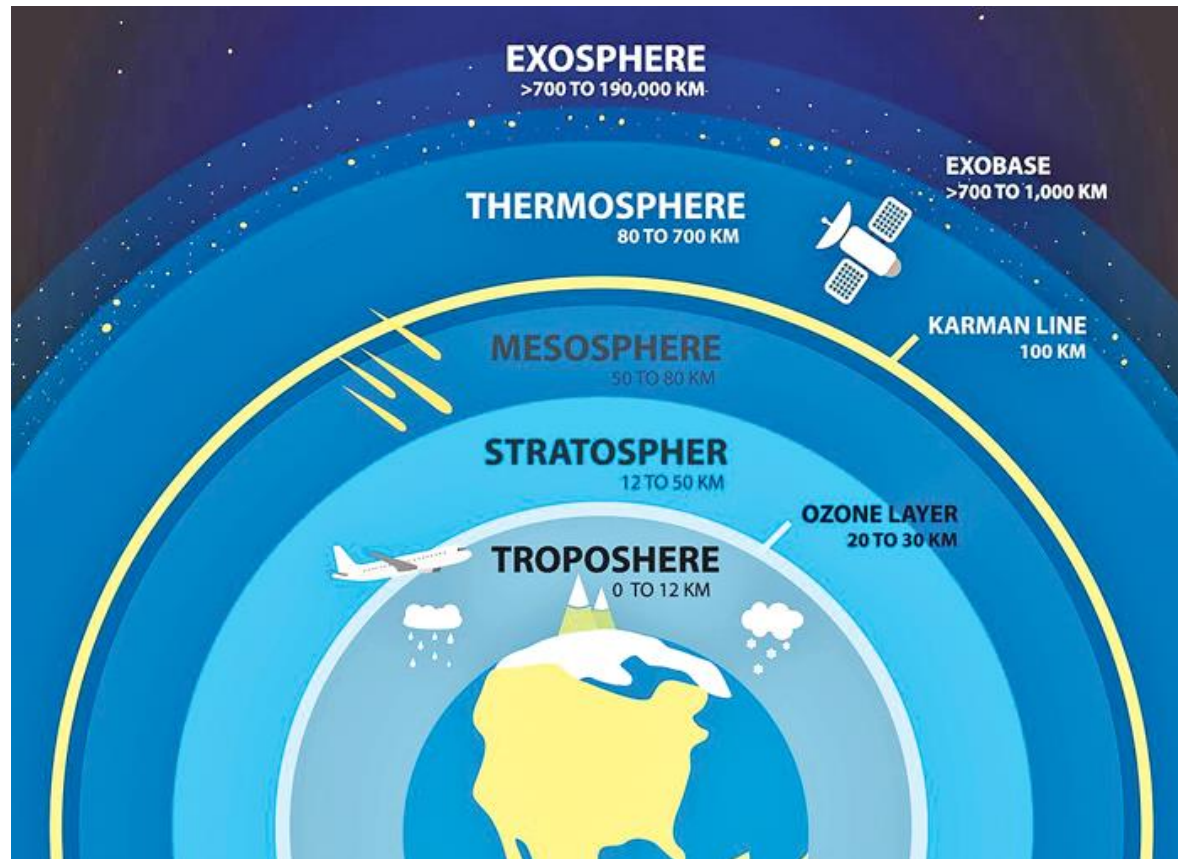
Πολλές φυσικές ουσίες μπορεί να υπάρχουν σε μικροσκοπικές ποσότητες σε ένα δείγμα αδιάλυτου αέρα, συμπεριλαμβανομένης της σκόνης, της γύρης και των σπόρων, του θαλάσσιου ψεκασμού, της ηφαιστειακής τέφρας και των μετεωροειδών.

Μπορεί επίσης να υπάρχουν διάφοροι βιομηχανικοί ρύποι, όπως το χλώριο (στοιχειώδες ή σε ενώσεις), ενώσεις φθορίου, στοιχειακός υδράργυρος και ενώσεις θείου, όπως το διοξείδιο του θείου (SO_2).

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ατμόσφαιρα

Το στρώμα του όζοντος της ατμόσφαιρας της Γης παίζει σημαντικό ρόλο στην εξάντληση της ποσότητας υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια. Καθώς το DNA καταστρέφεται εύκολα από το υπεριώδες φως, αυτό προστατεύει τη ζωή στην επιφάνεια. Η ατμόσφαιρα διατηρεί επίσης τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας, μειώνοντας έτσι τα ημερήσια άκρα της θερμοκρασίας.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

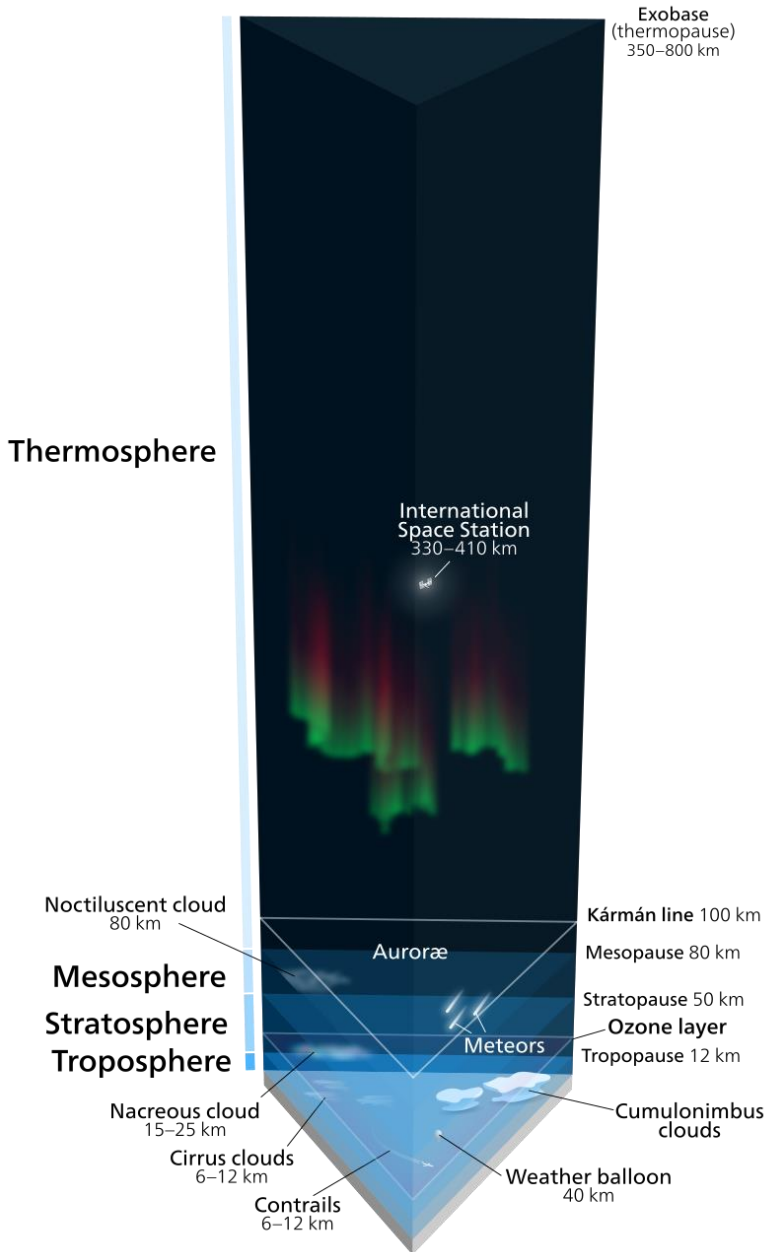
Ατμόσφαιρα

Ο αέρας περιέχει επίσης μια μεταβλητή ποσότητα υδρατμών και εναιωρήματα σταγονιδίων νερού και κρυστάλλων πάγου που θεωρούνται σύννεφα.



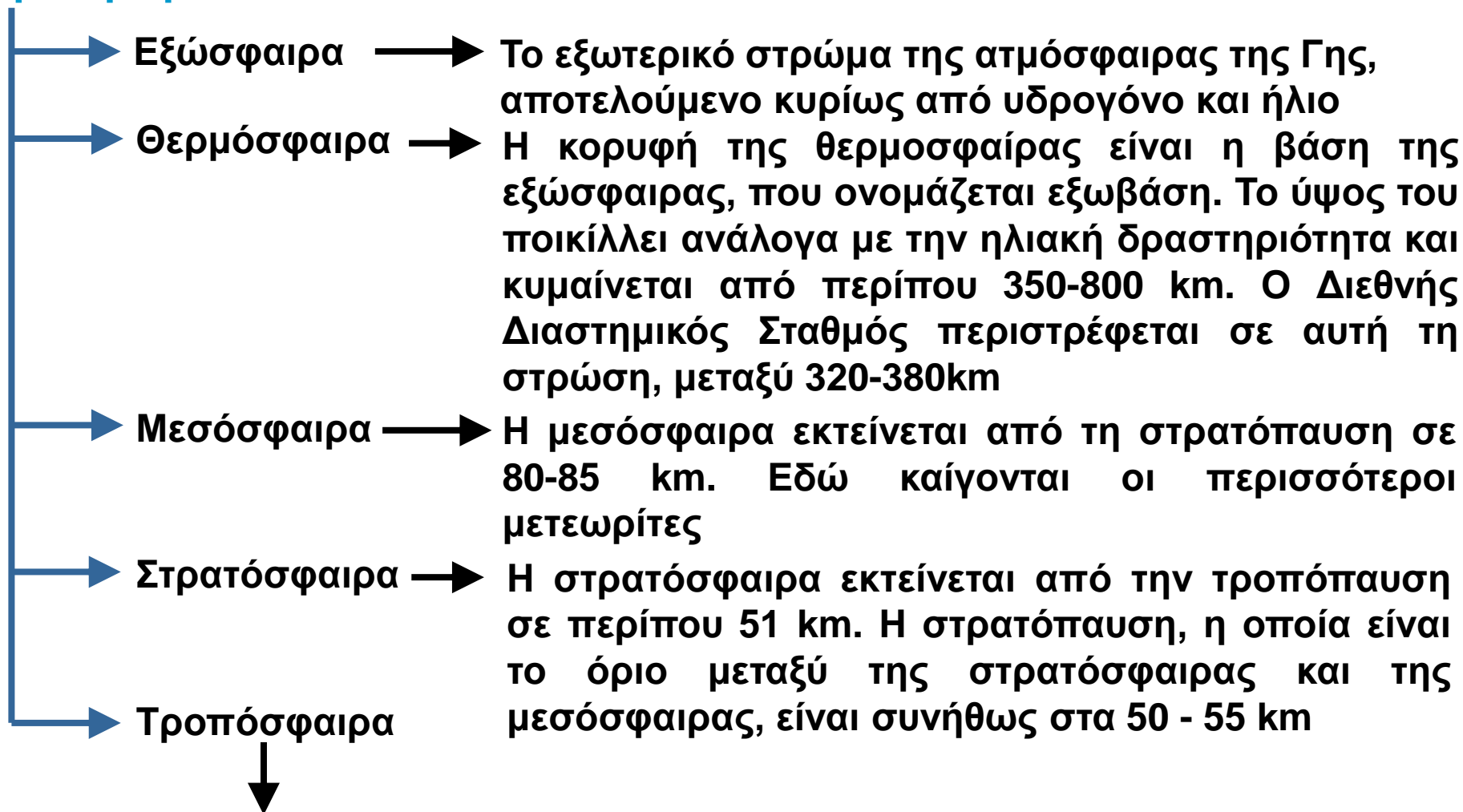
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ατμόσφαιρα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ατμόσφαιρα



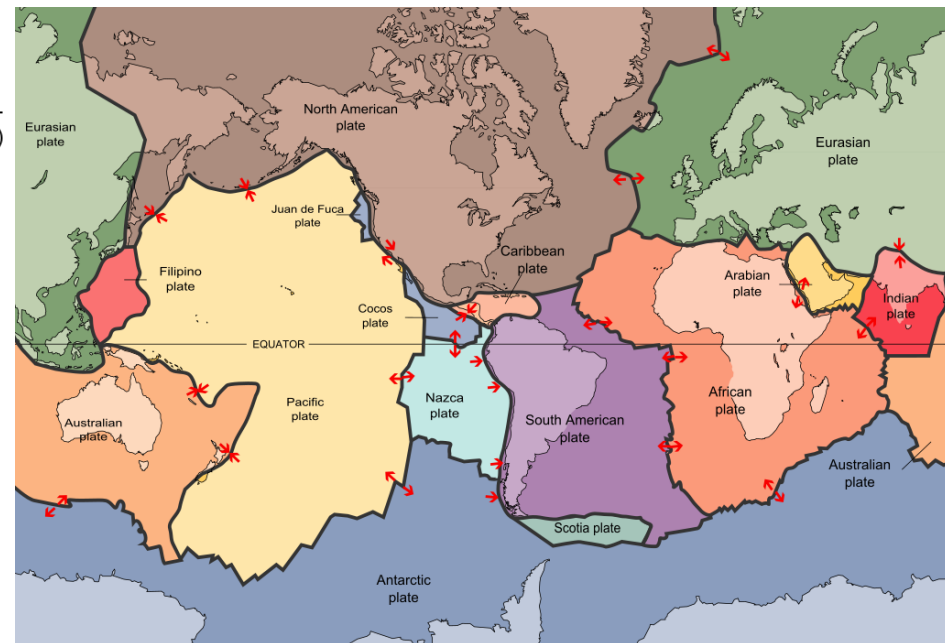
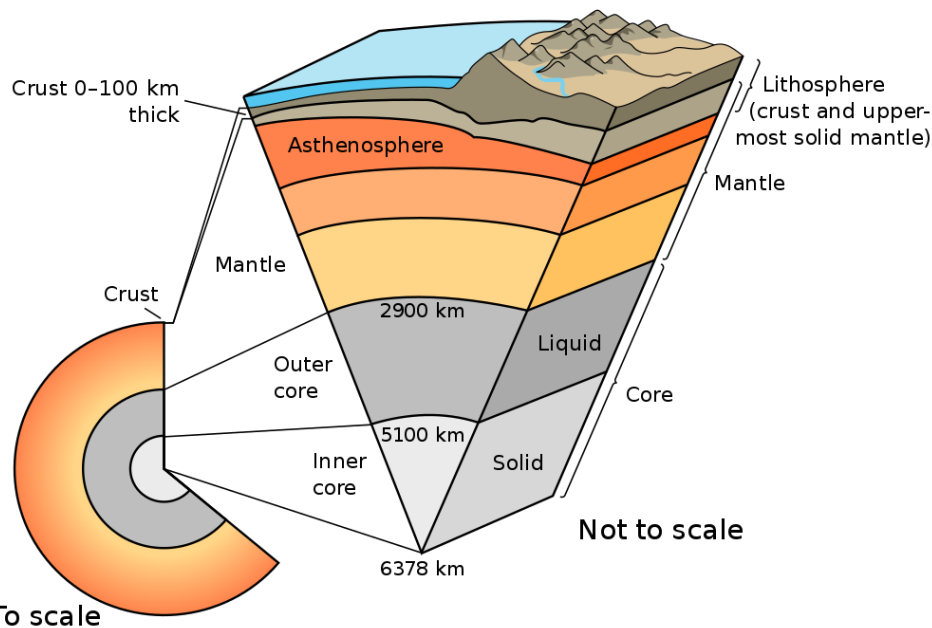
Η τροπόσφαιρα αρχίζει στην επιφάνεια και εκτείνεται σε απόσταση μεταξύ 7 km στους πόλους και 17 km. Η τροπόσφαιρα θερμαίνεται κατά κύριο λόγο με μεταφορά ενέργειας από την επιφάνεια, έτσι κατά μέσο όρο το χαμηλότερο τμήμα της τροπόσφαιρας είναι θερμότερο και η θερμοκρασία μειώνεται με υψόμετρο.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Λιθόσφαιρα

Η λιθόσφαιρα της Γης περιλαμβάνει το φλοιό και το ανώτατο μανδύα, που αποτελούν το σκληρό και άκαμπτο εξωτερικό στρώμα της Γης.

- Η λιθόσφαιρα υποδιαιρείται σε τεκτονικές πλάκες.
- Το ανώτατο τμήμα της λιθόσφαιρας που αντιδρά χημικά με την ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα και τη βιόσφαιρα μέσω της διαδικασίας σχηματισμού του εδάφους, ονομάζεται πεδόςφαιρα.

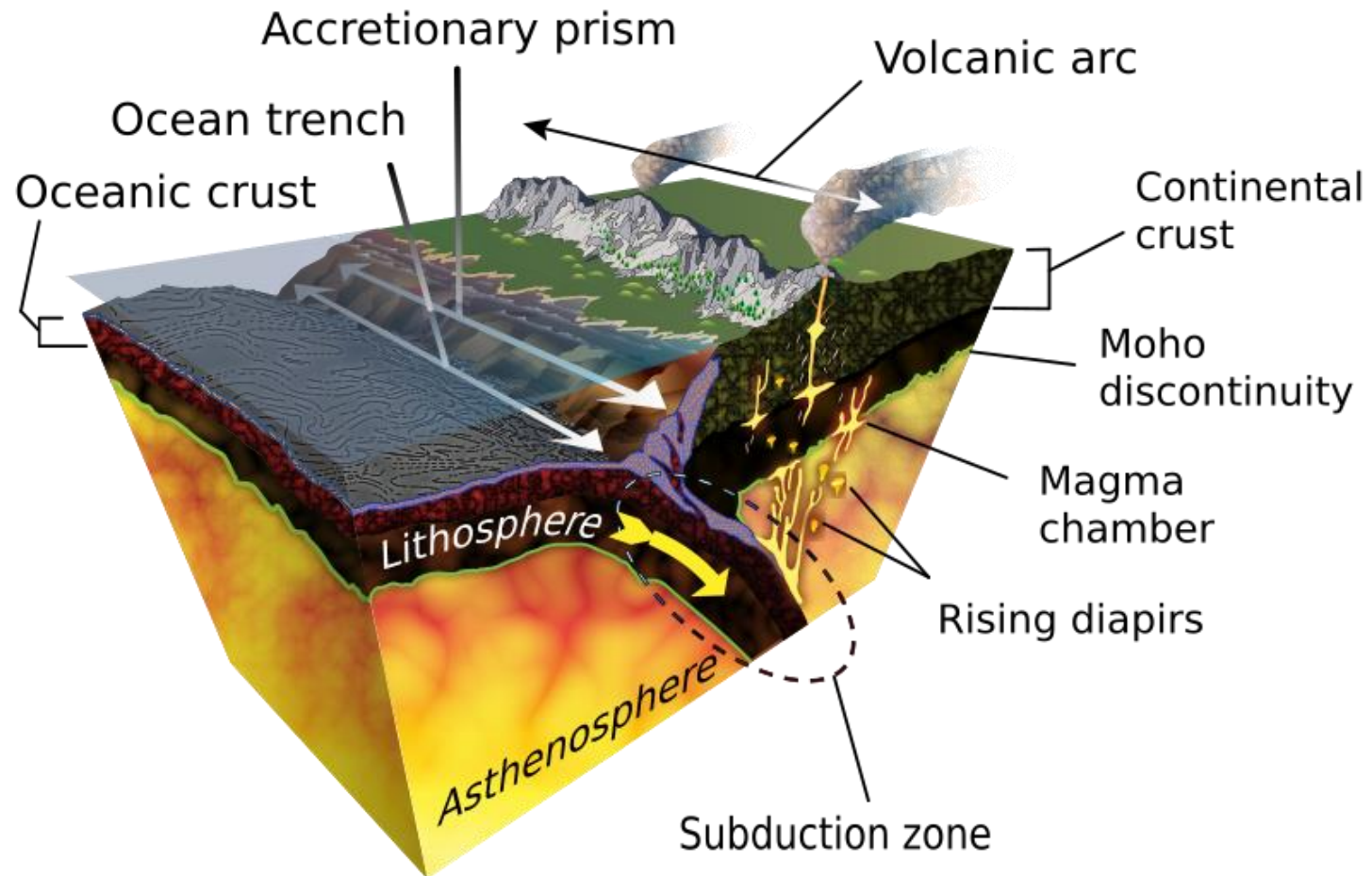


ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Λιθόσφαιρα

Υπάρχουν δύο τύποι λιθόσφαιρας:

- **Ωκεανική λιθόσφαιρα**, η οποία σχετίζεται με ωκεάνιο φλοιό και υπάρχει στις θαλάσσιες λεκάνες
- **Ηπειρωτική λιθόσφαιρα**, η οποία συνδέεται με την ηπειρωτική κρούστα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βιόσφαιρα

Ατμόσφαιρα

Υδρόσφαιρα

Λιθόσφαιρα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βιόσφαιρα

Η βιόσφαιρα είναι το **παγκόσμιο άθροισμα όλων των οικοσυστημάτων**

Με τον πιο γενικό βιοφυσιολογικό ορισμό, **η βιόσφαιρα είναι το παγκόσμιο οικολογικό σύστημα** που ενσωματώνει όλα τα έμβια όντα και τις σχέσεις τους, συμπεριλαμβανομένης της αλληλεπίδρασής τους με τα στοιχεία της λιθόσφαιρας, της υδροσφαίρας και της ατμόσφαιρας

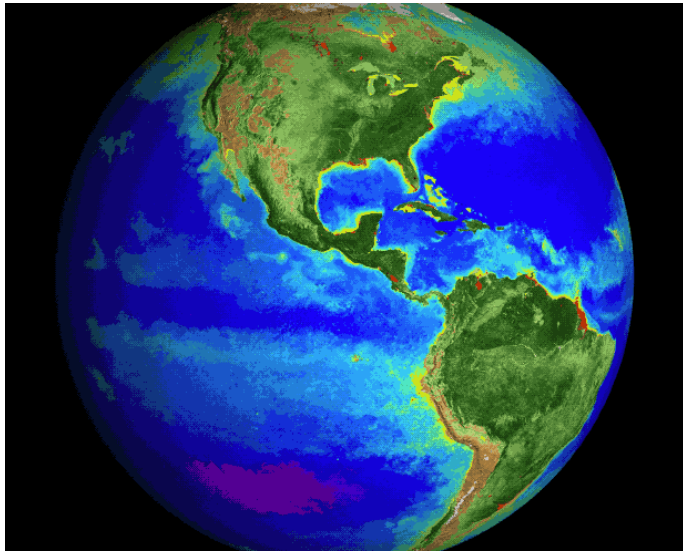
Η βιόσφαιρα θεωρείται ότι έχει εξελιχθεί, ξεκινώντας από μια διαδικασία **βιοποίησης** (ζωή που δημιουργείται φυσικά από μη ζωντανή ύλη, όπως απλές οργανικές ενώσεις) ή **βιογένεση** (ζωή που δημιουργείται από τη ζωντανή ύλη), τουλάχιστον περίπου 3.5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν



Ο όρος "βιόσφαιρα" προτάθηκε από τον γεωλόγο Eduard Suess το 1875, και ορίζεται ως οι περιοχές στην επιφάνεια της Γης όπου ανθίζει η ζωή

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βιόσφαιρα

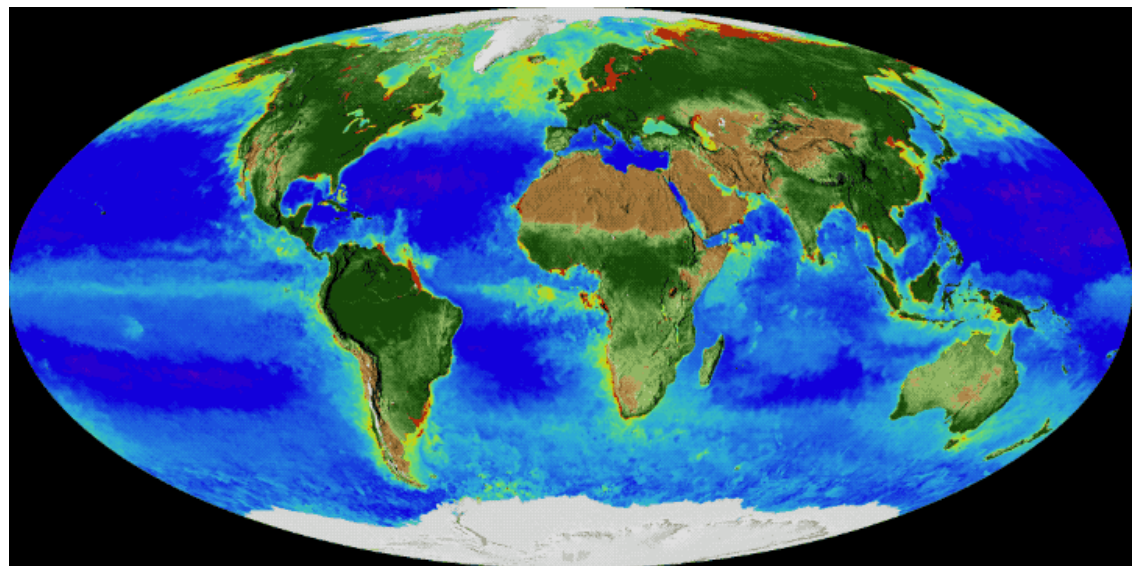
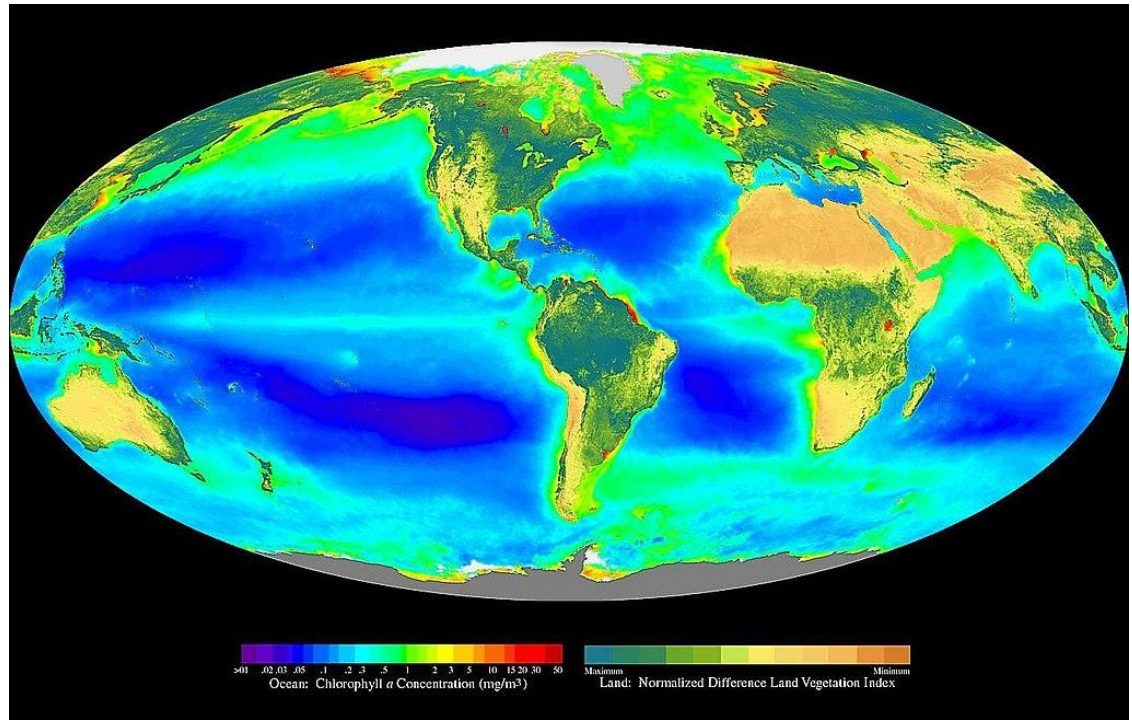


Βλάστηση:

(καφέ: λίγη, πράσινο: πολλή)

Φυτοπλαγκτόν:

(μωβ: λίγο, κόκκινο: πολύ)



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βιόσφαιρα

Κάθε μέρος του πλανήτη, από τους πόλους έως τον ισημερινό: **Ζωή**

➤ Οι πρόσφατες εξελίξεις στη μικροβιολογία έδειξαν ότι τα μικρόβια ζουν βαθιά κάτω από τη χερσαία επιφάνεια της Γης και ότι η συνολική βιομάζα της μικροβιακής ζωής στις "ακατοίκητες ζώνες" μπορεί να υπερβεί αυτή των ζώων και των φυτών

➤ Τα πουλιά συνήθως πετούν σε υψόμετρα που φτάνουν τα 1.800 m και τα ψάρια ζουν σε βάθος 8.372 m.



Όρνιο Russell (11,3 km)



Ξενοφυοφόρα (11,6 km)



Γιακ (5,4 km)



Κατσίκες (3 km)

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βιόσφαιρα

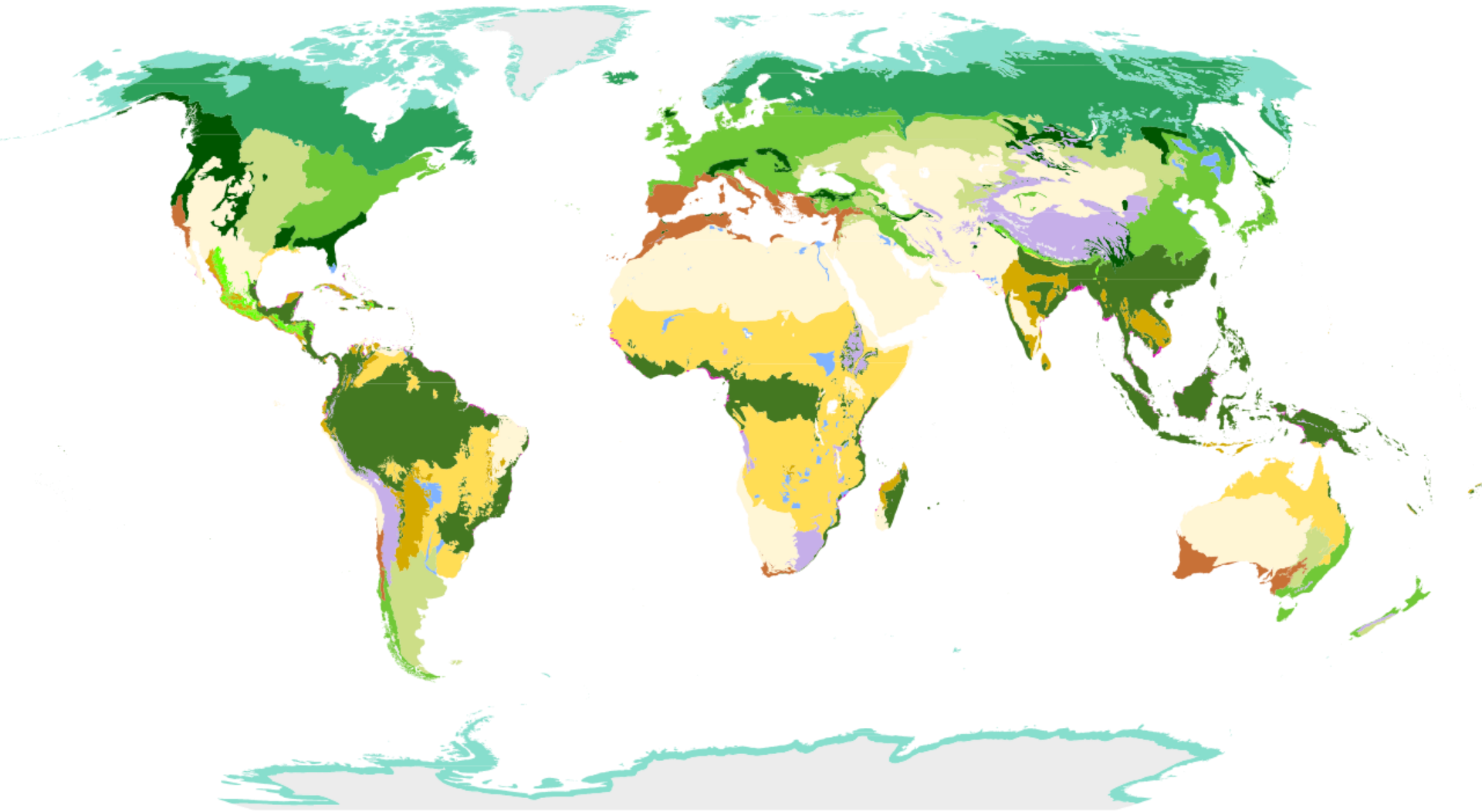
Ένα βίωμα είναι μια κοινότητα φυτών και ζώων που έχουν κοινά χαρακτηριστικά για το περιβάλλον στο οποίο υπάρχουν



- Η βιόσφαιρα διαιρείται σε έναν αριθμό από **βιώματα** τα οποία πληθυσμώνονται από σχετικά παρόμοια χλωρίδα και πανίδα.
- Στην ξηρά τα βιώματα είναι συνάρτηση, κατά κύριο λόγο, του γεωγραφικού πλάτους.
- Βιώματα που υπάγονται στον Αρκτικό και στον Ανταρκτικό κύκλο έχουν σχετική στέρση πανίδας και χλωρίδας, ενώ τα πλέον πυκνοκατοικημένα βιώματα απαντούν στον Ισημερινό.
- Οι εδαφικοί οργανισμοί των εύκρατων και αρκτικών περιοχών έχουν σχετικά μικρά ποσά συνολικής βιομάζας, μικρότερους ενεργειακούς πόρους και εμφανίζουν σημαντική προσαρμοστικότητα στο ψύχος, περιλαμβανομένων και των παγκόσμιων αποδημιών, των κοινωνικών προσαρμογών, της ομοιοθερμίας, της θερινής διαβίωσης, και πολλαπλών στιβάδων μόνωσης.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βιόσφαιρα



Παγκόσμια χαρτογράφηση των χερσαίων βιωμάτων

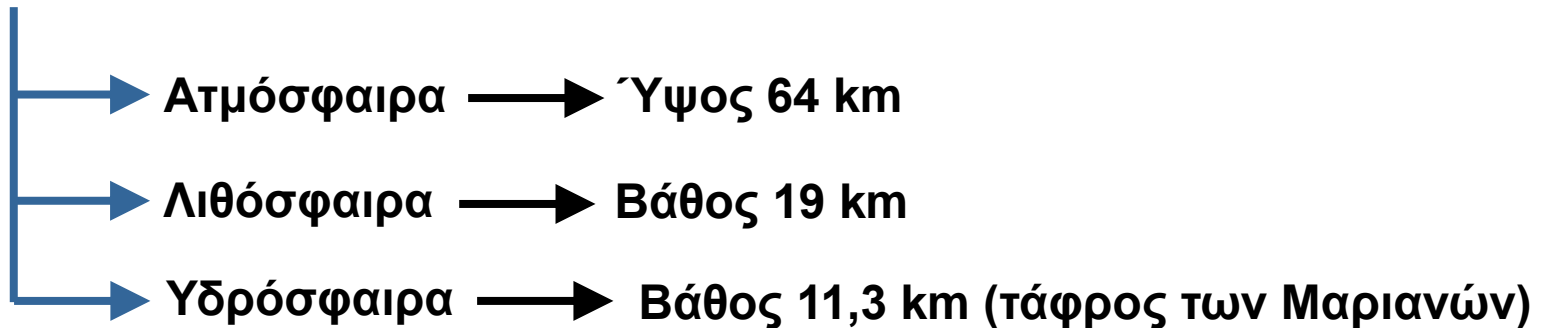
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Βιόσφαιρα



«Τα μικρόβια υπάρχουν παντού - είναι εξαιρετικά προσαρμοσίμα στις συνθήκες και επιβιώνουν οπουδήποτε κι αν βρίσκονται»

Μικροοργανισμοί



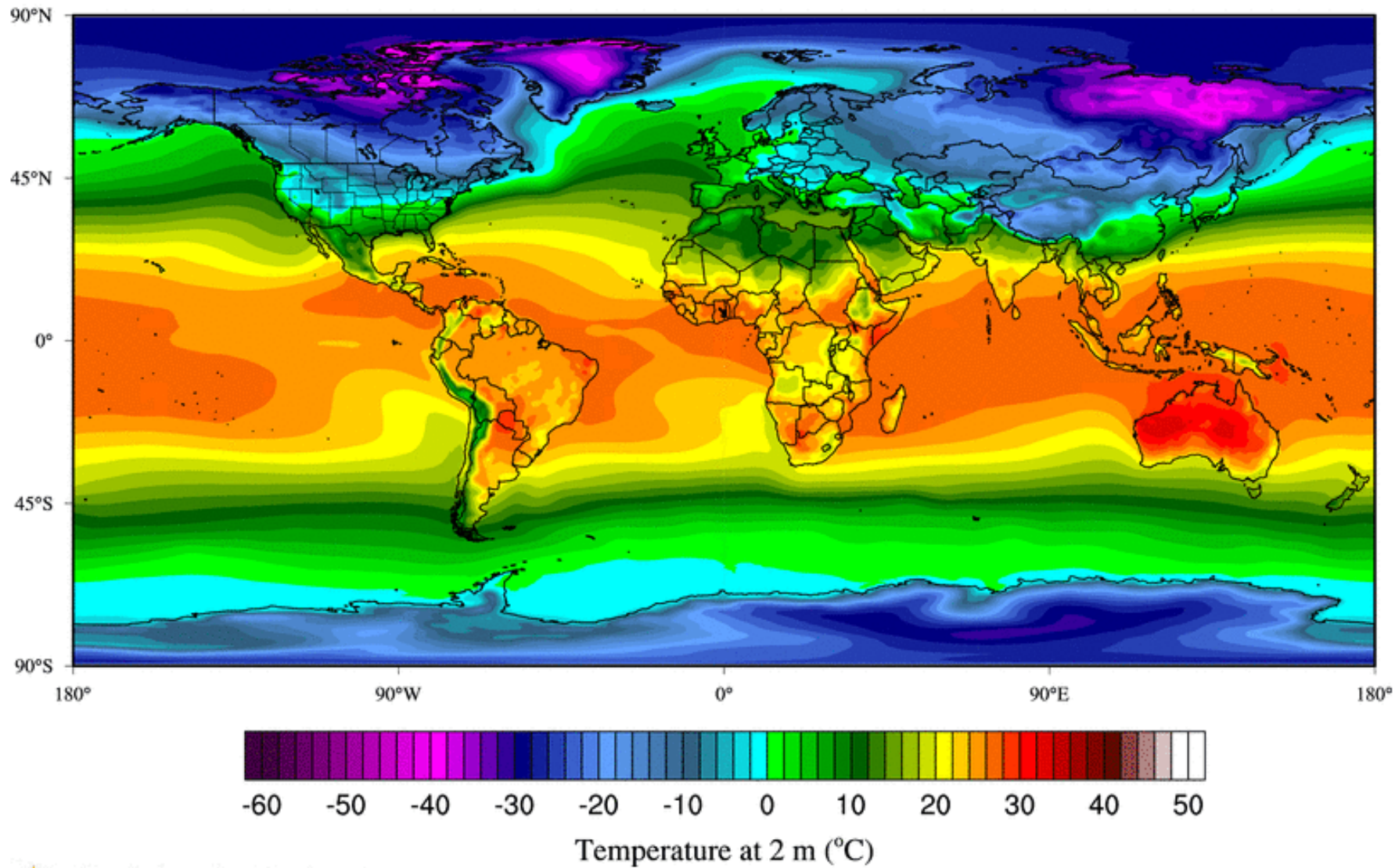
Θερμοκρασία: από τους 122°C ως την Ανταρκτική

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα

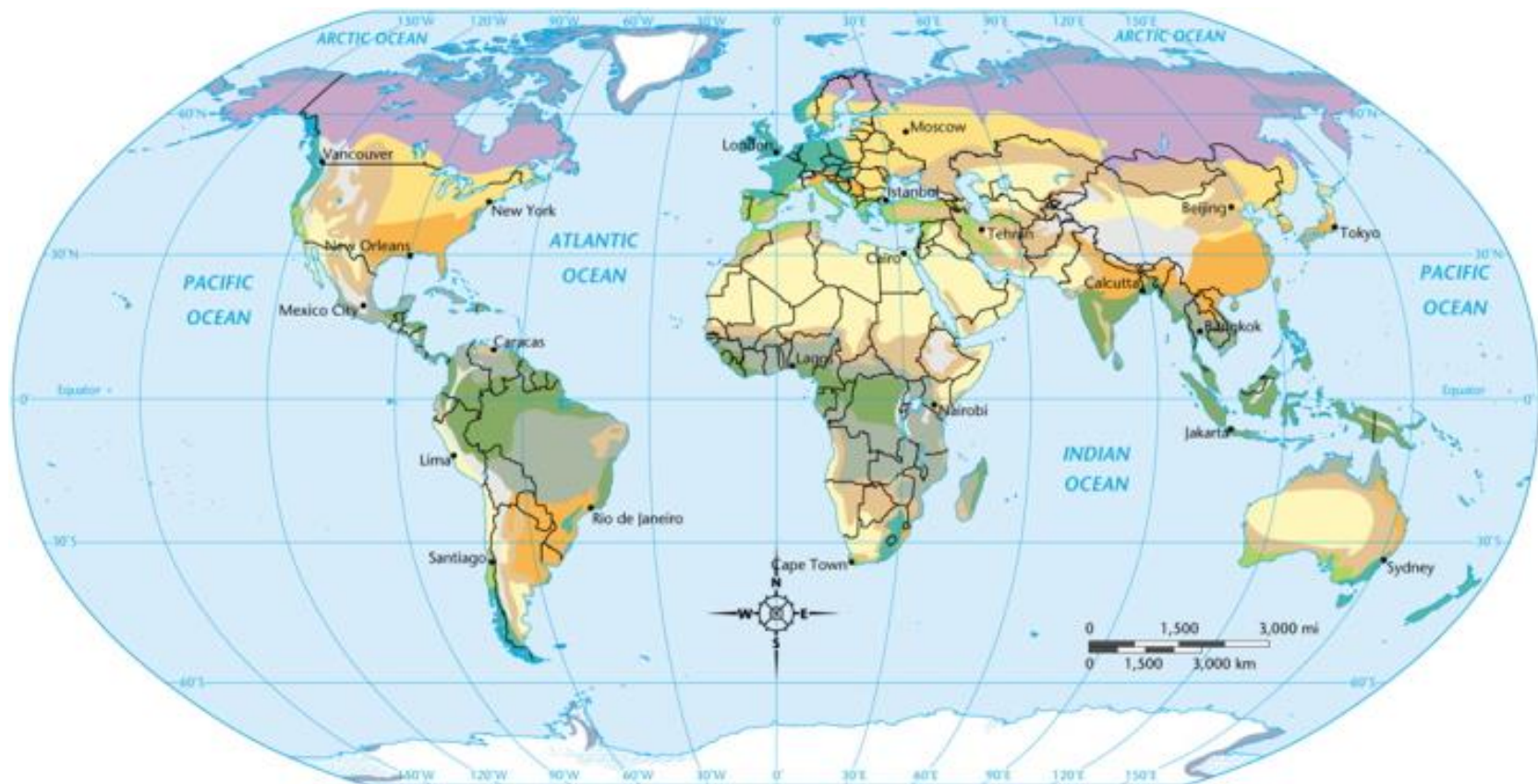
ERA-Interim | Climate Reanalyzer

January 15 1979-2000 Average



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα



Tropical

- Tropical wet
- Tropical wet and dry

Dry

- Semi-arid
- Arid

Moderate

- Mediterranean
- Humid subtropical
- Marine west coast

Continental

- Humid continental
- Subarctic

Polar

- Tundra
- Ice cap
- Highlands
- Non-permanent ice

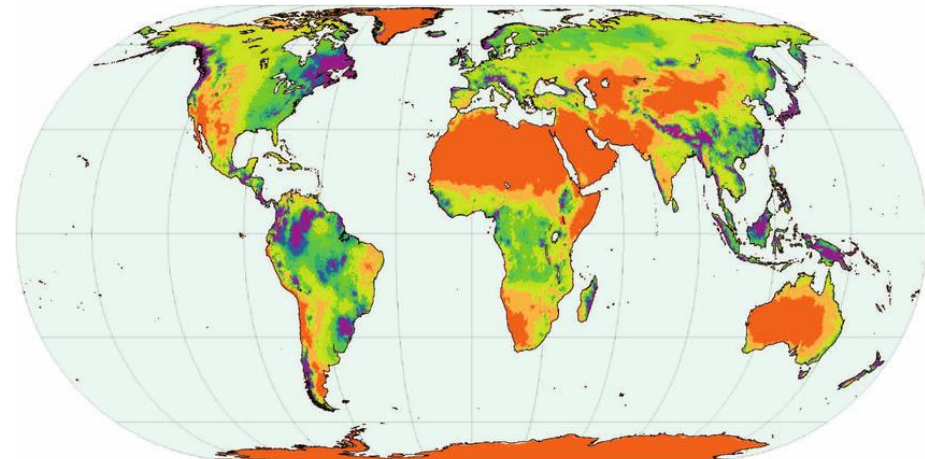
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα

Οι κλιματικές συνθήκες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με το μέσο και τυπικό εύρος διαφόρων μεταβλητών, συνηθέστερα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Το πιο συνηθισμένο σύστημα ταξινόμησης είναι αυτό που αναπτύχθηκε αρχικά από τον Wladimir Köppen



Το σύστημα Thornthwaite, που χρησιμοποιείται από το 1948, χρησιμοποιεί πληροφορίες εξατμισοδιαπνοής καθώς και πληροφορίες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για τη μελέτη της ποικιλομορφίας των ζωικών ειδών και των πιθανών επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών.



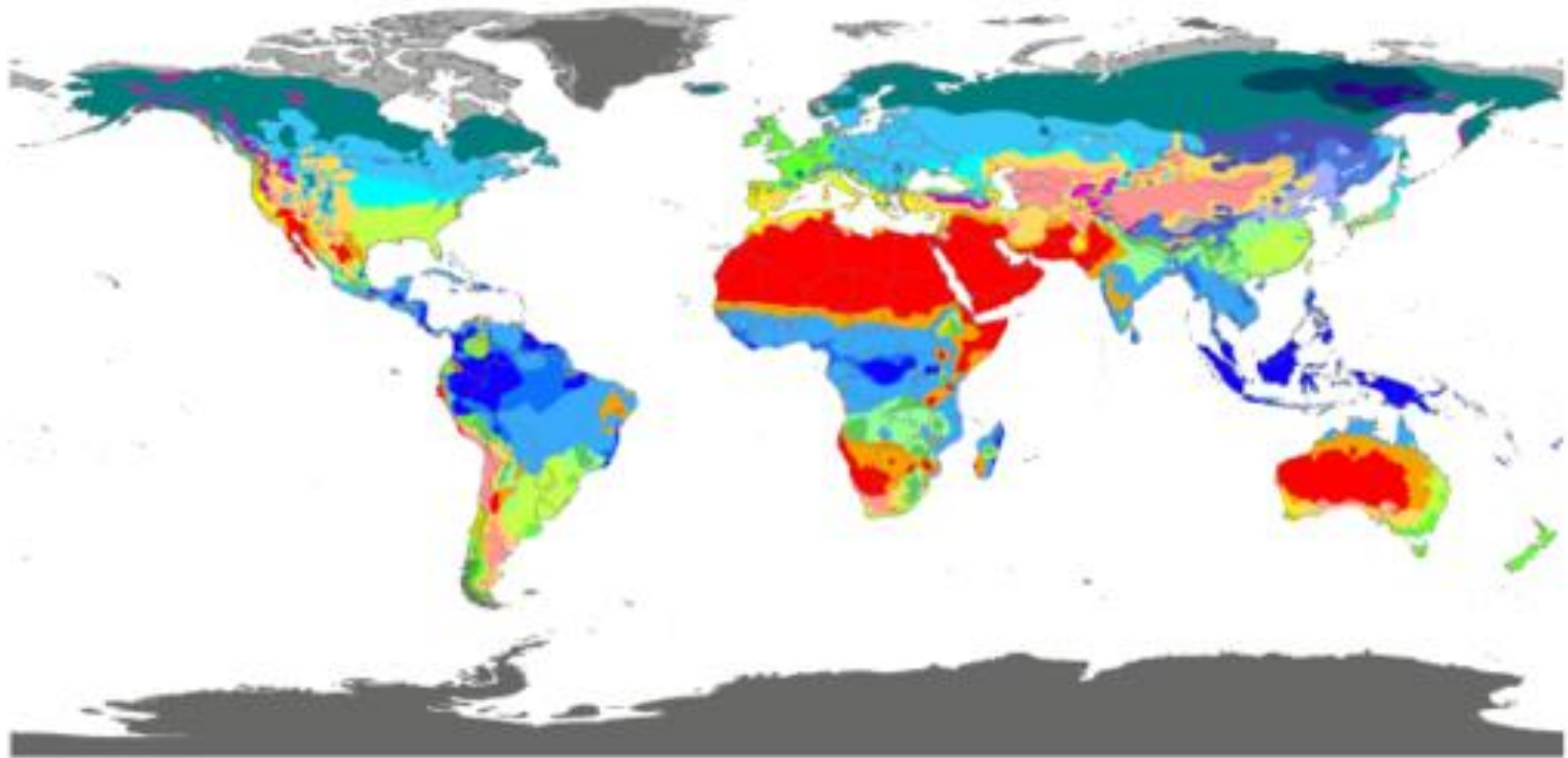
Climatic types based on the 1948 Thornthwaite moisture index

A - Perhumid	B2 - Humid	C1 - Dry subhumid
B4 - Humid	B1 - Humid	D - Semiarid
B3 - Humid	C2 - Moist subhumid	E - Arid

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα

World map of Köppen-Geiger climate classification



THE UNIVERSITY OF
MELBOURNE

Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc		
BSk		Dsd	Dwd	Dfd				

Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

DATA SOURCE : GHCN v2.0 station data
Temperature (N = 4,644) and
Precipitation (N = 12,396)

PERIOD OF RECORD : All available

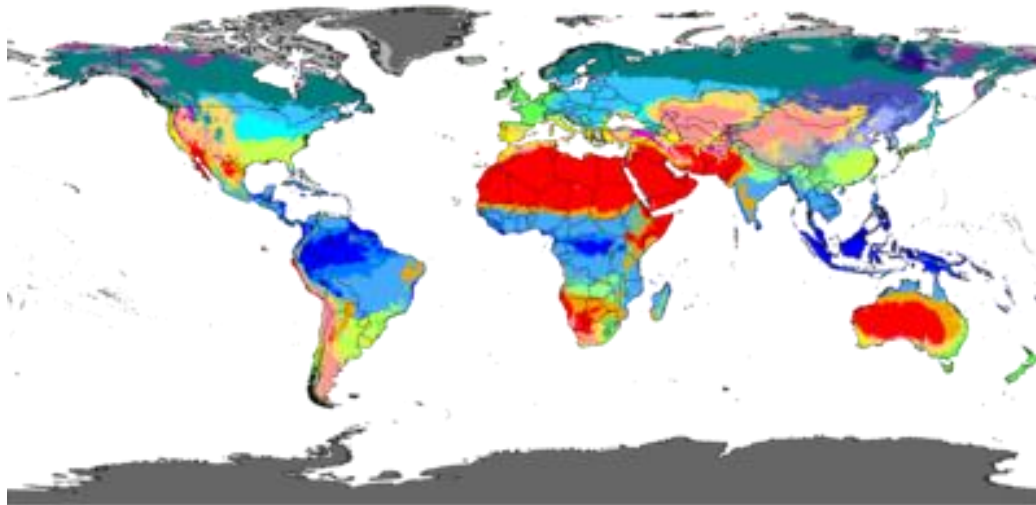
MIN LENGTH : ≥30 for each month.

RESOLUTION : 0.1 degree lat/long

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα

Köppen-Geiger climate classification map (1980-2016)



Source: Beck et al., Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, Scientific Data 5:180214, doi:10.1038/sdata.2016.214 (2016)

1st	2nd	3rd
A (Tropical)	f (Rainforest)	
	m (Monsoon)	
	w (Savanna, Wet)	
	s (Savanna, Dry)	
B (Arid)	W (Desert)	
	S (Steppe)	
		h (Hot) k (Cold)
C (Temperate)	s (Dry summer)	
	w (Dry winter)	
	f (Without dry season)	
		a (Hot summer) b (Warm summer) c (Cold summer)
D (Continental)	s (Dry summer)	
	w (Dry winter)	
	f (Without dry season)	
		a (Hot summer) b (Warm summer) c (Cold summer) d (Very cold winter)
E (Polar)	T (Tundra)	
	F (Eternal winter (ice cap))	

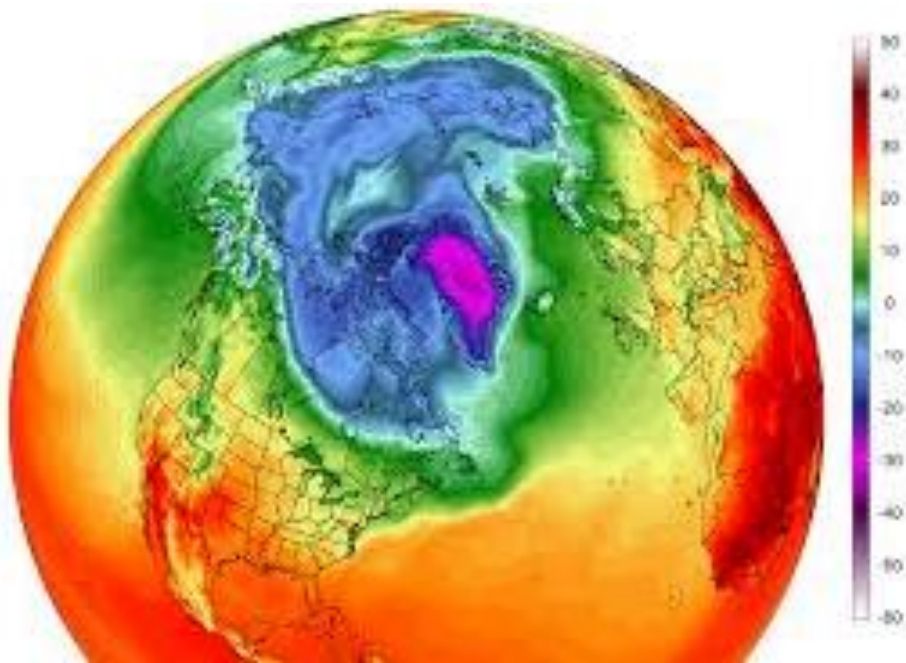
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα

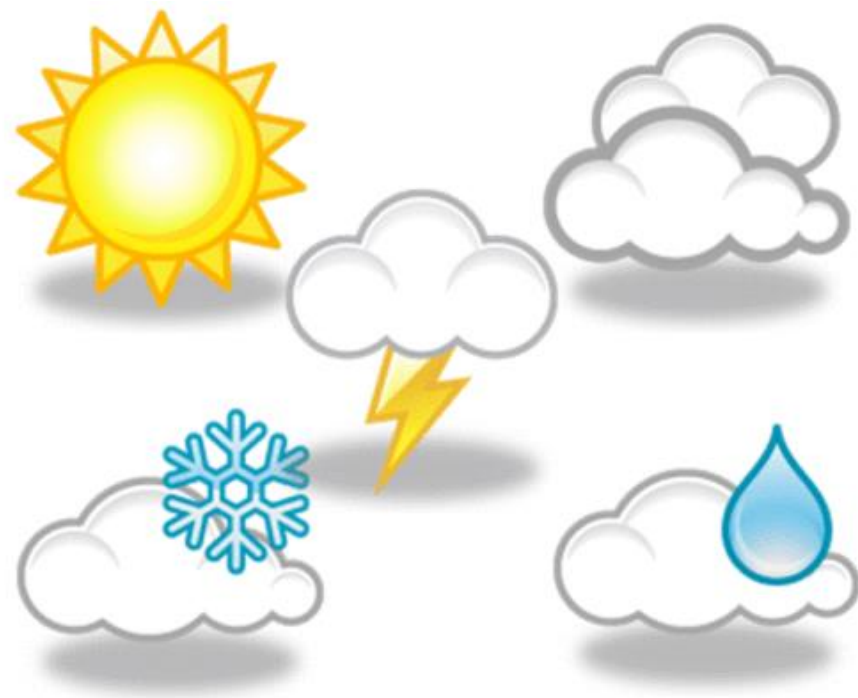
➤ Το **κλίμα** εξετάζει τις στατιστικές της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της ατμοσφαιρικής πίεσης, του ανέμου, της βροχόπτωσης, του αριθμού των ατμοσφαιρικών σωματιδίων και άλλων μετεωρολογικών στοιχείων σε μια δεδομένη περιοχή για μεγάλες χρονικές περιόδους.

➤ Ο **καιρός**, από την άλλη πλευρά, είναι η παρούσα κατάσταση αυτών των ίδιων στοιχείων για περιόδους έως και δύο εβδομάδες

Κλίμα



Καιρός



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

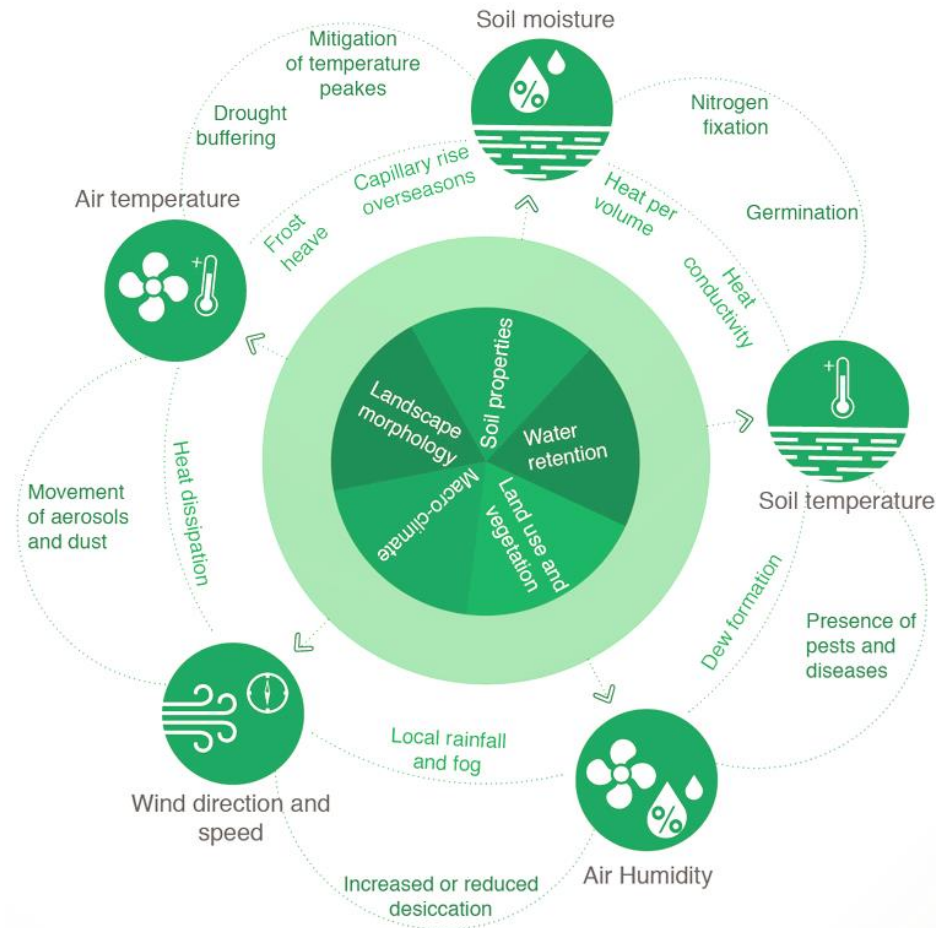
Κλίμα - Μικροκλίμα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Ένα μικροκλίμα είναι ένα **τοπικό σύνολο ατμοσφαιρικών συνθηκών** που διαφέρουν από εκείνες των γύρω περιοχών, συχνά με μια μικρή διαφορά, αλλά μερικές φορές με μια ουσιαστική. Ο όρος μπορεί να αναφέρεται σε περιοχές τόσο **μικρές** όσο λίγα τετραγωνικά μέτρα (π.χ. ένας κήπος ή μια σπηλιά) ή τόσο **μεγάλες** όσο τετραγωνικά χιλιόμετρα

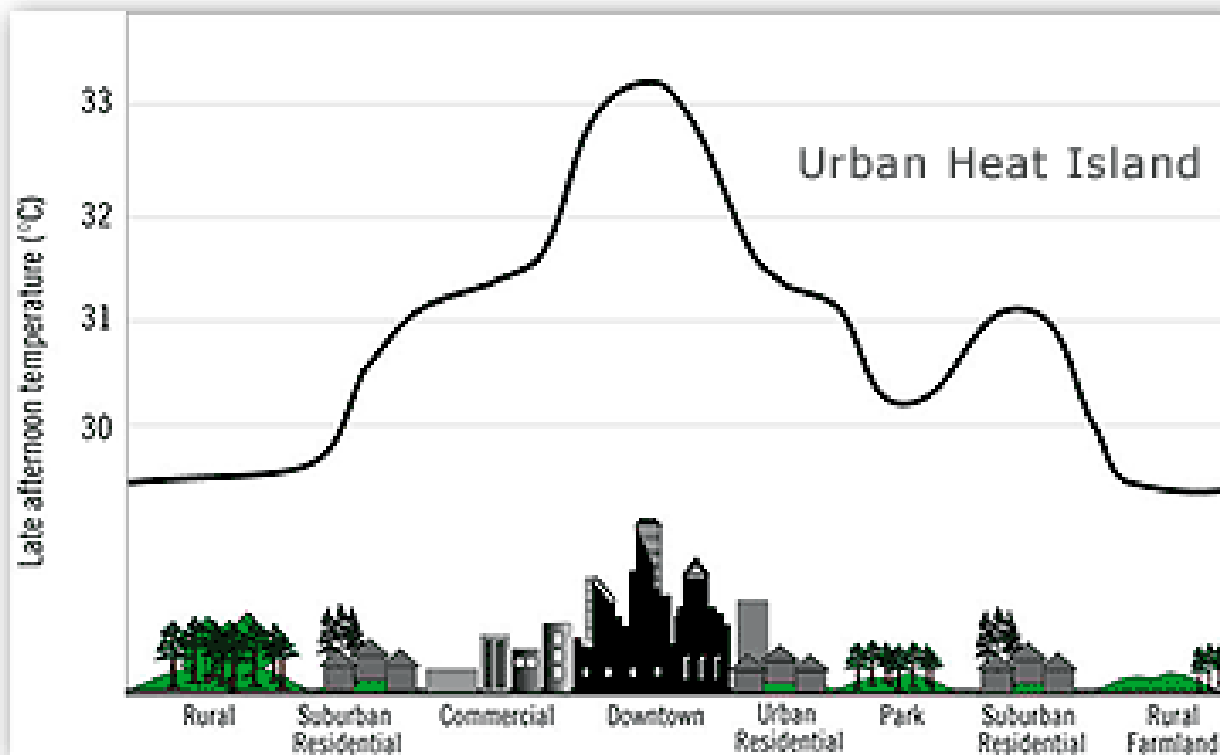


ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Τα μικροκλίματα μπορούν να βρεθούν στα **περισσότερα μέρη**. Τα μικροκλίματα υπάρχουν, για παράδειγμα:

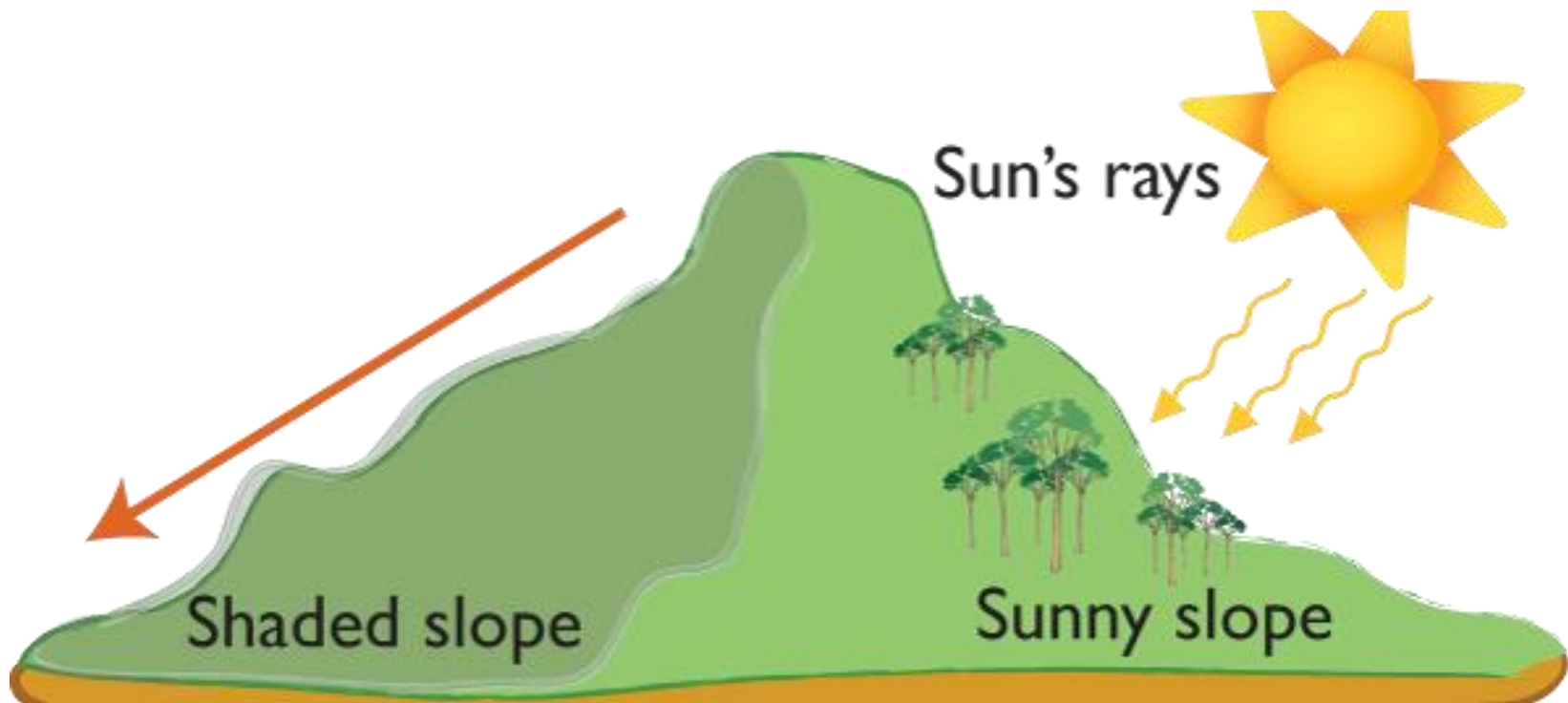
- κοντά σε υδατικά συστήματα που μπορεί να ψύξουν την τοπική ατμόσφαιρα ή
- σε μεγάλες αστικές περιοχές όπου το τούβλο, το σκυρόδεμα και η άσφαλτος απορροφούν την ενέργεια του ήλιου, θερμαίνονται και εκπέμπουν εκ νέου την θερμότητα στον ατμοσφαιρικό αέρα: **η αστική θερμότητα είναι ένα είδος μικροκλίματος**



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

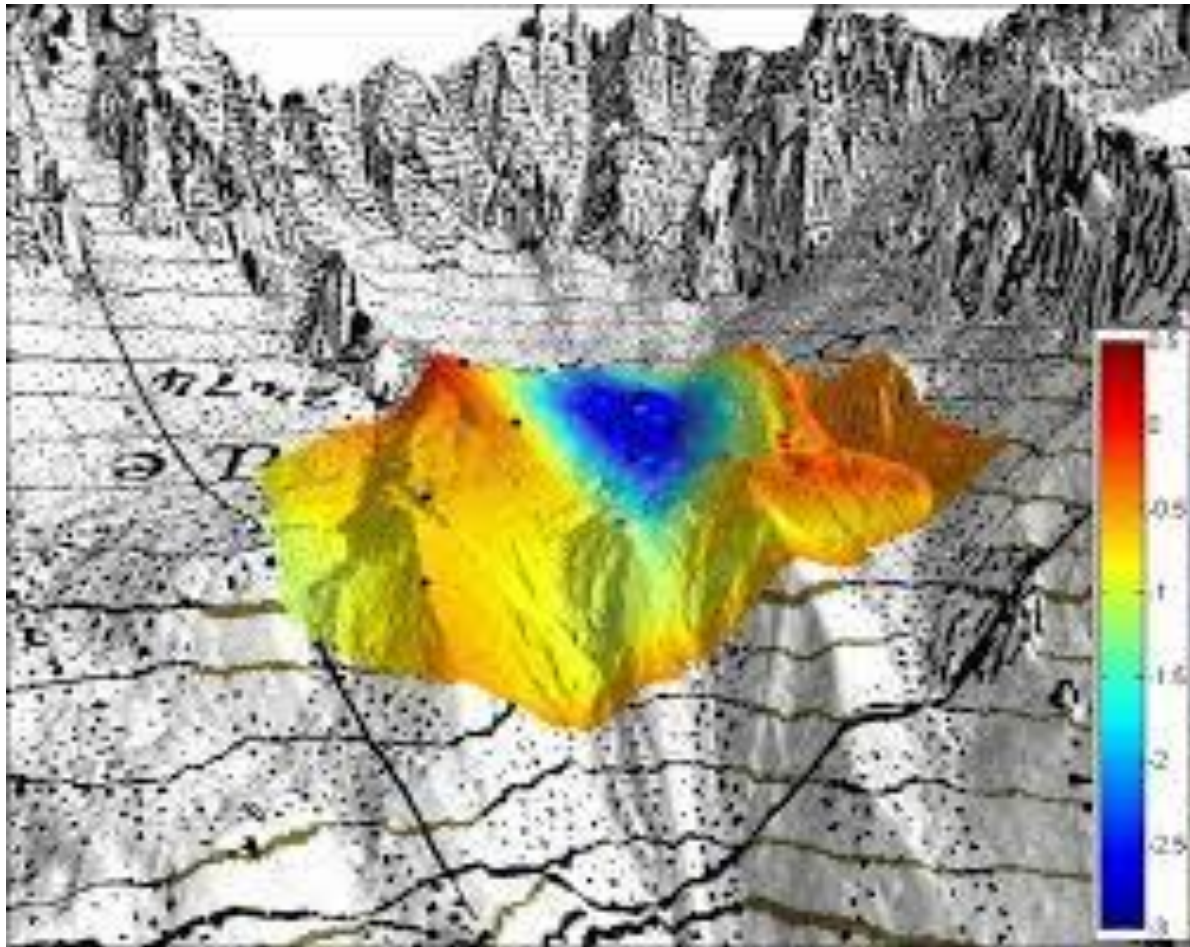
Κλίμα - Μικροκλίμα

Ένας άλλος παράγοντας που συμβάλλει στο μικροκλίμα είναι η κλίση ή η όψη μιας περιοχής. Οι πλαγιές με νότιο προσανατολισμό στο βόρειο ημισφαίριο και οι βόρειες πλαγιές στο νότιο ημισφαίριο εκτίθενται σε πιο άμεσο ηλιακό φως από τις απέναντι πλαγιές και επομένως είναι θερμότερες για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, προσδίδοντας στην κλίση ένα θερμότερο μικροκλίμα από τις περιοχές γύρω από την πλαγιά.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

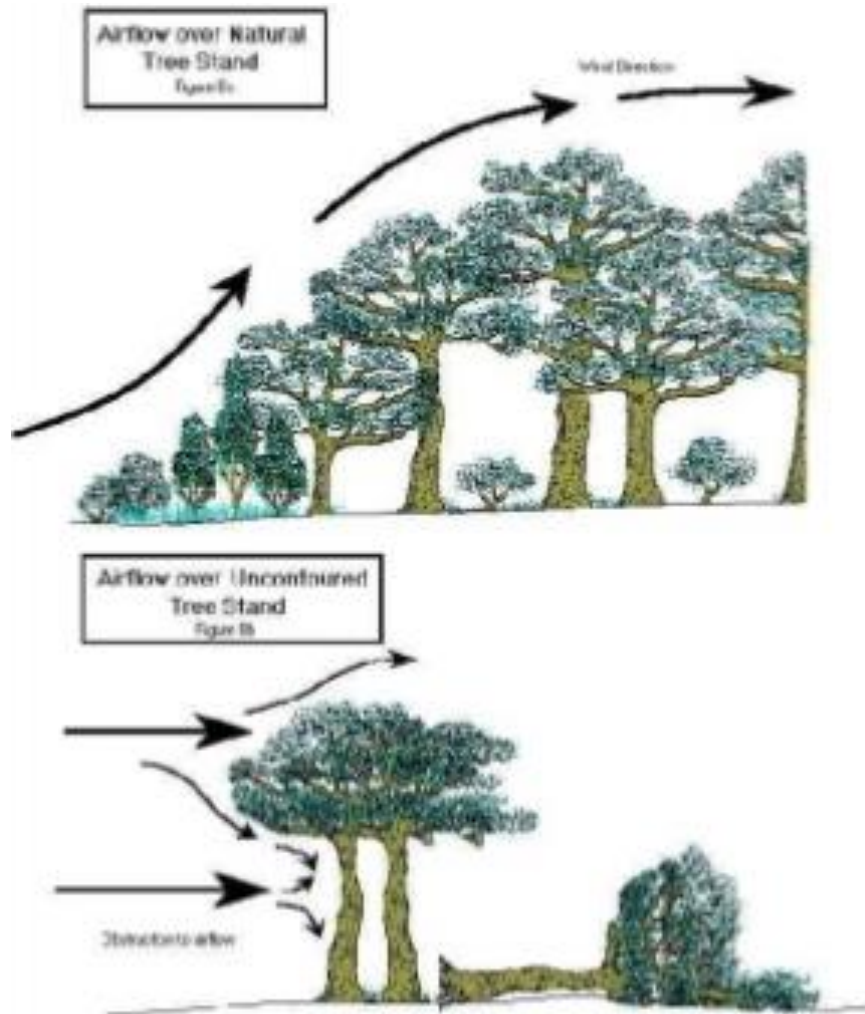


Η χαμηλότερη περιοχή μιας πλαγιάς μπορεί μερικές φορές να παγώσει νωρίτερα ή περισσότερο από ένα κοντινό ανώτερο σημείο, επειδή ο κρύος αέρας καταβυθίζεται, ένα αεράκι ξήρανσης μπορεί να μην φτάσει στον χαμηλότερο πυθμένα και η υγρασία να παραμείνει και να καταβυθιστεί και στη συνέχεια να παγώσει

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

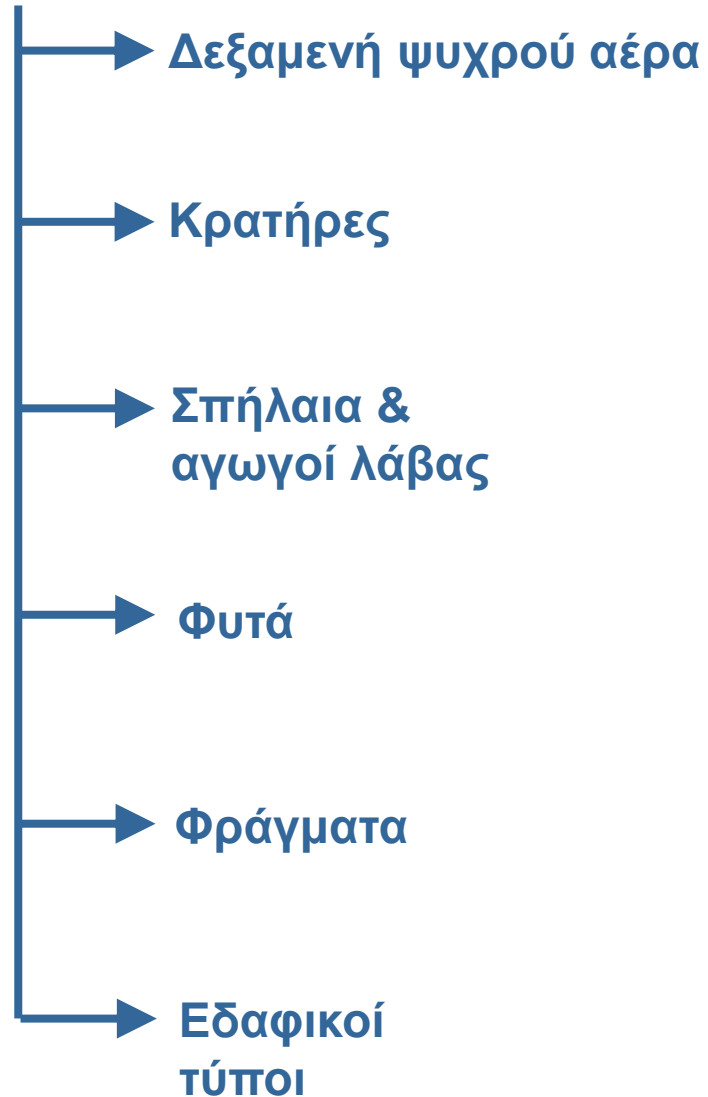
Δασικές εκτάσεις & Μικροκλίμα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

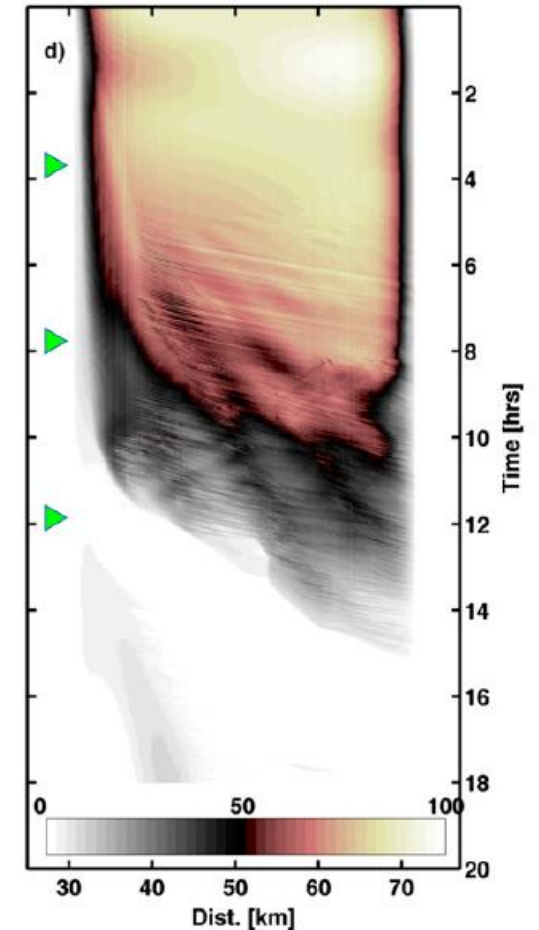
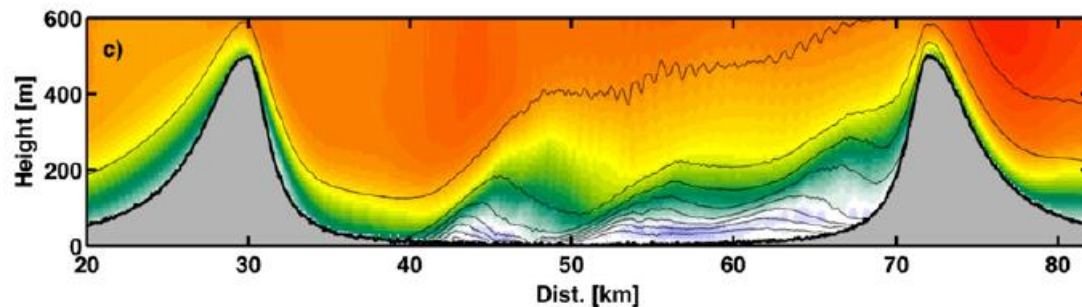
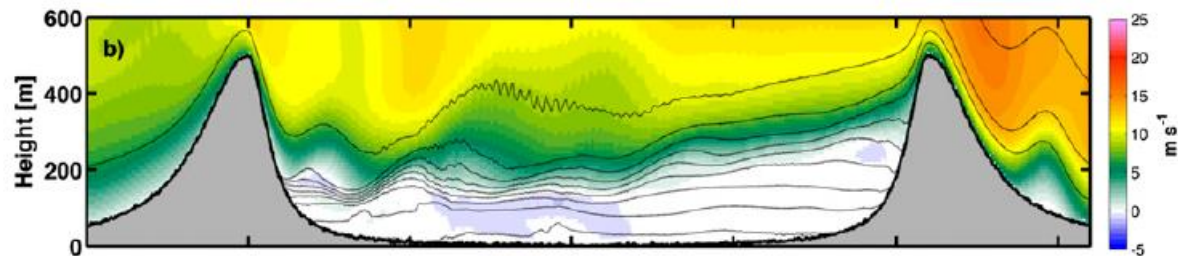
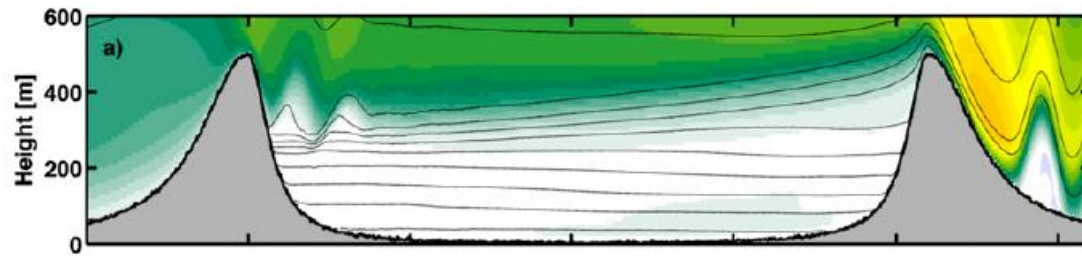
Μικροκλίμα (παραδείγματα)



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Δεξαμενή ψυχρού αέρα



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Κρατήρες

Η παρουσία μόνιμου πάγου κοντά στην επιφάνεια ενός κρατήρα δημιουργεί ένα μοναδικό περιβάλλον μικροκλίματος

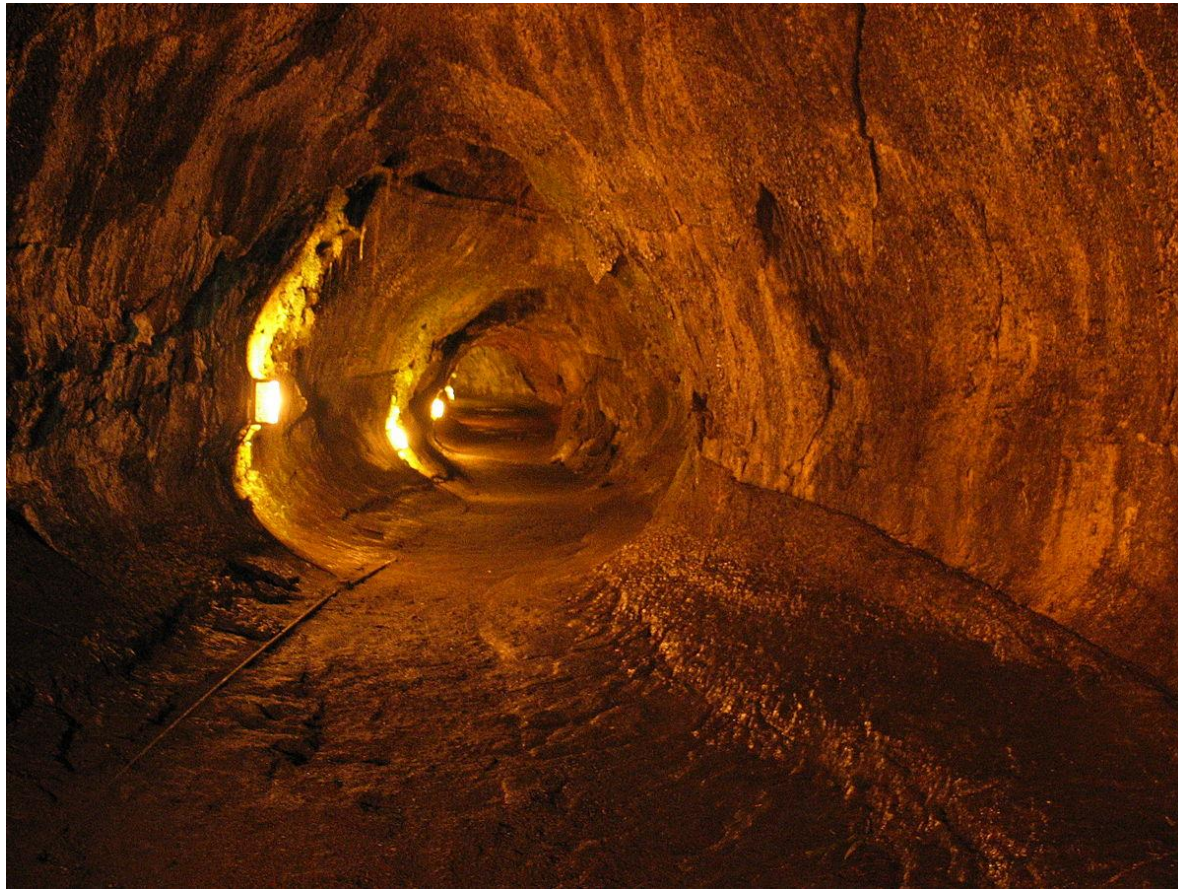


ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Σπήλαια & αγωγοί λάβας

Οι αγωγοί λάβας που δεν σχηματίζονται λόγω ηφαιστειακής δραστηριότητας μπορούν να είναι παρόμοιοι με σπηλιές, το μικροκλίμα όμως εντός του πρώτου είναι διαφορετικό λόγω της κυρίαρχης παρουσίας βασάλτη.

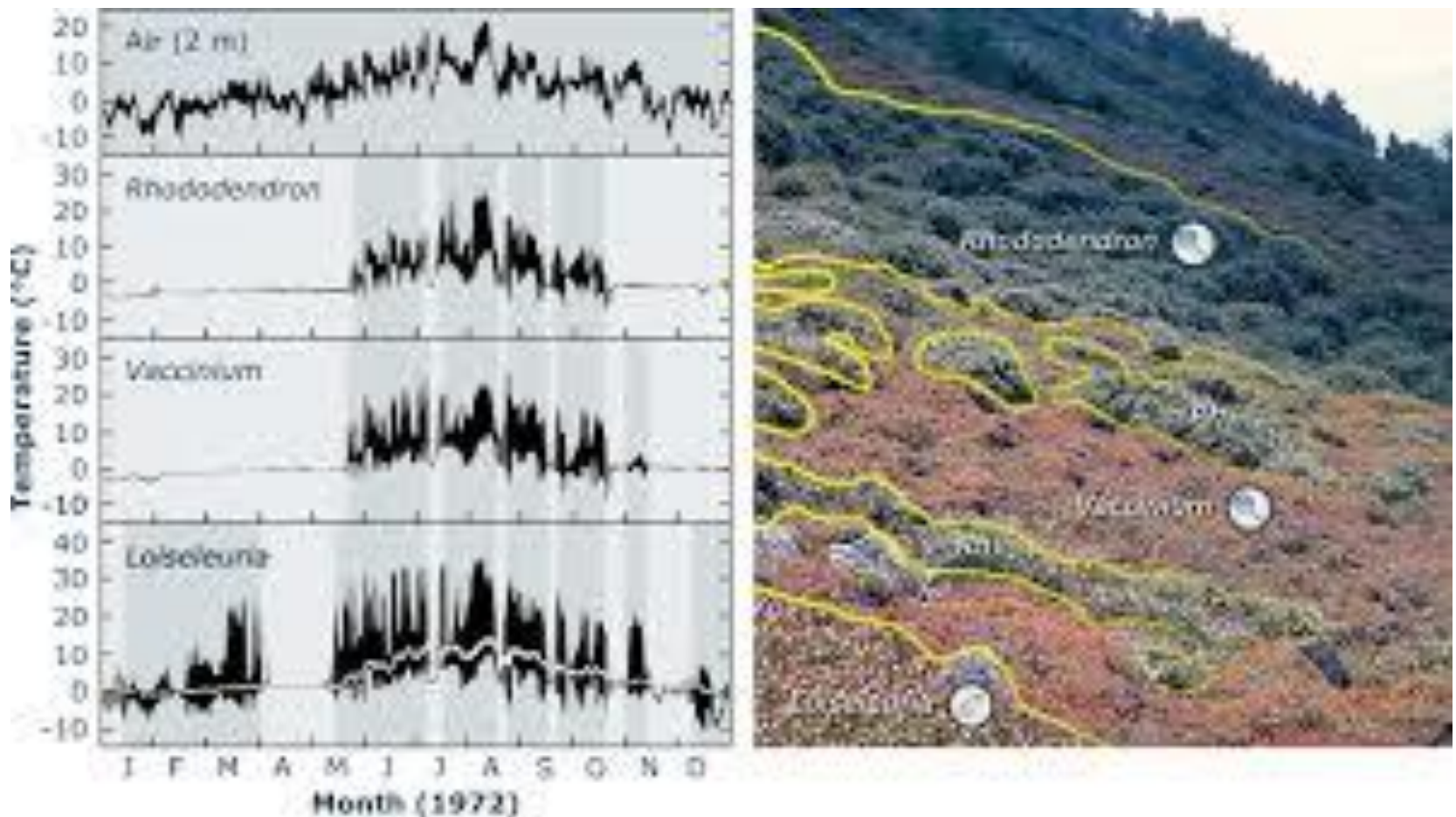


ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Φυτά

Όχι μόνο το κλίμα επηρεάζει το ζωντανό φυτό, αλλά και το αντίθετο αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των φυτών στο περιβάλλον τους μπορεί επίσης να λάβει χώρα και είναι γνωστό ως **φυτικό κλίμα**.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Φράγματα

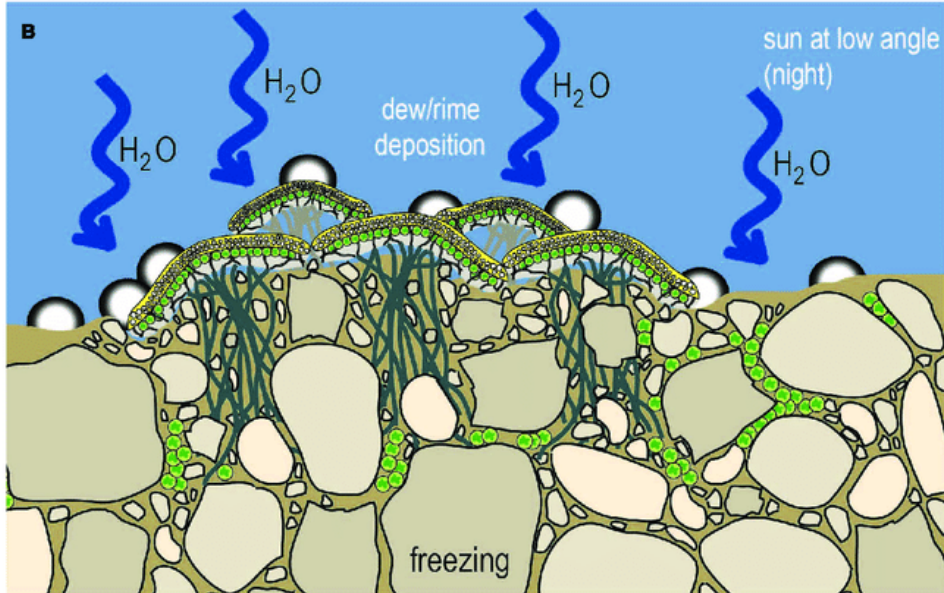
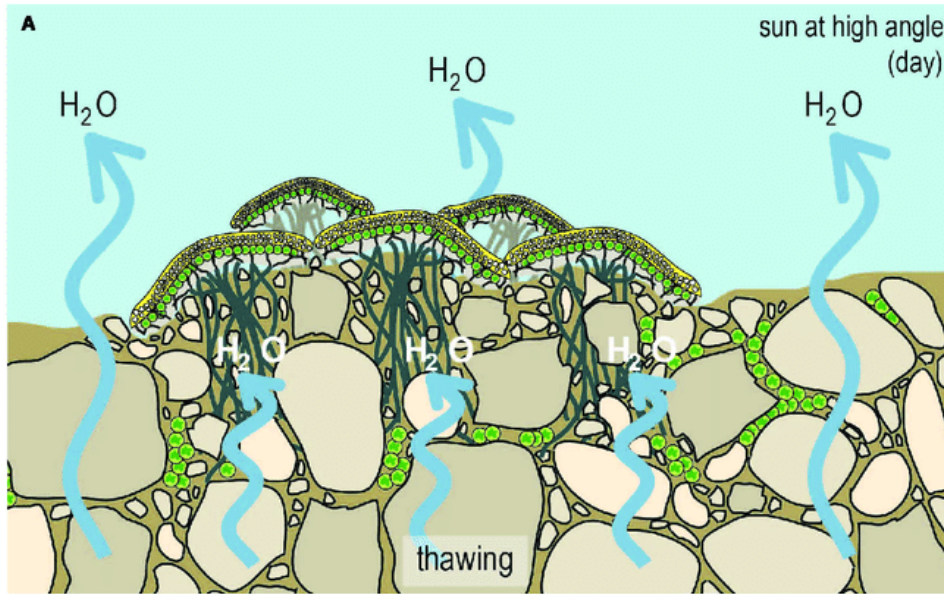
Οι τεχνητές καθώς και οι φυσικές δεξαμενές δημιουργούν μικροκλίματα και συχνά επηρεάζουν το μακροσκοπικό κλίμα.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Εδαφικοί τύποι



Εάν το έδαφος έχει πολλούς θύλακες αέρα, τότε η θερμότητα παγιδεύεται κάτω από το έδαφος, με αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα παγετού στο επίπεδο του εδάφους.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Κλίμα - Μικροκλίμα

Συνήθως, εάν οι εσωτερικές περιοχές έχουν υγρό ηπειρωτικό κλίμα, οι παράκτιες περιοχές παραμένουν πολύ ηπιότερες κατά τους χειμερινούς μήνες, σε αντίθεση με τα θερμότερα καλοκαίρια. Αυτή παρατηρείται στη βόρεια αμερικανική δυτική ακτή, όπως στη **Βρετανική Κολούμπια του Καναδά**, όπου το Βανκούβερ έχει ωκεάνιο υγρό χειμώνα με σπάνιους παγετούς, αλλά οι εσωτερικές περιοχές με θερμότερο καλοκαίρι έχουν κρύους και χιονισμένους χειμώνες



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

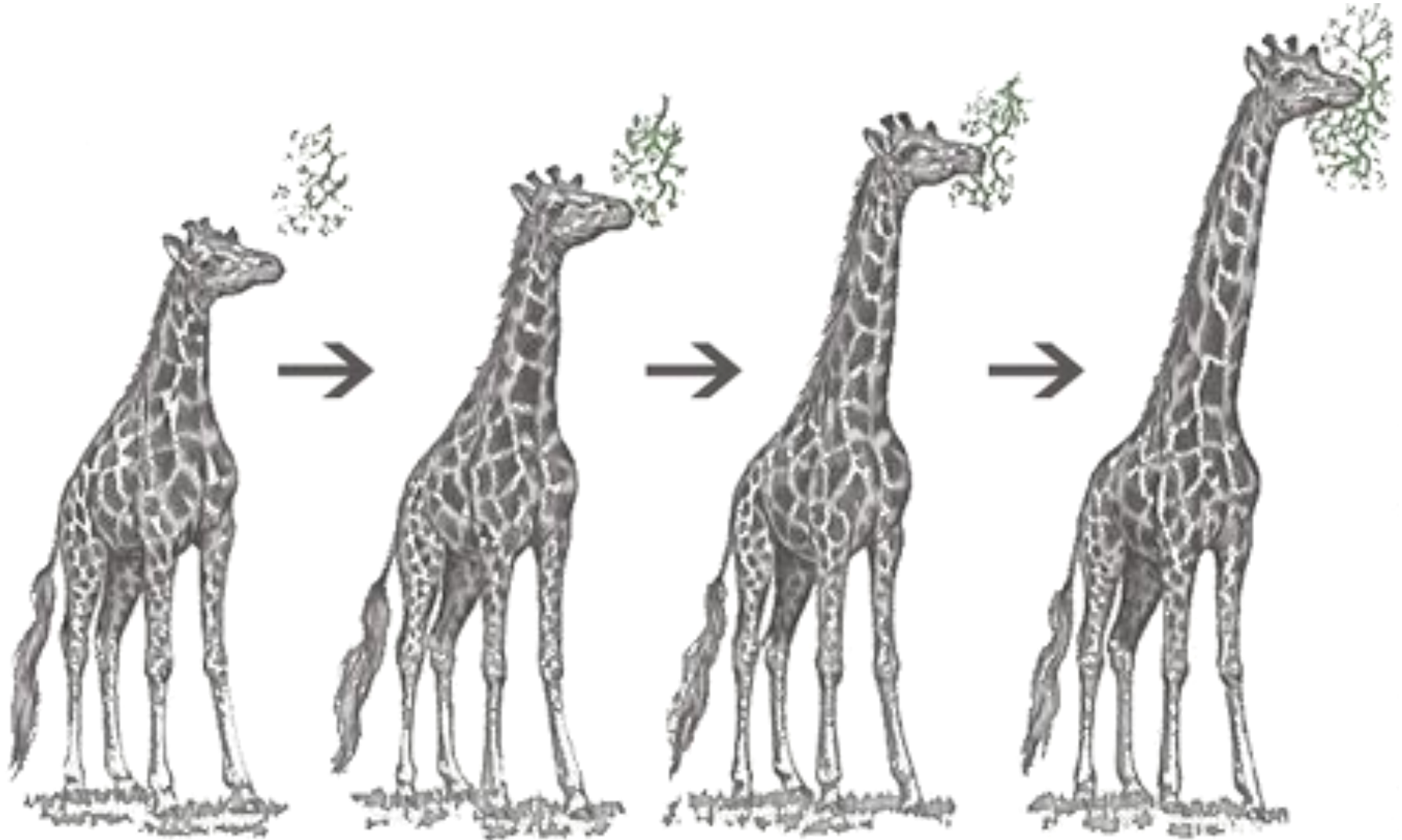
Κλίμα - Μικροκλίμα

Τα μικροκλίματα μπορούν επίσης να αναφέρονται σε **σκοπούμενα περιβάλλοντα**, όπως αυτά που υπάρχουν σε ένα δωμάτιο ή σε άλλο περίβλημα. Τα μικροκλίματα δημιουργούνται συνήθως και συντηρούνται προσεκτικά σε **περιβάλλοντα έκθεσης και αποθήκευσης μουσείων**. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας παθητικές μεθόδους, όπως gel σιλικόνης, ή με ενεργές συσκευές ελέγχου μικροκλίματος.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή



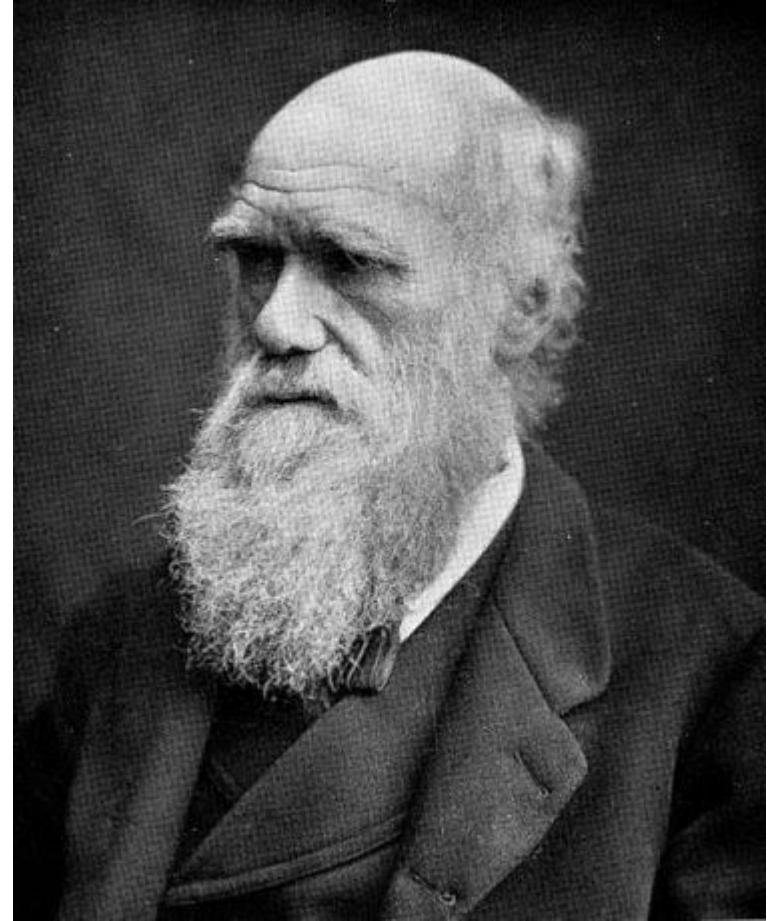
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Η φυσική επιλογή είναι η διαφορική επιβίωση και η αναπαραγωγή των ατόμων λόγω διαφορών στο φαινότυπο.

Είναι ένας βασικός μηχανισμός εξέλιξης: η αλλαγή στα κληρονομικά χαρακτηριστικά που χαρακτηρίζουν έναν πληθυσμό από γενιά σε γενιά.

Ο Charles Darwin διακήρυξε τον όρο "φυσική επιλογή", σε αντίθεση με την τεχνητή επιλογή, η οποία είναι σκόπιμη, ενώ η φυσική επιλογή δεν είναι.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Πριν τη Βιομηχανική
Επανάσταση



Μετά τη Βιομηχανική
Επανάσταση



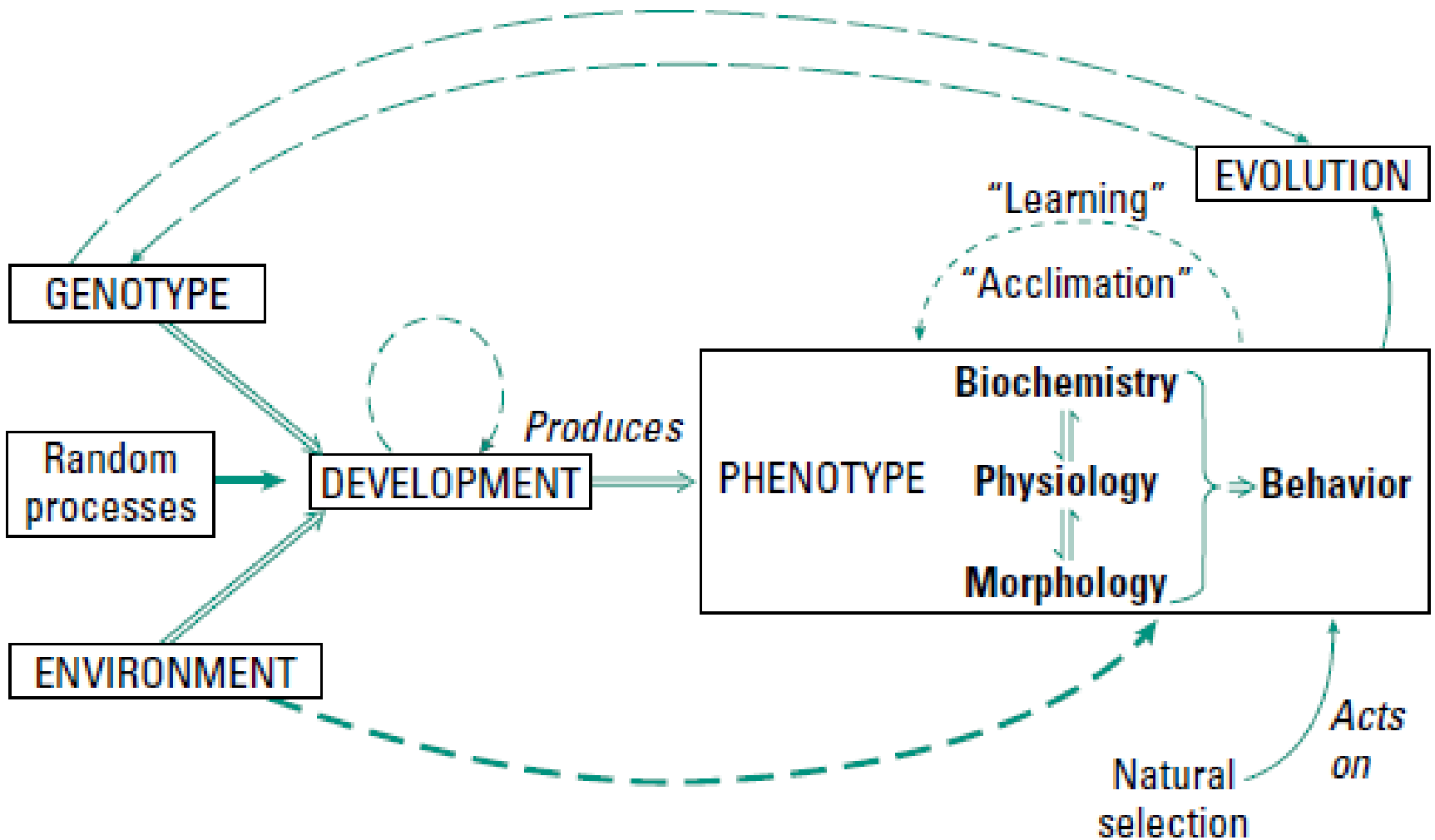
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

- Ο γονότυπος και το περιβάλλον αλληλεπιδρούν με τις αναπτυξιακές διεργασίες για να δώσουν ένα συγκεκριμένο φαινότυπο, ένα σύνολο βιοχημικών, φυσιολογικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών.
- Ο φαινότυπος περιλαμβάνει επίσης τη συμπεριφορά, η οποία είναι περιορισμένη από όλους τους άλλους φαινοτυπικούς χαρακτήρες.
- Η φυσική επιλογή ενεργεί σε ολόκληρο το επίπεδο του οργανισμού, και επομένως και στη συμπεριφορά.
- Τα βιοχημικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά υπόκεινται μόνο στην επιλογή εάν έχουν ανιχνεύσιμα και σταθερά αποτελέσματα στο επίπεδο συμπεριφορικής απόδοσης (π.χ. ταχύτητα διαφυγής, αναπαραγωγικές συμπεριφορές, την αποτελεσματικότητα της συλλογής τροφίμων κ.λπ.), που με τη σειρά τους επηρεάζουν την αναπαραγωγική ικανότητα.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Οι δύο βασικές έννοιες στη φυσική επιλογή είναι η **ικανότητα για προσαρμογή (fitness)** και το **περιβάλλον**. Η ικανότητα για προσαρμογή συνδέεται στενά με την προσαρμοστικότητα και ως εκ τούτου με την προσαρμογή (όλες αυτές οι έννοιες υπόκεινται σε εντατική ανάλυση από οικολόγους και εξελικτικούς βιολόγους)

Τα περιβάλλοντα κατηγοριοποιούνται με βάση τρεις σημαντικές αλληλεπιδρούσες παραμέτρους:

- Περιβαλλοντικό στρες
- Μέγεθος Διακυμάνσεων
- Διαθεσιμότητα Ενέργειας ή Πόρων

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Περιβαλλοντικό στρες

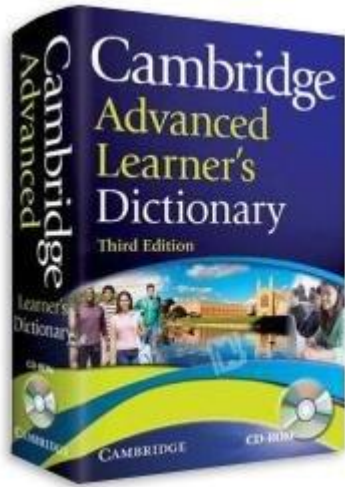
Δεδομένου ότι η ζωή στη Γη εξελίχθηκε στη θάλασσα που ήταν θερμικά και οσμωτικά σχετικά σταθερή και όλοι οι κυτταρικοί μηχανισμοί ήταν θεμελιωδώς προσαρμοσμένοι στις σταθερές, μάλλον δροσερές θαλάσσιες συνθήκες, είναι συχνά χρήσιμο να δούμε το αβιοτικό στρες ως εξαρτώμενο από το πόσο έχουν παρεκκλίνει οι περιβαλλοντικές συνθήκες από τα σημεία εκκίνησης.



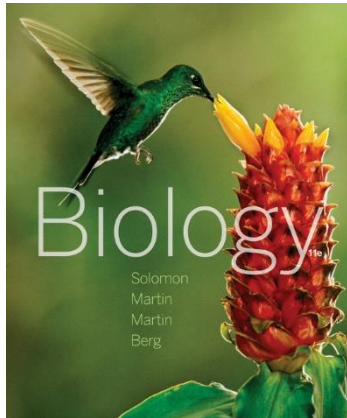
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Περιβαλλοντικό στρες



Stress: great worry caused by a difficult situation or something that causes this condition.



Physiological or biological **stress** is an organism's response to a stressor such as an environmental condition.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Μέγεθος Διακυμάνσεων

- Τα περιβάλλοντα μπορεί να είναι πολύ σταθερά σε όλα τα χρονοδιαγράμματα που σχετίζονται με τους ζωντανούς οργανισμούς (κλασική περίπτωση είναι βαθιά θάλασσα).
- Ή μπορεί να ποικίλλουν σε εξελικτική και γεωλογική κλίμακα δεκάδων ή εκατοντάδων ή χιλιάδων χρόνων (καθώς οι μάζες των εδαφών κινούνται, τα επίπεδα της θάλασσας αυξάνουν και μειώνονται, τα υλικά διαβρώνονται και εναποτίθενται αλλού, και τα ποτάμια αλλάζουν την πορεία τους). Μπορεί επίσης να υπάρξουν αλλαγές με μια τακτική ετήσια, σεληνιακή, ή καθημερινή κυκλικότητα.
- Τέλος, υπάρχουν αλλαγές σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα ωρών ή λεπτών ή δευτερολέπτων, καθώς αλλάζει ο καιρός. Σημείωση και πάλι ότι το μέγεθος της αλλαγής είναι ένα σχετικό φαινόμενο, που συνδέεται ιδιαίτερα με το μέγεθος του δέκτη.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Μέγεθος Διακυμάνσεων

Βραχυπρόθεσμες αλλαγές είναι ιδιαίτερα σημαντικές σε σχέση με πολύ τοπικά μικροπεριβάλλοντα και επομένως σε πολύ μικρά ζώα. Η διαφορά μεταξύ του περιβάλλοντος πάνω από ένα φύλλο και του περιβάλλοντος κάτω από αυτό μπορεί να είναι μεγάλη, και να αλλάξει μέσα σε δευτερόλεπτα σε σχέση με τη μεταβαλλόμενη ηλιακή ακτινοβολία, τις κινήσεις του αέρα και τις βροχοπτώσεις.



Τα μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα θέτουν ένα υψηλό επιλεκτικό δείκτη στην ευελιξία ή την ανοχή στα ζώα, παρά σε συγκεκριμένες προσαρμογές σε ιδιαίτερες συνθήκες. Αυτό μπορεί να ισχύει ιδιαίτερα όταν ο άνθρωπος έχει παρέμβει στο φυσικό οικοσύστημα για να θέσει νέες πιέσεις στα ζώα, είτε από την καταστροφή των οικοτόπων, την αλλαγή του κλίματος, είτε από την εισαγωγή πολλών ειδών τοξικών χημικών ουσιών.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή Διαθεσιμότητα Ενέργειας ή Πόρων

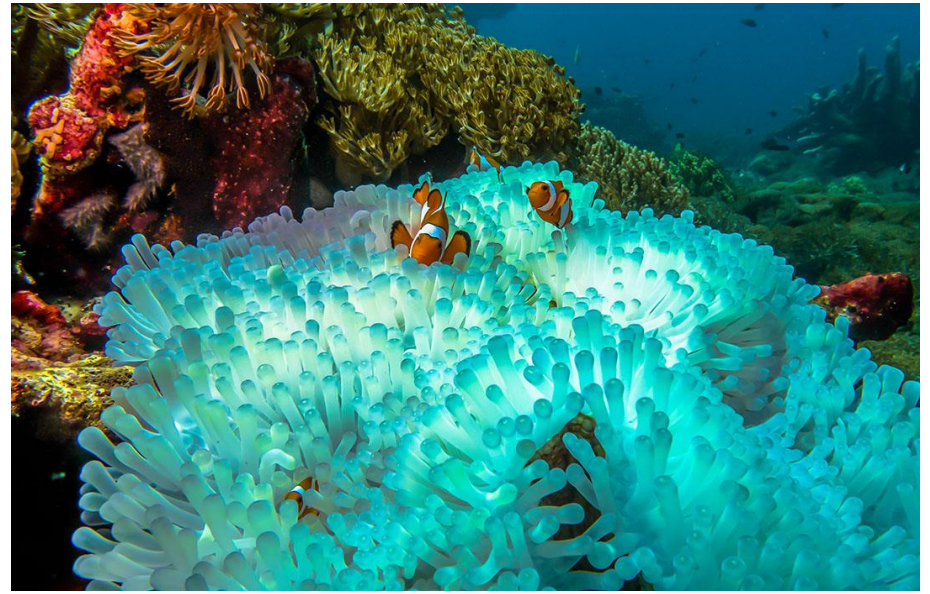
Παραδοσιακά είναι γνωστό ότι στα περιβάλλοντα στα οποία η ενέργεια είναι αυστηρά περιορισμένη, όπως μπορεί να είναι σε ερήμους και σε πολικές περιοχές, τα αποτελέσματα είναι απλές κοινότητες με σύντομες τροφικές αλυσίδες, οι οποίες δομούνται κυρίως από ζώα με χαμηλές μεταβολικές απαιτήσεις.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή Διαθεσιμότητα Ενέργειας ή Πόρων

Αντίθετα, σε μάλλον σταθερά περιβάλλοντα με υψηλή πρωτογενή παραγωγικότητα και ταχεία ροή ενέργειας (τροπικά δάση ή κοραλλιογενείς υφάλοι), τα είδη μπορούν να αναπτύξουν πιο συγκεκριμένες προτιμήσεις, που οδηγούν στην εξειδίκευση και την παραγωγή ποικίλων και σύνθετων ζωικών κοινοτήτων.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Διαθεσιμότητα Ενέργειας ή Πόρων

*Το **συμπέρασμα** όλων αυτών είναι ότι οι κοινότητες σταθερά υψηλής ενέργειας θα ευνοούσαν την προσαρμογή, ενώ οι ρυθμοί της εξελικτικής αλλαγής μπορεί να είναι μάλλον χαμηλοί σε χαμηλής ενέργειας κοινότητες.*

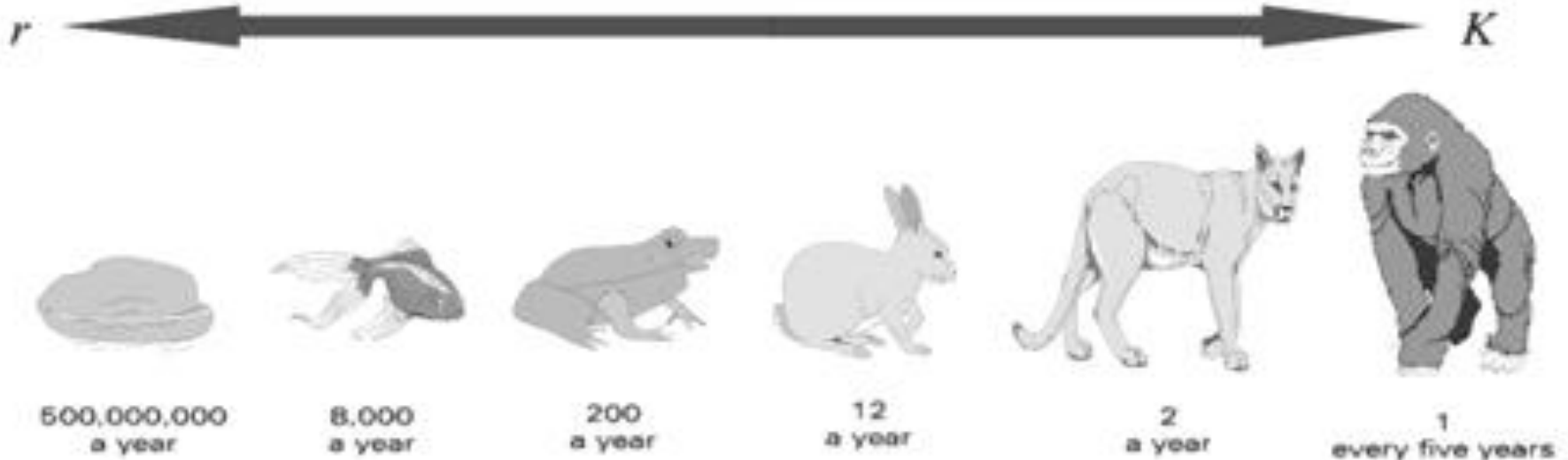
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τριών αυτών στοιχείων ενός περιβάλλοντος τείνουν να καθορίζουν τα είδη και την ποικιλομορφία των ζώων και το είδος της επιλογής που λειτουργεί. Παραδοσιακά εντοπίζονται δύο κύριοι τύποι επιλογής:

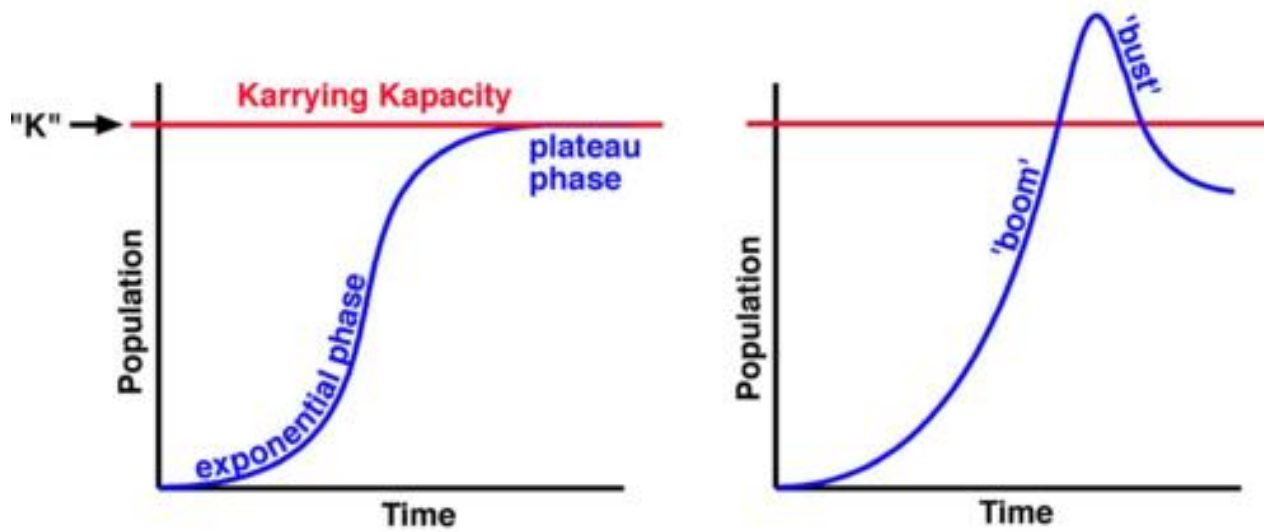
- **r-επιλογή**, η οποία συμβαίνει σε απρόβλεπτα περιβάλλοντα και
- **K-επιλογή**, η οποία συμβαίνει σε πιο προβλέψιμα περιβάλλοντα

The *r*-*K* Scale of Reproductive Strategy: Balancing Egg Output versus Parental Care



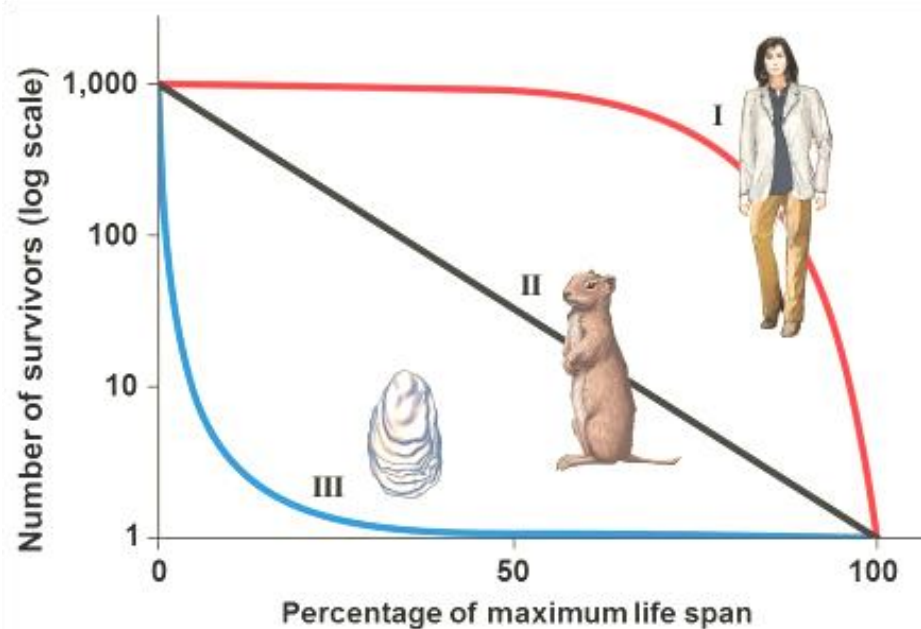
ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή



K-species

r-species



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή



r selected	k selected
Unstable environment	Stable environment
Small size of organisms	Large size of organisms
Energy used to make individuals is low	Energy used to make individuals is high
Many offspring are produced, early maturity	less offspring are produced, late maturity
Short life expectancy	long life expectancy
Each individual reproduce only once.	Each individual reproduce more than once.
Density independent	Density dependent
Follow type III survivorship curve	Follow type I OR II survivorship curve

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

- Μερικοί συγγραφείς προτιμούν να χρησιμοποιούν ένα τρισδιάστατο μοντέλο, όπου η K-επιλογή είναι ο κανόνας στα προβλέψιμα ευνοϊκά ενδιαιτήματα αλλά αντικαθίσταται από την A-επιλογή σε περισσότερα ακραία περιβάλλοντα όπου οι συνθήκες είναι προβλέψιμα δυσμενείς.
- Η A-επιλογή συμβαίνει σε οικοτόπους που είναι υψηλού περιβαλλοντικού στρες, αλλά με χαμηλό μέγεθος διακυμάνσεων και με χαμηλή διαθέσιμη ενέργεια. Τα ζώα εδώ έχουν υψηλή ανοχή στο στρες, χαμηλή γονιμότητα, καθυστερημένη ωρίμανση και μεγάλη διάρκεια ζωής, με πολύ χαμηλά επίπεδα βιοτικής αλληλεπίδρασης.
- Η A-επιλογή μπορεί να αναμένεται σε πολλά είδη ακραίων περιβαλλόντων: ερήμους, πολικές περιοχές, ορεινούς οικοτόπους, σπηλιές, ανόξινη λάσπη

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

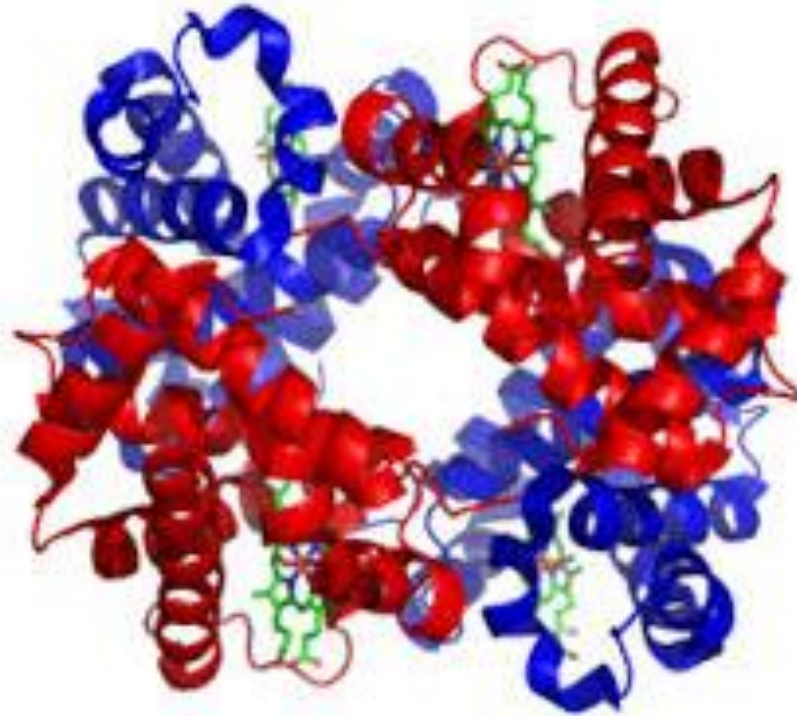
	<i>r</i> -selection	<i>K</i> -selection	<i>A</i> -selection
<i>Environment</i>			
Stability	Low	High	High
Abiotic stress	High	Low	High
Energy	Low	High	Low
<i>Individuals</i>			
Body size	Small	Large	Small <i>or</i> large
Lifespan	Short	Long	Long
Maturity	Early	Late	Late
<i>Reproduction</i>			
Pattern	Semelparous	Iteroparous	Either
Generation time	Short	Long	Either
Fecundity	High	Low	Low
Offspring	Many, small	Few, large	Either
Parental care	Absent	Common	Possible
<i>Populations</i>			
Density	Fluctuating	High	Low, or fluctuating
Stability	Fluctuating	Steady	Fluctuating
Range	High	Low	Either
Competition	Low	High	Low
Biotic interactions	Few, simple	Many, complex	Few, simple
<i>Overview</i>			
	Small	Large	Very varied
	Rapid reproductive output	Slow reproductive output	Usually slow
	Colonists	Climax communities	Simple climax
	Generalists	Specialists	Specialists

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Η προσαρμογή είναι μια κεντρική ιδέα στη βιολογία και αυτή που προσελκύει τεράστια διαμάχη. Συχνά χρησιμοποιείται για να περιγραφεί τόσο ένα πρότυπο όσο και μια διαδικασία.

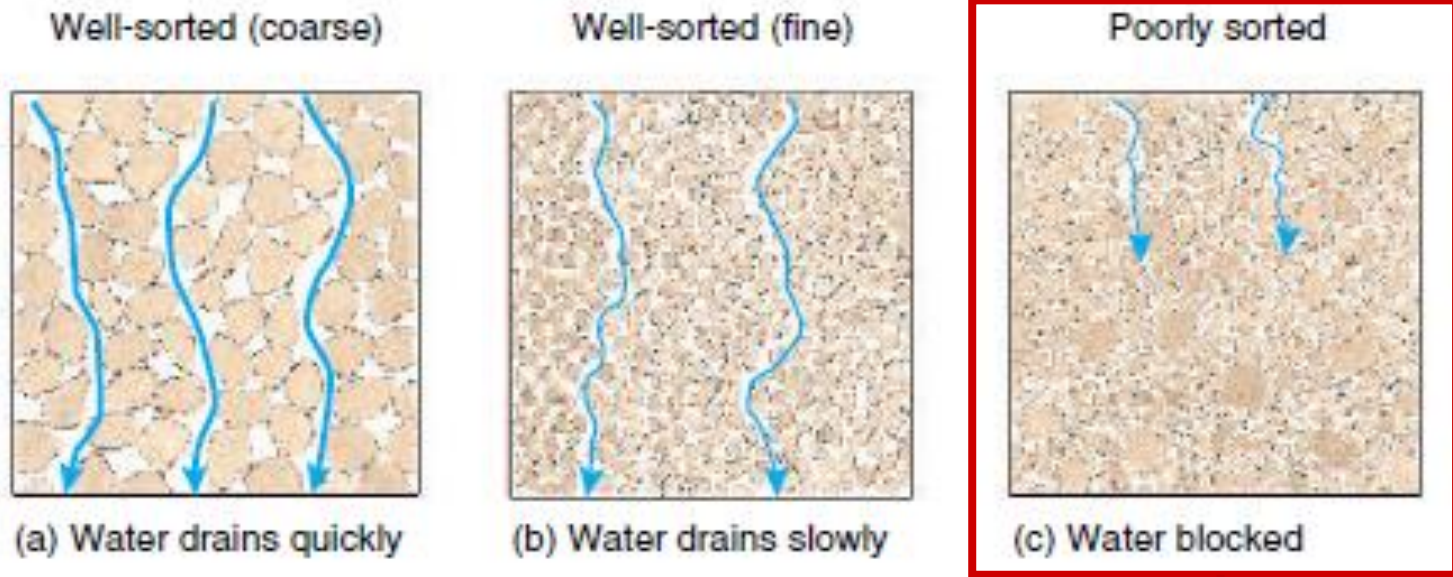
Πρώτον, η προσαρμογή χρησιμοποιείται συχνά ως όρος για τους χαρακτήρες ή τα χαρακτηριστικά που παρατηρούνται σε ζώα που είναι αποτέλεσμα της φυσικής επιλογής. Για παράδειγμα, η παρουσία αιμοσφαιρίνης μπορεί να θεωρηθεί ως προσαρμογή για να επιτρέψει μεγαλύτερη μεταφορά οξυγόνου στο αίμα.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Εναλλακτικά, και πιο "σωστά", η προσαρμογή μπορεί να οριστεί ως διαδικασία. Τα μέσα με τα οποία η φυσική επιλογή ρυθμίζει τη συχνότητα των γονιδίων που κωδικοποιούν τα γνωρίσματα που επηρεάζουν την προσαρμοστική ικανότητα (ο αριθμός των απογόνων που επιβίωσαν σε επόμενες γενιές). Π.χ. η αύξηση της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης εντός μιας ταξινομικής κατηγορίας μπορεί να θεωρηθεί ως προσαρμογή σε υποξικά περιβάλλοντα.



Αναερόβια
αναπνοή



Ανοξία



Λίγο μεσοδιαστηματικό νερό

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Η προσαρμογή χρησιμοποιείται επίσης για την περιγραφή βραχυπρόθεσμων αντισταθμιστικών αλλαγών ως απάντηση στις περιβαλλοντικές διαταραχές. Το είδος της αλλαγής είναι το αποτέλεσμα της **φαινοτυπικής πλαστικότητας**, όπου προϋπάρχοντα γνωρίσματα εκφράζονται διαφορετικά ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Εδώ ο όρος εγκλιματισμός είναι τεχνικά πιο σωστός.

Συνωστισμός



Απομόνωση



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χειμώνας

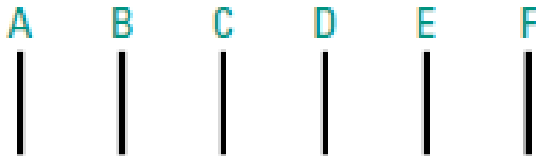


Καλοκαίρι

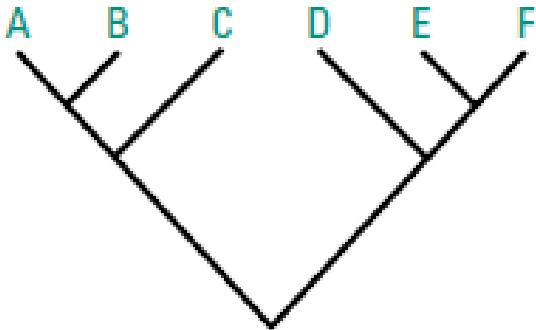
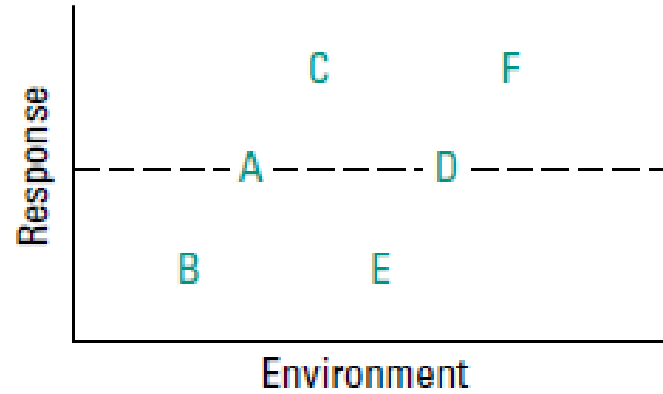


ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

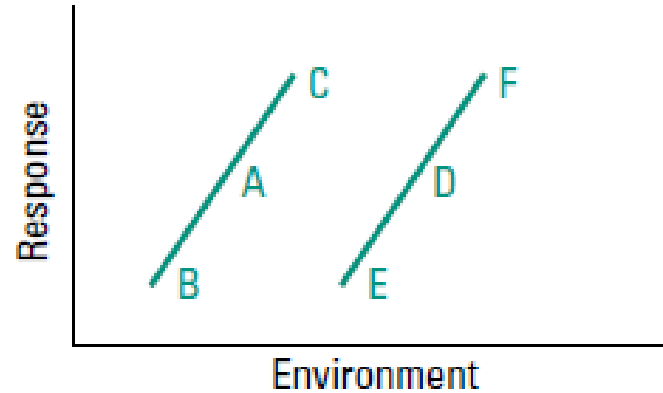
Φυσική επιλογή & Προσαρμογή



(a)



(b)



Η σημασία της κατανόησης των φυλογενετικών σχέσεων σχετικά με την προσαρμογή και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις

α) Έξι είδη θεωρούνται ως ανεξάρτητες οντότητες: εμφανίζεται να μην υπάρχει συνεπής επίδραση του περιβάλλοντος.

(β) Το φυλογενετικό δέντρο είναι γνωστό δείχνοντας ότι το ABC σχηματίζει άλλη «γραμμή» από το DEF.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή Χρόνος – Βραχυπρόθεσμες αλλαγές

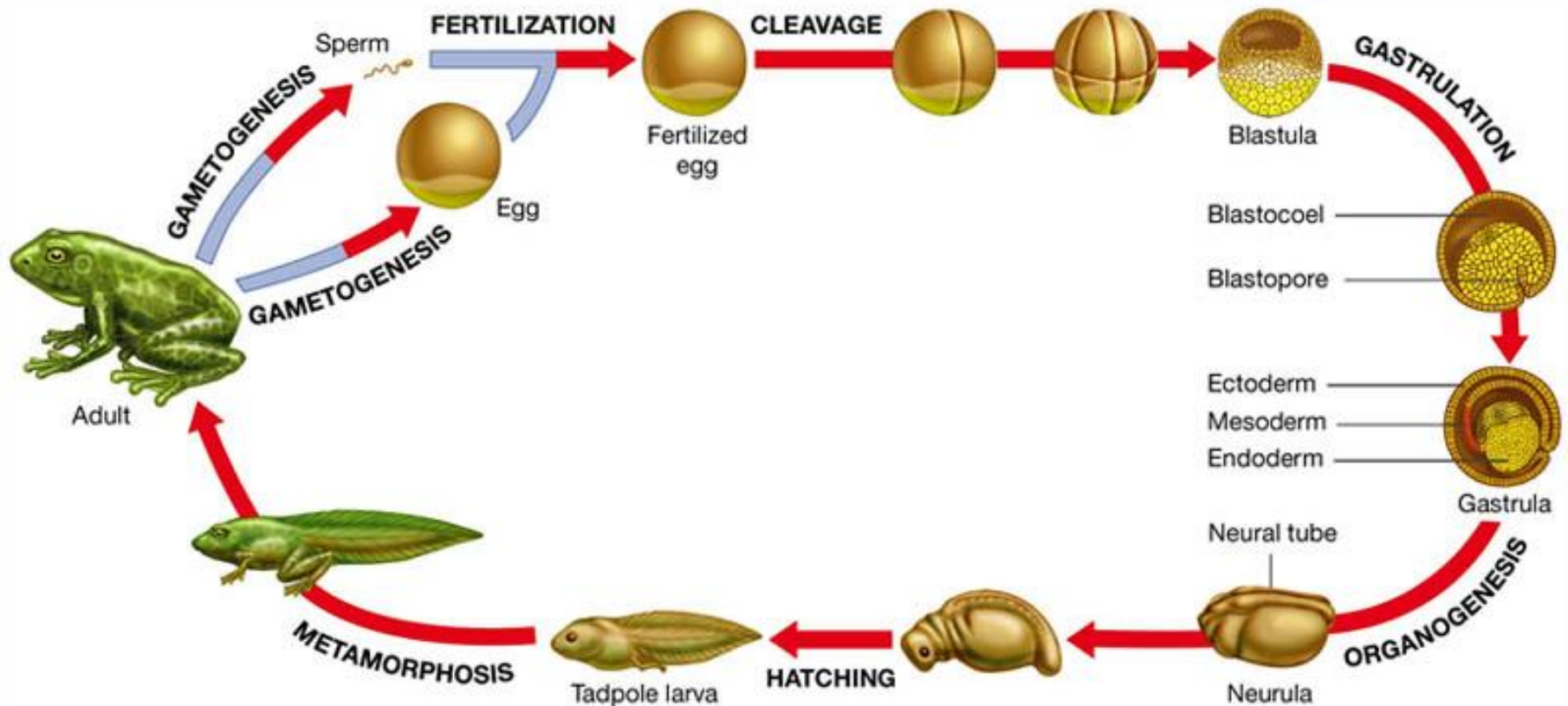
- Πολύ βραχυπρόθεσμες αλλαγές στη φυσιολογική κατάσταση, όπως μια **αύξηση στον καρδιακό ρυθμό ή στον αερισμό ή στη ροή των ούρων**, είναι συνήθως οξείες αποκρίσεις μετά από κάποιο φαινόμενο συμπεριφοράς όπως άσκηση ή περίοδος σίτισης.
- Σε ένα ελαφρώς μεγαλύτερο χρονοδιάγραμμα, οι αποκρίσεις στις περιβαλλοντικές αλλαγές που συμβαίνουν εντός ωρών ή ημερών ή εβδομάδων είναι συνήθως **εγκλιματισμός παρά προσαρμογή**.
- Αλλά και οι αλλαγές που συμβαίνουν τακτικά και επαναλαμβανόμενα, σε εποχιακή, μηνιαία ή καθημερινή βάση, είναι επίσης εγκλιματισμοί παρά προσαρμογές.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Αναπτυξιακές αλλαγές

Οι **εμβρυϊκές** και οι **προνυμφικές** μορφές σε έναν κύκλο ζωής μπορεί να καταλαμβάνουν πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα από τους ενήλικες και μπορεί να έχουν πολύ διαφορετικές περιβαλλοντικές αποκρίσεις. Τέτοιες αλλαγές του φαινοτύπου κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και της οντογένεσης λειτουργούν σε ένα ελαφρώς μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και είναι πιο μόνιμες.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Αναπτυξιακές αλλαγές

Ένα πλήθος περιβαλλοντικών παραγόντων μπορεί να ενεργήσει κατά την ανάπτυξη, από την πρώτη μειωτική διαίρεση στη μεταγενέστερη παραδοχή της νεανικής και της ενήλικης μορφής. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να είναι **αβιοτικοί**, όπως θερμοκρασία, πίεση, pH, υγρασία, αλατότητα και φωτοπερίοδος. Υπάρχουν όμως και **βιοτικοί** παράγοντες που δρουν, και αυτοί μπορεί να είναι εξωτερικοί, όπως η διαθεσιμότητα πόρων ή η πυκνότητα του πληθυσμού, ή εσωτερικοί, όπως οι ορμόνες.



Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες δρουν κυρίως με την διαφορική ενεργοποίηση των προτύπων γονιδιακής έκφρασης που συνθέτουν την ανάπτυξη. Αυτό μπορεί να οδηγήσει π.χ. στην αναπτυξιακή αναστολή ή την παραγωγή εναλλακτικών φαινοτύπων με διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά, συμπεριφορές και χαρακτήρες.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Αναπτυξιακές αλλαγές

Η **Διάπαυση** στα έντομα (ένα στάδιο ηρεμίας που επιτρέπει την επιβίωση μέσω μιας τακτικής περιόδου δυσμενών συνθηκών) αποτελεί καλό παράδειγμα μιας προσκληθείσας **αναπτυξιακής αναστολής**. Πολλά άλλα ζώα σε εχθρικά περιβάλλοντα παρουσιάζουν επίσης περιόδους της αναπτυξιακής αναστολής.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Αναπτυξιακές αλλαγές

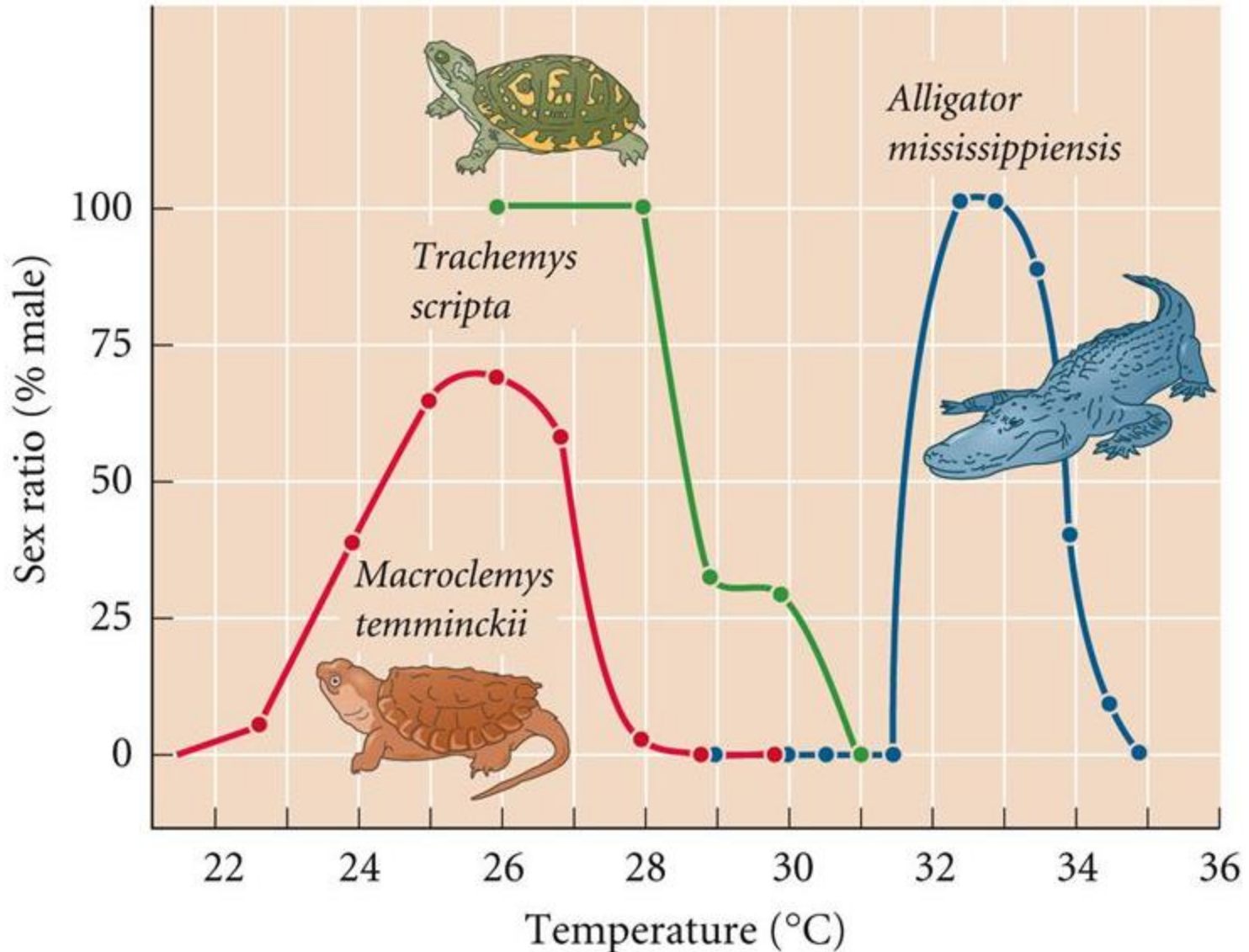
Ένα εντυπωσιακό παράδειγμα ενός αναπτυξιακού διακόπτη για την παραγωγή εναλλακτικών φαινοτύπων είναι ο εξαρτώμενος από τη θερμοκρασία προσδιορισμός του φύλου (Temperature-dependent Sex Determination - TSD) στα ερπετά. Τα είδη με TSD βρίσκονται γενικά σε θερμικά διακεκριμένα περιβάλλοντα, τα οποία επιτρέπουν την παραγωγή και των δύο φύλων.



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Αναπτυξιακές αλλαγές



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Αναπτυξιακές αλλαγές

Το προφίλ των φαινοτύπων που παράγονται από έναν συγκεκριμένο γονότυπο στα διαφορετικά περιβάλλοντα ονομάζεται **συνήθως "κανόνας αντίδρασης"**, και αυτό μπορεί σαφώς να είναι πολύ μεταβλητό σχήμα.

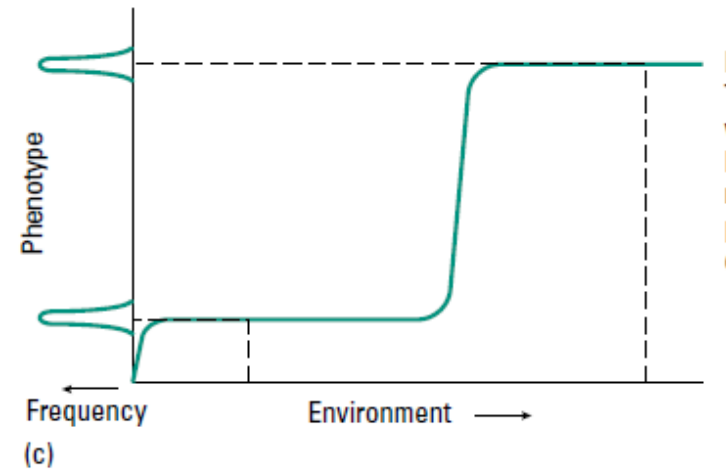
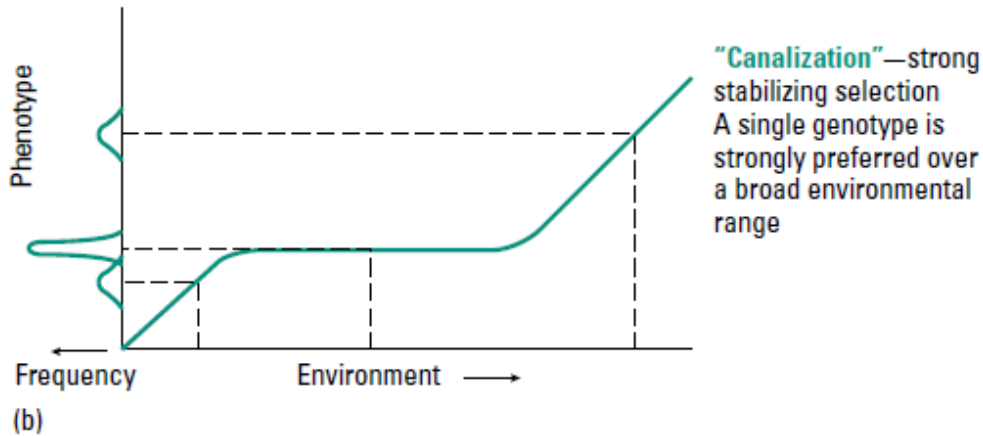
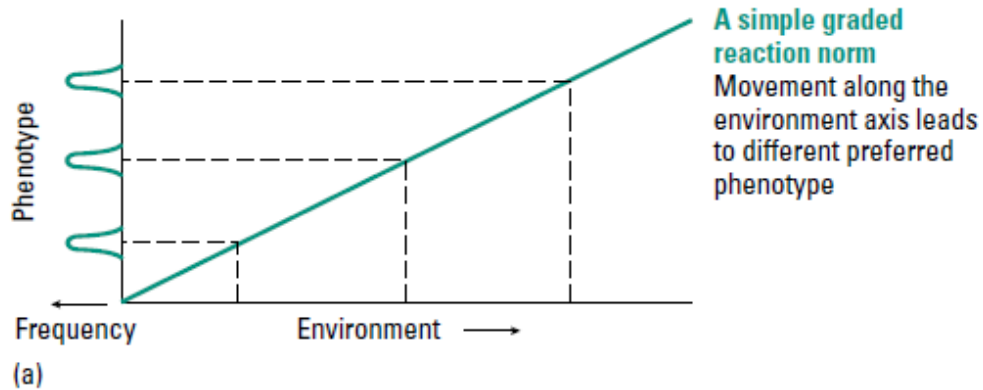
Μορφογενετικές διεργασίες που παρουσιάζουν ελάχιστα ή καθόλου αναπτυξιακά αποτελέσματα πλαστικότητας χαρακτηρίζονται ως **"κανάλι"**, δηλ. εξαιτίας της ισχυρής σταθεροποίησης της φυσικής επιλογής παράγεται ένα πολύ στενό φάσμα φαινοτύπων.

Χαρακτήρες που παρουσιάζουν ασυνεχή πλαστικότητα (και έτσι φαίνονται **πολυμορφικοί**) μπορεί να εξηγηθούν από μια συνεχή απόκριση στο περιβάλλον στο κυτταρικό ή γενετικό επίπεδο, το οποίο έχει ένα ξεχωριστό όριο για τη φαινοτυπική έκφραση.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Αναπτυξιακές αλλαγές



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Χρόνος – Μακροπρόθεσμες αλλαγές

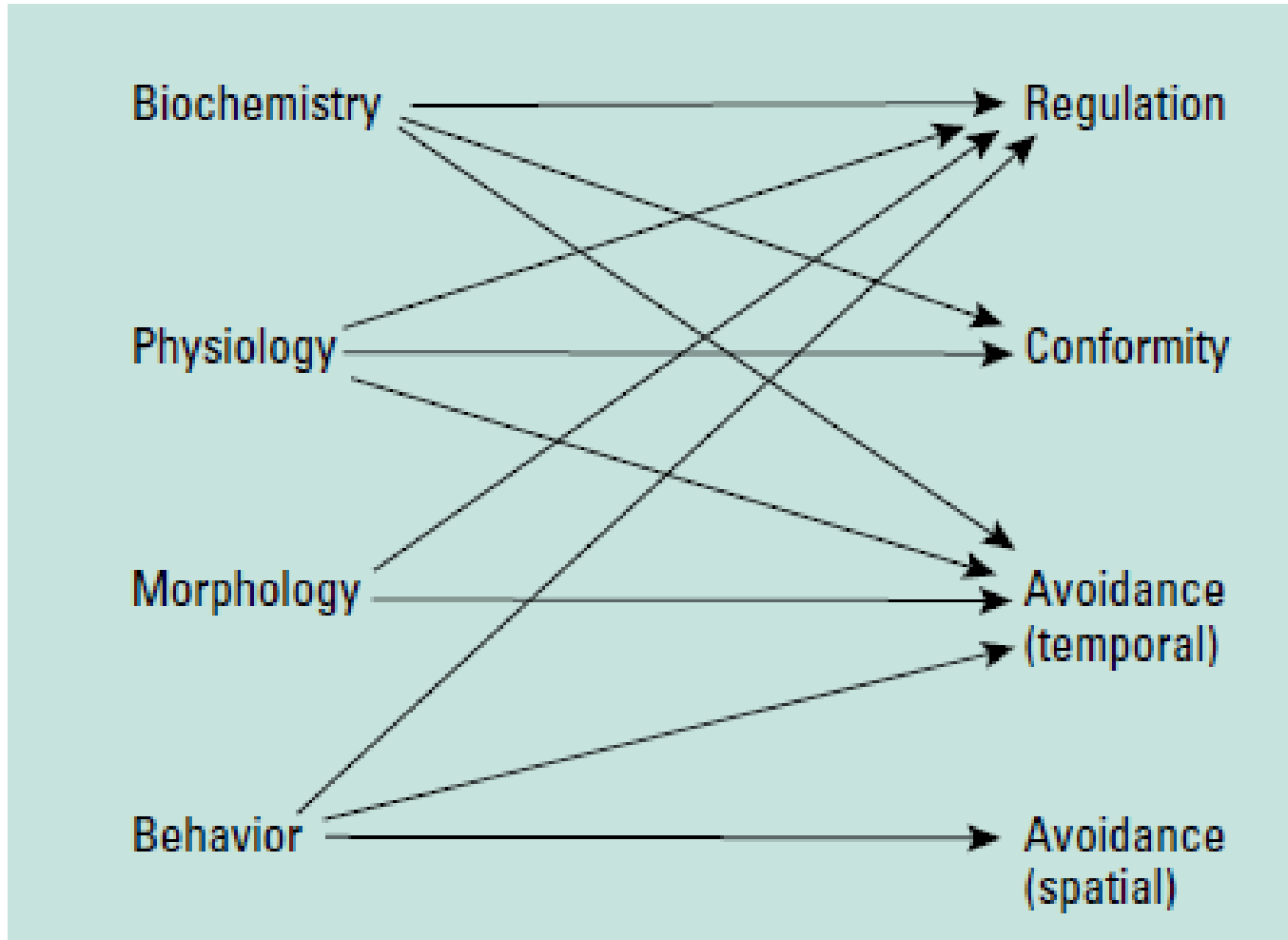
- Αυτό είναι το πιο σημαντικό χρονικό διάστημα των προσαρμοστικών επιδράσεων, και ίσως το μόνο χρονοδιάγραμμα όπου πρέπει να χρησιμοποιήσουμε αυστηρά τον όρο προσαρμογή.
- Η φυσική επιλογή δρα επί των φαινοτύπων, ανεξάρτητα από τη γενετική τους βάση, έτσι ώστε να υπάρχει επιλογή για τα αποτελέσματα της φαινοτυπικής πλαστικότητα, καθώς και για τα αποτελέσματα των γονιδίων που παράγουν διακριτούς φαινότυπους.
- Αλλά η εξελικτική απάντηση στην επιλογή είναι πάντα στο επίπεδο του γονότυπου, με τη γενετική αλλαγή να συμβαίνει από τη μία γενιά στην επόμενη.
- Επομένως, η ενδογενής γενετική μεταβλητότητα και ως εκ τούτου η κληρονομική διακύμανση στην προσαρμοστική ικανότητα κατάστασης είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για μακροπρόθεσμη εξελικτική αλλαγή.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα

Όταν ένα ζώο αντιμετωπίζει αλλαγές στο περιβάλλον του, συνήθως εμφανίζει μία από τις τρεις κατηγορίες απόκρισης: **αποφυγή, συμμόρφωση ή ρύθμιση.**



ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

Διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα

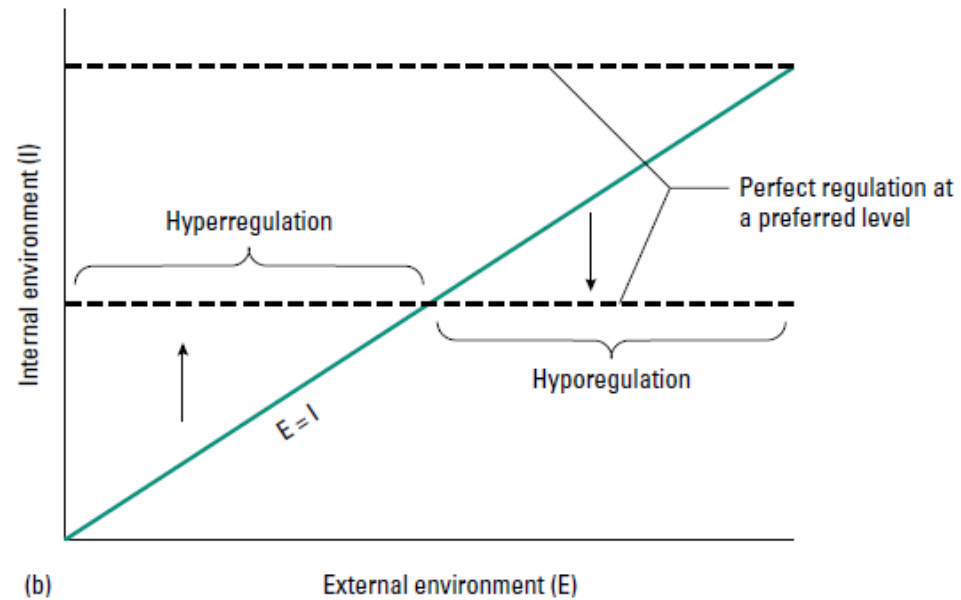
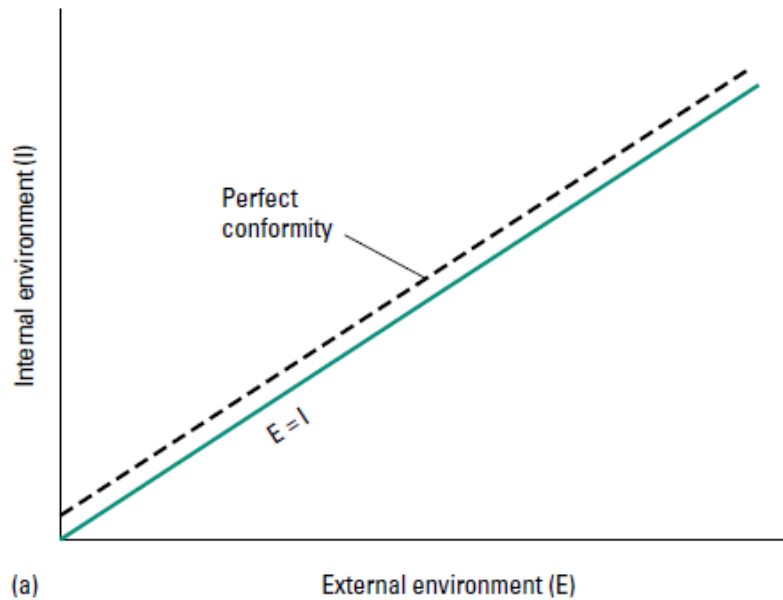
Αποφυγή (Avoidance): οι οργανισμοί αυτοί έχουν κάποιο μηχανισμό για να απομακρυνθούν από το περιβαλλοντικό πρόβλημα στο χώρο (π.χ. αναζήτηση μικροοικονοτήτων σε ρωγμές ή βράχια ή μετανάστευση μεγαλύτερης κλίμακας) ή στο χρόνο (χρησιμοποιώντας π.χ. διάπαυση, ή παράγουν ανθεκτικά ωάρια, νύμφες ή κύστεις για να επιβιώσουν σε αντίξοες συνθήκες).

Συμμόρφωση (Conformity): οι οργανισμοί υφίστανται αλλαγές εσωτερικής κατάστασης παρόμοιες με τις μεταβολές της κατάστασης που επιβάλλονται εξωτερικά (επομένως, οι οργανισμοί αυτοί μερικές φορές ονομάζονται «ανεκτικοί» με την έννοια ότι τα ζώα ανέχονται τις εξωτερικές συνθήκες και επιβιώνουν σε αυτές).

Ρύθμιση (Regulation): οι οργανισμοί αυτοί διατηρούν ορισμένα ή όλα τα στοιχεία του εσωτερικού τους περιβάλλοντος κοντά στο αρχικό ή το "κανονικό" επίπεδο, ανεξάρτητα από αυτό των εξωτερικών συνθηκών.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή Διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα

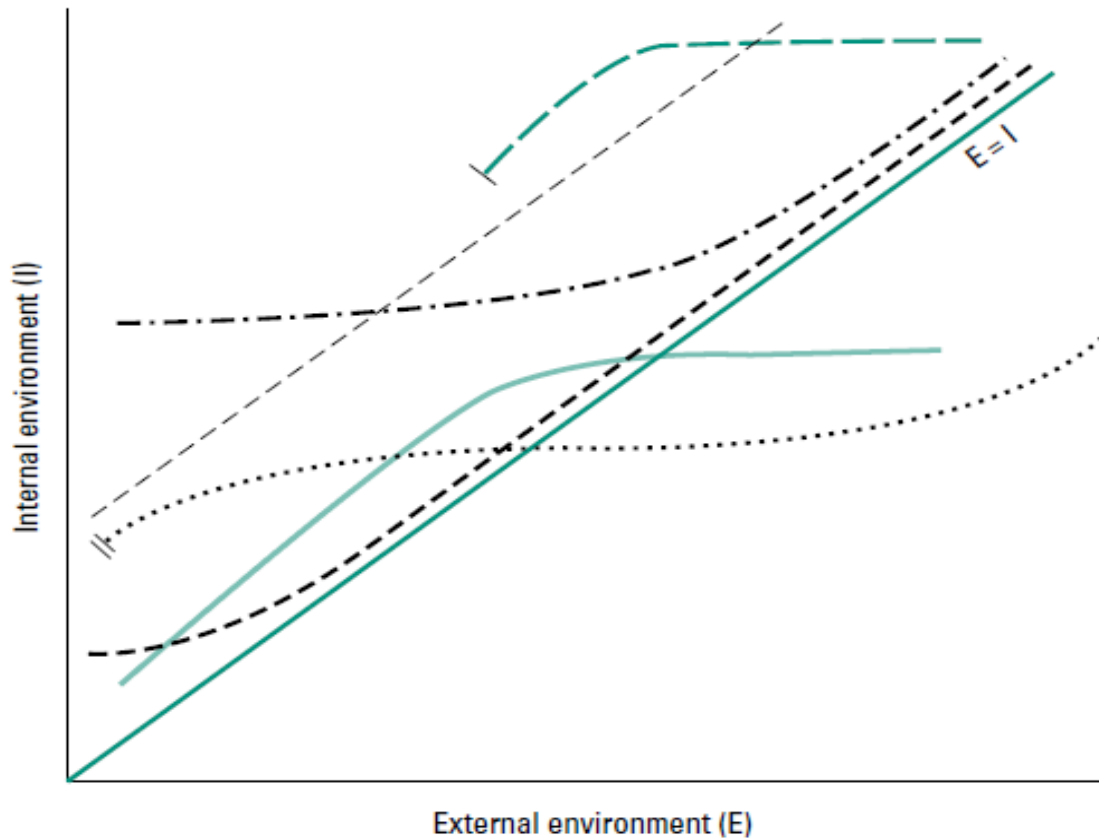


ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Φυσική επιλογή & Προσαρμογή

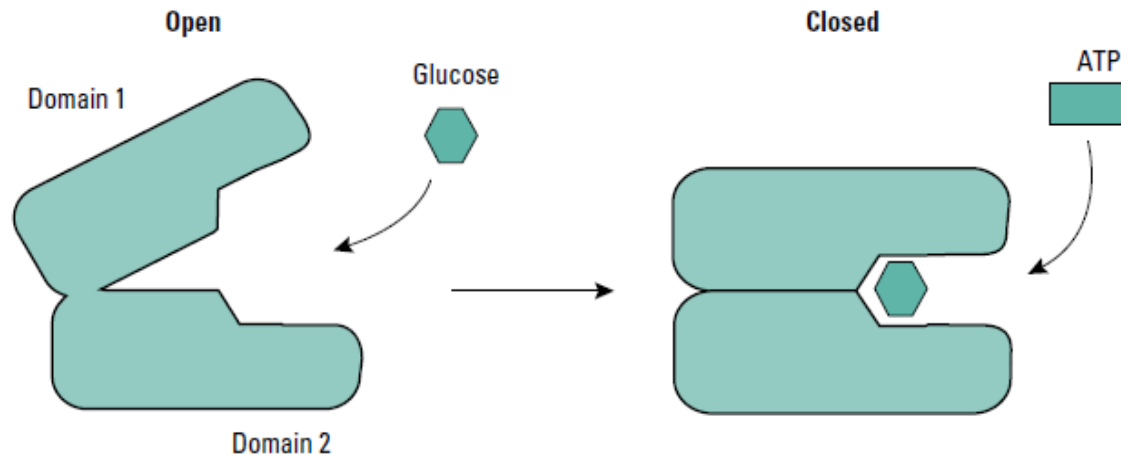
Διαφορετικά λειτουργικά επίπεδα

- "Conformer", but some regulation at extreme low E
- "Regulator", but less efficient at extremes
- .-.-.- Typical "partial" regulator, conforming in relatively normal conditions but regulating as conditions get more difficult
- - - - - Essentially a conformer (parallel to $E = I$ line), but internal environment has constant excess of measured variable
- - - - - Regulator but unable to survive too much change (starts to conform and then dies)
- Mixed conformer/regulator: regulates (approximately) above some species-specific level



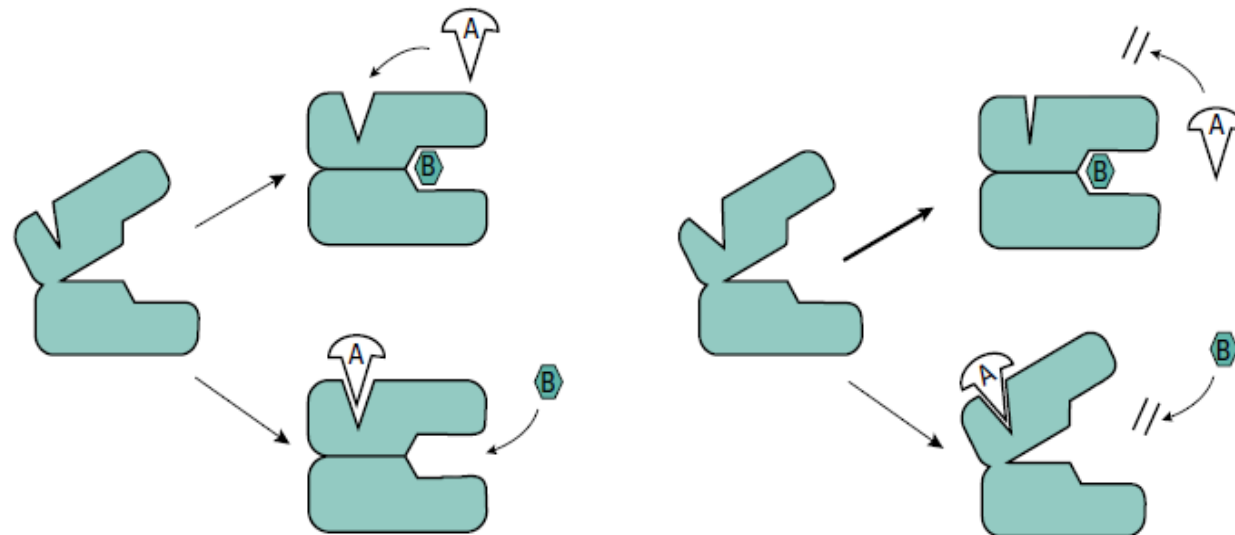
ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Έλεγχος πρωτεϊνικής δράσης



α) Μια αλλοστερική επίδραση: η δέσμευση της γλυκόζης μεταξύ των δύο περιοχών της εξωκινάσης, επιτρέπει το ATP να συνδεθεί πιο εύκολα. Η σύνδεση της γλυκόζης αλλάζει αποτελεσματικά το ένζυμο από ανοικτή σε κλειστή διαμόρφωση.

(β) Μοντέλα για αλλοστερικές επιδράσεις δύο προσδετών, είτε συνεταιριστικές είτε ανταγωνιστικές



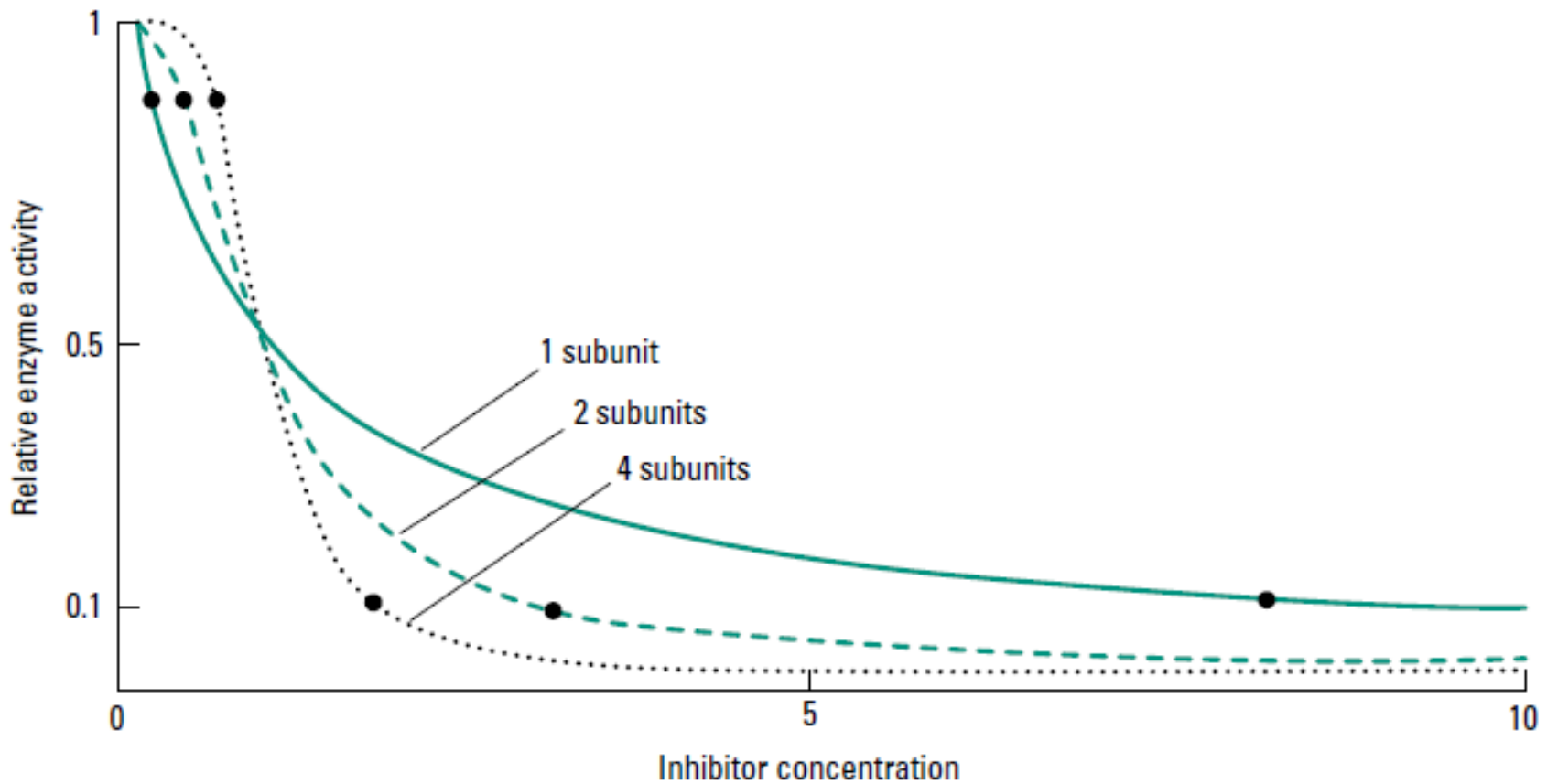
• Binding of A facilitates binding of B and vice versa

• Binding of A inhibited by presence of B and vice versa

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Έλεγχος πρωτεϊνικής δράσης

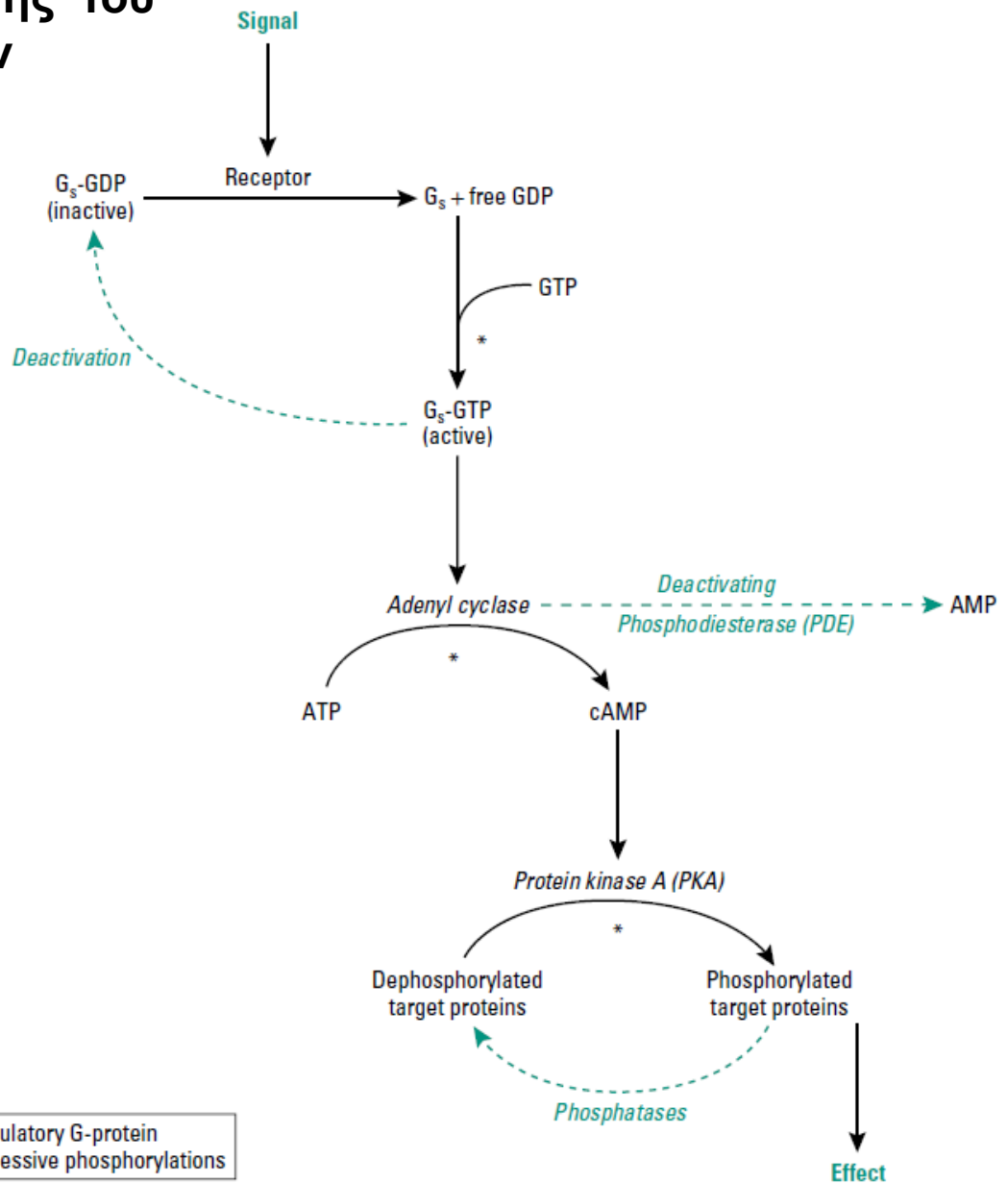
Τα αποτελέσματα της δέσμευσης του ανασταλτικού προσδέτη στην ενζυμική δραστηριότητα για μονομερή και πολυμερή αλλοστερικά ένζυμα. Με μόνο μία υπομονάδα, οι επιδράσεις είναι σχετικά αργές και υψηλές συγκεντρώσεις απαιτούνται για 90% αναστολή. Ενώ για ένα τετραμερές (τέσσερις υπομονάδες) η αναστολή ενζύμων είναι ταχύτερη και απαιτούνται χαμηλότερες συγκεντρώσεις για 90% αναστολή.



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

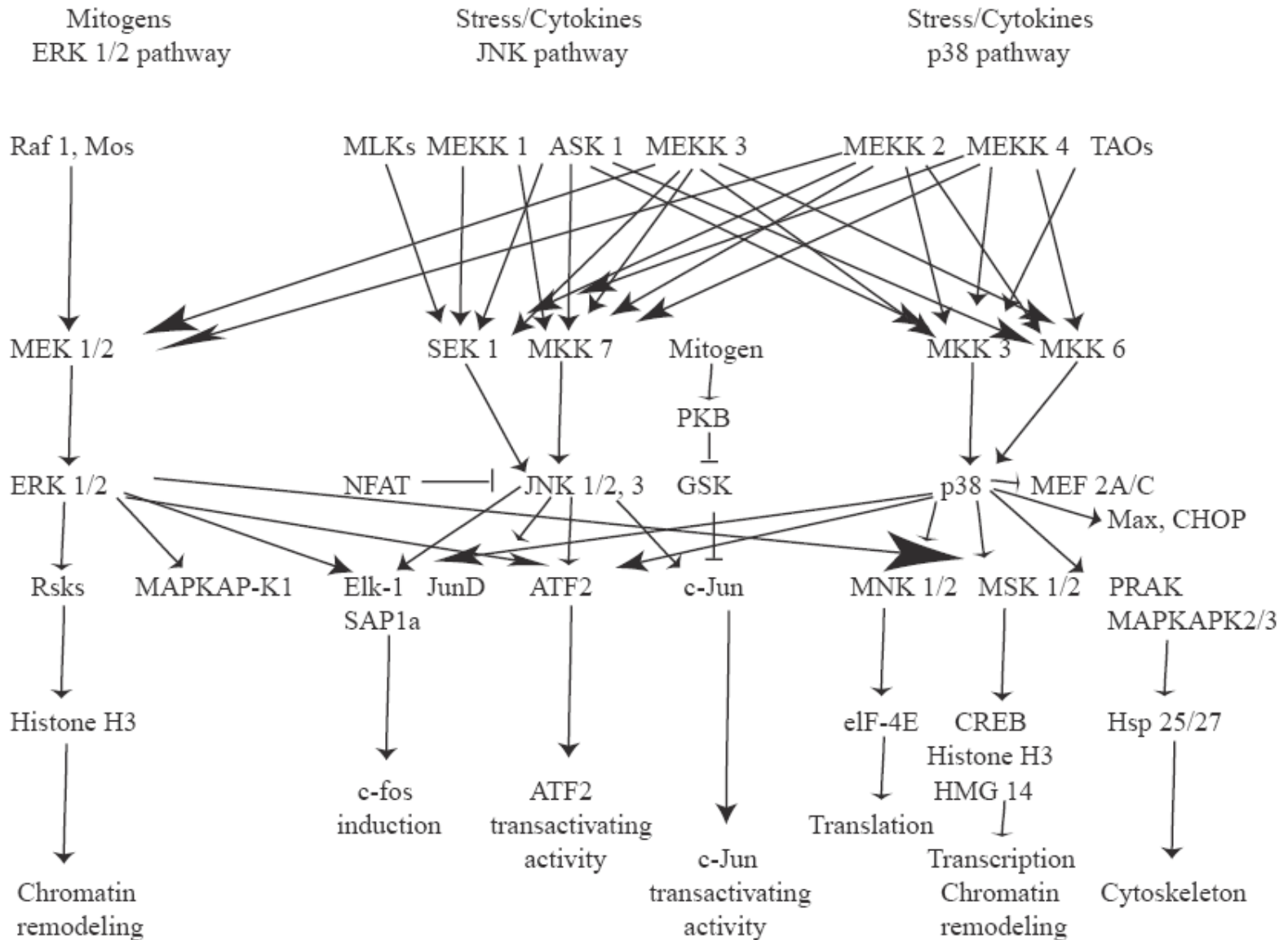
Έλεγχος πρωτεϊνικής δράσης

Γενικό μοντέλο της επίδρασης του μονοπατιού των G πρωτεϊνών



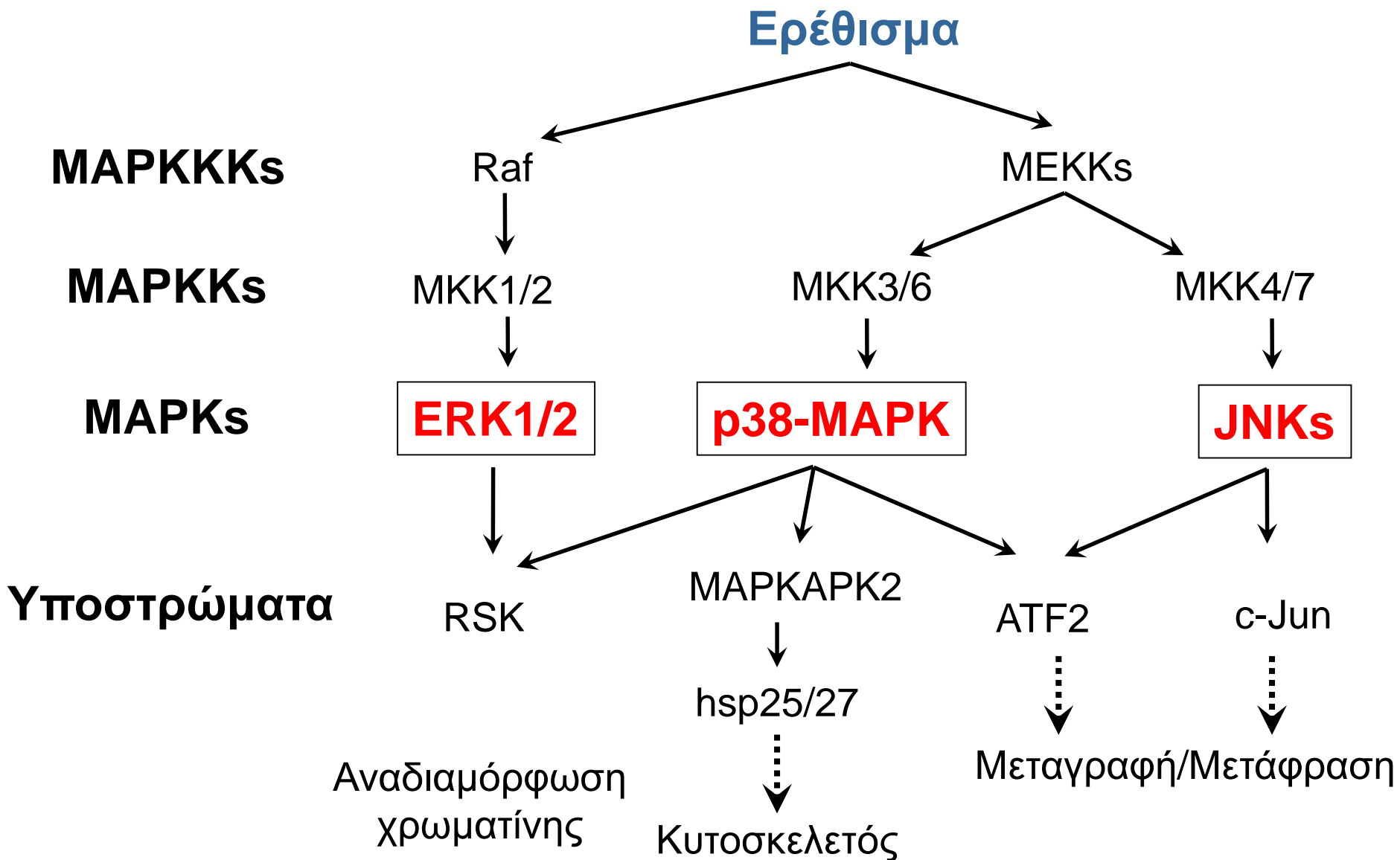
ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Έλεγχος πρωτεϊνικής δράσης



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

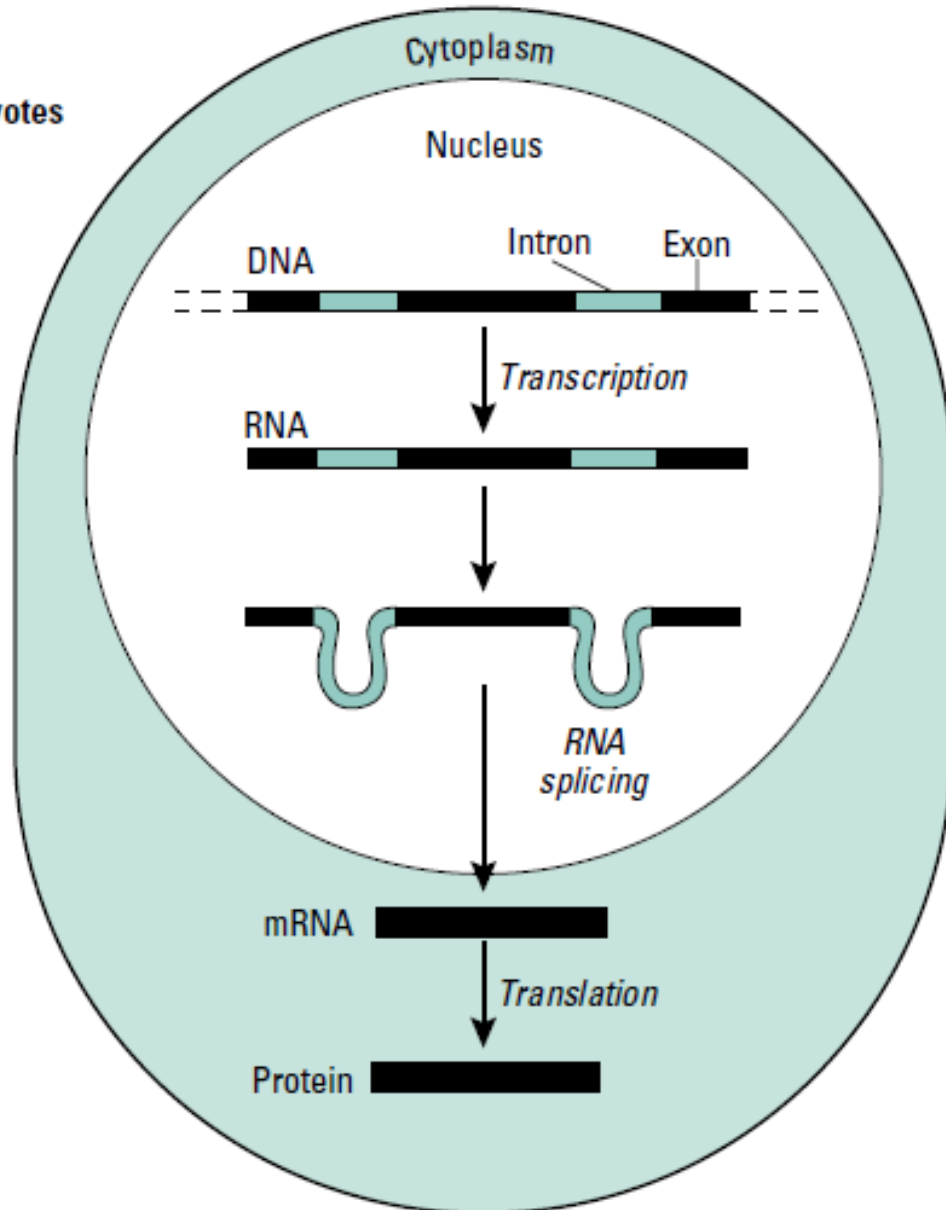
Έλεγχος πρωτεϊνικής δράσης



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Έλεγχος πρωτεϊνικής σύνθεσης & αποικοδόμησης

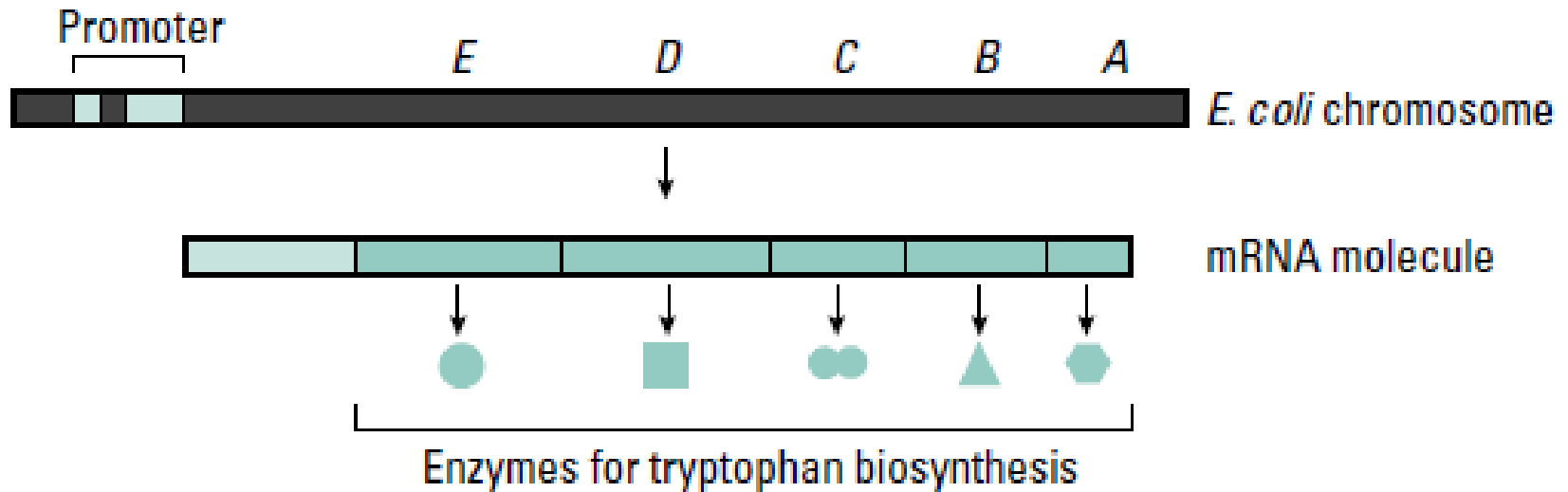
Eukaryotes



Η μεταφορά πληροφοριών από το DNA (πυρήνας) στην πρωτεΐνη (κυτταρόπλασμα) μέσω μεταγραφής, ωρίμανσης και μετάφρασης.

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

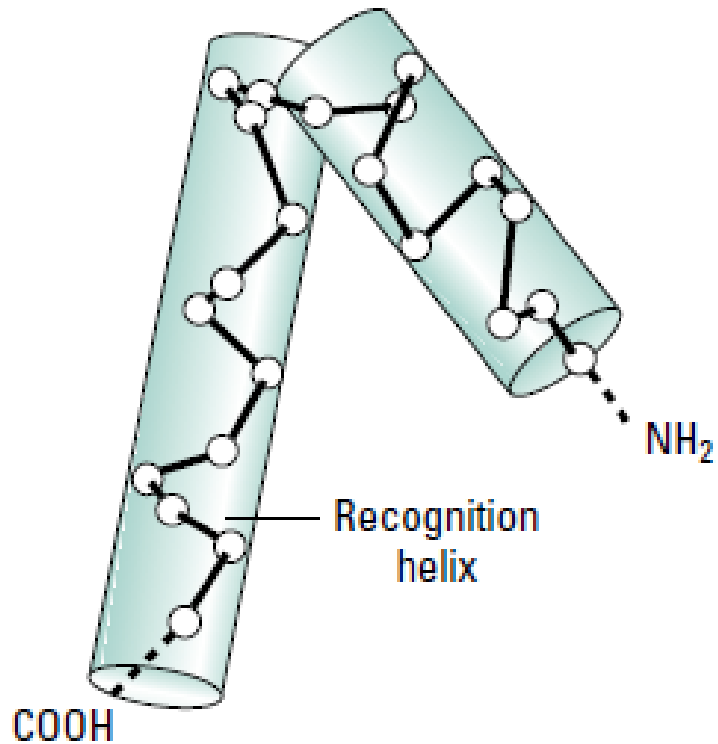
Έλεγχος πρωτεϊνικής σύνθεσης & αποικοδόμησης



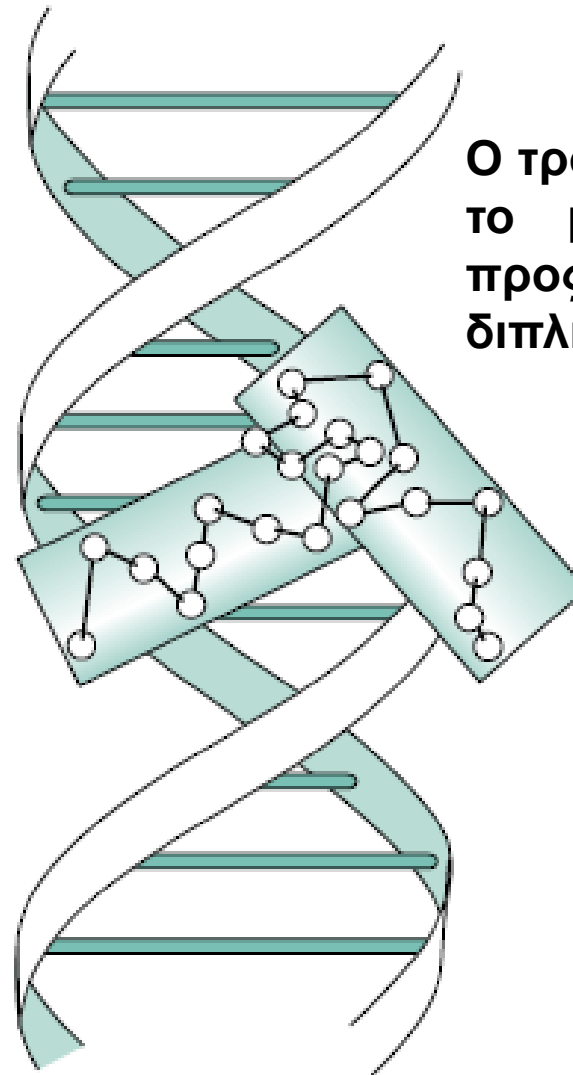
Η συστάδα των γονιδίων (A-E) στο *Escherichia coli* που κωδικοποιούν τα ένζυμα που εμπλέκονται στην παρασκευή του αμινοξέος τρυπτοφάνη. Και τα πέντε μεταγράφονται ως απλό μόριο mRNA που ελέγχεται από έναν μοναδικό υποκινητή. Το σύμπλεγμα ονομάζεται οπερόνιο

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Έλεγχος πρωτεϊνικής σύνθεσης & αποικοδόμησης



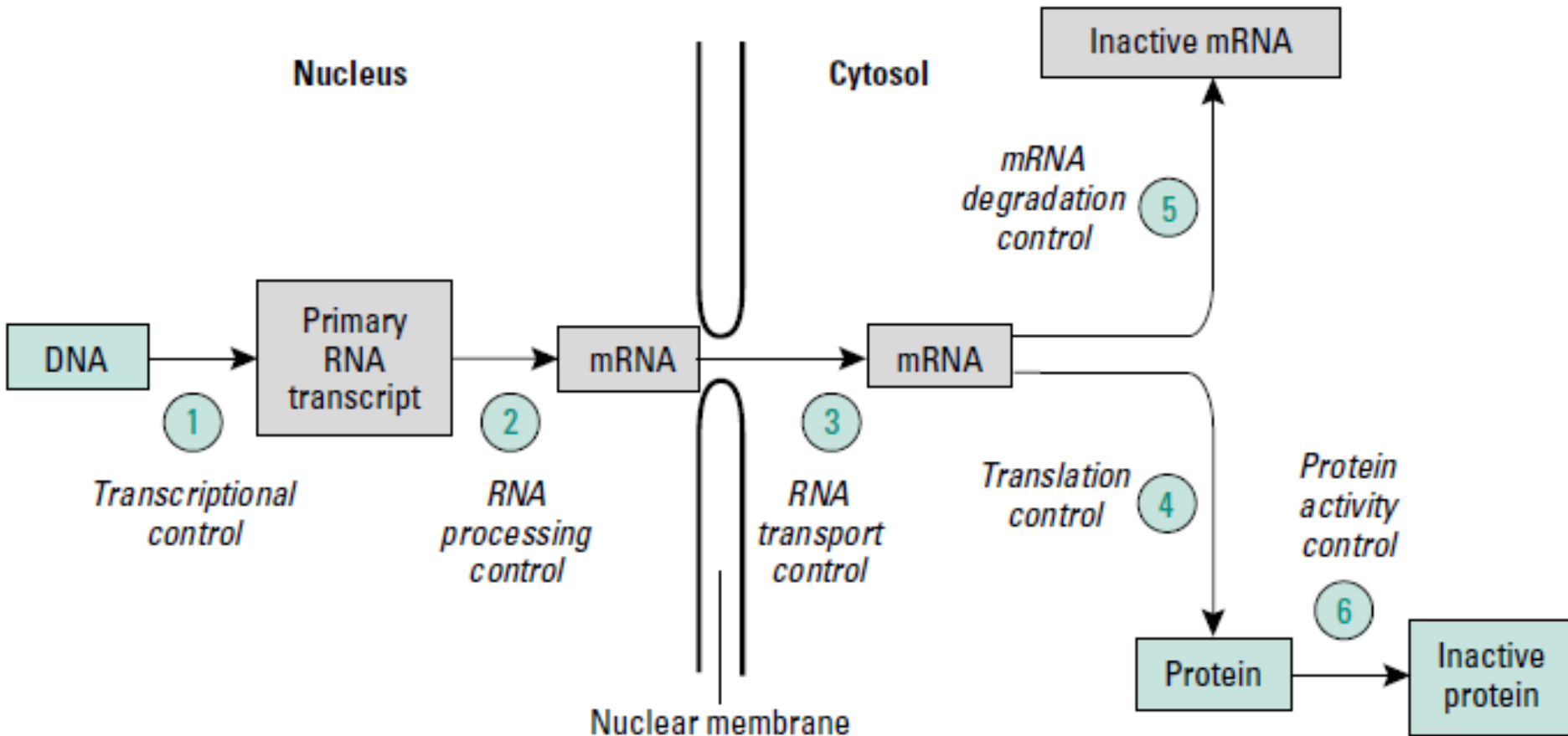
Το μοτίβο "έλικας-στροφής-έλικας" σε πρωτεΐνη



Ο τρόπος με τον οποίο το μοτίβο συνδέεται προς το εξωτερικό της διπλής έλικας DNA

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

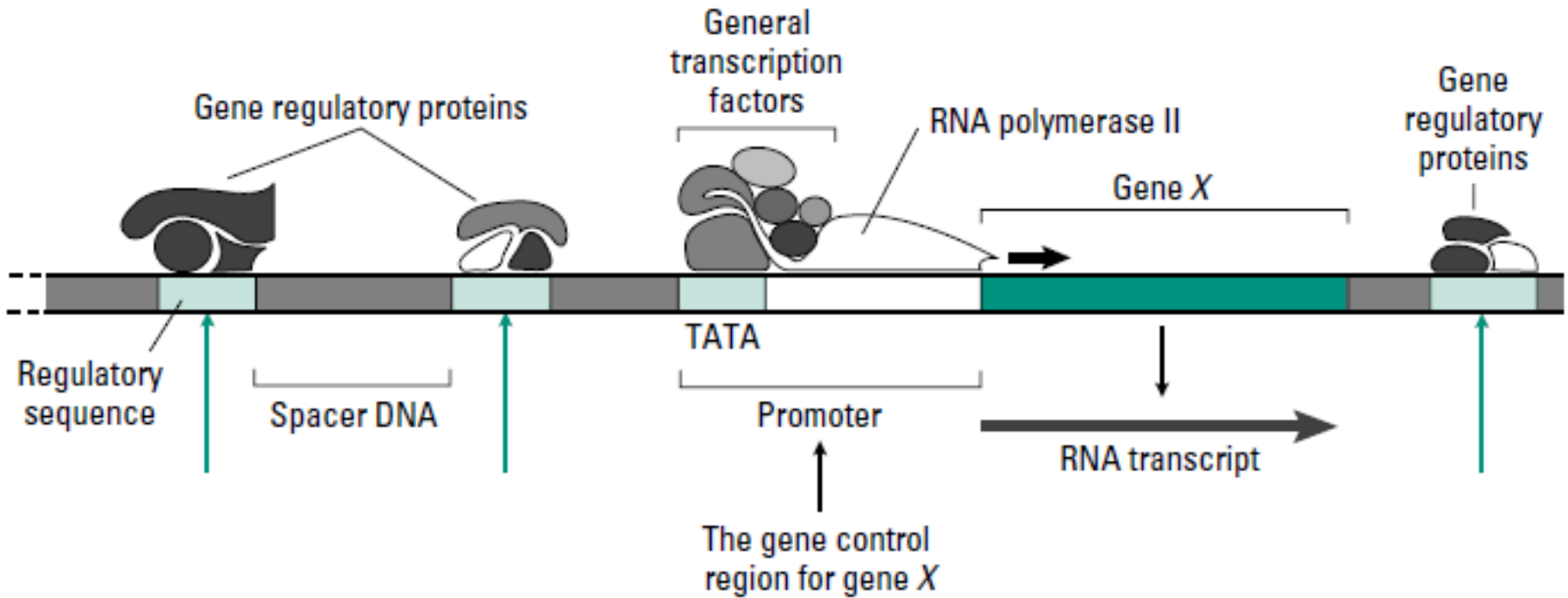
Έλεγχος πρωτεϊνικής σύνθεσης & αποικοδόμησης



Έξι στάδια στα οποία ελέγχεται η γονιδιακή έκφραση.

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

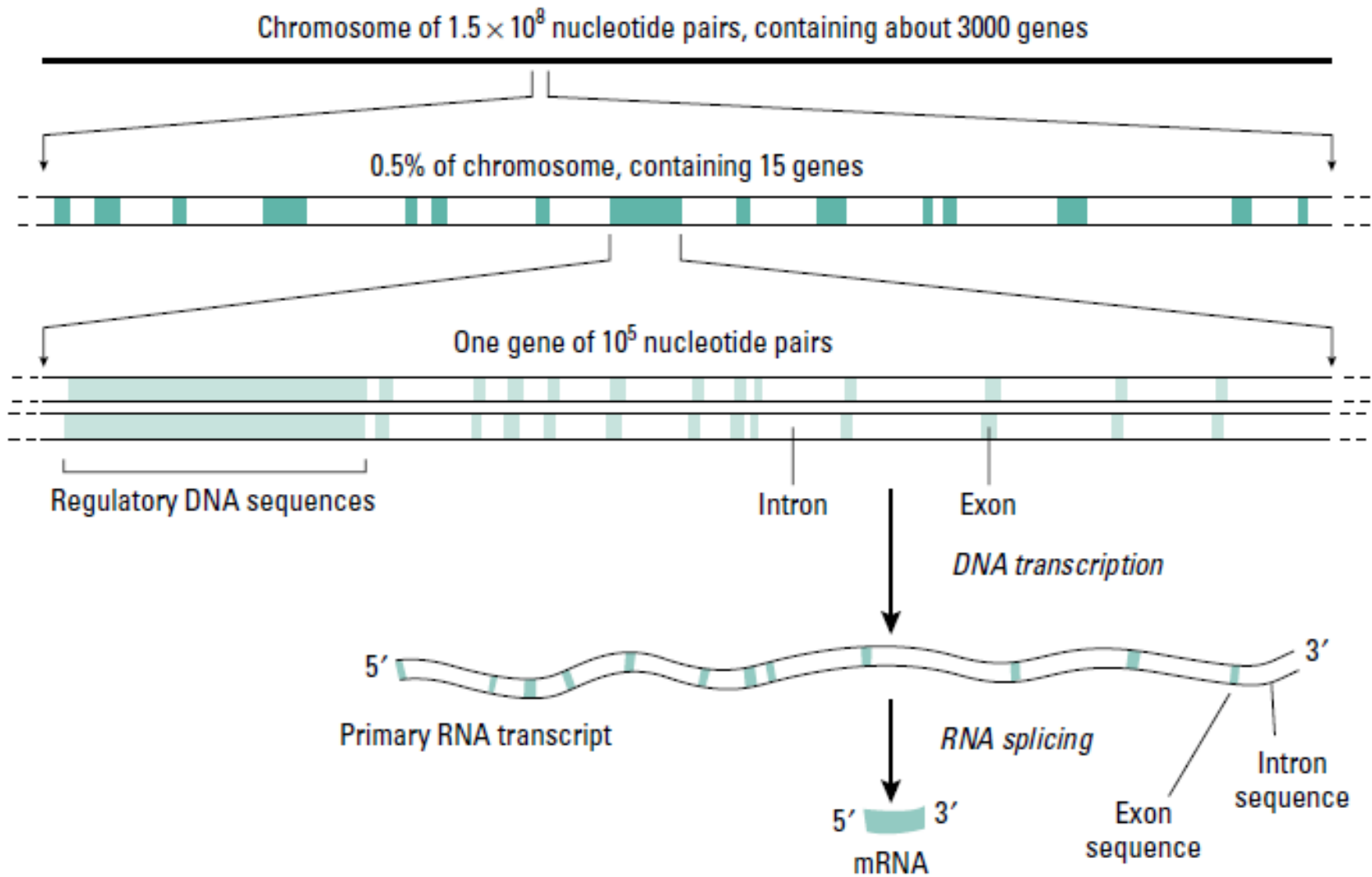
Έλεγχος πρωτεϊνικής σύνθεσης & αποικοδόμησης



Ένα μοντέλο ενός μόνο γονιδίου και όλες οι σχετικές ρυθμιστικές πρωτεΐνες και μεταγραφικοί παράγοντες. Στην περιοχή του προαγωγέα συναρμολογούνται η RNA πολυμεράση και οι γενικοί παράγοντες μεταγραφής. Η περιοχή υποκινητή περιέχει πάντα ένα σύντομο τμήμα TATA το οποίο επαναλαμβάνεται και αναγνωρίζεται από μεταγραφικούς παράγοντες - κλειδιά.

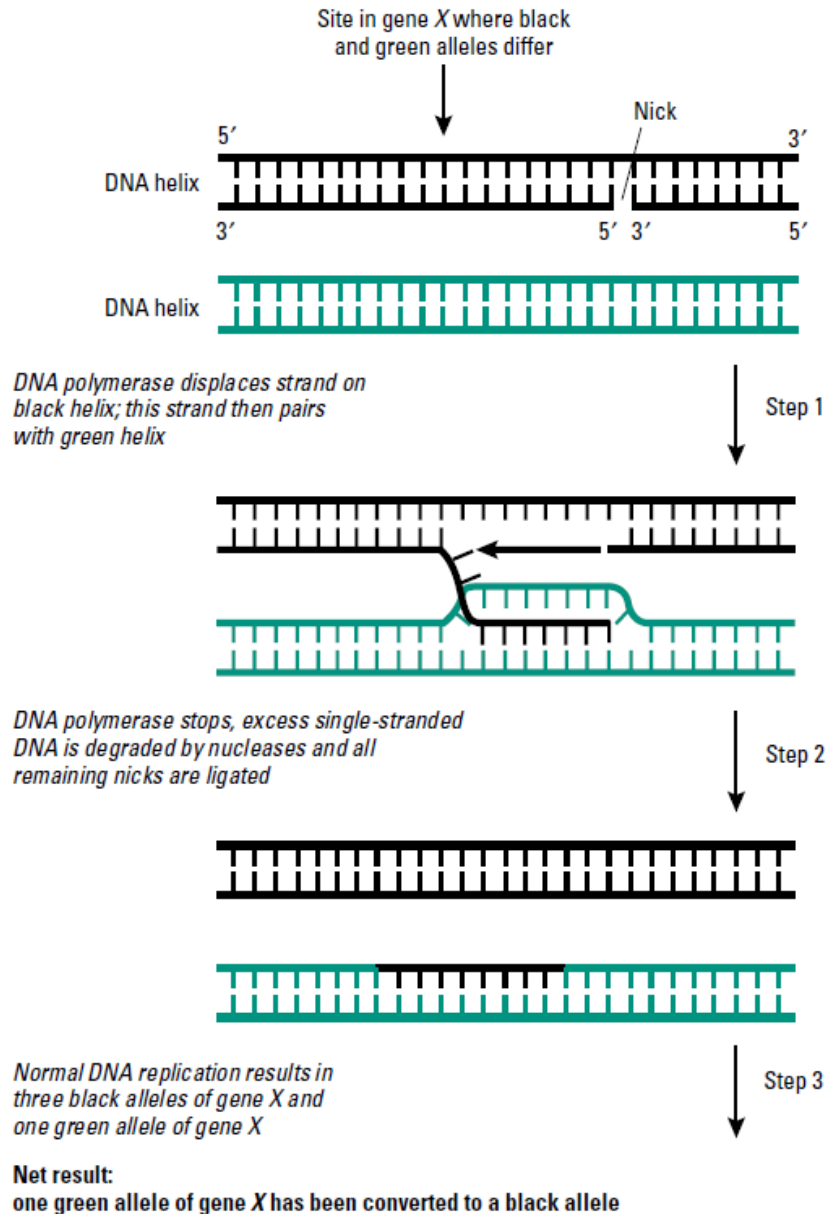
ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Έλεγχος πρωτεϊνικής σύνθεσης & αποικοδόμησης

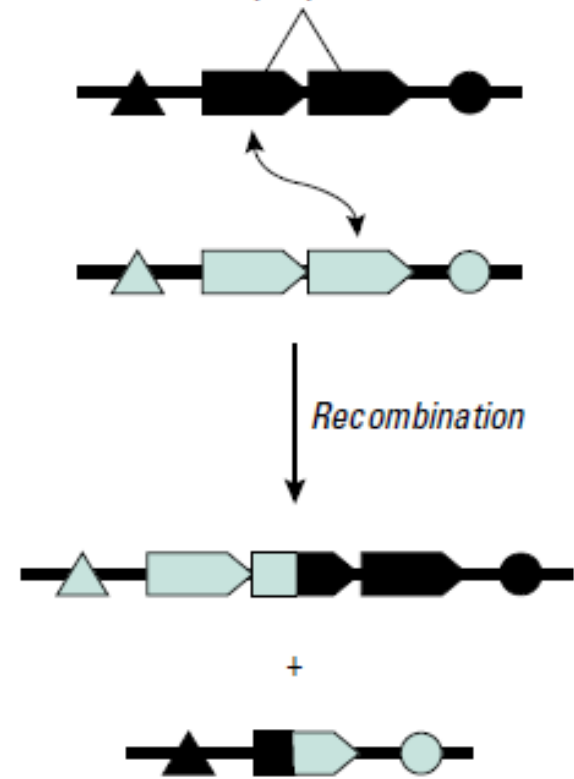


ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Πρωτεϊνική εξέλιξη



Tandemly repeated DNA



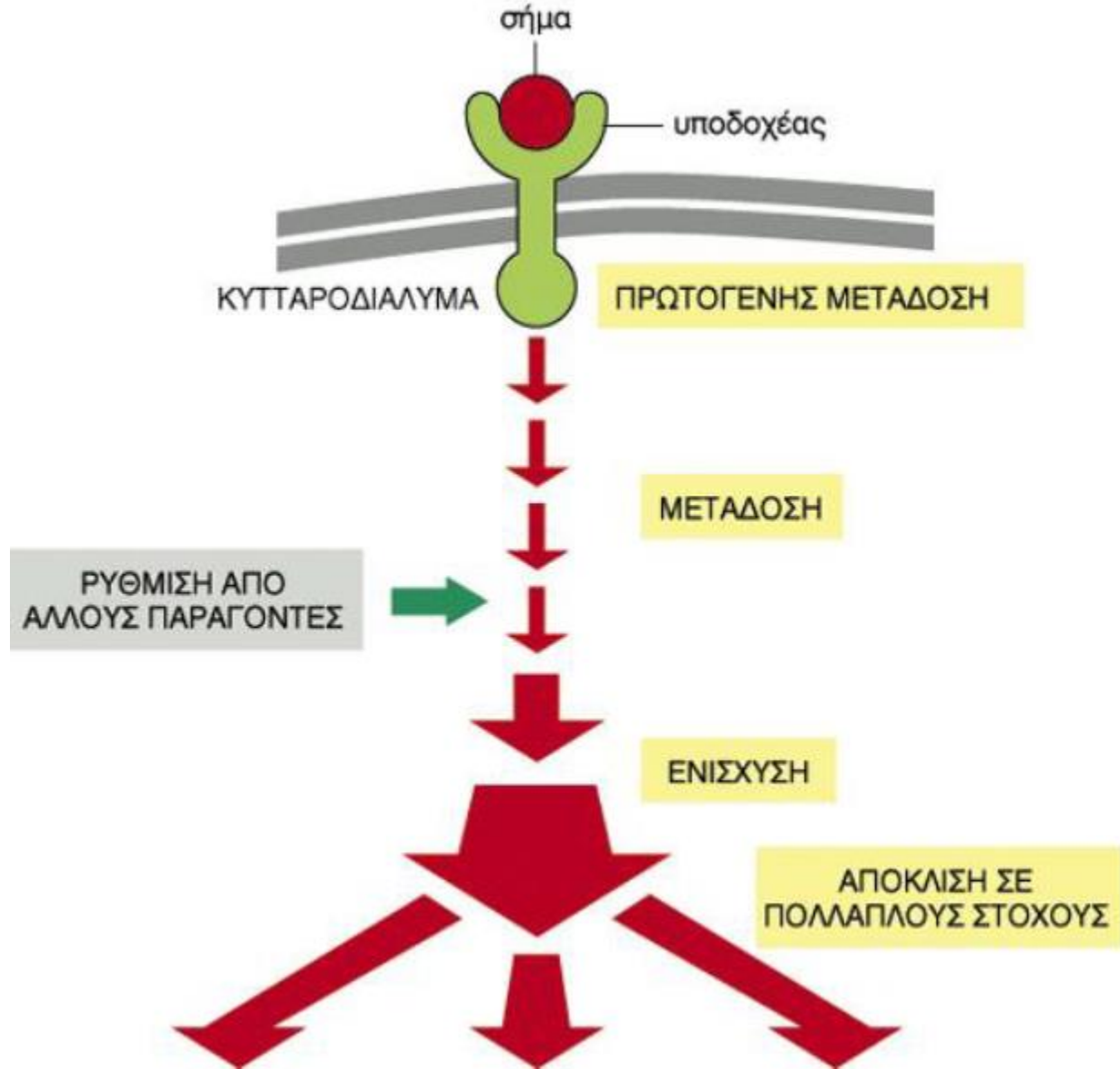
Όπου υπάρχουν επαναλαμβανόμενα γονίδια σε ένα γονιδίωμα, τα αντίγραφα εύκολα αποκτούνται ή χάνονται εξαιτίας της άνισης διασταύρωσης μεταξύ των ομόλογων χρωσωμάτων. Οι μακριές περιοχές της ομόλογης αλληλουχίας εύκολα ευθυγραμμίζονται μεταξύ τους για να παράγουν αυτό το "σφάλμα".

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Φυσιολογική έκφραση της γονιδιακής ρύθμισης

Υποδοχείς

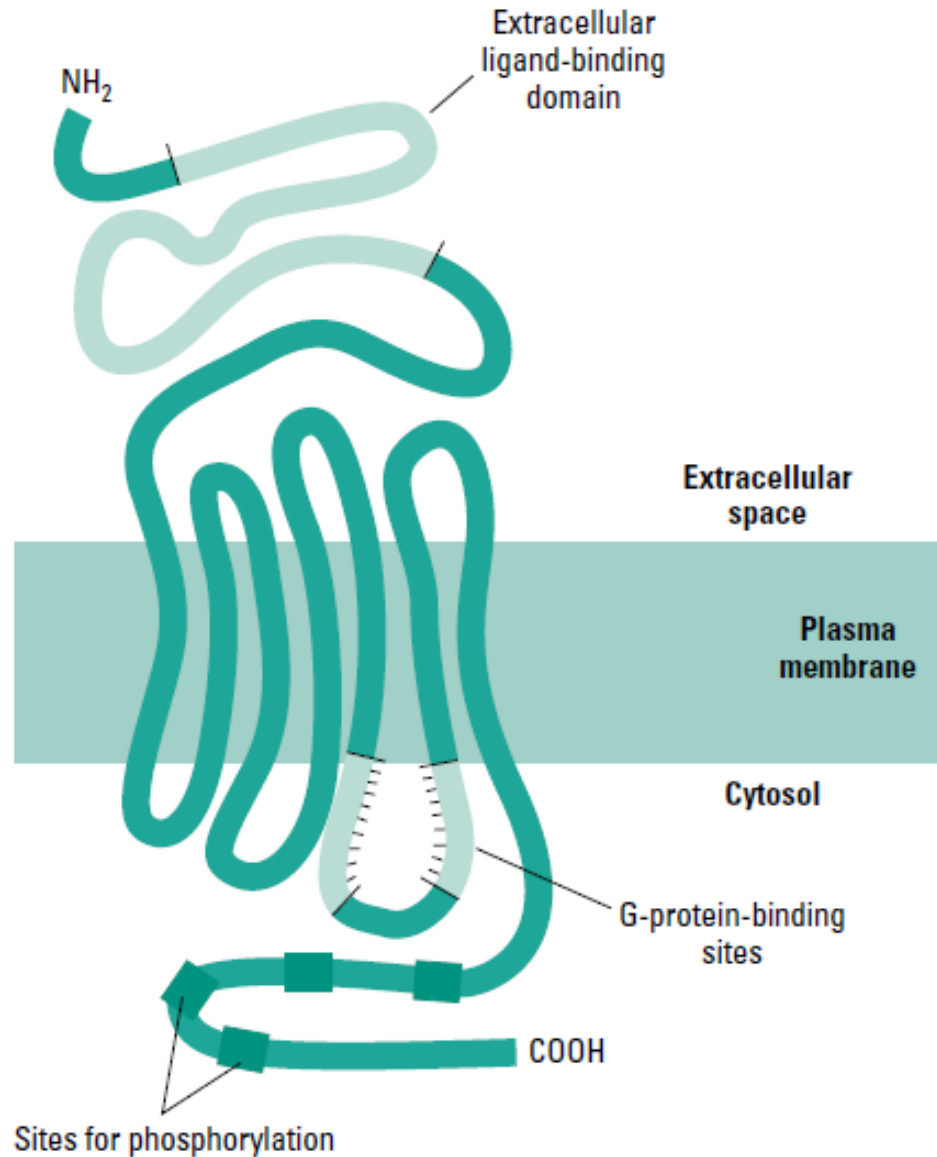
- Ενδοκυτταρικοί υποδοχείς
- Υποδοχείς που σχετίζονται με ένζυμα
- Υποδοχείς που σχετίζονται με κανάλια ιόντων
- Υποδοχείς G πρωτεϊνών



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Φυσιολογική έκφραση της γονιδιακής ρύθμισης

Υποδοχείς



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Φυσιολογική έκφραση της γονιδιακής ρύθμισης

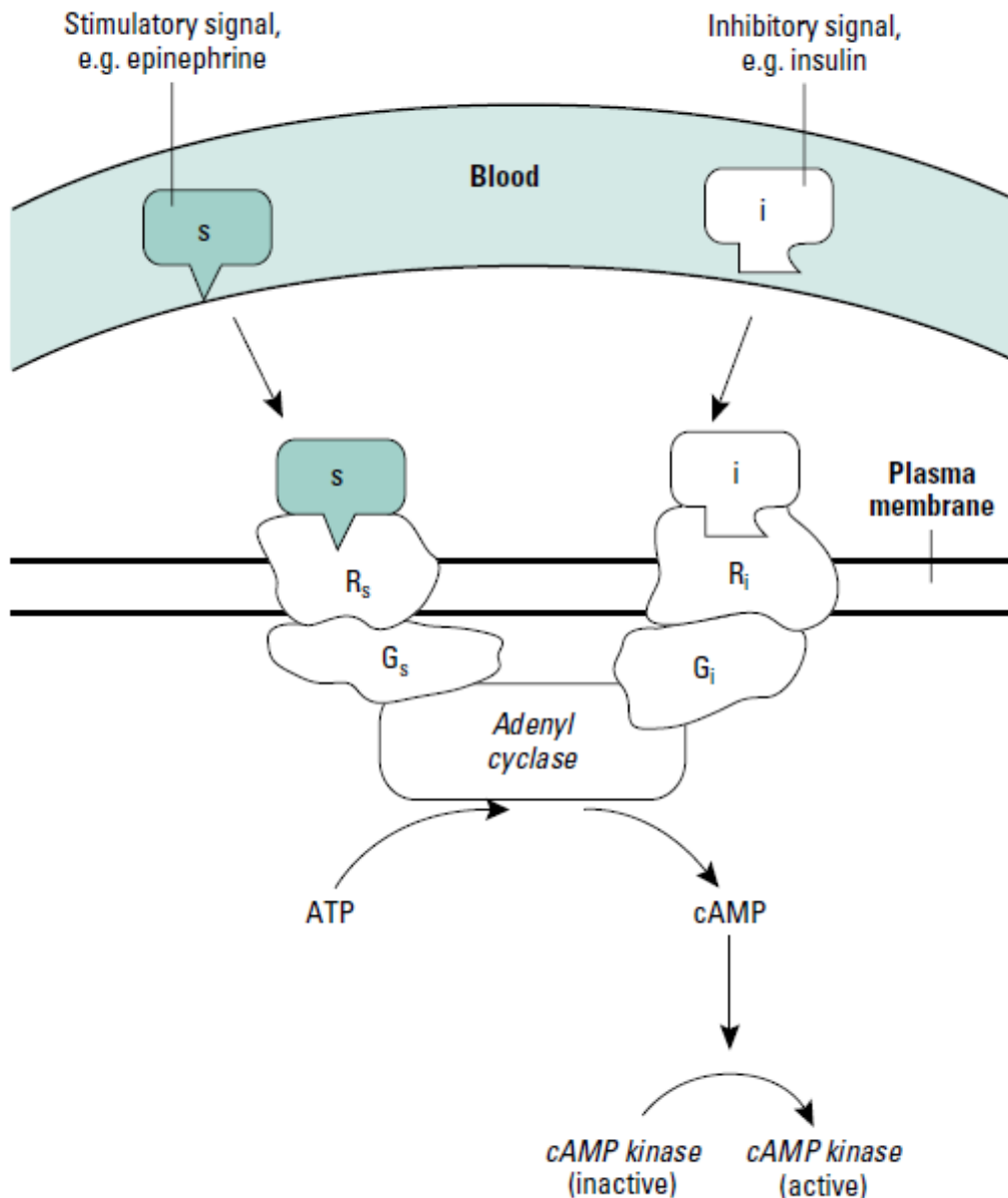
Ενδοκυτταρικοί διαμεσολαβητές & δεύτεροι μηνύτορες



ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Φυσιολογική έκφραση της γονιδιακής ρύθμισης

Ενδοκυτταρικοί διαμεσολαβητές & δεύτεροι μηνύτορες

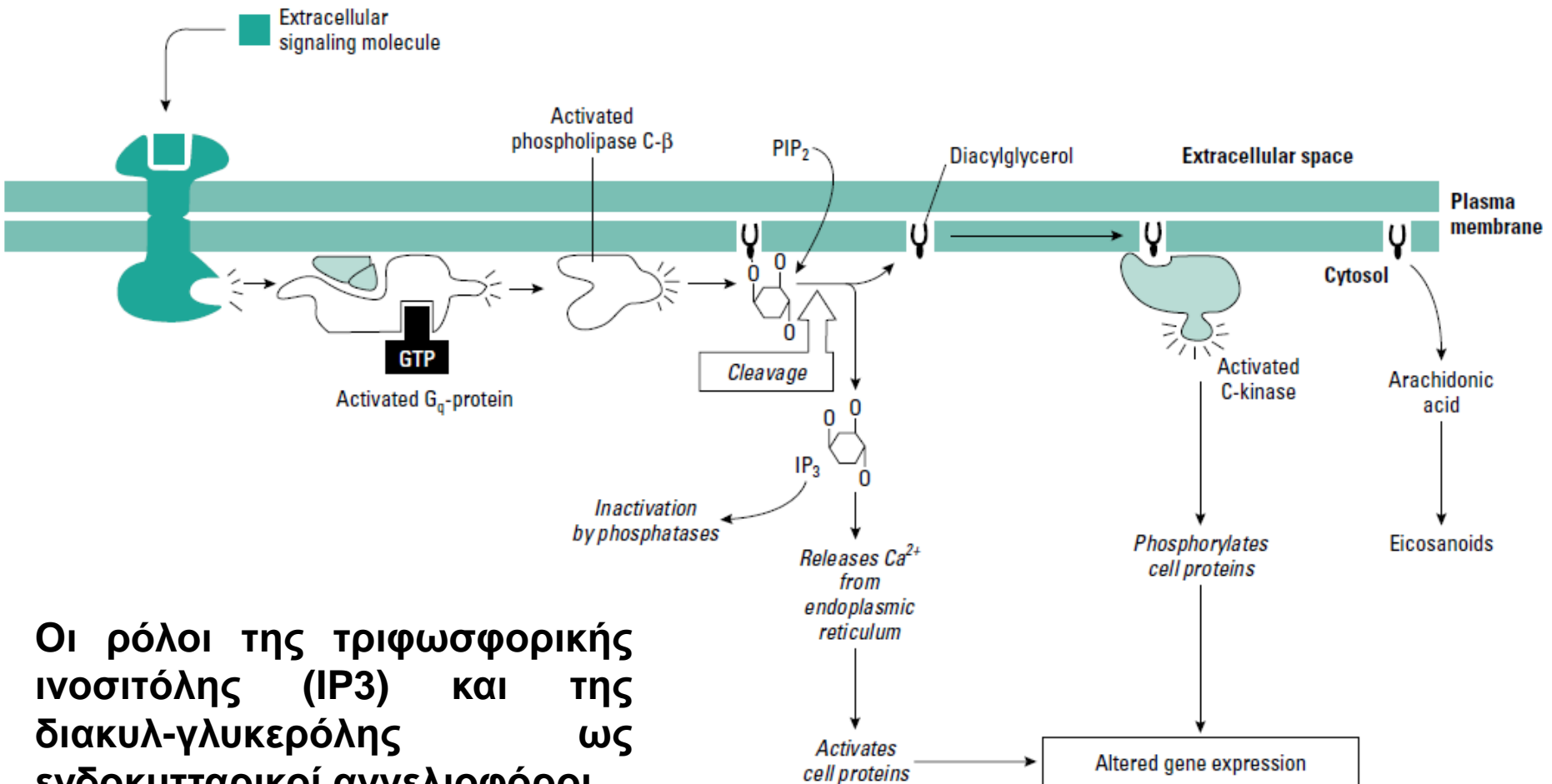


- Αλληλεπίδραση δύο G πρωτεϊνών με ένα απλό cAMP που παράγει αδενυλική κυκλάση, δίνοντας ταυτόχρονα
 - διεγερτικές (s) και
 - ανασταλτικές (i) οδούς
- G:** G-πρωτεΐνες.
R: υποδοχείς.

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Φυσιολογική έκφραση της γονιδιακής ρύθμισης

Ενδοκυτταρικοί διαμεσολαβητές & δεύτεροι μηνύτορες



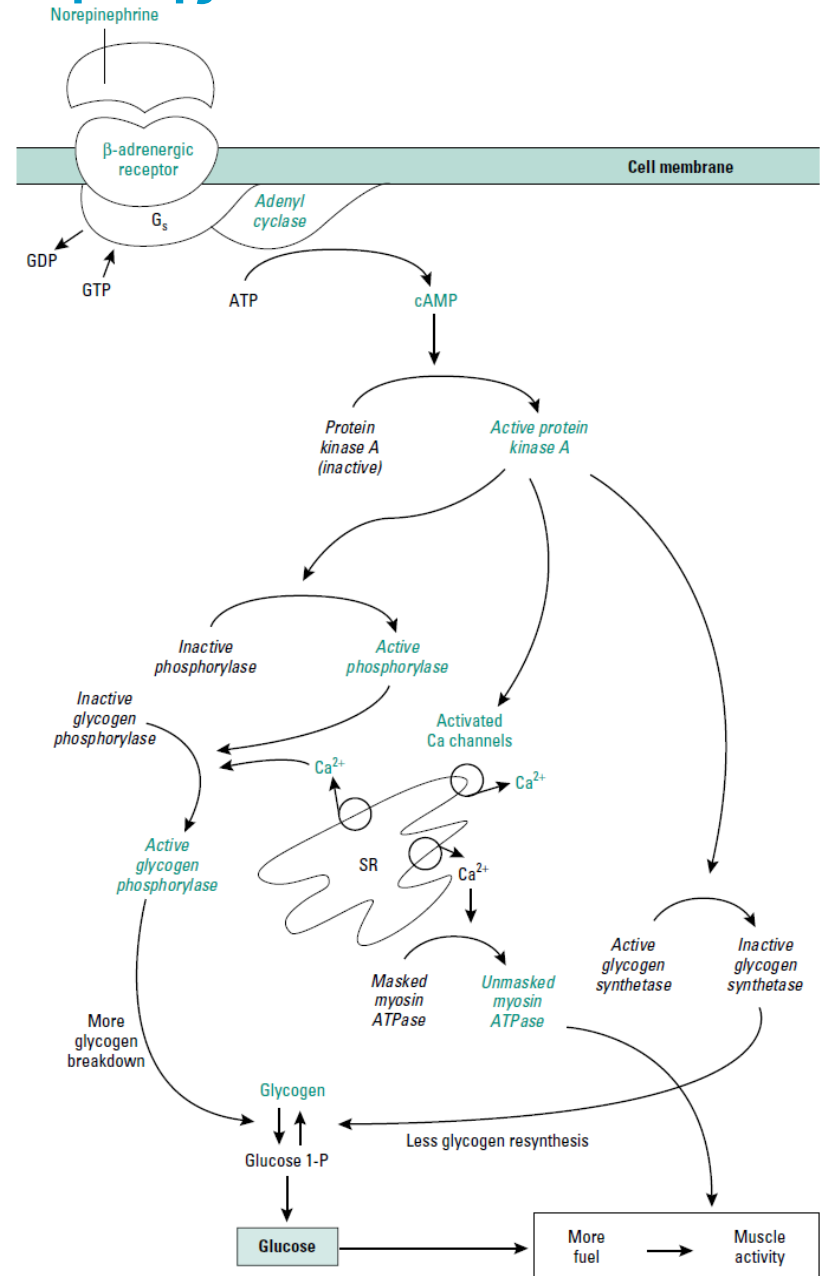
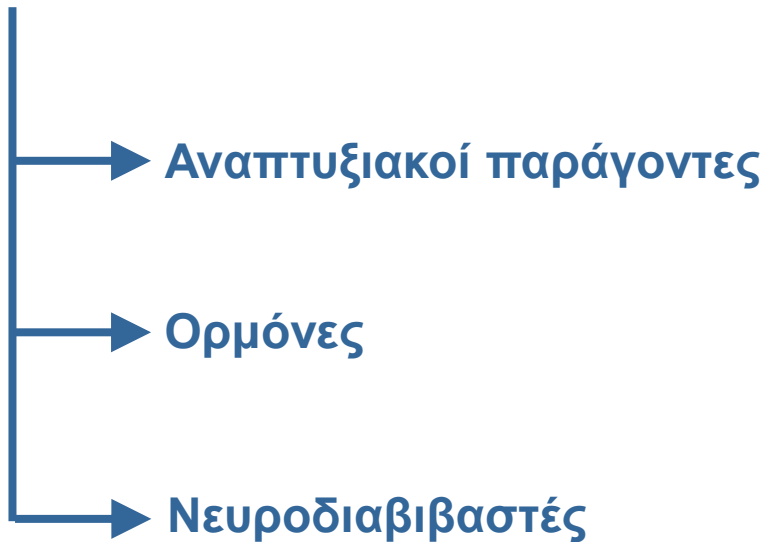
Οι ρόλοι της τριφωσφορικής ινοσιτόλης (IP₃) και της διακυλ-γλυκερόλης ως ενδοκυτταρικοί αγγελιοφόροι.

Και οι δύο παράγονται από τη διάσπαση ενός συγκεκριμένου μεμβρανικού φωσφολιπιδίου μετά την ενεργοποίηση μιας G-πρωτεΐνης από ένα εξωκυτταρικό σήμα (PIP₂: διφωσφορική φωσφατιδυλοϊνοσιτόλη).

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Φυσιολογική έκφραση της γονιδιακής ρύθμισης

Εξωκυτταρικά σήματα ελέγχου

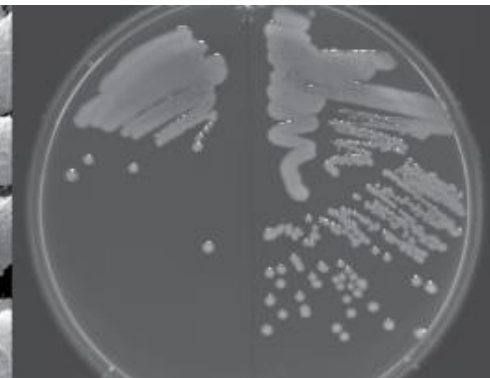
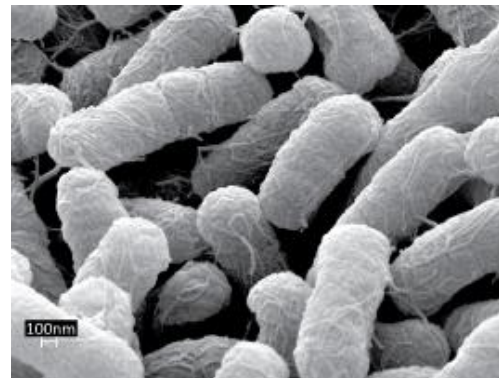


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

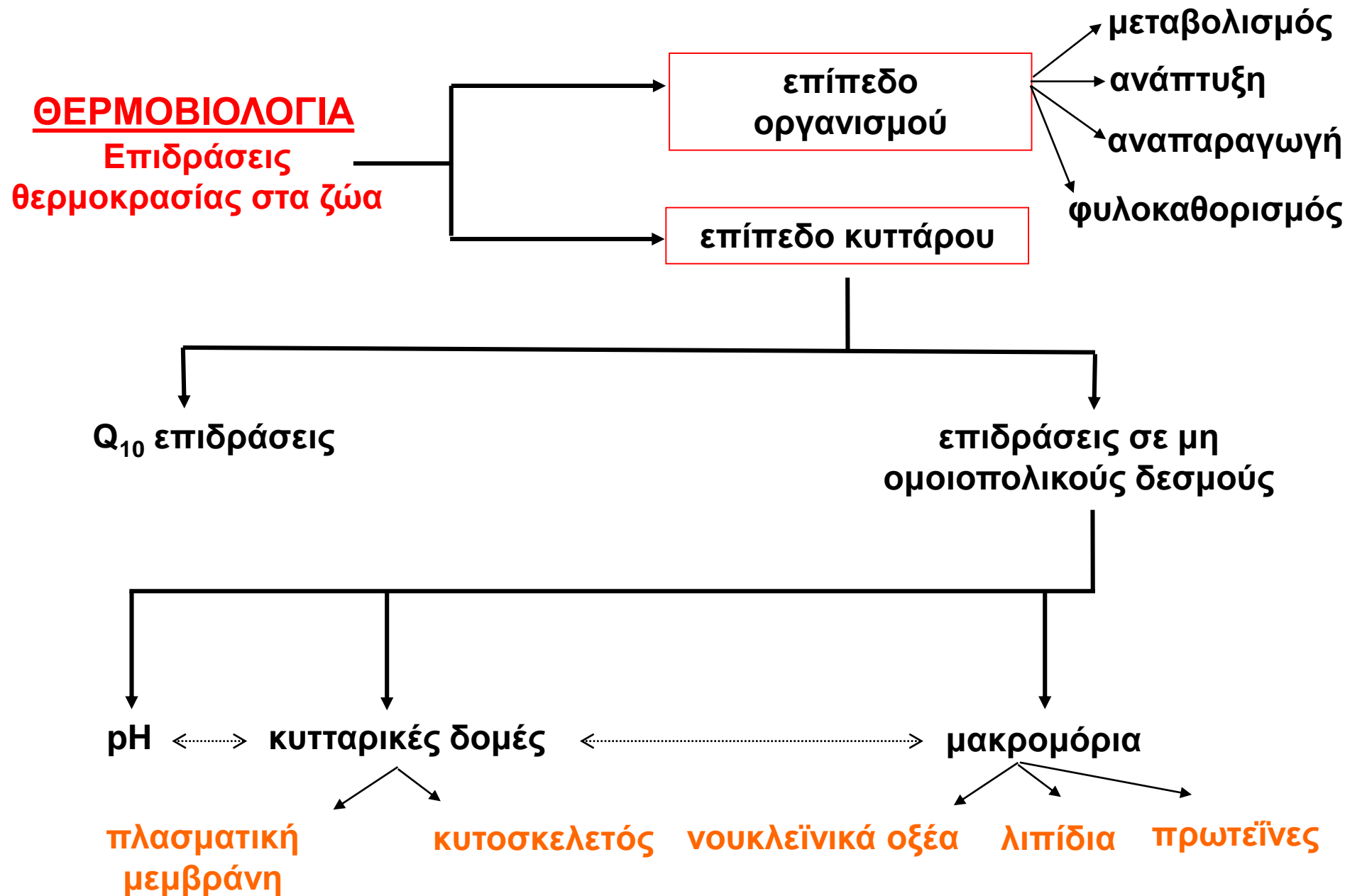
Η χαμηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί ακόμα στη βιόσφαιρα της Γης είναι $-89,2^{\circ}\text{C}$, στην Ανταρκτική, ενώ οι υψηλότερες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 80°C σε μεγάλες ερήμους έως 100°C σε ορισμένες γεωθερμικές πηγές και $>350^{\circ}\text{C}$ σε υψηλές υδροστατικές πιέσεις σε υδροθερμικούς αεραγωγούς της βαθιά θάλασσα.



Η προκαρυωτική ζωή μπορεί να βρεθεί σε μεγάλο μέρος αυτών των θερμοκρασιών αλλά η δραστική ζωή των ζώων περιορίζεται σε σχετικά στενό φάσμα θερμοκινών συνθηκών.

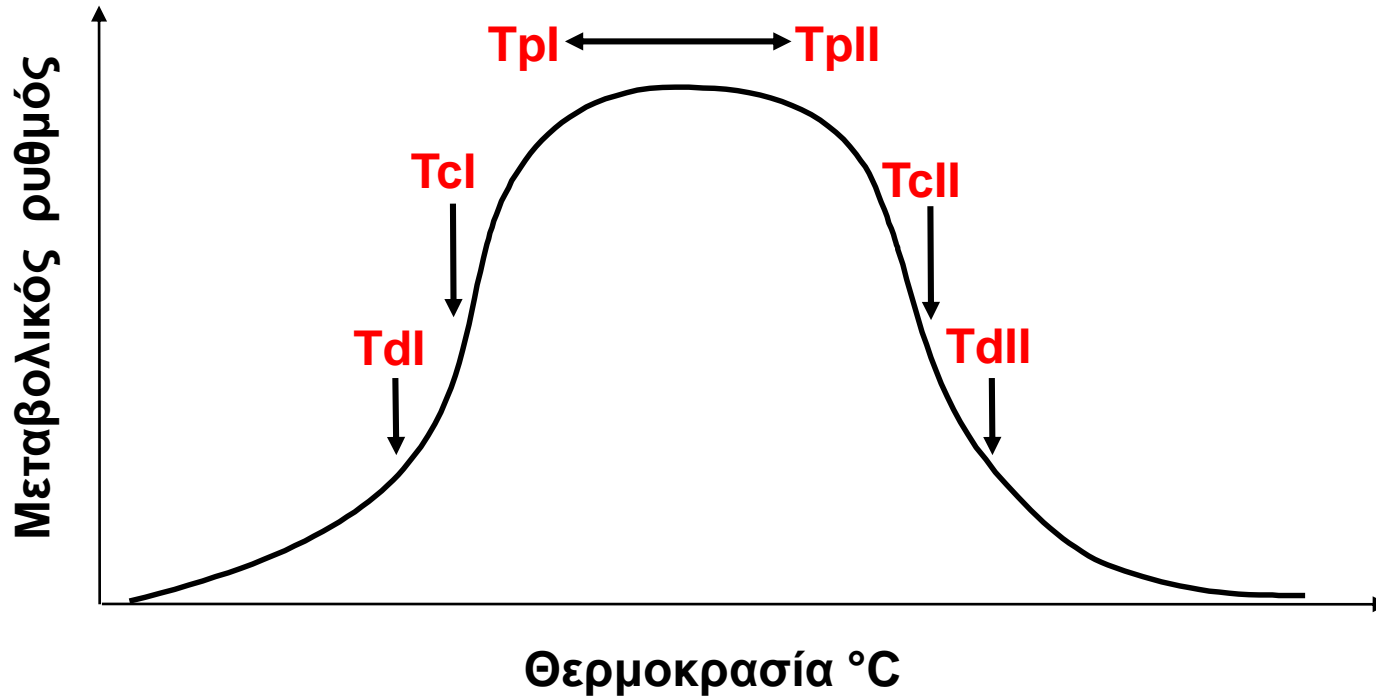


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Εύρος θερμοκρασίας με τη μέγιστη αερόβια δραστηριότητα



Tr: Temperature pejus:
βιοχημικές και φαινοτυπικές
αλλαγές

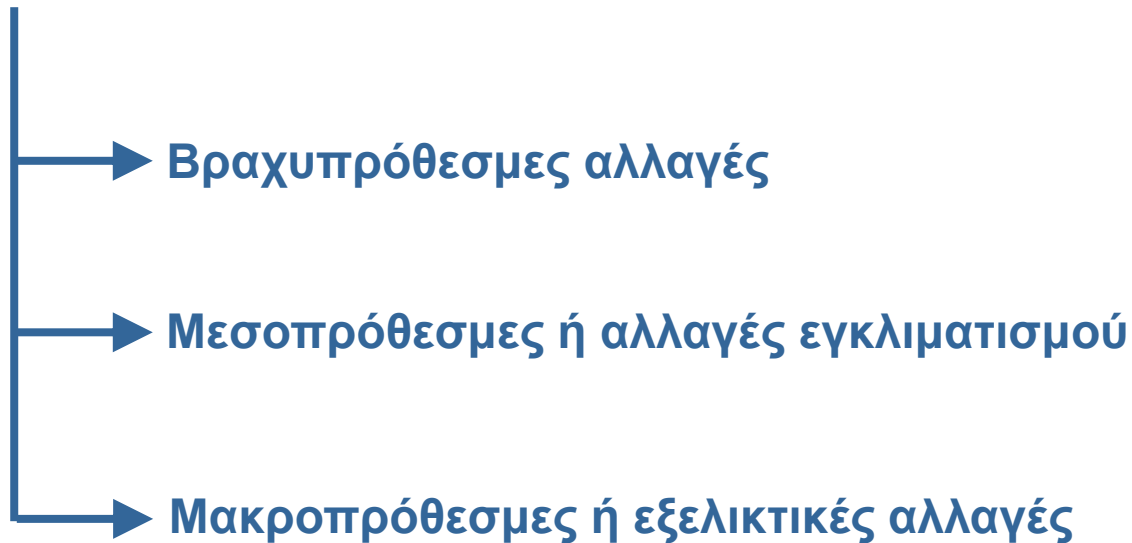
Tc: Temperature critical:
έκφραση Hsp γονιδίων,
ένταση του μεταβολισμού

Td: Temperature denaturation:
αποδιοργάνωση μοριακών
δομών, περιορισμένη
επιβίωση

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ενζυμική προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες

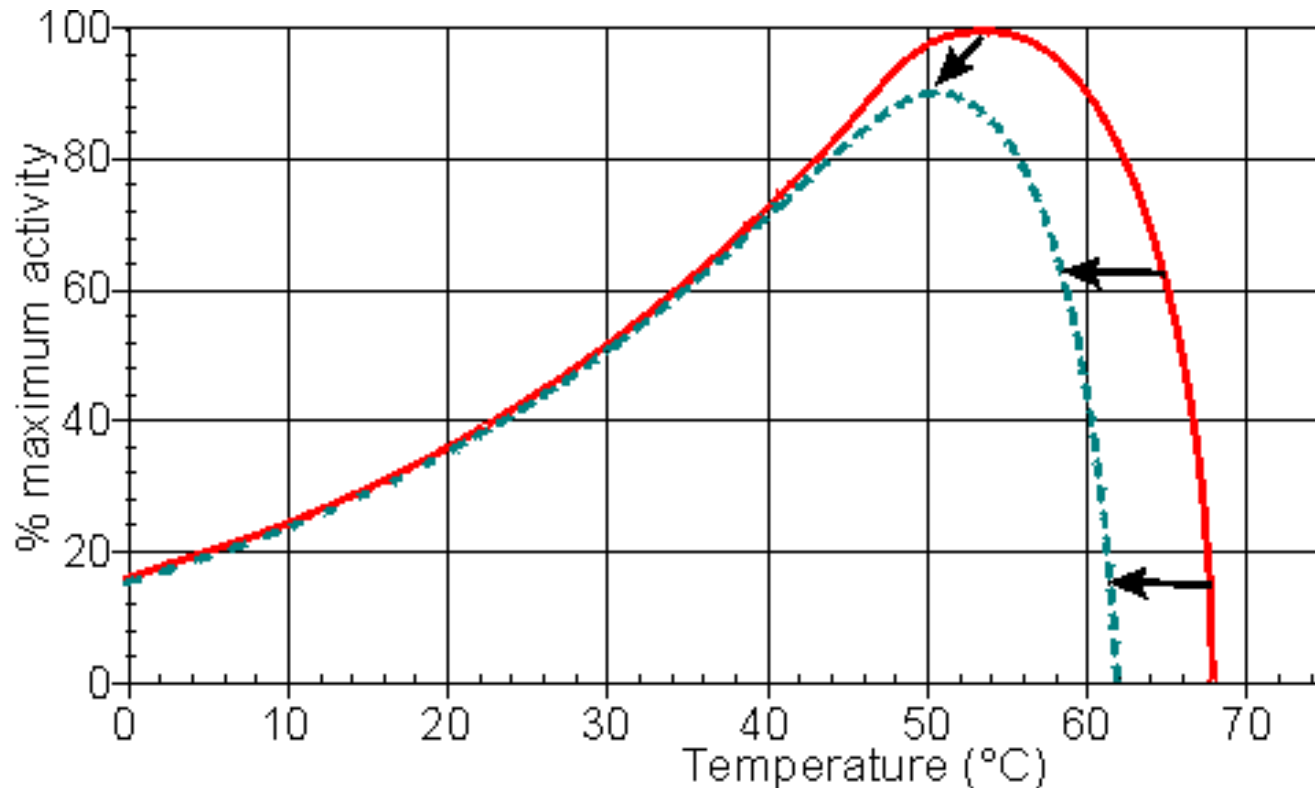
Τα ένζυμα είναι πρωτεΐνες και η απόδοσή τους είναι αναπόφευκτα ευαίσθητη σε θερμικές αλλαγές, αλλά καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται ή μειώνονται οι επιδόσεις τους μπορεί να τροποποιηθούν με διάφορους τρόπους που μπορεί να είναι προσαρμοστικοί, επεκτείνοντας τα θερμικά όρια των ειδών. Η φύση αυτών των τροποποιήσεων ποικίλλει ανάλογα με το χρόνο και την αλλαγή της θερμοκρασίας.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ενζυμική προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες Βραχυπρόθεσμες αλλαγές

Η δραστηριότητα πολλών ενζύμων ελέγχεται άμεσα ή έμμεσα μέσω ορμονών και / ή του νευρικού συστήματος. Αυτά παρέχουν μηχανισμούς για τη ρύθμιση της ενζυμικής δραστηριότητας σε χρονικό διάστημα λίγων δευτερολέπτων έως αρκετών ωρών, αντισταθμίζοντας τις αλλαγές θερμοκρασίας.



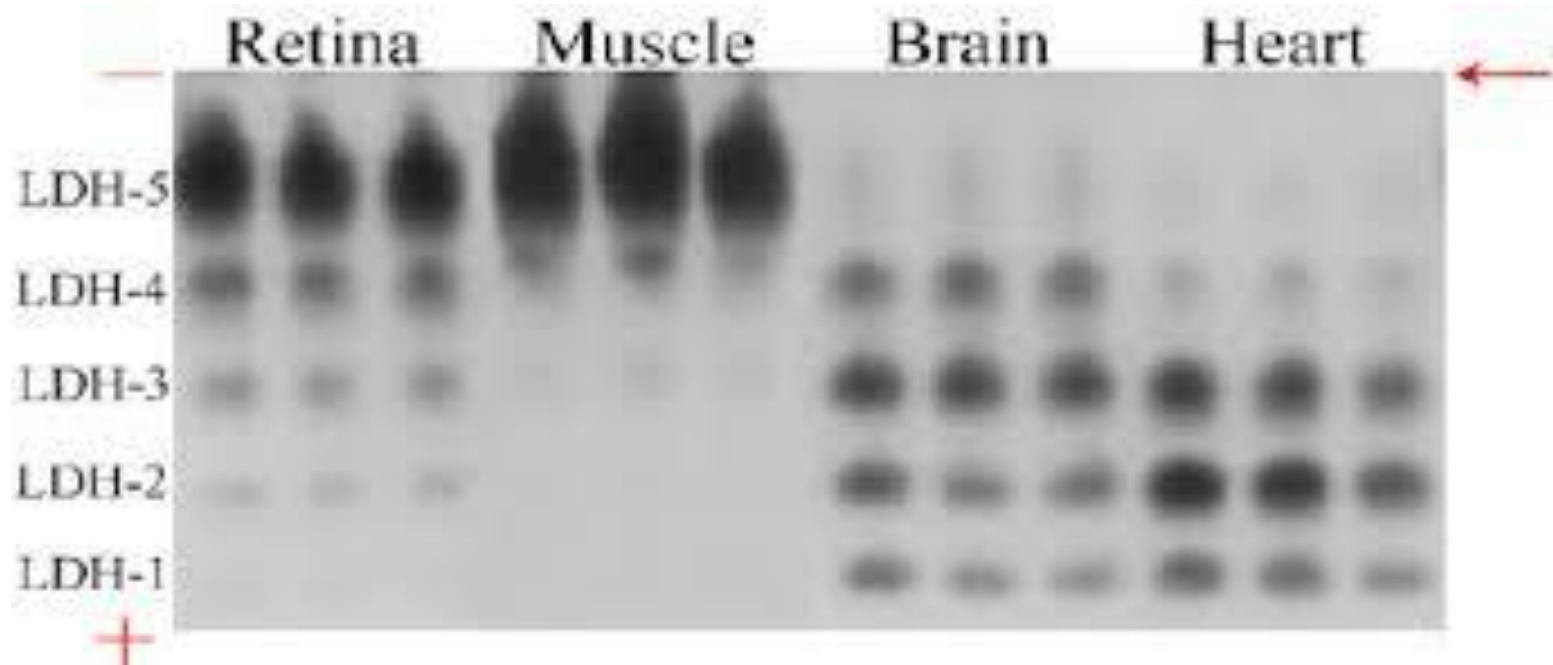
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ενζυμική προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες

Μεσοπρόθεσμες ή αλλαγές εγκλιματισμού

➤ Κατά τη διάρκεια του χρόνου σε ημέρες έως εβδομάδες, η θερμοκρασία αλλάζει συχνά επηρεάζοντας τη συγκέντρωση των ενζύμων πιο θεμελιωδώς, μέσω επιδράσεων στη σύνθεση και αποικοδόμηση πρωτεϊνών.

➤ Η στρατηγική των ισοενζύμων με διαφορετικά θερμοκρασιακά βέλτιστα δεν είναι στην πραγματικότητα πολύ συνηθισμένη, παρόλα αυτά αρκετά μεγάλος αριθμός ζώων εκφράζουν διαφορετικά ισοένζυμα σε διαφορετικούς ιστούς (όπως το ήπαρ, η καρδιά και οι μύες).



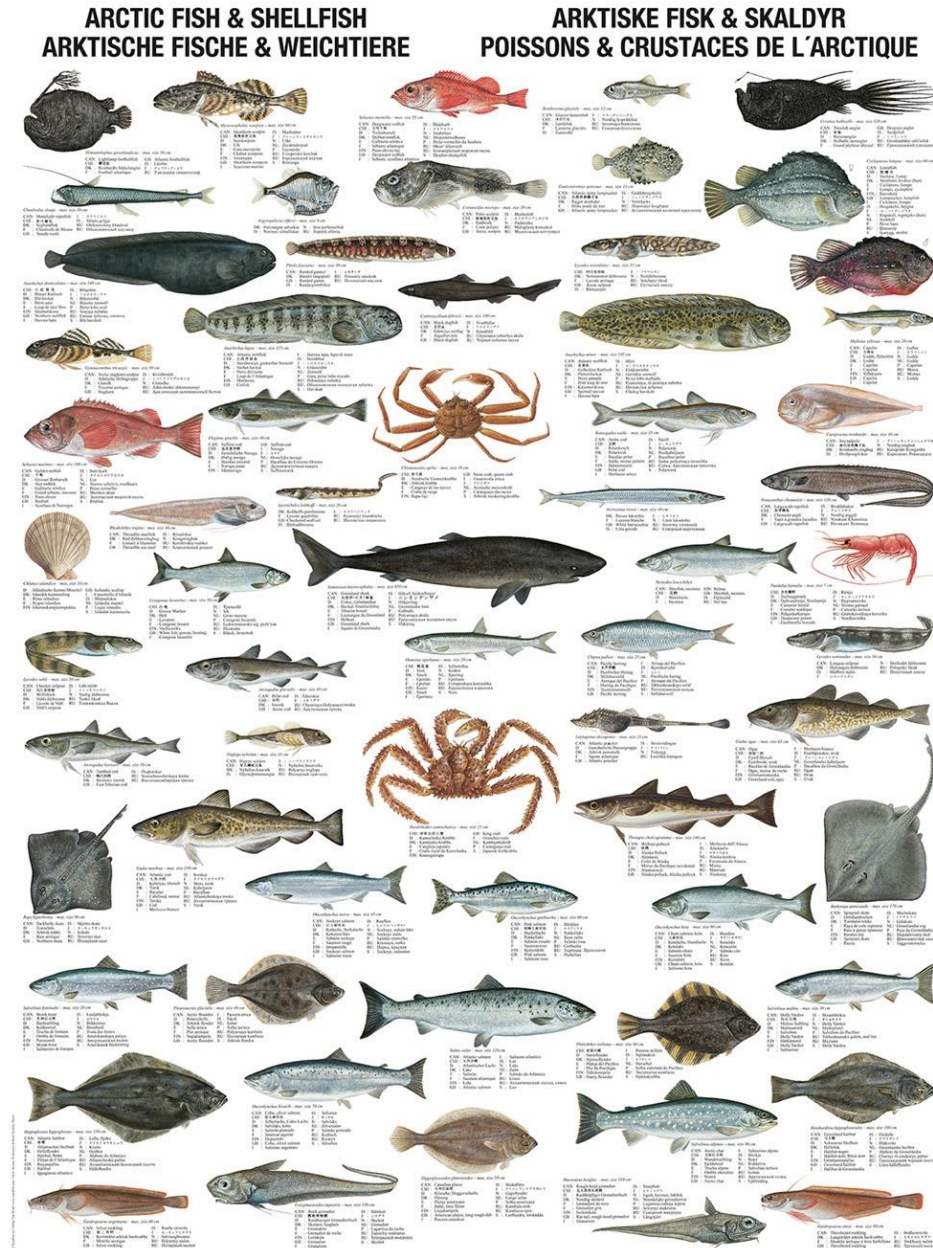
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ενζυμική προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες

Μακροπρόθεσμες ή εξελικτικές αλλαγές

➤ Η φυσική επιλογή προσφέρει τη δυνατότητα ανάπτυξης εξειδικευμένων ενζύμων σε συγκεκριμένα θερμικά περιβάλλοντα από πλευρά μεγίστων δραστηριοτήτων και ρυθμιστικών ιδιοτήτων. Σε μερικές περιπτώσεις οι μηχανισμοί είναι παρόμοιοι με εκείνους που παρατηρούνται στις αλλαγές εγκλιματισμού, με ποσοτική αύξηση των συγκεντρώσεων ενζύμων.

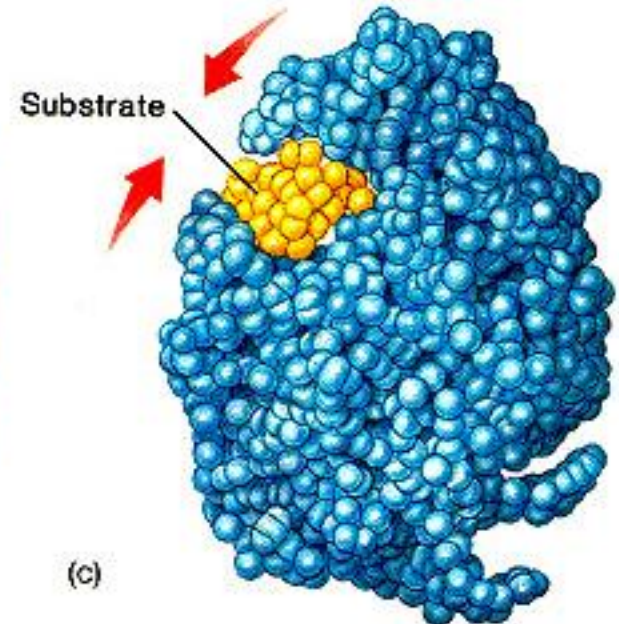
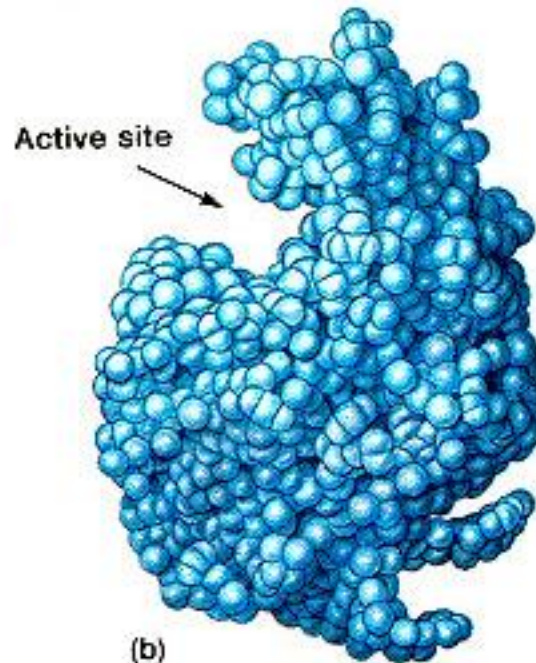
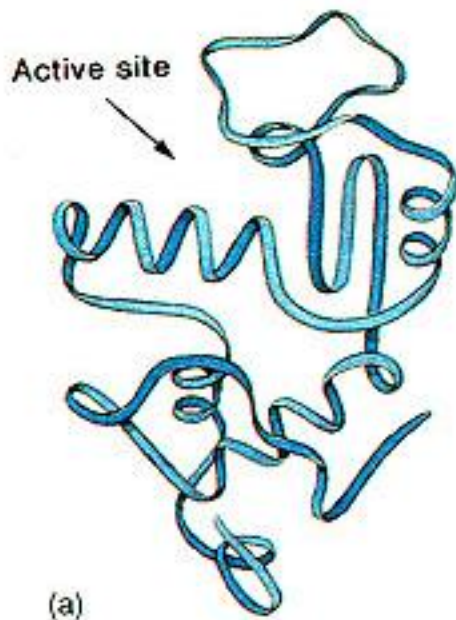
➤ Για παράδειγμα, τα μεμονωμένα μιτοχόνδρια στα Ανταρκτικά ψάρια έχουν σχετικά χαμηλά ποσοστά οξυγόνου αλλά η συγκέντρωσή τους αυξάνεται σημαντικά.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

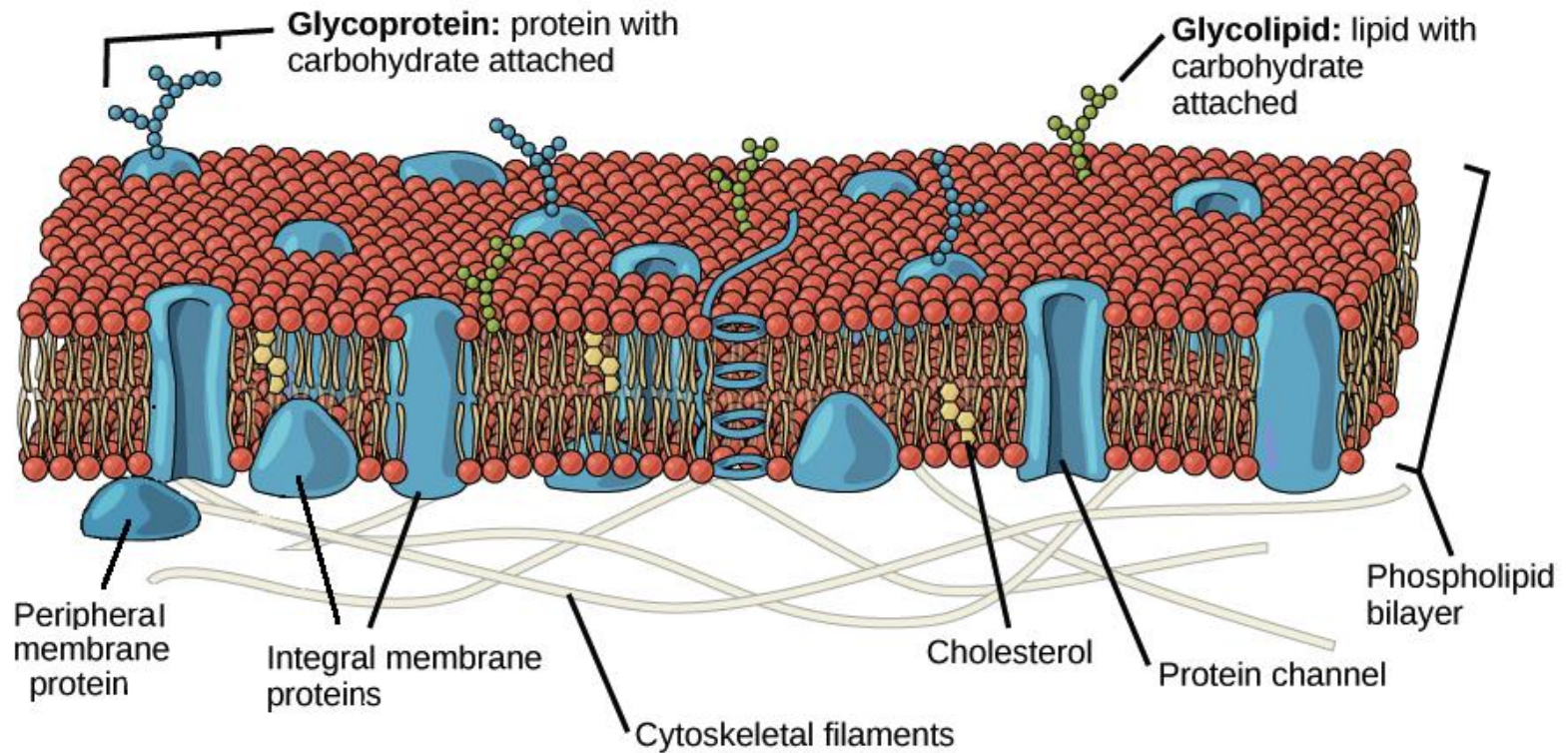
Ενζυμική προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες Μακροπρόθεσμες ή εξελικτικές αλλαγές

- Άλλες δυνατότητες περιλαμβάνουν γενοτυπικές μεταβολές στην αλληλουχία και τη δομή ενζύμων για να δώσουν αλλαγμένες ιδιότητες, που προκύπτουν από το συνδυασμό των αποτελεσμάτων της μετάλλαξης και της επιλογής για να δώσουν πιο κατάλληλες παραλλαγές πρωτεΐνης για συγκεκριμένα καθεστώτα θερμοκρασίας.
- Η θέση πρόσδεσης στα ένζυμα είναι συνήθως πολύ συντηρημένη, αλλά οι παρακείμενες περιοχές μεταβάλλονται για να αλλάξουν τη θερμική σταθερότητα και / ή την ευκαμψία του ενζύμου.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Θερμικές επιδράσεις σε μεμβράνες & κυτταρικές δομές



Οι φυσικές ιδιότητες των βιολογικών μεμβρανών, και ειδικότερα των λιπιδικών τους συστατικών (τα οποία μπορεί να είναι 25-50% της μεμβράνης), επηρεάζονται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Αυτή η ισορροπημένη δομική κατάσταση μπορεί να διαταραχθεί εύκολα, και αυτό αντανakλάται σε σημαντικές και απότομες αλλαγές στο ιξώδες. Ο θερμικός θάνατος μπορεί να οφείλεται σε διαταραχές στη μεμβράνη ιδιαίτερα σε πολύ ευαίσθητες περιοχές, όπως συνάψεις, όπου οποιαδήποτε δυσλειτουργία προφανώς θα προκαλούσε άμεσες επιδράσεις.

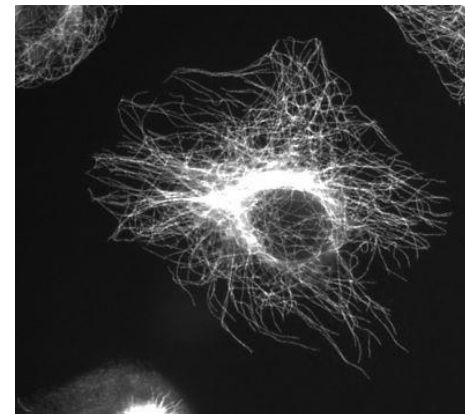
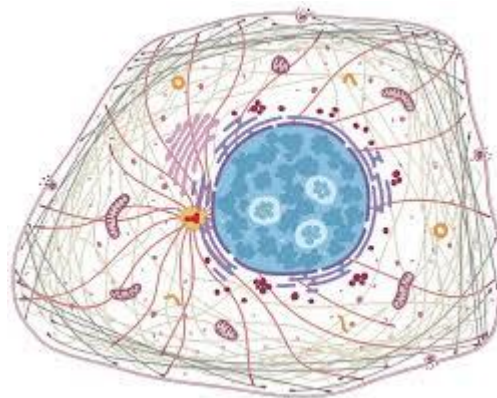
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Θερμικές επιδράσεις σε μεμβράνες & κυτταρικές δομές

Τα θηλαστικά και τα πτηνά έχουν σχετικά διατεταγμένες μεμβράνες, που ταιριάζουν με την ανάγκη τους να διατηρούν σταθερές μεμβράνες στις υψηλές θερμοκρασίες σώματος 37°C και 41°C , αντίστοιχα.



Εκτός από τα συστατικά μεμβράνης, και άλλα υποκυτταρικά συστατικά θα επηρεαστούν αρνητικά από τις αλλαγές θερμοκρασίας, με το καλύτερα μελετημένο παράδειγμα να είναι οι μικροσωληνίσκοι.



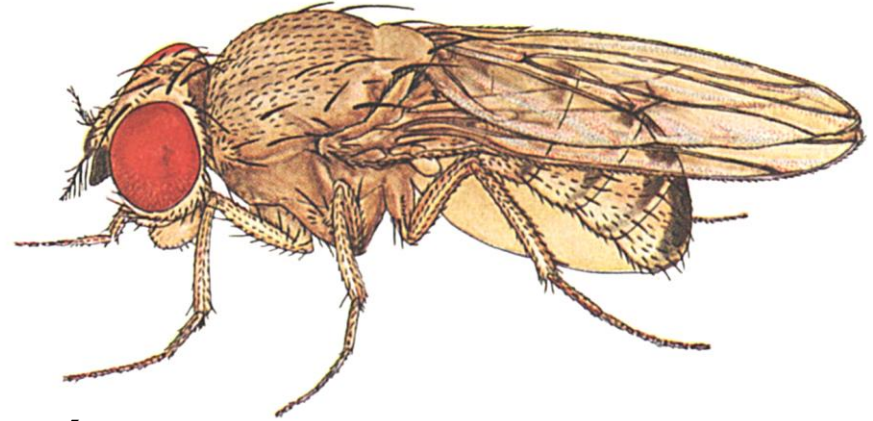
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Θερμική επαγωγή πρωτεϊνών στρες

Heat Shock Proteins - Hsps

ομαδοποίηση Hsps σε οικογένειες ανάλογα με το μοριακό τους βάρος :

- Hsp90,
- Hsp70,
- Hsp60,
- Hsp40,
- Hsp20-30
- άλλες πρωτεΐνες για τις οποίες ελάχιστα είναι γνωστά για τη δομή και τη λειτουργία τους.



Ένταση του θερμικού στρες :

θερμοκρασία

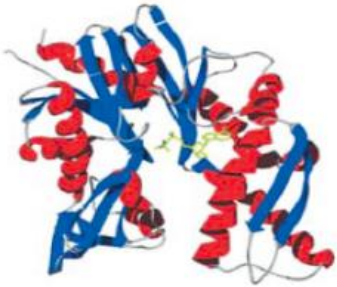
x ρυθμός του ερεθίσματος

x διάρκεια της έκθεσης σε αυτή τη θερμοκρασία

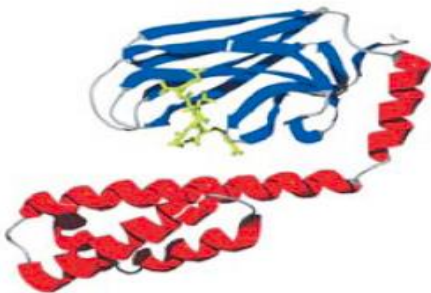
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Θερμική επαγωγή πρωτεϊνών στρες

Hsp90



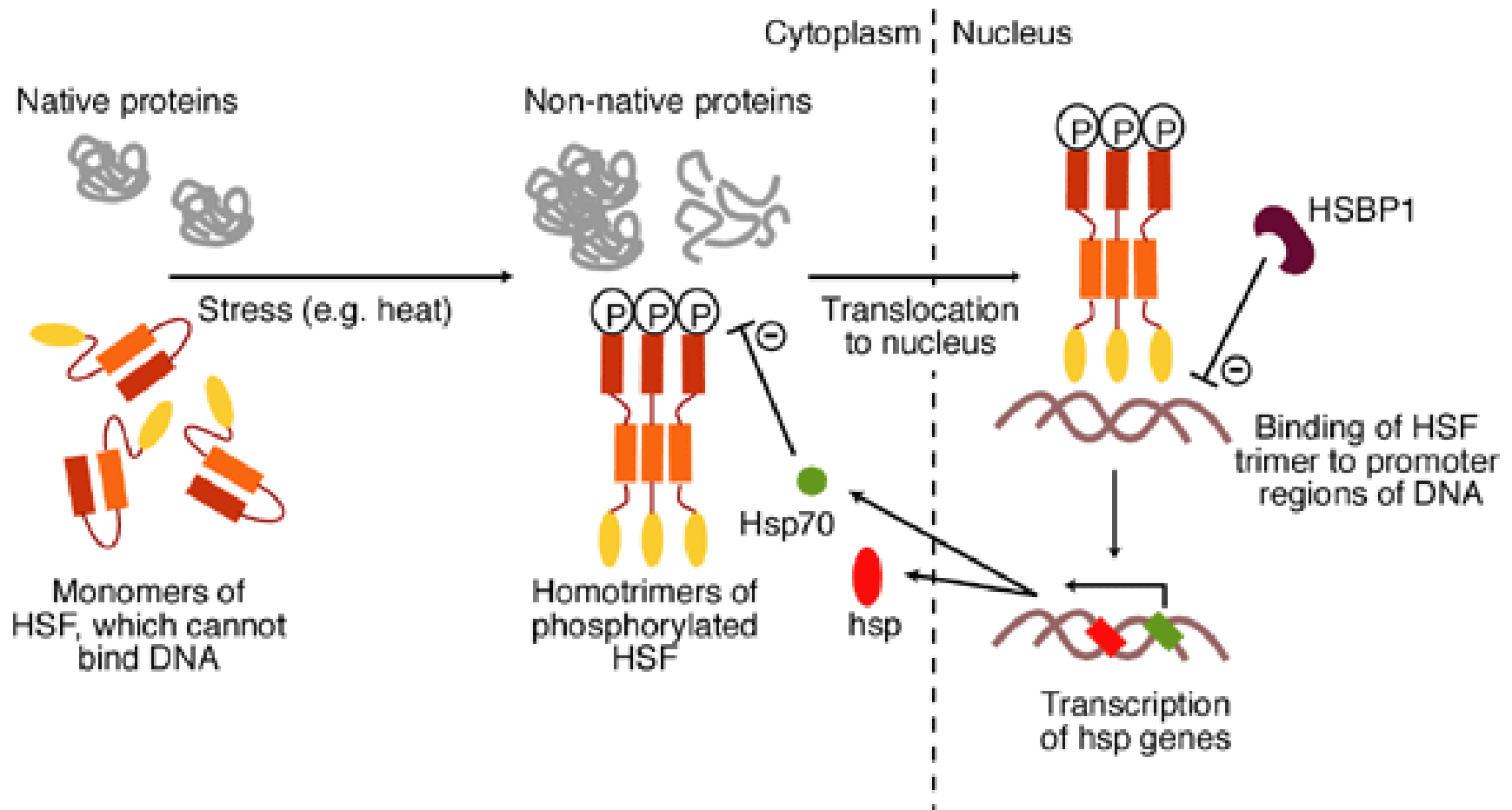
Hsp70



- Κυτταροπροστατευτικός ρόλος
- Δείκτες θερμικών ορίων
- Άμεση ενίσχυση της έκφρασης τους μετά από επίδραση θερμικού στρες

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Θερμική επαγωγή πρωτεϊνών στρες



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς

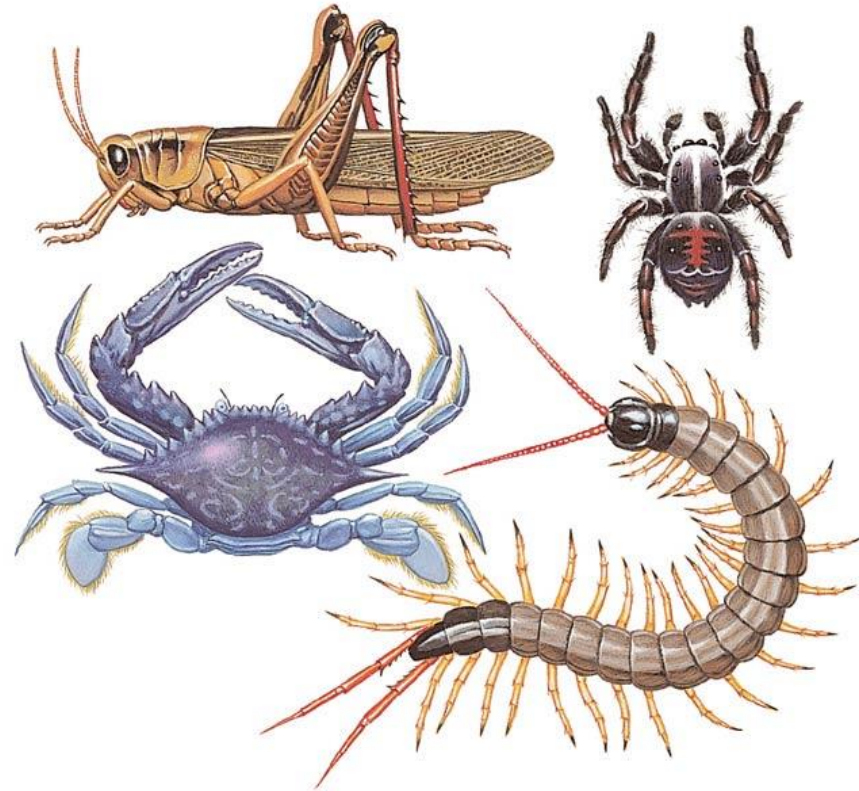
Τα κύτταρα και τα ζώα που μπορούν να επιβιώσουν σε χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζουν το γενικό φαινόμενο της «**ψυχρής σκληρότητας**», και τα περισσότερα από αυτά έχουν κάποια ικανότητα να επιβιώνουν κάτω από αυτές τις θερμοκρασίες

Μερικά ζώα επιδεικνύουν την **ανοχή ψύξης** και μπορούν να αντιμετωπίσουν την εκτεταμένη ψύξη με σχηματισμό πάγου που εμφανίζεται μέσα στο σώμα. Άλλοι εμφανίζουν **μη-ανοχή ψύξης**, επιβιώνουν στους -40 έως -50°C χωρίς σχηματισμό πάγου στο σώμα τους, αλλά συνήθως πεθαίνουν πολύ γρήγορα αν τυχόν κρύσταλλοι πάγου αρχίσουν να σχηματίζονται. Αυτοί επιβιώνουν αποφεύγοντας την κατάψυξη και ως εκ τούτου περιγράφονται ως οργανισμοί που επιδεικνύουν **αποφυγή ψύξης**.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς Οργανισμοί με ανοχή ψύξης

Η ανοχή ψύξης είναι συνηθισμένη σε πολλές ομάδες ασπονδύλων συμπεριλαμβανομένων μερικών εντόμων, δίθυρων, γαστερόποδων και σκωλήκων όπως οι νηματώδεις αλλά και σε κάποια είδη βατράχων.

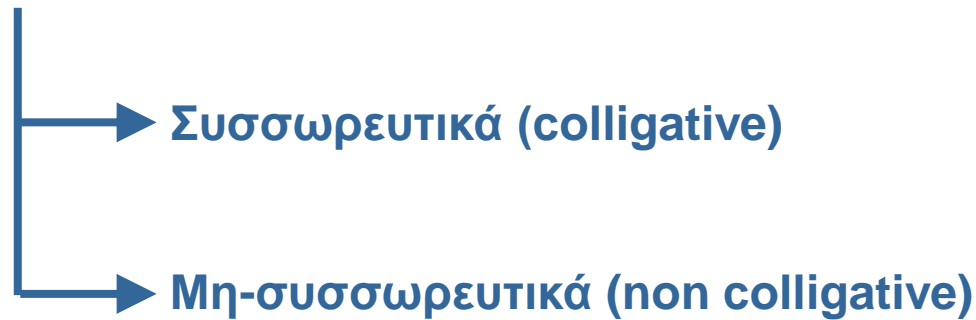


Οι παράγοντες πυρήνωσης πάγου (ice-nucleating agents - INA) στα εξωκυτταρικά σωματικά υγρά οδηγούν στο σχηματισμό πάγου. Την ίδια στιγμή, μεγάλο μέρος του ενδοκυτταρικού νερού διατηρείται σε υψηλά επίπεδα εξαιτίας αντιδράσεων με μακρομόρια και παραμένει σχετικά υγρό. Οι πυρηνικοί παράγοντες σε ασπόνδυλα ανθεκτικά στην κατάψυξη φαίνεται να είναι πρωτεΐνες (πρωτεΐνες πυρήνωσης πάγου ή ice-nucleating proteins - INPs), με πολύ υδρόφιλο χαρακτήρα.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς Οργανισμοί με ανοχή ψύξης

Η προστασία των κυττάρων από «τραυματισμό» κατά τη διάρκεια όλων αυτών των δραστικών αλλαγών επιτυγχάνεται σε μεγάλο βαθμό από μια δεύτερη ομάδα μορίων, τα **κρυοπροστατευτικά**.

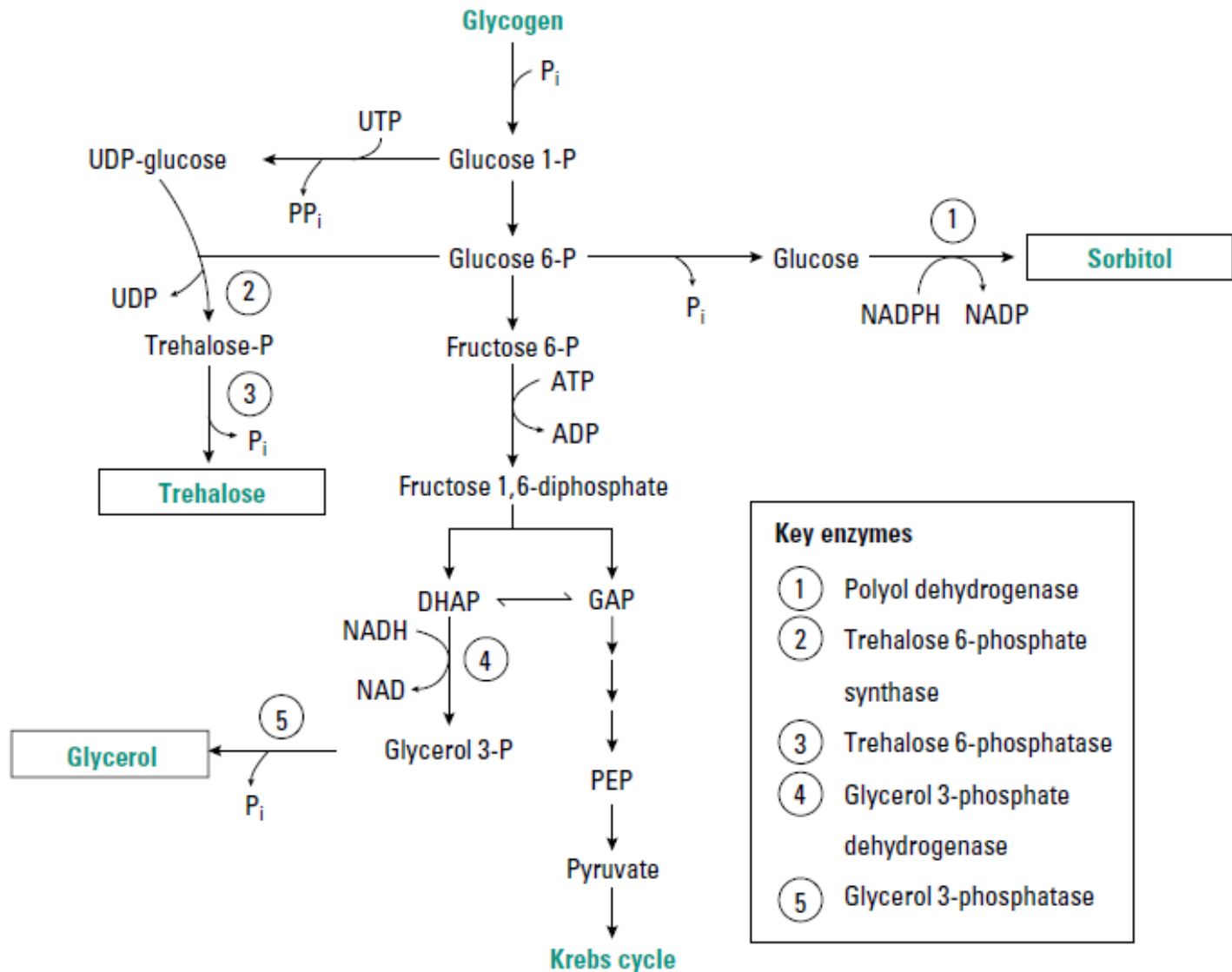


➤ **Συσσωρευτικά κρυοπροστατευτικά** εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις αυξάνοντας την οσμωτική συγκέντρωση των υγρών του σώματος, έτσι ώστε μόνο ένα περιορισμένο ποσοστό του συνολικού νερού του σώματος να μπορεί να μετατραπεί σε εξωκυτταρικό πάγο.

➤ **Μη-συσσωρευτικά κρυοπροστατευτικά** εμφανίζονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις και είναι προστατευτικά μεμβράνης, συνδέονται στη θέση του νερού και διατηρούν έτσι την υποκυτταρική δομή από μακροπρόθεσμη βλάβη. Η **τρεχαλόζη** και η **προλίνη** είναι συνηθισμένα παραδείγματα στα έντομα.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς Οργανισμοί με ανοχή ψύξης

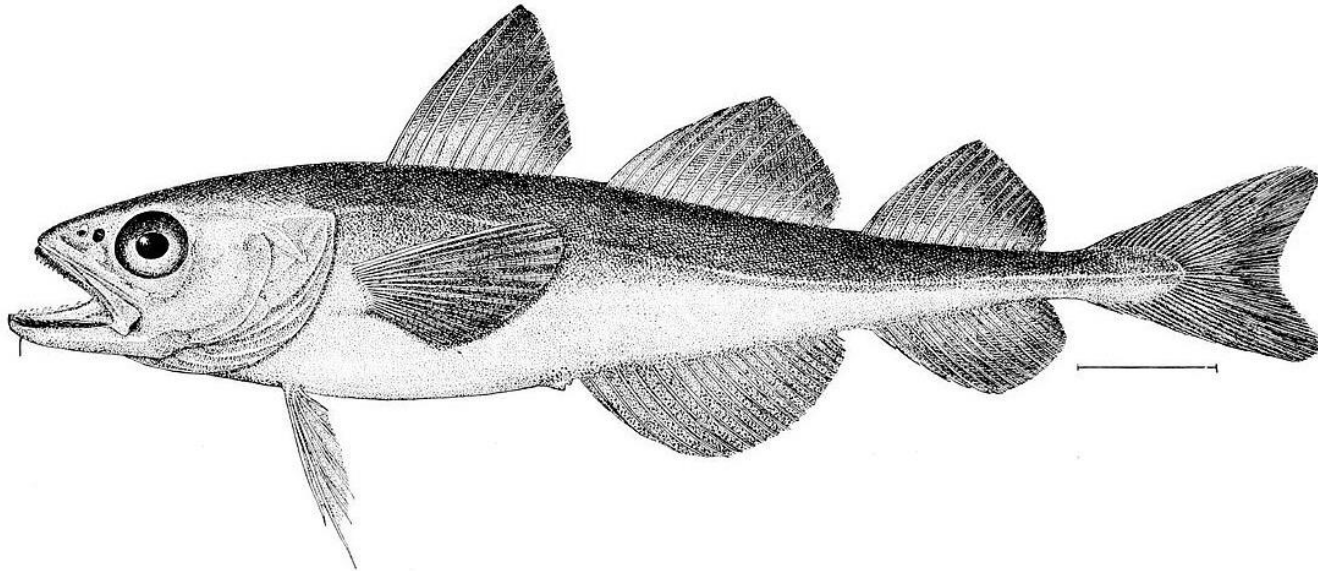


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς

Οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης

Η μη-ανοχή ψύξης είναι συνηθισμένη σε πολλές ομάδες ασπονδύλων αλλά και σε πολλά ποικίλα ψάρια.



➤ Τα ζώα των οποίων η στρατηγική είναι η αποφυγή της ψύξης είναι σίγουρα πιο αινιγματικά.

➤ Ζουν με τα σωματικά τους υγρά αρκετά κάτω από 0°C αλλά χωρίς σχηματισμό πάγου. Για παράδειγμα, πολλά ακάρεα της Ανταρκτικής μπορούν να επιβιώσουν χωρίς να καταψυχθούν από -10 έως -20°C και ορισμένα είδη μπορούν να παραμείνουν ενεργά σε αυτές τις θερμοκρασίες. Η κατάσταση αυτή οφείλεται σε δύο κύριους λόγους: λόγω του ιδιόμορφου φαινομένου της **υπερψύξης (supercooling)** και λόγω της πρόσθετης **παρουσίας ειδικών αντιψυκτικών**.

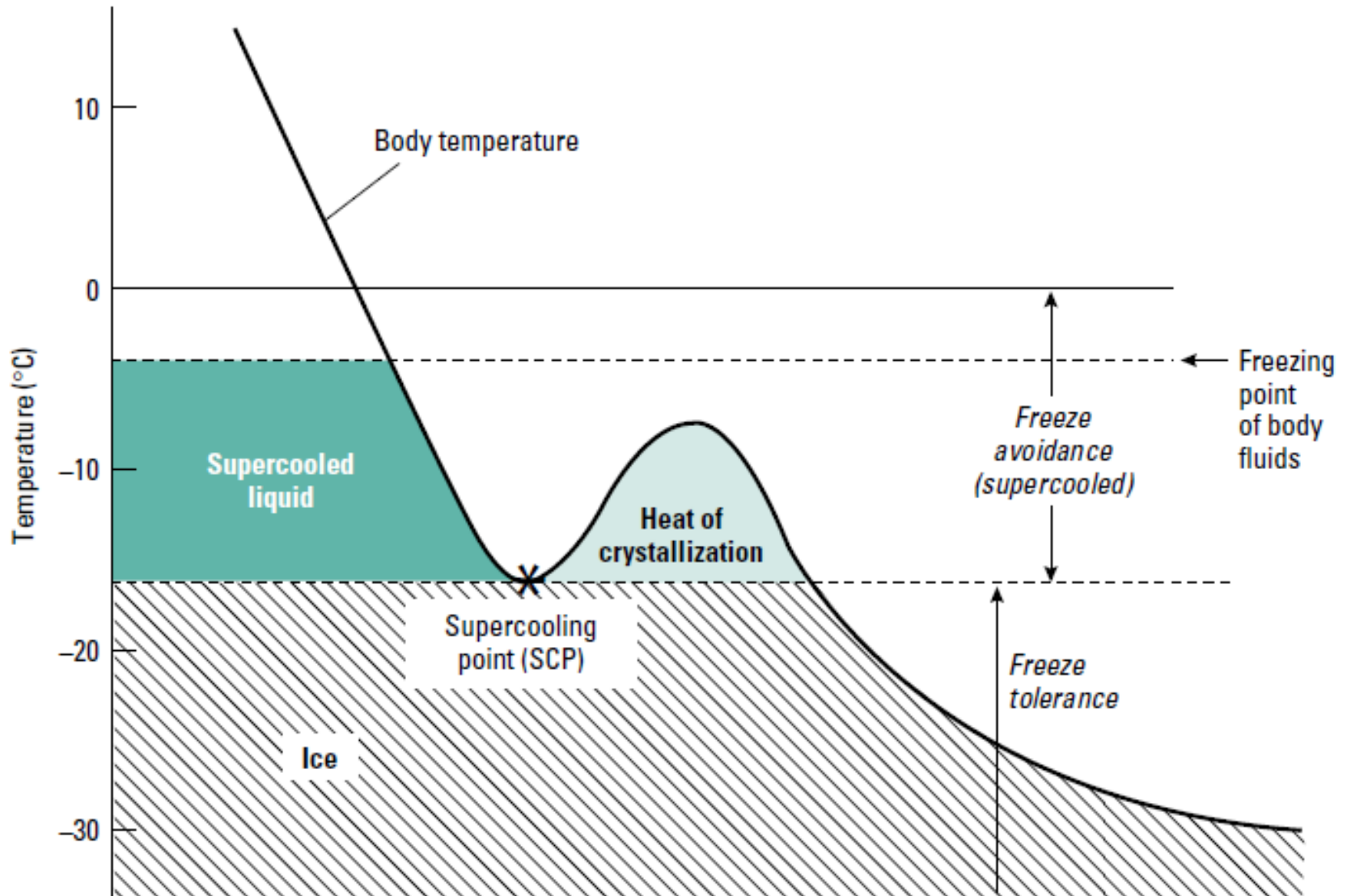
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς Οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης

- Οποιοδήποτε υγρό μπορεί να υποβληθεί σε **υπερψύξη**, δηλ. να ψυχθεί κάτω από το σημείο ψύξης χωρίς να στερεοποιείται (το νερό είναι ιδιαίτερα καλό στην υπερψύξη).
- Η πραγματική **διαδικασία ψύξης** εξαρτάται από τρεις κύριες μεταβλητές: **θερμοκρασία, χρόνος και παρουσία πυρήνων** στους οποίους μπορούν να αρχίσουν να σχηματίζονται κρύσταλλοι πάγου.
- Αν οι πυρήνες αυτοί, όπως τα σωματίδια σκόνης, απομακρυνθούν, το καθαρό νερό μπορεί εύκολα να υπερψυχθεί στους -20°C ή ακόμα και στους -40°C χωρίς την εμφάνιση πάγου.
- Αλλά η παρουσία διαλυμένων ουσιών γενικά οδηγεί στο μείωση του σημείου υπερψύξης (SCP), έτσι ώστε τα σωματικά υγρά να έχουν μεγαλύτερη ικανότητα υπερψύξης από το καθαρό νερό.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς
Οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

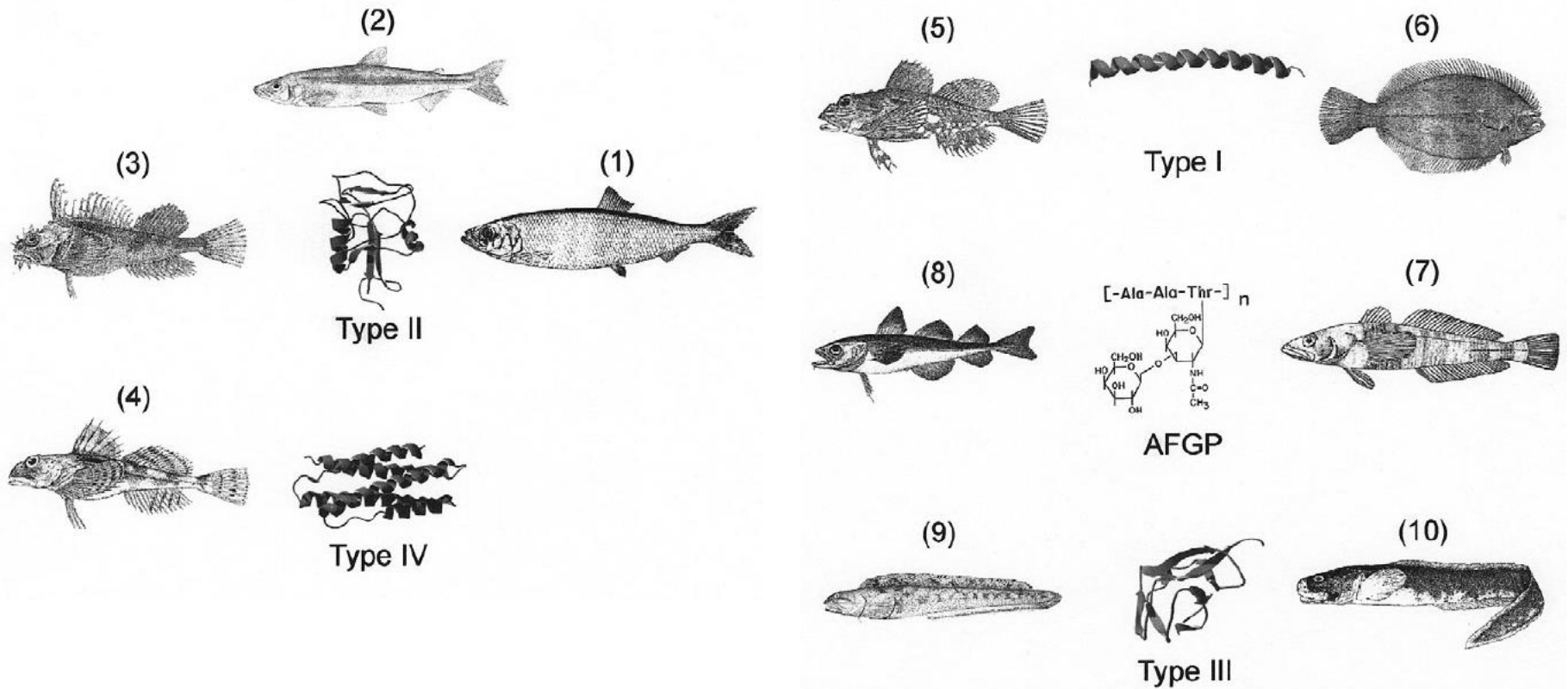
Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς Οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης

- Διαλυμένες ενώσεις στο αίμα, όπως ένα **σάκχαρο ή άλας**, παρουσιάζουν αντιψυκτικές ιδιότητες.
- Στα πολικά θαλάσσια ψάρια υπάρχει ένα σοβαρότερο πρόβλημα που πρέπει να ξεπεραστεί, γιατί για αυτά η απειλή του σχηματισμού πάγου μπορεί να είναι συνεχής. Τα υγρά του ζώου είναι πιο διαλυτά από αυτά του περιβάλλοντος και επομένως μπορεί να είναι κάτω από το φυσικό τους σημείο ψύξης. Εν μέρει προστατεύονται από υψηλότερα επίπεδα NaCl πλάσματος από ό, τι είναι φυσιολογικά για άλλα τελεόστεα ψάρια, αλλά αυτά τα ζώα χρειάζονται επίσης ενώσεις που στην πραγματικότητα θα αποτρέψουν την ανάπτυξη των παγωμένων κρυστάλλων.
- Τουλάχιστον 11 διαφορετικές οικογένειες τελεόστεων ψαριών έχουν μια σειρά **αντιψυκτικών πεπτιδίων (Anti-Freeze Peptides - AFP)** ή **αντιψυκτικών γλυκοπεπτιδίων (Anti-Freeze Glyco-Peptides AFGP)**. Αυτά επιφέρουν ένα προστατευτικό φαινόμενο που ονομάζεται **«θερμική υστέρηση»**, έτσι ώστε το σημείο ψύξης του διαλύματος να είναι κάπως χαμηλότερο από το σημείο τήξης του.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

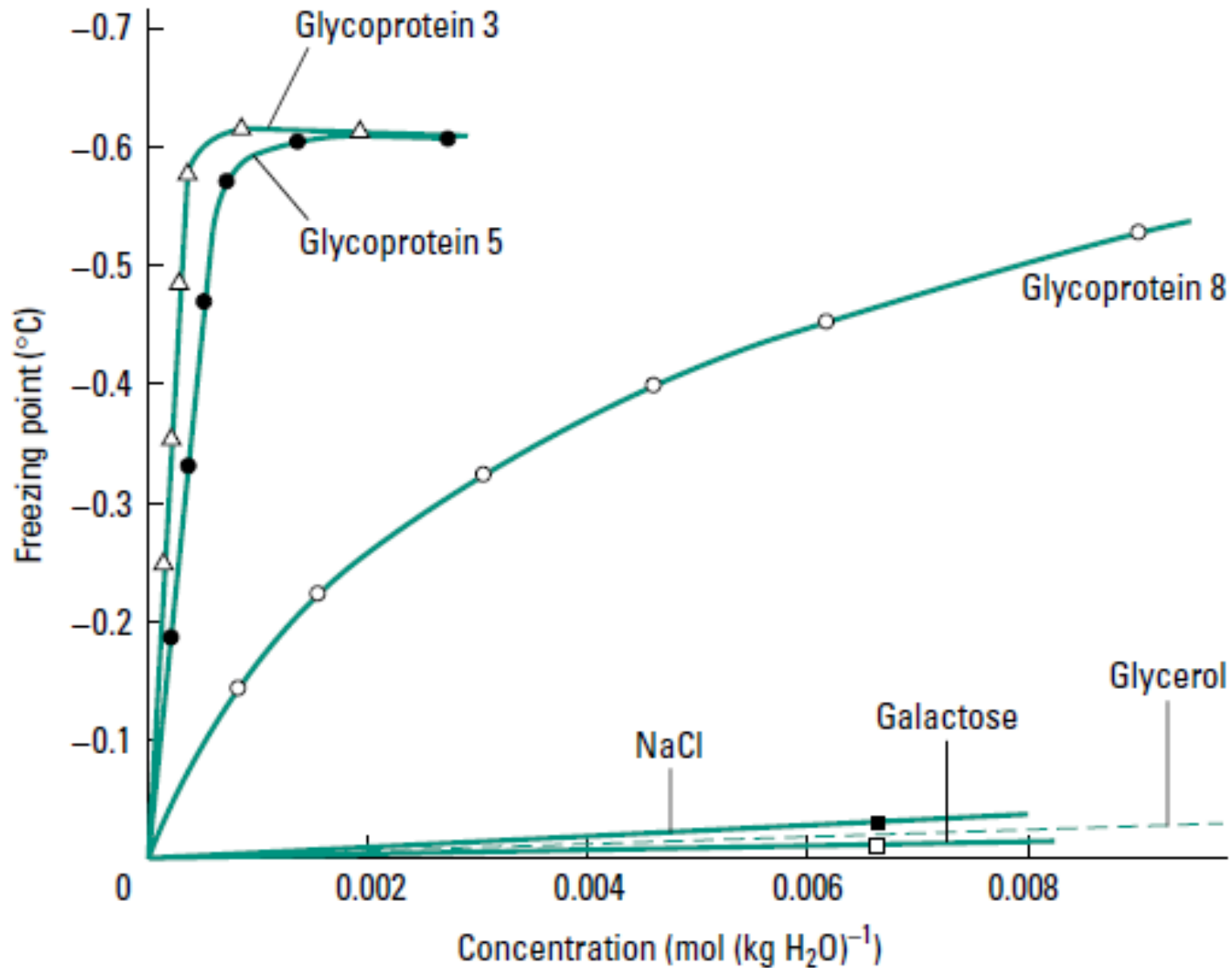
Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς

Οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς
Οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης



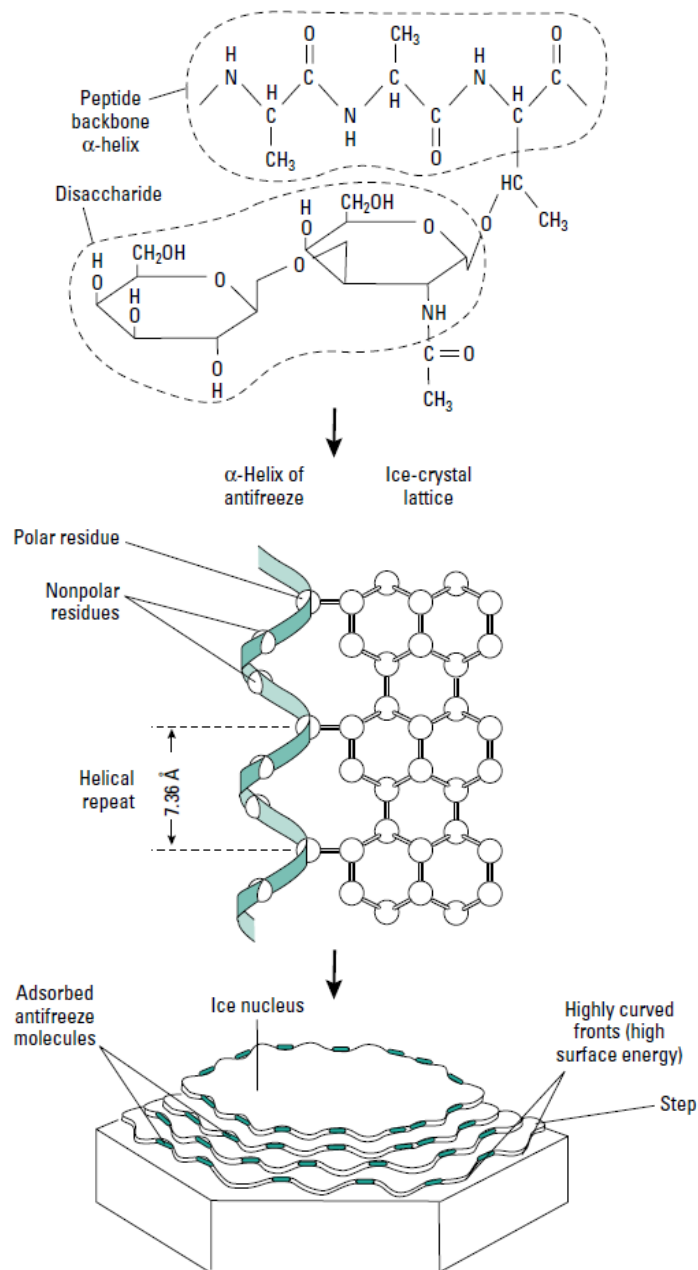
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς

Οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης

Η επαναλαμβανόμενη δομή των αντιψυκτικών γλυκοπεπτιδίων:

ένα πρότυπο για το πώς αυτό μπορεί να επιτραπεί η απορρόφηση κρυστάλλων πάγου, αποτρέποντας την ανάπτυξη τους στις θέσεις προσκόλλησης και αναγκάζοντας τις ενδιάμεσες τοποθεσίες να αναπτυχθούν σε μια σειρά από μετωπικές καμπύλες πάγου υψηλής επιφανειακής ενέργειας, που απαιτούν χαμηλότερες θερμοκρασίες για περαιτέρω ανάπτυξη.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Χαμηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς Οργανισμοί με ανοχή ψύξης vs οργανισμοί με μη-ανοχή ψύξης

Characteristic	Freeze avoiders	Freeze tolerators
Ice formation	Lethal	Extracellular ice tolerated
LCT	-5 to -20°C (rarely -60°C)	-20 to -70°C
Supercooling capacity	High	Low
Supercooling point	Close to LCT	Well above LCT
Ice-nucleating agents	Absent or masked	Present and active (proteins)
Antifreezes	Polyols ± peptides in fish	–
Cryoprotectants	–	Polyols, ± trehalose, ± proline
Occurrence	Many invertebrates Some vertebrates, notably polar fish	Common in invertebrates A few frogs

LCT, lower critical temperature.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Υψηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς

Υπάρχει ένα ανώτερο θερμικό όριο για κάθε κύτταρο, πέρα από το οποίο συμβαίνει ο κυτταρικός θάνατος. Τα σαφώς θανατηφόρα όρια καθορίζονται μόνο εν μέρει από τις επιδράσεις της θερμοκρασίας στην **μετουσίωση πρωτεϊνών**. Η **απενεργοποίηση πρωτεϊνών (ενζύμων)** είναι λιγότερο δραστική αλλά δυνητικά με εξίσου θανατηφόρο αποτέλεσμα.

Ωστόσο, και οι 2 αυτές επιδράσεις ισχύουν μόνο σε εκείνα τα κύτταρα των οποίων η ανώτερη θανατηφόρα θερμοκρασία είναι στην περιοχή 30-55°C (για μερικά πολικά ψάρια η θερμοκρασία αυτή ανέρχεται στους 6°C). 3 επίσης **σημαντικοί μηχανισμοί** είναι οι εξής:

- διαταραχή της ισορροπίας μεταξύ αντιδράσεων με διαφορετική θερμική ευαισθησία
- επιδράσεις σε μεμβρανικές δομές έτσι ώστε τα διάφορα συστήματα μεταφοράς μέσα και μεταξύ των κυττάρων χάνουν τη μεταξύ τους ισορροπία
- Τα ζώα μπορούν επίσης να εξαναγκαστούν σε θάνατο από το ανώτερο θερμικό όριο για συγκεκριμένους ιστούς, με τα νεύρα και τον καρδιακό μυ να εμφανίζουν χαμηλότερη θερμική ανοχή από τους σκελετικούς μύες,

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Υψηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς

Group	Example (habitat)	UCT (°C)	Group	Example (habitat)	UCT (°C)	
Prokaryotes	Bacteria (aquatic)	70–75	Arachnids	<i>Buthotus</i> (land scorpion)	45	
	Bacteria (thermophilic)	90–91		<i>Leiurus</i> (land scorpion)	47	
	Cyanobacteria	75	Vertebrates	Fish	<i>Pagothenia</i> (polar SW)	6–10
Molluscs	<i>Modiolus</i> (SW bivalve)	38			<i>Fundulus</i> (cold SW)	35
	<i>Nassa</i> (SW gastropod)	42			Amphibians	Salamanders (FW/land)
	<i>Clavarizona</i> (SW gastropod)	43	Anurans (FW/land)	36–41		
Annelids	<i>Lumbricus</i> (land earthworm)	29	Reptiles	Alligators (land/FW)	38	
Echinoderms	<i>Asterias</i> (SW starfish)	32		Turtles (SW/land)	41	
	<i>Ophioderma</i> (SW brittlestar)	37	Lizards (land/desert)	40–47		
Crustaceans	<i>Palaeomonetes</i> (SW/littoral prawn)	34	Snakes (land)	40–42		
	<i>Porcellio</i> (SW crab)	39–41	Birds	Passerines	46–47	
	<i>Uca</i> (littoral/land crab)	39–45		Nonpasserines	44–46	
	<i>Armadillidium</i> (land woodlouse)	41–42	Mammals	Monotremes	37	
Insects	<i>Lepisma</i> (land springtail)	36		Marsupials	40–41	
	<i>Thermobia</i> (land firebrat)	40+	Placentals	42–44		
	<i>Sphingonotus</i> (land moth)	41				
	<i>Bembex</i> (land sandwasp)	42				
	<i>Onymacris</i> (desert beetle)	49–51				
	<i>Dasyutilla</i> (land sandwasp)	52				
	<i>Ocymyrmex</i> (desert ant)	51.5				
	<i>Melophorus</i> (desert ant)	54				

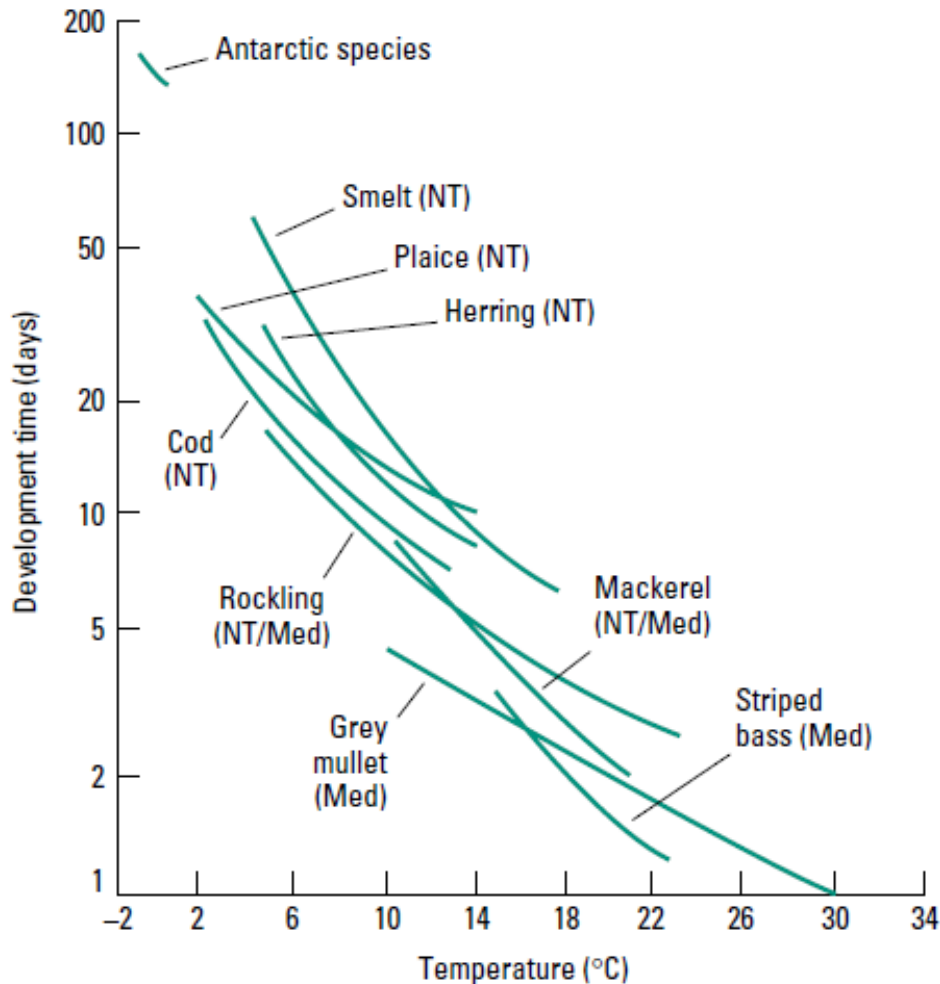
FW, fresh water; SW, sea water.

Στην πραγματικότητα η ανώτερη κρίσιμη θερμοκρασία (**Upper Critical Temperature - UCT**) στα ζώα είναι συνήθως μεταξύ 30 και 45°C για όλα τα ζώα εκτός από αυτά των βαθέων υδάτων και τα πολικά υδρόβια είδη

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Υψηλές θερμοκρασίες & επίδραση σε κύτταρα και οργανισμούς

Η UCT είναι εύλογα συνεπής εντός των ταξινομικών ομάδων, αλλά με διακύμανση (οι κάμπιες είναι πιο ευαίσθητες από τις πεταλούδες και οι γυρίνοι πιο ευαίσθητοι από τους ενήλικους βατράχους).



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Αρχικά, οι όροι «θερμόαιμο» και «ψυχρόαιμο» περιέγραφαν μοντέλα θερμοκρασίας ζώων και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα. Οι όροι τονίζουν την αντιληπτή διαφορά μεταξύ των ζώων που είναι ζεστά (τα πτηνά και τα θηλαστικά) και εκείνων που είναι δροσερά (τα ψάρια, τα αμφίβια και τα ερπετά). Ωστόσο, αυτοί οι όροι δεν απολάμβαναν ποτέ επιστημονικής απήχησης, δεδομένου ότι είναι προφανές ότι πολλά υποτιθέμενα «ψυχρόαιμα» ζώα μπορούν να γίνουν σαφώς ζεστά (π.χ. τα ερπετά μετά από έκθεση στον ήλιο ή τη ζέστη).




Οι πιο ευνοημένοι όροι που χρησιμοποιούνται γενικά για μεγάλο μέρος του 20^{ου} αιώνα ήταν «ποικιλόθερμο» και «ομοιόθερμο», αναφερόμενοι στη σταθερότητα της θερμοκρασίας του σώματος και όχι της πραγματικής ρύθμισης. Τα ποικιλόθερμα έχουν μεταβλητή θερμοκρασία σώματος, ενώ τα ομοιόθερμα έχουν μάλλον συνεχή εσωτερική θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

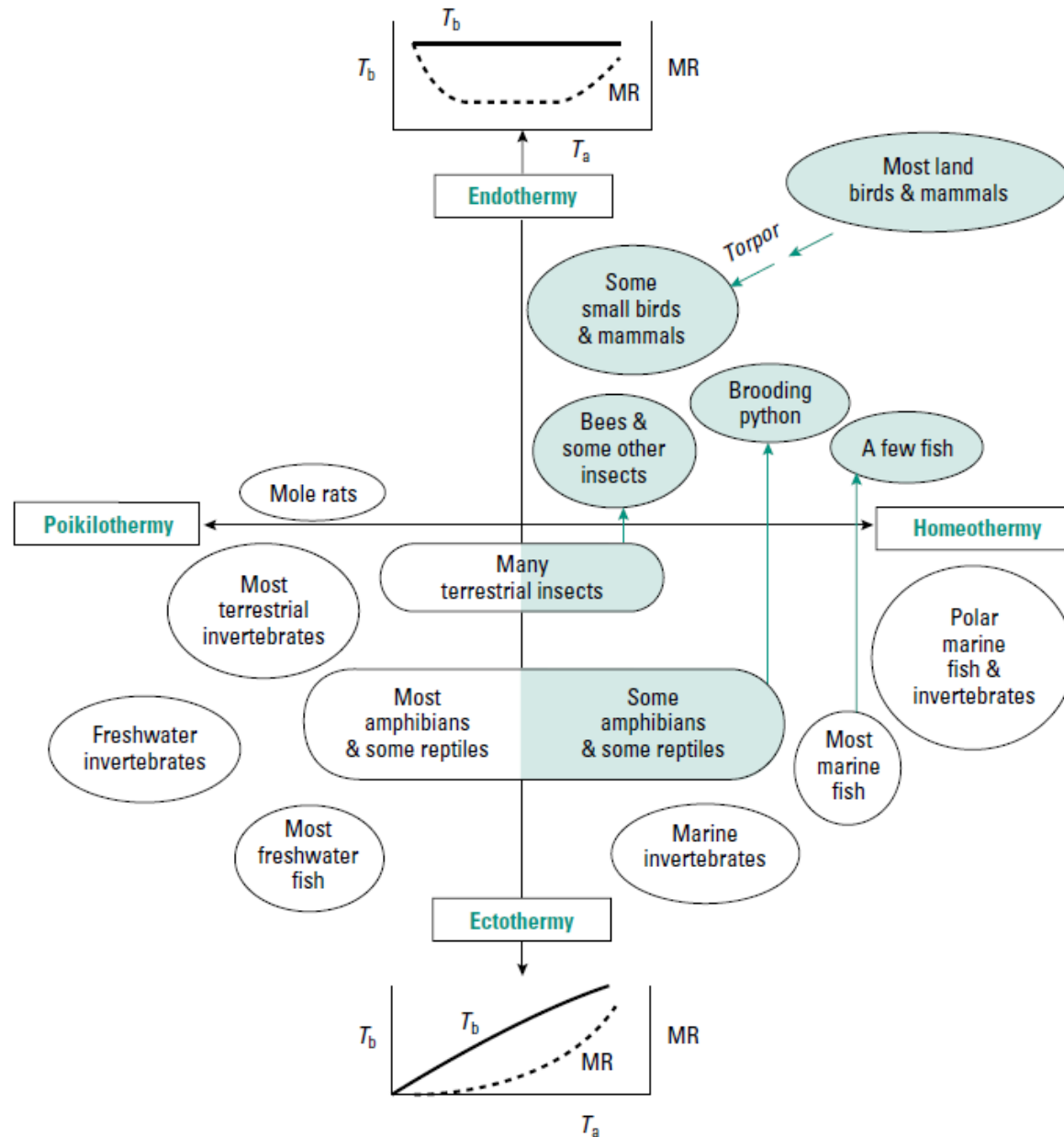
Μια πιο πρόσφατη και πιο λογική ορολογία αναφέρεται σε «ενδόθερμα» και «εξώθερμα» ζώα. Αυτοί οι όροι τονίζουν τις πηγές θερμότητας που χρησιμοποιούνται, παρά τις ρυθμίσεις ή τις σταθερές της επιτυγχανόμενης σωματικής θερμοκρασίας, δηλαδή αναφέρονται σε μηχανισμούς στη θερμική βιολογία και όχι σε συνθήκες.

Ως εκ τούτου:

- 
- **Εξώθερμα:** η θερμοκρασία του σώματος τους εξαρτάται από εξωτερικές πηγές θερμότητας, σχεδόν πάντα από τον ήλιο, είτε απευθείας («ηλιοθερμία») ή από θερμαινόμενο υπόστρωμα («θιγμοθερμία»). Η γεωθερμία μπορεί επίσης να είναι διαθέσιμη σε ορισμένες περιπτώσεις.
 - **Ενδόθερμα:** η θερμοκρασία του σώματος τους εξαρτάται από την εσωτερική τους μεταβολική θερμότητα.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Habit	Ectotherms		Endotherms	
	Group/species	T_b	Group/species	T_b
Aquatic	Marine deep-water fish	4–6	Fur seal	38
	Marine surface fish	5–10	Whale	36
	Temperate riverine fish	5–15		
	Reef fish	20–28		
	Tropical turtles	29–35		
	Warm temperate turtles	20–25		
Amphibious	Alligator in air	32–35		
	Alligator in water	20–35		
	Bullfrog tadpoles	22–30		
	Bullfrog adults in air	22–28		
Terrestrial	Blowfly	22–29	Man	37
	Flour beetle	25–30	Small rodents	35–37
	Bumble-bee (flying)	35–39	Bats	35–39
	Carpenter bee (flying)	38–42	Echidna	31
	Housefly (flying)	30–33	Armadillo	34–36
	Housefly larva	30–37	Chicken	40
	Chicken louse	38–42	Dove	39–42
	Temperate caterpillar	20–28	Owl	38
	Semitropical caterpillar	25–35	Zebra finch	41–42
	Tropical lizard	28–36		
	Desert iguana	36–41		

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

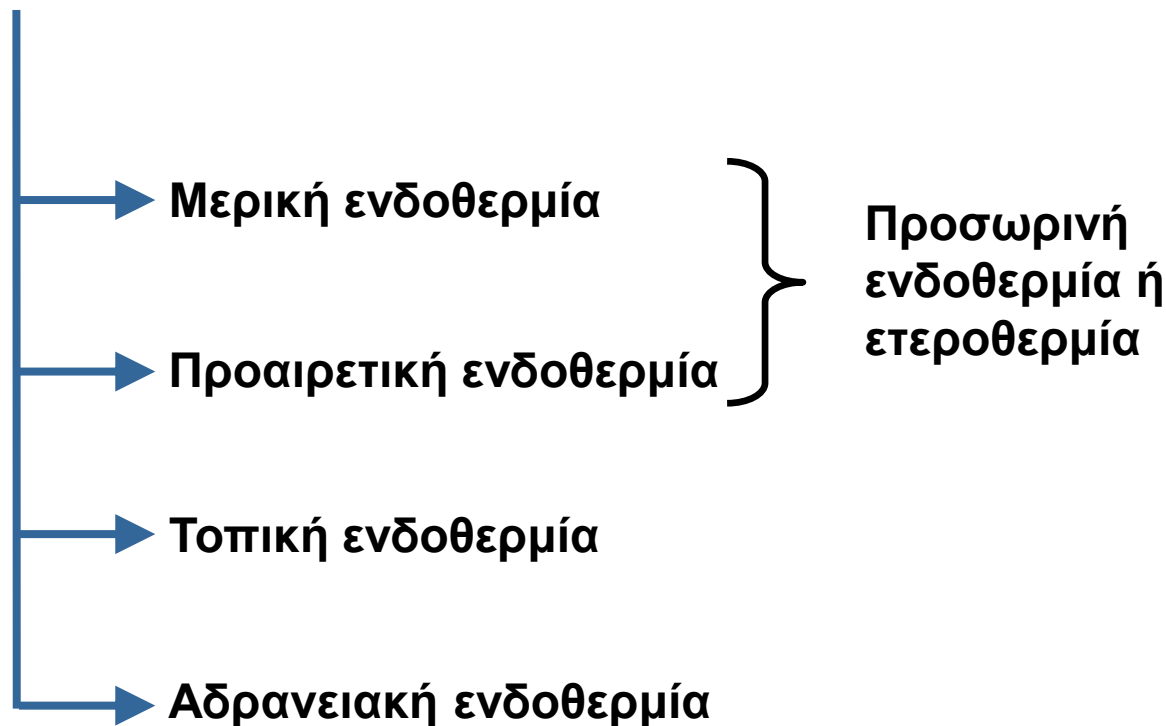
Endotherm	Ectotherm
higher BMR	lower BMR
higher C_{\max}	lower C_{\max}
greater food demands	lower food demands
mainly aerobic metabolism	mainly anaerobic metabolism
greater stamina	lower stamina
birds, mammals	reptiles

BMR: Basic Metabolic Rate - Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Παρόλο που η εξωθερμία και η ενδοθερμία είναι σαφώς διακριτές, υπάρχουν μερικές ενδιάμεσες συνθήκες, οι οποίες συλλογικά ονομάζονται «**Ετεροθερμία**».



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Μερική ενδοθερμία εμφανίζεται σε μερικά από τα πολύ μικρά πουλιά και ζώα (κολίβρια, μικροσκοπικά τρωκτικά κλπ.), όπου συνήθως ο υψηλός μεταβολικός ρυθμός μειώνεται εποχιακά ή ακόμα και κάθε βράδυ, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής δαπάνης σε συνθήκες κρύου ή χαμηλής κατανάλωσης τροφής και παροχής νερού. Προκύπτει προσωρινή νάρκη με σημαντική μείωση της θερμοκρασίας του σώματος. Σε ακραίες συνθήκες, οι «γυμνοί» τυφλοπόντικες της νότιας Αφρικής, φαίνεται να «απενεργοποιούνται» εξ ολοκλήρου και λειτουργούν περισσότερο σαν εξώθερμα μη θηλαστικά.



CO
SER

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Η **προαιρετική ενδοθερμία** αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο σε μια ποικιλία από ζώα τα οποία, ενώ συνήθως είναι εξώθερμα, μπορούν να «ενεργοποιήσουν» ένα ενδοθερμικό σύστημα παραγωγής θερμότητας σε ορισμένα μέρη του σώματός τους όταν πρέπει να παραμείνουν ενεργά σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Έντομα όπως οι άγριες μέλισσες είναι μια κλασική περίπτωση, που είναι ουσιαστικά εξώθερμα αλλά με σημαντικά περιθώρια για αυξημένους μεταβολικούς ρυθμούς που οδηγούν σε προσωρινή ενδοθερμία. Οι περισσότερες μέλισσες και ένα αρκετά ευρύ φάσμα άλλων εντόμων, έχουν αυτή την ικανότητα.

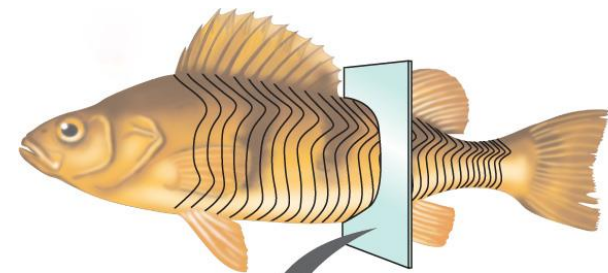


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

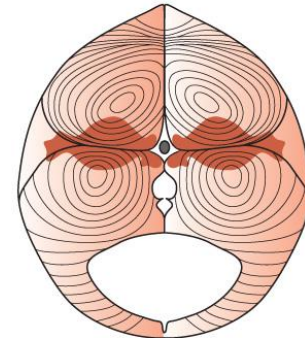
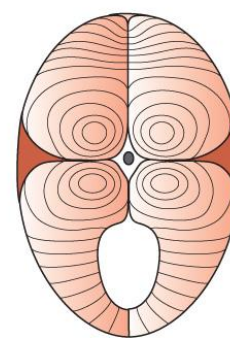
Η **τοπική ενδοθερμία** εμφανίζεται σε μια ποικιλία ψαριών και μερικά ερπετά. Σε αυτές τις περιπτώσεις, εντοπισμένες περιοχές του μυός λειτουργούν σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ό, τι το υπόλοιπο σώμα, επιτρέποντας την ταχύτερη ή περισσότερο διατηρούμενη κινητική δραστηριότητα ή διατηρώντας αισθητικές ικανότητες, σε κρύα περιβάλλοντα. Μερικές από αυτές τις περιπτώσεις, περιλαμβάνουν εξειδικευμένα μυϊκά κύτταρα που έχουν χάσει τη συσταλτικότητα τους.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί και η **τοπική ετεροθερμία** με παρόμοιες επιδράσεις αλλά για πολύ διαφορετικούς λόγους. Εμφανίζεται σε πολλά πουλιά και θηλαστικά σε κρύο περιβάλλον, όπου είναι συνηθισμένο να είναι πολύ πιο δροσερά τα άκρα τους. Αυτό είναι συνήθως το αποτέλεσμα των καρδιαγγειακών ρυθμίσεων που χρησιμεύουν για τη μείωση της απώλειας θερμότητας.



(A) Most fish

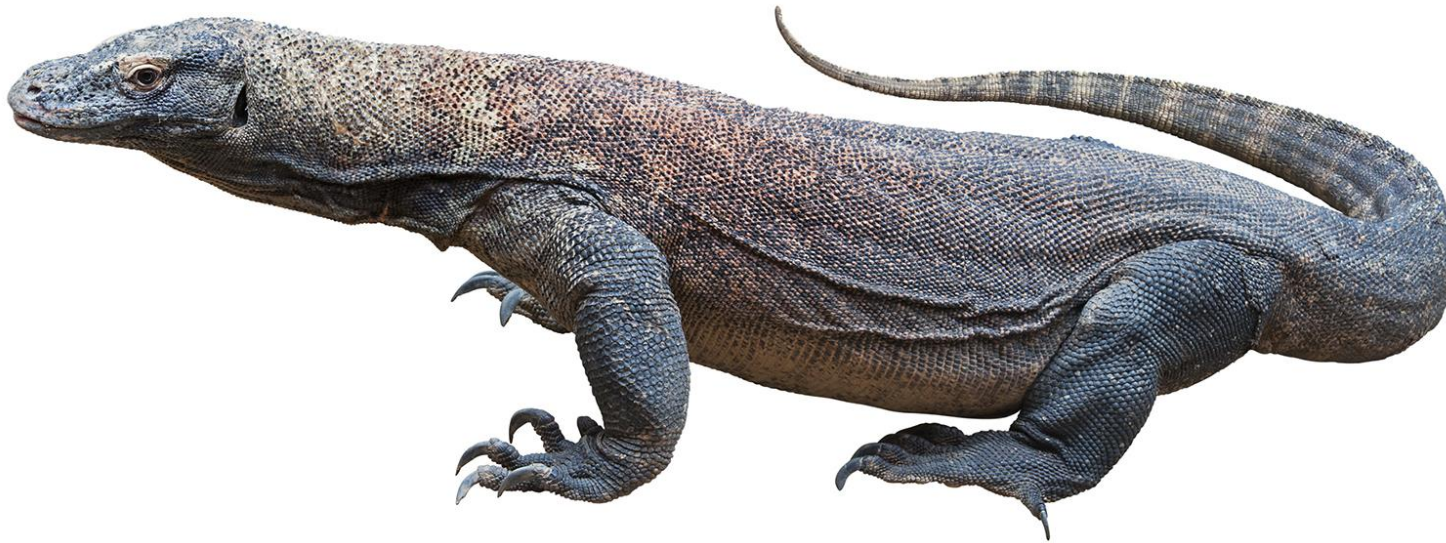
(B) Tuna



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Η **αδρανειακή ενδοθερμία / ομοιοθερμία** παρουσιάζεται σε ζώα που δεν έχουν συγκεκριμένες στρατηγικές για αυξημένο μεταβολισμό και είναι ουσιαστικά εξώθερμα και βραδυμεταβολικά, και τα οποία μπορούν να καταλήξουν με μια σχετικά υψηλή και σταθερή θερμοκρασία σώματος αν και με ιδιαίτερα μεγάλο σώμα. Έχουν πολύ υψηλή θερμική αδράνεια λόγω της κλιμάκωσης: η επιφάνεια του ζώου είναι σχετικά μικρή για να διανείμει στο περιβάλλον την αργά παραγόμενη εσωτερική μεταβολική θερμότητα από τους συγκριτικά τεράστιους όγκους, έτσι ώστε παράγεται εσωτερική θερμότητα όπως και η ενδοθερμία.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Η αδρανειακή ομοιοθερμία είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο οι μεγαλύτεροι δεινόσαυροι (αν και ερπετά και ίσως χωρίς συγκεκριμένα στοιχεία ενδοθερμικής ικανότητας ή ταχυμεταβολισμού) πρέπει να ήταν αποτελεσματικά «Θερμόαιμα».



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

➤ **Ευρύθερμα:** Πολλά έντομα και τα ερπετά θα συνεχίσουν να τρέφονται και να μετακινούνται με τη θερμοκρασία του σώματος μεταξύ των 8-38°C (διακύμανση 30°C), με παρόμοιες διακυμάνσεις ανοχής να υπάρχουν σε μερικά ψάρια.

➤ **Στενόθερμα:** τα ζώα αυτά ενεργούν μόνο όταν η θερμοκρασία σώματος είναι εντός ενός στενού εύρους. Τα περισσότερα θηλαστικά και τα πουλιά είναι στενόθερμα, αλλά και μερικές σαύρες και έντομα, όπως και πολλά υδρόβια ζώα είναι αυστηρά στενόθερμα (με κάποια πολικά ψάρια να ανέχονται μια διακύμανση θερμοκρασίας μόνο 6°C).

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

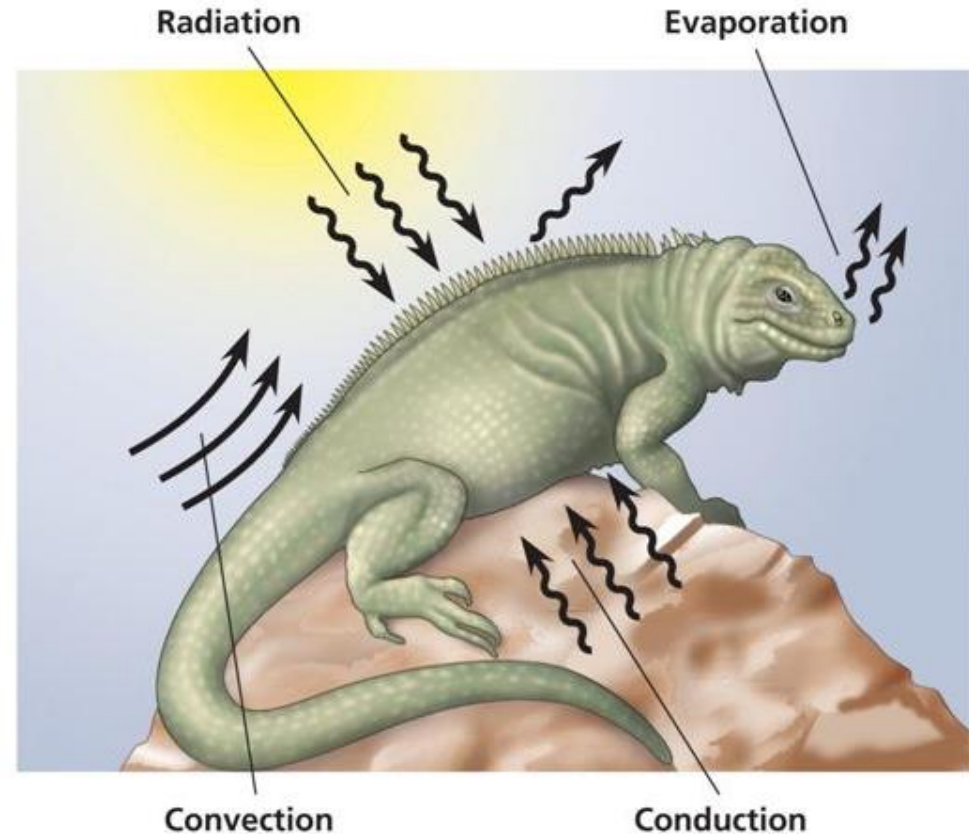
Πρότυπα Σωματικής Θερμοκρασίας

Η μεταφορά της θερμότητας μεταξύ των ζώων και του φυσικού περιβάλλοντος ακολουθεί τις βασικές αρχές της ανταλλαγής θερμότητας, και όπως σε κάθε φυσικό σύστημα περιλαμβάνει:

- την **αγωγιμότητα**
- τη **μεταφορά**
- την **ακτινοβολία**

Επιπλέον, δεδομένου ότι τα ζώα αποτελούνται από υδατώδεις ιστούς, αυτά που ζουν στην ξηρά μπορεί μερικές φορές να έχουν την επιλογή του ελέγχου της θερμότητας με:

- την **εξάτμιση ή συμπύκνωση**



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση θερμότητας

- Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «**θερμού**»
- Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «**ψυχρού**»



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

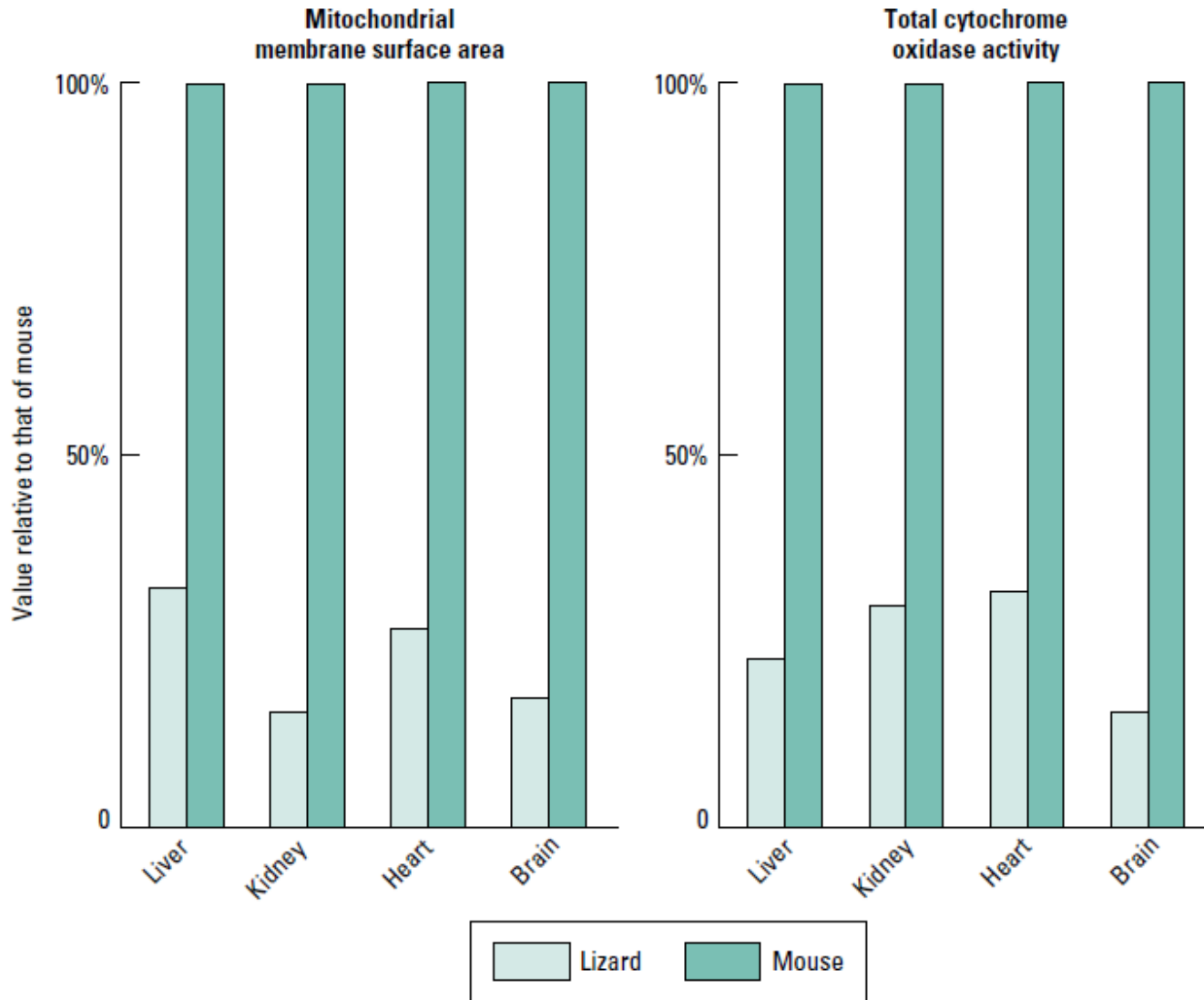
Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Μεταβολική θερμότητα & θερμοκρασία σώματος

- Η θερμότητα παράγεται από όλες τις μεταβολικές δραστηριότητες και από ένα ενδόθερμο ζώο παράγεται σε σημαντικές ποσότητες στο πυρήνα του σώματος.
- Οι ιστοί των ενδόθερμων έχουν ουσιαστικά ψηλότερες μιτοχονδριακές πυκνότητες και υψηλότερες δραστηριότητες μιτοχονδρίων από τα εξώθερμα, αντανακλώντας την ικανότητα για παραγωγή μεταβολικής θερμότητας.
- Στα πτηνά και θηλαστικά σε ηρεμία, τα θωρακικά και κοιλιακά όργανα (έντερο, ήπαρ, νεφρό, καρδιά, πνεύμονες, κλπ.) παράγουν μέχρι και τα τρία τέταρτα της μεταβολικής θερμότητας, ενώ σε δραστηριότητα, ο μεταβολικός ρυθμός αυξάνεται, με τους μύες να παράγουν επιπλέον θερμότητα.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού» Μεταβολική θερμότητα & θερμοκρασία σώματος



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»
Μεταβολική θερμότητα & θερμοκρασία σώματος

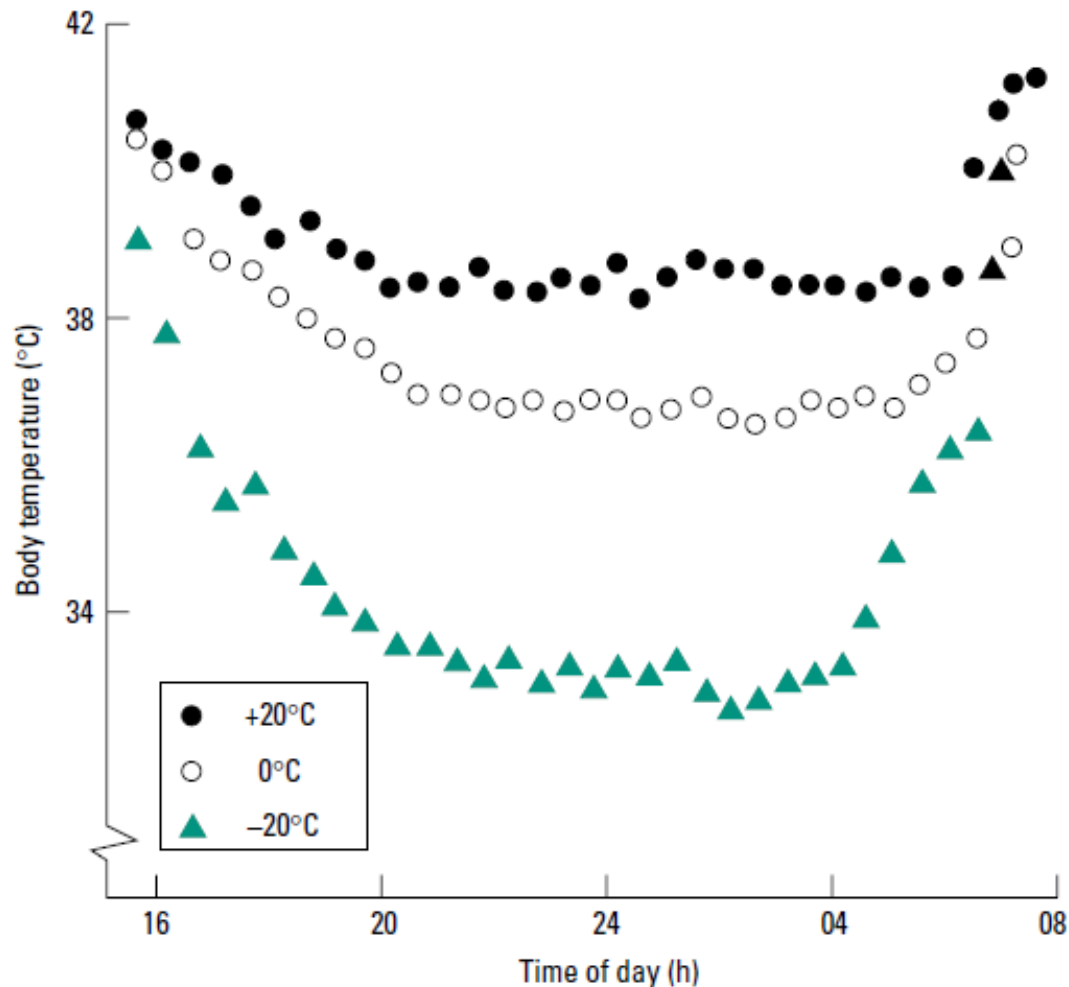
Η θερμοκρασία του πυρήνα του ζώου ποικίλλει ανάλογα με τη δραστηριότητα, και έτσι μια τυπική θερμοκρασία πυρήνα για ένα είδος είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για ορισμένα μεγάλα θηλαστικά της ερήμου, όπως η καμήλα, που έχει θαυματικές καθημερινές μεταβολές στη σωματική θερμοκρασία ως μέρος της θερμικής στρατηγικής της.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού» Μεταβολική θερμότητα & θερμοκρασία σώματος

Η θερμοκρασία του πυρήνα των περισσότερων πτηνών και θηλαστικών ποικίλλει επίσης με βάση της ημερήσια περιοδικότητα.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού» Μεταβολική θερμότητα & θερμοκρασία σώματος

Taxon	Common names	T_b (°C)
<i>Mammals</i>		
Monotremes	Echidna, platypus	30
Edentates	Anteaters, etc.	33–34
Marsupials	Possums, kangaroos, etc.	36
Insectivores	Hedgehogs, moles, etc.	36
	Shrews	37–38
Chiropterans	Bats	37
Cetaceans	Whales, etc.	37–38
Pinnipeds	Seals, etc.	
Rodents	Mice, rats, etc.	
Perissodactyls	Tapir, rhinoceros, horse	
Primates	Monkeys, humans, etc.	
Carnivora	Dogs, cats, etc.	38–39
Artiodactyls	Cow, camel, pig, etc.	
Lagomorphs	Rabbits	
<i>Birds</i>		
	Penguins	38
	Ostrich, petrels, etc.	39–40
	Pelicans, parrots, ducks, gamebirds	41–42
	Passerine songbirds	42

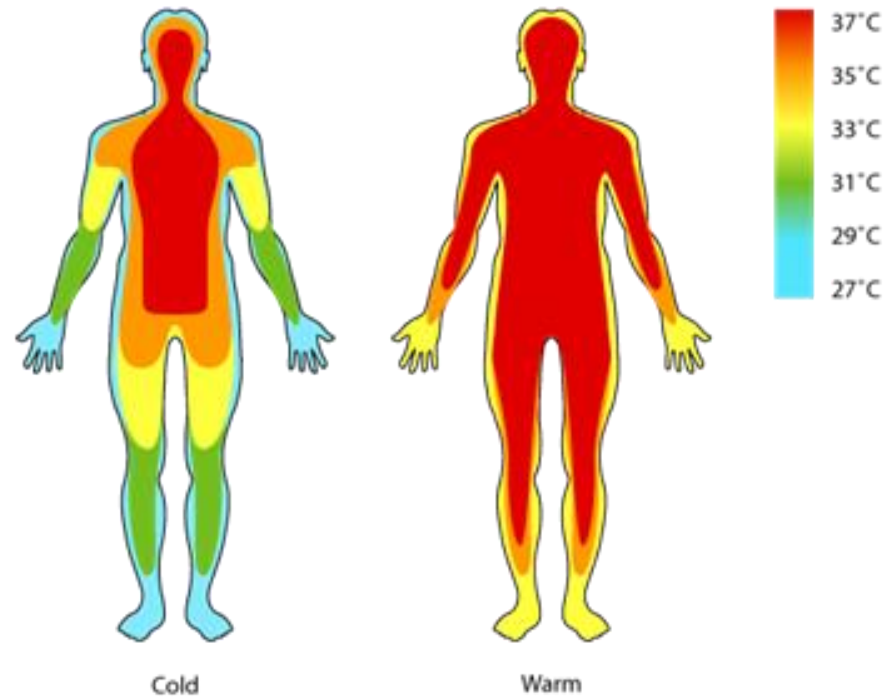
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Παραγωγή θερμότητας

➤ Η παραγωγή θερμότητας στα ζώα είναι συνεχής και αναπόφευκτη. Σημαντική διάκριση είναι ότι στα ενδόθερμα εμφανίζεται με υψηλότερο ρυθμό (4-8 φορές μεγαλύτερο από εκείνη των εξώθερμων) λόγω μεγαλύτερης συγκέντρωσης των μιτοχονδρίων και ίσως και διαφορετικού είδους μιτοχονδρίων στα οποία η οξειδωτική φωσφορυλίωση είναι πάντοτε μερικώς αποσυνδεδεμένη έτσι ώστε να απελευθερώνεται περισσότερη θερμότητα για ένα δεδομένο επίπεδο παραγωγής ATP.

➤ Η θερμογένεση είναι εξαιρετικά δαπανηρή στα ενδόθερμα, μειώνοντας την διαθέσιμη ενέργεια για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή.

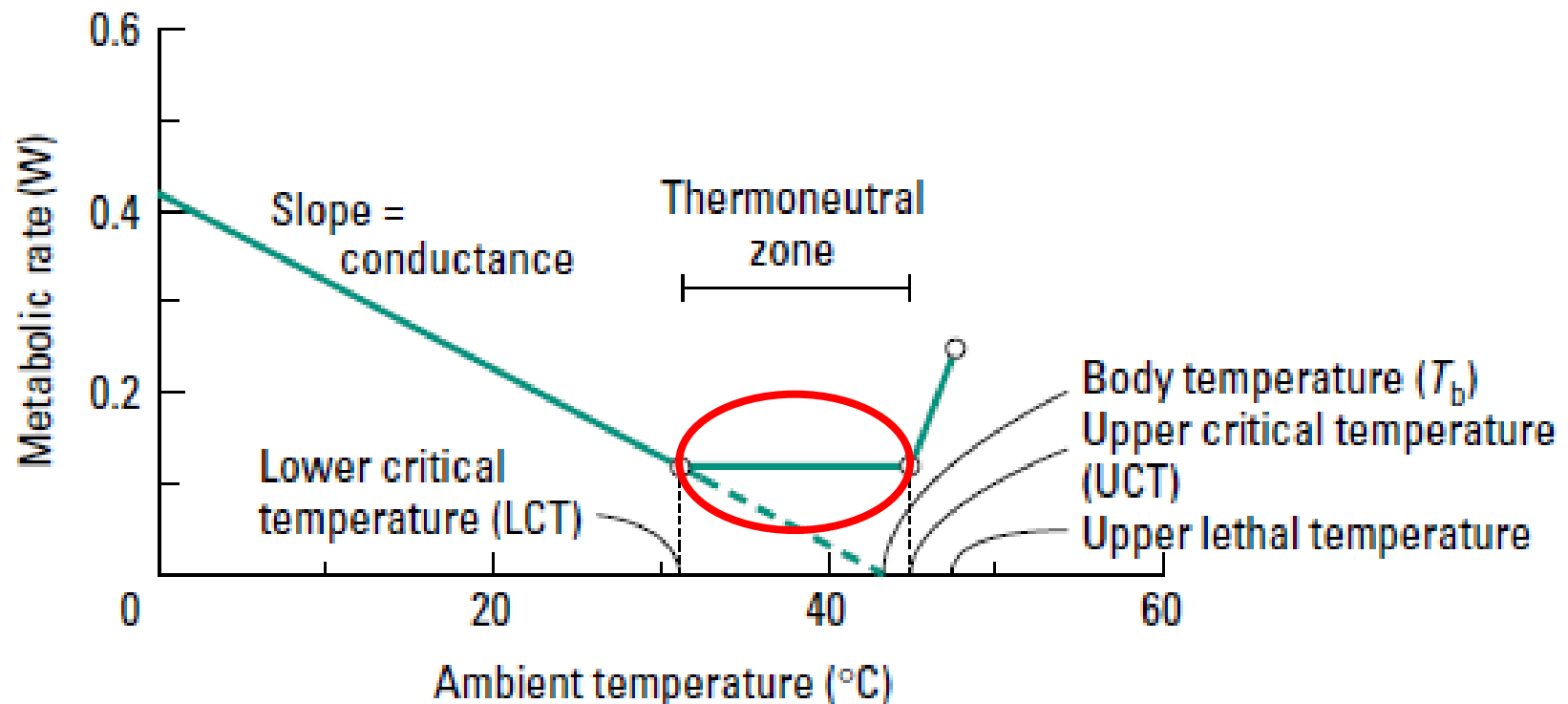


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Παραγωγή θερμότητας

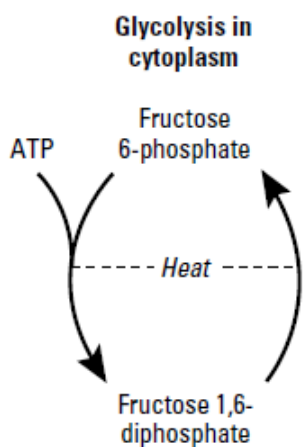
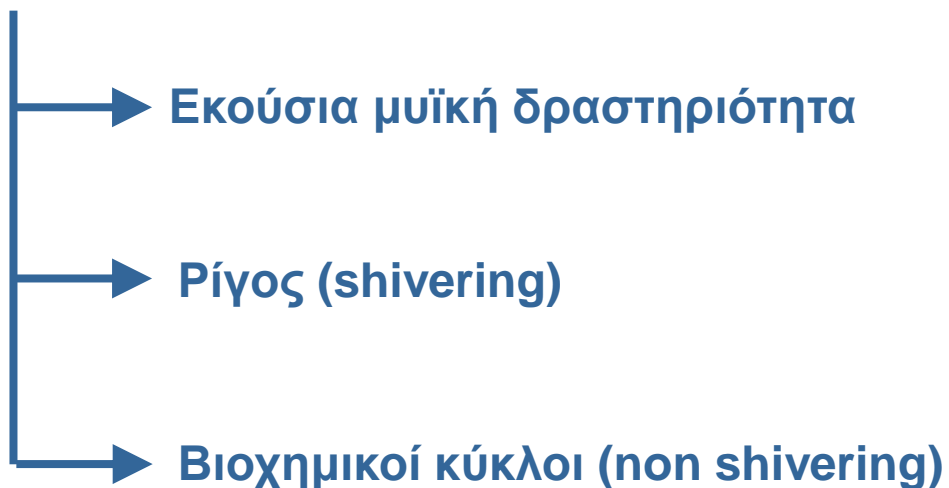
Για τα ενδόθερμα ζώα η θερμο-ουδέτερη ζώνη (Thermo Neutral Zone - TNZ) είναι το φάσμα των θερμοκρασιών του περιβάλλοντος στο οποίο ο μεταβολικός ρυθμός του ζώου και επομένως η παραγωγή θερμότητας δεν μεταβάλλονται



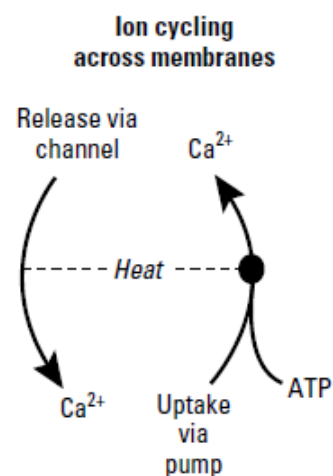
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

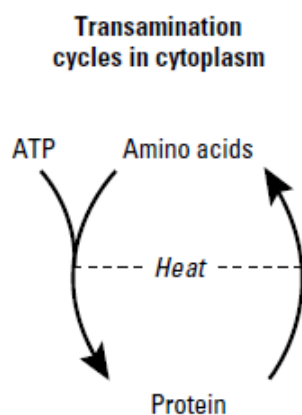
Παραγωγή θερμότητας



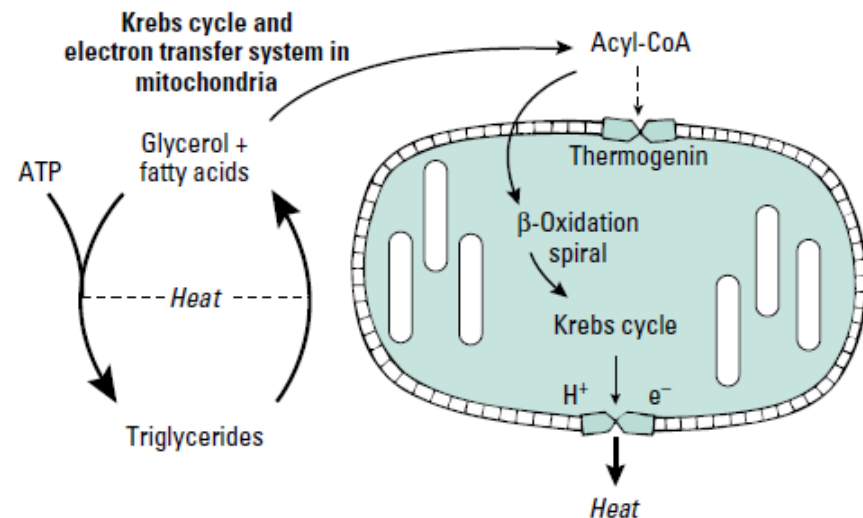
(a)



(b)



(c)



(d)

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

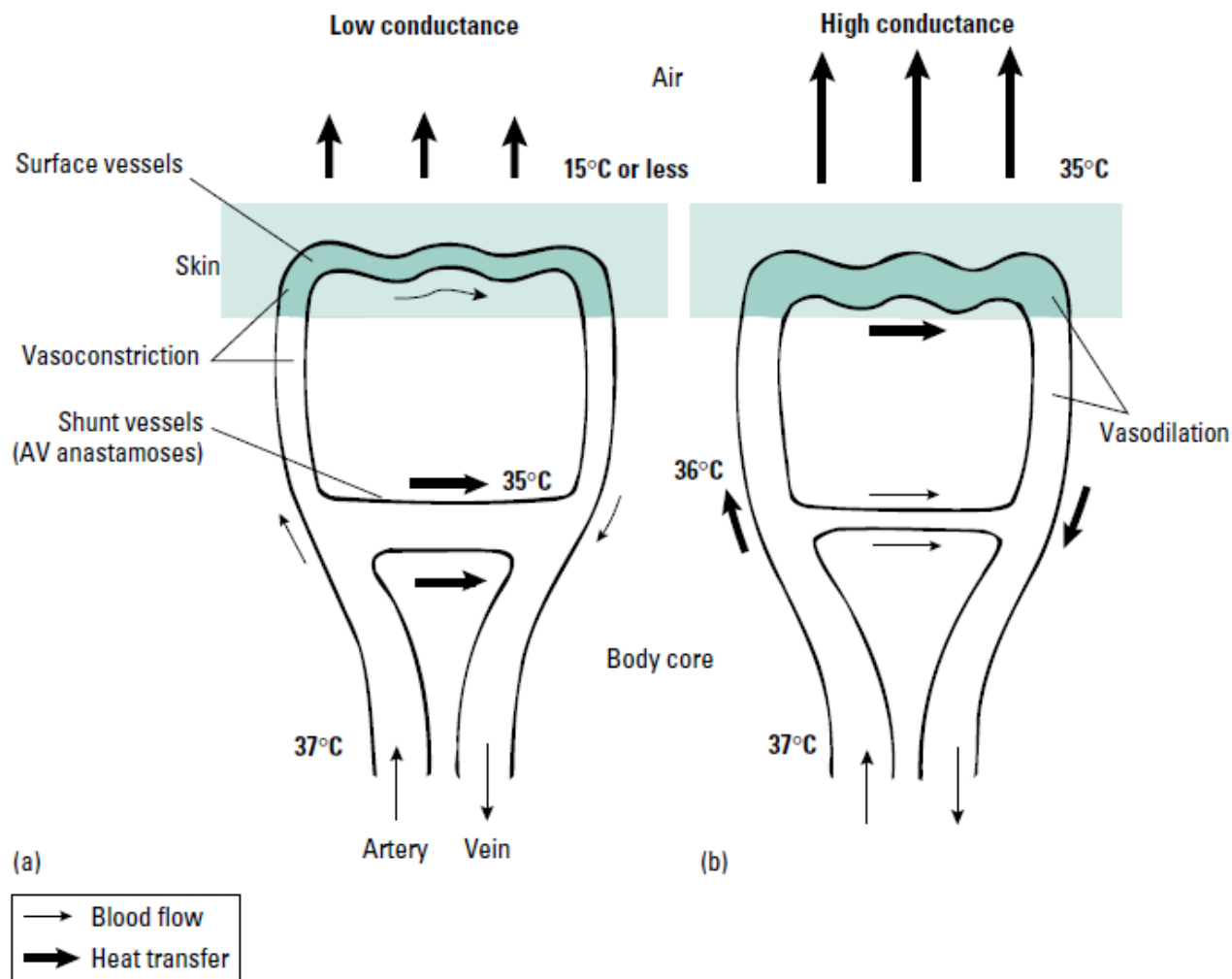
Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Διανομή θερμότητας

Η ροή του αίματος στο δέρμα ρυθμίζει τη θερμική αγωγιμότητα της επιφάνειας του σώματος και επομένως την απώλεια θερμότητας.

Ο έλεγχος των αρτηριδίων και των αρτηριοφλεβικών (AV) αναστομών είναι υπεύθυνος για τη ροή του αίματος είτε

- (α) στο δέρμα ή
- (β) μακριά από το δέρμα.

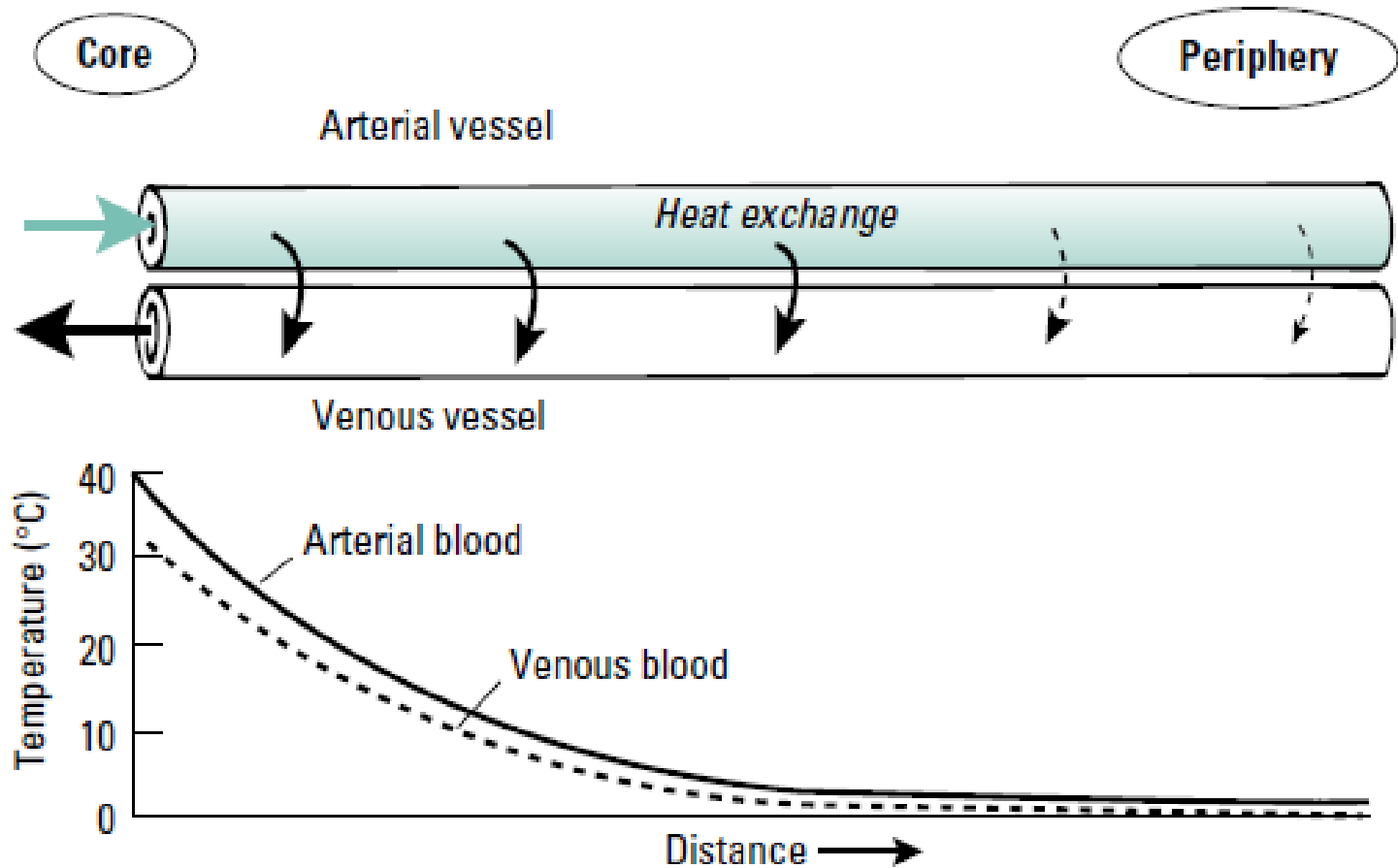


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Διανομή θερμότητας

Θερμικά συστήματα αντίθετης ροής: Μοντέλο ροής και ανταλλαγής θερμότητας.

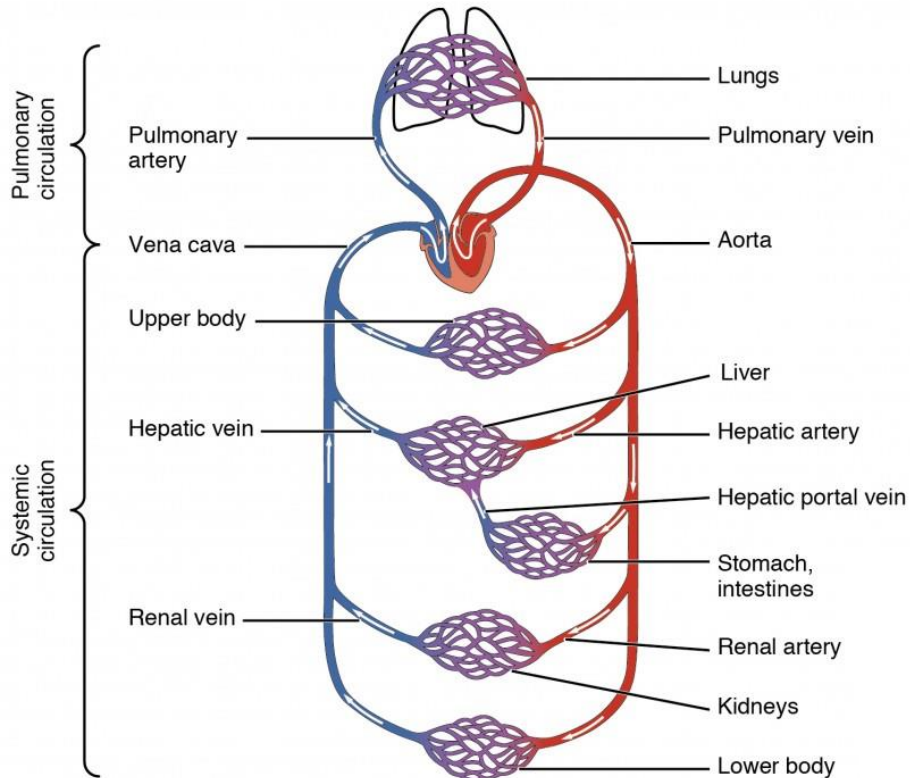


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

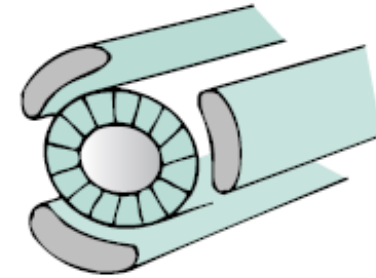
Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Διανομή θερμότητας

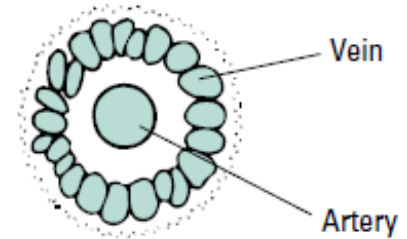
**Θερμικά συστήματα
αντίθετης ροής:
Παραδείγματα τριών
ειδών αγγειακής
διευθέτησης.**



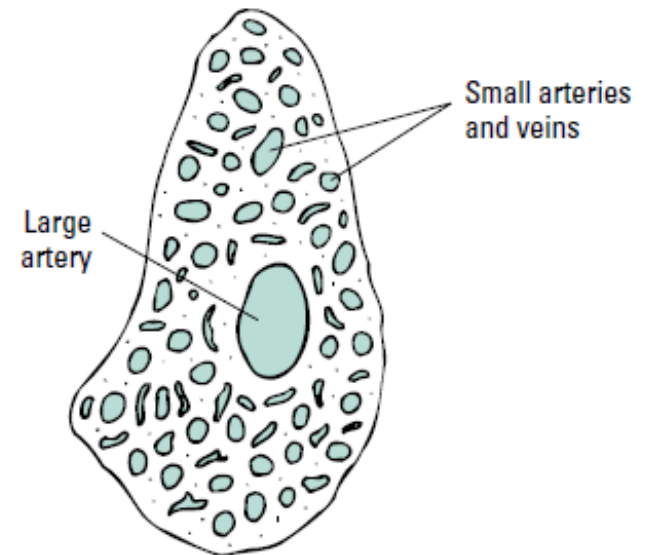
1 **Vena comitantes:** 2–3 veins surrounding central artery



2 **Central rete:** central artery and many small veins



3 **Artery–vein rete:** many interdigitating vessels

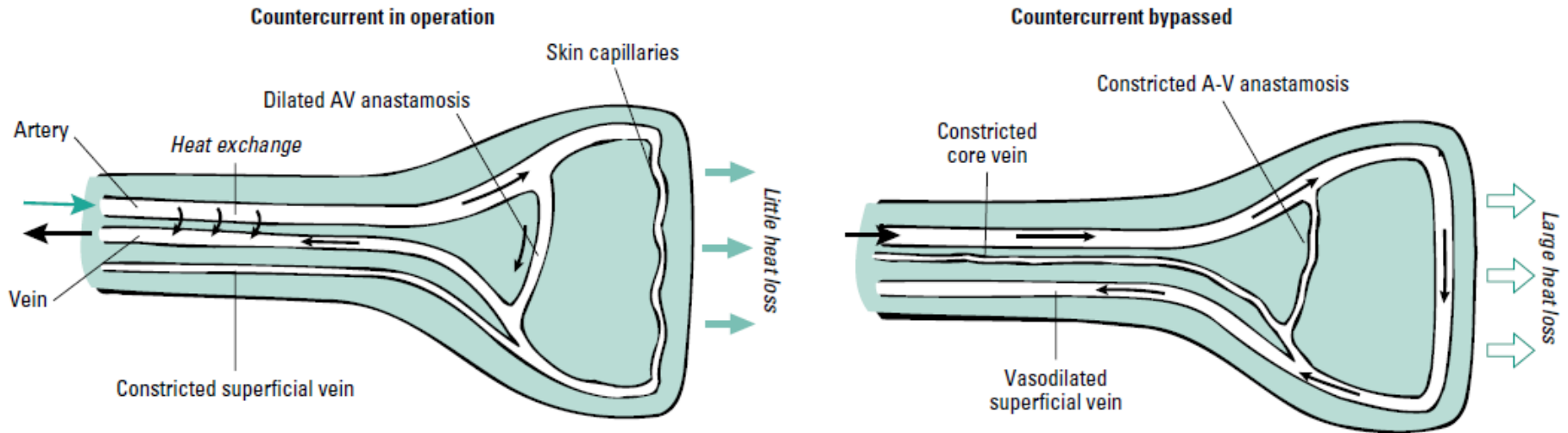


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Διανομή θερμότητας

Ο τρόπος με τον οποίο ένα σύστημα αντίθετου ρεύματος μπορεί να συμπληρώσει την περιφερειακή διαστολή και συστολή

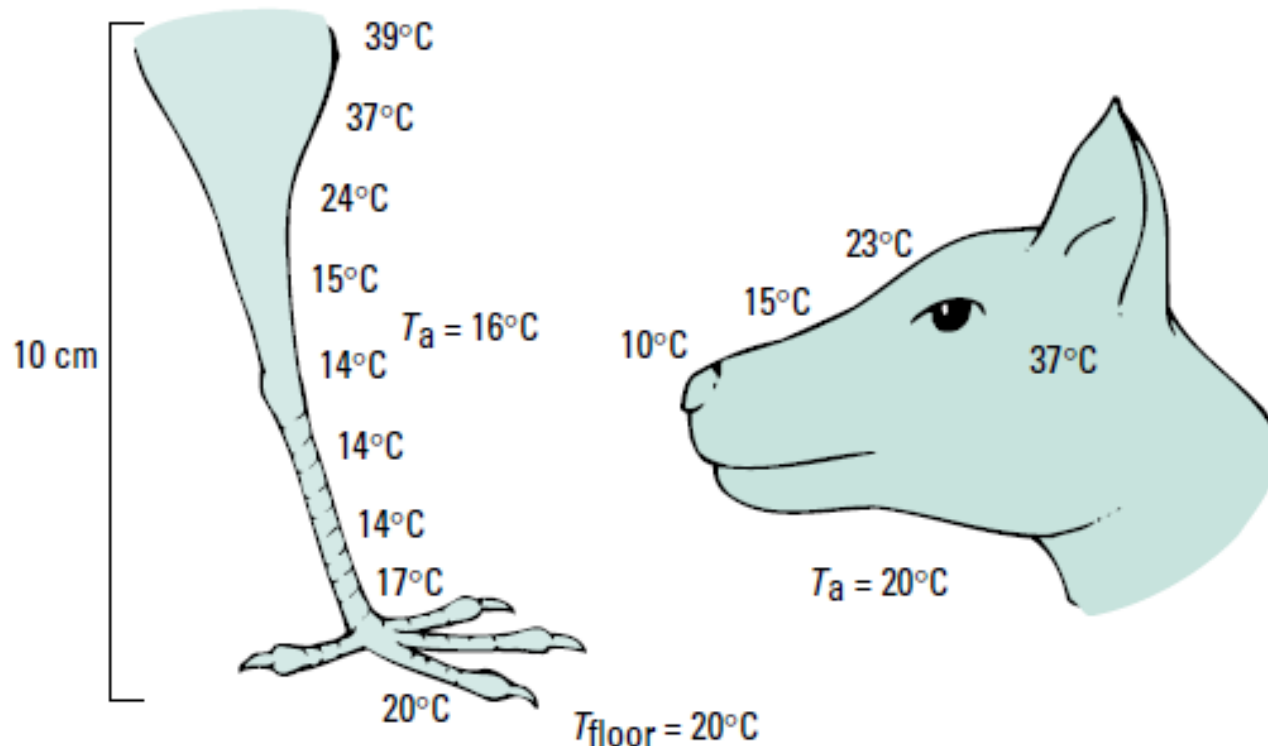


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Διανομή θερμότητας

Τα θερμικά συστήματα αντίθετης ροής που δρουν για τη διατήρηση της θερμότητας του πυρήνα βρίσκονται συνήθως στα άκρα των ζώων που ζουν σε κρύα ενδιαιτήματα. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, το ζεστό αίμα στα αρτηρίδια διατρέχει παράλληλα και πολύ κοντά στην φλεβική επιστροφή, έτσι ώστε η θερμότητα να μπορεί να ανταλλάσσεται αποτελεσματικά και να επιστρέφει στο σώμα, αφήνοντας τα άκρα δροσερά (**Περιφερειακή ετεροθερμία**).

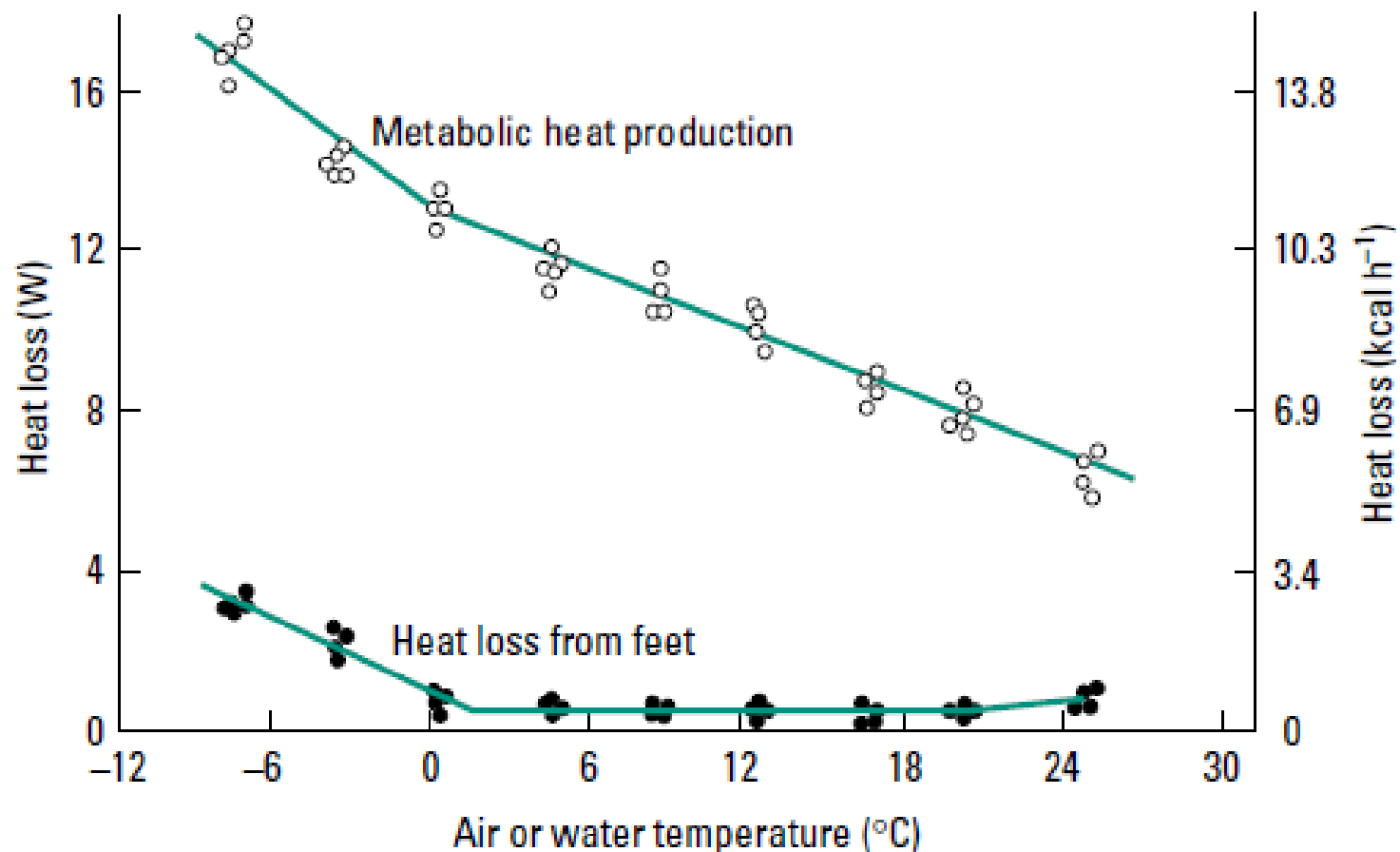


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Διανομή θερμότητας

Αυτά τα θερμικά συστήματα αντίθετης ροής εντοπίζονται ιδιαίτερα στα πόδια, τα πτερύγια, τα κέρατα και τις ουρές πτηνών και θηλαστικών πολικών και δροσερών εύκρατων περιοχών (π.χ. φάλαινες, φώκιες, γλάροι).

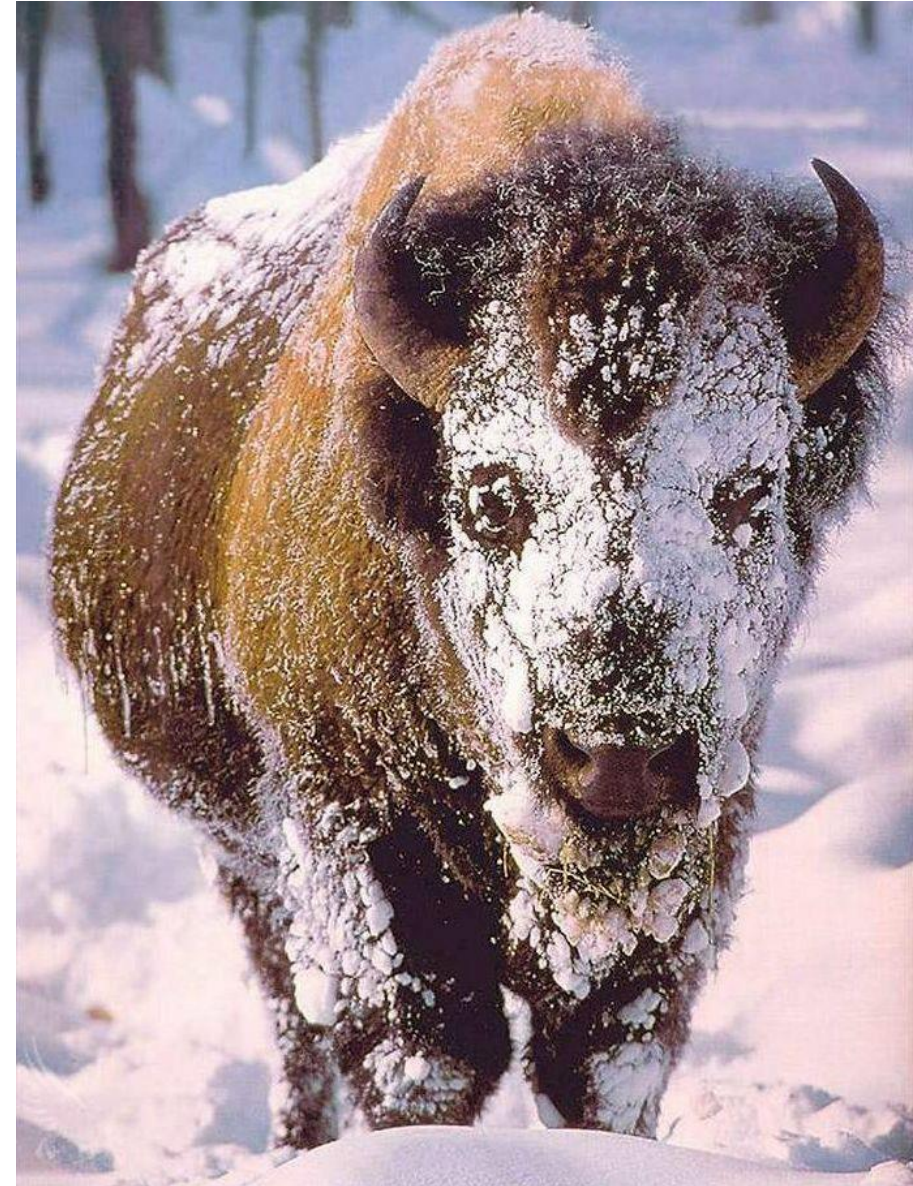


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Μόνωση

Η αλλαγή των μονωτικών ιδιοτήτων είναι ένας προφανής τρόπος ρύθμισης της θερμότητας (π.χ. η ικανότητα μεταβολής του πάχους ενός μονωτικού υλικού όπως γούνα, φτερά ή ένα στρώμα λιπαρού ιστού).

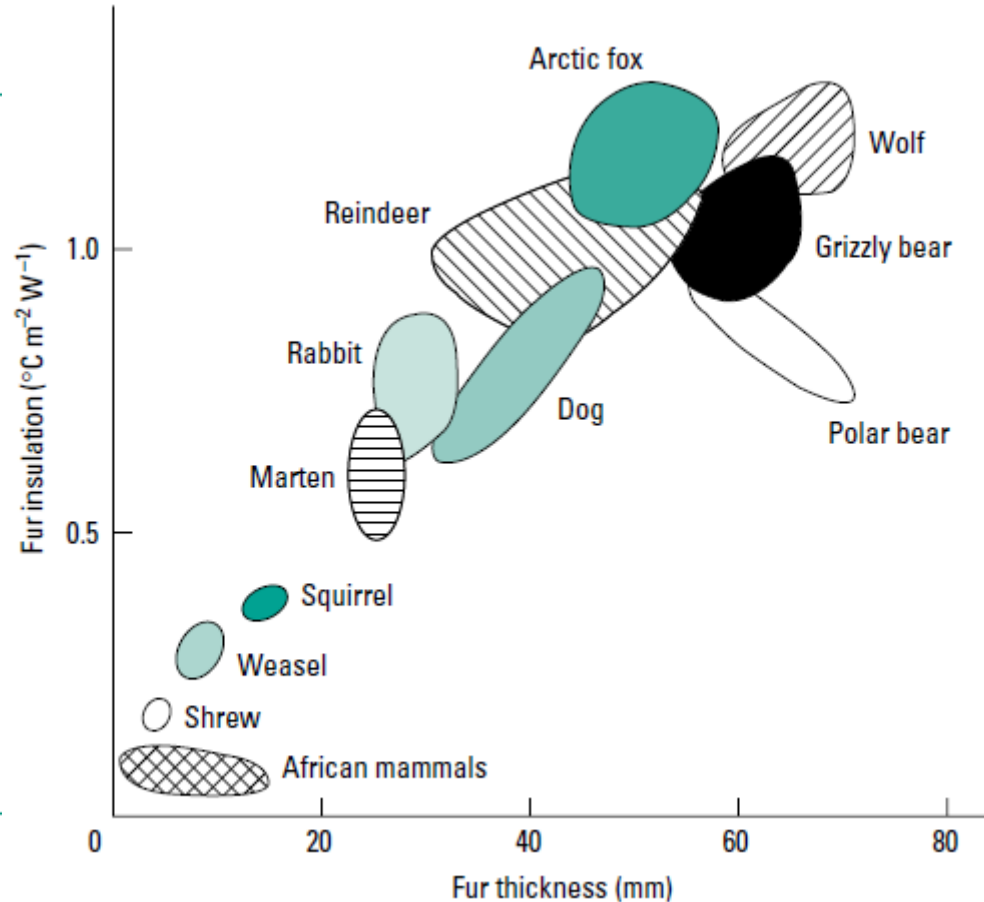


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Μόνωση

Material	Insulation ($^{\circ}\text{C m}^2 \text{W}^{-1}$)
Silver	0.015
Steel	0.14
Ice	2.9
Water	11
Human tissue	14
Dry soil	20
Natural rubber	38
Fat	38
Cattle fur	50
Pigeon feathers (flat)	99
Sheep wool	102
Goose-down feathers	122
Husky dog fur	157
Lynx fur	170
Still air	270

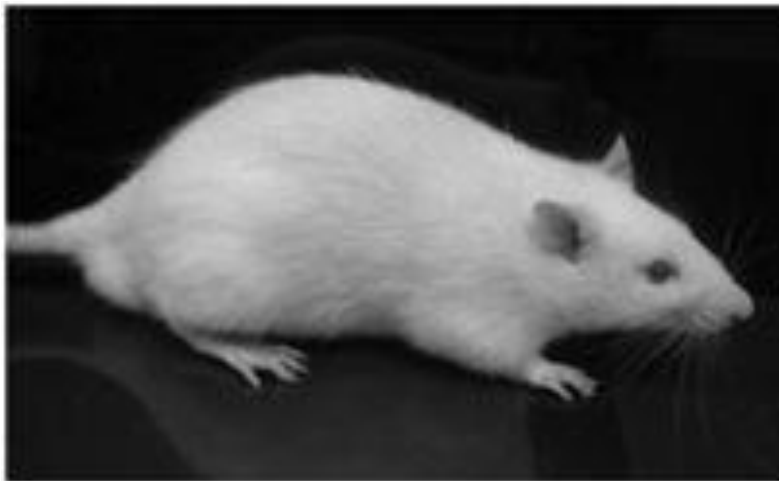


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Μόνωση

Για τα περισσότερα θηλαστικά και πτηνά η μόνωση μπορεί να επιτευχθεί βραχυπρόθεσμα με την ανόρθωση τριχών ή φτερών, η οποία μπορεί να μειώσει ουσιαστικά τη θερμική αγωγιμότητα, διατηρώντας περισσότερη θερμότητα στο σώμα. Η γωνία κάθε τρίχας ή φτερού στην επιφάνεια του δέρματος αλλάζει από τη συστολή των μυών.



Φυσιολογικό τρίχωμα



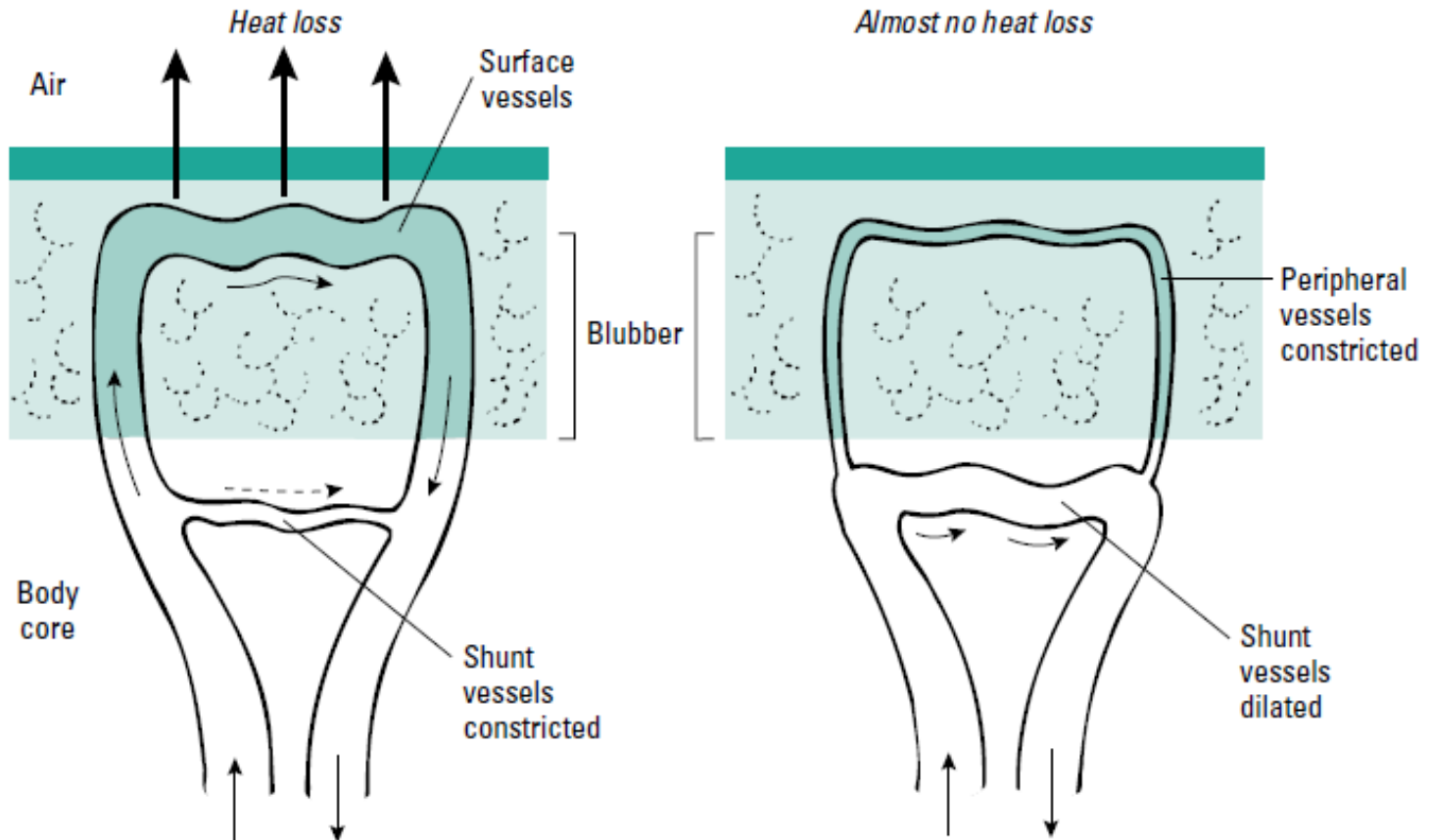
Ανορθωμένο τρίχωμα

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού»

Μόνωση

Η χρήση των διακλαδισμένων αγγείων σε υδρόβια ενδόθερμα ζώα για να στείλουν αίμα επιφανειακά για απώλεια θερμότητας ή για τη διατήρησή της, όταν το αίμα στέλνεται σε κατώτερα μονωμένα στρώματα.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απόκτησης θερμότητας & διατήρηση «θερμού» Συμπεριφορά

Υπάρχουν πολλοί τρόποι ρύθμισης της απόκτησης (και απώλειας) θερμότητας με συμπεριφορικά μέσα, αλλά οι περισσότεροι από αυτούς μπορούν να θεωρηθούν γενικά ως τρόποι εντοπισμού ενός κατάλληλου μικροκλίματος.



Στα θηλαστικά, η αλλαγή της στάσης επηρεάζει ουσιαστικά τη θερμική ισορροπία. Χρησιμοποιώντας τη στάση, μεταβάλλουν την επιφάνεια που εκτίθεται σε αγωγιμότητα από θερμαινόμενα υποστρώματα (π.χ. πολλά ζώα ζεσταίνονται με την επαφή τους σε θερμές επιφάνειες, βράχια, άμμο).

Μια συστάδα μελισσών μοιράζονται τη βραδέως παραγόμενη θερμότητα του σώματος τους για να αυξήσουν τη θερμοκρασία ολόκληρης της συστάδας σε σχέση με αυτή ενός ατόμου.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

- Η διατήρηση του «ψυχρού» δεν είναι συνήθως ένα τεράστιο πρόβλημα για την πλειοψηφία των ζώων.
- Τα υδρόβια ζώα σπάνια συναντούν υψηλές θερμοκρασίες και η ψύξη είναι πιθανόν να είναι κρίσιμη μόνο για κάποιους κατοίκους λιμνών γλυκού νερού, και για μερικά ζώα των βράχων, το καλοκαίρι.
- Τα περισσότερα χερσαία ζώα συμπεριφέρονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ενώ τα μικρότερα ζώα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα μικροκλίματα γύρω από τα φυτά ή σε μεγάλο βαθμό τις σπηλιές.
- Μόνο τα μεγαλύτερα χερσαία ζώα τα οποία δεν μπορούν να αποφύγουν τη μεσημεριανή ζέστη του ήλιου, πρόκειται να αντιμετωπίσουν πρόβλημα με την ψύξη.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

Ανταλλαγή θερμότητας και κατανομή αίματος

Ένας τρόπος για ένα ζώο αποβάλλει την υπερβολική θερμότητα είναι η κυκλοφορία ζεστού αίματος από τον πυρήνα στην επιφάνεια, αυξάνοντας τη θερμική αγωγιμότητα των εξωτερικών στρωμάτων του σώματος.

Factor	Human male		Pigeon		Salmon	
	Resting	Exercise	Resting	Exercise	Resting	Exercise
Heart rate (min^{-1})	75	180	100	600	38	51
Stroke volume (ml)	77	130	1.0	1.0	0.5	1.1
Cardiac output (ml min^{-1})	5700	25,000	–	–	18	53
Cardiac output per kg	85	360	–	–	18	53

Blood shunting during exercise

Blood flow increments: Skeletal muscle, brain, heart, skin

Blood flow reductions: Nonskeletal muscle, gut, kidney, liver, spleen

Η περιφερική αγγειοδιαστολή αποτελεί βασικό συστατικό της ομοιόστασης κατά τη διάρκεια της άσκησης, και εμφανίζεται σε πολλές περιπτώσεις προσωρινής υπερθέρμανσης.

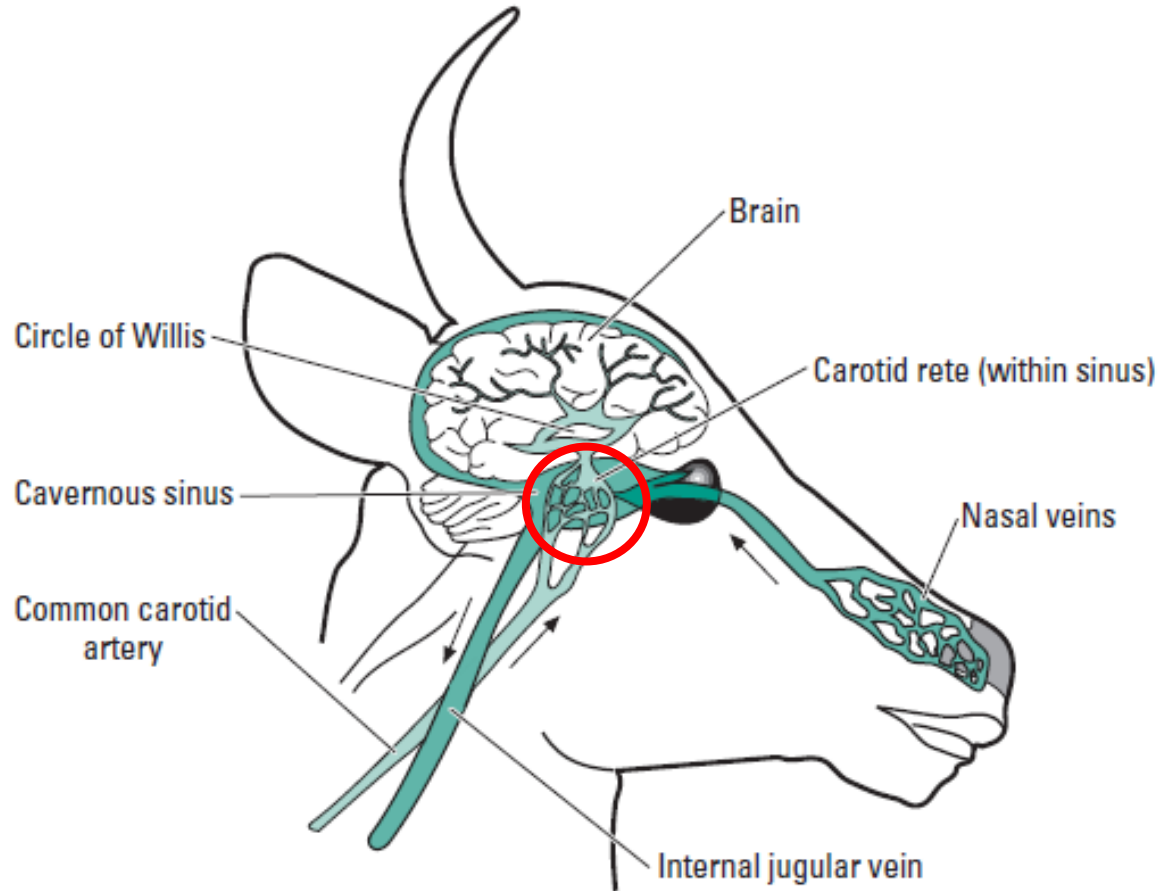


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

Ανταλλαγή θερμότητας και κατανομή αίματος

Η πιο ζωτικής σημασίας περιοχή που δεν μπορεί να υπερθερμανθεί είναι ο εγκέφαλος, καθώς οι νευρώνες είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι σε θερμικές διαταραχές. Την ίδια στιγμή όμως ο εγκέφαλος απαιτεί συνεχιζόμενη υψηλή ροή αίματος.

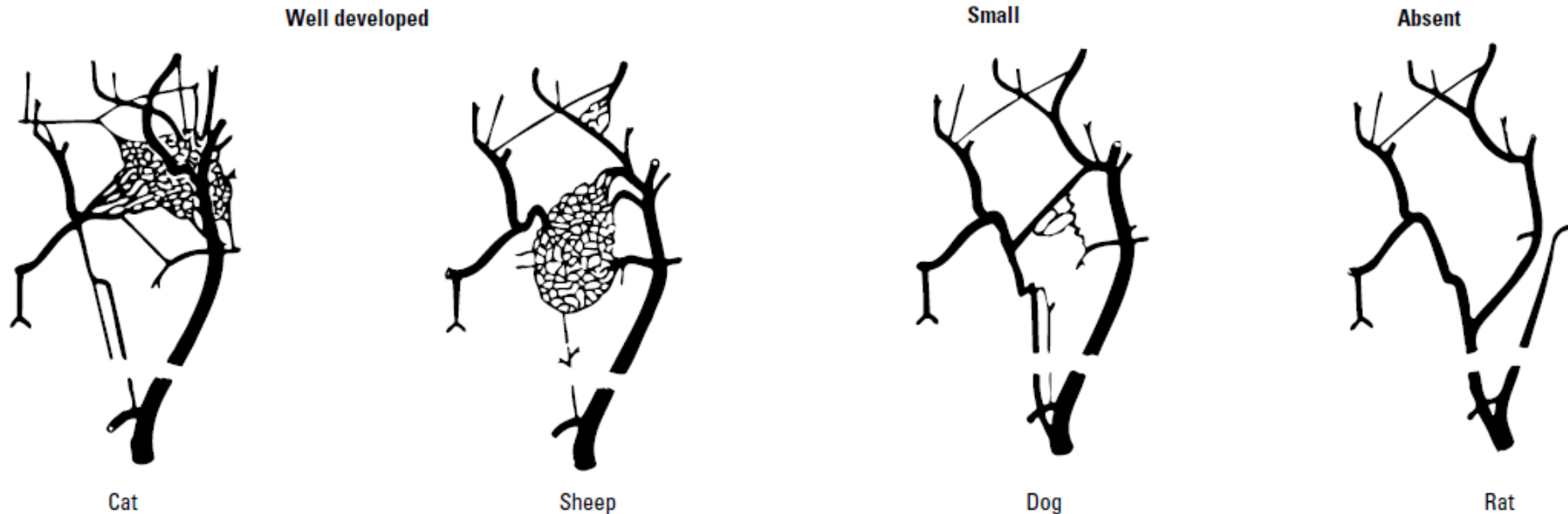


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

Ανταλλαγή θερμότητας και κατανομή αίματος

Ο κοινώς υιοθετημένος μηχανισμός για να μείνει ο εγκέφαλος δροσερός είναι η ανταλλαγή θερμότητας στην πλευρά της παροχής στον εγκέφαλο, έτσι ώστε η αρτηριακή παροχή (η καρωτιδική αρτηρία στα τετράποδα) διασπάται σε ένα τριχοειδές δίκτυο και διατρέχει παράλληλα με μια ψυχρή παροχή αίματος λίγο πριν εισέλθει στον ίδιο τον εγκέφαλο.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

Μεταβολή επιφανειακών ιδιοτήτων

Περιστασιακά μια εμφανώς απίθανη απόκριση συμβαίνει όταν τα ζώα σε ζεστά περιβάλλοντα αυξάνουν εν μέρει την ραχιαία γούνα ή το φτέρωμα τους. Αυτό παρατηρείται όταν η θερμοκρασία του αέρα υπερβαίνει τη θερμοκρασία σώματος του ζώου, έτσι ώστε ένα παχύ μονωτικό στρώμα θα μειώσει την αγωγιμότητα, τη μεταφορά, και ακτινοβολία στο σώμα, μειώνοντας έτσι την πρόσληψη θερμότητας.

Αυτό εξηγεί επίσης γιατί μερικοί κάτοικοι της ερήμου, όπως οι στρουθοκαμήλοι, οι κατσίκες, τα πρόβατα, ακόμα και οι καμήλες (τουλάχιστον ραχιαία) έχουν εκπληκτικά πυκνό τρίχωμα ή φτέρωμα.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

Μεταβολή επιφανειακών ιδιοτήτων

Ο χρωματισμός επηρεάζει επίσης τις ακτινοβολίες, και μερικά ζώα μπορούν να αλλάξουν το χρώμα του δέρματος ή της επιδερμίδας με τρόπους που είναι προσαρμοστικοί για να διατηρείται δροσερό. Ορισμένες σαύρες και λίγοι βάτραχοι φέρουν «ιριδοφόρα» κύτταρα, στα οποία η ταχύτερη θερμικά επαγόμενη αλλαγή χρώματος προκύπτει από αλλαγές μεταξύ των στρωμάτων ανακλαστικών κρυσταλλών μέσα στα κύτταρα.

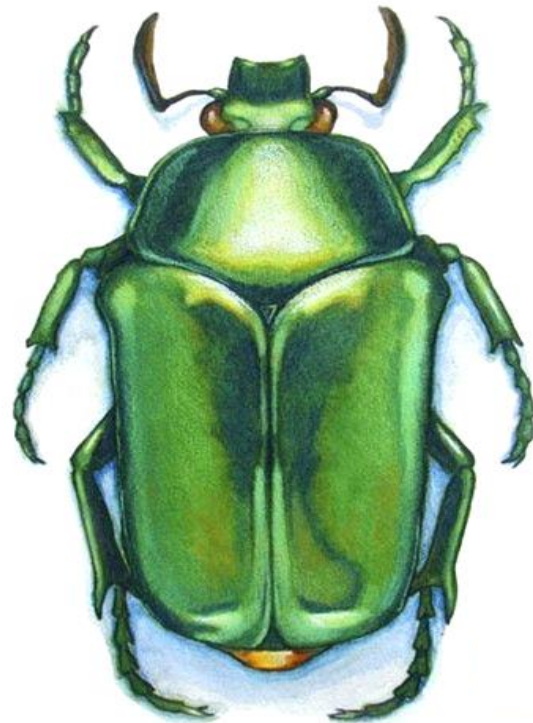


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

Μεταβολή επιφανειακών ιδιοτήτων

Σε πολλά έντομα, η αλλαγή χρώματος γενικά περιλαμβάνει μεταβολές φάσης λιπιδίων ή άλλων υλικών εντός της επιδερμίδας, και τείνει να παράγει μια αλλαγή από σχεδόν μαύρη επιφανειακή εμφάνιση σε ένα έντομο που θερμαίνεται σε σχεδόν γυαλιστερό μπλε ή πράσινο μεταλλικό στο ίδιο έντομο, σε μια διάρκεια λεπτών ή ωρών.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

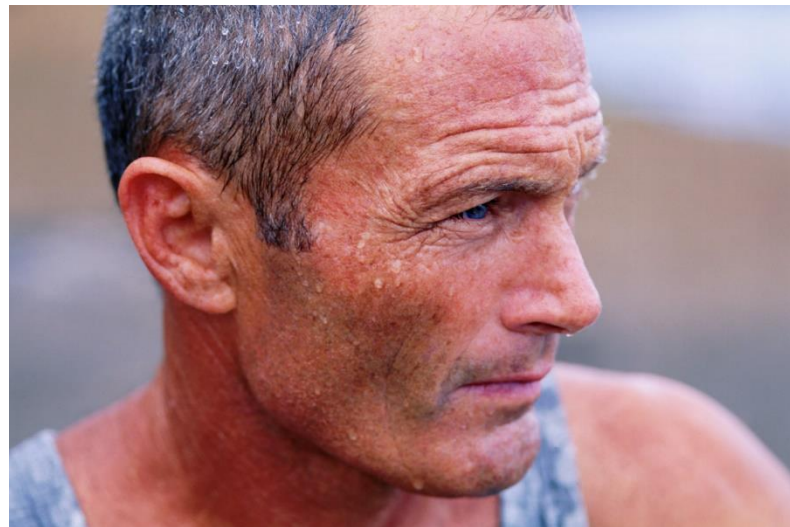
Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού» Εξάτμιση

Η απώλεια θερμότητας λόγω εξατμίσεων είναι το κλειδί για τη διατήρηση της θερμοκρασίας για τα περισσότερα μεγάλα χερσαία ζώα και για μικρά ζώα σε υγρά περιβάλλοντα όπως η παράκτια ζώνη και το τροπικό δάσος.

- Μερικά έντομα και ερπετά επιδίδονται στην ούρηση ή στην ανατροπή των υγρών του εντέρου πάνω στις επιφάνειες τους.
- Κάποια έντομα που τρέφονται με νέκταρ, όπως οι μέλισσες και οι πεταλούδες, με τη βοήθεια των επιμηκυμένων γλωσσών τους, απλώνουν το νέκταρ και το σάλιο πάνω τους για να επιτευχθεί κάποια ψύξη.
- Πολλά ζώα απλώνουν σάλιο πάνω στο στήθος, τα άκρα ή τις πλευρές για να επιτευχθεί ένα ψυκτικό αποτέλεσμα.

Αλλά οι πιο προφανείς είναι οι δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνται από πτηνά και θηλαστικά:

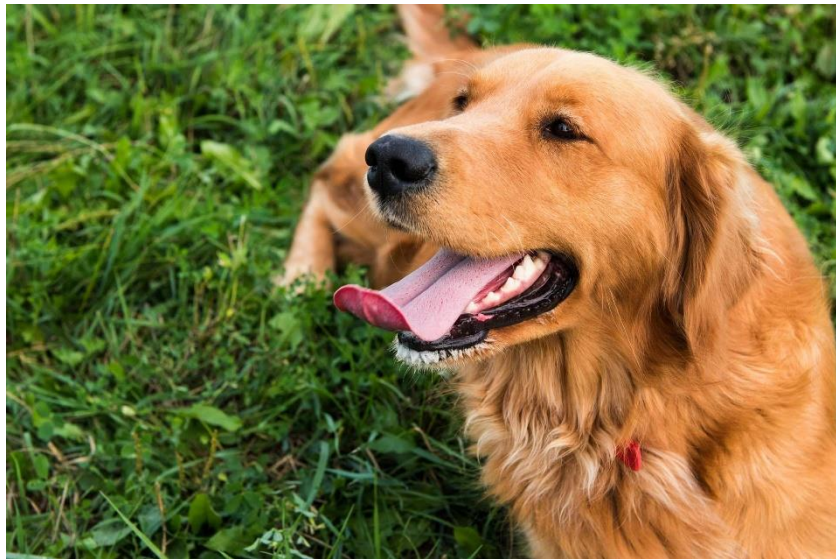
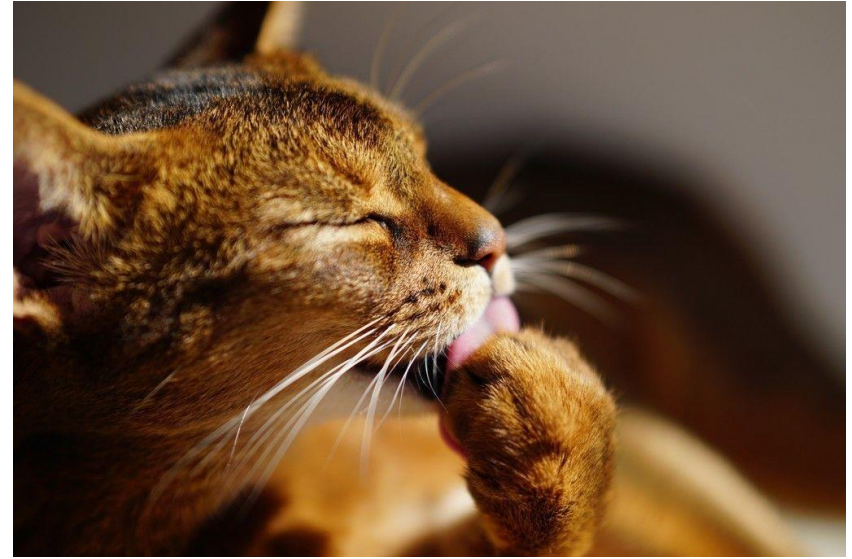
- **Ιδρώτας** από ειδικούς αδένες σε διάφορα σημεία πάνω από τις επιφάνειες του σώματος,
- **Λαχάνιασμα**, μια γρήγορη αναπνοή έξω από το στόμα



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

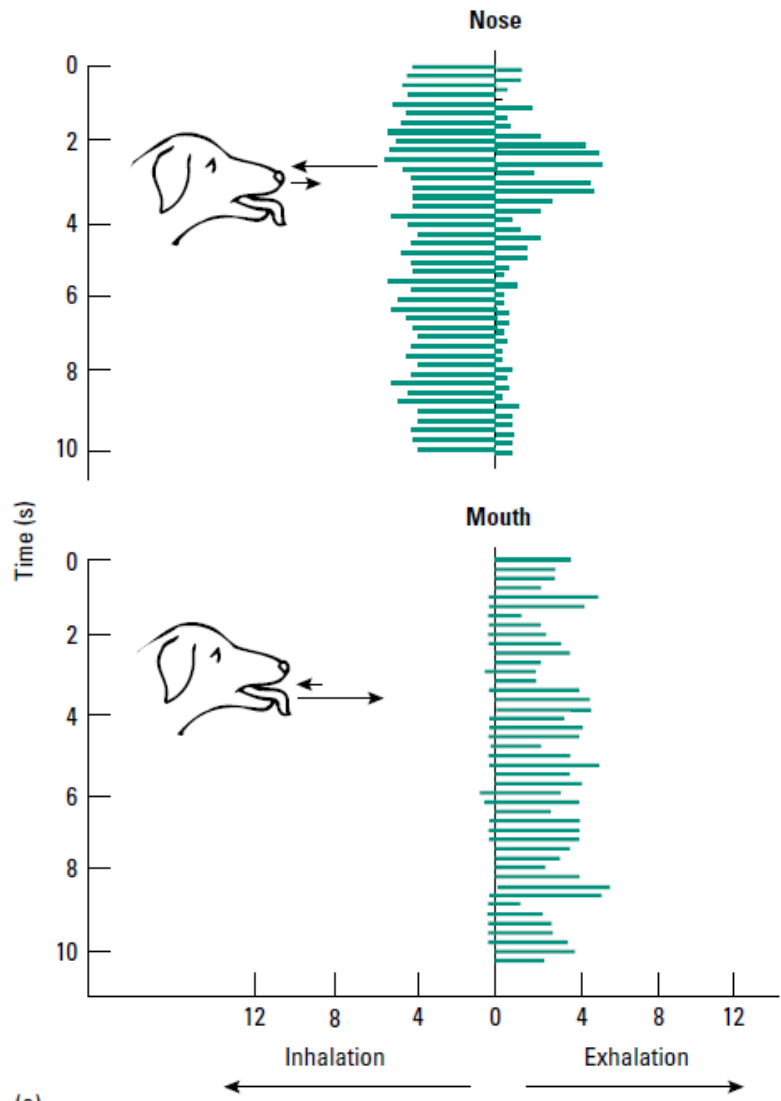
Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού»

Εξάτμιση

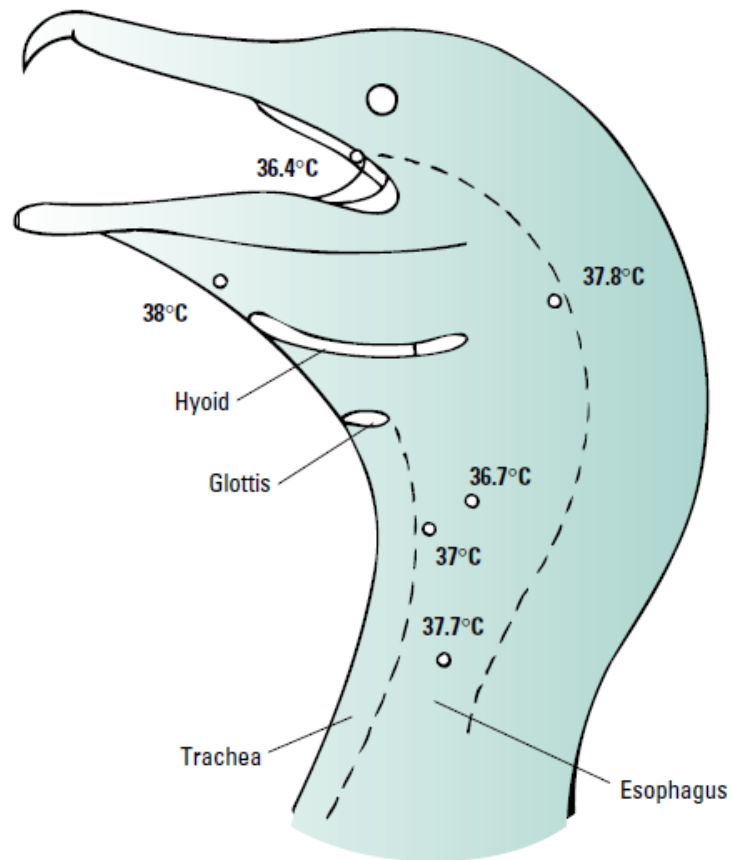


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού» Εξάτμιση



(a)



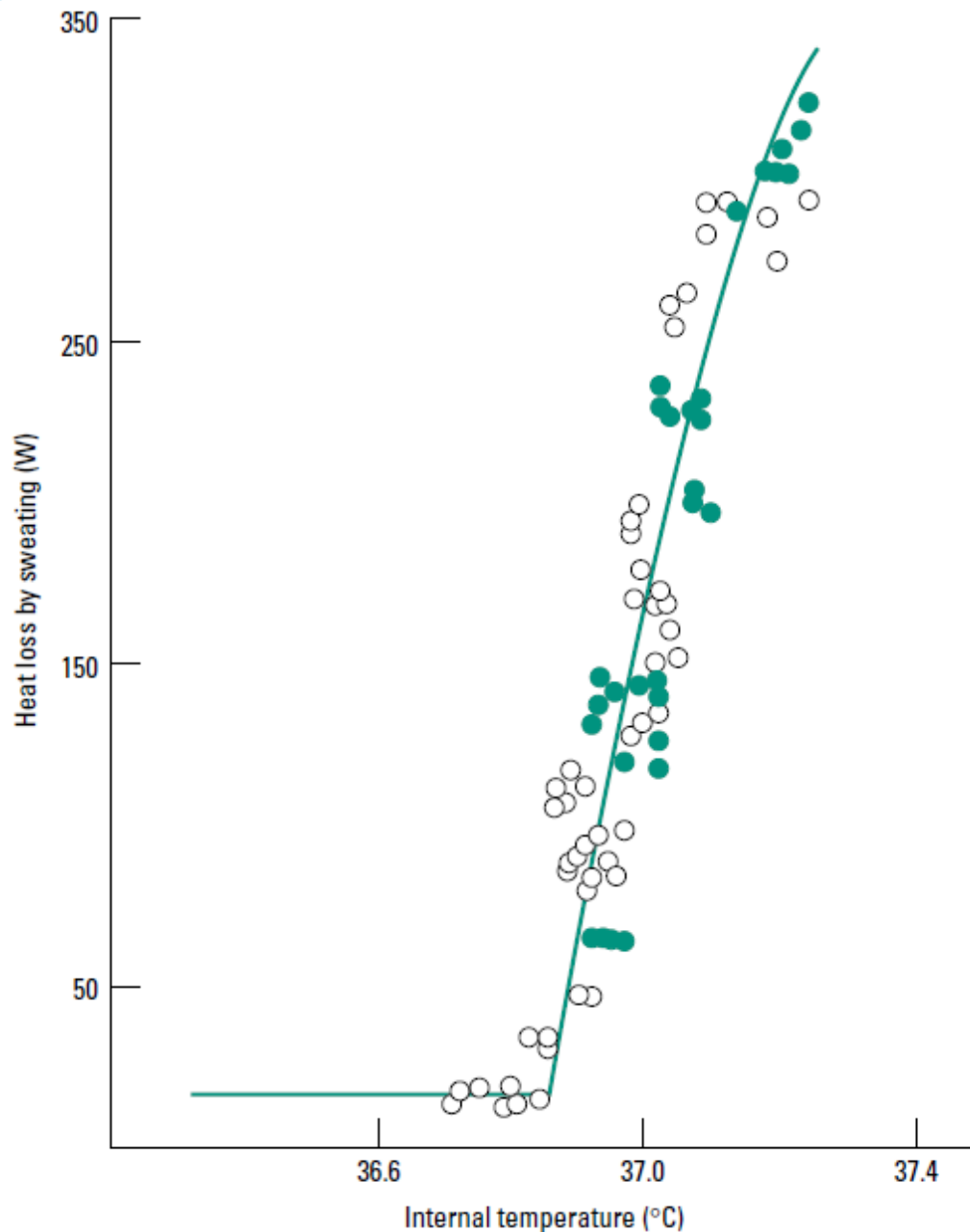
(b)

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ρύθμιση της απώλειας θερμότητας & διατήρηση «ψυχρού» Εξάτμιση

Η απώλεια θερμότητας με εφίδρωση σε έναν άνθρωπο, δείχνει ότι οι μικρές αλλαγές στις θερμοκρασίες του σώματος προκαλούν πολύ σημαντικούς ρυθμούς εφίδρωσης.

Η θερμοκρασία του πυρήνα αυξήθηκε είτε με άσκηση (πράσινοι κύκλοι) είτε με αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος (λευκοί κύκλοι).



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Νάρκη

Πολλά υδρόβια ζώα παρουσιάζουν σημαντικές εποχιακές αλλαγές στη δραστηριότητα που σχετίζονται με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κάποια ψάρια γίνονται σχετικά ανενεργά, σταματούν τη σίτιση, και εισέρχονται σε μια κατάσταση που περιγράφεται ως **νάρκη (torpor / dormance)**. Αυτή η στρατηγική **εξοικονομεί τα ενεργειακά τους αποθέματά**. Το φαινόμενο αυτό είναι πιο συνηθισμένο στα είδη γλυκών υδάτων από ό, τι στα θαλάσσια. Στη χέρσο, τα αμφίβια και τα ερπετά εισέρχονται σε χειμερινή νάρκη η οποία περιγράφεται ως **διαχείμαση**, ενώ τα έντομα μπαίνουν σε **διάπαυση** στο στάδιο των αυγών, των προνυμφών ή των ενηλίκων.

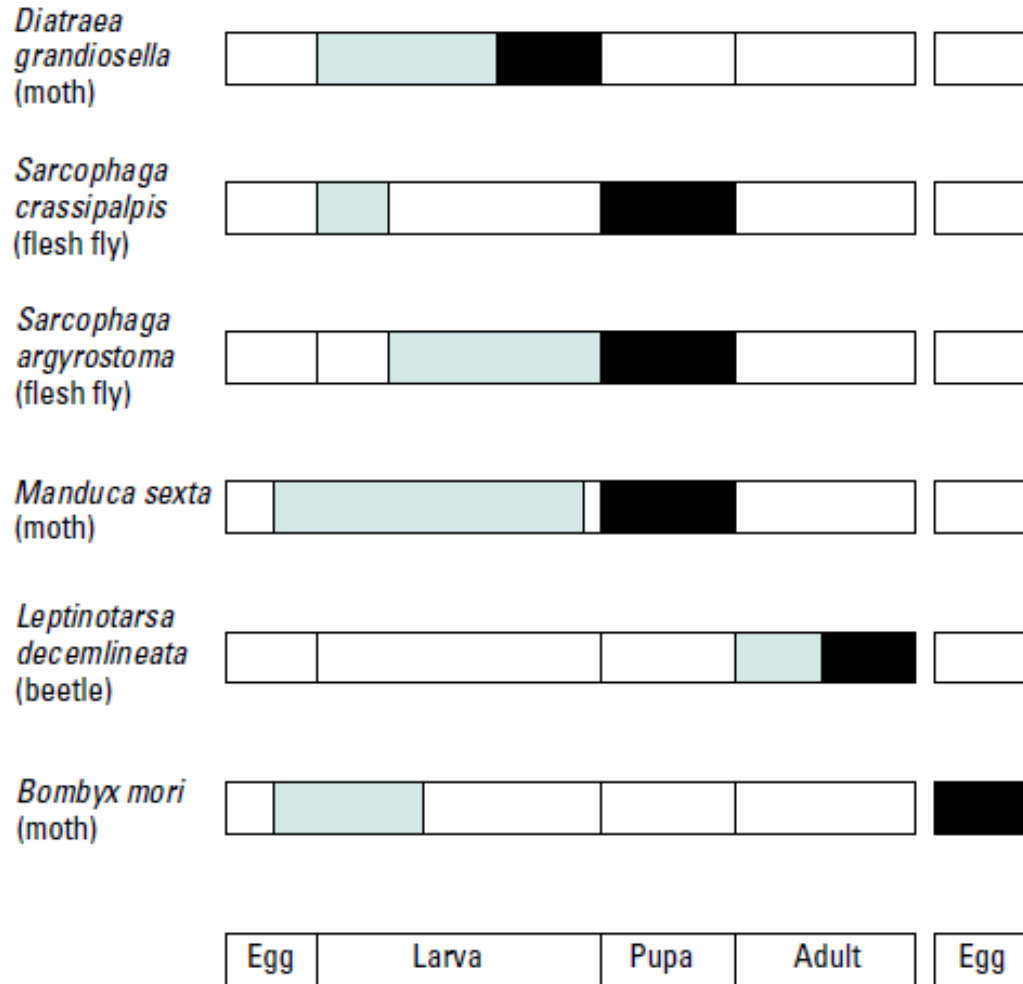
Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, **οι μεταβολικοί ρυθμοί μειώνονται και υπάρχει μικρή ή καθόλου δραστηριότητα ή σίτιση**. Η ανάπτυξη λίπους σε υποδόρια στρώματα τετραπόδων, είναι συνήθως έντονη. Η σύσταση του αίματος και ο μυϊκός τόνος μπορεί να τροποποιηθούν σε μεγάλο βαθμό.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Νάρκη

Sensitive periods for induction of (green) and entry into (black) diapausing states

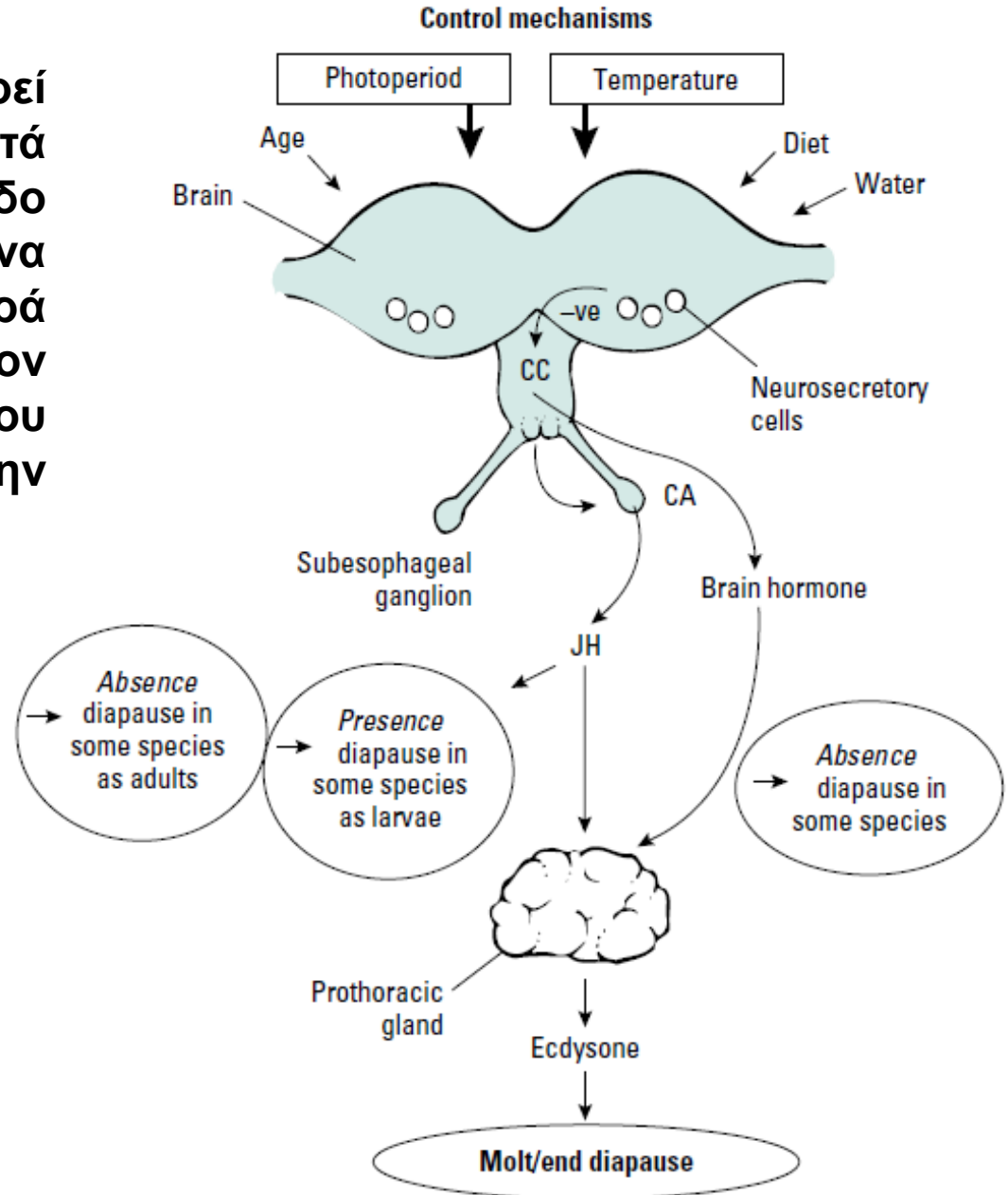


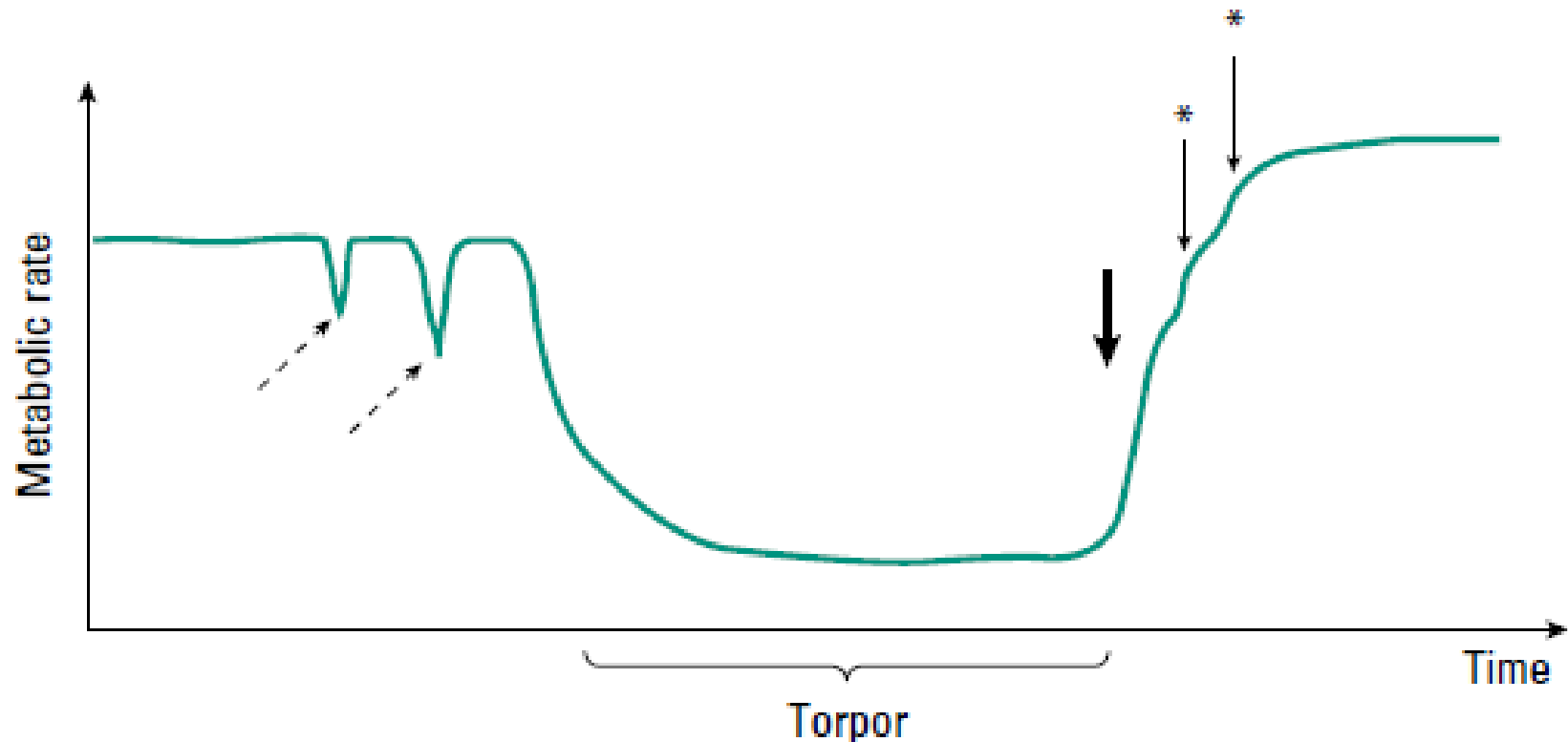
Η διάπαυση στα έντομα είναι μια μάλλον ξεχωριστή περίπτωση αναστολής της ανάπτυξης, και μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε μέρος του κύκλου ζωής ανάλογα με το είδος

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Νάρκη

Η διάπαυση στα έντομα μπορεί κανονικά να διασπαστεί μόνο μετά από μια κατάλληλη περίοδο ψύξης, και πάλι από ένα ενδοκρινικό σήμα, αυτή τη φορά από τον εγκέφαλο μέχρι τον προθωρακικό αδένα, που κανονικά εξυπηρετεί την αποκατάσταση





Το πρότυπο μεταβολών στο ρυθμό μεταβολισμού κατά την είσοδο και την έξοδο από τη νάρκη σε ένα μικρό θηλαστικό: τα διακεκομμένα βέλη δείχνουν «προκαταρκτικές δοκιμές» όταν ο μεταβολισμός επιβραδύνεται προσωρινά. Στη συνέχεια η είσοδος σε νάρκη συμβαίνει ομαλά, αλλά σχετικά αργά. Η νάρκη παύει απότομα (συνεχές βέλος) όταν ο καφέ λιπώδης ο ιστός (BAT) ενεργοποιείται και ο μεταβολικός ρυθμός μπορεί στη συνέχεια να παρουσιάσει περαιτέρω σύντομες περιόδους αύξησης (*)

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

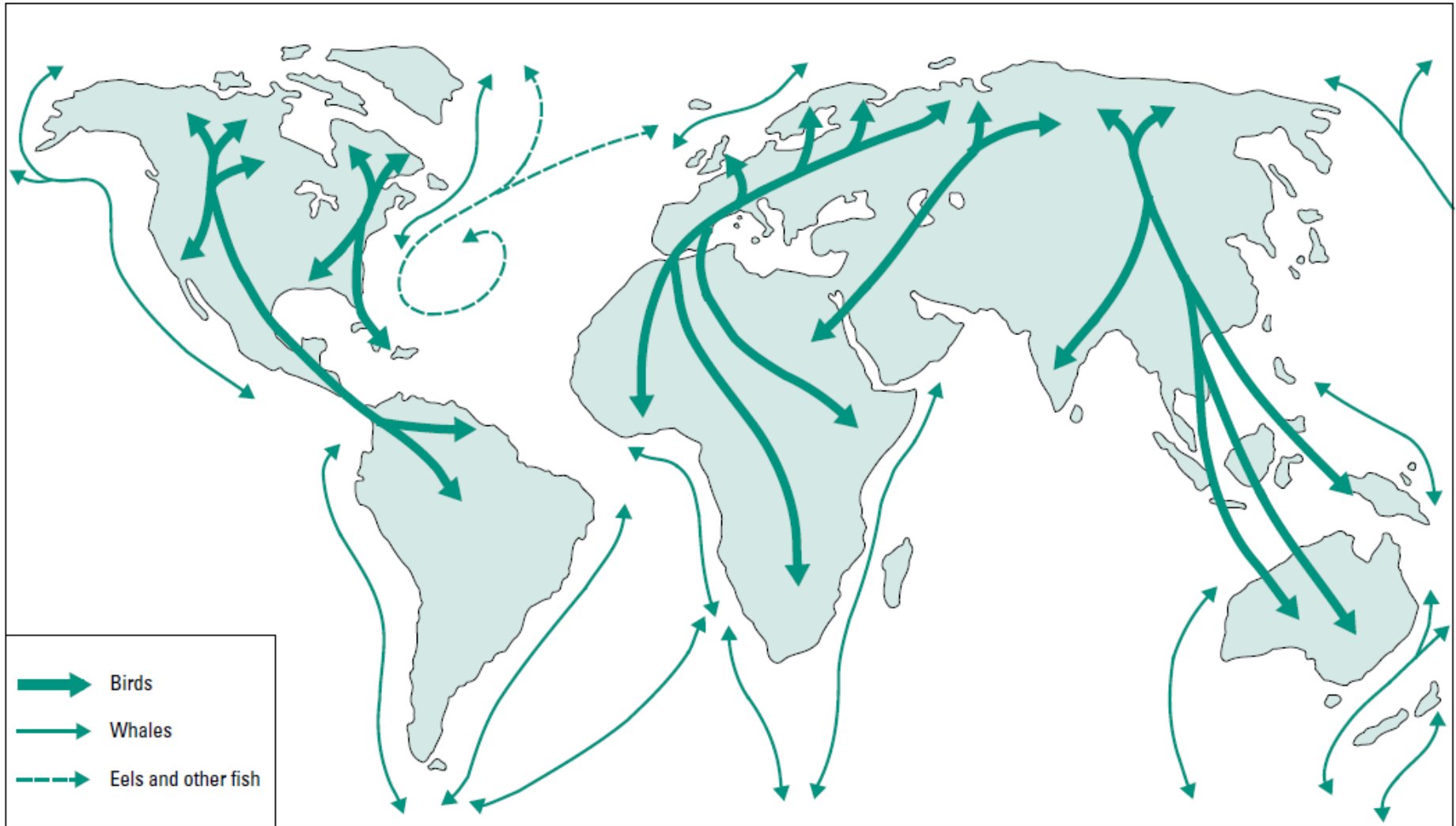
Μετανάστευση



Η μετανάστευση είναι ένας εναλλακτικός τρόπος διαφυγής των εποχικά δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών, αν και συχνά προκαλείται από την έλλειψη τροφίμων ή / και τη φωτοπερίοδο, αντί να είναι άμεση απόκριση στη θερμοκρασία.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Μετανάστευση



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Τα ακραία χερσαία ενδιαιτήματα περιλαμβάνουν κλασικά αυτά που είναι ασυνήθιστα ζεστά σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη, ή εκείνα που είναι ασυνήθιστα κρύα προς τους πόλους και σε μεγάλο γεωγραφικό πλάτος.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους

Οι άγονες ζώνες εμφανίζονται μεταξύ 15 και 40° γεωγραφικού πλάτους, σε κάθε πλευρά της ζεστής και υγρής ισημερινής ζώνης.



Γενικά θεωρούμε τις ερήμους ως εξαιρετικά ζεστές και ξηρές περιοχές με σαρωτικές αμμοθίνες αλλά στην πραγματικότητα μια ποικιλία βιοτόπων περιλαμβάνονται στη γενική αυτή κατηγορία και είναι εκπληκτικά ποικίλη. Το πιο σημαντικό κοινό χαρακτηριστικό τους είναι η **ξηρότητα**. Οι τρεις υποδιαίρεσεις είναι **η υπεράγονη, η άγονη και η ημιάγονη έρημος**, όπως ορίζονται από τις διεθνείς συμφωνίες, και καλύπτουν το ένα τρίτο της επιφάνειας της γης.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους

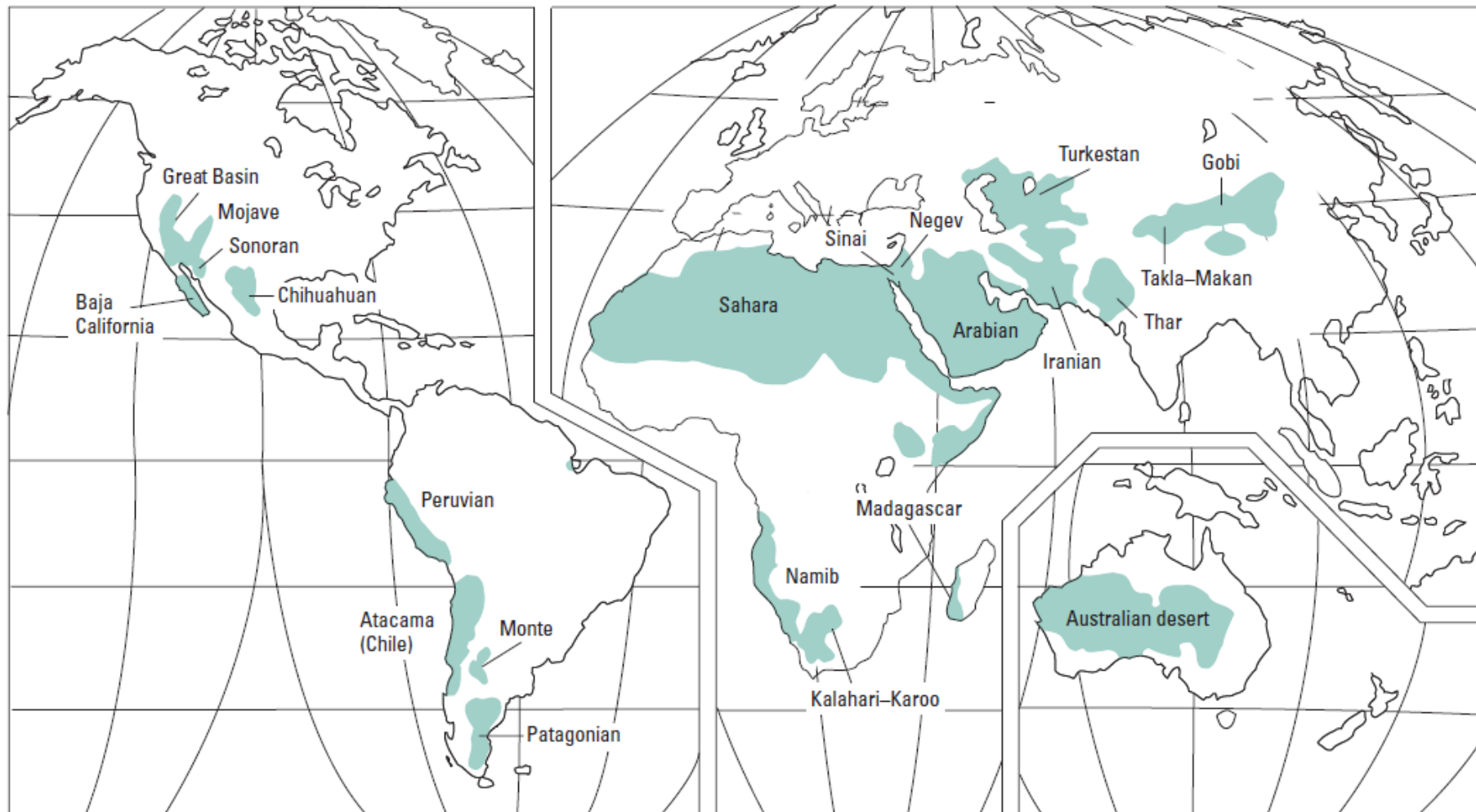
➤ **Υπεράγονες έρημοι:** υψηλή πίεση, συνήθως λιγότερο από 25 mm βροχόπτωσης ετησίως. Έτσι υπάρχει διαθεσιμότητα νερού όχι μόνο χαμηλή αλλά εξαιρετικά απρόβλεπτη, και όλοι οι οργανισμοί πρέπει να ανταποκρίνονται ευκαιριακά στην παρουσία του. Αυτές οι έρημοι συνήθως έχουν επίσης υψηλές ταχύτητες ανέμου, οδηγώντας σε ακόμα πιο έντονη εξάτμιση, και χωρίς νέφωση προκαλείται πολύ κρύο το βράδυ καθώς η θερμότητα ακτινοβολεί μακριά από το έδαφος. Τα εδάφη τους είναι συχνά αμμώδη ή βραχώδη και επίσης έχουν σημαντικές ποσότητες αλάτων πολύ κοντά στην επιφάνεια. Καθώς αυτό διαβρώνεται και αναδεύεται από τους ισχυρούς ανέμους η ζωή γίνεται ακόμη πιο δύσκολη για οποιαδήποτε φυτά.

➤ Λιγότερο ακραίες περιοχές, οι **άγονες και ημιάγονες έρημοι**, μπορεί να έχουν μέχρι 600 mm βροχής ετησίως, πιο ομοιόμορφα και προβλέψιμα κατανεμημένα και συχνά είναι πολύ πιο δροσερά. Παραλιακές έρημοι, όπως η Namib (νοτιοδυτική Αφρική), η Atacama (Χιλή), τμήματα του νότιου Ισραήλ και της ακτής Baja της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ / Μεξικό, χαρακτηρίζονται από ψυχρές ομίχλες, ειδικά μετά την αυγή. Οι πιο δροσερές εσωτερικές έρημοι, όπως η Gobi και οι μεγάλες περιοχές της Παταγονίας, χαρακτηρίζονται από περιορισμένη ομίχλη αλλά με παρατεταμένες περιόδους χειμώνα.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους

«Αποφεύγοντες» και οι στρατηγικές τους

Όλα αυτά τα μικρά ερημικά ζώα ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Μπορεί να εντοπιστούν τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες:

1 Οι **αυστηροί αποφεύγοντες** που δραστηριοποιούνται μόνο τη νύχτα, αλλιώς εισέρχονται βαθιά στο υπέδαφος σε υγρά μικροκλίματα. Πολλές από αυτές τις ομάδες χρησιμοποιούν την κρυπτοβίωση όταν οι συνθήκες είναι ιδιαίτερα σκληρές.

2 **Αποφεύγοντες, αλλά μάλλον λιγότερο περιορισμένοι**: έντομα, αράχνες και σκορπιοί, συνήθως μικρού μεγέθους και χρησιμοποιώντας τη διαφυγή κατά τη διάρκεια της ημέρας με νυχτερινή / ιδιοσυγκρασιακή συμπεριφορά.

3 **Μικρά αποφεύγοντα εξώθερμα σπονδυλωτά**: τα αμφίβια της ερήμου και ερπετά, που έχουν κάπως διαφορετικά προβλήματα.

4 **Μικρά αποφεύγοντα ενδόθερμα σπονδυλωτά**, κυριαρχούμενα από τρωκτικά. Συλλογικά, όλα αυτά τα ζώα παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα προσαρμογών, οι περισσότερες από αυτές είναι επεκτάσεις χαρακτηριστικών που βρίσκονται σε άλλα τα χερσαία ζώα σε λιγότερο αυστηρά κλίματα.

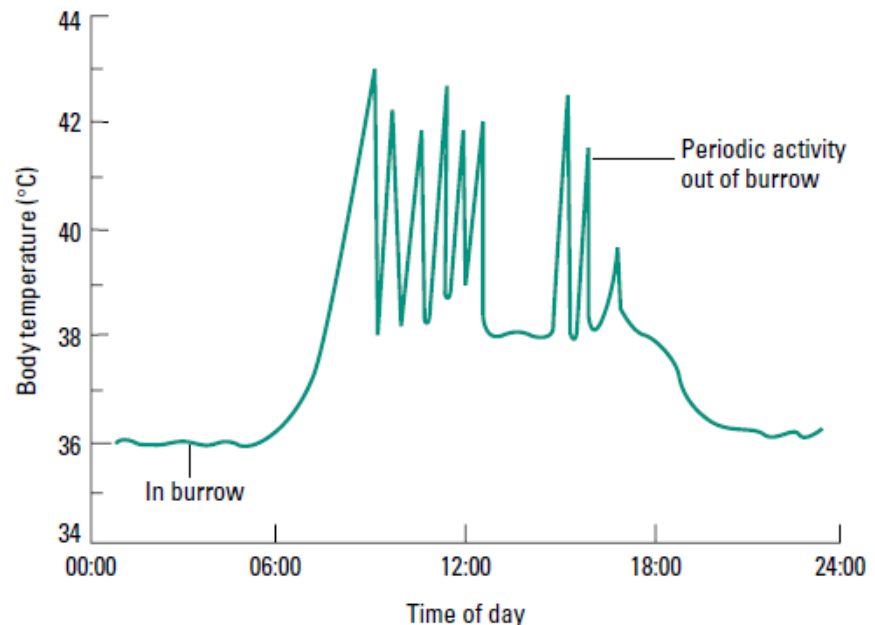
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους – «Αποφεύγοντες»

«Σκάψιμο»

Η χρήση των σωστά κατασκευασμένων ανοιγμάτων σε συνδυασμό με τις φωλιές είναι εξαιρετικά συνηθισμένα από τα μεγαλύτερα ασπόνδυλα αλλά και τρωκτικά. Τα ανοίγματα αυτά μπορούν επίσης να δώσουν υψηλή υγρασία που βοηθά στην οσμωτική ρύθμιση στρατηγικές. Για κάποια τρωκτικά, το υπέδαφος παρέχει όχι μόνο μια σταθερή θερμοκρασία 26-28°C αλλά επίσης μια σταθερή υψηλή υγρασία που συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση της απώλειας νερού λόγω της εξάτμισης. Επιτρέπουν επίσης την αποθήκευση τροφίμων, και παρέχουν προστασία από αρπακτικά και παράσιτα. Η χρήση ενός αυλακιού επιτρέπει επίσης ένα είδος στρατηγικής αναζήτησης τροφών, για παράδειγμα στις αράχνες



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Υψηλή κινητικότητα και ικανότητα πλοήγησης»

Για ένα επιφανειοδραστικό ζώο σε μια καυτή έρημο, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να μπορεί να κινητοποιείται σε υψηλές ταχύτητες σε σύντομο διάστημα και πολύ αποτελεσματικά με κατευθυνόμενες εκρήξεις ώστε να μετακινείται μέσα ή πάνω από την καυτή άμμο ενώ ελαχιστοποιεί την επαφή του υποστρώματος με τον όγκο του σώματος, για μείωση του αγωγίμου κέρδους θερμότητας



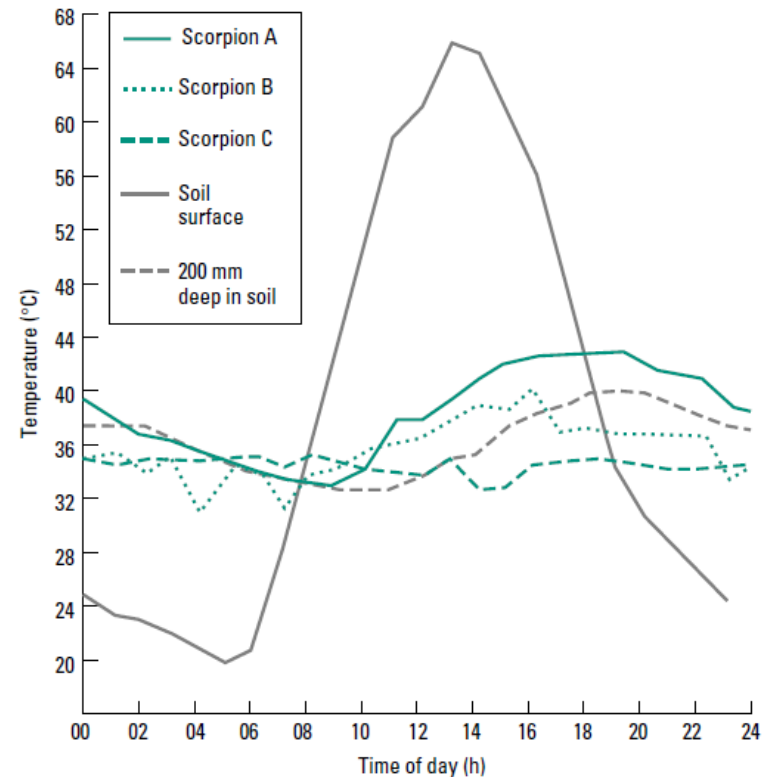
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Ρυθμικά πρότυπα δραστηριότητας»

Η αναζήτηση τροφής είναι σπάνια συνεχής σε ζώα της ερήμου, αλλά συνήθως δείχνει ένα πρότυπο με τον αριθμό των ενεργών ατόμων που κορυφώνονται είτε τη νύχτα είτε την αυγή ή / και το σούρουπο. Οι σκορπιοί, οι σαρανταποδαρούσες και οι αράχνες στις ερήμους είναι πολύ πιθανότερο να είναι νυκτόβια από ό, τι είναι τα εύκρατα ομολόγα τους. Πολλά από αυτά τα ασπόνδυλα της ερήμου έχουν ενδογενείς ρυθμούς που παραμένουν υπό σταθερές εργαστηριακές συνθήκες. Στο άλλο άκρο, οι καθημερινοί ρυθμοί μπορεί να καταργηθούν σχεδόν εξ ολοκλήρου, όπως και στο ερημικό σαλιγκάρι *Sphincterochila*, το οποίο δραστηριοποιείται μόνο για λίγες ημέρες κάθε χρόνο όταν υπάρχουν βροχοπτώσεις.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Αυξημένη θερμική ανοχή, μειωμένος μεταβολικός ρυθμός»

➤ Ορισμένα ζώα της ερήμου είναι ημερήσια, και αυτά πρέπει αναπόφευκτα να έχουν υψηλές θερμικές ανοχές, δηλ. αυξημένη ανώτερη κρίσιμη θερμοκρασία (UCT). Τα αρθροπόδα στην έρημο συνήθως έχουν ανώτερα όρια 45-47°C. Τα μυρμήγκια της ερήμου, συχνά μπορούν να ανεχθούν τις θερμοκρασίες της επιφάνειας άνω των 50°C για σύντομες περιόδους.

➤ Τέτοια είδη μπορεί να εμφανίζουν παχυντικές επιδερμίδες και να περιέχουν λιπίδια με σχετικά υψηλά σημεία τήξης, αλλά πολλά από αυτά έχουν ασυνήθιστα ανεκτικά ένζυμα και μεμβράνες.

➤ Έχει συχνά υποστηριχθεί ότι είναι δυνατός ένας μειωμένος μεταβολικός ρυθμός ως τρόπος εξοικονόμησης ενέργειας για ένα εξώθερμο ζώο της ερήμου, είτε επιτρέποντας τη μόνιμη μείωση της ενεργειακής δαπάνης είτε προσωρινά κατά τη διάρκεια της σπανιότητας των τροφίμων, μειώνοντας έτσι επίσης την απώλεια νερού.

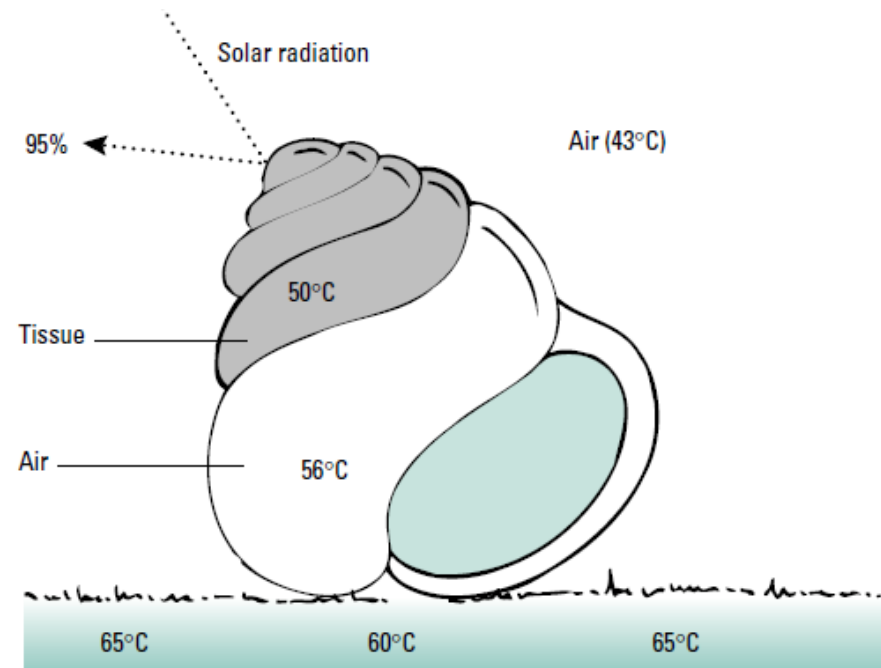
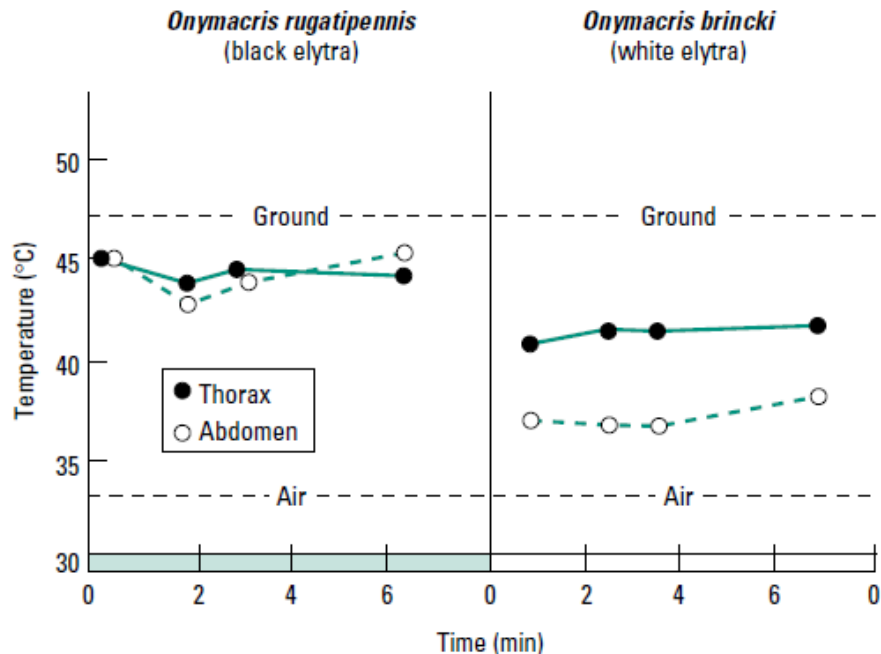
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Χρώμα, σχήμα και στάση»

Τα ασπόνδυλα που συναντώνται σε ερήμους είναι συνήθως μαύρα, λευκά ή με ανοιχτό καφέ χρώμα. Οι σκοτεινές επιφάνειες επιτρέπουν στο σώμα να ζεσταθεί πιο γρήγορα στο φως τις κρύες ώρες της ημέρας. Λευκές επιφάνειες πολύ υψηλής ανακλαστικότητας βρίσκονται σε ορισμένα είδη που είναι δραστήρια ή εκτεθειμένα στη θερμότητα της ημέρας.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Χρώμα, σχήμα και στάση»

Αμμώδη καφέ επιφάνειες συναντώνται σε ζώα τα οποία αναδύονται μόνο εν συντομία και ίσως υπόκεινται σε έντονη πίεση θήρευσης. Παρόμοια αμμώδη χρώματα βρίσκονται στα περισσότερα μικρά ημερήσια θηλαστικά σε θερμότερα κλίματα (αν και συχνά για επιπλέον σκοπούς καμουφλάζ). Η αλλαγή χρώματος είναι επίσης εύλογα κοινή στα ζώα της ερήμου. Ορισμένες ακρίδες της ερήμου επίσης αλλάζουν χρώμα, από το φωτεινό μπλε-πράσινο όταν ζεσταίνονται σε σχεδόν μαύρο όταν ψύχονται. Μερικές σαύρες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο τέχνασμα από θαμπό σκούρο καφέ την αυγή και το σούρουπο και ένα φωτεινό τουρκουάζ γύρω στο μεσημέρι.



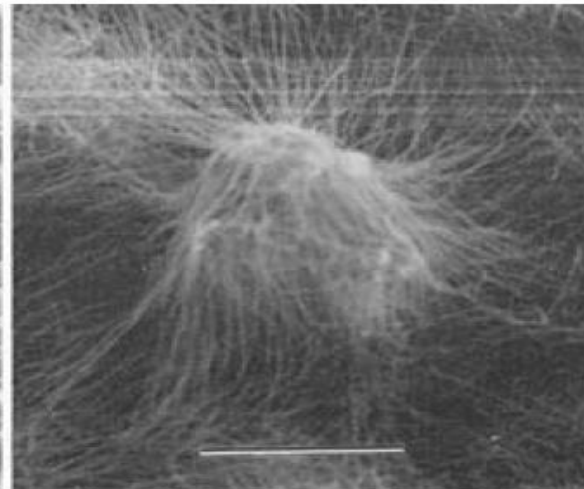
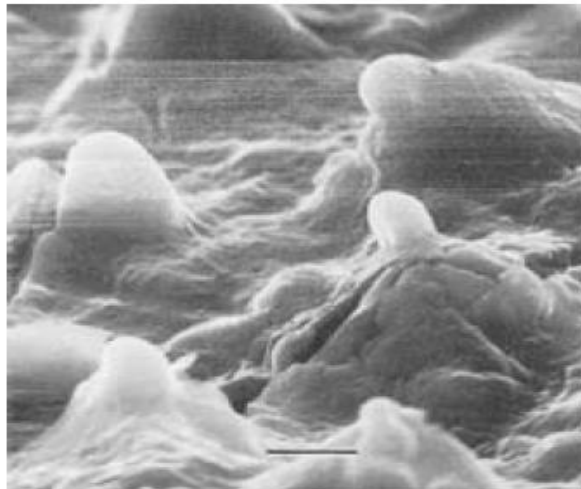
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Έλεγχος και ανοχή στην απώλεια νερού»

Πολλά ζώα της ερήμου είναι εξαιρετικά αδιαπέραστα, με χαμηλότερες τιμές του ποσοστού απώλειας νερού να έχουν καταγραφεί για ορισμένες σκορπιούς και μυρμήγκια. Αυτή η αδιαπερατότητα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις στιβάδες οι οποίες μπορεί να ενισχυθούν με περισσότερα επιδερμικά λιπίδια. Ωστόσο, υπάρχουν ειδικές περιπτώσεις «επιπλέον» στεγανότητας. Σε κάποια αρθρόποδα, ένα ειδικό κερί βοηθάει τη μείωση της απώλειας νερού καθώς και τον περιορισμό του θερμικού κέρδους. Ορισμένα ζώα της ερήμου μπορεί επίσης να είναι πολύ ανεκτικά στην απώλεια νερού. Τα έντομα από τους άγονους οικοτόπους μπορούν να ανεχθούν πάνω 50-75% απώλειας νερού. Τα αμινοξέα συμβάλλουν στη ρύθμιση της οσμωτικότητας κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης.



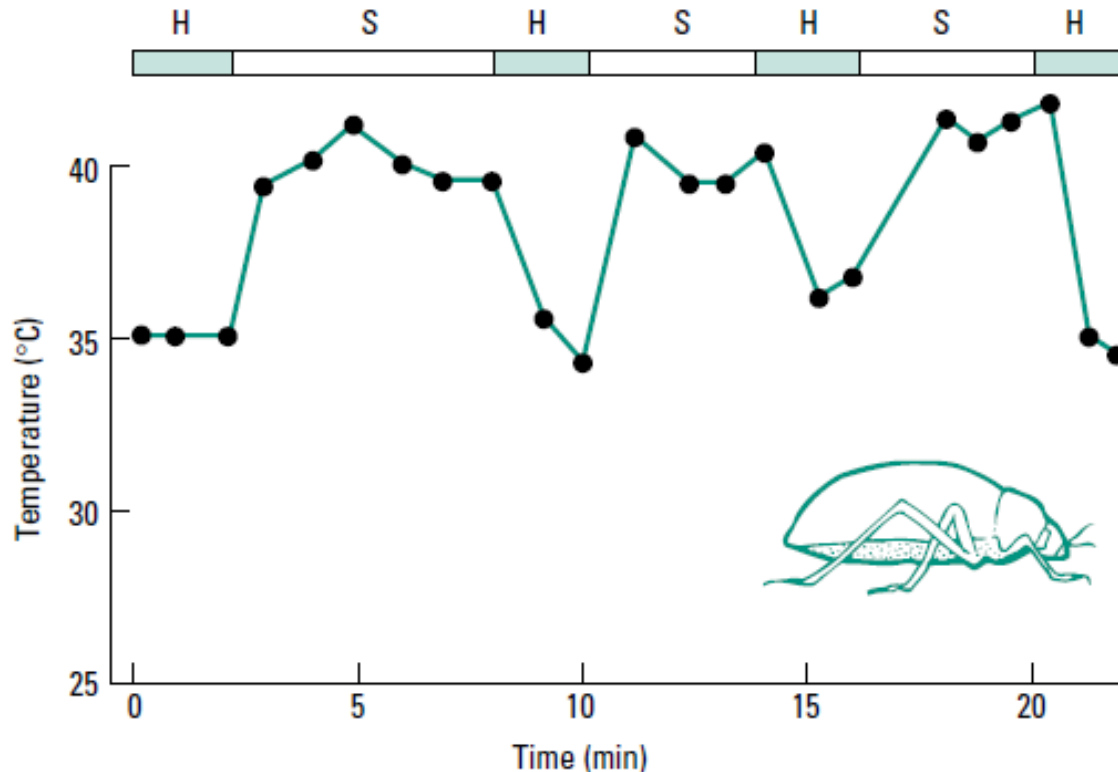
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Πρόσληψη νερού και χρήση συμπύκνωσης»

Σε ερήμους, η συμπύκνωση του νερού κατά την αυγή είναι πολύ σημαντική, αλλά η δροσιά που σχηματίζεται συνήθως διαχέεται στην άμμο και εξατμίζεται πολύ γρήγορα. Το είδος *Onymacris unguicularis* ανέρχεται στις κορυφές των αμμόλοφων κατά τη διάρκεια τη πρωινής δροσιάς, και στέκεται με τα οπίσθια πόδια του πλήρως τεντωμένα και το κεφάλι του κάτω. Το νερό συμπυκνώνεται στο σώμα και καταρρέει προς το κεφάλι, δίνοντας αύξηση κατά 34% στο σωματικό βάρος.



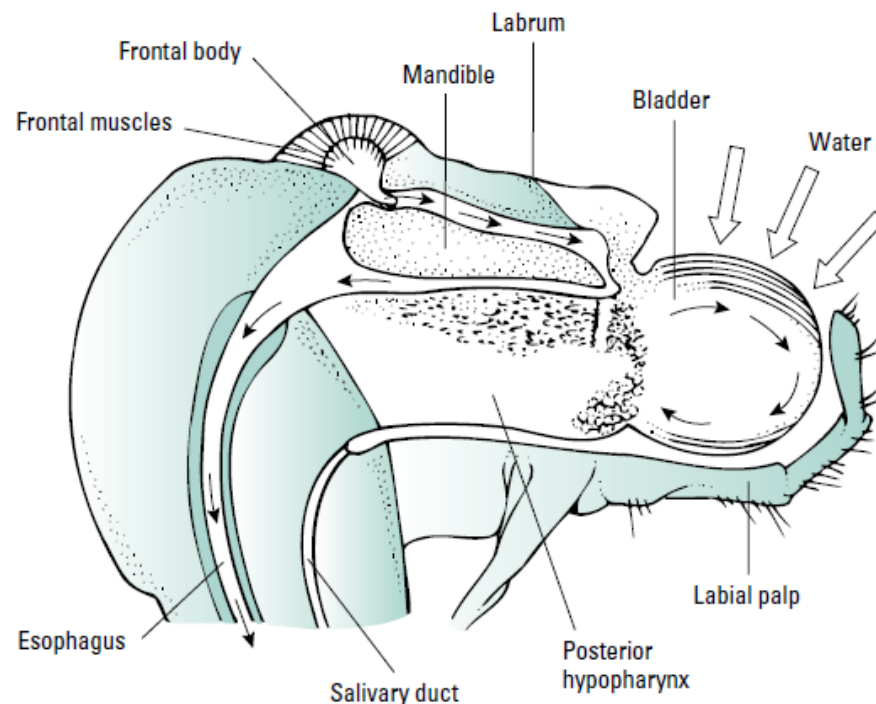
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Πρόσληψη νερού και χρήση συμπύκνωσης»

Δεν είναι μόνο τα σκαθάρια που επωφελούνται από τις ομίχλες της ερήμου. Το νερό θα συμπυκνωθεί σε οποιαδήποτε επιφάνεια σε αυτές τις συνθήκες, και πολλά ζώα τη γλείφουν από τη βλάστηση. Μερικές σαύρες και φίδια επίσης το γλείφουν από το σώμα τους, και οι αράχνες το μαζεύουν από τους ιστούς τους. Η εναλλακτική λύση της χρήσης ενεργών μηχανισμών πρόσληψης νερού είναι προφανής χρησιμότητα σε ερήμους. Μερικά είδη το κάνουν μέσω του στόματος και των σιελογόνων αδένων, συμπεριλαμβανομένης της κατσαρίδας της ερήμου, *Arenivaga*.



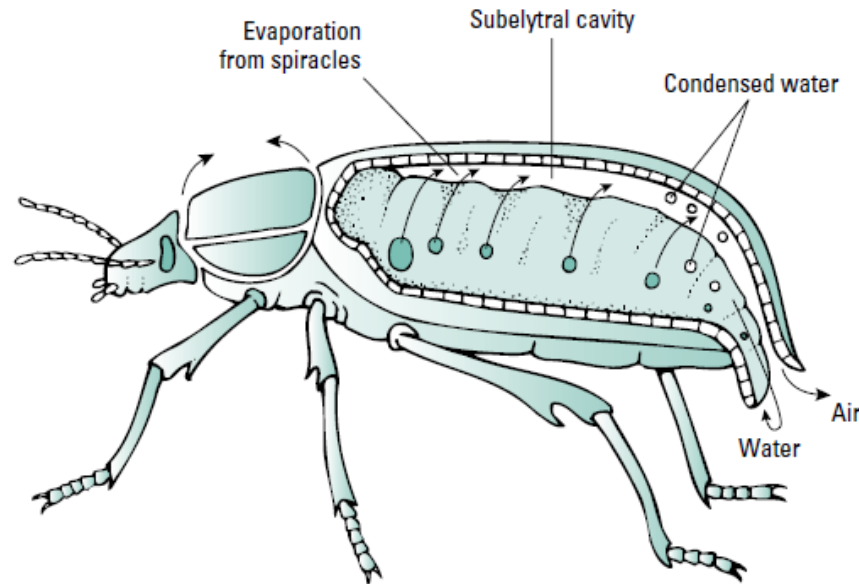
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Αποφεύγοντες»

«Αναπνευστικός έλεγχος»

Με ένα συνδυασμό σπειροειδούς ελέγχου και μειωμένης συνολικής αναπνευστικής δραστηριότητας, έντομα της ερήμου είναι συνήθως σε θέση να διατηρήσουν μια χαμηλή απώλεια νερού μέσω αναπνευστικής εξάτμισης. Πολλά έντομα της ερήμου χρησιμοποιούν ασυνεχή αναπνοή. Ωστόσο, η ρινική ανταλλαγή θερμότητας βελτιώνεται σε πολλά είδη μικρών θηλαστικών και πουλιών της ερήμου που έχουν επιμήκεις και περίτεχνα σπειροειδείς ρινικές διόδους. Στον αρουραίο καγκουρό, *Dipodomys*, ο εκπνεόμενος αέρας είναι στην πραγματικότητα πιο δροσερός από τον εισπνεόμενο αέρα (ο κορεσμένος ψυχρός αέρας κατακρατάει λιγότερους υδρατμούς από τον κορεσμένο θερμό αέρα).



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Εξατμιστές»

Οι εξατμιστές είναι τα «μεσαίου μεγέθους» ζώα των ερήμων, συμπεριλαμβανομένων ορισμένων πουλιών, κυνοειδών, αιλουροειδών, μικρών αντιλοπών, αλεπούδων κλπ. Η ομάδα μπορεί επίσης να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνει και κατοικίδια αιγοπρόβατα, τα οποία ζουν στα περιθώρια της ερήμου.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Εξατμιστές»

«Ψύξη με εξάτμιση»

Όπως συμβαίνει με όλα τα άλλα ζώα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε το λαχάνιασμα είτε η εφίδρωση ως μέσα εξάτμισης. Η εξάτμιση είναι λιγότερο ελέγξιμη, έχει απώλεια αλάτων, αλλά καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Το λαχάνιασμα προτιμάται συνήθως από ζώα της ερήμου και μπορεί να συνδυαστεί με συστήματα αντίθετης ροής στη μύτη για εξοικονόμηση νερού. Κάποια έντομα χρησιμοποιούν την απώλεια νερού για ψύξη, όταν υπάρχει τροφή με αρκετή περιεκτικότητα σε νερό. Το σύστημα διακλαδισμένης καρωτιδικής παροχής του εγκεφάλου φαίνεται να είναι σχετικά συχνό στα μεσαία έως μεγάλα θηλαστικά.

Well developed



Cat



Sheep

Small



Dog

Absent



Rat

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Εξατμιστές»

«Άλλες στρατηγικές θερμικής και υδατικής ισορροπίας»

Τα μοναχικά πουλιά, εξοικονομούν έως και 29% της ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης. Η κινητικότητα πολλών πτηνών της ερήμου με την πτήση τους δίνει τη δυνατότητα να μαζεύουν σπόρους και νερό από οάσεις σε πολύ ευρεία περιοχή. Ορισμένα από τα πουλιά της ερήμου μπορούν επίσης να επιδείξουν χαμηλό μεταβολισμό. Μπορεί επίσης να υπάρχει ανοχή σε κάποια υπερθερμία και μια υψηλή ανώτερη κρίσιμη θερμοκρασία επιτρέποντας την επιβίωση.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Εξατμιστές»

«Άλλες στρατηγικές θερμικής και υδατικής ισορροπίας»

Οι κασίκες της ερήμου δείχνουν επίσης μια ασυνήθιστη ικανότητα να μειώνουν τον μεταβολισμό όταν τα τρόφιμα είναι σπάνια και διατηρούν το σωματικό τους βάρος με λιγότερο από το ήμισυ της κανονικής πρόσληψης τροφής. Ασυνήθιστα, αυτό συνεπάγεται μείωση του μεταβολισμού κυρίως στους μυς, ενώ στα περισσότερα θηλαστικά κυρίως στο έντερο. Μεσαίου μεγέθους ζώα της ερήμου δείχνουν επίσης μια έντονη ικανότητα να παράγουν υπεροσμωτικά ούρα.

Taxon	Urine concentration (mOsm)	Urine : plasma ratio
Reptiles		
Desert tortoise	337	1.0
Birds		
<i>Struthio</i> (ostrich)	900	2.7
Kookaburra	944	2.7
Zebra finch	1005	2.8
Savanna sparrow	2020	5.8
Mammals		
Eland	1880	6
Bedouin goat	2200	7
<i>Megaleia</i> (kangaroo)	2700	8
<i>Camelus</i> (camel)	3200	8
<i>Dipodomys</i> (kangaroo rat)	5500	16
<i>Notomys</i> (hopping mouse)	9370	25

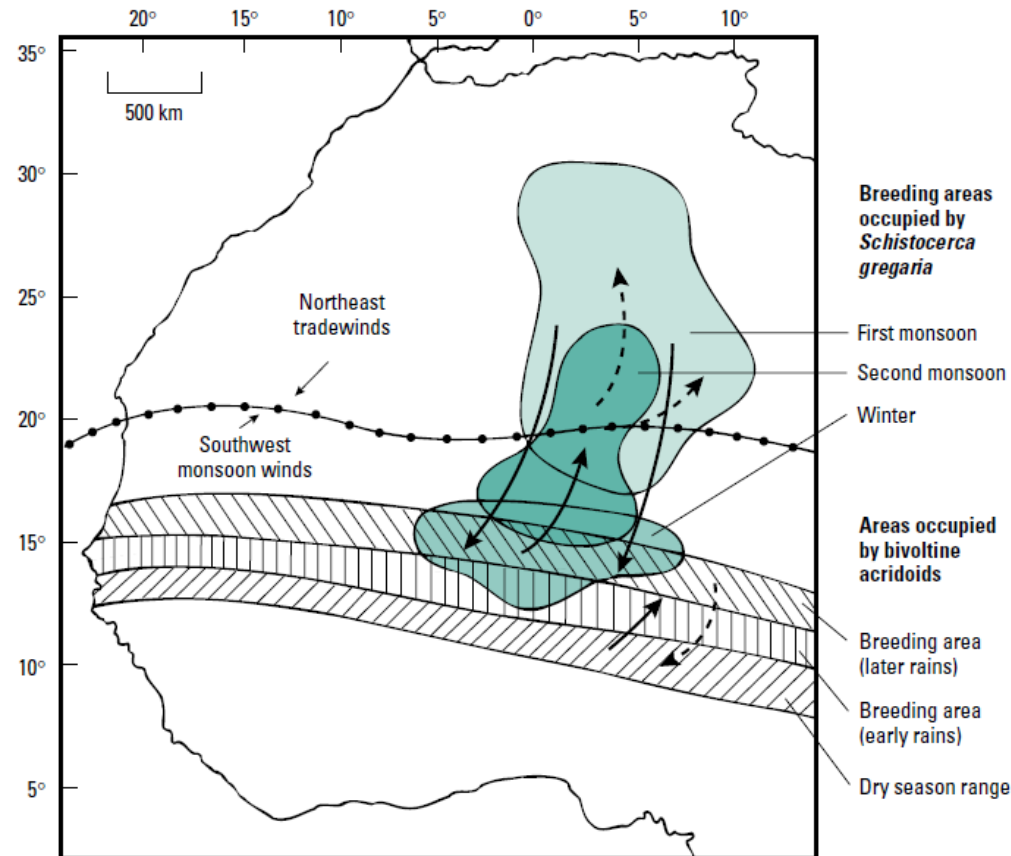
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Εξατμιστές»

«Μετανάστευση»

Πολλοί εξατμιστές είναι ουσιαστικά νομαδικοί, χρησιμοποιώντας τη μετεγκατάσταση ως μέρος της στρατηγικής τους για την παρακολούθηση των πόρων, και κινούνται μεταξύ των πηγών νερού καθώς μεταβάλλονται και εξαντλούνται.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Υπομόνοντες»

Οι υπομόνοντες και οι στρατηγικές τους: π.χ. καμήλα, αντιλόπη και άλλα μεγάλα θηλαστικά. Η καμήλα αντέχει συνήθως σε θερμοκρασίες αέρα έως 55°C τη διάρκεια της ημέρας και χαμηλές θερμοκρασίες τη νύχτα. Η αντιλόπη (*Oryx beisa*) είναι σχεδόν εξίσου εξαιρετικά ανεκτική με μια αραβική καμήλα της ερήμου.

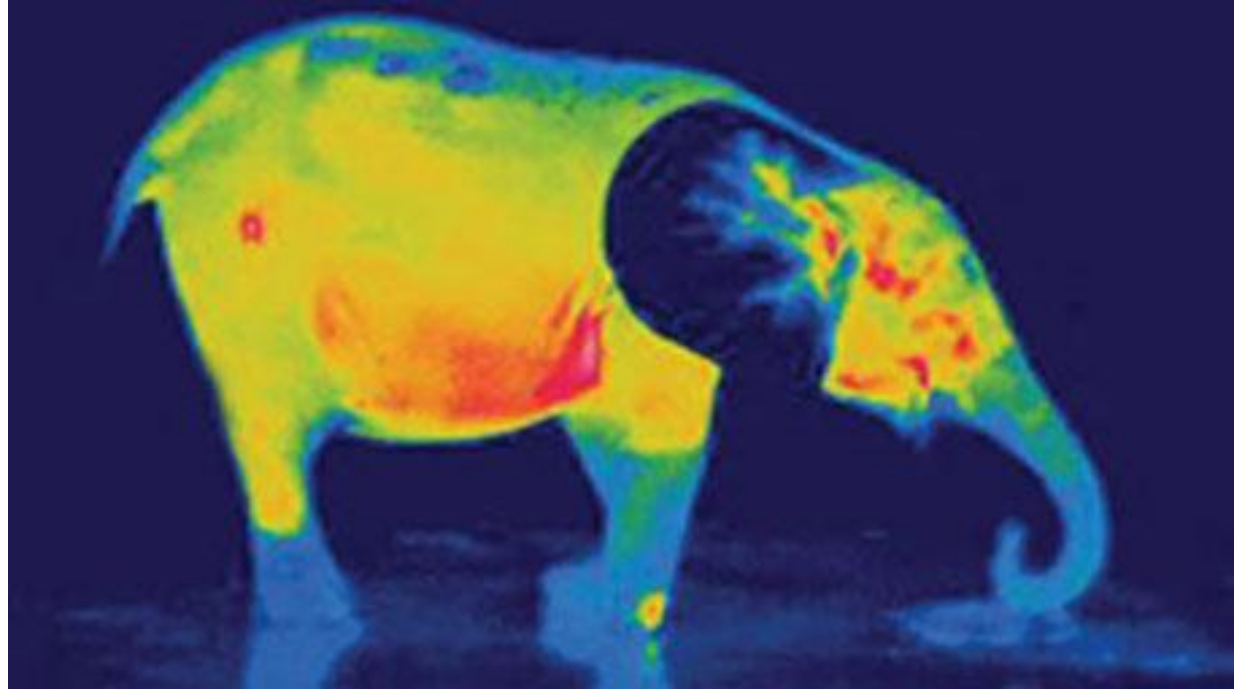


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Υπομένοντες»

Επειδή είναι μεγάλα, τέτοια θηλαστικά έχουν πραγματικές δυσκολίες για απώλεια υπερβολικής θερμότητας μέσω των επιφανειών τους. Μεγάλο μέρος του σώματός τους δεν έχει παχιά γούνα, καθώς η μόνωση θα έθετε σε κίνδυνο απώλεια θερμότητας ακόμη περισσότερο. Έχουν όμως μεγάλα εξαρτήματα (αυτιά και ουρές ή μεγάλους λαιμούς και πόδια) όπου μπορεί να διανεμηθεί η θερμότητα. Τα αυτιά των ελεφάντων παρουσιάζουν αξιοσημείωτη συχνότητα ανταλλαγής θερμότητας

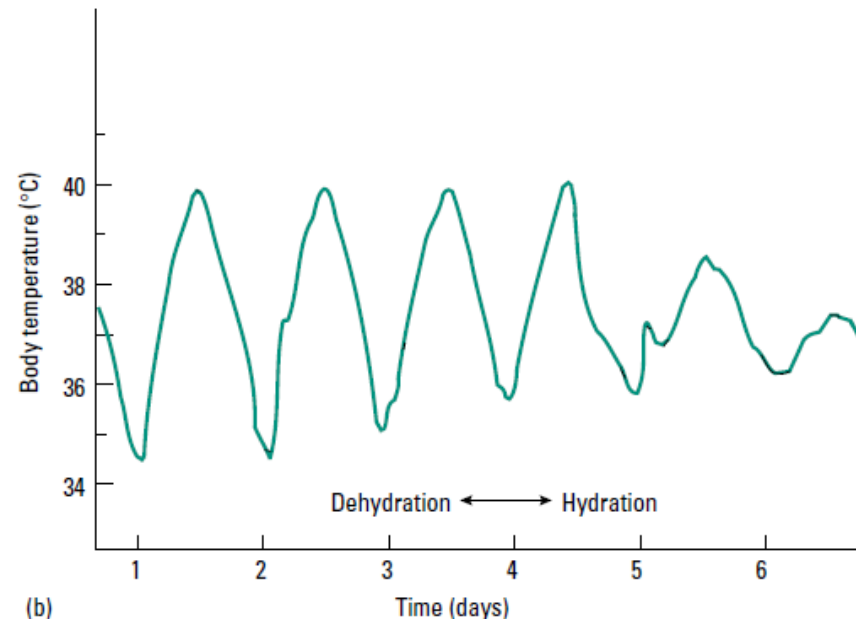
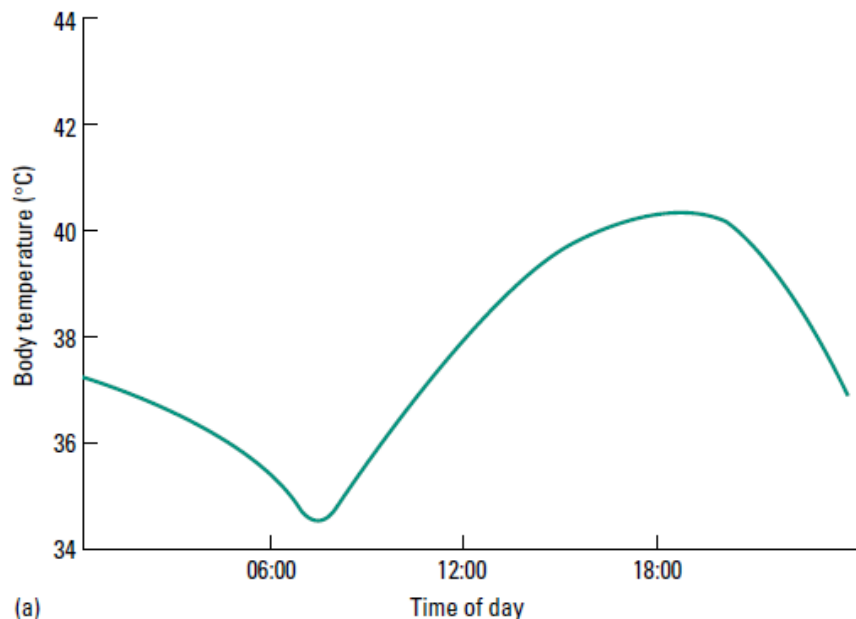


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Υπομένοντες»

Αυτά τα μεγάλα θηλαστικά τείνουν επίσης να είναι πολύ ανενεργά στη ζέστη της ημέρας, αποφεύγοντας οποιαδήποτε μεταβολική υπερφόρτωση. Τα ζώα αυτά επιστρατεύουν τη στρατηγική της προσαρμοστικής υπερθερμίας. Η θερμοκρασία του σώματος επιτρέπεται να κυμαίνεται μάλλον ευρέως σε καθημερινή βάση, με τη θερμότητα να αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας δίνοντας μια μόλις ανεκτά υψηλή θερμοκρασία σώματος πριν το ηλιοβασίλεμα, και στη συνέχεια διαχέεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, έτσι ώστε να υπάρχει μια μόλις ανεκτά ελάχιστη θερμοκρασία σώματος την αυγή.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Υπομένοντες»

Μια καμήλα έχει επίσης μια ικανότητα (ασυνήθιστη μεταξύ των μεγάλων θηλαστικών) να υπομένει έως και 30% απώλεια νερού, χωρίς να χάσει την ικανότητά της για φυσιολογική συμπεριφορά (οι άνθρωποι και άλλα θηλαστικά δεν μπορούν να ανεχθούν απώλεια νερού μεγαλύτερη από 10-12%). Η καμήλα μπορεί να καταναλώσει μέχρι 200 λίτρα νερού (περίπου το ένα τρίτο του σωματικού βάρους της) σε περίπου 3 λεπτά. Οι καμήλες και άλλα σπονδυλωτά θηλαστικά άγονων εκτάσεων, συμπεριλαμβανομένων των καγκουρό, έχουν επίσης ασυνήθιστα ισχυρά ερυθρά αιμοσφαίρια ανθεκτικά σε πιθανό οσμωτικό σοκ που συνοδεύει αλλαγές στην περιεκτικότητα του νερού του σώματος.

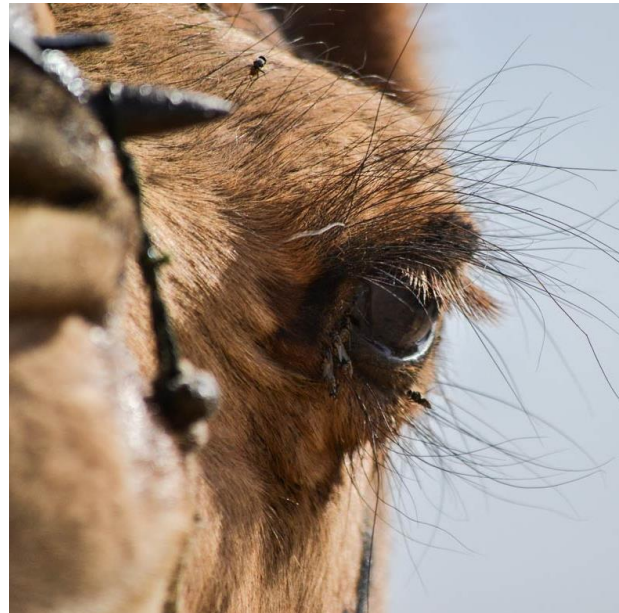


ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή σε ερήμους - «Υπομένοντες»

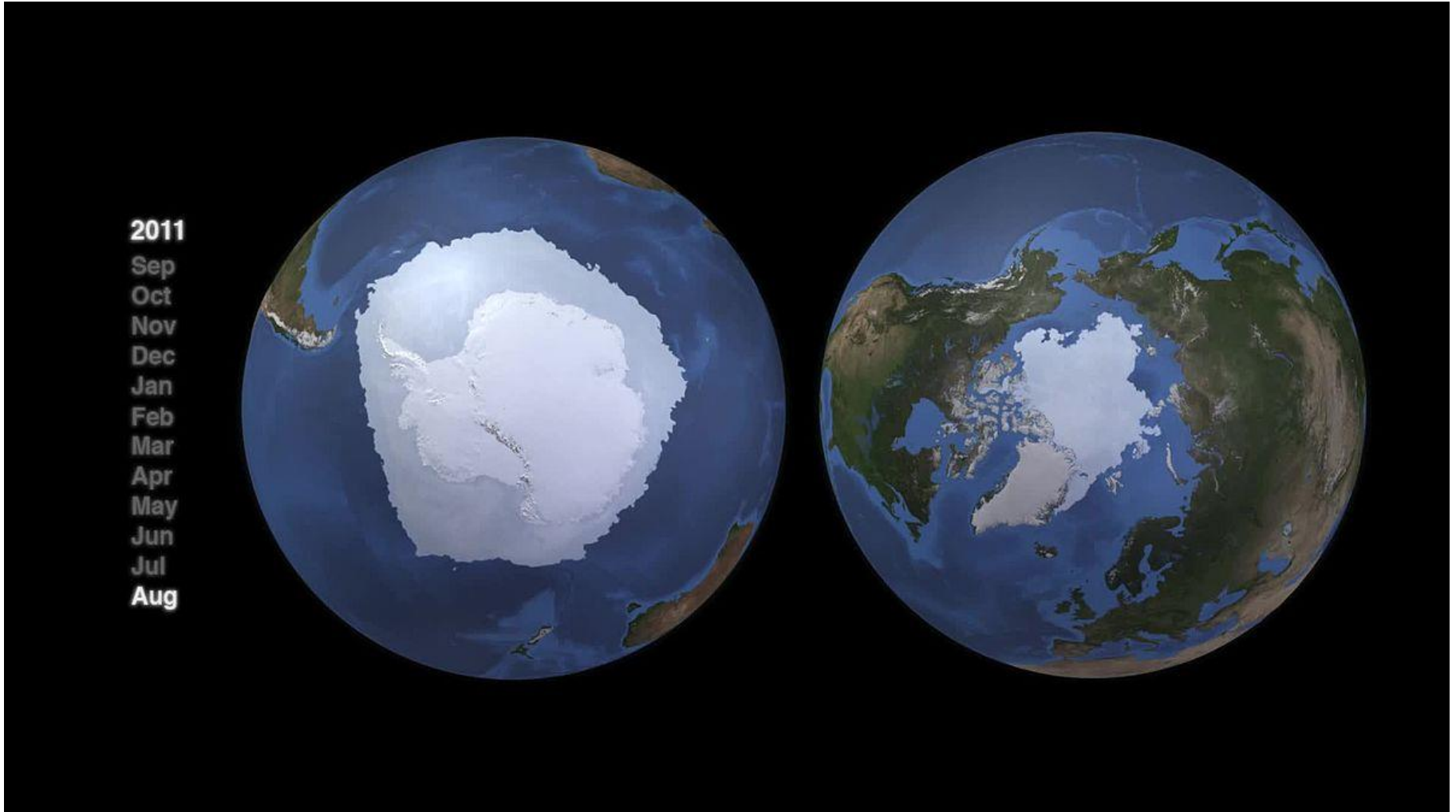
Οι καμήλες έχουν μεγάλες πεπλατυσμένες οπλές για να αποφύγουν τη βύθιση στην άμμο, πυκνές προστατευτικές βλεφαρίδες και ισχυρά βλέφαρα για την αποφυγή της άμμου κατά τη διάρκεια μια αμμοθύελλας. Το τρίχωμα είναι πυκνό στην πλάτη, αλλά αραιό αλλού. Η καμπούρα της καμήλας είναι απλά λίπος ως αποθήκη τροφίμων όπως στα περισσότερα θηλαστικά, αλλά για ένα μεγάλο ζώο της ερήμου είναι λογικό να συγκεντρωθεί το λίπος μόνο στην ραχιαία επιφάνεια δεδομένου ότι υπάρχει επίσης ένα τοπικό μονωτικό αποτέλεσμα, συμβάλλοντας στη μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

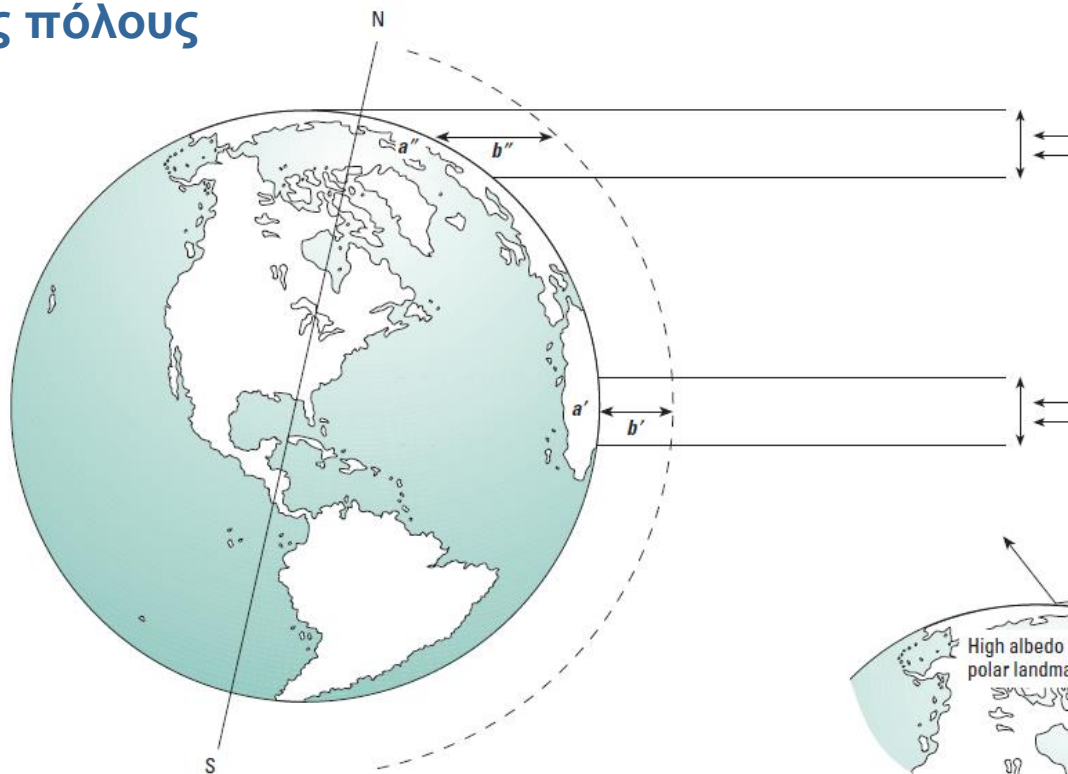
Ζωή στους πόλους



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

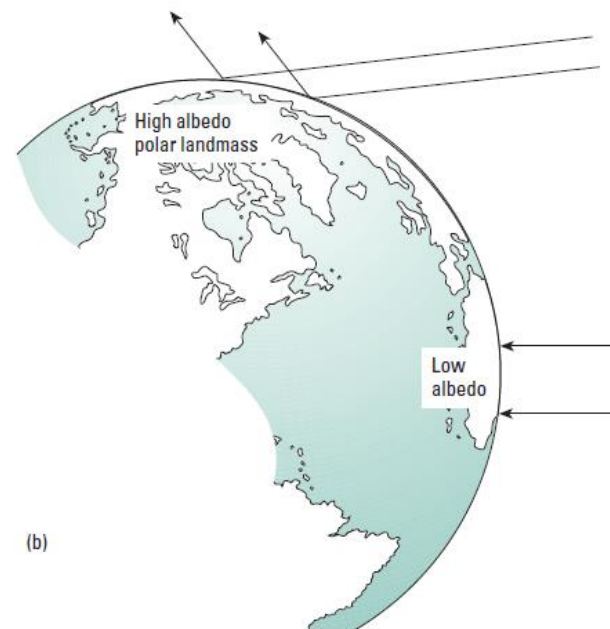
Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους



Area: $a'' > a'$
Atmosphere
thickness: $b'' > b'$

(a)



(b)

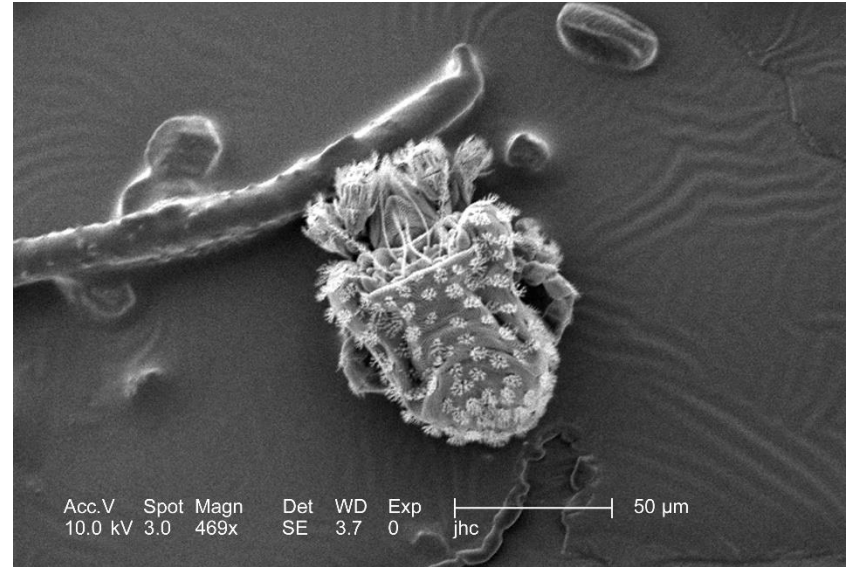
Αιτίες μειωμένου φορτίου ακτινοβολίας σε μεγάλο γεωγραφικό πλάτος: (a) εξάπλωση εισόδου σε μια μεγαλύτερη επιφάνεια και (b) αντανάκλαση από τον πάγο πάνω από τις θάλασσες ή μάζες γης.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους

Στην Ανταρκτική δεν υπάρχουν εντελώς χερσαία ζώα, εκτός από λίγα ακάρεα. Τα ακάρεα *Nanorchestes antarcticus* είναι τα νοτιότερα γνωστά ασπόνδυλα, που συναντώνται σε 5° πλάτος. Ακόμη και στα νησιά της Ανταρκτικής η ποικιλία των ειδών είναι αξιοσημείωτα χαμηλή, με κάποια νηματώδη, τροχοφόρα, ακάρεα και έντομα, συμπεριλαμβανομένων μερικών ψειρών και ψύλλων που συνδέονται με ημιυδρόβια πτηνά και θηλαστικά.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους

Η Αρκτική, αντίθετα, διαθέτει μια εκπληκτικά άφθονη πανίδα ασπόνδυλων, κυρίως αράχνες, ακάρεα, μύγες, ψείρες και ένα μεγάλο εύρος πεταλούδων. Υπάρχει επίσης μια σημαντική πανίδα που ζει μέσα στο έδαφος, συμπεριλαμβανομένων των σκουληκιών, με χαρακτηριστική όμως την απουσία σκαθαριών (τουλάχιστον σε σύγκριση με την αφθονία τους σε άλλα ενδιαιτήματα). Πάνω από το έδαφος υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία φωκιών, αλλά μόνο ένα πραγματικά χερσαίο σαρκοφάγο, η πολική αρκούδα (*Thalarctos maritimus*), αν και συναντώνται και λύκοι και αρκτικές αλεπούδες.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους

Τούνδρα: αποτελείται από χαμηλή αδρόφυτη βλάστηση, και συναντάται κυρίως στη βόρεια Ασία και τον Καναδά, ως επί το πλείστον εντός του Αρκτικού Κύκλου, σε θερμοκρασίες που παραμένουν κάτω από τους 0°C για τουλάχιστον 7 μήνες το έτος. Τούνδρα δεν υπάρχει πραγματικά στο νότιο ημισφαίριο, απλά επειδή δεν υπάρχουν μεγάλες μάζες γης σε κατάλληλα γεωγραφικά πλάτη. Το κλίμα της Τούνδρας είναι μια ακραία εκδοχή του ηπειρωτικού κλίματος, με πολύ σύντομα καλοκαίρια μεταξύ μεγάλων, ψυχρών και ξηρών χειμώνων.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους

Τούνδρα: η πανίδα είναι αναπόφευκτα αραιή, αλλά υπάρχουν εξειδικευμένα φυτοφάγα. Τα μεγάλα φυτοφάγα, όπως ο τάρανδος ή το καριμπού (*Rangifera*), μεταναστεύουν νότια το χειμώνα και επιστρέφουν στην τούνδρα για να αναπαραχθούν. Μεσαίου μεγέθους φυτοφάγα όπως το βουβάλι (*Ovibos*), και τα αρκτικά πρόβατα (*Ovis*) παραμένουν στην τούνδρα και τον χειμώνα και επιβιώνουν τρώγοντας λειχήνες. Επιπλέον, εδώ συναντάμε μικρά φυτοφάγα όπως αρκτικούς λαγούς και lemmings. Το καλοκαίρι εισβάλλουν στην τούνδρα τα υδρόβια πτηνά, ειδικά οι χήνες. Υπάρχουν σχετικά λίγοι μεγάλοι θηρευτές, οι πιο συνηθισμένοι είναι διάφορα κουνάβια και λύκοι. Τα αρπακτικά πτηνά περιλαμβάνουν την αρκτική κουκουβάγια και γεράκια. Πολλά από αυτά τα θηλαστικά και τα πουλιά γίνονται λευκά μέσα χειμώνα, δίνοντας υψηλό βαθμό καμουφλάζ.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους

Τούνδρα: επομένως, η εμφανής πανίδα αποτελείται σχεδόν απόλυτα από ενδόθερμα ζώα. Προς το νότιο άκρο του τόξου της Αρκτικής ωστόσο, η ποικιλομορφία των ειδών αυξάνεται, με μερικά ερπετά να επιβιώνουν. Η οχιά *Vipera berus* εμφανίζεται σε ολόκληρη τη βόρεια Νορβηγία, ενώ σαύρες διαφόρων ειδών βρέθηκαν επίσης στη Νορβηγία, καθώς και στη νότια άκρη της Νότιας Αμερικής μέσα στον Ανταρκτικό Κύκλο.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους

Βόρεια δάση (Τάιγκα): Τα περισσότερα βόρεια δάση του κόσμου συχνά χαρακτηρίζονται ως «τάιγκα», από τη ρωσική λέξη που σημαίνει «δασικός βάλτος». Εκτείνονται σε μια ευρεία ζώνη σε ολόκληρο τον Καναδά, τη Σκανδιναβία και τη Βόρεια Ευρώπη, και το μεγαλύτερο μέρος της Ρωσίας, από το βορειότερο άκρο μέχρι μια βαθμιαία συγχώνευση με πιο φυλλοβόλα εύκρατα δάση.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους

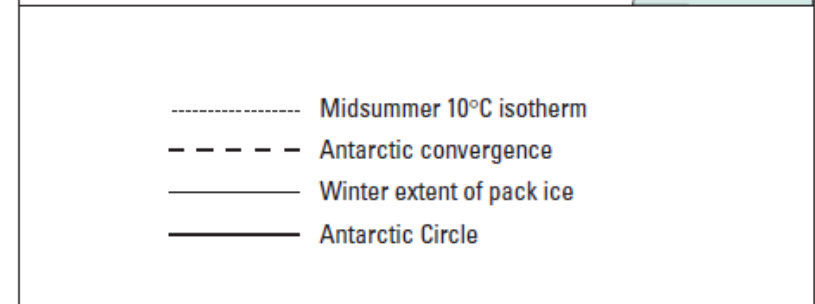
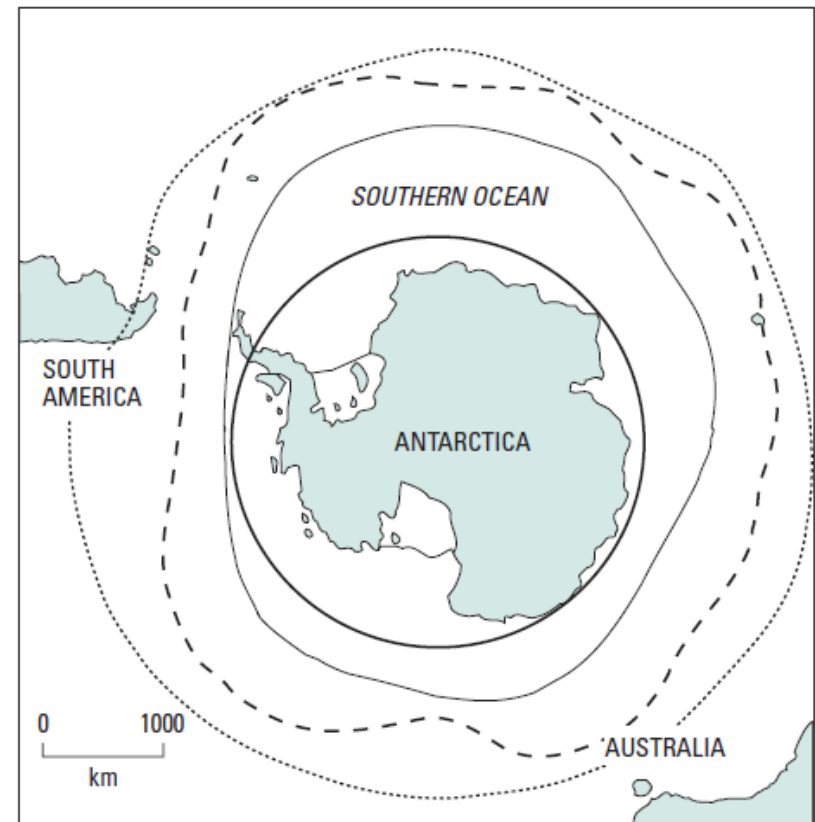
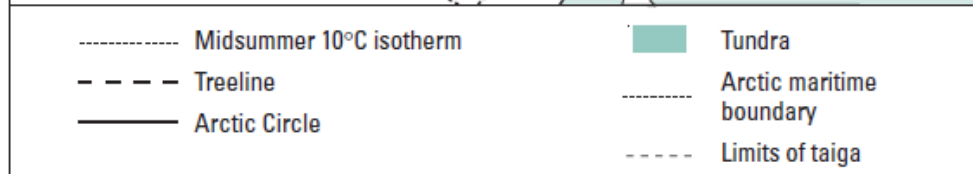
Τάιγκα: εκτός από την άλκη, τα φυτοφάγα ζώα τείνουν να έχουν μόνο μέτριο μέγεθος (συνήθως μικρότερο από αυτά της Τούνδρας): μαρμότες και σκίουροι, οι οποίοι βασίζονται σε σπόρους, μούρα και διάφορα ασπόνδυλα ως τροφή. Τα μικρά σαρκοφάγα είναι κυρίως κουνάβια ενώ τα μεγαλύτερα περιλαμβάνουν αρκούδες, λύκους, τη λεοπάρδαλη του χιονιού, την τίγρη της Σιβηρίας και τον λύγκα. Υπάρχουν πολλές κουκουβάγιες και αρπακτικά, και πτηνά που τρέφονται με κωνοφόρα δέντρα. Λίγα εξώθερμα σπονδυλωτά ζουν σε αυτά τα δάση, αν και υπάρχουν αμφίβια όπως ο βάτραχος *Rana sylvatica* και μερικά ερπετά. Τα ασπόνδυλα στα εδάφη κυριαρχούνται και πάλι από νηματώδη και ιδιαίτερα υψηλή αφθονία ακάρεων.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους



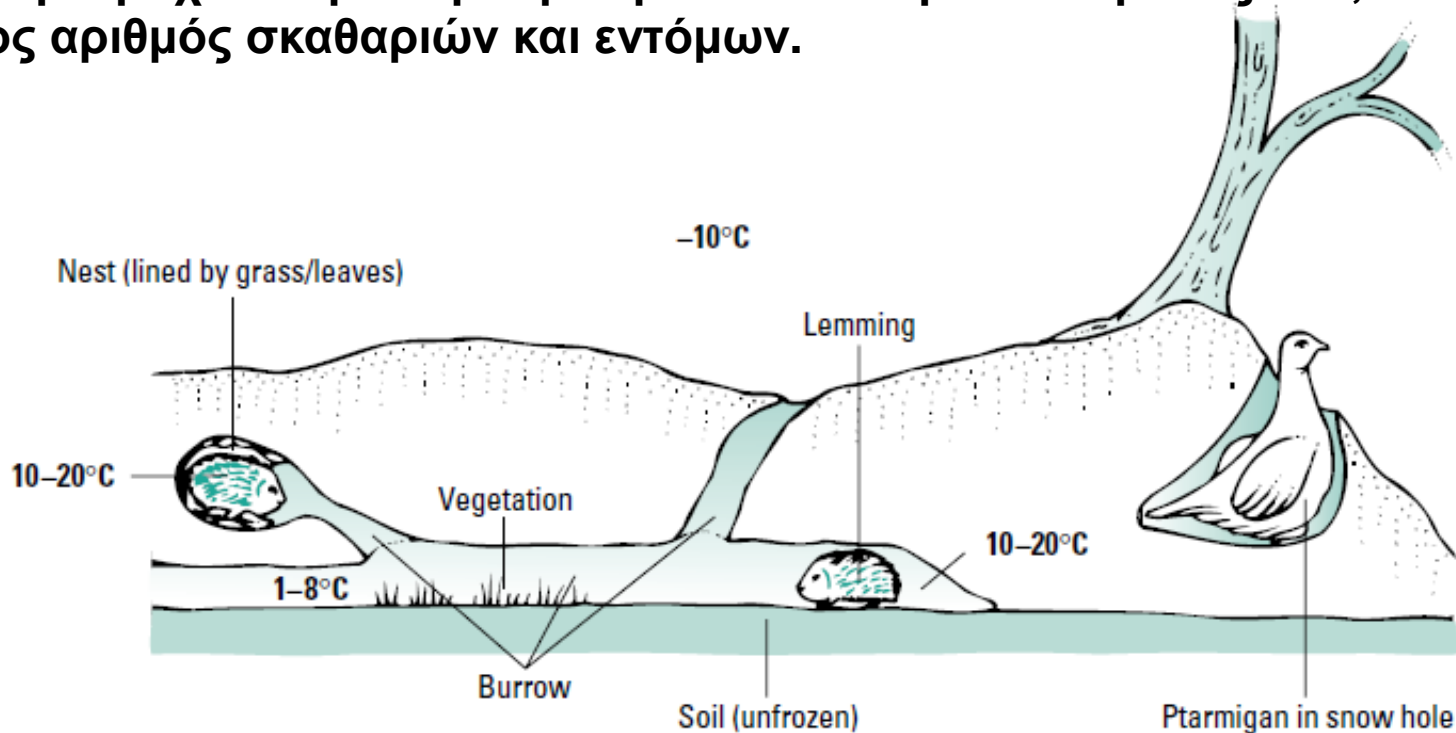
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Χρήση μικρο-οικοτόπων»

Όπως πάντα, η χρησιμότητα των τεχνικών συμπεριφοράς ενισχύεται σημαντικά για τα μικρότερα ζώα. Στις πολικές ζώνες η επιλογή και η εκμετάλλευσή πιο προστατευμένων μικρο-οικοτόπων είναι ιδιαίτερα εμφανής. Το εύρος θερμοκρασίας κάτω από το χιόνι είναι σημαντικά μικρότερο από το εύρος θερμοκρασίας του αέρα. Για να εκμεταλλευτούν τα μικροκλίματα, τα ζώα αυτά μπορούν να σκάβουν στο χιόνι, ή κάτω από αυτό στα στρώματα του εδάφους. Μερικοί βάτραχοι στην тайγκα μπορούν να σκάβουν σε βάθος 1 m, όπως και ένας μεγάλος αριθμός σκαθαριών και εντόμων.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Κουλούριασμα και συνωστισμός»

Η συμπεριφορά κουλουριάσματος είναι η συνηθέστερη μορφή θερμικής στρατηγικής από μια ολόκληρη σειρά ζώων σε ψυχρούς βιότοπους. Η αποτελεσματικότητά του αυξάνεται ως διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και των προτιμώμενων αυξήσεων της θερμοκρασίας του σώματος, καθώς και με τον αριθμό των συμμετεχόντων ατόμων. Ο συνωστισμός είναι ένα οικείο παράδειγμα, με συσσωματώματα μέχρι και 80 ατόμων. Στον Καναδά (σε θερμοκρασίες -40°C), κάποια φίδια, συσσωματώνονται κάτω από το χιόνι, σε τεράστιες ομάδες χιλιάδων ατόμων.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Μετανάστευση»

Η μετανάστευση μεγάλου εύρους δεν είναι μια πολύ κοινή στρατηγική για τα εξώθερμα ζώα στα ψυχρά κλίματα. Υπάρχουν, ωστόσο, μερικά θαυματικά παραδείγματα: οι πεταλούδες *Danaus plexippus* που κινούνται σε μάζες από τοποθεσίες στον Καναδά και τις βόρειες ΗΠΑ κάθε χρόνο για να ξεχειμωνιάσουν στο Μεξικό είναι η καλύτερη μελετημένη περίπτωση.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Θερμορύθμιση»

Τα μικρά χερσαία ζώα που προέρχονται από ψυχρά κλίματα πρέπει να έχουν ένζυμα και μεμβράνες προσαρμοσμένα σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα περισσότερα θηλαστικά είναι ιδιαίτερα έμπειρα στη συμπεριφορά της θερμορύθμισης. Ένα μικρό εξώθερμο μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία σώματος του τουλάχιστον 25°C πάνω από το περιβάλλον. Πολλά έντομα είναι μελανά, με το σκούρο χρώμα να αυξάνει την απορρόφηση των ηλιακών ακτινών. Οι κάμπιες *Gynaephora groenlandica* ξοδεύουν μέχρι το 60% του ενεργού χρόνου τους ακίνητες και μόνο το 20% σίτιση.



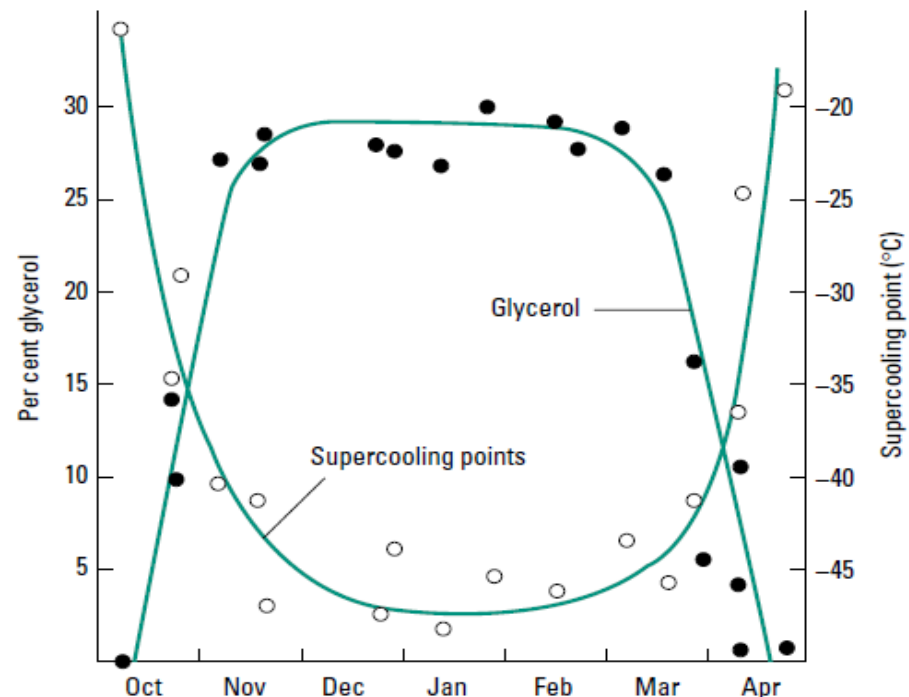
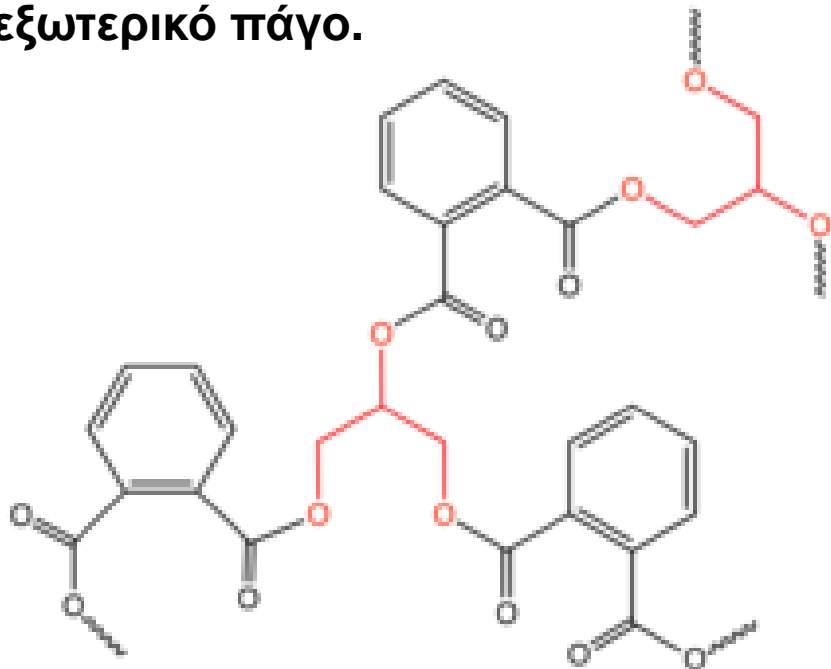
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Αντιμετώπιση της ψύξης»

Διάφορα είδη έχουν υιοθετήσει τη στρατηγική «ανοχή ψύξης» που συνεπάγεται κάποια ανοχή στον σχηματισμό εξωκυτταρικού πάγου, με κρυοπροστατευτικές πολυόλες ή σάκχαρα για την αποφυγή βλάβης. Πολλά ζώα παρουσιάζουν εποχιακά πρότυπα περιεκτικότητας σε **γλυκερόλη**, σημείο υπέρψυξης (SCPs) και σημεία τήξης και κατάψυξης. Πολλά από τα πολικά αρθροπόδια μπορούν να ανεχθούν ουσιαστικό σχηματισμό πάγου στα εξωκυτταρικά τους υγρά. Σε ορισμένα είδη μέχρι και το 90% αυτού του νερό μπορεί να καταψυχθεί, ιδιαίτερα όταν το ζώο είναι σε επαφή με εξωτερικό πάγο.



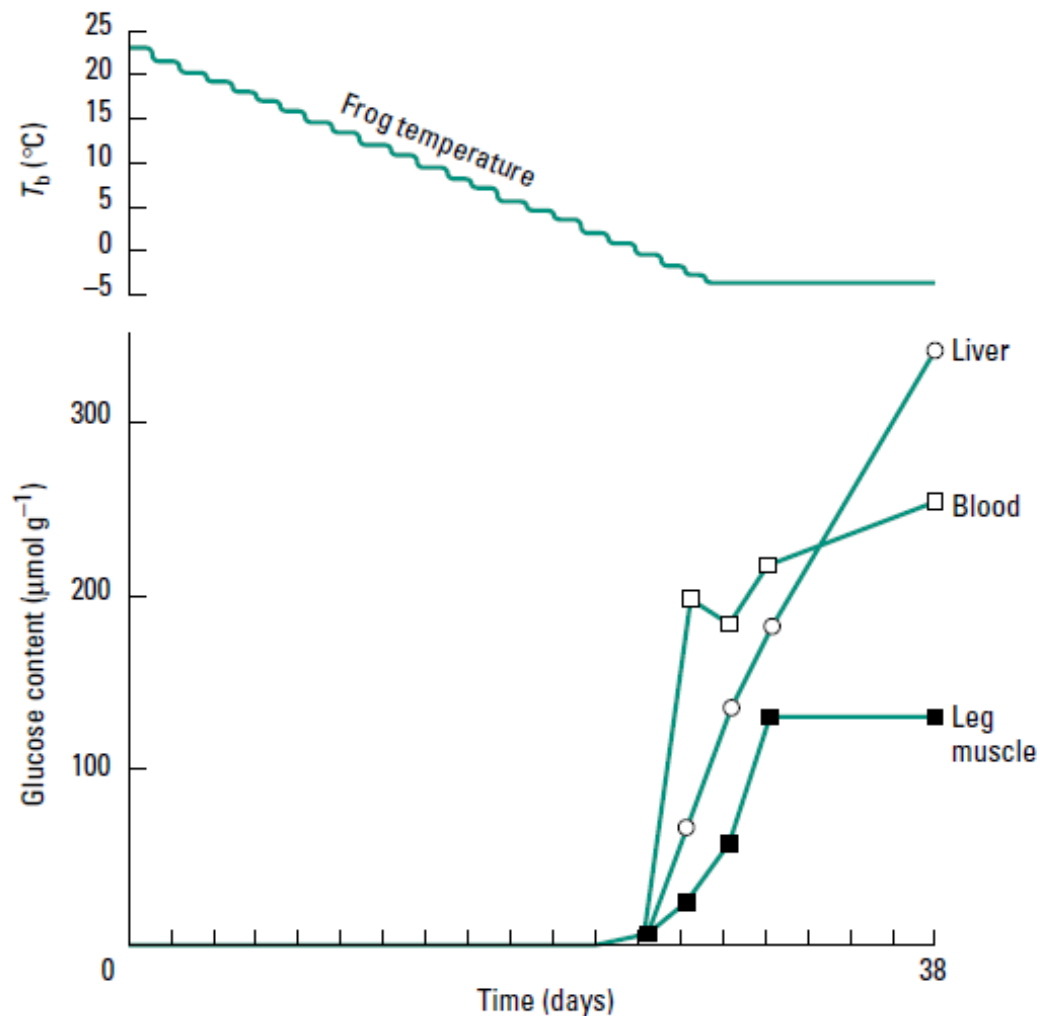
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Αντιμετώπιση της ψύξης»

Μεταξύ των σπονδυλωτών, τουλάχιστον τέσσερα είδη βατράχου της Βόρειας Αμερικής, η σιβηριανή σαλαμάνδρα (*Salamadrella keyserlingii*), ακόμη και ορισμένα είδη ερπετών μπορούν επίσης να ανεχθούν την ψύξη. Η ταχεία κατανομή της γλυκόζης από το ήπαρ υποστηρίζεται κριτικά από την ικανότητα μετακίνησης αυτού του σακχάρου στις κυτταρικές μεμβράνες, από το ήπαρ σε άλλα όργανα μέσω μεταφορέων γλυκόζης (cAMP και πρωτεϊνική κινάση A).



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Κύκλοι ζωής»

- Σχεδόν όλα τα μικρά ζώα στα ψυχρά κλίματα έχουν εξειδικευμένους κύκλους ζωής, στους οποίους οι πολλές γενιές ανά έτος είναι πολύ σπάνιο φαινόμενο.
- Συνήθως τα ασπόνδυλα δείχνουν πολύ σύντομες ενεργές περιόδους κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Μπορούν να επιτύχουν αρκετά «κανονικούς» ρυθμούς ανάπτυξης κατά τη διάρκεια του σύντομου καλοκαιριού, αλλά αναπόφευκτα έχουν χαμηλότερα επίπεδα ετήσιας αύξησης.
- Η ζωοτοκία μεταξύ των σπονδυλωτών είναι μάλλον κοινή (π.χ. *Vipera* και *Lacerta* μεταξύ των ερπετών). Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή η διατήρηση στο σώμα της μητέρας, η οποία χρησιμοποιεί την ηλιοθερμία για να διατηρήσει τη θερμοκρασία σώματος, είναι ο καλύτερος τρόπος ανάπτυξης των νέων με γρήγορο και σταθερό ρυθμό.

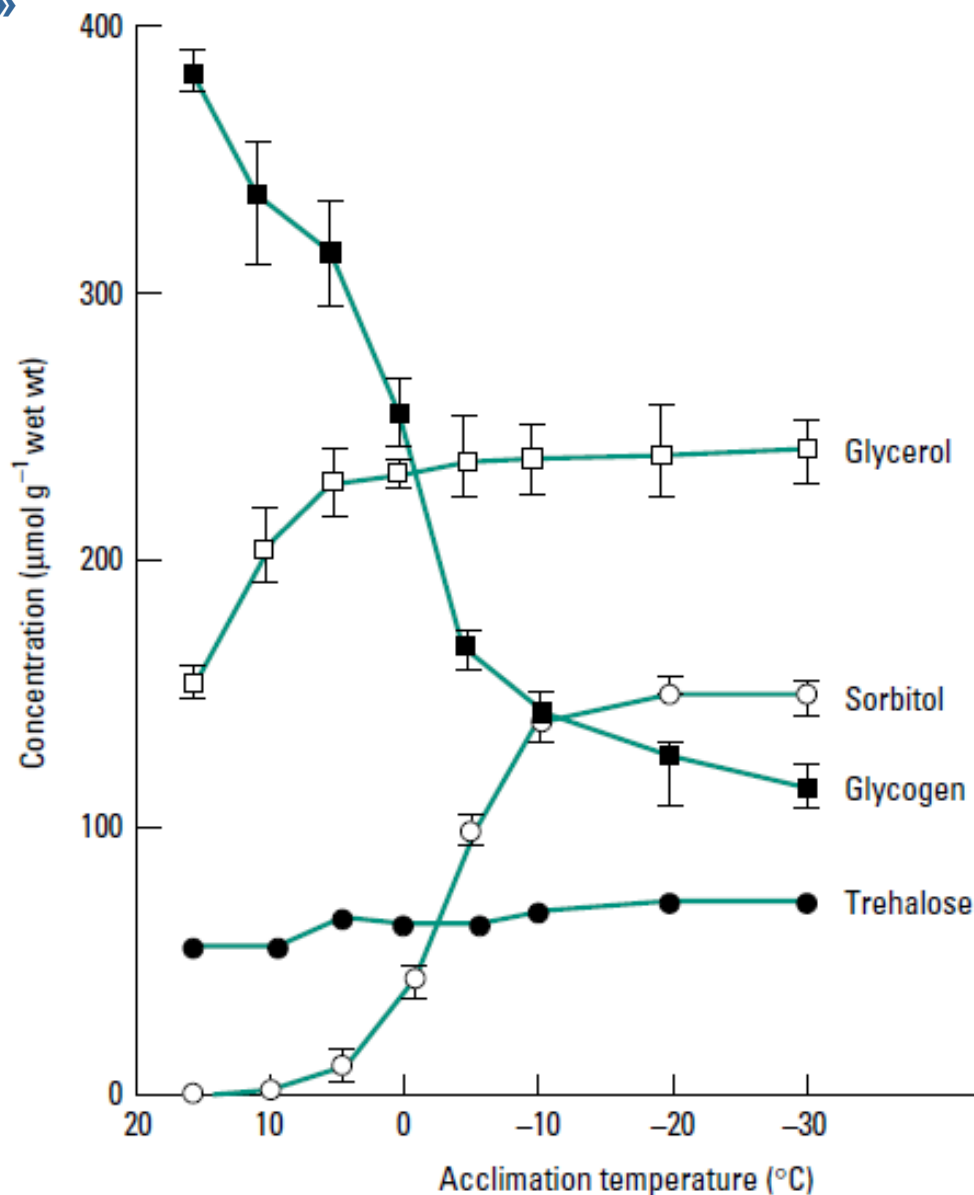
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Αποφεύγοντες»

«Αποφυγή της ψύξης»

Σε μερικά από τα πολικά έντομα και τα ακάρεα, η γλυκερόλη που λειτουργεί ως αντιψυκτικό μπορεί να φθάσει σε συγκεντρώσεις 25% της νωπής σωματικής μάζας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επιπλέον, λόγω του μικρού τους μεγέθους τα ζώα αυτά υφίστανται ουσιαστική αφυδάτωση, η οποία μειώνει το περιεχόμενό τους σε νερό και αυξάνει την αποτελεσματική αντιψυκτική συγκέντρωση. Οι αντιψυκτικές πρωτεΐνες (AFPs) είναι επίσης γνωστό ότι βρίσκονται σε μερικά ακάρεα, αράχνες, έντομα καθώς και στα πολικά ψάρια όπου εντοπίστηκαν για πρώτη φορά,



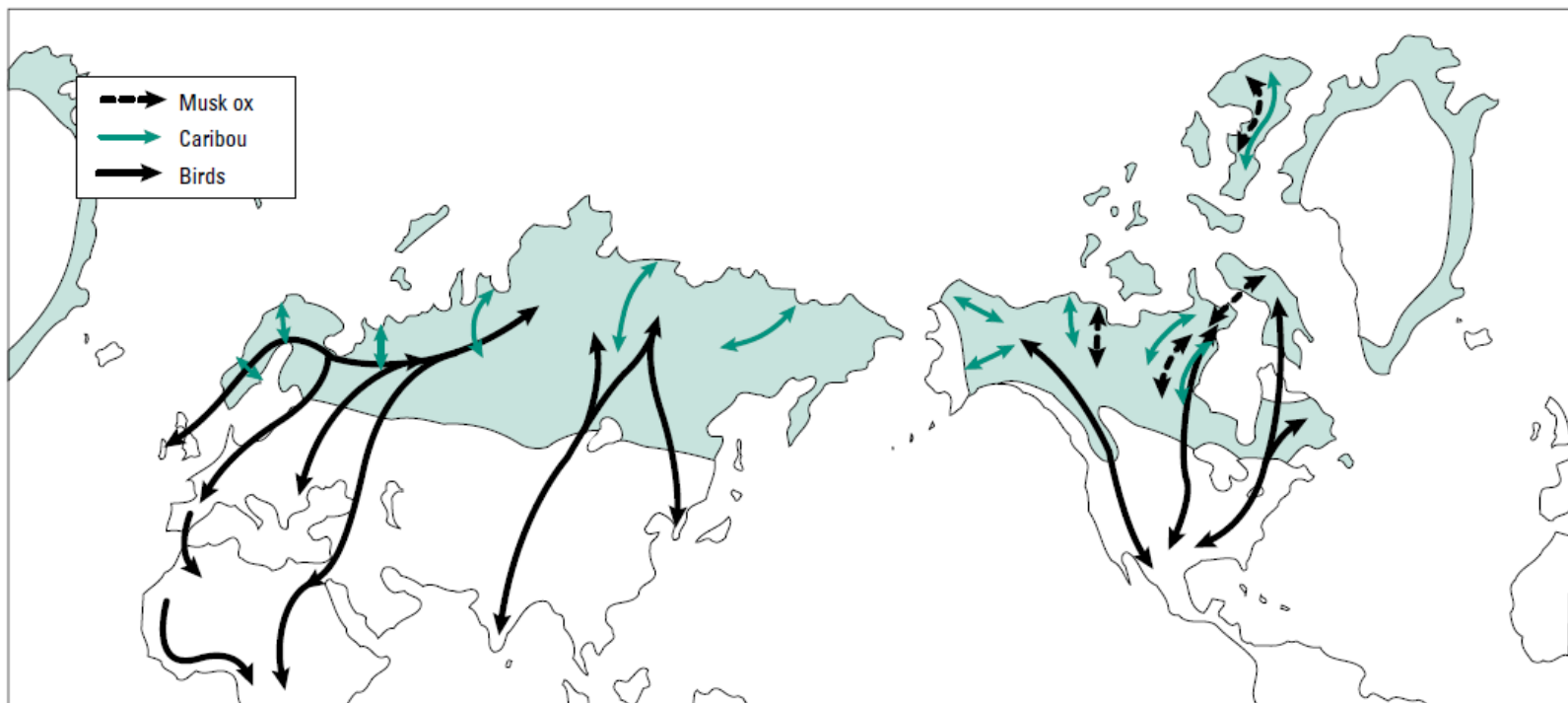
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Μετανάστευση»

Η μετανάστευση είναι η πιο εντυπωσιακή στρατηγική συμπεριφοράς που εμφανίζεται στα μεγαλύτερα πολικά ζώα. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα ενδόθερμων ζώων, όπως τα καριμπού και οι τάρανδοι, τα οποία μεταναστεύουν στην τάιγκα το χειμώνα, και τα lemmings με μετακινήσεις προς το νότο. Οι πολικές αρκούδες μεταναστεύουν επίσης νότια κατά μήκος του κατεψυγμένου κόλπου Hudson το χειμώνα. Η μετανάστευση των πτηνών είναι ιδιαίτερα κοινή αφού η πτήση είναι ενεργειακά ευνοϊκή.



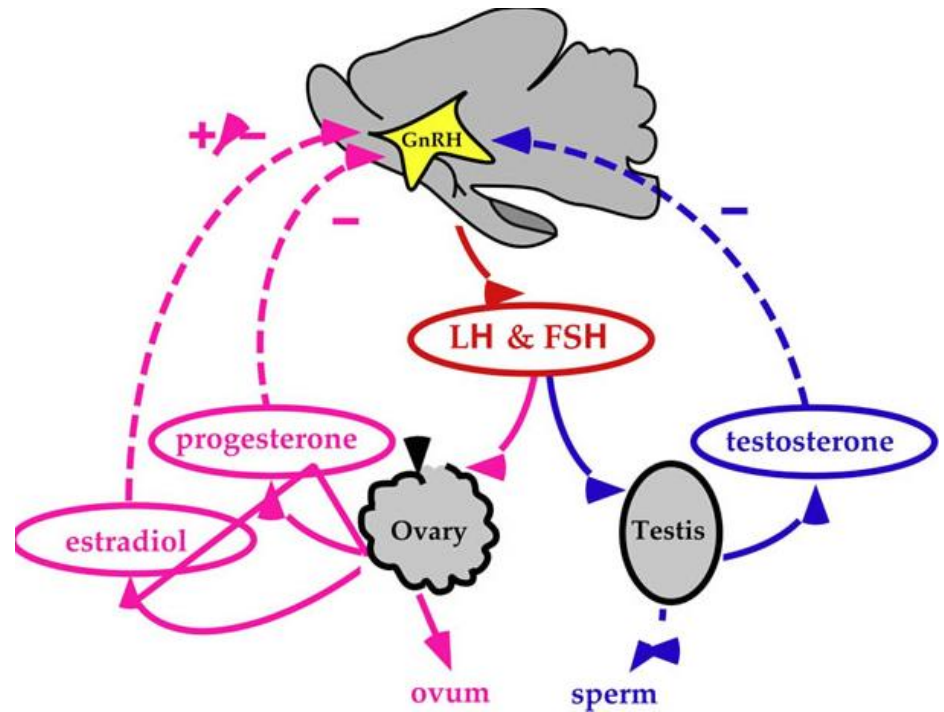
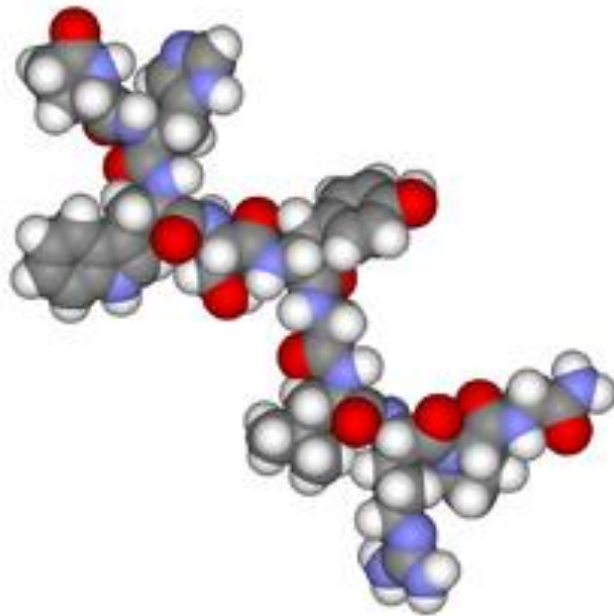
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Αναπαραγωγή και προσαρμογή κύκλου ζωής»

Τα ενδόθερμα ζώα που μεταναστεύουν σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη για το καλοκαίρι συνήθως αναπαράγονται εκεί, εκμεταλλευόμενα τα προσωρινά εξαιρετικά παραγωγικά οικοσυστήματα. Αυτή η έκθεση σε παρατεταμένα μήκη καλοκαιρινής ημέρας απαιτεί μια "επαναφορά" της απόκρισης στην φωτοπερίοδο, για να διασφαλιστεί η ανάπτυξη των γονάδων στη σωστή στιγμή, αποφεύγοντας μια ακατάλληλα πρόωρη διέγερση του αναπαραγωγικού συστήματος. Κυρίως, η συσχέτιση μεταξύ ημερήσιας διάρκειας και έκκρισης **γοναδοτροπίνης** πρέπει να αναπροσαρμοστούν.



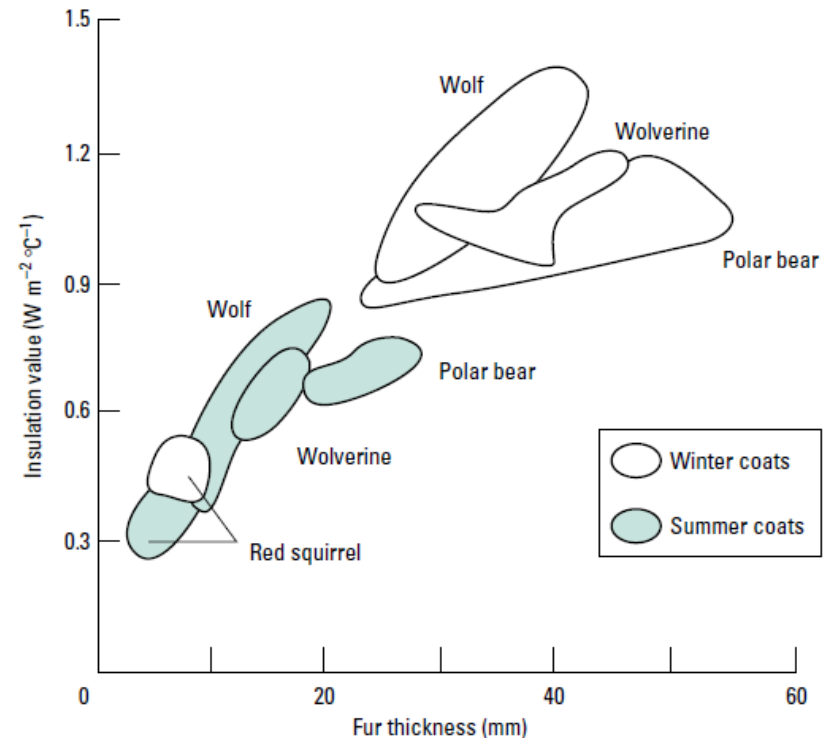
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Μόνωση»

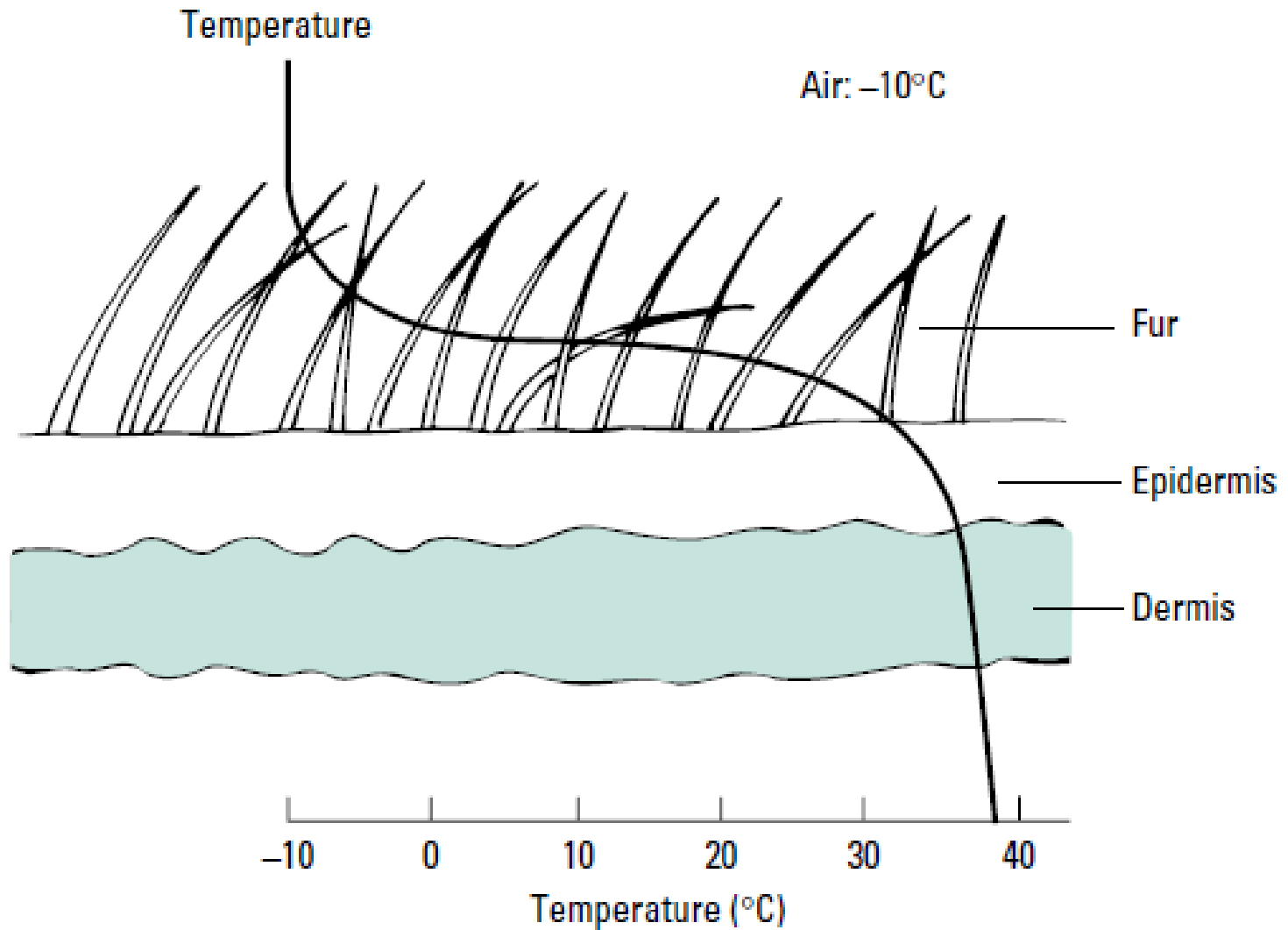
Όταν είναι ενεργά (δηλ. σε λιγότερο ψυχρές περιόδους) η ρύθμιση της θερμοκρασίας σώματος σε ψυχρό κλίμα στα ενδόθερμα, κυριαρχείται σε μεγάλο βαθμό από απώλειας θερμότητας. Τα μεγάλα πολικά θηλαστικά δείχνουν μια προφανή τάση να έχουν μακριά και πυκνή γούνα, συνήθως σε πάχος 30-70 mm στα μεγαλύτερα είδη και χωρίς ιδιαίτερη συσχέτιση με το μέγεθος του σώματος. Η γούνα στα θηλαστικά επίσης ποικίλλει ανάλογα με την εποχή (π.χ. αρκτικές αλεπούδες) αναπτύσσοντας ένα εξαιρετικά καμουφλαρισμένο χειμωνιάτικο τρίχωμα.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομόνοντες»



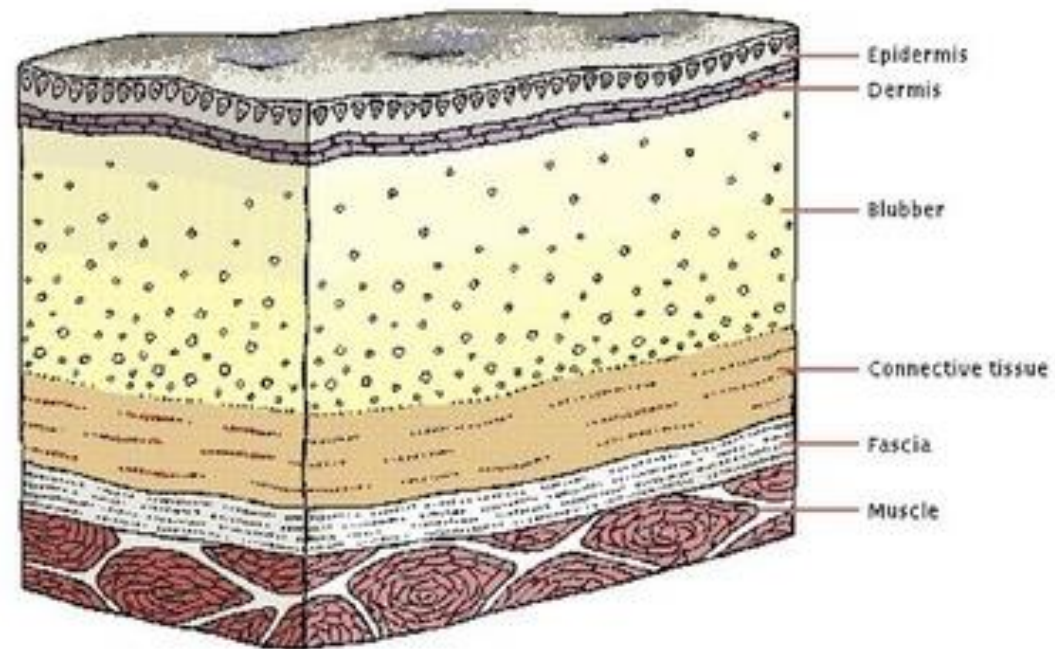
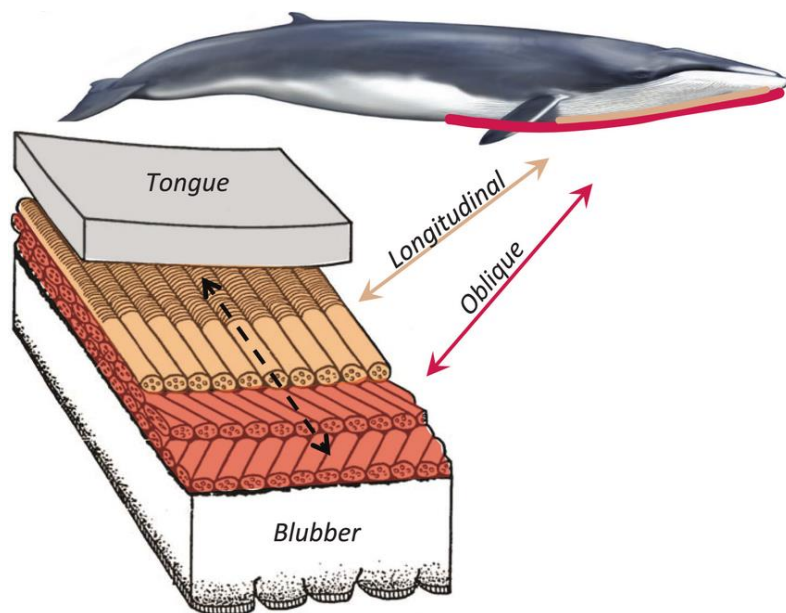
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Μόνωση»

Τα χερσαία θηλαστικά μεγάλου γεωγραφικού πλάτους δεν έχουν ιδιαίτερα παχιά υποδόρια λιπώδη στρώματα (blubber), καθώς αυτά είναι πολύ βαριά και δυσκίνητα. Ωστόσο, τα υδρόβια και ημι-υδρόβια θηλαστικά όπως οι φάλαινες, οι φώκιες και οι πολικές αρκούδες, όπως και οι πιγκουίνοι έχουν μια μαζική στρώση λίπους, δεδομένου ότι η γούνα τους θα χάσει το μεγαλύτερο μέρος της αξία της λόγω της ύγρανσης



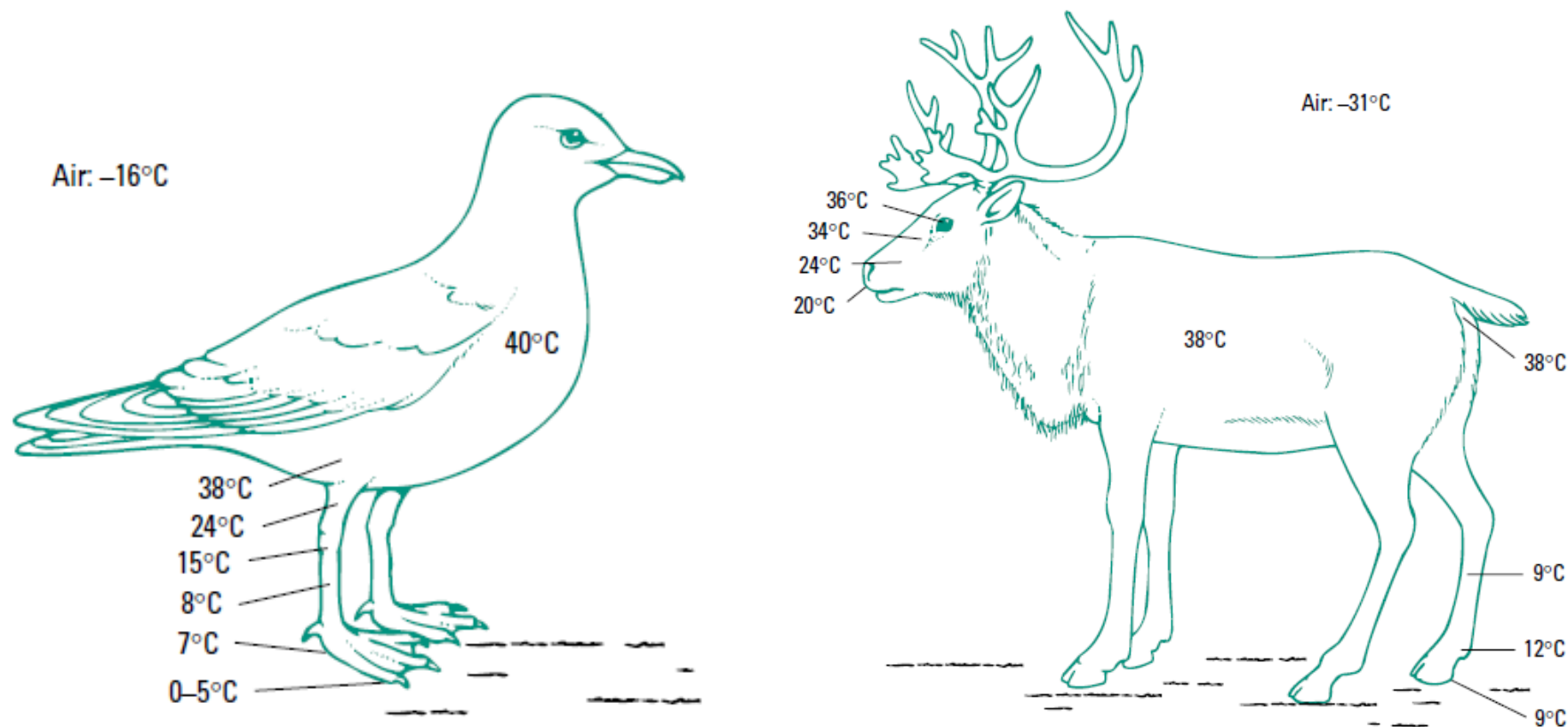
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Έλεγχος της απώλειας θερμότητας στα άκρα»

Τα περισσότερα από αυτά τα ζώα χρησιμοποιούν αντίθετη ροή αίματος στα άκρα τους για να αποφευχθούν ακόμη μεγαλύτερες απώλειες. Τέτοια συστήματα παρουσιάζονται στα πτερύγια στα δελφίνια και στις φώκιες, στα πόδια των πιγκουίνων, τα ράμφη των γλάρων και τα πόδια και τις οπλές των ταρανδών και των καριμπού, αλλά και στα αυτιά πολλών πολικών θηλαστικών



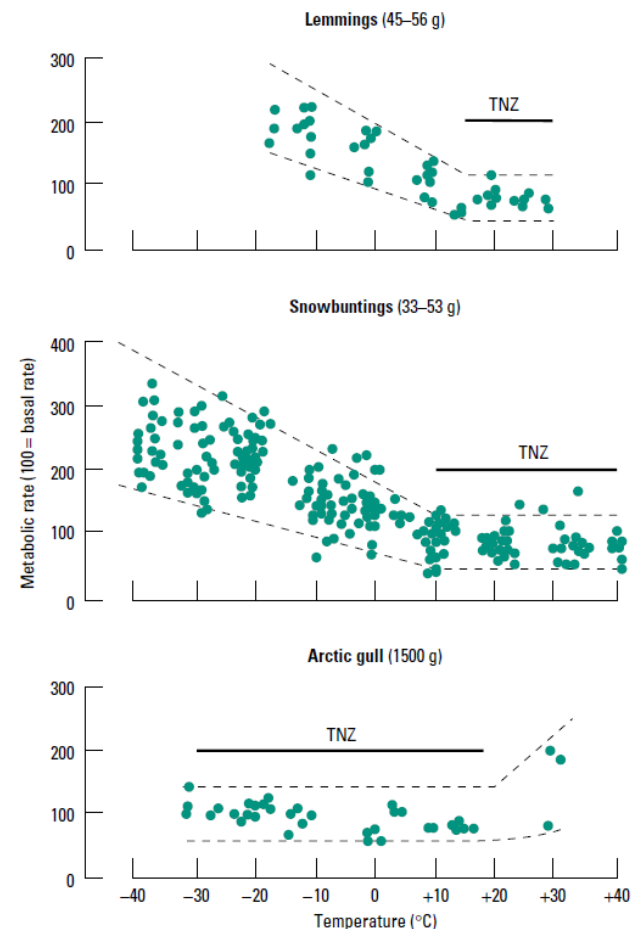
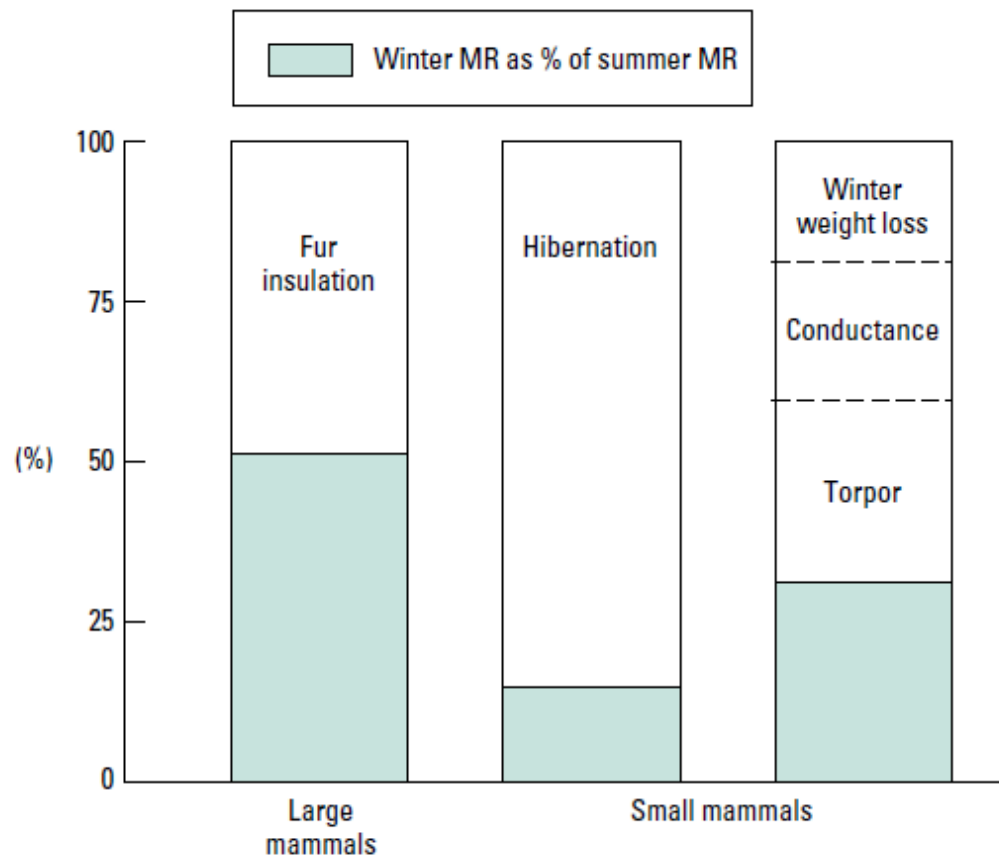
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Έλεγχος παραγωγής θερμότητας»

Ορισμένα ζώα μεγάλου γεωγραφικού πλάτους έχουν υψηλότερους βασικούς μεταβολικούς ρυθμούς (BMR). Στα τρωκτικά, όπως τα lemmings είναι 200-240% μεγαλύτεροι από το προβλεπόμενο. Ο μεταβολικός ρυθμός μπορεί επίσης να τροποποιηθεί σε πολλά ζώα που είναι προσαρμοσμένα στο κρύο εάν το επιτρέπουν οι προμήθειες τροφίμων.



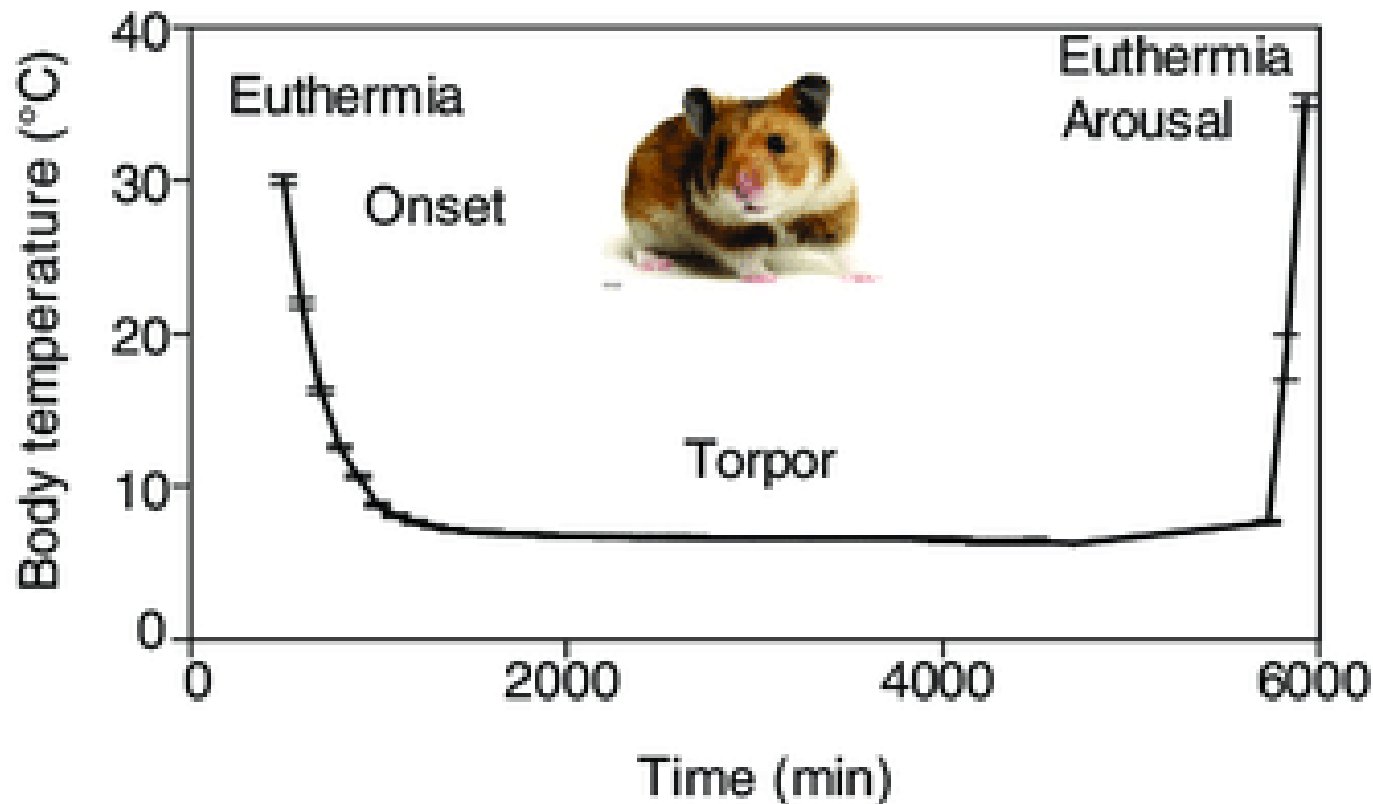
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Υποθερμία και νάρκη»

Η νάρκη έχει συνήθως τρεις φάσεις: τη γρήγορη φάση εισόδου και τη μάλλον βραδύτερη φάση διέγερσης, που διακρίνονται από τη μεσαία σχετικά σταθερή περίοδο, με χαμηλό μεταβολικό ρυθμό, για μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας.



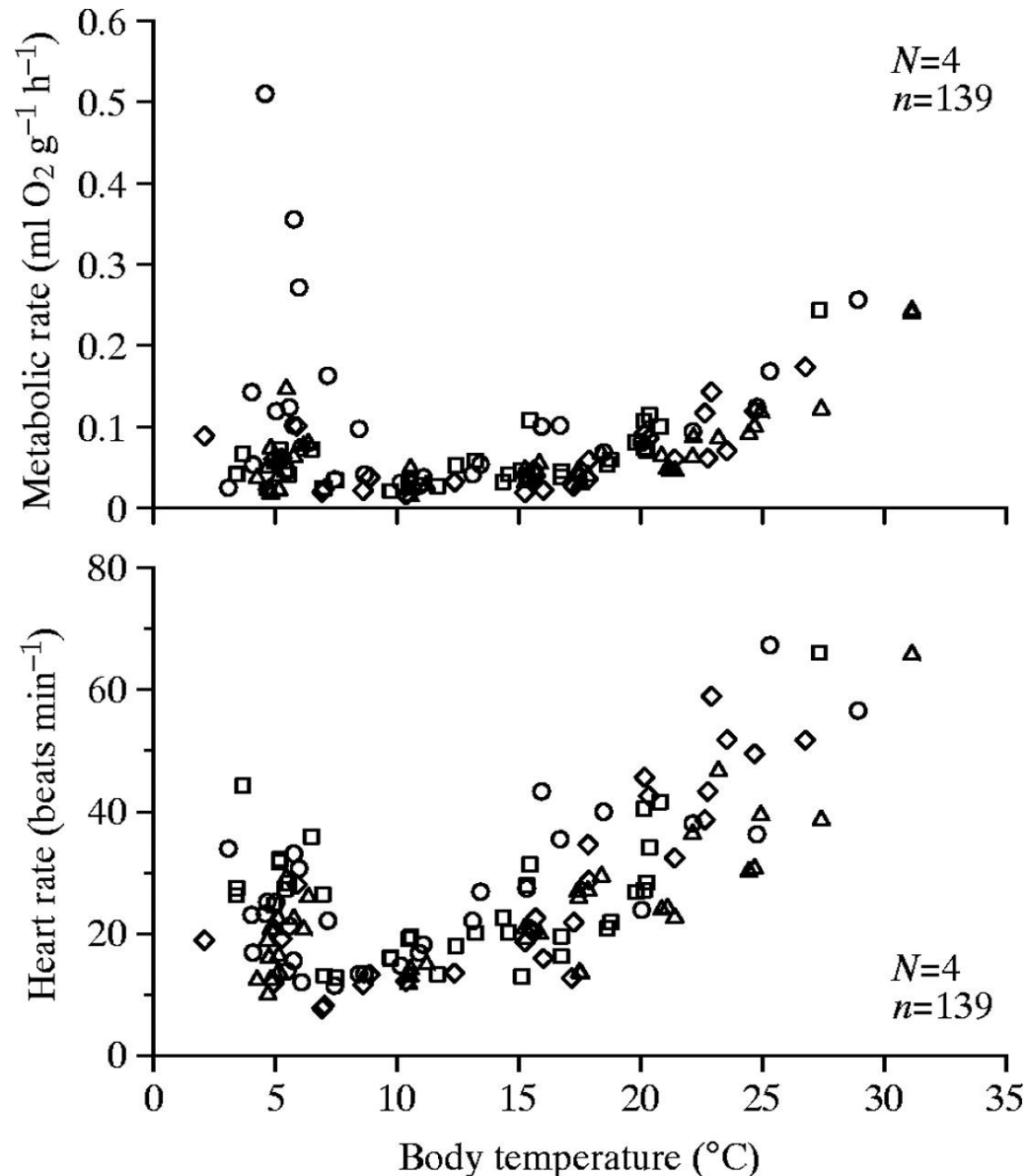
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Υποθερμία και νάρκη»

Στην κατάσταση νάρκης, ο μεταβολικός ρυθμός μπορεί να είναι μόνο 2-20% της κανονικής τιμής και κατά κύριο λόγο καταβολίζεται το σωματικό λίπος. Ως αποτέλεσμα, η κατανάλωση οξυγόνου μιας νυχτερίδας σε νάρκη είναι μόνο το 2,5% του ενεργού ρυθμού, έτσι ώστε τα αποθέματα λίπους να διαρκέσουν 40 φορές περισσότερο από το "κανονικό" σε κρύες συνθήκες. Σε πλήρη νάρκη, ο αερισμός μπορεί να είναι τόσο χαμηλός όσο 1-2 αναπνοές / λεπτό στα μικρά θηλαστικά, με περιόδους ολικής άπνοιας έως 5 λεπτά. Τα ζώα σε νάρκη εμφανίζονται αδιάφορα και ασυντόνιστα.



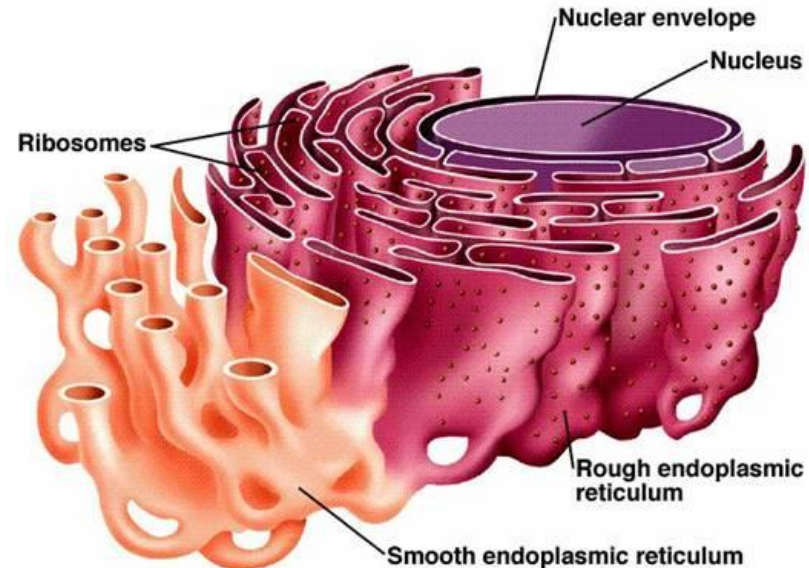
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Υποθερμία και νάρκη»

Στο σκίουρο της Σιβηρίας (*Citellus undulatus*) στα γευστικά κύτταρα μειώνονται κατά πολύ τα ριβοσώματα, το ενδοπλασματικό δίκτυο και το περιεχόμενο Golgi, υποδεικνύοντας μειωμένη σύνθεση πρωτεϊνών και μειωμένη αισθητική λειτουργία κατά τη διάρκεια της νάρκη. Ωστόσο, τα ορμητικά ζώα εξακολουθούν να έχουν κάποια νευρική λειτουργία για τον έλεγχο της κατάστασής τους. Εάν η θερμοκρασία σώματος κινδυνεύει να πέσει πολύ χαμηλά, με το ζώο να πλησιάζει στο πάγωμα, μπορεί να υπάρξει διέγερση ή σταδιακή αύξηση της παραγωγής θερμότητας για τη διατήρηση σε θερμοκρασία 4-5°C. Στην αρχή δεν συνοδεύεται με ρίγος ή μυϊκή δραστηριότητα, επειδή ένα μεγάλο μέρος της αρχικής θερμογένεσης στα θηλαστικά προέρχεται από τον καφέ λιπώδη ιστό.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ & ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ακραία περιβάλλοντα

Ζωή στους πόλους – «Υπομένοντες»

«Προμήθειες τροφίμων»

Πολλά ζώα της τούνδρας και της τάιγκας που δεν μεταναστεύουν, αποταμιεύουν σπόρους ή καρπούς για μελλοντική χρήση. Τα φυτοφάγα τείνουν να αντιμετωπίζουν τις χαμηλής περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά και υψηλής περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες δίαιτες, αυξάνοντας αισθητά το μήκος του εντέρου. Μόνιμα ενεργοί κάτοικοι, όπως οι πολικές αρκούδες, οι πιγκουίνοι και τα πτερυγιόποδα τείνουν να είναι σαρκοφάγα, και πιο συγκεκριμένα ιχθυοφάγα. Τα ψάρια είναι τα μόνα είδη που είναι ενεργά και διαθέσιμα όλη τη διάρκεια του έτους. Δεν είναι σύμπτωση ότι το γάλα των κητωδών, των πτερυγιοπόδων και των πολικών αρκούδων είναι ασυνήθιστα πλούσιο σε λίπη και πρωτεΐνες. Η λήψη γάλακτος με 60% περιεκτικότητα σε λιπαρά μπορεί να διπλασιάσει το βάρος των μικρών στο πρώτο 10ήμερο μετά τη γέννηση.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης



➤ Η βύθιση του ανθρώπινου σώματος στο νερό επηρεάζει την **κυκλοφορία**, το **νεφρικό σύστημα**, την **ισορροπία υγρών** και την **αναπνοή**, τα οποία προκαλούνται από την εξωτερική υδροστατική πίεση του νερού που παρέχει στήριξη ενάντια στην εσωτερική υδροστατική πίεση του αίματος.

➤ Αυτό προκαλεί **μετατόπιση αίματος** από τους **εξαγγειακούς ιστούς των άκρων** στην **κοιλότητα του θώρακα**.

➤ Η **υδροστατική πίεση** στο σώμα λόγω της βύθισης της κεφαλής προκαλεί **αναπνευστική πίεση** που συμβάλλει στη **μετατόπιση αίματος** η οποία προκαλεί **αυξημένο αναπνευστικό και καρδιακό φόρτο εργασίας**.

Φυσιολογία Κατάδυσης



- Η ψυχρή απόκριση είναι η φυσιολογική απόκριση των οργανισμών σε ξαφνικό κρύο, ιδιαίτερα κρύο νερό, και είναι μια κοινή αιτία θανάτου από βύθιση σε πολύ κρύο νερό.
- Το άμεσο σοκ του κρύου προκαλεί ακούσια εισπνοή, η οποία όταν είναι υποβρύχια μπορεί να οδηγήσει σε πνιγμό.
- Το κρύο νερό μπορεί επίσης να προκαλέσει καρδιακή προσβολή λόγω αγγειοσυστολής (η καρδιά πρέπει να εργαστεί σκληρότερα για να αντλήσει τον ίδιο όγκο αίματος σε όλο το σώμα) και για τα άτομα με καρδιακές παθήσεις, αυτός ο πρόσθετος φόρτος εργασίας μπορεί να προκαλέσει αναστολή της καρδιακής λειτουργίας

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

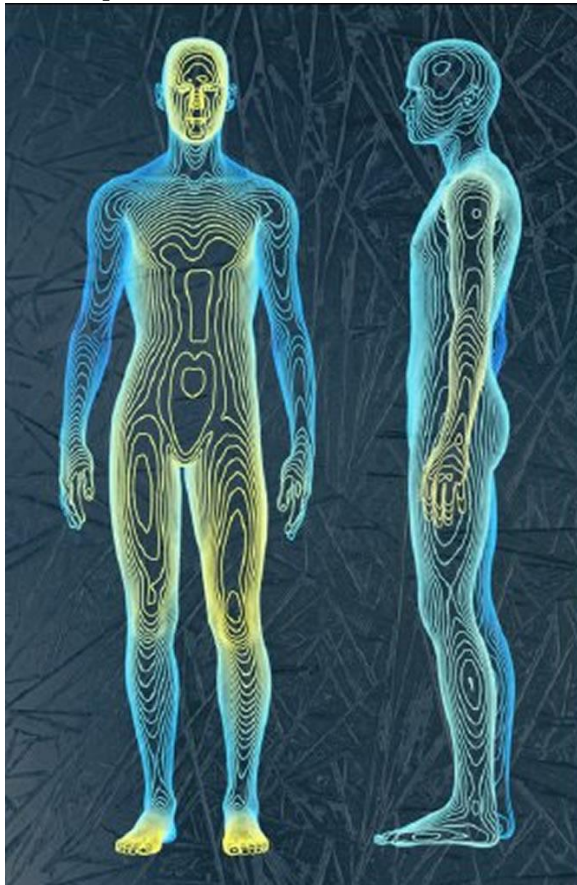
- Το **αντανακλαστικό κατάδυσης** είναι μια απόκριση στη βύθιση που υπερισχύει των βασικών ομοιοστατικών αντανακλαστικών και η οποία απαντάται σε όλα τα σπονδυλωτά που αναπνέουν αέρα.
- Βελτιστοποιεί την αναπνοή με την κατά προτίμηση διανομή οξυγόνου στην καρδιά και τον εγκέφαλο επιτρέποντας την υποβρύχια παραμονή για παρατεταμένες χρονικές περιόδους.
- **Παρουσιάζεται έντονα σε υδρόβια θηλαστικά** (φώκιες, βίδρες, δελφίνια), αλλά υπάρχει σε άλλα θηλαστικά, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων. Τα **πτηνά** που καταδύονται, όπως οι πιγκουίνοι, έχουν παρόμοιο καταδυτικό αντανακλαστικό



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

Η υποθερμία είναι η μειωμένη θερμοκρασία του σώματος που συμβαίνει όταν ένας οργανισμός καταναλώνει περισσότερη θερμότητα από ότι απορροφά. Η υποθερμία είναι ένας σημαντικός περιορισμός στο κολύμπι ή στην κατάδυση σε κρύο νερό. Η θερμότητα του σώματος χάνεται πολύ πιο γρήγορα στο νερό από ό, τι στον αέρα, και έτσι οι θερμοκρασίες του νερού μπορούν να οδηγήσουν σε υποθερμία σε ανεπαρκώς προστατευμένους δύτες, αν και δεν αποτελούν συχνά την άμεση κλινική αιτία θανάτου



Mild hypothermia

core temperature

32°C - 35°C

Moderate Hypothermia

core temperature

28°C - 32°C

Severe hypothermia

core temperature

Less than 28°C

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

Η κατάδυση με «κράτημα» της αναπνοής από ένα ζώο που αναπνέει αέρα περιορίζεται από τη φυσιολογική ικανότητα να εκτελείται η κατάδυση με το διαθέσιμο οξυγόνο μέχρι να επιστρέψει σε μια πηγή φρέσκου αναπνεύσιμου αερίου, συνήθως στον αέρα της επιφάνειας. Όταν η εσωτερική παροχή οξυγόνου εξαντληθεί, το ζώο υποφέρει από μια αυξανόμενη ανάγκη για αναπνοή που προκαλείται από την συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα στην κυκλοφορία, ακολουθούμενη από απώλεια συνείδησης λόγω υποξίας του κεντρικού νευρικού συστήματος.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

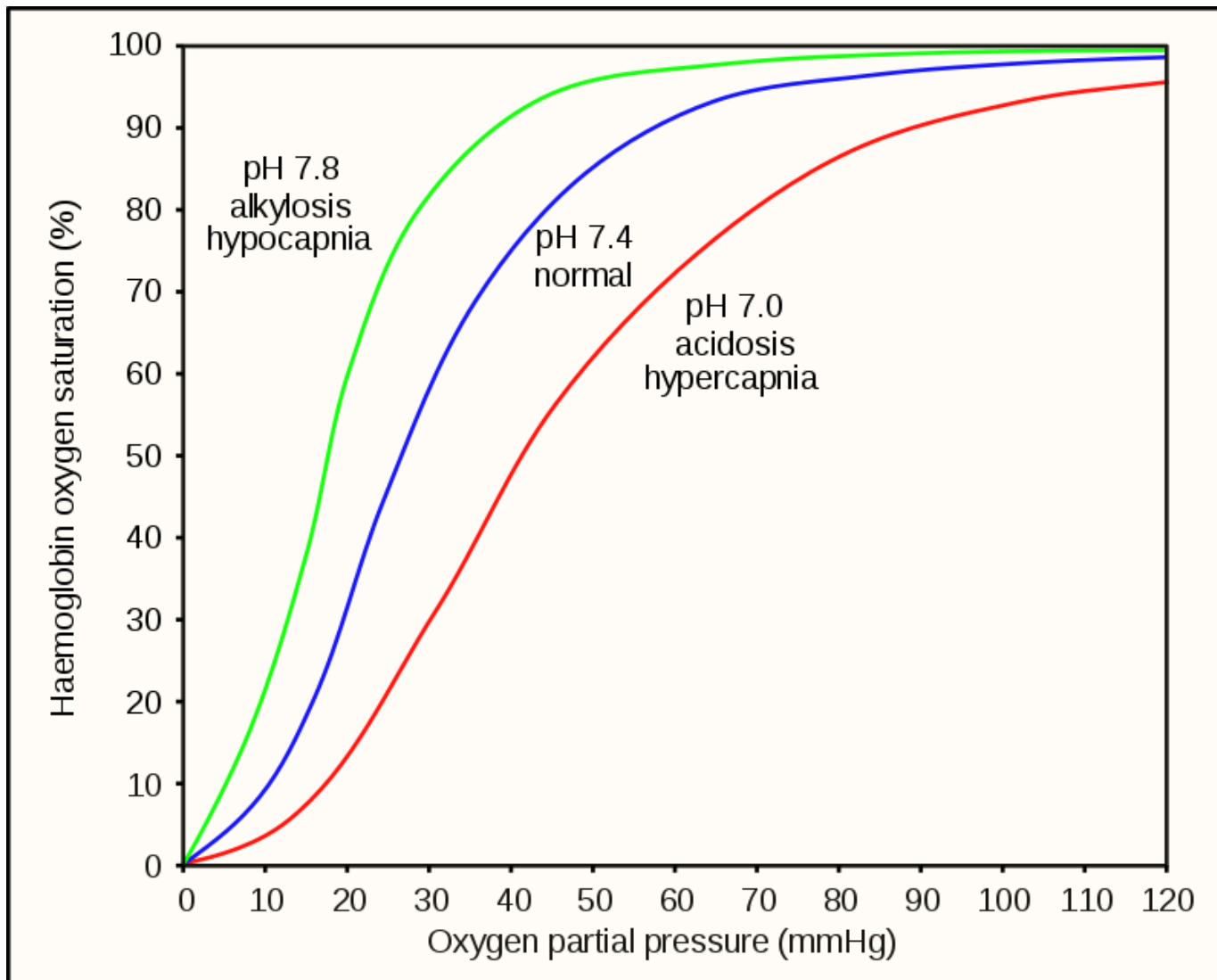


Η κατάδυση με «κράτημα» της αναπνοής που οδηγεί σε blackout είναι απώλεια συνείδησης που προκαλείται από **εγκεφαλική υποξία** προς το τέλος της κατάδυσης. Μπορεί να προκληθεί από **υπεραερισμό** λίγο πριν από μια κατάδυση, ή ως συνέπεια της μείωσης της πίεσης στην ανάβαση, ή συνδυασμός αυτών. Τα θύματα είναι συχνά καθιερωμένοι επαγγελματίες καταδύσεων, είναι ισχυροί κολυμβητές και δεν έχουν βιώσει προβλήματα πριν.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

Ο **υπεραερισμός** εξαντλεί το διοξείδιο του άνθρακα από το αίμα (**υποκαπνία**), προκαλώντας **αναπνευστική αλκύλωση** (**αυξημένο pH**) και μετατόπιση προς τα αριστερά στην καμπύλη διάστασης οξυγόνου-αιμοσφαιρίνης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

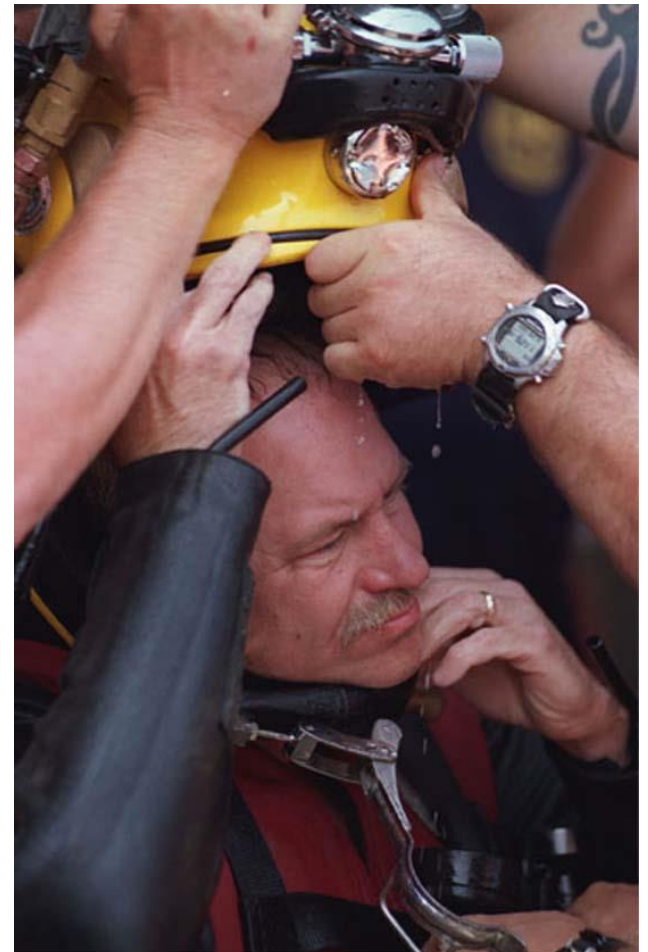
- Το βάθος κατάδυσης περιορίζεται στα ζώα όταν ο όγκος των εσωτερικών χώρων με άκαμπτο τοίχωμα καταλαμβάνεται από όλο το συμπιεσμένο αέρα της αναπνοής και οι μαλακοί χώροι έχουν καταρρεύσει από την εξωτερική πίεση.
- Τα ζώα που μπορούν να βουτήξουν βαθιά έχουν εσωτερικούς χώρους αέρα που μπορούν να καταρρεύσουν εκτεταμένα χωρίς βλάβη και μπορούν να εκπνεύσουν ενεργά πριν από την κατάδυση για να αποφύγουν την απορρόφηση του αδρανούς αέρα κατά τη διάρκεια της κατάδυσης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

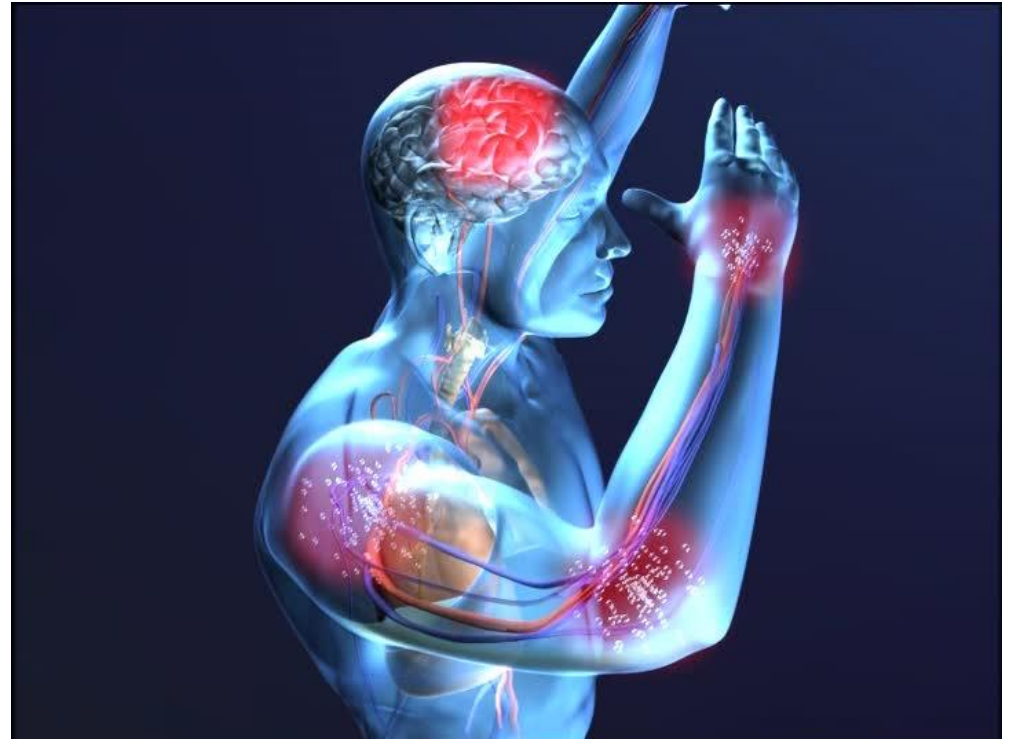
Η ασθένεια αποσυμπίεσης (Decompression sickness - DCS, επίσης γνωστή ως ασθένεια των δυτών) περιγράφει την κατάσταση κατά την οποία διαλυμένα αέρια εξέρχονται από το διάλυμα σε μορφή φυσαλίδων μέσα στο σώμα κατά την αποσυμπίεση. Το DCS αναφέρεται συνήθως σε προβλήματα που προκύπτουν από την υποβρύχια κατάδυση.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

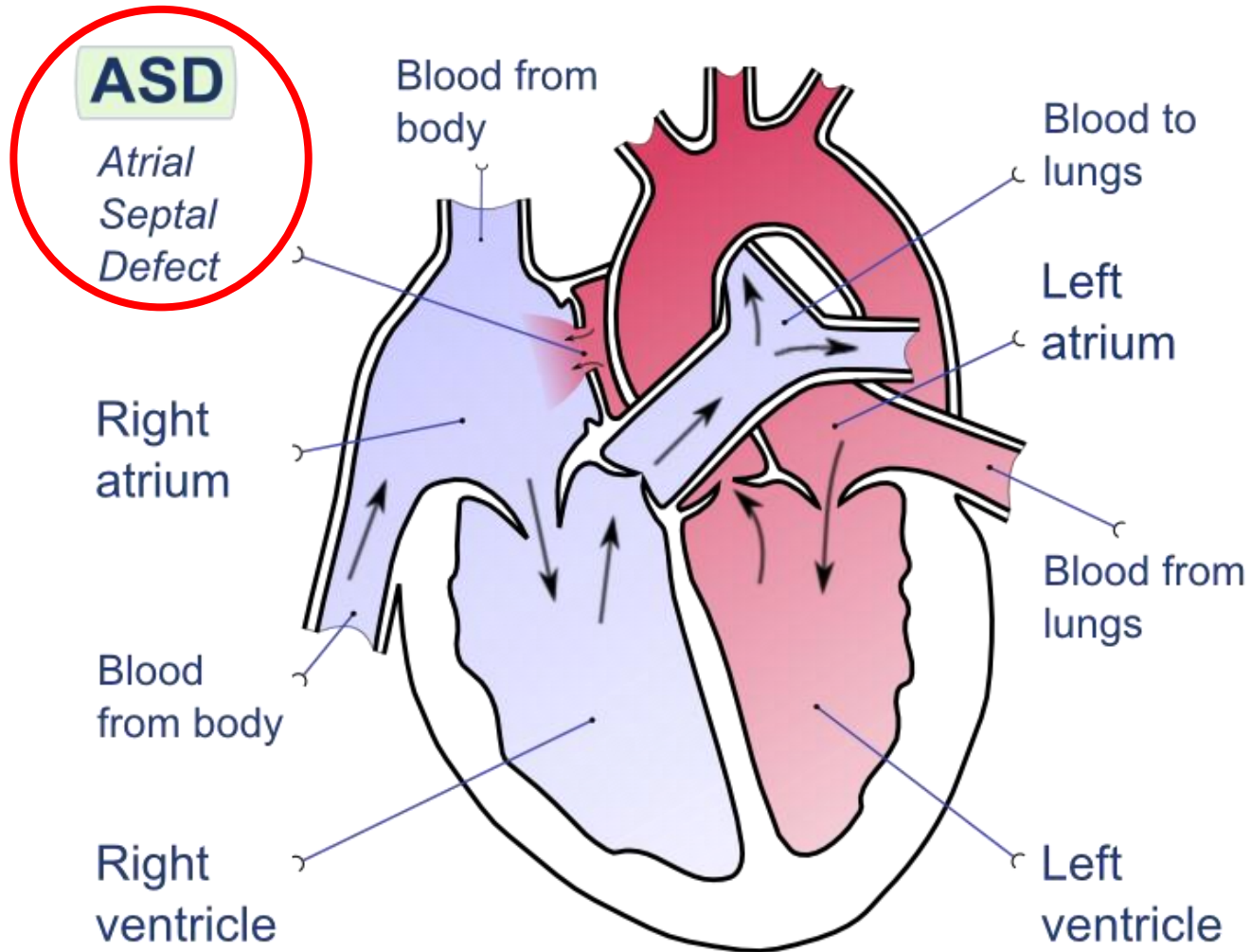
Φυσιολογία Κατάδυσης

Δεδομένου ότι οι φυσαλίδες μπορούν να σχηματιστούν ή να μεταναστεύσουν σε οποιοδήποτε μέρος του σώματος, το DCS μπορεί να παράγει πολλά συμπτώματα που ποικίλουν από πόνο στις αρθρώσεις και εξανθήματα ως παράλυση και θάνατο. Η ατομική ευαισθησία μπορεί να διαφέρει από μέρα σε μέρα και διαφορετικά άτομα υπό τις ίδιες συνθήκες μπορεί να επηρεάζονται διαφορετικά ή καθόλου.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης



Η βλάβη κοιλιακού διαφράγματος (**ASD**) παρουσιάζει παρακέντηση από αριστερά προς τα δεξιά. Μια παρακέντηση από δεξιά προς αριστερά μπορεί να επιτρέψει την εμφάνιση φυσαλίδων στην αρτηριακή κυκλοφορία.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης

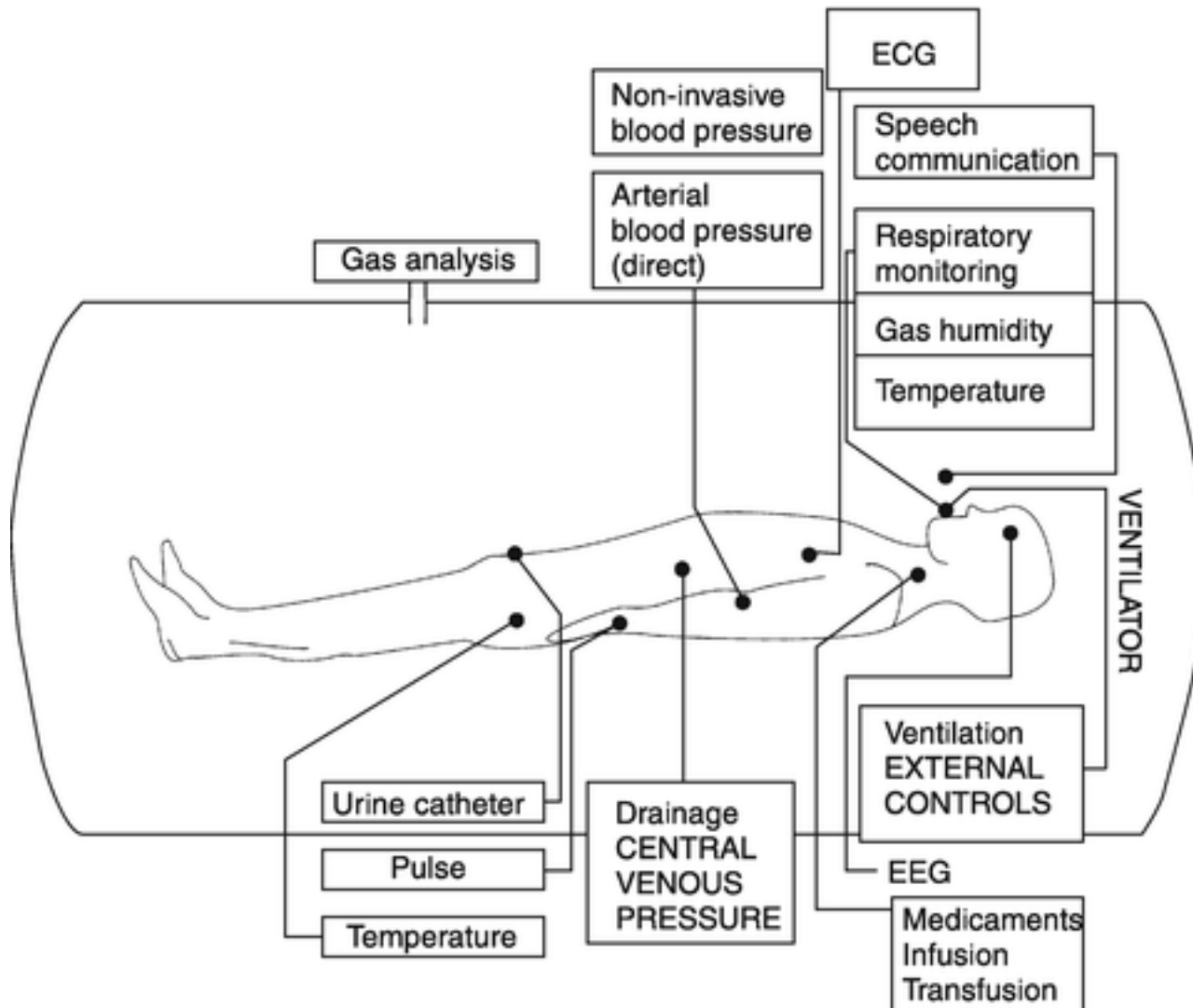


Εάν υπάρχει υποψία DCS, αντιμετωπίζεται με υπερβαρική θεραπεία οξυγόνου σε θάλαμο συμπίεσης. Εάν αντιμετωπιστεί νωρίς, υπάρχει μια σημαντικά υψηλότερη πιθανότητα επιτυχούς ανάκαμψης.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

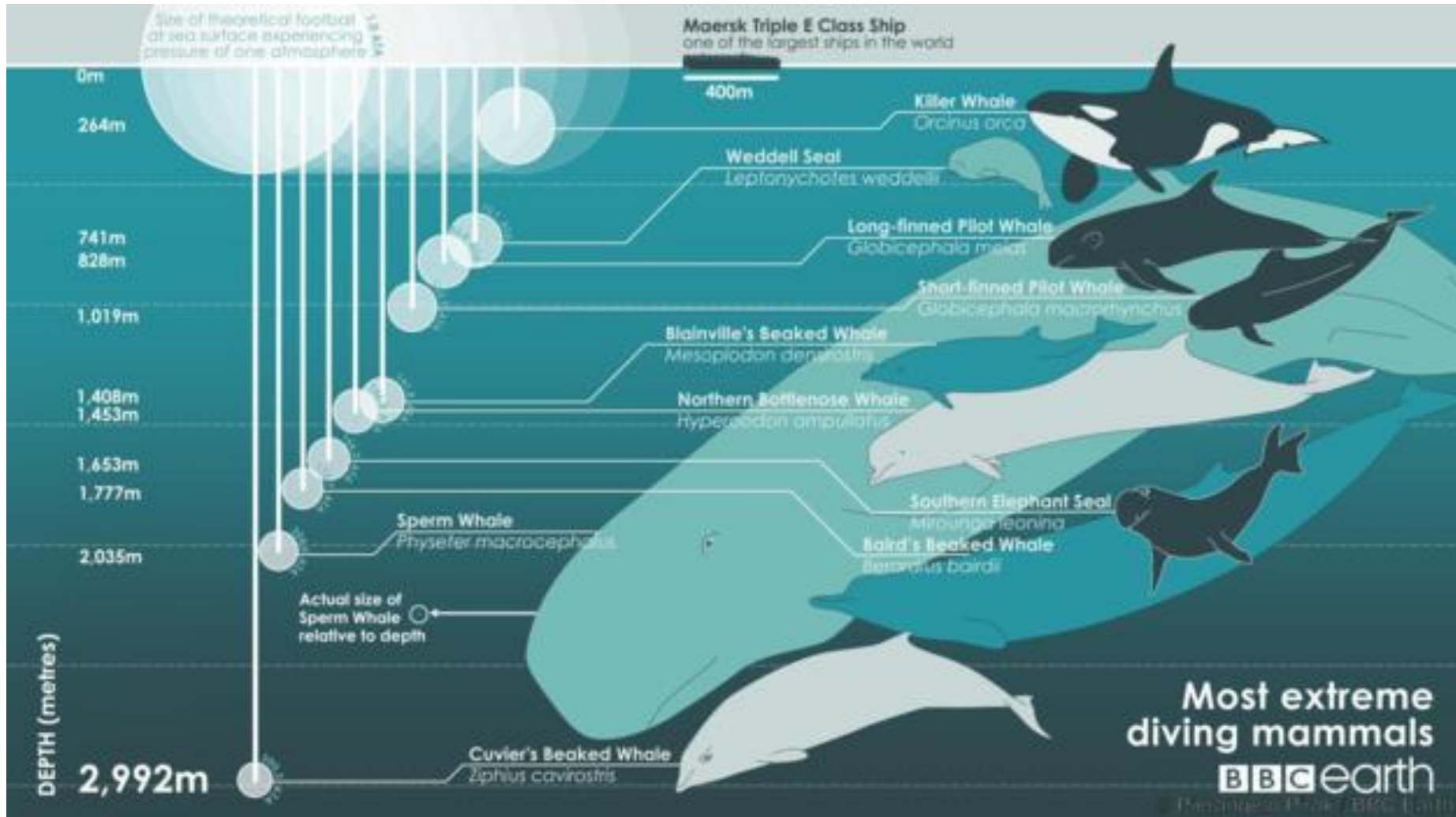
Φυσιολογία Κατάδυσης

Όλες οι περιπτώσεις της ασθένειας αποσυμπίεσης θα πρέπει να θεραπεύονται αρχικά με οξυγόνο 100% έως ότου μπορεί να παρασχεθεί υπερβαρική οξυγονοθεραπεία (100% οξυγόνο που παρέχεται σε θάλαμο υψηλής πίεσης).



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

Κατά τη διάρκεια της βύθισης, πρέπει πάντα να υπάρχει επαρκές οξυγόνο για τη διατήρηση του ζώου. Ειδικότερα, το νευρικό σύστημα δεν μπορεί να επιβιώσει ούτε μια σύντομη ανοξία (περισσότερα από 1 λεπτό μπορεί να είναι θανατηφόρα στους ανθρώπους). Παρόλα αυτά, πολλά ζώα φαίνεται να υπερβαίνουν το θεωρητικό «όριο αερόβιας κατάδυσης» (ο χρόνος που μπορούν να παραμένουν βυθισμένα και να έχουν ακόμα αρκετό οξυγόνο για να διατηρήσουν τον αερόβιο μεταβολισμό), χωρίς να στραφούν στην αναερόβια αναπνοή.

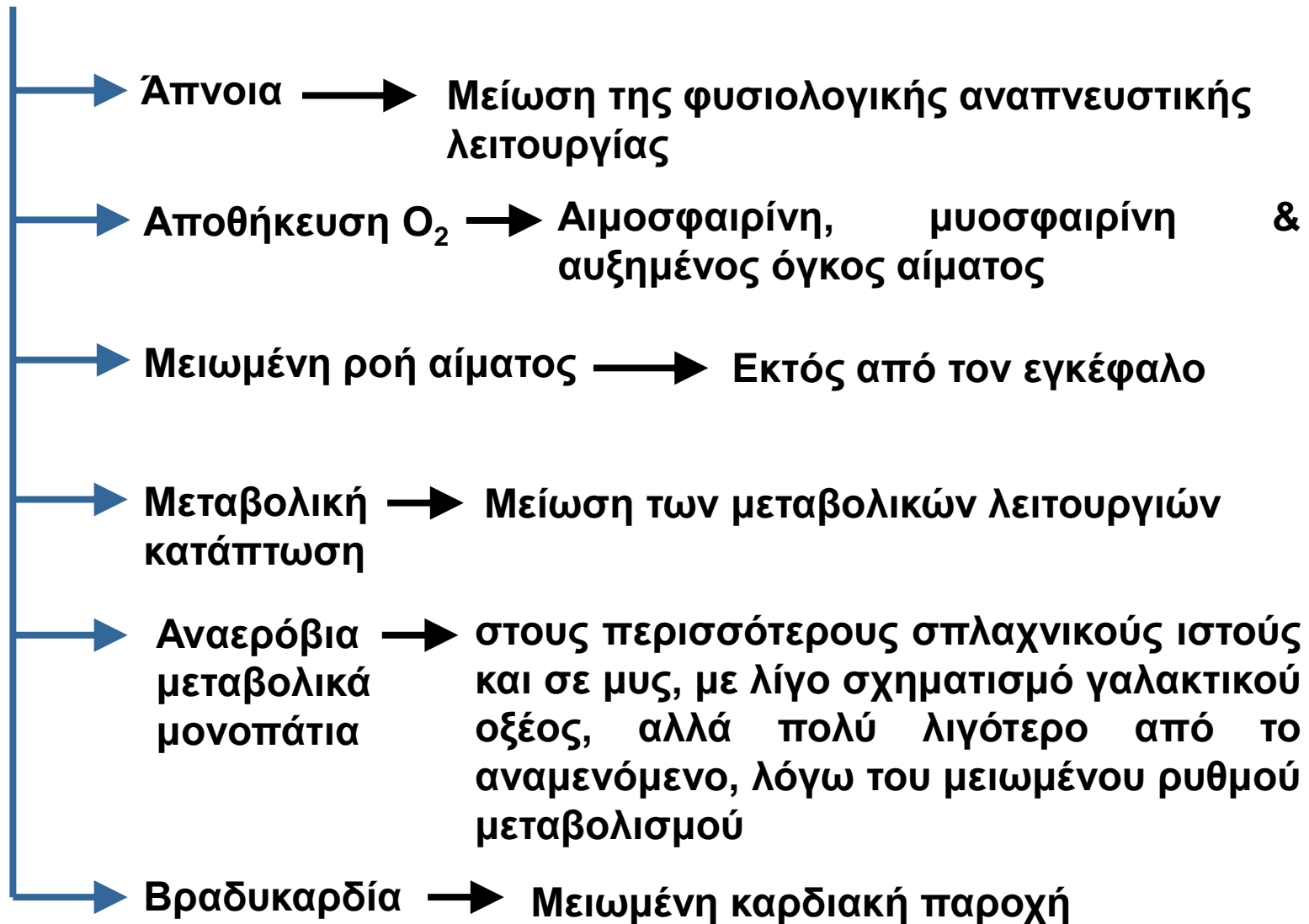
	Anaerobic	Aerobic
Reactants	Glucose	Glucose and oxygen
Combustion	Incomplete	Complete
Energy Yield	Low (2 ATP)	High (36 – 38 ATP)
Products	Animals: Lactic acid Yeast: Ethanol + CO ₂	CO ₂ and H ₂ O
Location	Cytoplasm	Cytoplasm and mitochondrion
Stages	Glycolysis Fermentation	Glycolysis Link reaction Krebs cycle Electron transport chain

Αντί για παρατεταμένη αναερόβιαση, χρησιμοποιούν αρκετές προσαρμογές για να επιτύχουν τη μέγιστη διάρκεια κατάδυσης. Συλλογικά αυτές οι προσαρμογές ονομάζονται «αντανακλαστικό κατάδυσης».

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

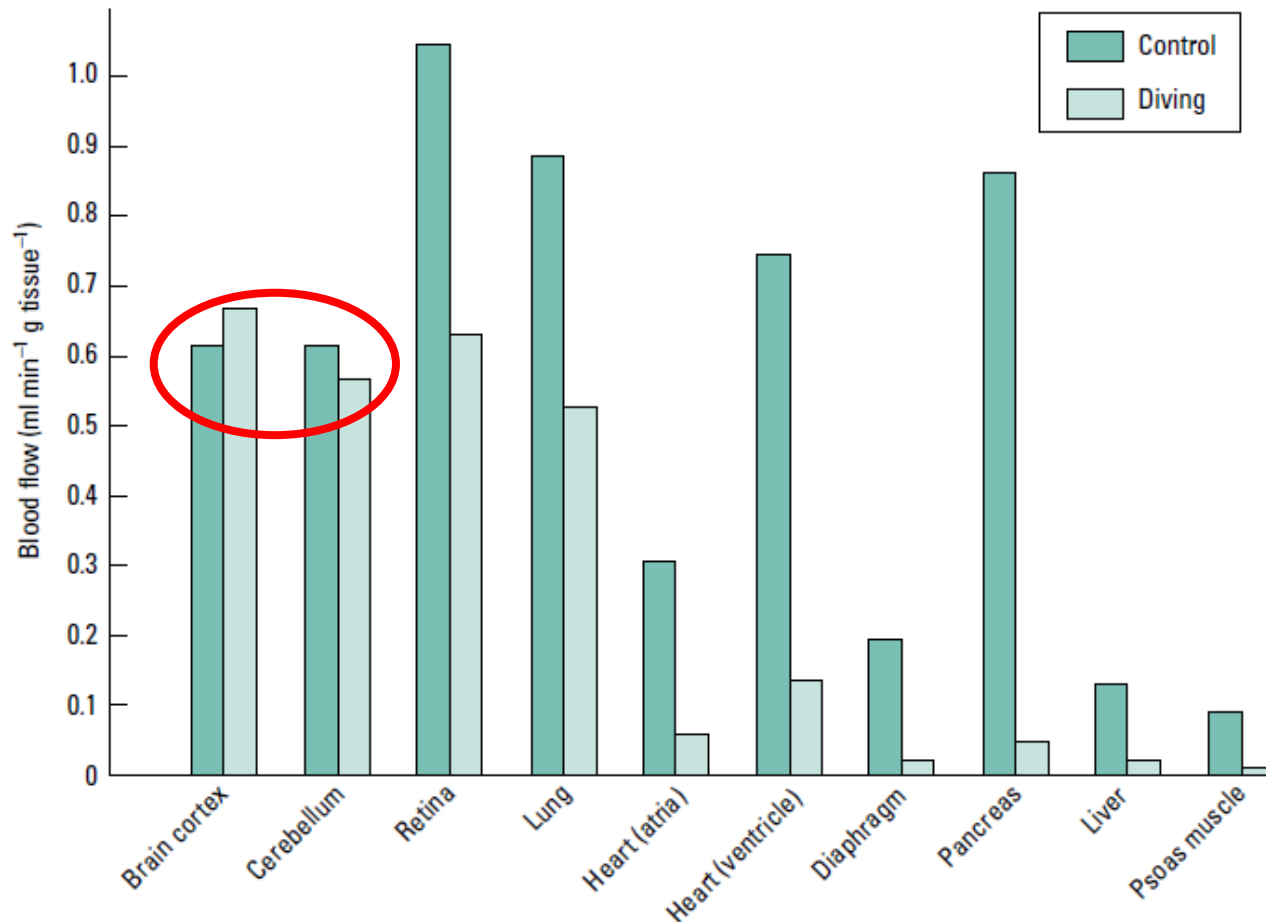
Αντανακλαστικό κατάδυσης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

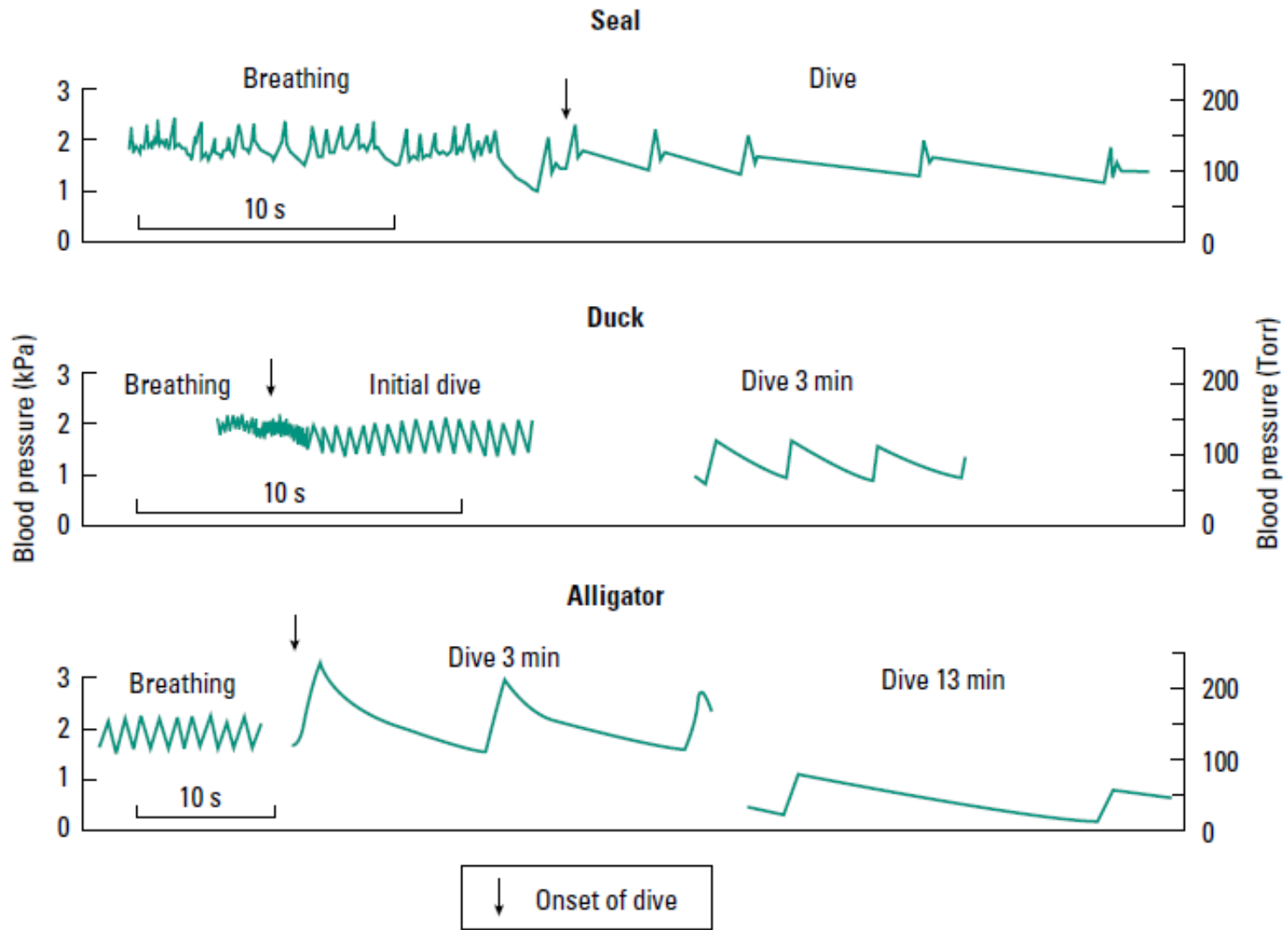
Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

Μικρές αρτηρίες όπως οι εγκεφαλικές και οι στεφανιαίες έχουν χοντρά τοιχώματα για να αποτρέψουν την αρτηριακή κατάρρευση σε αιχμηρές στροφές, όπως οι αρθρώσεις γόνατος και αγκώνων. Σε ζώα που καταδύονται, συστέλλονται απότομα για να περιορίσουν την παροχή αίματος στα άκρα και να διασφαλιστεί η επαρκής κυκλοφορία στον εγκέφαλο και στην καρδιά.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα



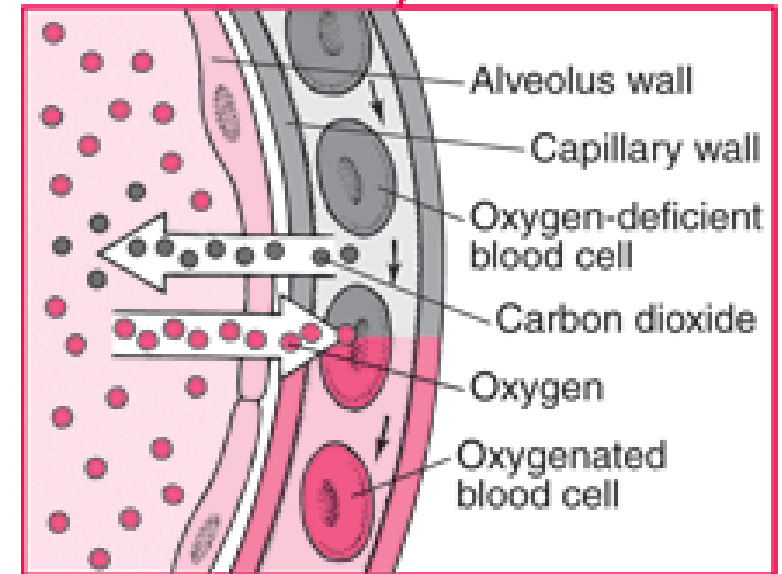
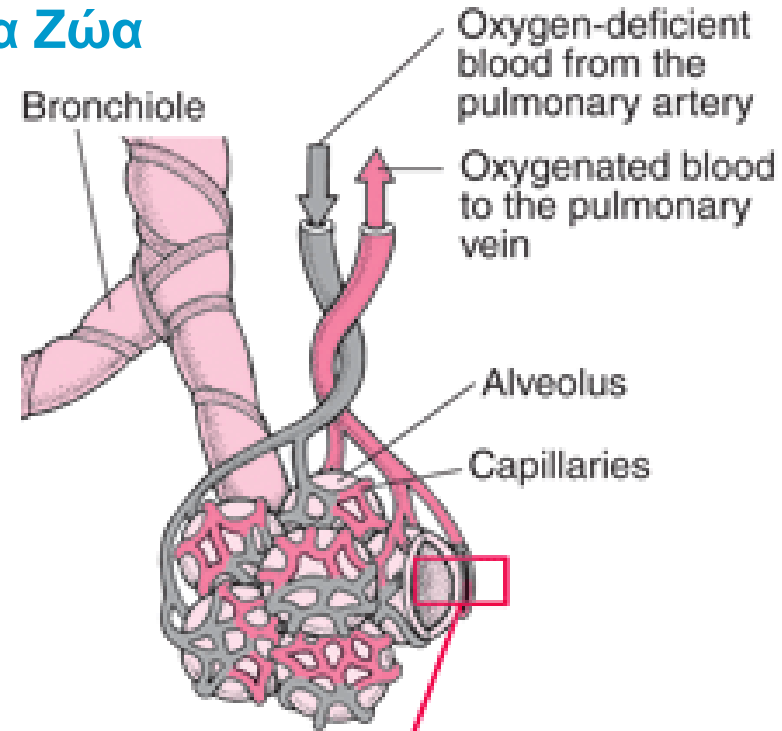
Οι καταγραφές της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια της κατάδυσης σε φώκιες, πάπιες και αλιγάτορες δείχνουν σημαντικά μειωμένο καρδιακό ρυθμό και σε μερικές περιπτώσεις επίσης μείωση της συνολικής αρτηριακής πίεσης.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

➤ Ακόμα και το O_2 που διαχέεται από τον πνεύμονα στο αίμα κάτω από τις υψηλές πιέσεις κατά την κατάδυση θα ήταν ανεπιθύμητο, καθώς αυξημένη PO_2 μπορεί να προκαλέσει σπασμούς στα θηλαστικά. Κατά τη διάρκεια της κατάδυσης, οι εισπνευστικοί μύες αναστέλλονται μέσω υποδοχέων που αισθάνονται την παρουσία νερού κοντά το στόμα και τη μύτη.

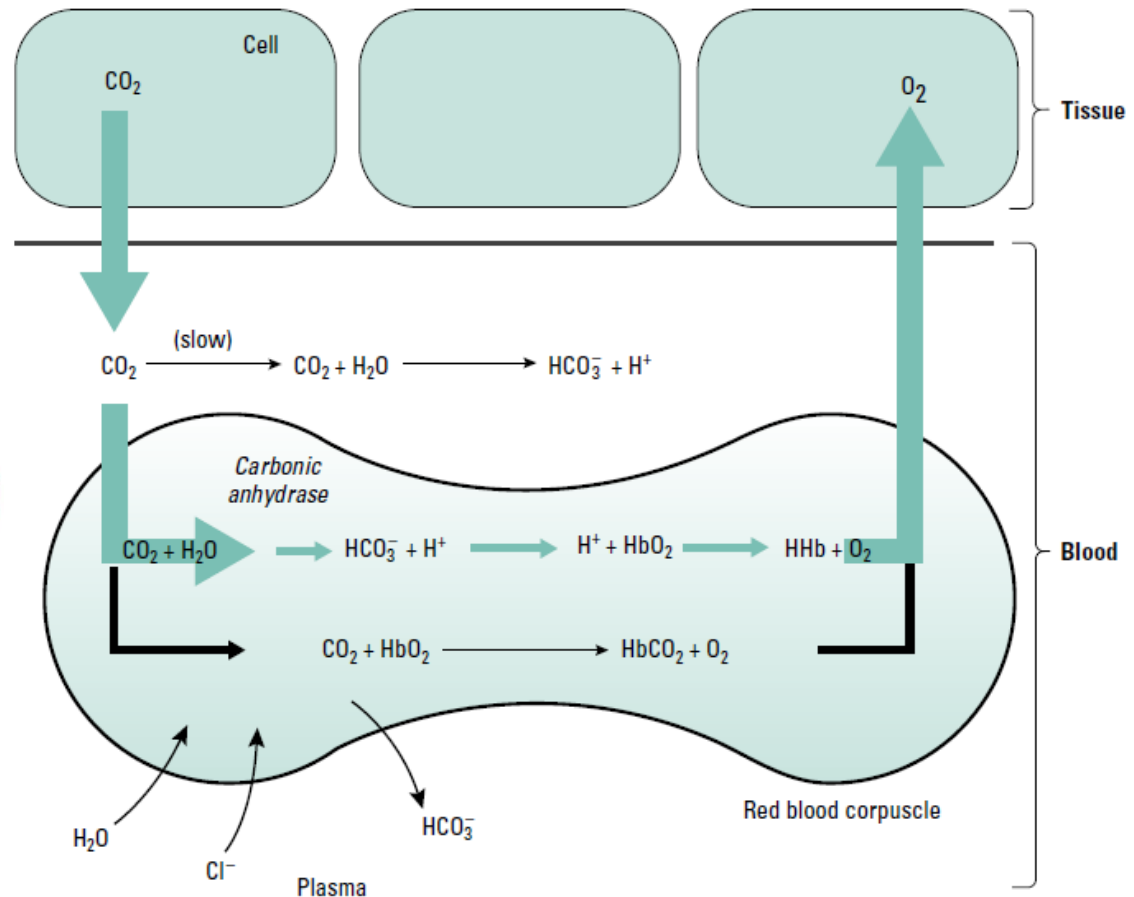
➤ Τα σήματα από το καρωτιδικούς υποδοχείς O_2 και το CO_2 επίσης αγνοούνται για να αποφευχθεί το κανονικό ερέθισμα για τον αερισμό καθώς η σύνθεση των αερίων του αίματος αλλάζει κατά την κατάδυση.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

Τα κύτταρα του αίματος συνθέτουν ένα πολύ μεταβλητό ποσοστό όγκου αίματος, που συνήθως εκφράζεται ως ο αιματοκρίτης. Αυτό κυμαίνεται από περίπου 20-30% στα περισσότερα αμφίβια και ερπετά σε περίπου 30-45% σε πτηνά και θηλαστικά (μέχρι 50-55% σε ορισμένα πολύ μικρά θηλαστικά και σε ορισμένα θαλάσσια θηλαστικά που καταδύονται).





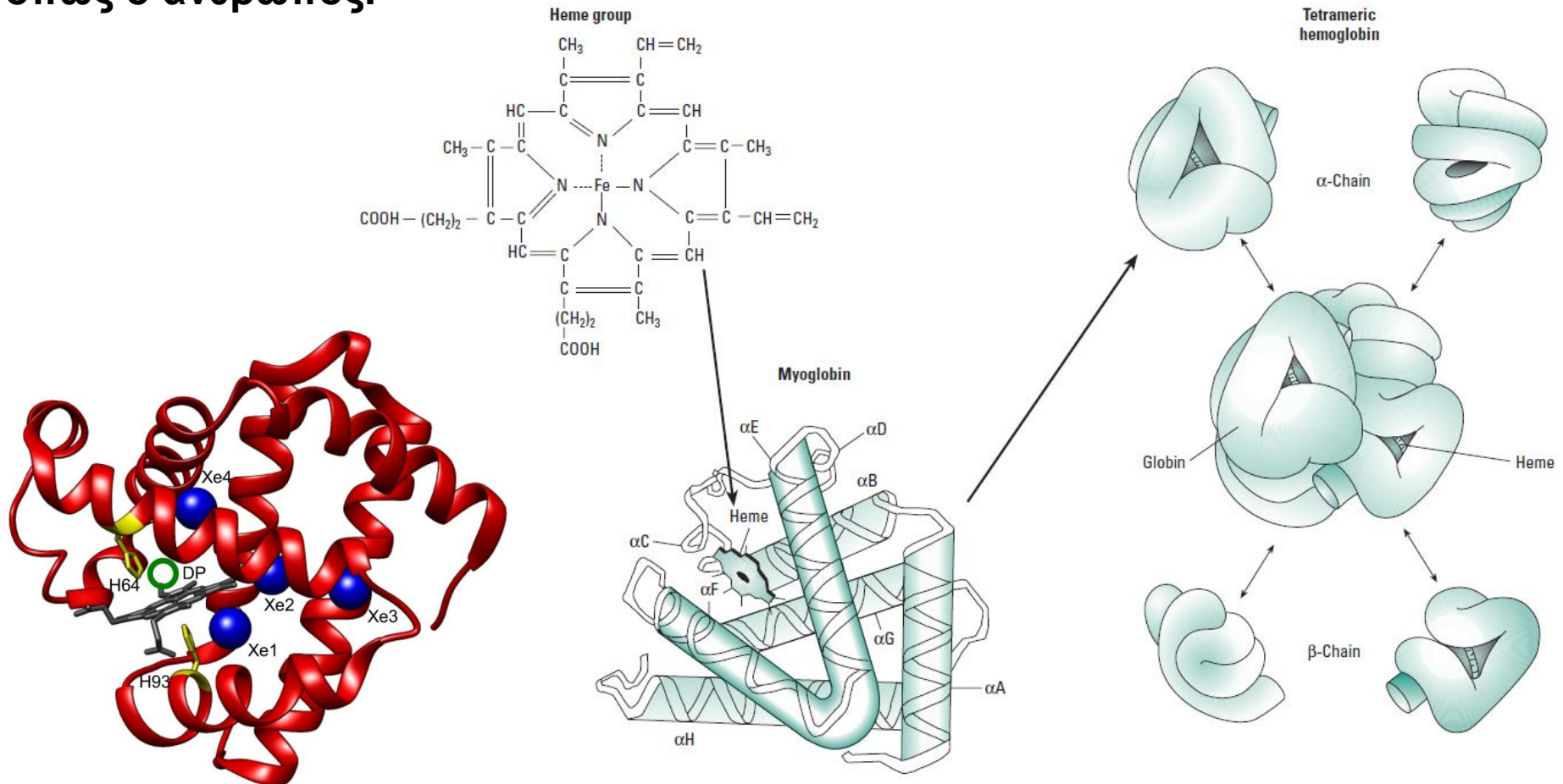
➤ Τα χρυσόψαρα που εγκλιματίζονται σε διαφορετικά καθεστώτα θερμοκρασίας φέρουν πολύπλοκες αποκρίσεις που αφορούν την ερυθροποίηση (σχηματισμός νέων ερυθρών αιμοσφαιρίων), την απώλεια των υφιστάμενων ερυθροκυττάρων και τη διαίρεση κυκλοφορούντων ερυθρών αιμοσφαιρίων προσαρμόζοντας την αφθονία των ισομορφών της αιμοσφαιρίνης χωρίς να επηρεάζουν τον συνολικό αιματοκρίτη και το ιζώδες του αίματος.

➤ Η κινητοποίηση των αποθηκευμένων ερυθροκυττάρων από τον σπλήνα παρέχει μια άλλη βαλβίδα ασφαλείας.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

Οι αποθήκες είναι επίσης σημαντικές σε ζώα που αναπνέουν αέρα και καταδύονται. Στα υδρόβια θηλαστικά το αίμα είναι η σημαντικότερη αποθήκη O_2 κατά την περίοδο της άπνοιας, αλλά και η μυοσφαιρίνη είναι μια πολύ σημαντική δευτερεύουσα πηγή. Οι αποθήκες μυοσφαιρινών στις φώκιες είναι ιδιαίτερα υψηλές σε σχέση με εκείνες που παρατηρούνται σε άλλα θηλαστικά όπως ο άνθρωπος.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

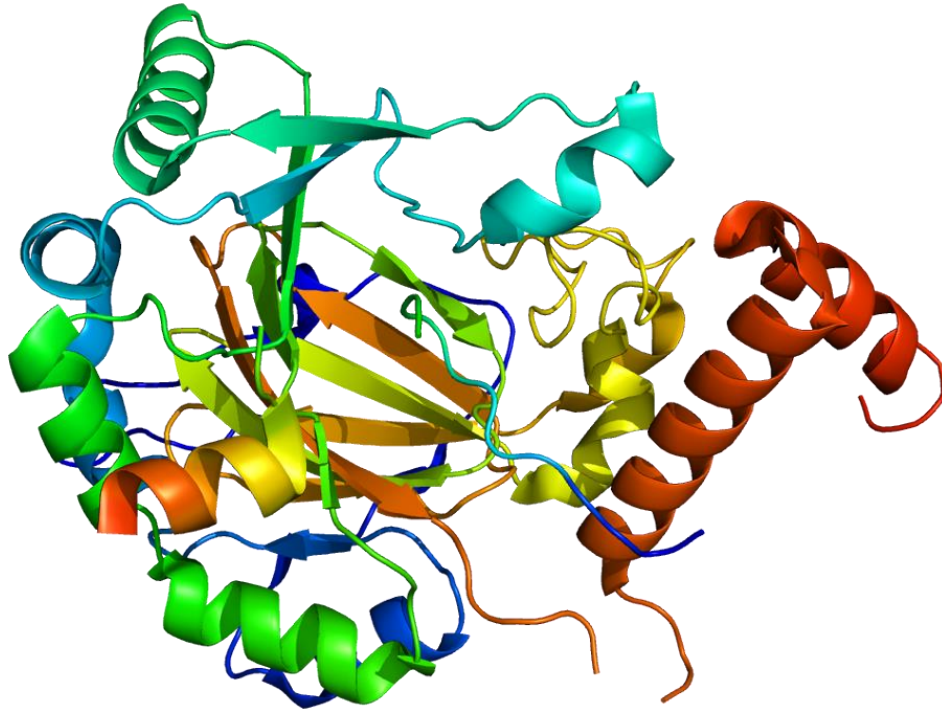
Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα



Στο μπλε καβούρι *Callinectes*, η υποξία συνοδεύεται με αύξηση της ποσότητας της κυκλοφορούσας αιμοκυανίνης, αλλά και με μια μετατόπιση των αιμοκυανινών στο αίμα, με υψηλότερη συγκέντρωση του υψηλή συγγένεια 1 x 6 - ολιγομερούς και λιγότερη από το φυσιολογικό ολιγομερές 1 x 2 - διμερές.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

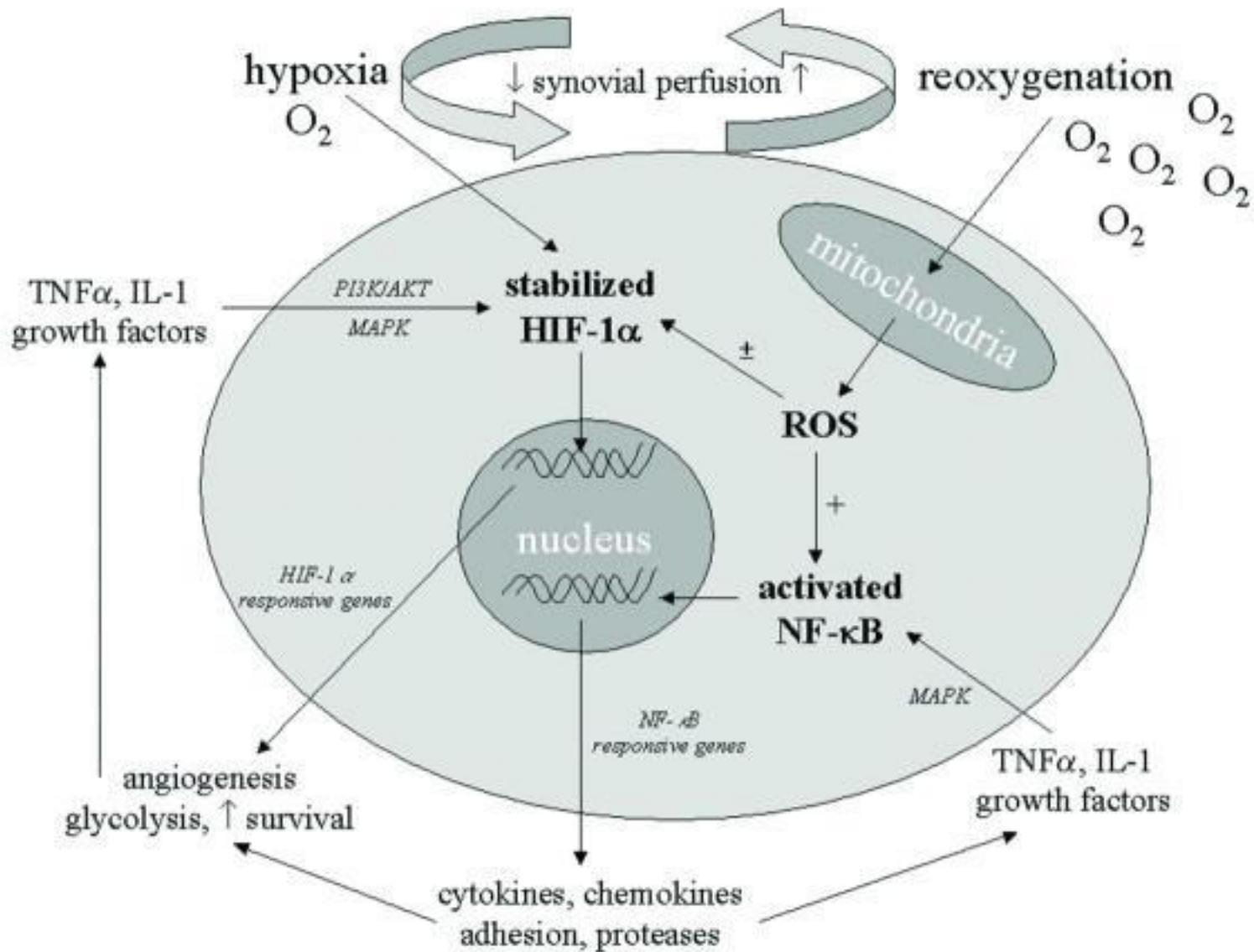


➤ Ο πιο γνωστός μοριακός μηχανισμός της εξαρτώμενης από την υποξία ρύθμιση περιλαμβάνει τη δράση του επαγόμενου από υποξία παράγοντα (Hypoxia Induced Factor - Hif-1).

➤ Αυτός είναι ένας μεταγραφικός παράγοντας που δεσμεύεται σε διάφορες αλληλουχίες στα γονίδια κάθε φορά που εμφανίζεται υποξία (π.χ. σε ανθρώπους σε απόκριση σε μεγάλο υψόμετρο, αναιμία ή σοβαρός τραυματισμός).

➤ Ο Hif-1 θεωρείται ως κύριος ρυθμιστής της ομοιόστασης οξυγόνου στα θηλαστικά, με ιδιαίτερα αποτελέσματα στην ερυθροποιητίνη (έλεγχος παραγωγής ερυθρών αιμοσφαιρίων) και στον αγγειακό ενδοθηλιακό αυξητικό παράγοντα (έλεγχος της τριχοειδούς πυκνότητας), καθώς και μια επίδραση της αύξησης των επιπέδων στα γλυκολυτικά ένζυμα.

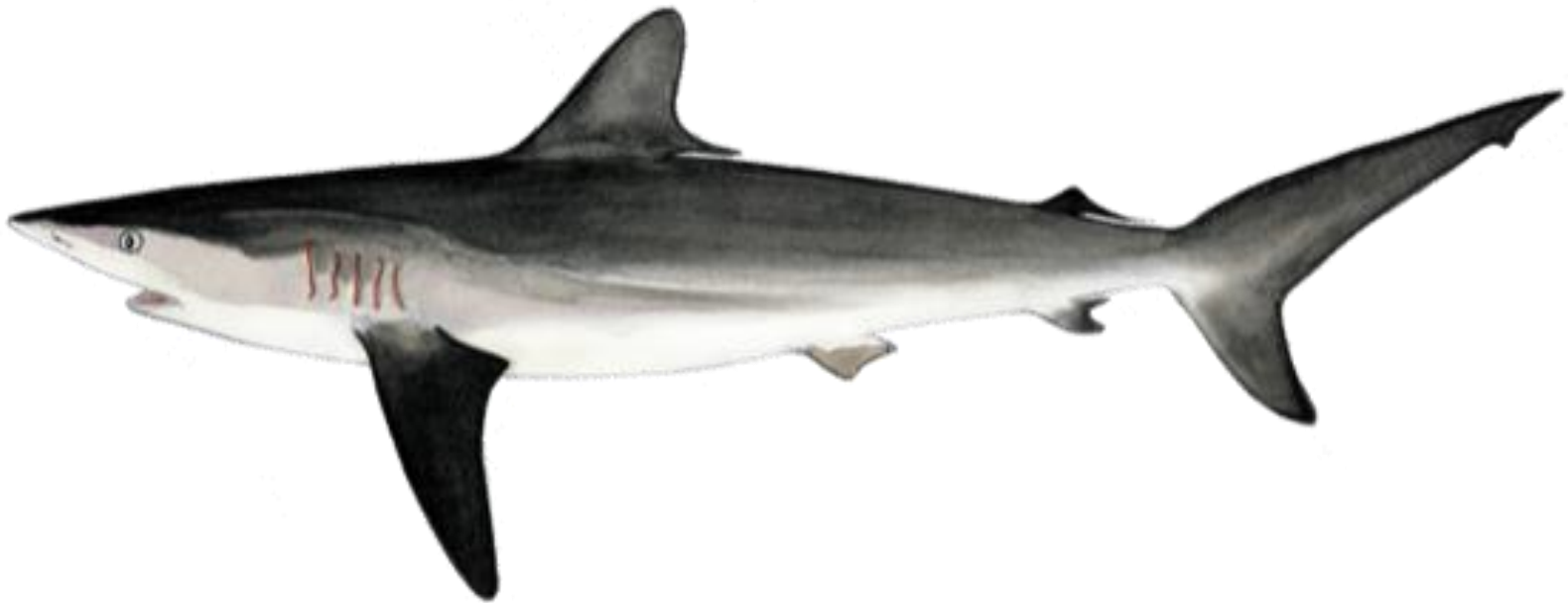
Hypoxia Induced Factor – Hif1- α



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

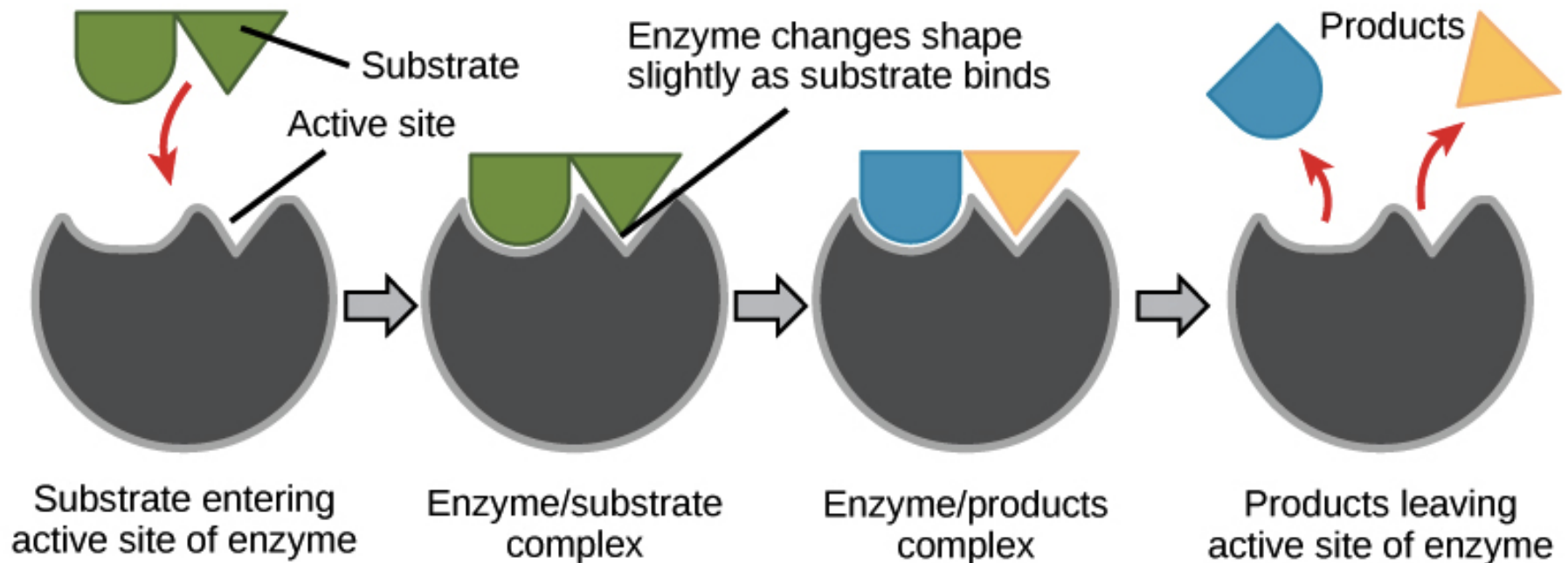
- Δεδομένου ότι η ζωή βρίσκεται σε όλα τα βάθη της θάλασσας, ακόμα και στα βάθη των τάφρων στα 11.000 μ., ορισμένα ζώα είναι σαφώς προσαρμοσμένα για να αντιμετωπίσουν τις υπερβολικές πιέσεις των 1000 atm (101 MPa), και ονομάζονται βαρόφιλα.
- Πολλά περισσότερα ζώα μεταναστεύουν κάθετα και πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν ένα μεγάλο εύρος πιέσεων. Π.χ. ο καρχαρίας κινείται σε βάθος περίπου 1500 μ. ημερησίως για να τραφεί με οστεώδη ψάρια και καλαμάρια, ενώ τα θηλαστικά και τα πτηνά που καταδύονται μπορούν να φθάσουν σε βάθη 500-1500 μ.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

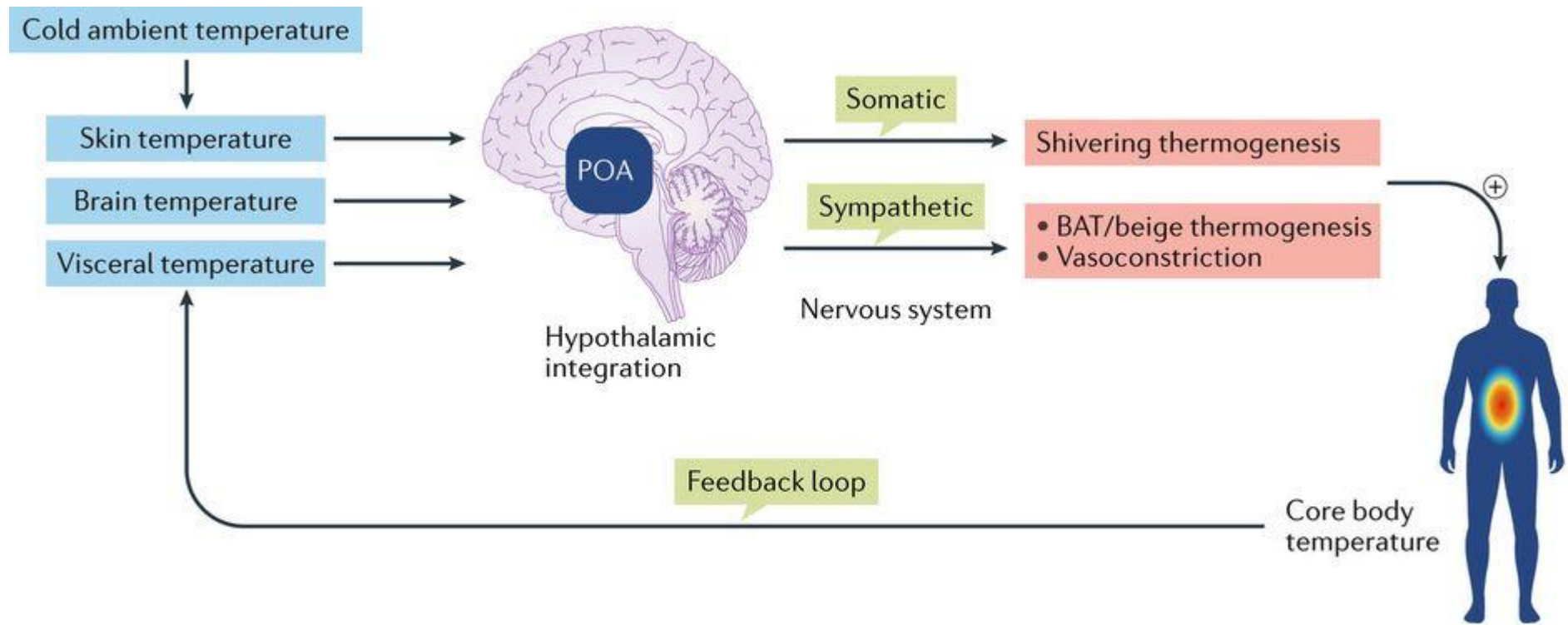
Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

- Οι μεταβολικές αντιδράσεις μπορούν να επιταχυνθούν, να επιβραδυνθούν ή να παραμείνουν ανεπηρέαστες από την αύξηση της πίεσης, ανάλογα με τη μοριακή γεωμετρία των θέσεων ενζυμικής αντίδρασης.
- Συνεπώς, σύνθετες ενζυμικές οδοί μπορούν να διαταραχθούν πλήρως καθώς οι αντιδράσεις των συστατικών καθίστανται ασύμμετρες. Συστήματα μεταφοράς ιόντων, καθώς και δέσμευση ορμονών ή νευροδιαβιβαστών, μπορεί επίσης να διαταραχθούν.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

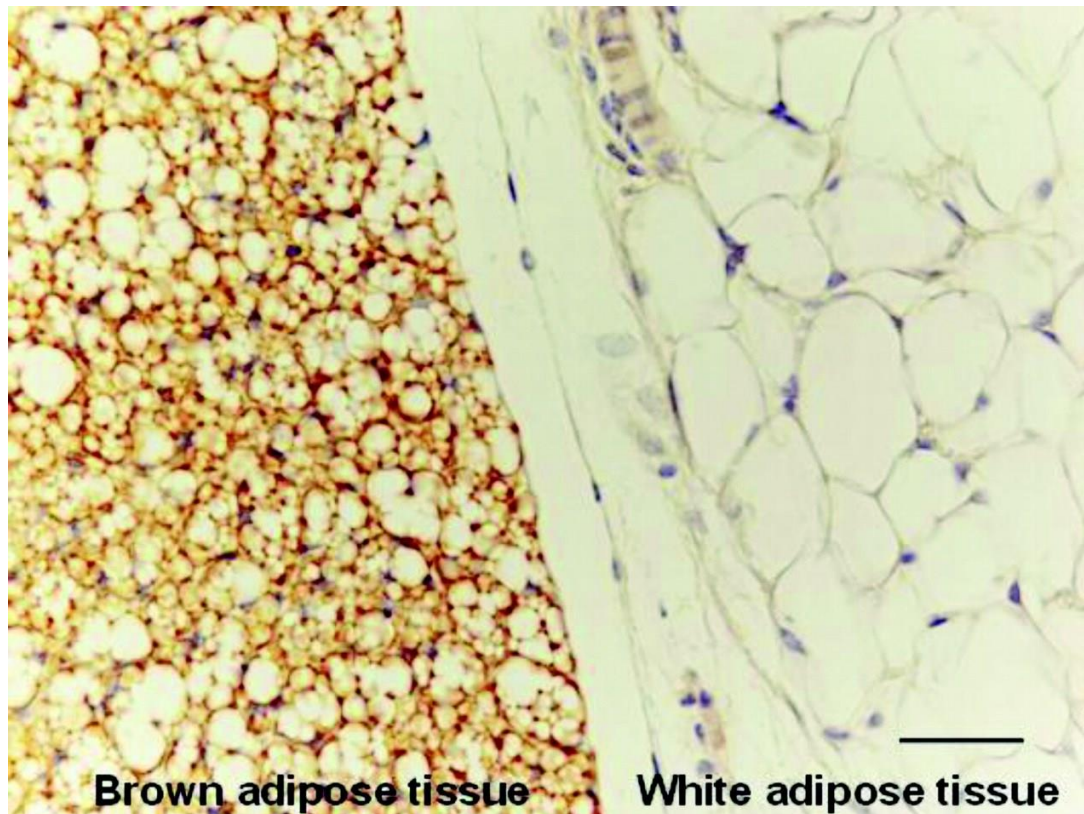
Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

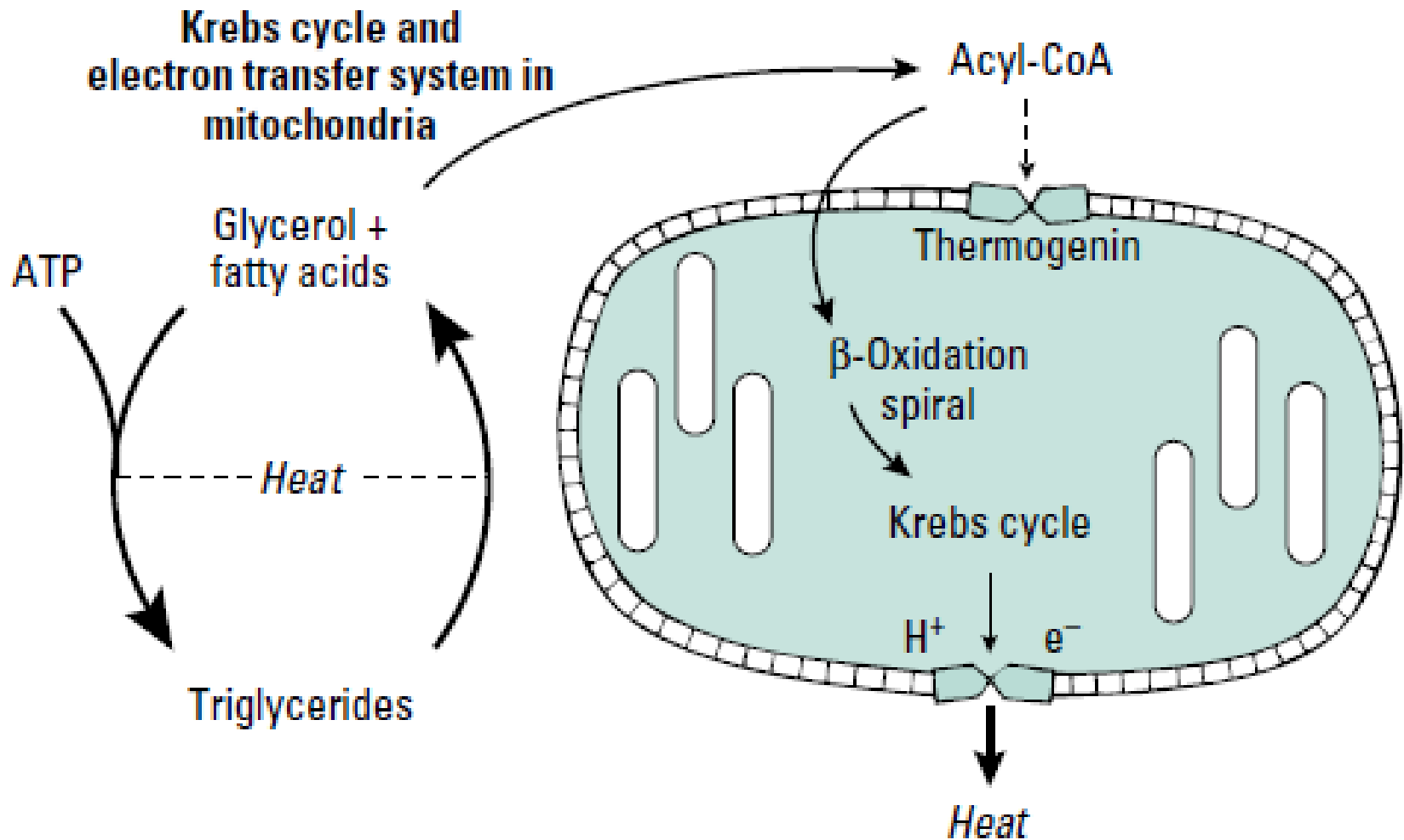
Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

Στα θηλαστικά το καστανό λίπος (Brown Adipose Tissue - BAT), αποτελείται από λιπώδη κύτταρα με πολύ υψηλό μιτοχονδριακό περιεχόμενο (με εξαιρετικά πολλαπλασιασμένες εσωτερικές μιτοχονδριακές μεμβράνες), πολύ αγγειοποιημένο με άμεση φλεβική επιστροφή στην καρδιά, και με συμπαθητική νεύρωση. Πιθανότατα υπάρχει επίσης στο ήπαρ, στα νεφρά και αλλού σε ψυχθέντα θηλαστικά. Κάποια ημι-υδρόβια θηλαστικά το χρησιμοποιούν επίσης για να ζεσταίνονται μετά από κατάδυση ή παρατεταμένο κολύμπι.



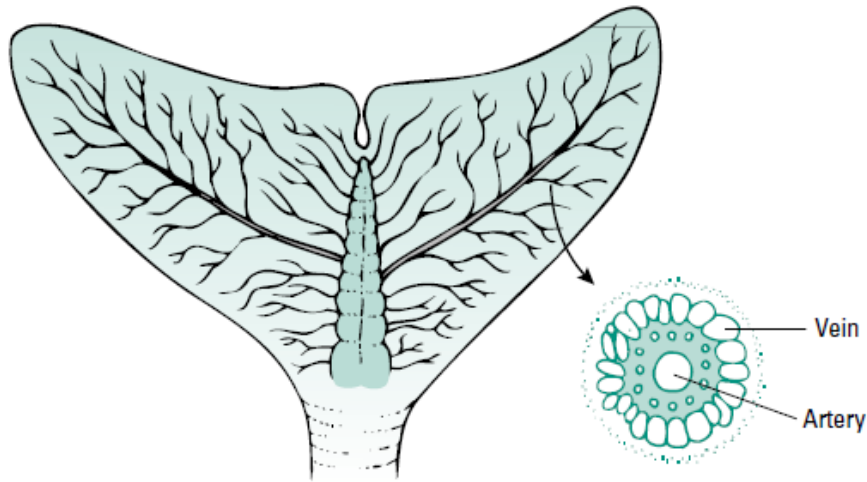
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα



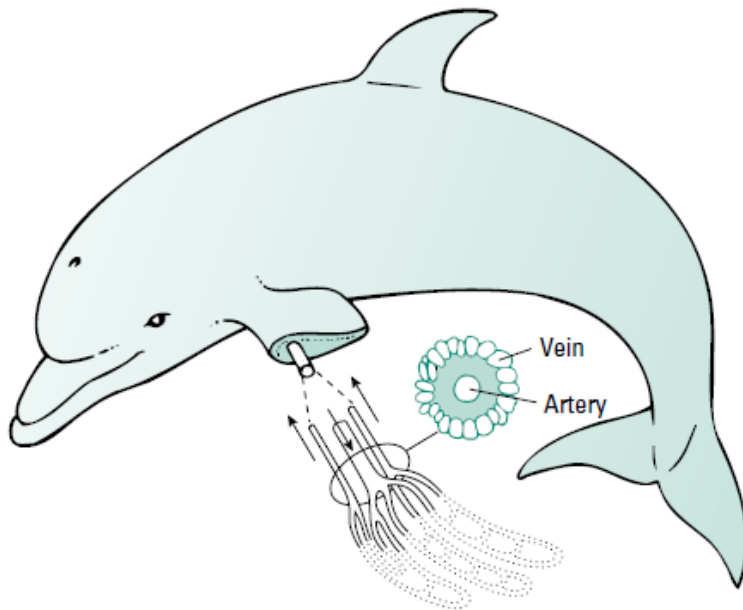
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα



➤ Τα περισσότερα θαλάσσια θηλαστικά και πτηνά χρησιμοποιούν επίσης εξελιγμένους ανταλλάκτες θερμότητας με αντίθετο ρεύμα στα πτερύγια, με μια κεντρική αρτηρία που περιβάλλεται από 15-20 μικρές φλέβες, για την αποφυγή απώλειας θερμότητας στα άκρα.

➤ Στις μόνιμα υδρόβιες φάλαινες, δεν είναι μόνο οι θερμικές απώλειες μέσω των πτερυγίων που ελέγχονται από συστήματα αντίθετου ρεύματος, αλλά και τα αναπαραγωγικά όργανα (που δεν επιτρέπεται να υπερθερμανθούν) και η περιοχή του στόματος, διότι έχει αποδειχθεί ότι οι γλώσσες των φαλαινών, οι οποίες τρέφονται συνεχώς με ανοιχτό το στόμα και σε κρύα ύδατα, είναι καλά προικισμένοι ανταλλάκτες θερμότητας για τη μείωση της απώλειας θερμότητας από το στόμα



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

Λόγω της ψύξης κατά την κατάδυση, μερικά ημι-υδρόβια θηλαστικά, όπως οι μοσχοπόντικες, χρησιμοποιούν επίσης θερμογένεση χωρίς ρίγος (Non-shivering thermogenesis - NST) στο κέντρο του σώματος για να ζεσταθούν μετά από κατάδυση ή παρατεταμένη κολύμβηση με τη βοήθεια του καστανού λίπους.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα



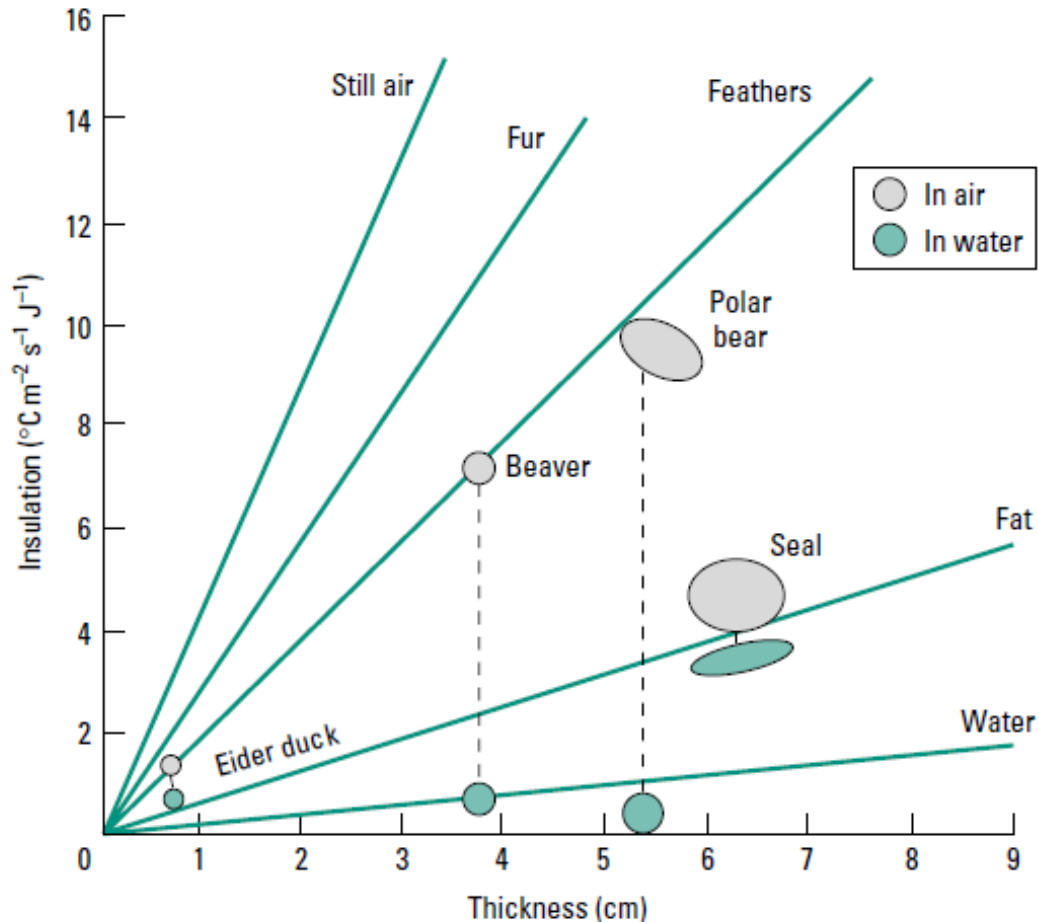
Τα περισσότερα ενδόθερμα ζώα του γλυκού νερού χρησιμοποιούν επίσης εξελιγμένους ανταλλάκτες θερμότητας με αντίθετο ρεύμα στα άκρα τους (πόδια ή πτερύγια) για τη μείωση της απώλειας θερμότητας. Σε κρύα κλίματα στις μεμβράνες των ιστών στα άκρα ζώων όπως οι πάπιες ενσωματώνονται λιπίδια μικρής αλύσου για τη διατήρηση της ρευστότητας (τα λιπίδια αυτά έχουν σημεία τήξης έως και 30°C χαμηλότερα από τα λιπίδια στο κέντρο του σώματος)



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

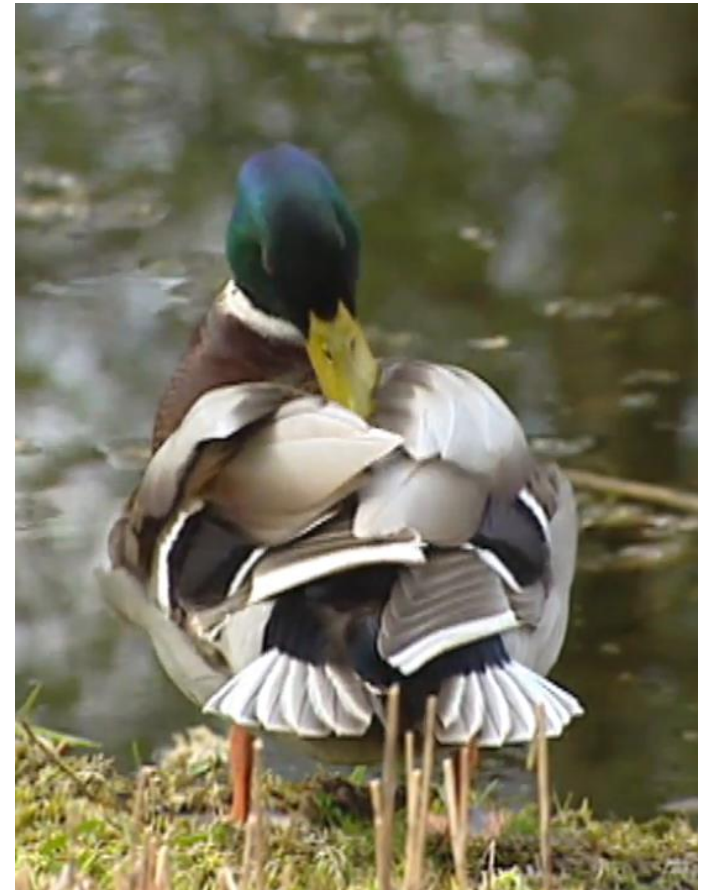
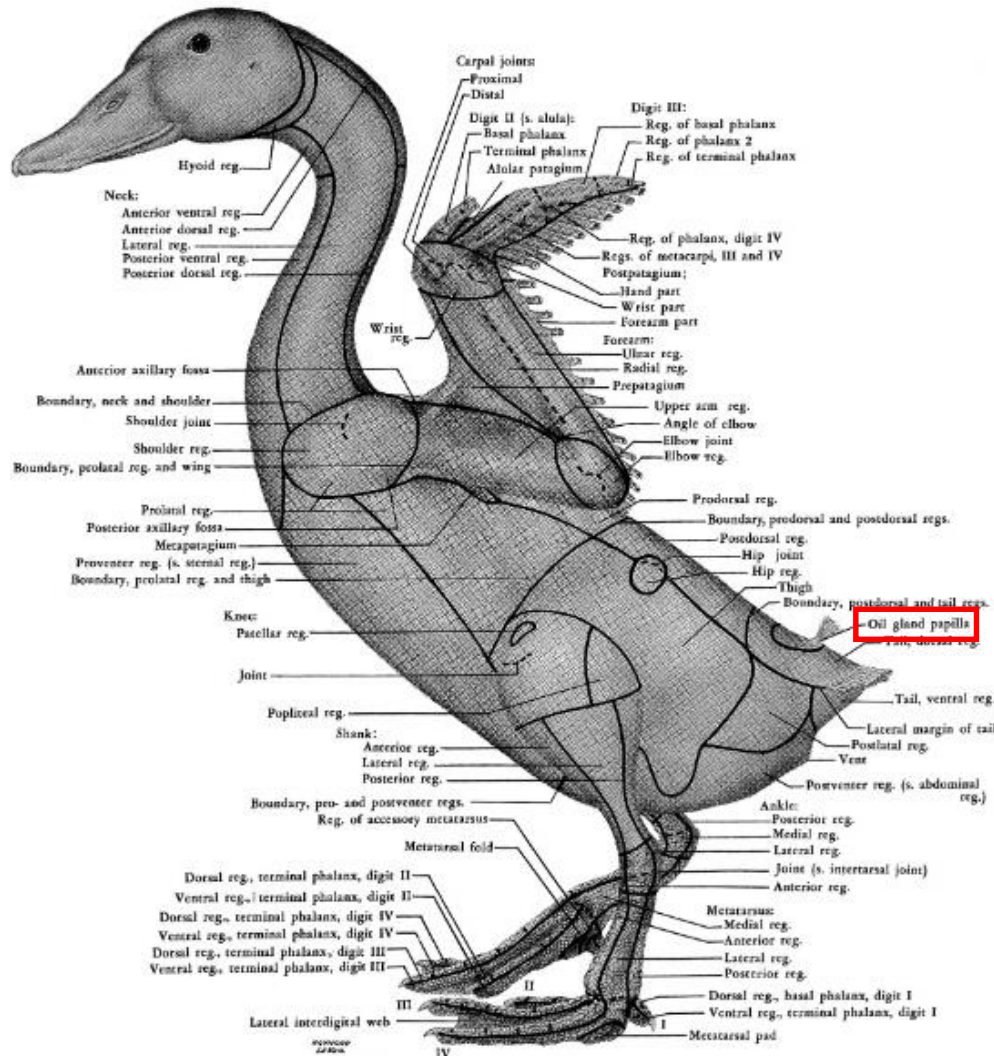
Το κύριο πρόβλημα για τα υδρόβια ενδόθερμα δεν είναι τόσο η παραγωγή θερμότητας, όσο η συγκράτησή της, όταν το ζώο περιβάλλεται από το νερό που είναι κάτω από τη θερμοκρασία του σώματος, και στο οποίο διαχέεται θερμότητα. Μονωτικά στρώματα, με τη μορφή γούνας και φτερών, είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Η διαβροχή συνήθως μειώνει τη μονωτική αξία τέτοιων στρωμάτων ουσιαστικά αντικαθιστώντας τον παγιδευμένο αέρα με νερό.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

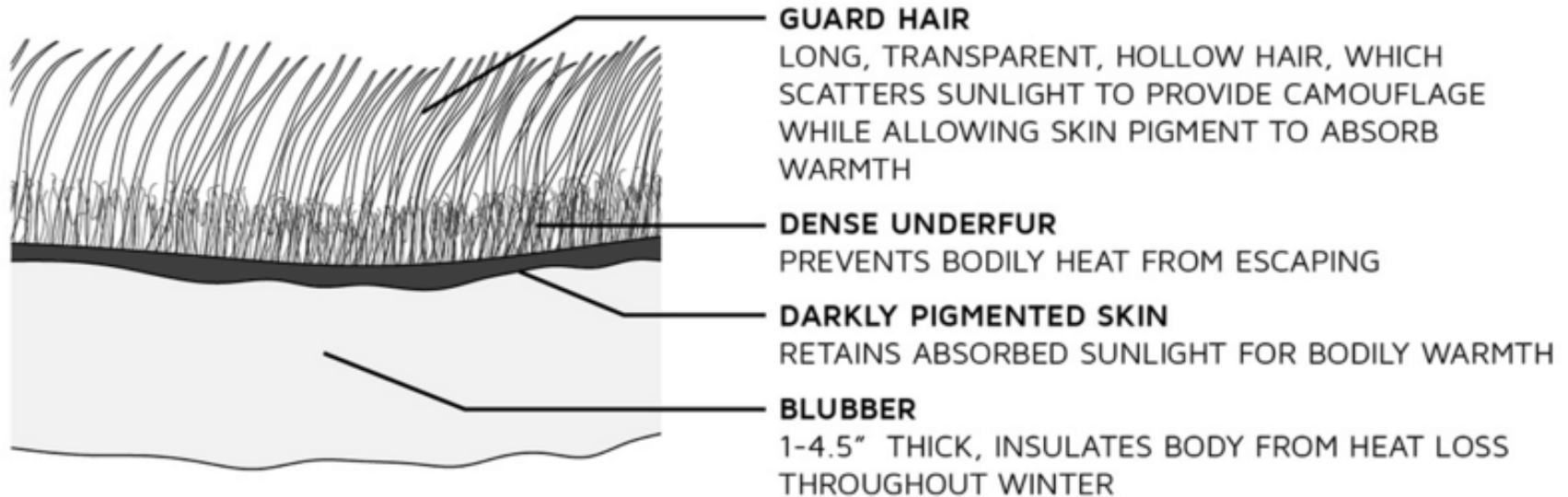
Η κοινή λύση στα πτηνά είναι να διαθέτουν αδένες ελαίου των οπείων το προϊόν απλώνεται πάνω από τα φτερά για να μειώσει τη διαβροχή τους, έτσι ώστε ένα στρώμα αέρα να παραμένει παγιδευμένο στο δέρμα.



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

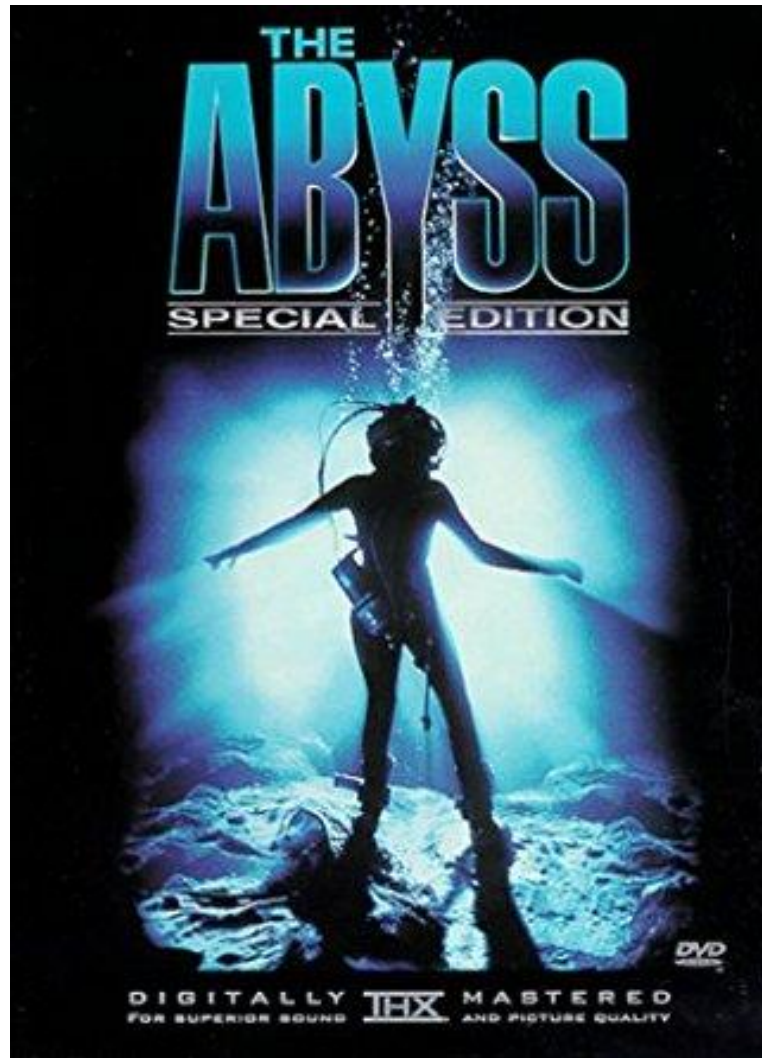
Φυσιολογία Κατάδυσης – Προσαρμογές στα Ζώα

Τα θηλαστικά μπορεί να επιτύχουν παρόμοια μονωτικά αποτελέσματα με ένα στρώμα κάτω από τη γούνα που διατηρεί ένα στρώμα αέρα, ή μπορούν να χρησιμοποιήσουν την κανονική πυκνή γούνα για να παγιδεύσουν τουλάχιστον ένα στρώμα στάσιμου νερού μειώνοντας την απώλεια θερμότητας ("υγρή γούνα").



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών








Προσαρμογές κυρίως σε:

- Έλλειψη τροφής
- Μεγάλη υδροστατική πίεση
- Αναπαραγωγή

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών

	Epipelagic	Mesopelagic (vertical migrators)	Mesopelagic (non-migrators)	Deep Pelagic	Deep-sea bottom
Appearance					
Size	Wide size range, from tiny to huge	Small	Small	Small	Relatively large
Shape	Streamlined shape	Relatively elongated and/or laterally compressed	Relatively elongated and/or laterally compressed	No streamlining, often globular in shape	Very elongated
Musculature	Strong muscles, fast swimming	Moderately strong muscles	Weak, flabby muscles	Weak, flabby muscles	Strong muscles
Eye characteristics	Large eyes	Very large, sensitive eyes	Very large, sensitive eyes, sometimes tubular eyes	Eyes small or absent	Small eyes
Coloration	Typical counter- shading: dark back and white or silver belly	Black or black with silver sides and belly; counter- illumination	Black or black with silver sides and belly; counter- illumination	Black, occasionally red	Dark brown or black
Bioluminescence	Bioluminescence relatively uncommon	Bioluminescence common, often used for counter- illumination	Bioluminescence common, often used for counter- illumination	Bioluminescence common, often used to attract prey	Only a few groups bioluminescent

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών

Έλλειψη τροφής

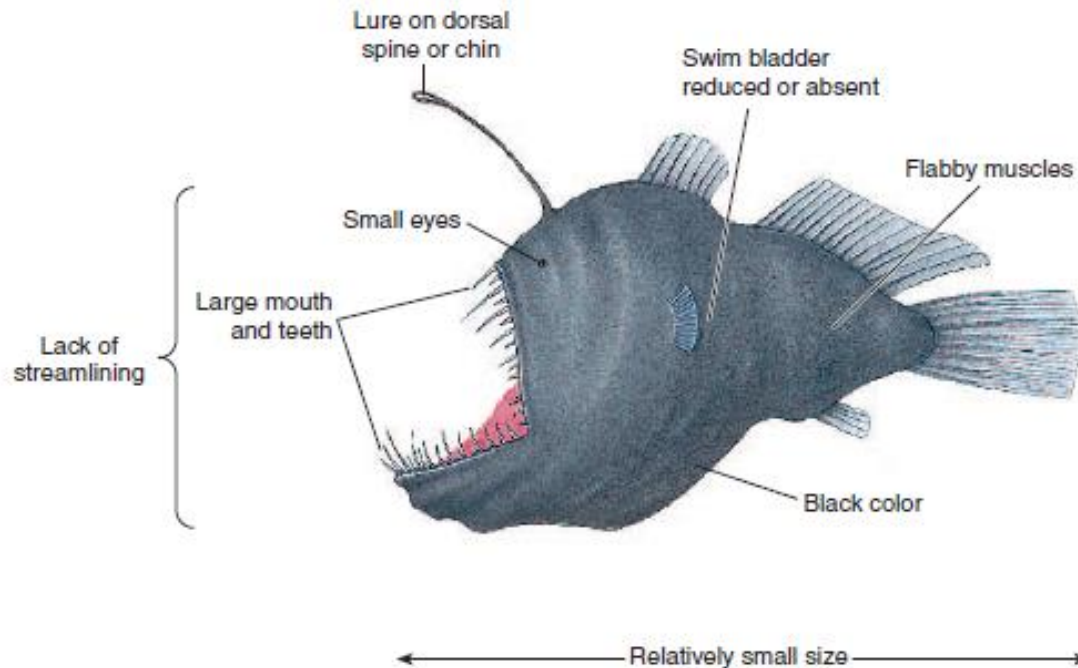
Εξοικονόμηση
ενέργειας

Αργοκίνητα ζώα

Πλαδαροί μύες & αδύναμοι σκελετοί

Όχι καλά ανεπτυγμένο κυκλοφορικό,
νευρικό & αναπνευστικό σύστημα

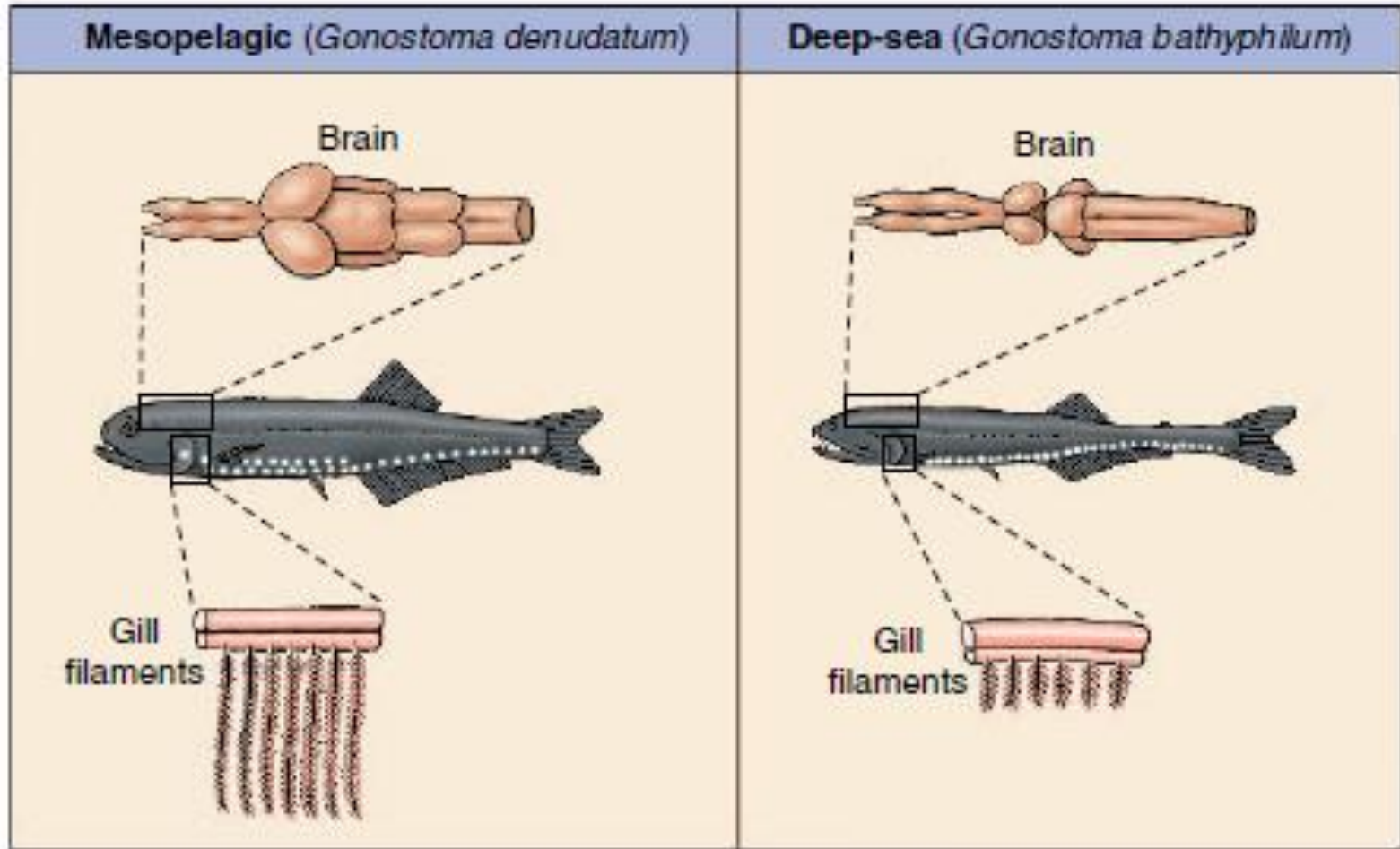
Τεράστια στόματα με δόντια για αρπαγή
ευκαιριακής λείας (εκτατό στομάχι)



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών

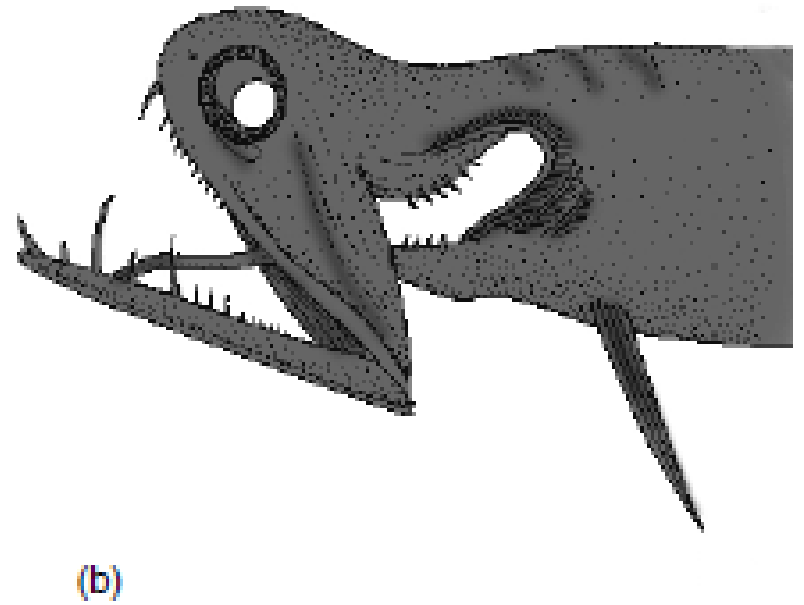
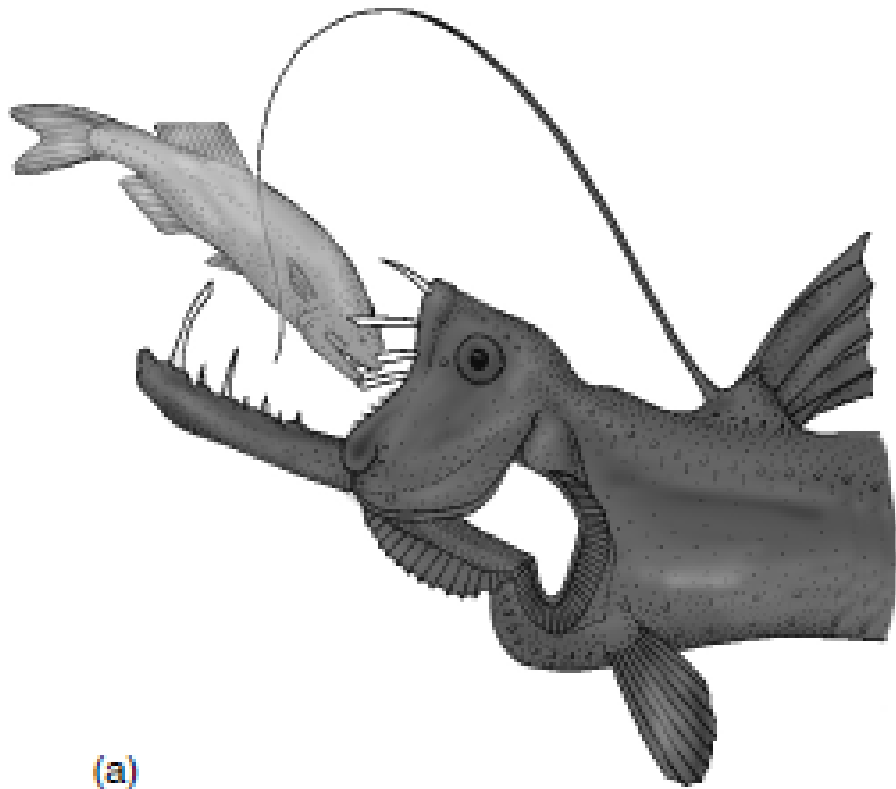
Έλλειψη τροφής



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών

Έλλειψη τροφής



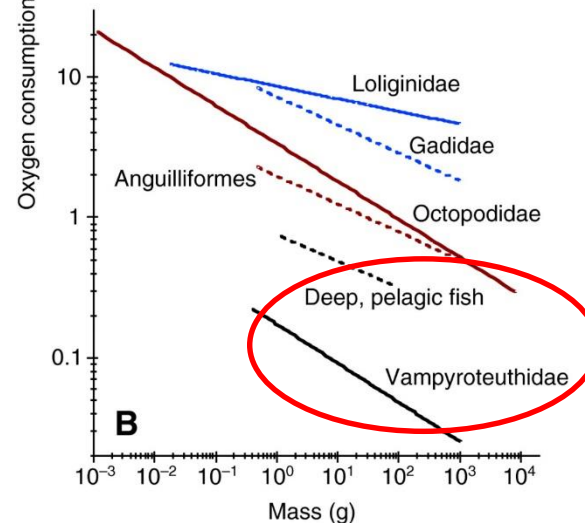
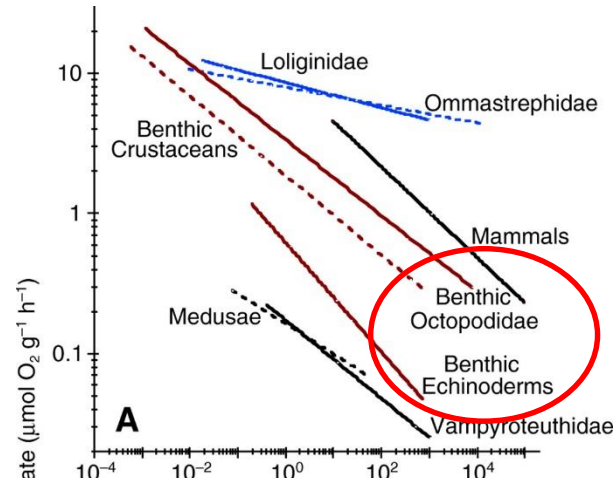
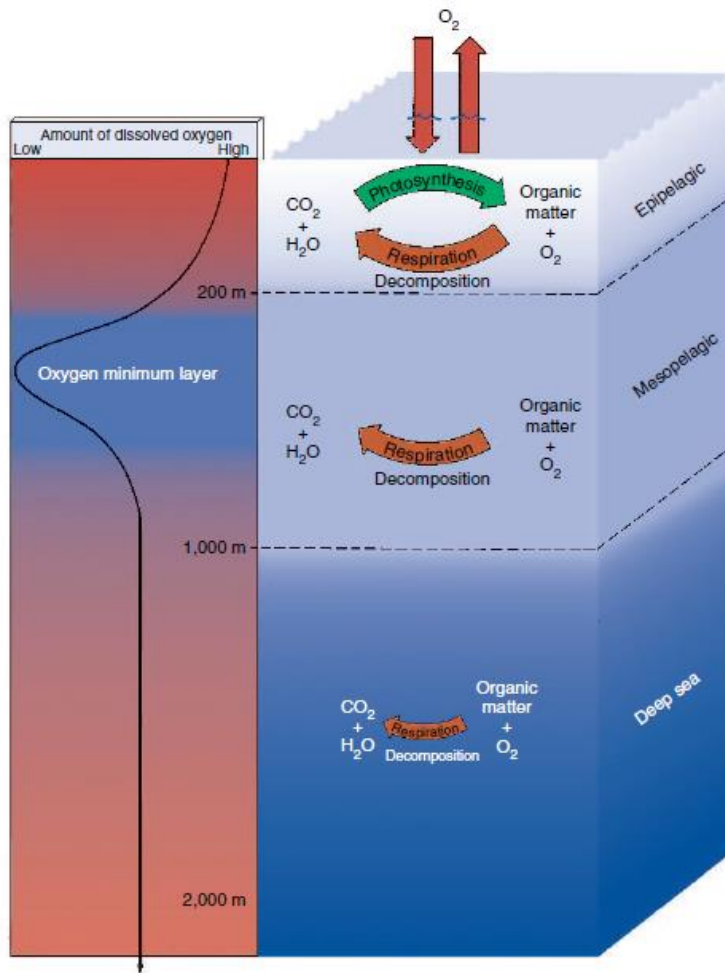
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών

Μεγάλη Υδροστατική Πίεση

Μοριακές
προσαρμογές

Μεταβολικά ένζυμα
Αιμοσφαιρίνη



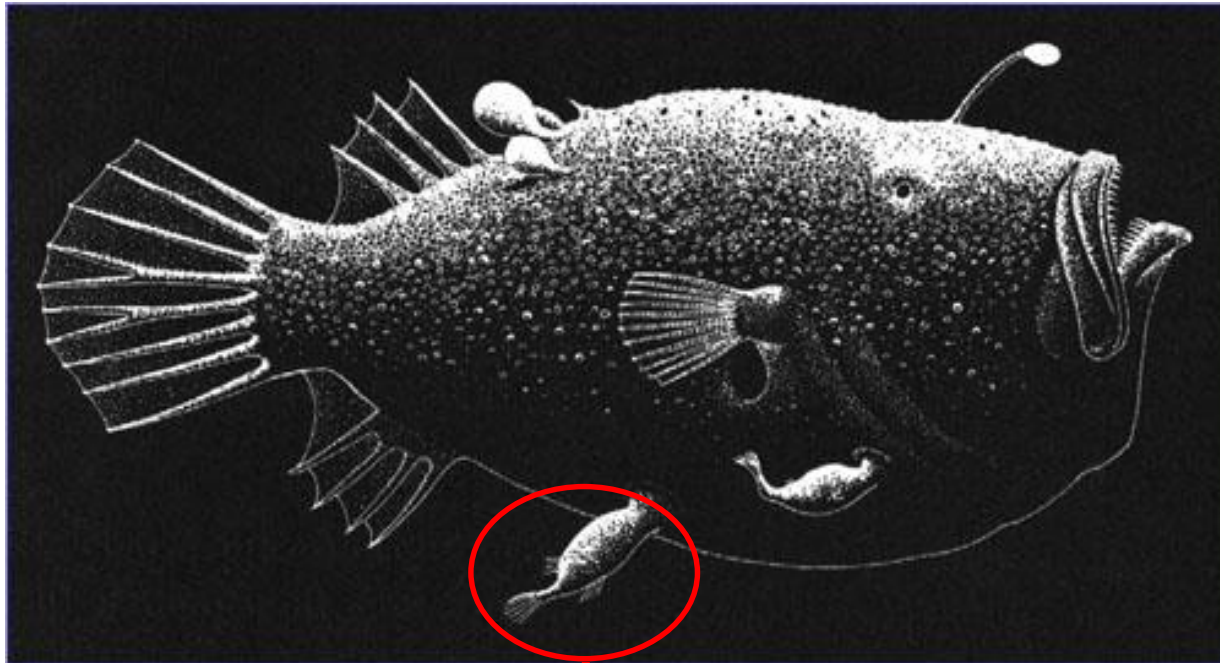
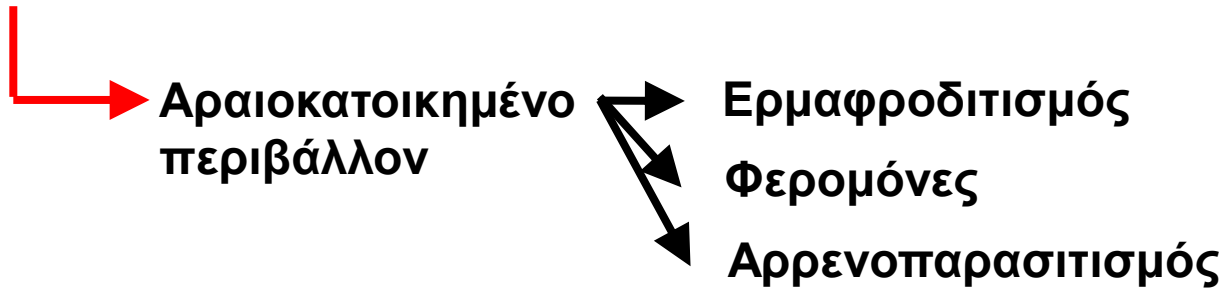
➤ Το μεγαλύτερο βάθος στο οποίο έχουν αναφερθεί ψάρια είναι τα 8.370 μ.

➤ Ασπόνδυλα και πρωτόζωα έχουν βρεθεί και βαθύτερα

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών

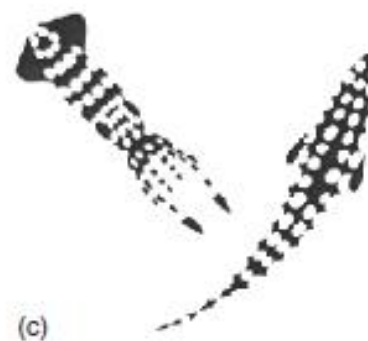
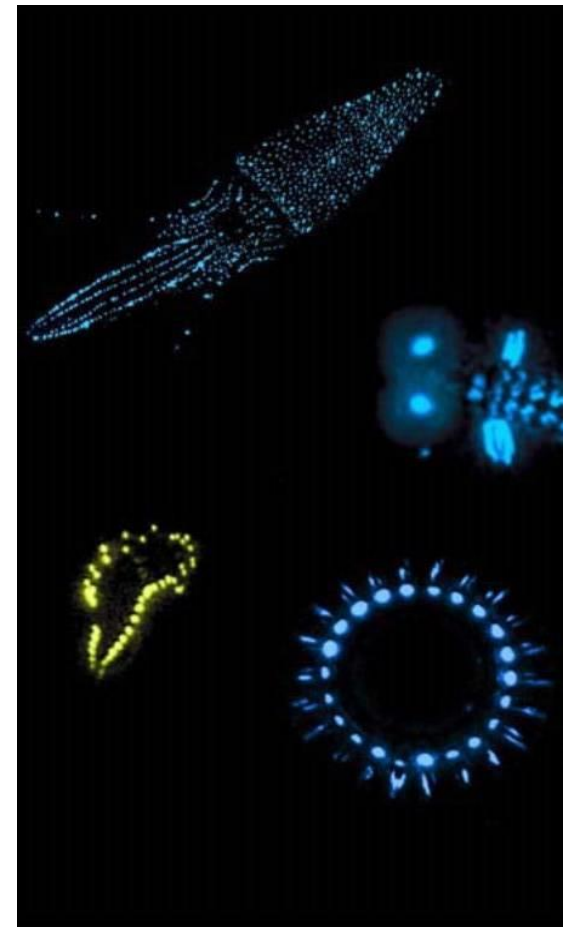
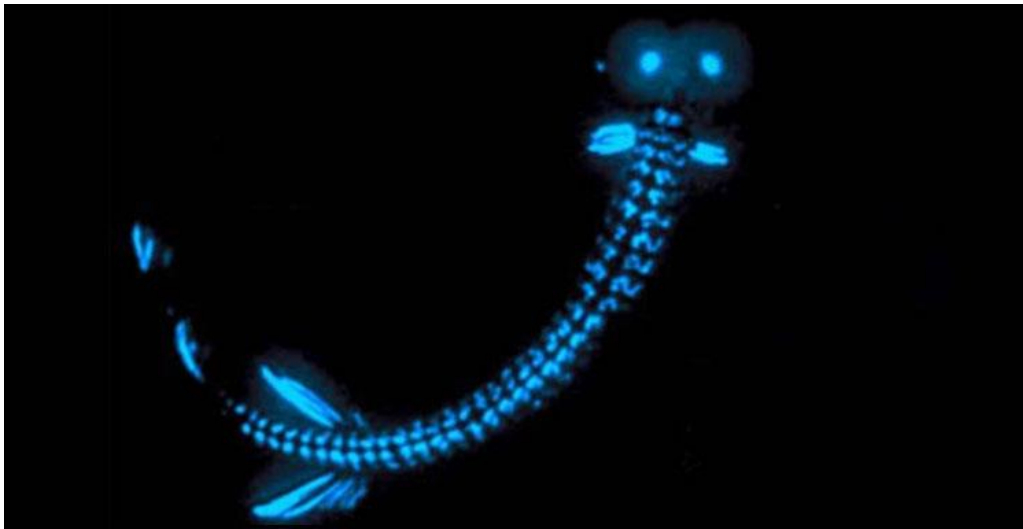
Αναπαραγωγή



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Οικοσυστήματα Βαθιών Θαλασσών

Βιοφωτισμός



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Ζωή στις σπηλιές



Ο αέρας περιέχει περίπου 21% οξυγόνο, έτσι η μεγάλη πλειοψηφία των χερσαίων ζώων δεν έχει ουσιαστικά κανένα πρόβλημα στην απόκτηση του οξυγόνου που χρειάζεται. Μόνο όταν περιορίζεται σε έναν ανεπαρκώς αεριζόμενο χώρο, όπως μια σπηλιά, ένα ζώο μπορεί να βιώσει ένα βαθμό υποξία.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Ζωή στις σπηλιές



➤ Οι υπόγειες λίμνες βρίσκονται σε πολλά μέρη του κόσμου όπου υπάρχουν σπηλιές, ειδικά στις ασβεστολιθικές περιοχές.

➤ Τα νερά εδώ μπορεί να είναι έντονα μεταλλικά, χωρίς φως και ως εκ τούτου με αδύνατη ανάπτυξη φυτών.

➤ Μπορούν να υποστούν σημαντικές εποχιακές πτώσεις στάθμης και καθίστανται υποξικές.

➤ Οι κάτοικοι αυτών των υδάτων είναι πάντα μάλλον εξειδικευμένοι, συχνά χωρίς μάτια, χωρίς χρωματισμό και συχνά με επιμήκεις αισθητήριες επιφάνειες.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

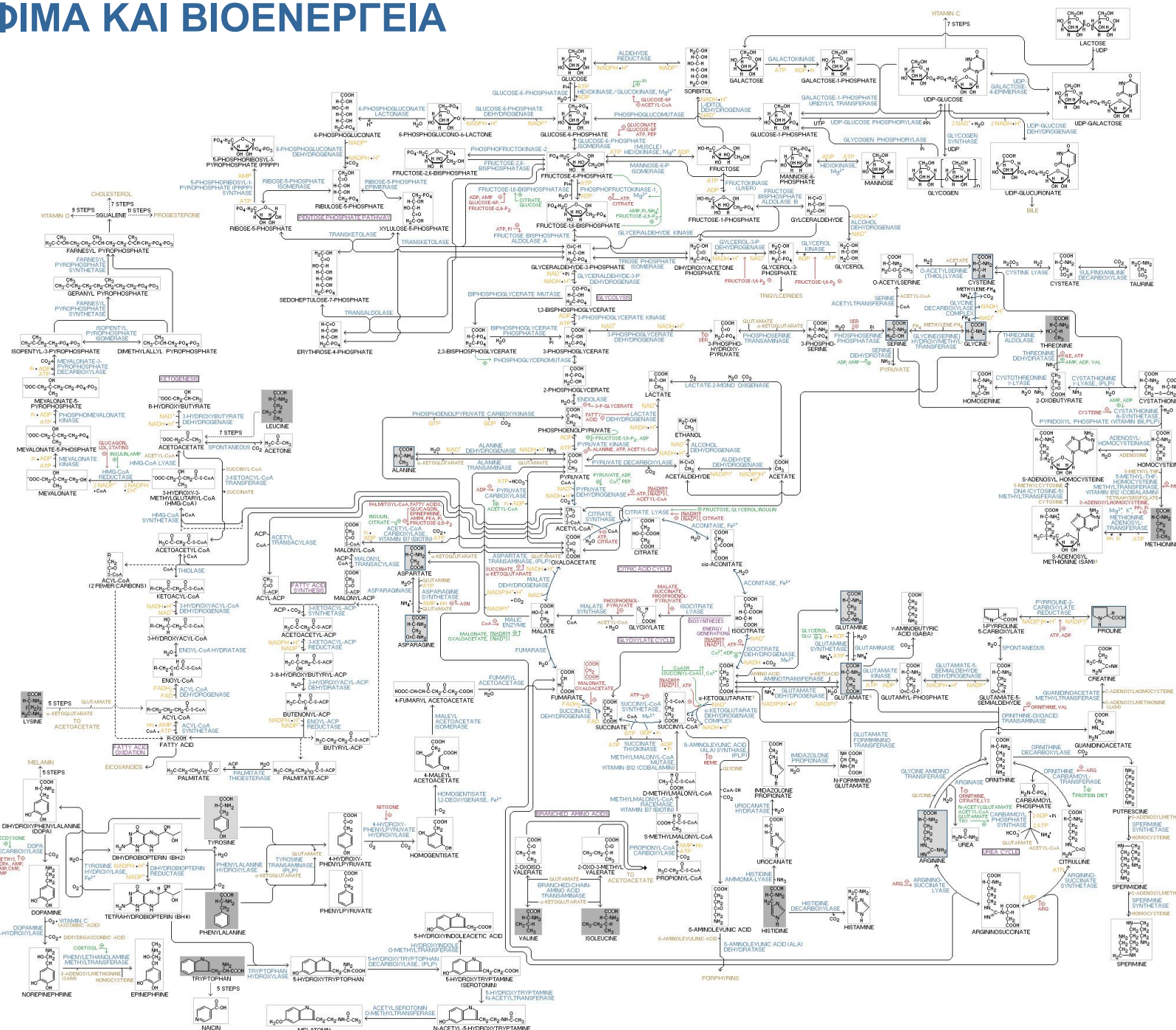
Ζωή στις σπηλιές



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

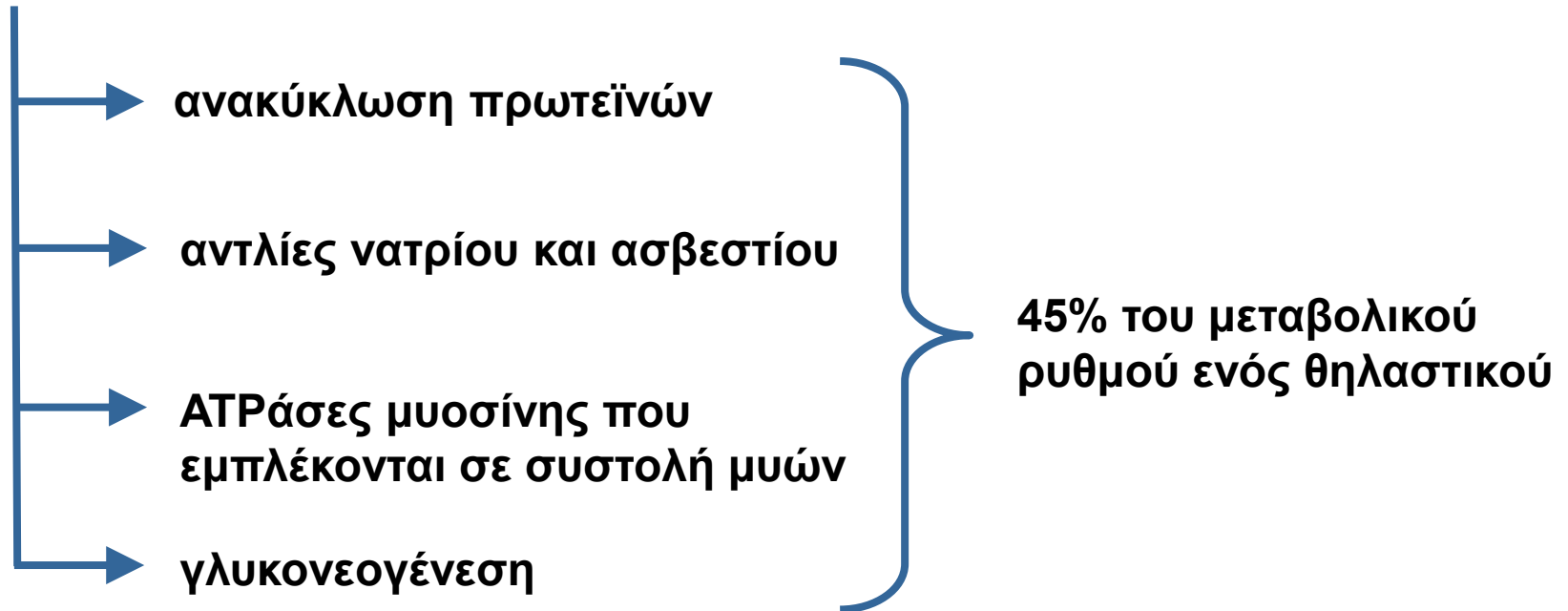


ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ



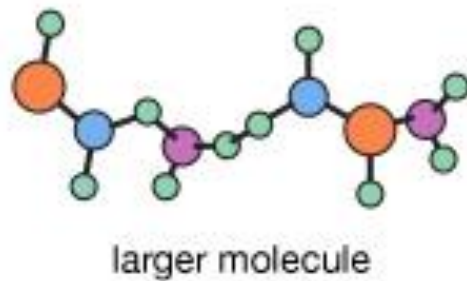
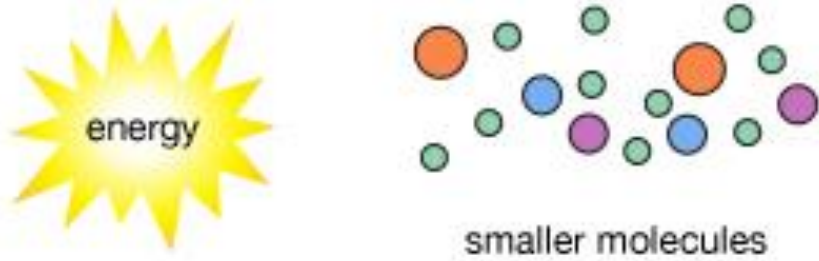
ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Οι **μεταβολικές αντιδράσεις** εντός των κυττάρων είναι η πηγή όλων των μακρομορίων μέσα σε ένα ζωντανό σώμα, συνθέτοντας μεγάλα τελικά προϊόντα με **αναβολικές διεργασίες** και ταυτόχρονα, άλλα μεγάλα τα μακρομόρια διασπώνται για να παράγουν χρησιμοποιήσιμη ενέργεια, με **καταβολικές διεργασίες**. Η ελεύθερη ενέργεια που παράγεται από τον καταβολισμό εμπλέκεται σε πολλές φυσιολογικές διεργασίες. **Οι κύριες λειτουργίες που απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας στα ζώα είναι:**

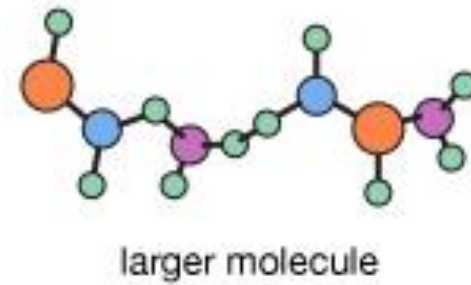


ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

anabolic reaction



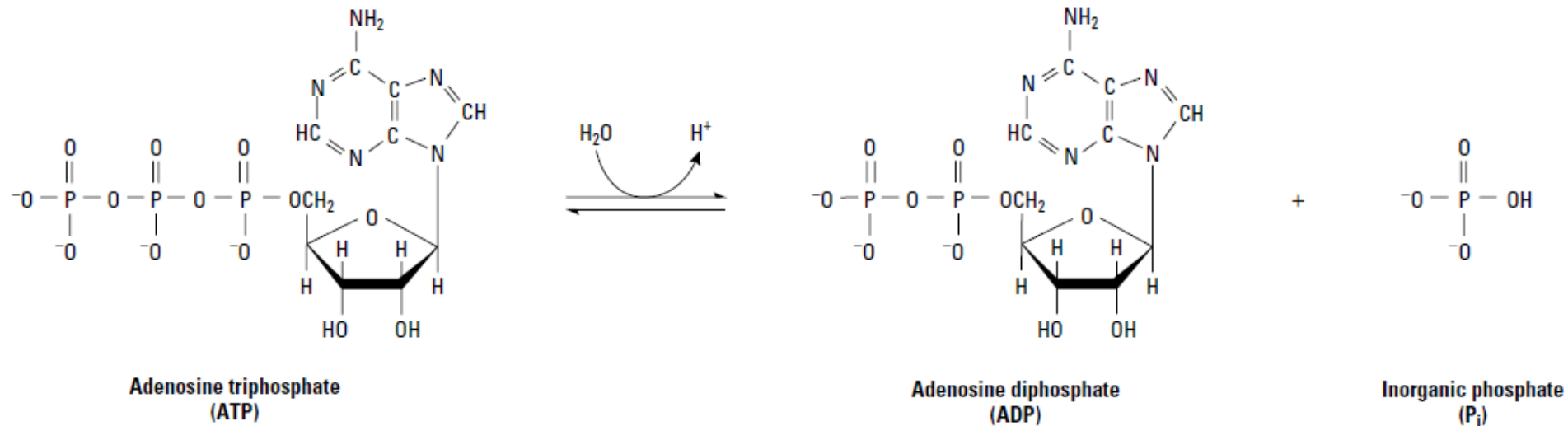
catabolic reaction



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

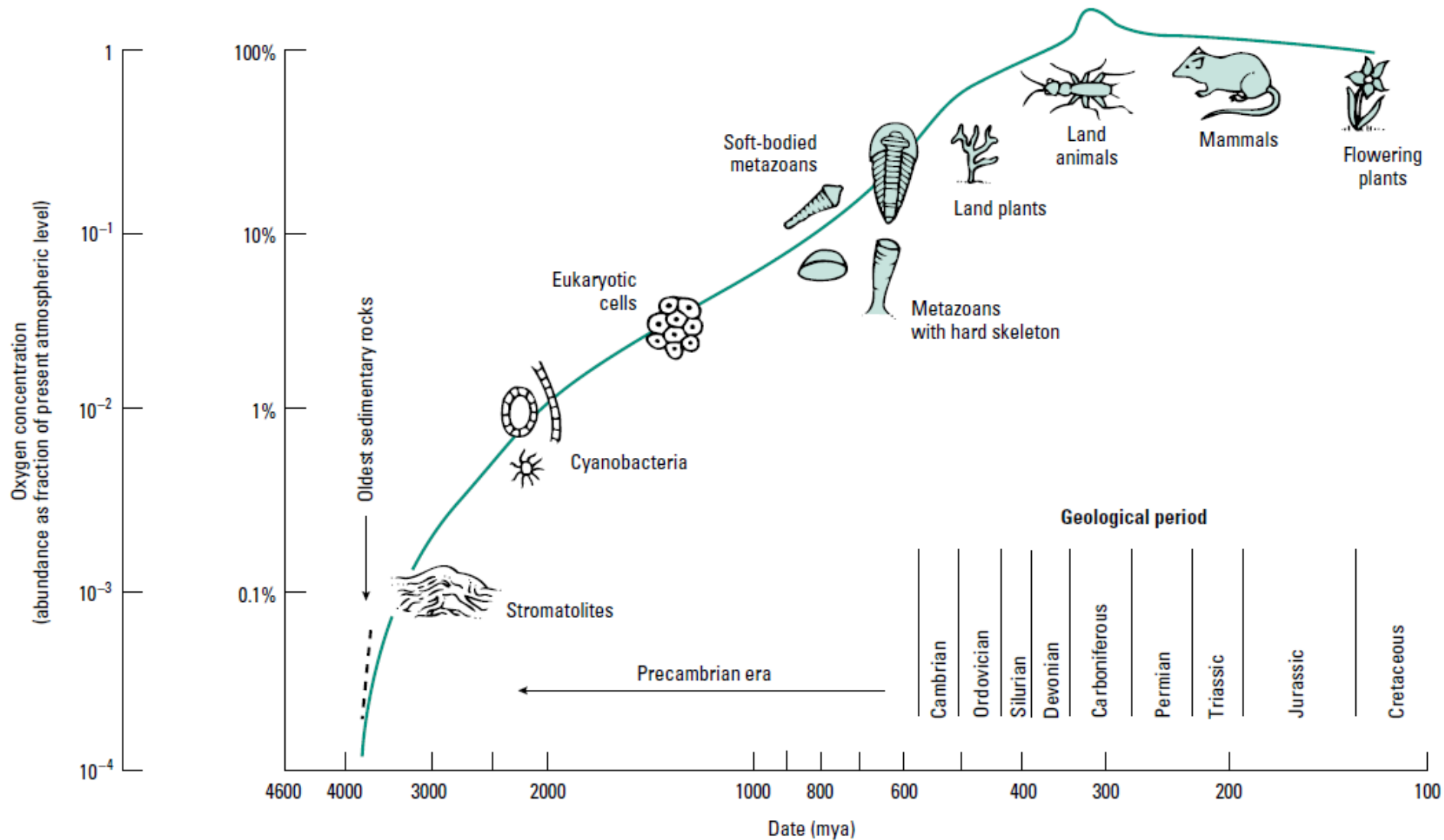
Μεταβολικά ενδιάμεσα προϊόντα

Η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) είναι το κλασικό «μόριο υψηλής ενέργειας» και αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτού και των άλλων αδενυλιών (τη διφωσφορική και μονοφωσφορική μορφή, ADP και AMP) είναι το κλειδί για πολλές μεταβολικές διεργασίες. Η υδρόλυση της τερματικής φωσφορικής ομάδας απελευθερώνει περίπου 30,5 kJ / mol ATP υπό φυσιολογικές συνθήκες



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

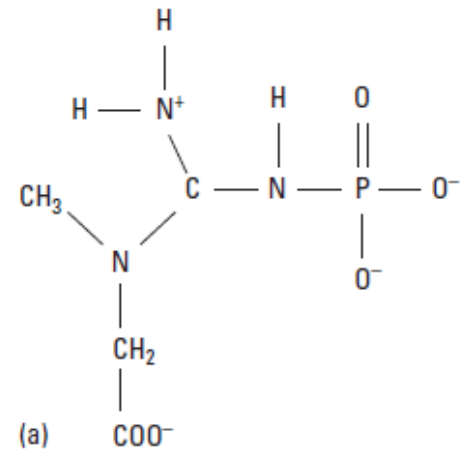
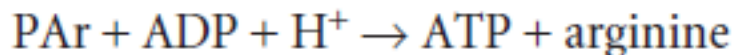
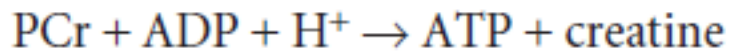
Μεταβολικά ενδιάμεσα προϊόντα



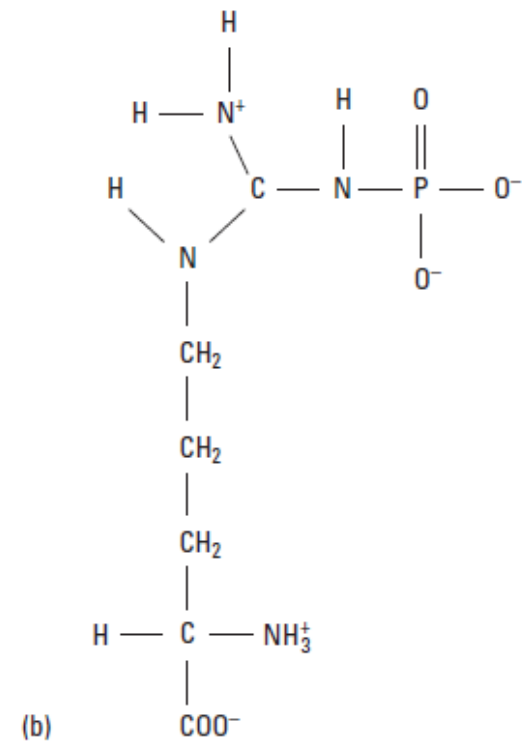
ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικά ενδιάμεσα προϊόντα

Άλλα φωσφορικά που χρησιμοποιούνται είναι η **φωσφορική κρεατίνη (PCr)** και η **φωσφορική αργινίνη (PAr)**, τα οποία φωσφορυλιώνουν παράγωγα ενώσεων γουανιδινίου. Αυτά μπορεί να είναι 10 φορές πιο υψηλά από το ATP σε ιστούς όπως οι μύες και ο εγκέφαλος, και είναι η άμεση βραχυπρόθεσμη πηγή του ATP στα περισσότερα ζώα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν ATP κάτω από αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες. Οι κινάσες ανήκουν σε μια κατηγορία ενζύμων που μεταφέρουν τον δεσμό φωσφορικών υψηλής ενέργειας του ATP σε ένα άλλο μόριο:



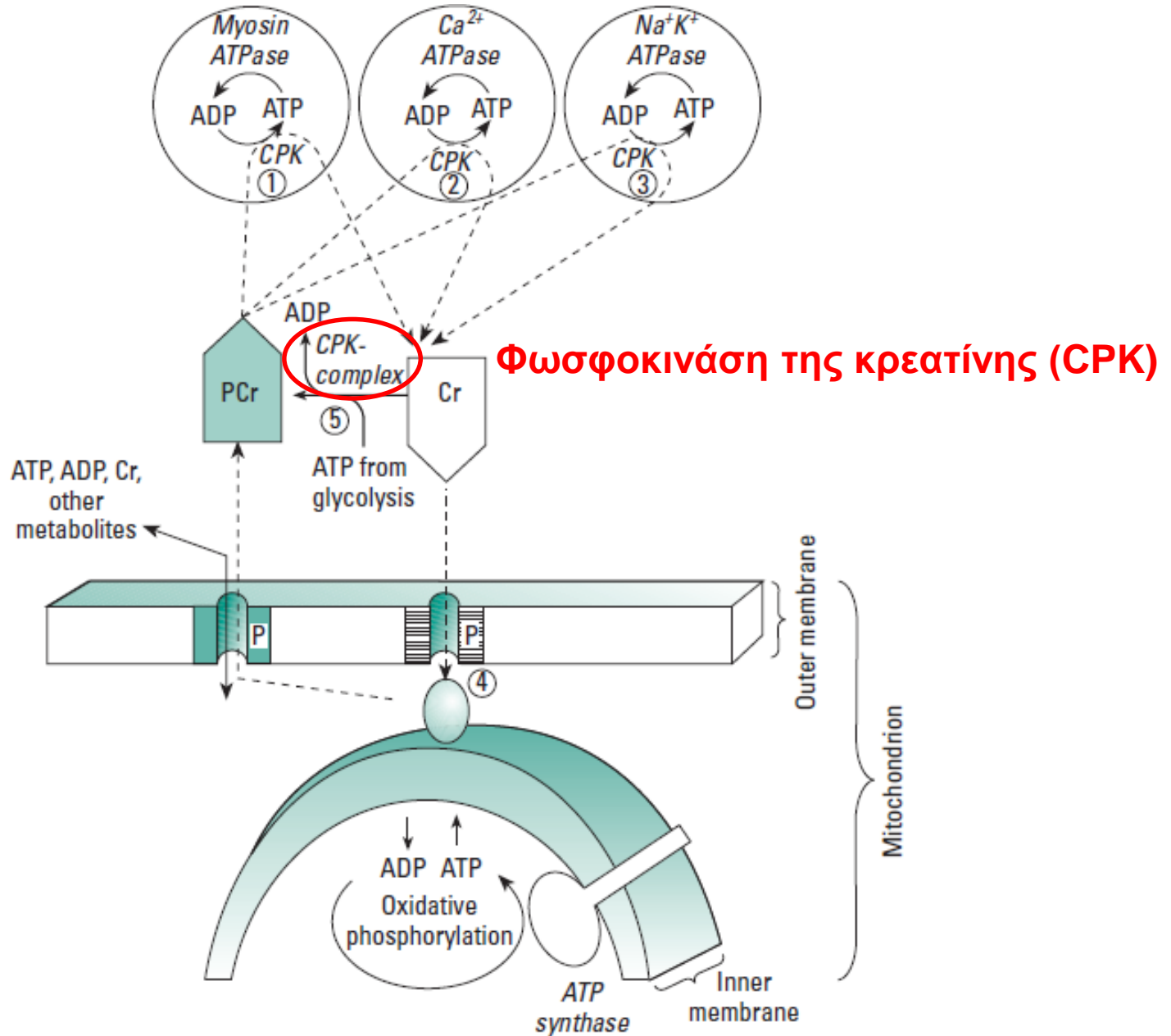
Φωσφορική κρεατίνη



Φωσφορική αργινίνη

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικά ενδιάμεσα προϊόντα



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικά ενδιάμεσα προϊόντα

Οι αποθήκες PCr και PAr επαρκούν για να υποστηρίξουν μια μέτρια ποσότητα εργασίας που διαρκεί λίγα μόνο δευτερόλεπτα (περίπου 2-5 δευτερόλεπτα σε **μύες θηλαστικών**). Σε ψάρια και πολλά ασπόνδυλα η ενέργεια που απαιτείται για τη **σύλληψη θηράματος ή διαφυγή από τους θηρευτές** μπορεί συχνά να παρέχεται εξ ολοκλήρου από την κατανομή των φωσφορικών αλάτων, τα οποία στη συνέχεια επαναφορτίζονται χρησιμοποιώντας αερόβια μονοπάτια.



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Τα περισσότερα ζώα χρησιμοποιούν αναερόβια μονοπάτια για τη διατήρηση των ενεργειακών αποθηκών τους και υπό ορισμένες συνθήκες όπου το **οξυγόνο δεν είναι διαθέσιμο**. Μπορεί να εξαρτάται ολόκληρος ο μεταβολισμός από αναερόβιες διαδικασίες: π.χ. υδρόβια ζώα, ζώα που ζουν σε ιζήματα και παράσιτα που ζουν στο έντερο σπονδυλωτών. Όλα αυτά τα ζώα είναι πολύ ανεκτικά σε **υποξία** ή **ανοξία**. Οι μεταβολικοί ρυθμοί τους συνήθως μειώνονται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας αναπνοή.



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

- Στα σπονδυλωτά η ανοχή της υποξίας είναι πολύ λιγότερη, εκτός από μερικές ειδικές περιπτώσεις όπου, για παράδειγμα, τα ψάρια μπορούν να επιβιώσουν σε λίμνες με πάγο για αρκετές εβδομάδες.
- Τα ανώτερα σπονδυλωτά χρησιμοποιούν αναερόβιες οδούς σε μεγάλο βαθμό μόνο κατά τη διάρκεια σύντομων εκρήξεων έντονης δραστηριότητας.



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Βασικά γλυκολυτικά μονοπάτια

Η διαδικασία της γλυκόλυσης λαμβάνει χώρα στο κυτταρόπλασμα και αν το οξυγόνο είναι περιορισμένο μπορεί να είναι μια εξ ολοκλήρου αναερόβια διαδικασία:



Η γλυκόζη συνήθως εισέρχεται στα κύτταρα μέσω ειδικής μεταφοράς από πρωτεΐνες. Αρχικά φωσφορυλιώνεται από το ATP για το σχηματισμό 6-φωσφορικής γλυκόζης, μια αντίδρασης που καταλύεται από το ένζυμο εξωκινάση:



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Εναλλακτικά μεταβολικά προϊόντα της γλυκόλυσης

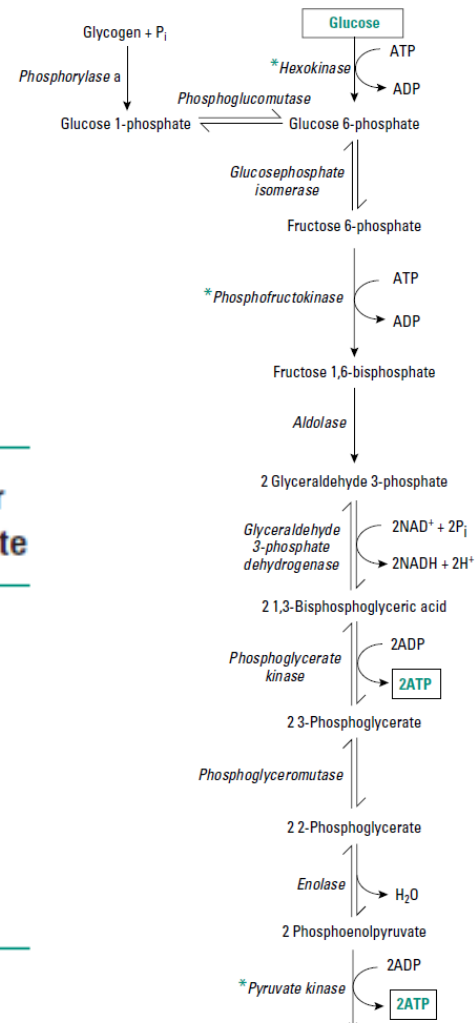
- Τα αρθρόποδα, τα εχινόδερμα και τα σπονδυλωτά βασίζονται κυρίως στη γλυκόλυση για την παραγωγή αναερόβιας ενέργειας, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων **γαλακτικού** και μερικές φορές μικρές ποσότητες **αλανίνης**.
- Αλλά ασπόνδυλα, ειδικά αυτά των παρασιτικών ομάδων, παράγουν **αιθανόλη** ως τελικό προϊόν.
- Η **αιθανόλη** είναι επίσης ένα τελικό προϊόν σε ορισμένα ψάρια, όπως το χρυσόψαρο στο οποίο μπορεί να γίνει ανεκτή η πλήρης απουσία οξυγόνου για μεγάλες περιόδους σε χαμηλές θερμοκρασίες, με **CO₂** και **αιθανόλη** ως **τελικά προϊόντα**.



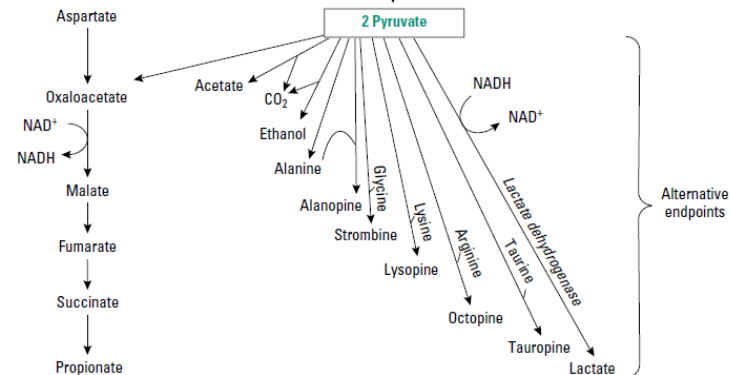
ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Εναλλακτικά μεταβολικά προϊόντα της γλυκόλυσης



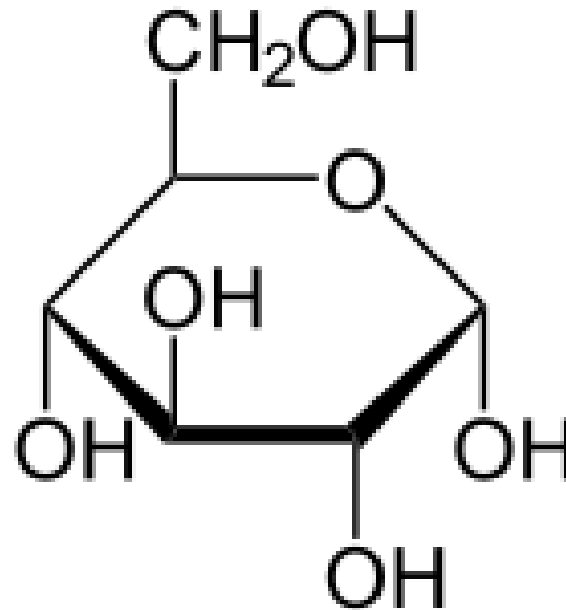
Substrate	Endpoints	mol ATP per mol substrate
Glucose	Lactate, octopine, alanopine or strombine	2
Glucose	Succinate	4
Glucose	Propionate	6
Aspartate or glutamate	Succinate	1
Aspartate or glutamate	Propionate	2
Branched-chain fatty acids	Volatile fatty acids	1



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Έλεγχος της γλυκόλυσης



Ο έλεγχος της γλυκόλυσης επιτυγχάνεται με δύο σημαντικούς τρόπους:

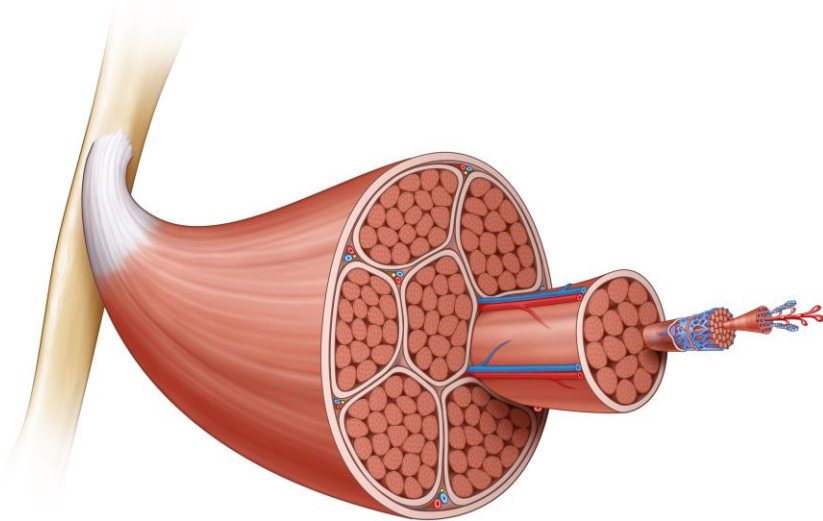
1. εξωγενή σήματα ενεργοποίησης (ορμόνες ή νευροδιαβιβαστές, που δρουν μέσω της G πρωτεϊνικής κινάσης / αδενυλικής κυκλάσης / cAMP - πρωτεΐνης και
2. δεύτερον μέσω των ρυθμιστικών ιδιοτήτων των ίδιων των γλυκολυτικών ενζύμων, όπου τα προϊόντα δρουν ως αρνητικές ανατροφοδοτήσεις σε προηγούμενα στάδια της διαδικασίας

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Καύσιμα για τη γλυκόλυση

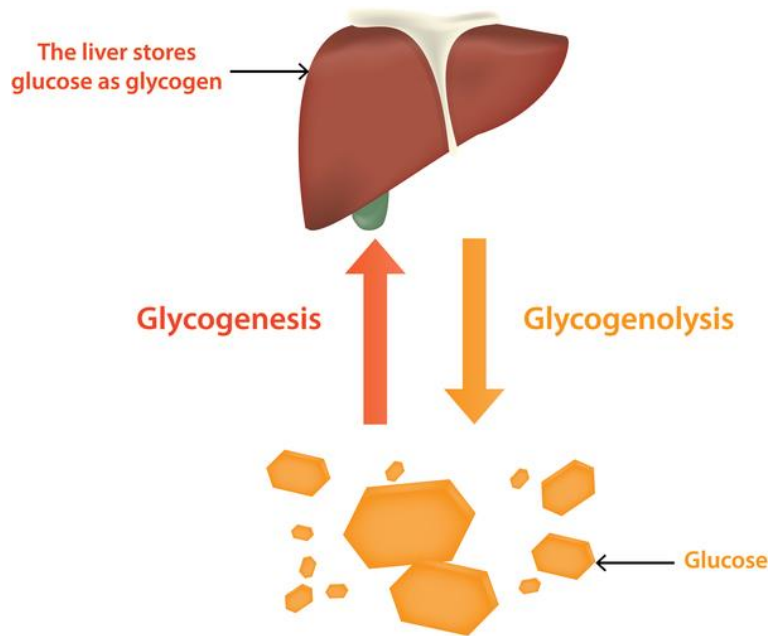
- Η γλυκόζη είναι η κύρια πηγή καυσίμου για τη γλυκόλυση, αλλά αποθηκεύεται ως το πολυσακχαριδικό γλυκογόνο σε πολλούς ιστούς, ιδιαίτερα στους **μύες** (και το **ήπαρ** των σπονδυλωτών).
- Το γλυκογόνο μπορεί επίσης να εισέλθει στη γλυκόλυση μέσω μετατροπής σε γλυκόζη ή έμμεσα με μετατροπή σε 6-φωσφορική γλυκόζη.
- Οι συγκεντρώσεις του γλυκογόνου είναι ιδιαίτερα υψηλές σε είδη που έχουν μια καλά ανεπτυγμένη ανοχή για υποξία ή ανοξία. Για παράδειγμα, σε είδη **θαλάσσιων δίθυρων**, οι αποθηκευμένες συγκεντρώσεις γλυκογόνου μπορούν να υπερβούν το 1% της υγρής σωματικής μάζας. Άλλα σάκχαρα, συμπεριλαμβανομένης της φρουκτόζης και της γαλακτόζης, μπορούν επίσης να εισέλθουν στη γλυκολυτική οδό.



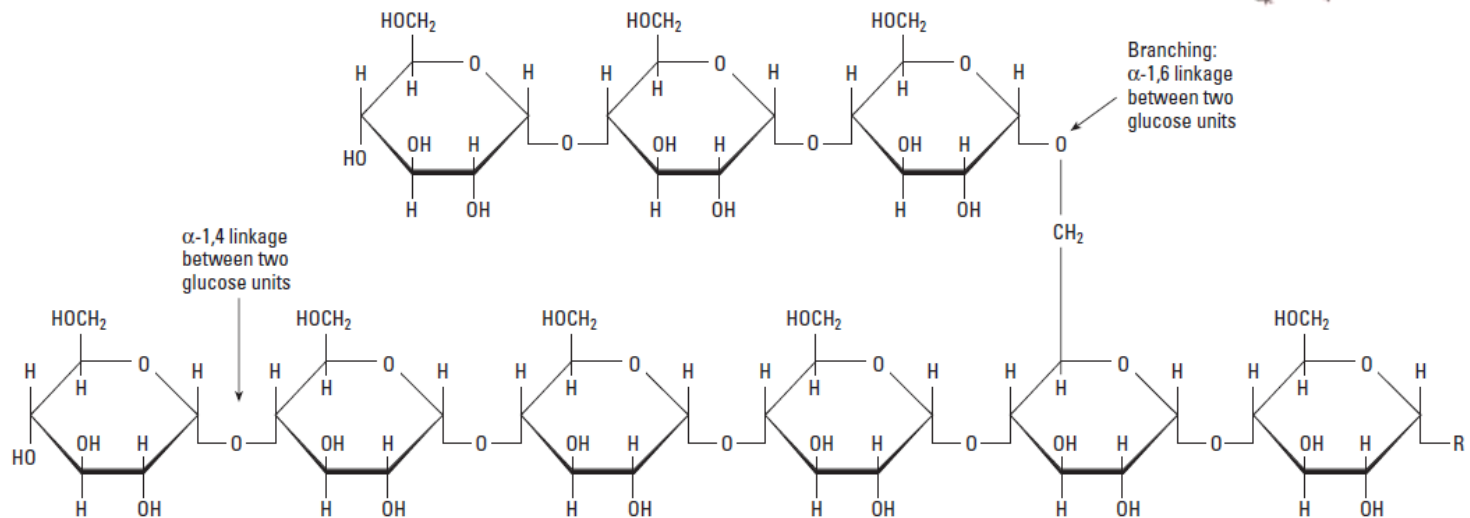
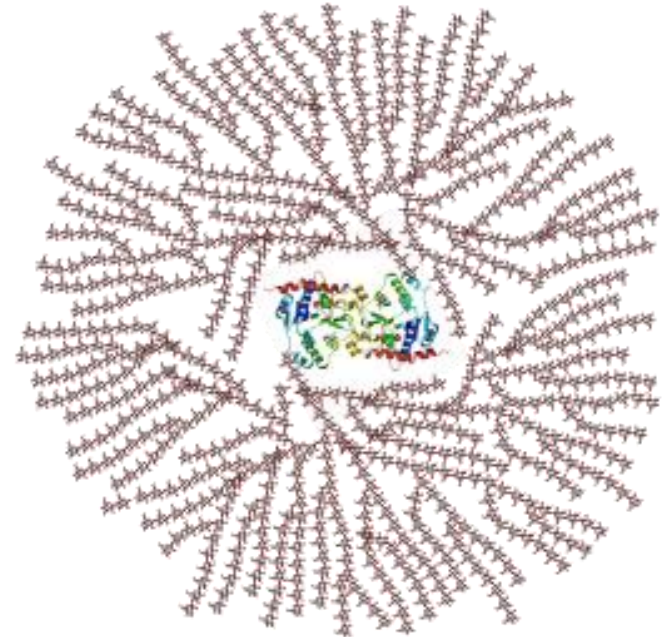
ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αναερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Εναλλακτικά μεταβολικά προϊόντα της γλυκόλυσης



Γλυκογόνο



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

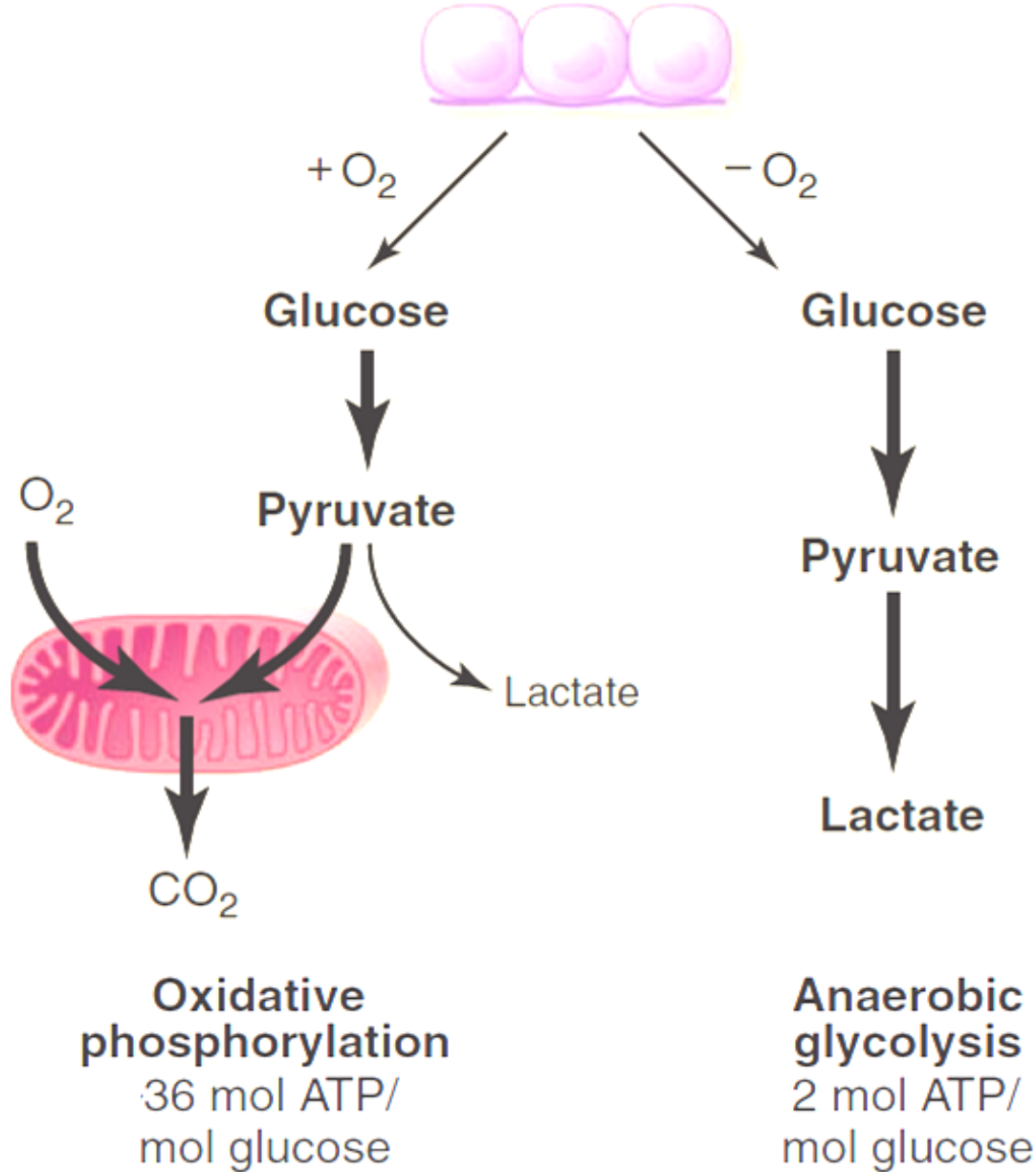
Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

- Στη ζύμωση, τα οργανικά μόρια χρησιμεύουν ως τελικοί δέκτες ηλεκτρονίων και πρωτονίων. Δεδομένου ότι η ζωή εξελίχθηκε σε μια ουσιαστικά αναερόβια ατμόσφαιρα αυτά τα μονοπάτια πρέπει να είναι από τα αρχαιότερα μέσα παραγωγής ενέργειας.
- Ωστόσο, οι σκελετοί άνθρακα μόνο εν μέρει αποικοδομούνται από τη διαδικασία και μόνο περίπου το 4,7% της συνολικής ενέργειας του μορίου γλυκόζης απελευθερώνεται κατά την παραγωγή πυροσταφυλικό.
- Όποτε είναι δυνατόν, τα ζώα προχωρούν περαιτέρω με το διάσπαση της γλυκόζης, εξασφαλίζοντας ότι είναι πιο οξειδωμένη με το O₂ να ενεργεί ως ο τερματικός αποδέκτης ηλεκτρονίων. Η καθαρή αντίδραση για την πλήρη οξείδωση της γλυκόζης σε αερόβιες συνθήκες:



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

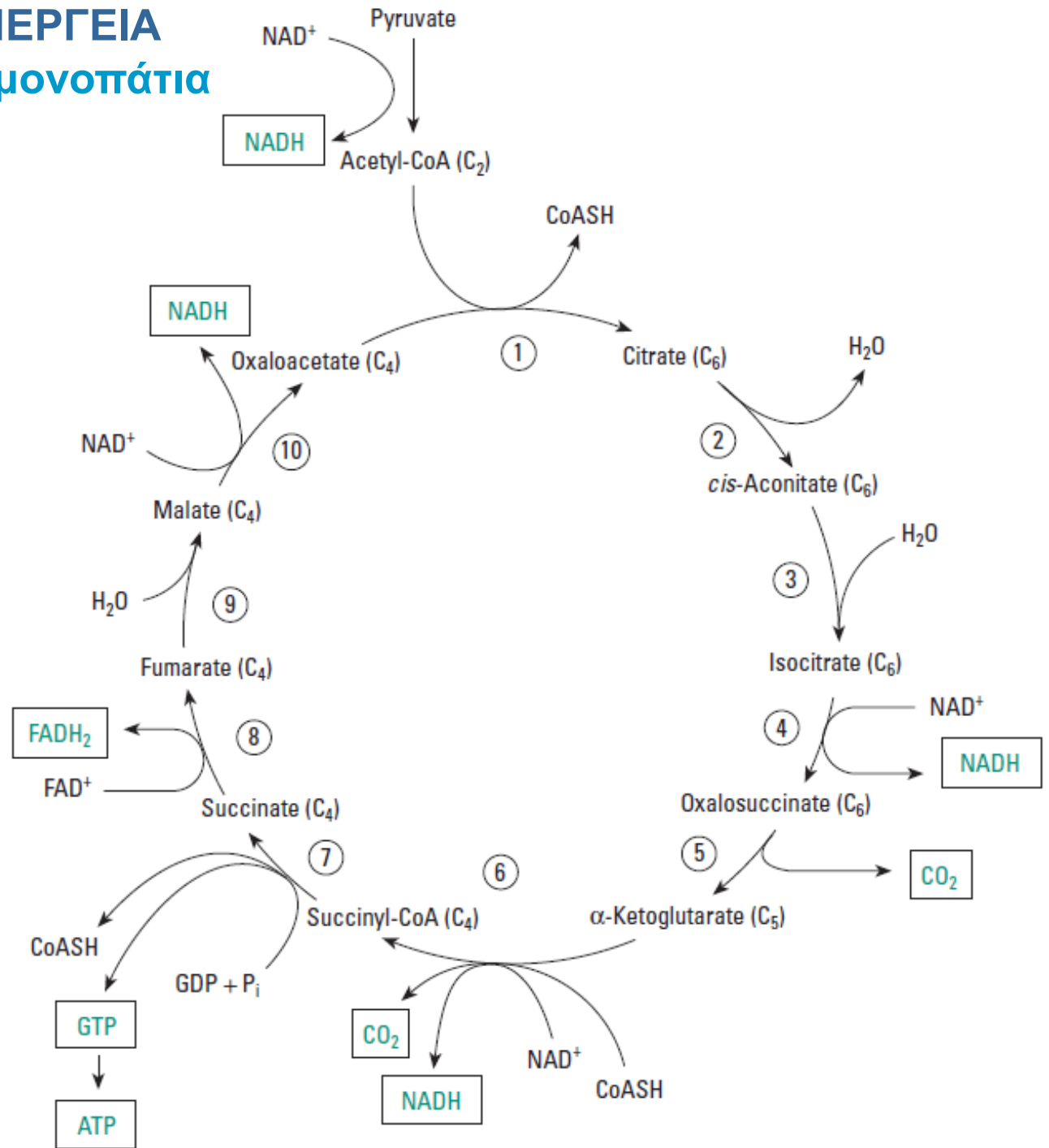


ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Κύκλος του Krebs

Λεπτομερής παρουσίαση της περιεκτικότητας άνθρακα κάθε μορίου μέσω του κύκλου του Krebs

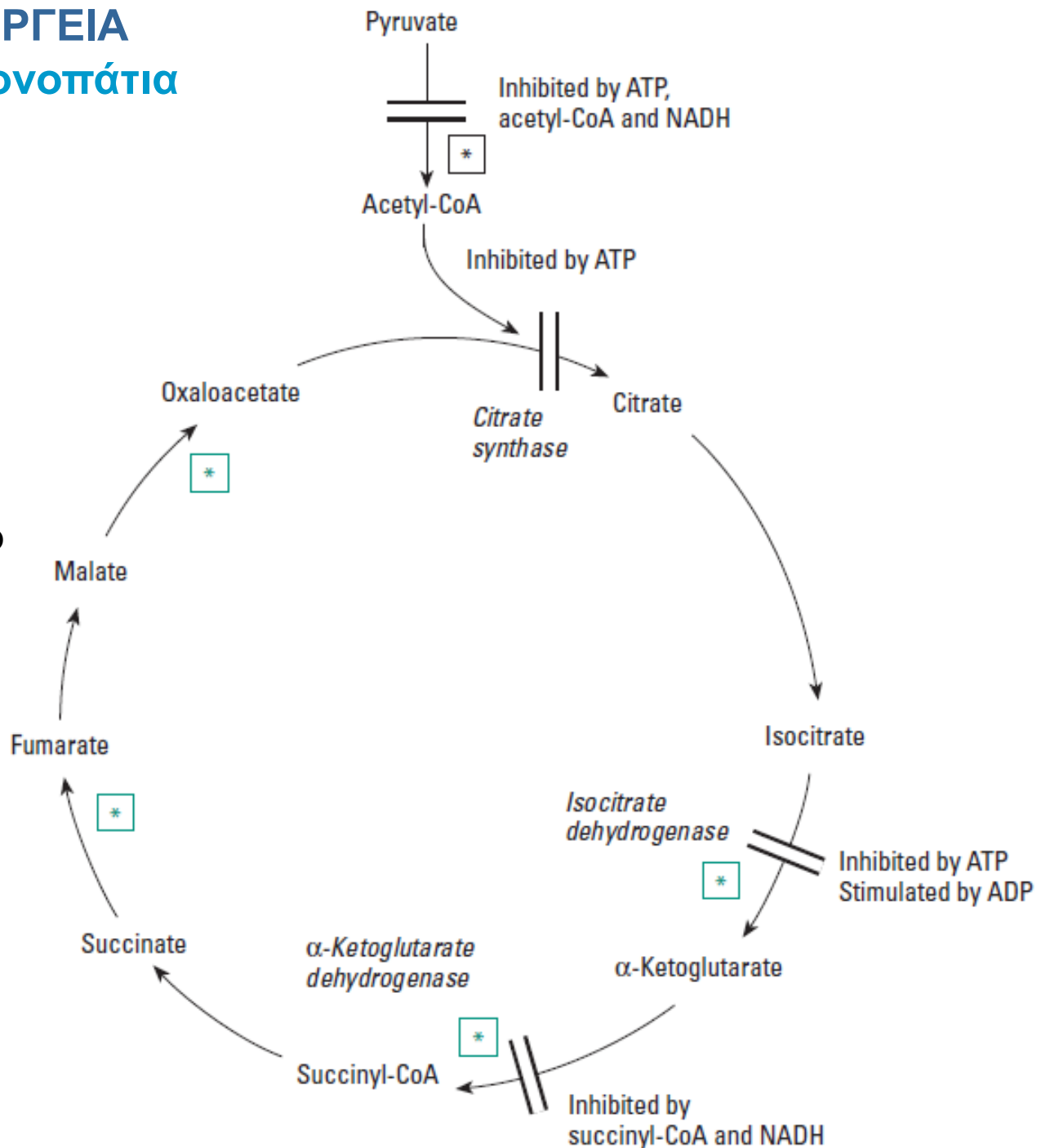


ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Κύκλος του Krebs

Τα κύρια ένζυμα του κύκλου Krebs που λειτουργούν ως σημεία ελέγχου (* τα βήματα ελέγχου από τη διαθεσιμότητα των αποδεκτών ηλεκτρονίων NAD ή FAD που αναγεννιούνται με την οξειδωτική φωσφορυλίωση).

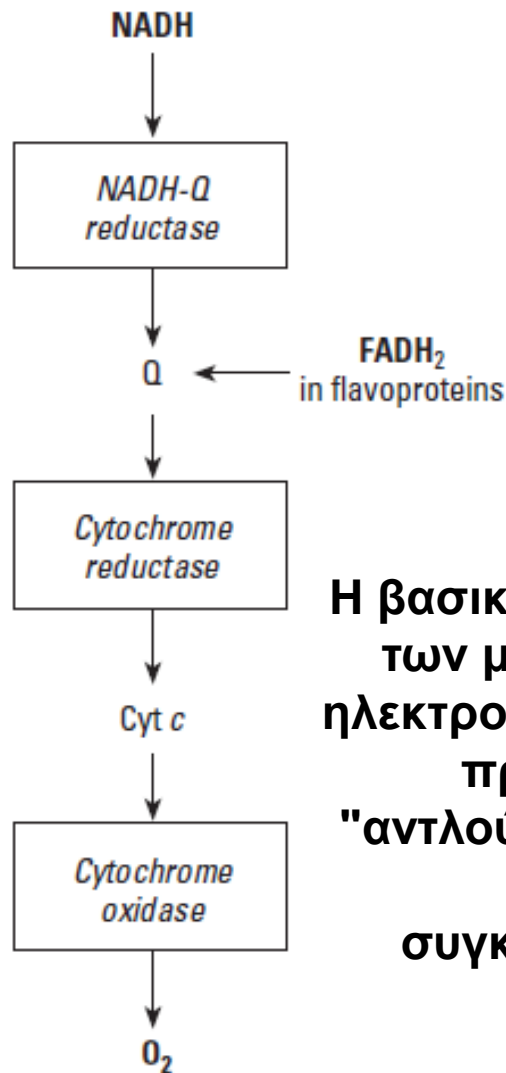


ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

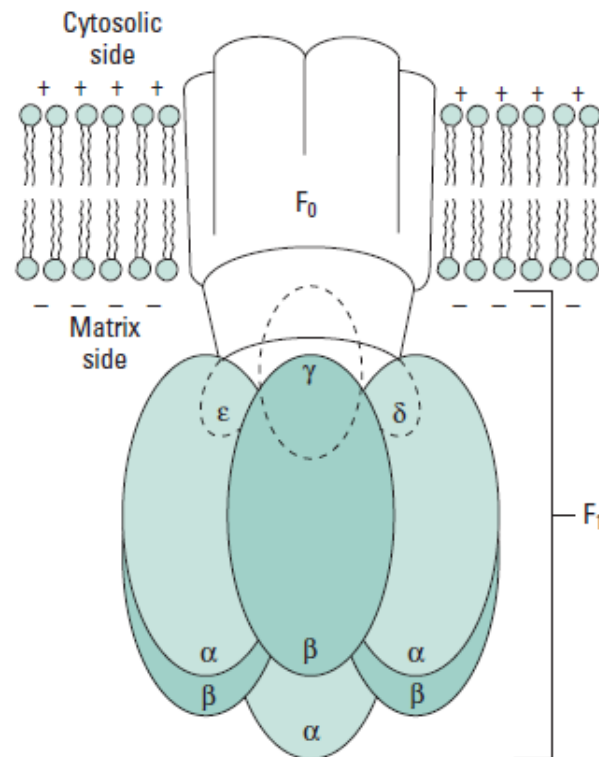
Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Σύστημα Μεταφοράς ηλεκτρονίων

Η οξειδωτική φωσφορυλίωση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων (ETS) στις μιτοχονδριακές μεμβράνες.



Η βασική αλληλουχία των μεταφορέων ηλεκτρονίων, όπου τα πρωτόνια "αντλούνται" από τα τρία συγκροτήματα.

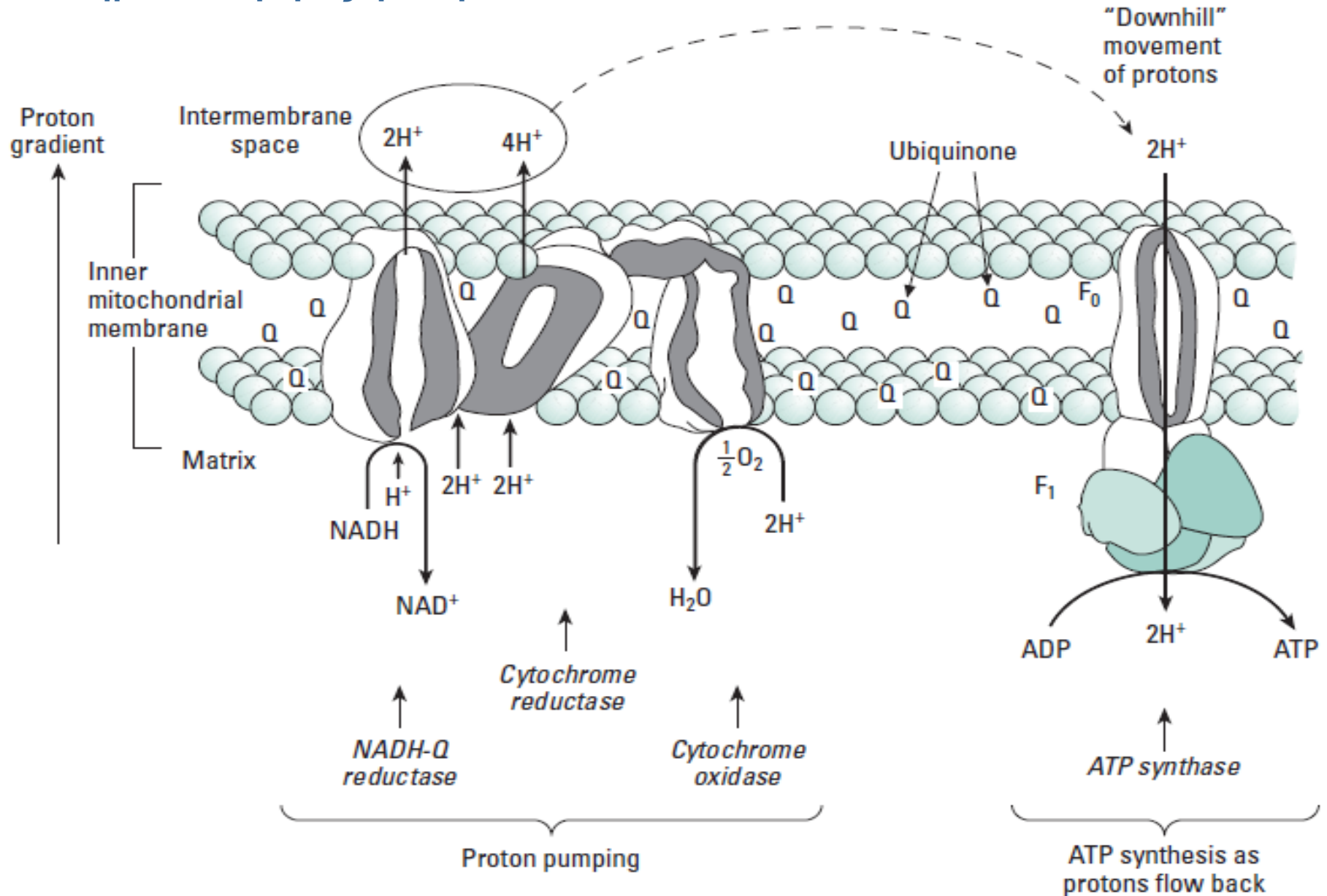


Η συνθετάση ATP, όπου ένα θετικό μεμβρανικό δυναμικό επιτρέπει την ροή πρωτονίων μέσω της F₀ υπομονάδας που ενεργοποιεί την F₁ υπομονάδα σύνθεσης ATP

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Σύστημα Μεταφοράς ηλεκτρονίων



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Καύσιμα



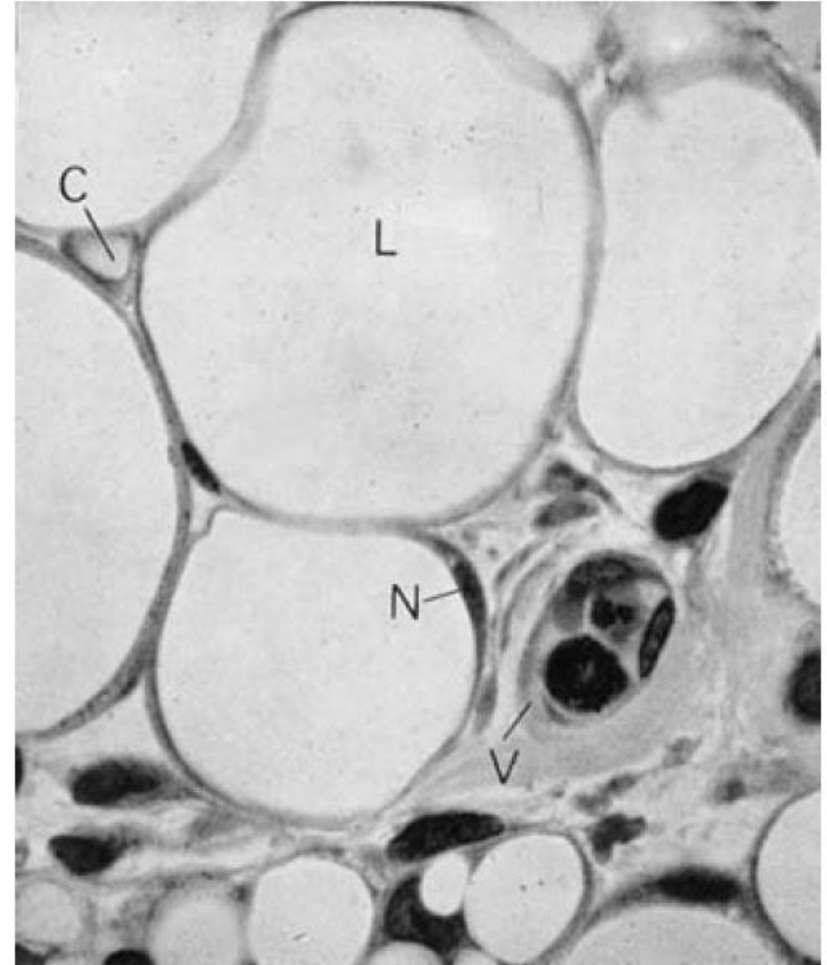
- Η γλυκόζη και τα σχετικά σάκχαρα, που προέρχονται από υδατάνθρακες, δεν είναι οι μόνες πηγές καυσίμων για την αερόβια κατανομή άνθρακα.
- Στην πραγματικότητα ο κύκλος του Krebs είναι εξαιρετικά ευέλικτος, επιτρέποντας την τροφοδοσία διάφορων καυσίμων στο σύστημα.
- Καύσιμα από το εσωτερικό του κυττάρου μπορεί να χρησιμοποιηθούν για βραχυπρόθεσμη δραστηριότητα, αλλά η μακροπρόθεσμη αερόβια άσκηση απαιτεί την προμήθεια μυών και άλλων ιστών με εξωγενή καύσιμα, για παράδειγμα από το ήπαρ στα σπονδυλωτά ή από το σώμα λίπους στα έντομα.

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Καύσιμα

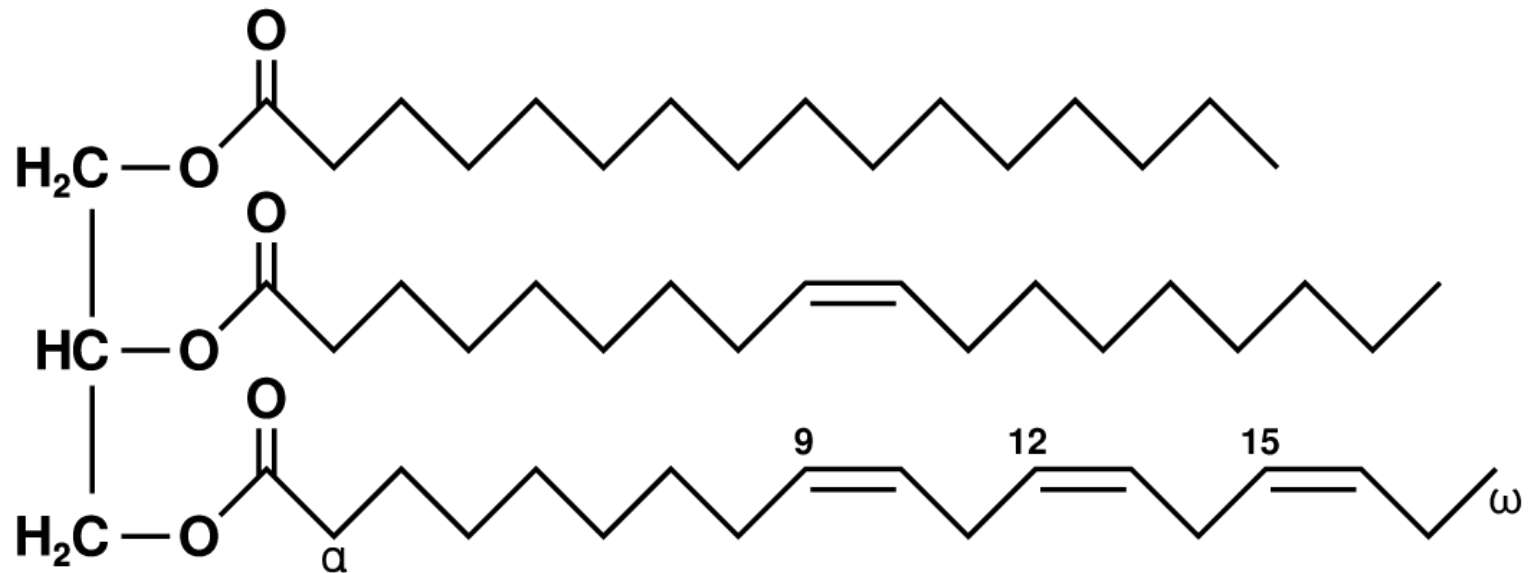
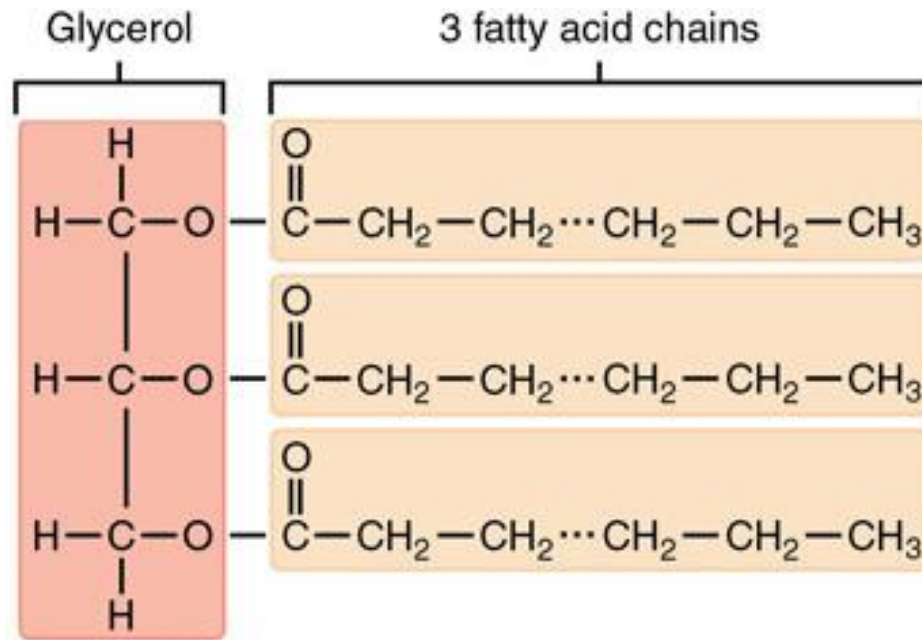
Τα **λιπίδια** με τη μορφή λιπαρών οξέων είναι μια από τα πιο κοινά καύσιμα για τα περισσότερα ζώα. Τα λιπαρά οξέα στα ζωικά κύτταρα περιέχουν συχνά πολλούς αριθμούς ατόμων άνθρακα μεταξύ 14 και 24. Τα πιο συνηθισμένα λιπαρά οξέα είναι C16 και C18. Ωστόσο, τα λιπαρά οξέα αποθηκεύονται σε συνδυασμό με γλυκερόλη ως «**τριγλυκερίδια**», πιο σωστά γνωστά ως τριακυλγλυκερόλες. Στα σπονδυλωτά η τριακυλγλυκερόλη υδρολύεται πάλι σε λιπαρά οξέα και γλυκερόλη από λιπάσες (**λιπόλυση**)



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Καύσιμα



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

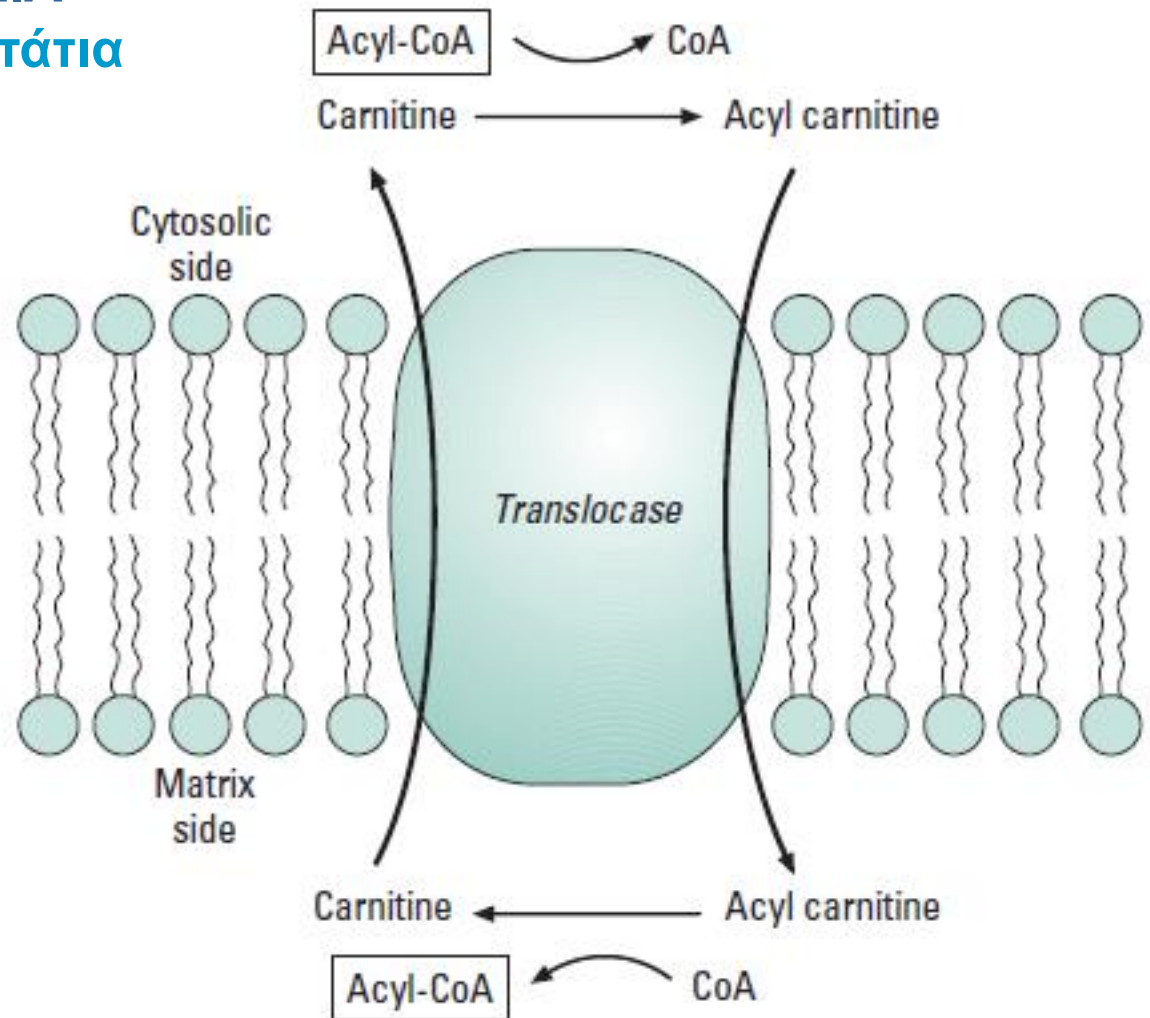
Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Καύσιμα

Η **γλυκερόλη** που παράγεται με λιπόλυση μπορεί να μετατραπεί σε γλυκεραλδεΐδη και είτε:

➤ μεταβολίζεται σε πυροσταφυλικό με τη γλυκόλυση
ή

➤ σε γλυκόζη με «γλυκονεογενετικές» οδούς.



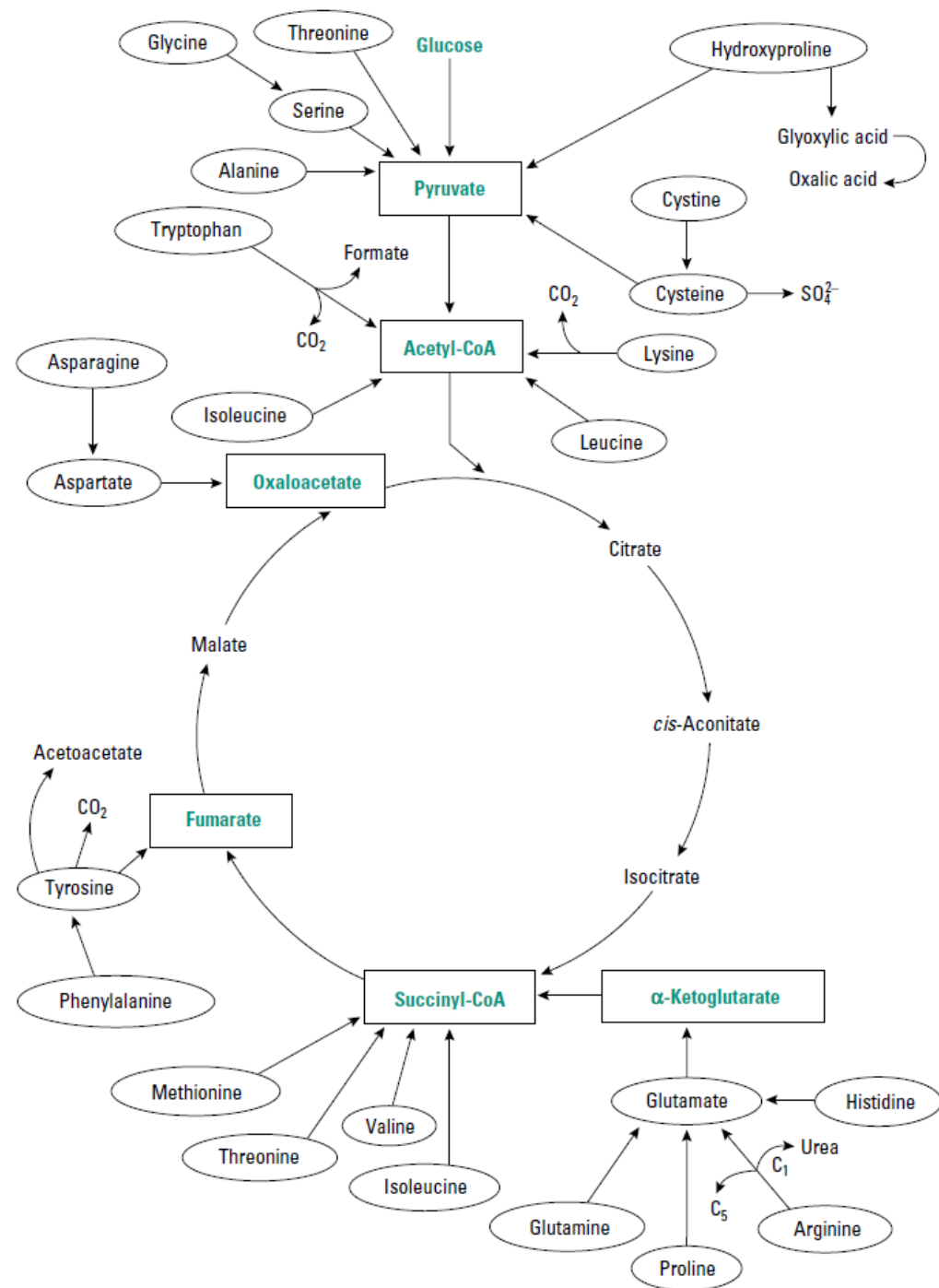
Πριν τα λιπαρά οξέα απελευθερωθούν με τη λιπόλυση για να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα πρέπει πρώτα να ενεργοποιηθούν από ακέτυλο-συνένζυμο A (Acyl-CoAs) στην εξωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Καύσιμα

Αμινοξέα, που προέρχονται από την αποικοδόμηση πρωτεϊνών, μεταβολίζονται από διαδρομές που τροφοδοτούν τον κύκλο του Krebs σε διαφορετικά σημεία με σχετικά μέτριες αποδόσεις ATP.

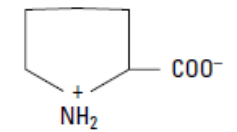
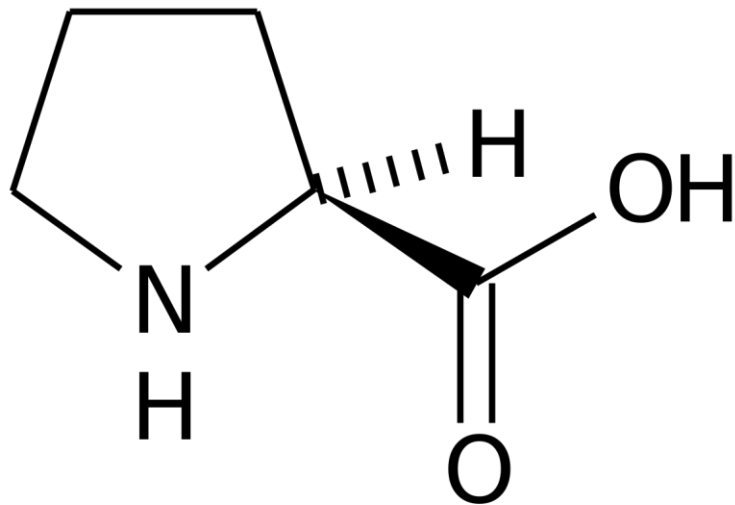


ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

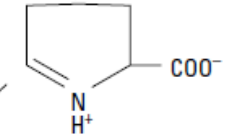
Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Καύσιμα

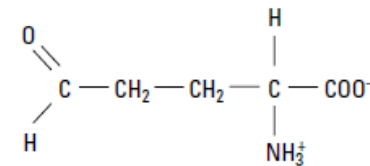
Προλίνη



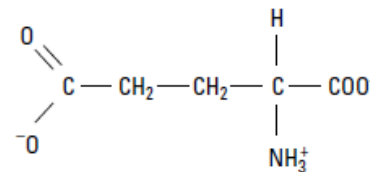
Proline



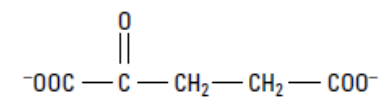
Pyrroline
5-carboxylate



Glutamate γ -semialdehyde



Glutamate



α -Ketoglutarate

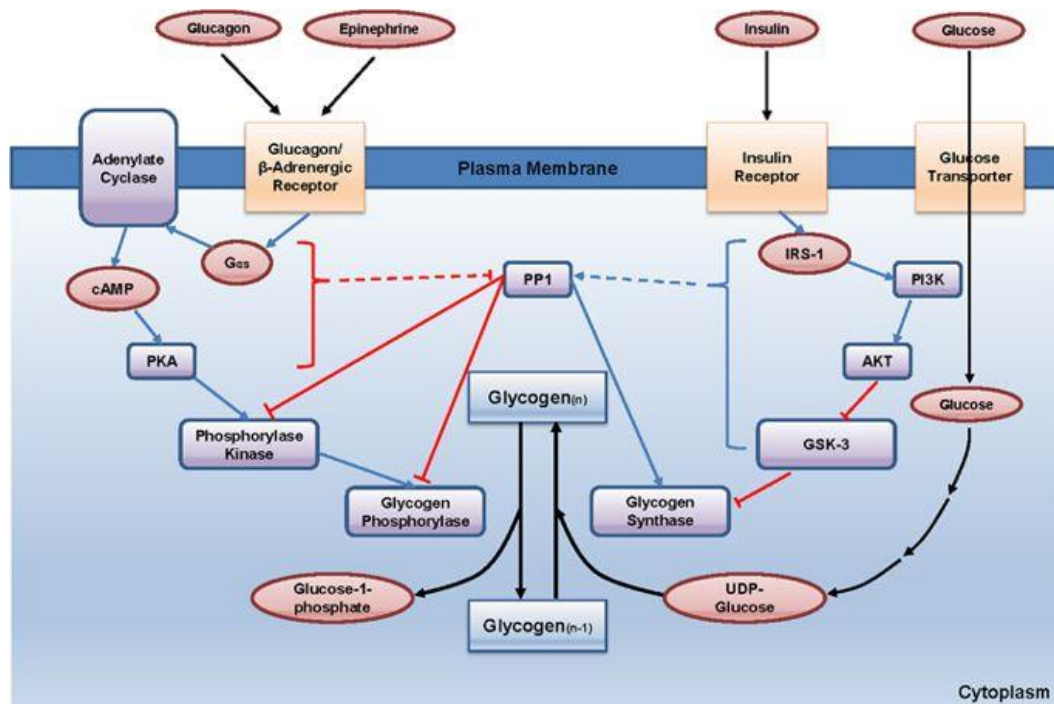
Krebs cycle

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αερόβια μεταβολικά μονοπάτια

Έλεγχος του αερόβιου μεταβολισμού

Η φωσφορυλίωση των ενζύμων είναι ένας σημαντικός μηχανισμός αντιμετώπισης της υποξίας και ανοξίας. Τα βασικά γλυκολυτικά ένζυμα μπορούν να απενεργοποιηθούν με φωσφορυλίωση. Με αυτά τα μέσα, δημιουργείται μια συντονισμένη **μεταβολική κατάπτωση** μέσω των αποτελεσμάτων της πορείας του κύκλου γλυκόλυσης / κύκλου Krebs / ETS. Αυτή η «υπομεταβολική κατάσταση» χρησιμοποιείται από πολλά ζώα που αντιμετωπίζουν **φτωχή παροχή οξυγόνου, αφυδάτωση, αυξημένη οξύτητα ή αλκαλικότητα, ή κατάψυξη.**



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικός ρυθμός (MR)

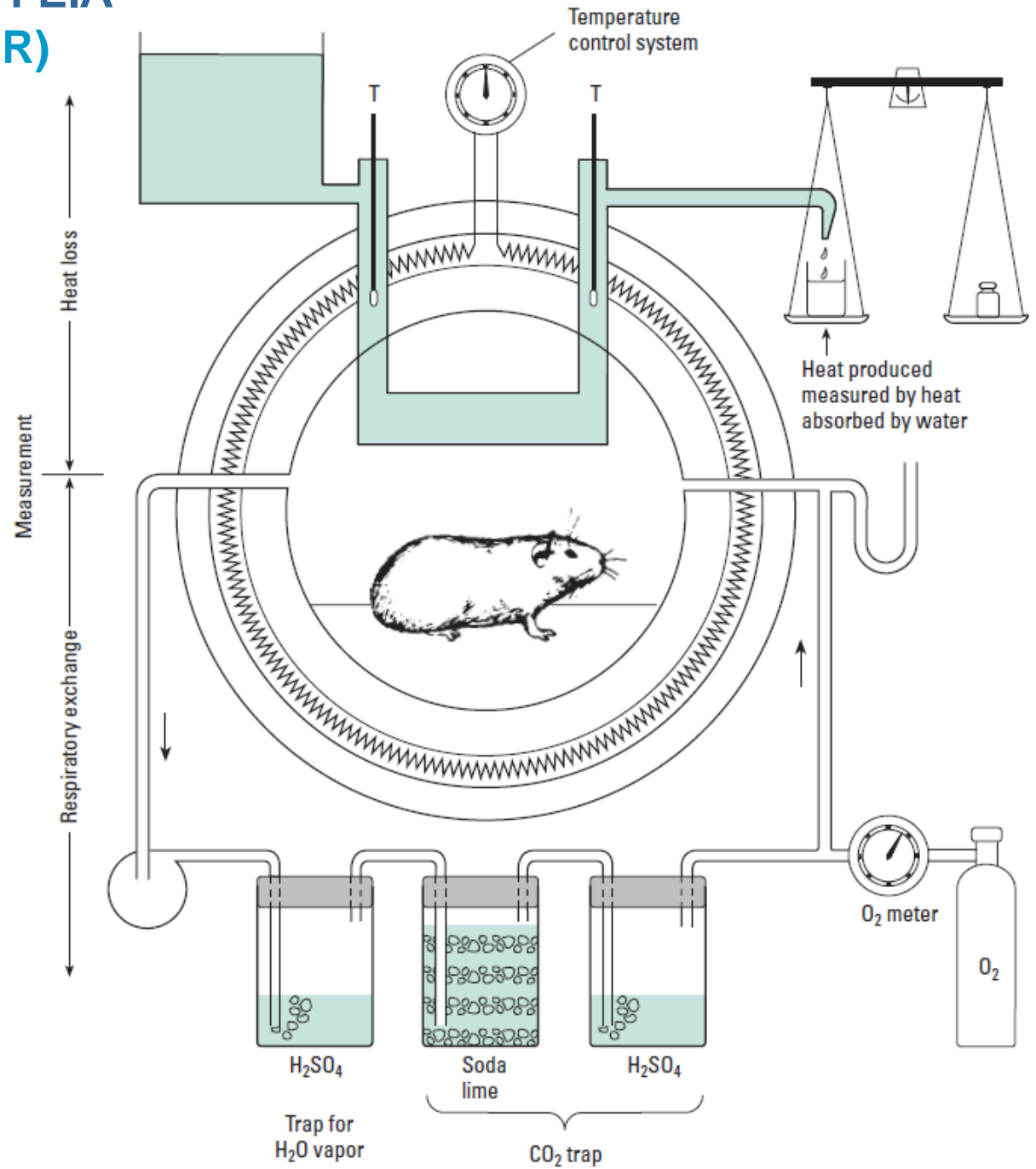
Ο μεταβολικός ρυθμός είναι μια από τις συνηθέστερα μετρημένες φυσιολογικές μεταβλητές και είναι ένα μέτρο της συνολικής ενέργειας που μεταβολίζεται από ένα ζώο στη μονάδα του χρόνου. Έχει αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμος σε συγκριτικές μελέτες προσαρμογής και απόδοσης των ζώων. Αλλά παρά την ευρεία χρήση του, **η τιμή του μπορεί να καθοριστεί μόνο έμμεσα:**

- Η ενεργειακή αξία των τροφίμων που λαμβάνονται μείον εκείνης που αποβάλλονται
- Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα οξυγόνου (ή το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται)
- Η ποσότητα θερμότητας που παράγεται
- Η ποσότητα του μεταβολικού νερού που παράγεται

Από αυτές, η χρήση οξυγόνου μετριέται πιο εύκολα, και ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου (VO_2) αποτελεί τη μέτρηση ρουτίνας του μεταβολικού ρυθμού στις φυσιολογικές μελέτες.

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

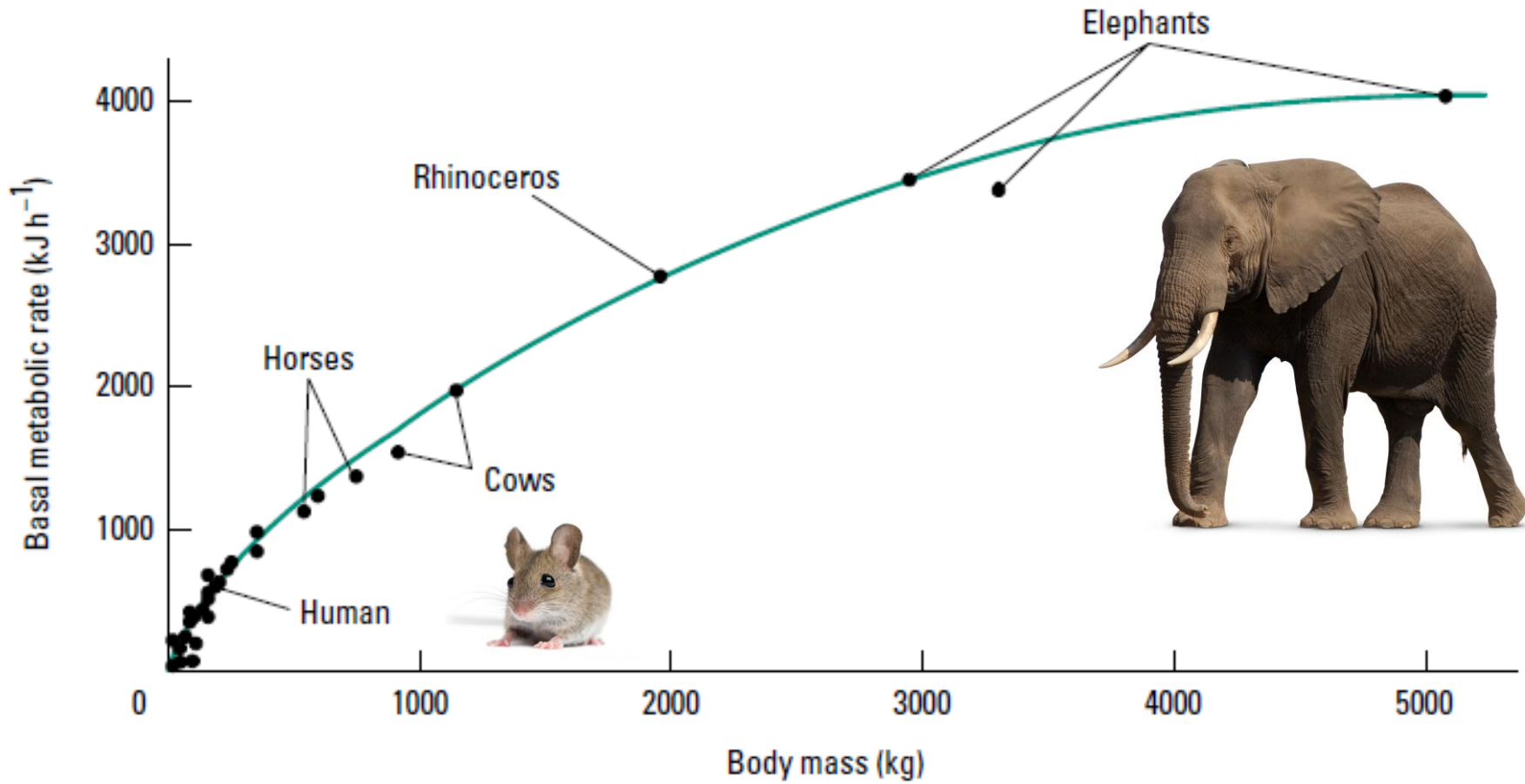
Μεταβολικός ρυθμός (MR)



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

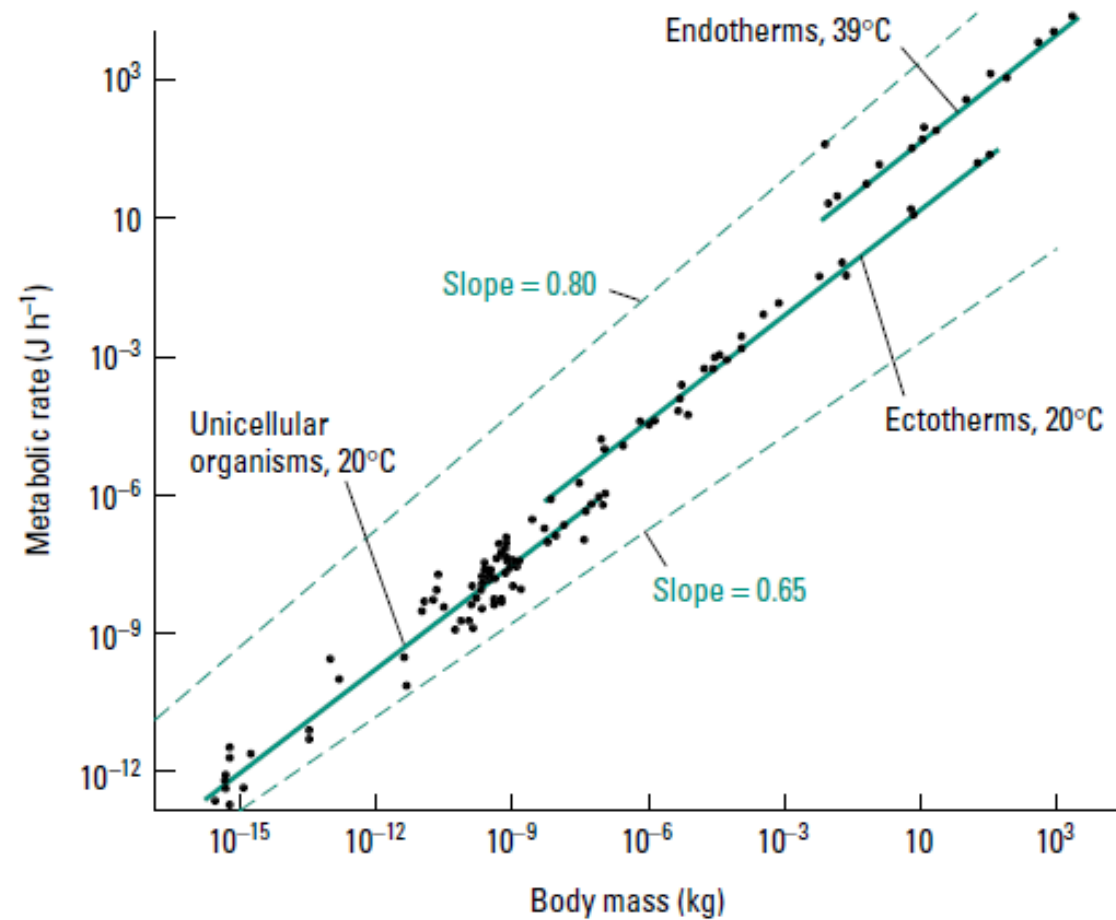
Μεταβολικός ρυθμός (MR) και μέγεθος

Η σχέση μεταξύ μεταβολικού ρυθμού και σωματικής μάζας παραμένει ένα από τα πλέον σημαντικά και αμφιλεγόμενα ζητήματα στη συγκριτική φυσιολογία των ζώων. Αν κοιτάξουμε αρχικά στο μοτίβο μόνο για τα θηλαστικά, είναι προφανές ότι ένας μεγάλος ελέφαντας έχει υψηλότερη κατανάλωση οξυγόνου από ένα μικρό ποντίκι



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικός ρυθμός (MR) και μέγεθος



Τα κύτταρα στα ενδόθερμα ζώα έχουν κάπως μεγαλύτερους μιτοχονδριακούς όγκους, και ελαφρώς μεγαλύτερες μεμβρανικές περιοχές ανά μονάδα μιτοχονδρίων, με αυξημένες ενζυμικές δραστηριότητες και μάλλον περισσότερο «διαπερατές» μεμβράνες γύρω από το κυτταρόπλασμα και τα μιτοχόνδρια. Έχουν επίσης αναλογικά μεγαλύτερα όργανα.

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικός ρυθμός (MR) και μέγεθος

- Δεδομένων των αντιπαραθέσεων σχετικά με το μεταβολικό ρυθμό, είναι σαφές ότι συχνά πιο χρήσιμο για τη σύγκριση του ρυθμού μεταβολισμού των διαφόρων ζώων ανά μονάδα σωματικής μάζας προσδιορίζοντας το ειδικό για τη μάζα οξυγόνο κατανάλωση (ειδικός για τη μάζα μεταβολικός ρυθμός).
- Το ποσοστό κατανάλωσης οξυγόνου ανά γραμμάριο ιστού μειώνεται σταθερά όσο το σωματικό βάρος αυξάνεται.
- Μπορεί να υπάρχουν πολλοί παράγοντες εδώ, συμπεριλαμβανομένης της σχετικά μεγαλύτερης μεμβρανικής διαρροής και της διαρροής πρωτονίων από την εσωτερική μιτοχονδριακή μεμβράνη σε μικρά ζώα, που απαιτούν πιο δραστική αντισταθμιστική δραστηριότητα αντλίας.
- Οι μεγαλύτερες διαρροές στα κύτταρα των μικρών σωμάτων συνδέονται με τη σειρά τους με το μειωμένο κορεσμό φωσφολιπιδίων στις κυτταρικές και ενδοκυτταρικές μεμβράνες, έτσι ώστε οι βιολογικές μεμβράνες να εξυπηρετούν τελικά ως «μεταβολικοί βηματοδότες».

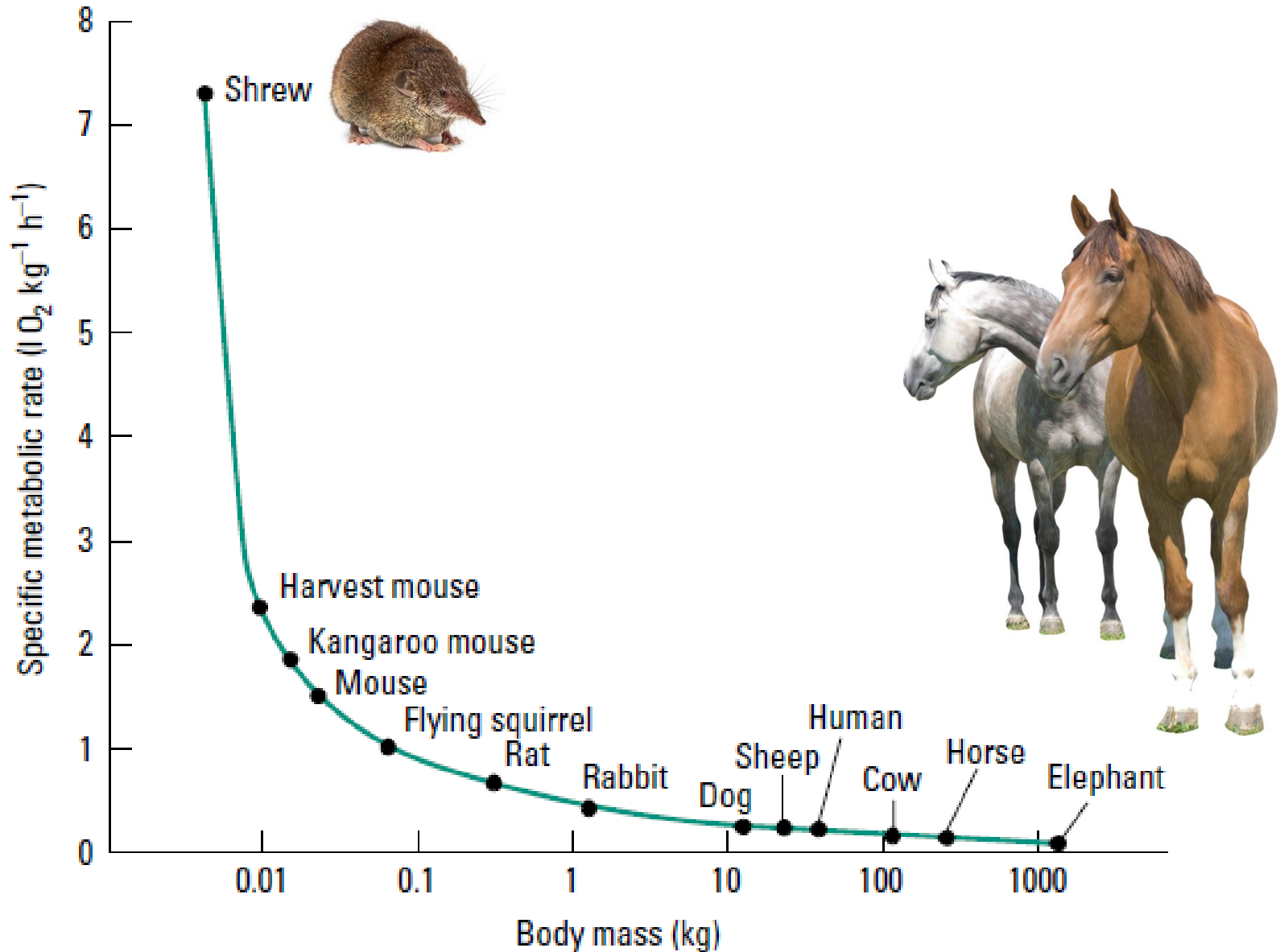
ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικός ρυθμός (MR) και μέγεθος

Species	Mass (kg)	O ₂ consumption (ml g ⁻¹ h ⁻¹)
Shrew	0.005	7.40
Harvest mouse	0.009	1.50
Kangaroo mouse	0.015	1.80
House mouse	0.025	1.65
Ground squirrel	0.095	1.03
Rat	0.290	0.87
Cat	2.5	0.68
Dog	11.7	0.33
Sheep	43	0.22
Lion	50	0.23
Human	70	0.22
Eland	240	0.17
Elephant	3850	0.07
Blue whale	100,000	0.04 (est.)

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικός ρυθμός (MR) και μέγεθος



ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μεταβολικός ρυθμός (MR) και διαθεσιμότητα O_2

Δεδομένου ότι οι μεταβολικοί ρυθμοί συχνά αξιολογούνται με τη μέτρηση της κατανάλωσης του οξυγόνου, είναι απαραίτητη η κατανόηση της **σχέσης μεταξύ του μεταβολισμού και της παροχής οξυγόνου**.

Υπάρχουν δύο κύρια μοτίβα που αντιστοιχούν στις διαφορές μεταξύ των «ρυθμιστών» και των «συμμορφωτών».

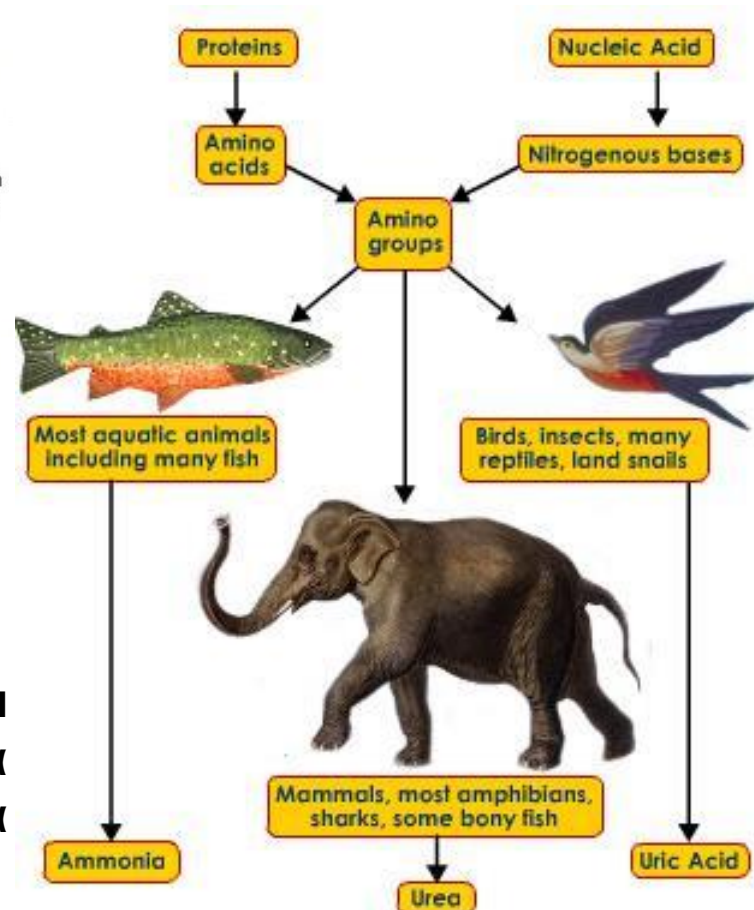
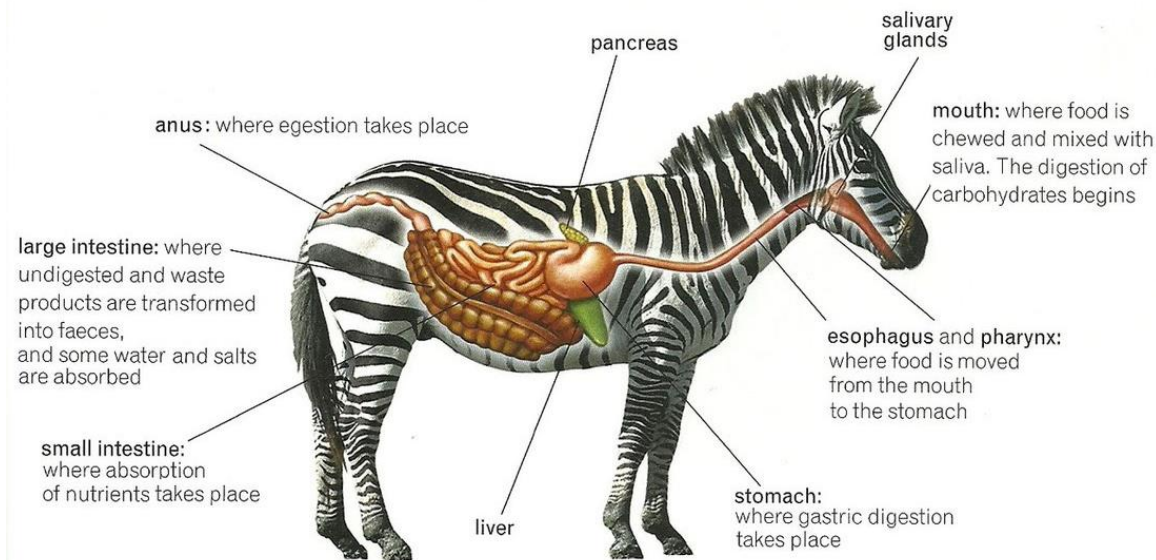
➤ Οι **μεταβολικοί «συμμορφωτές»** έχουν βασικούς μεταβολικούς ρυθμούς οι οποίοι είναι άμεσα αναλογικοί με το O_2 περιβάλλοντος.

➤ Αντίθετα, οι **μεταβολικοί «ρυθμιστές»** διατηρούν το βασικό τους μεταβολικό ρυθμό ακόμη και όταν μειώνεται το PO_2 μέχρι κάποια ελάχιστη κρίσιμη τιμή (κάτω από την οποία επιβραδύνεται ο μεταβολισμός τους) και έτσι εισέρχονται σε μια υπομεταβολική κατάσταση.

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ

Απώλειες ενέργειας με απεκκρίσεις

Μερικά από τα τρόφιμα που καταναλώνονται από τα ζώα χάνονται συνήθως ως συστατικά περιττωμάτων (αν και κάποια απλά ζώα στερούνται πεπτικού σωλήνα και αποβάλλουν τα περιττώματά τους με άλλους τρόπους). Εκτός από τα μη απορροφηθέντα τρόφιμα, τα κόπρανα μπορεί επίσης να περιέχουν βλέννα, κύτταρα που απομακρύνονται από τον πεπτικό σωλήνα, χολικά άλατα, πεπτικά ένζυμα και βακτήρια που προέρχονται από την μικροχλωρίδα του εντέρου.



Σε μερικά ζώα, ιδιαίτερα τα έντομα, τα ερπετά και τα πτηνά, τα αζωτούχα αποβάλλοντα προϊόντα αποβάλλονται από το σώμα μαζί με τα περιττώματα.

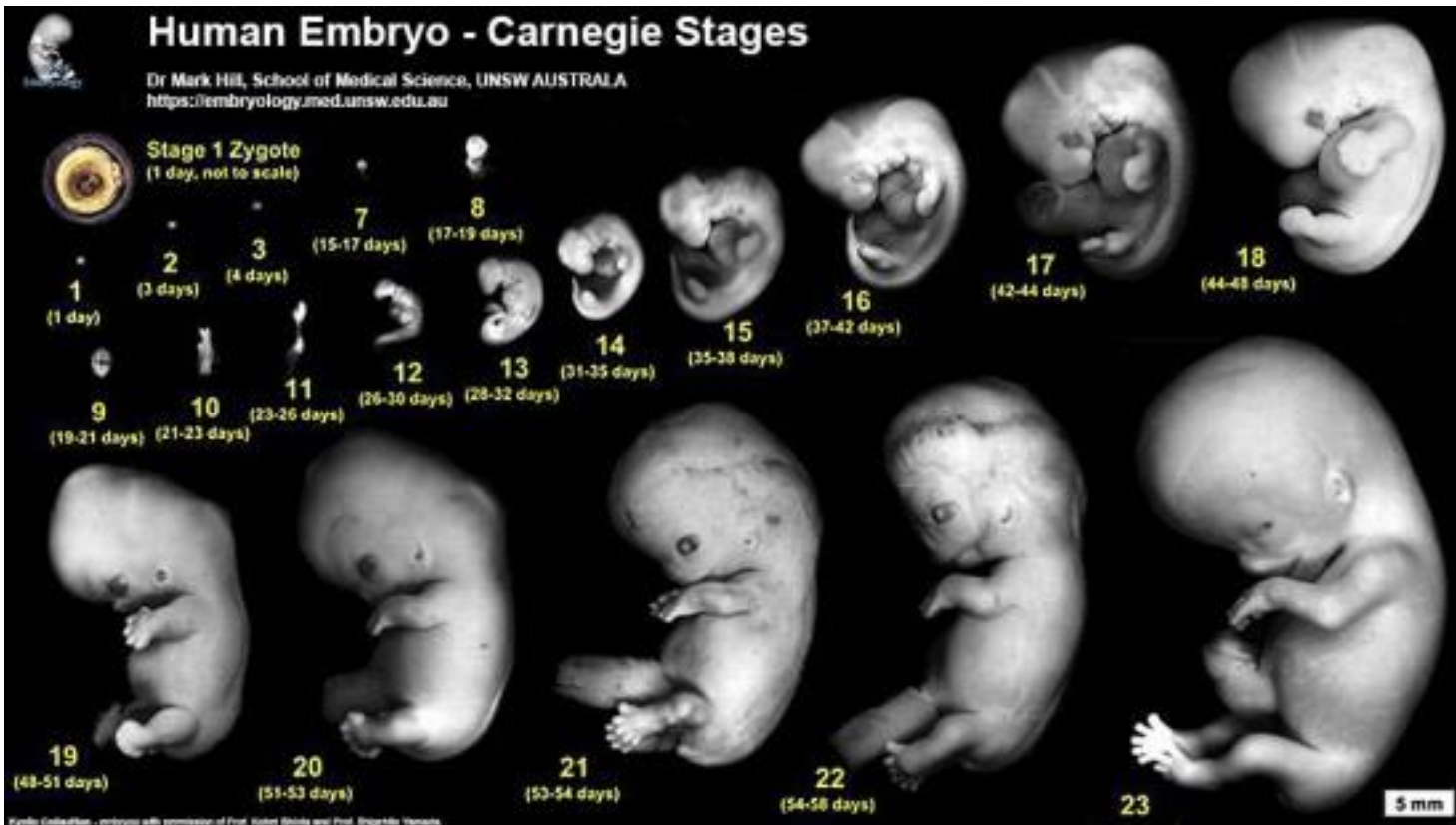
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Η αναπαραγωγή είναι η βιολογική διαδικασία με την οποία παράγονται νέοι μεμονωμένοι οργανισμοί - "απόγονοι" - από τους "γονείς" τους. Η αναπαραγωγή είναι ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό της ζωής. Κάθε οργανισμός υπάρχει ως αποτέλεσμα της αναπαραγωγής. Υπάρχουν δύο μορφές αναπαραγωγής:

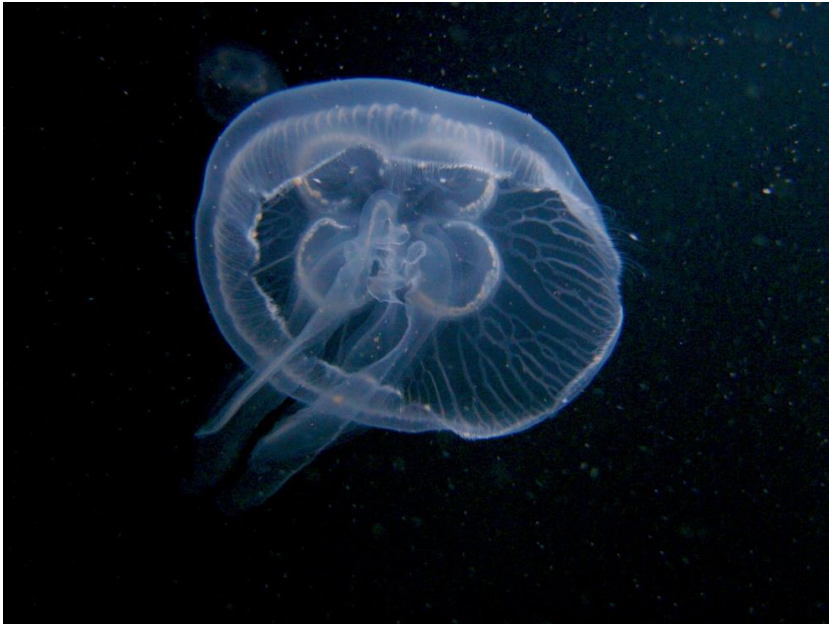
- ασεξουαλική και
- σεξουαλική



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ασεξουαλική αναπαραγωγή

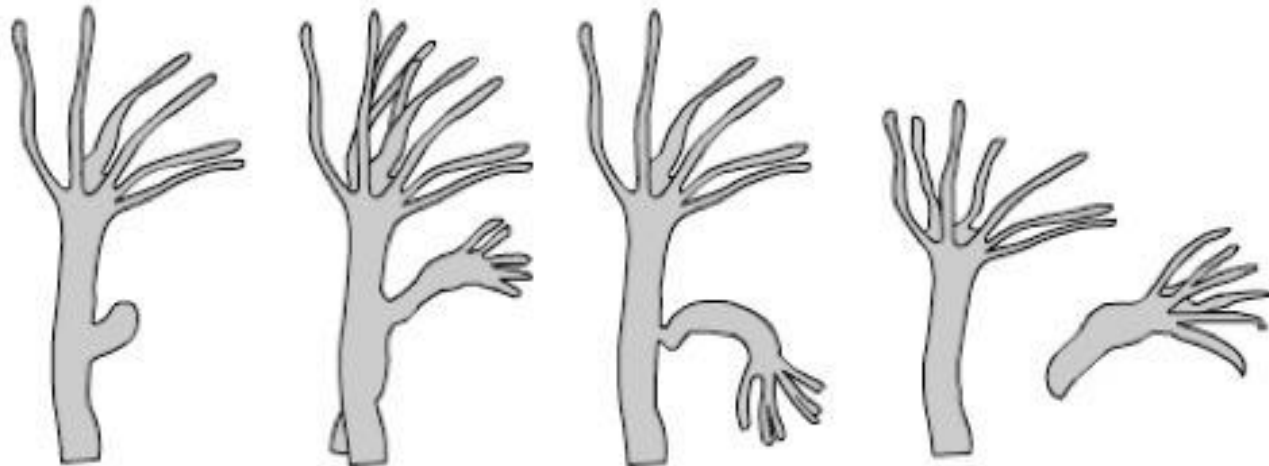
- Η ασεξουαλική αναπαραγωγή είναι μια διαδικασία με την οποία οι οργανισμοί δημιουργούν γενετικά παρόμοια ή ταυτόσημα αντίγραφα των ίδιων **χωρίς τη συμβολή του γενετικού υλικού άλλου οργανισμού**.
- Τα βακτήρια διαιρούνται ασεξουαλικά μέσω δυαδικής σχάσης.
- Τα περισσότερα φυτά έχουν την ικανότητα να αναπαράγονται ασεξουαλικά και το είδος μυρμηγκιού *Mycocerpurus smithii* πιστεύεται ότι αναπαράγεται εξ ολοκλήρου με ασεξουαλικά μέσα.
- Ορισμένα είδη που είναι ικανά να αναπαραχθούν ασεξουαλικά, όπως η Ύδρα, η ζύμη και οι μέδουσες, μπορούν επίσης να αναπαραχθούν σεξουαλικά.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ασεξουαλική αναπαραγωγή

Οι ύδρες (ασπόνδυλα Hydroidea) και οι ζύμες είναι σε θέση να αναπαράγονται με εκβλαστήσεις.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

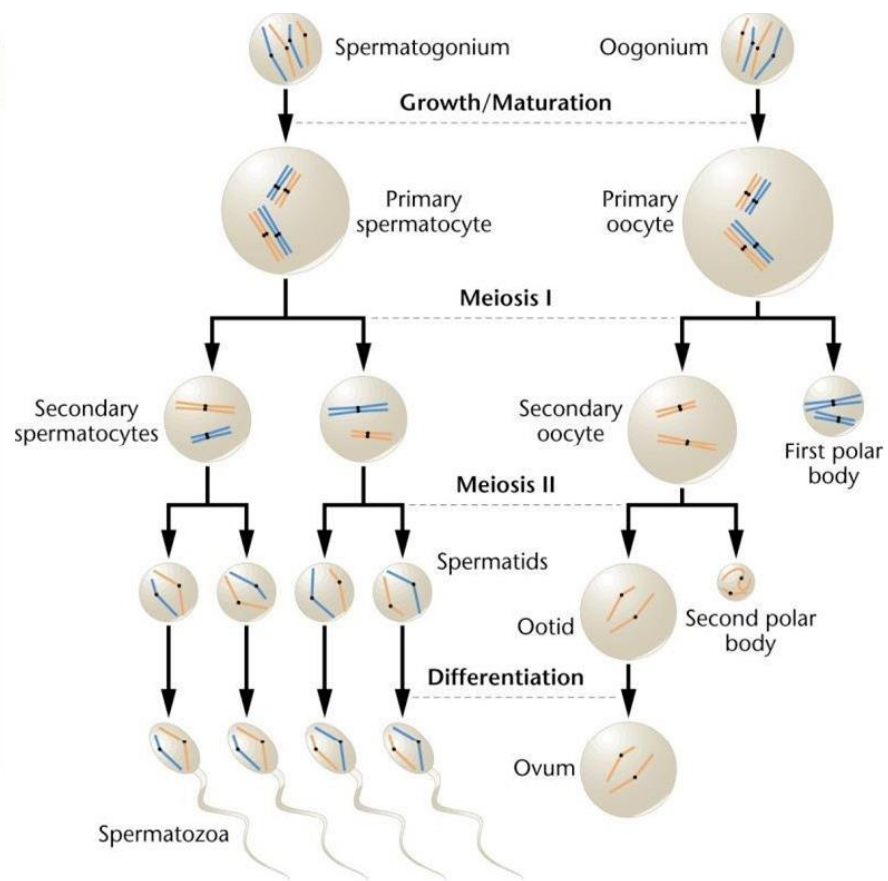
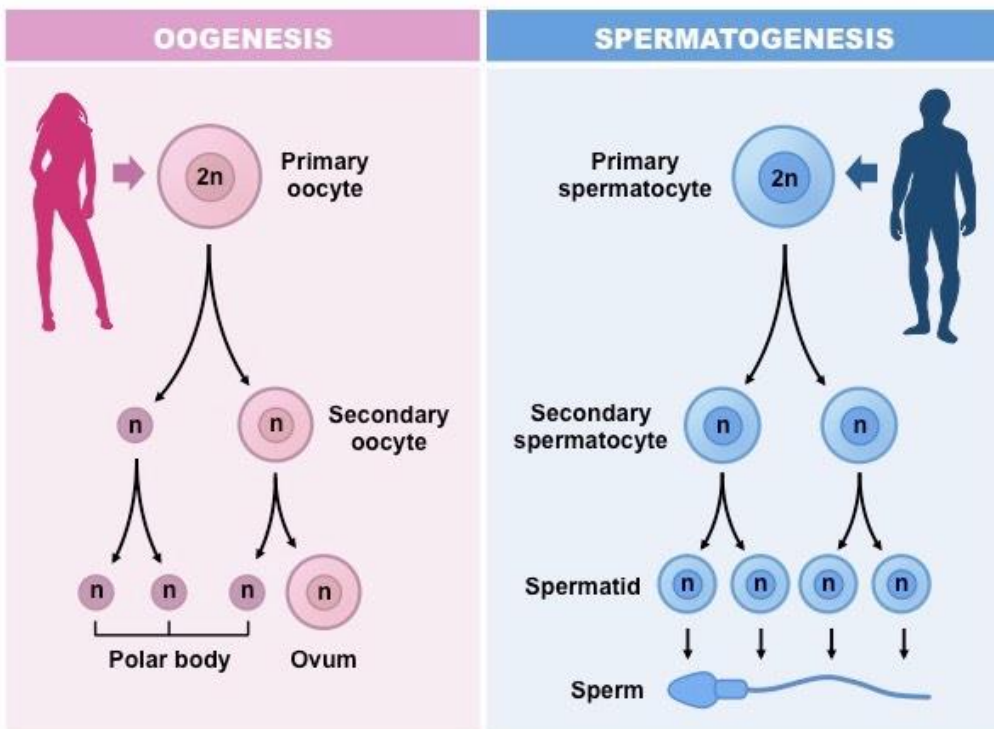
Σεξουαλική αναπαραγωγή

- Η σεξουαλική αναπαραγωγή είναι μια βιολογική διαδικασία που δημιουργεί ένα νέο οργανισμό **συνδυάζοντας το γενετικό υλικό δύο οργανισμών** σε μια διαδικασία που ξεκινά με τη μείωση, έναν εξειδικευμένο τύπο κυτταρικής διαίρεσης.
- Κάθε ένας από τους δύο γονικούς οργανισμούς συμβάλλει στο ήμισυ της δημιουργίας του απογόνου παράγοντας απλοειδείς γαμέτες. Τα περισσότερα ζώα (συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων) και τα φυτά αναπαράγονται σεξουαλικά.



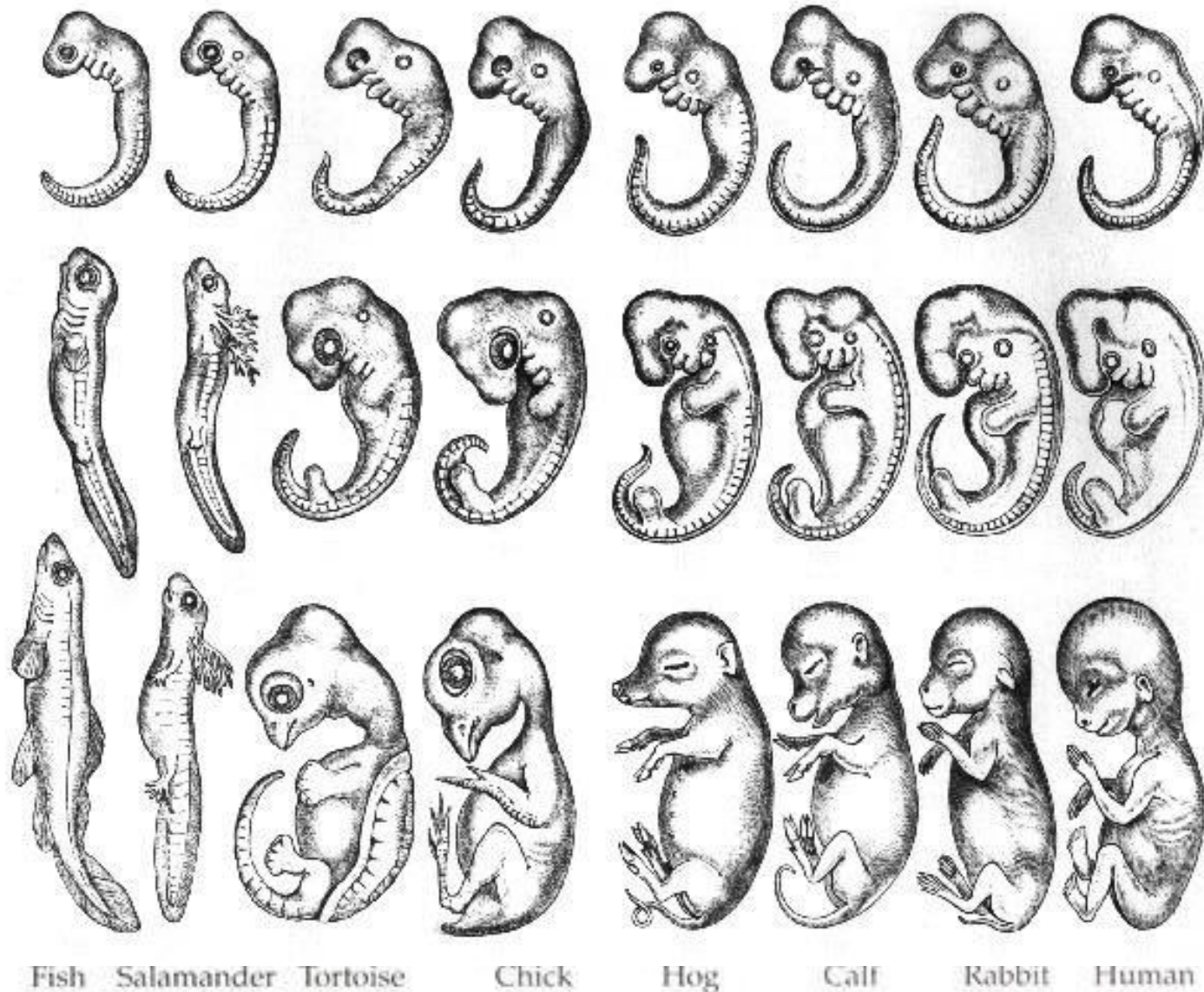
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Σεξουαλική αναπαραγωγή



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Σεξουαλική αναπαραγωγή



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Σεξουαλική αναπαραγωγή

Εξωτερική

- Το ωάριο γονιμοποιείται εσωτερικά στο σώμα του θηλυκού
- Θηλαστικά, πτηνά, ερπετά

Εσωτερική

- Το ωάριο γονιμοποιείται εξωτερικά του σώματος του θηλυκού
- Ψάρια και κάποια αμφίβια

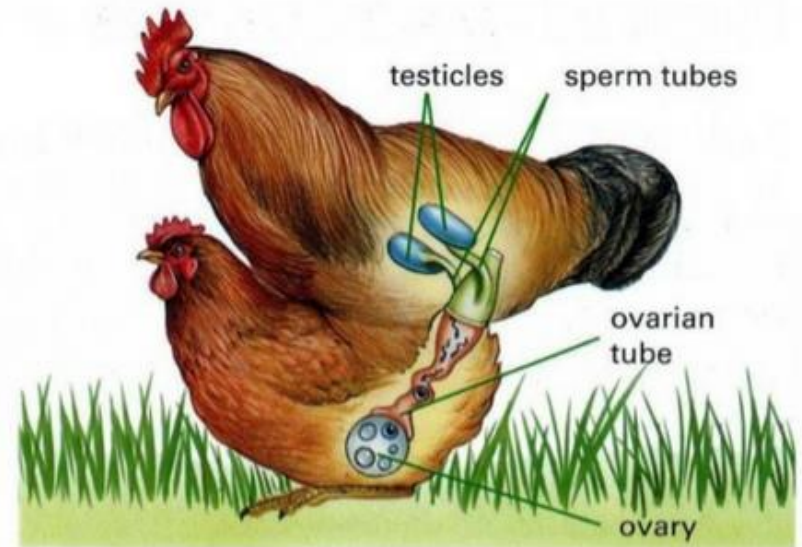
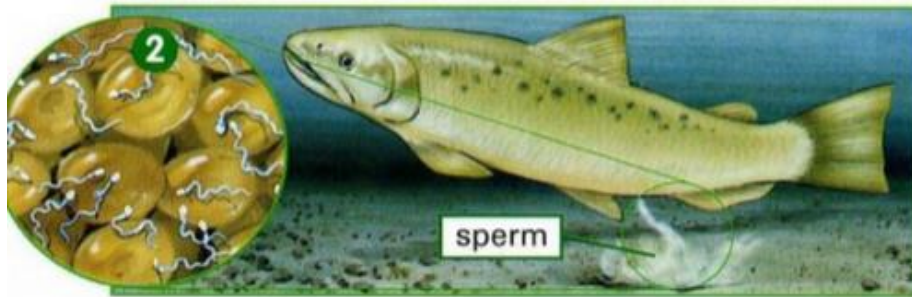


ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Σεξουαλική αναπαραγωγή

Εξωτερική vs Εσωτερική αναπαραγωγή

- Η εσωτερική γονιμοποίηση έχει σαν αποτέλεσμα τη μικρότερη παραγωγή γαμετών (μικρότερη απώλεια γαμετών)
- Η εσωτερική παραγωγή όμως απαιτεί την κατασκευή ειδικών σεξουαλικών οργάνων τα οποία απαιτούν ενεργειακή δαπάνη



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Σεξουαλική αναπαραγωγή



r selected	k selected
Unstable environment	Stable environment
Small size of organisms	Large size of organisms
Energy used to make individuals is low	Energy used to make individuals is high
Many offspring are produced, early maturity	less offspring are produced, late maturity
Short life expectancy	long life expectancy
Each individual reproduce only once.	Each individual reproduce more than once.
Density independent	Density dependent
Follow type III survivorship curve	Follow type I OR II survivorship curve

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Σεξουαλική αναπαραγωγή



Οι αναπαραγωγικές στρατηγικές αποτελούν δομικές, λειτουργικές και συμπεριφορικές προσαρμογές οι οποίες βελτιώνουν τις πιθανότητες γονιμοποίησης και / ή του ρυθμού επιβίωσης των απογόνων

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ασεξουαλική vs Σεξουαλική αναπαραγωγή

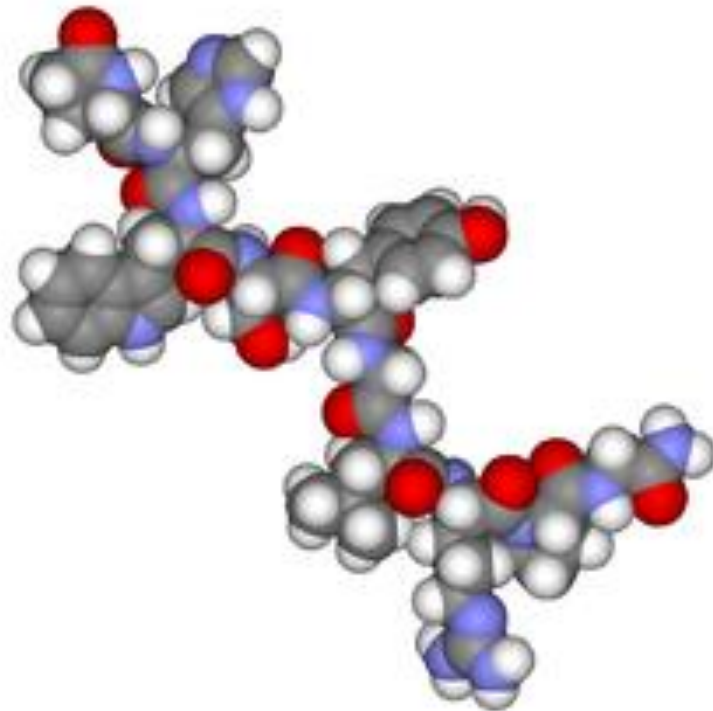
- Οι οργανισμοί που αναπαράγονται μέσω της ασεξουαλικής αναπαραγωγής τείνουν να αυξάνονται εκθετικά σε αριθμό. Ωστόσο, επειδή βασίζονται σε μετάλλαξη για παραλλαγές στο DNA τους, όλα τα μέλη του είδους έχουν παρόμοιες ευπάθειες.
- Οι οργανισμοί που αναπαράγουν σεξουαλικά αποδίδουν μικρότερο αριθμό απογόνων, αλλά η μεγάλη ποικιλία των γονιδίων τους καθιστά λιγότερο επιρρεπείς σε ασθένειες.
- Όταν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι ευνοϊκοί, η ασεξουαλική αναπαραγωγή χρησιμοποιείται για την εκμετάλλευση κατάλληλων συνθηκών επιβίωσης, όπως η άφθονη παροχή τροφίμων, το ευνοϊκό κλίμα.
- Όταν οι πηγές τροφίμων έχουν εξαντληθεί, το κλίμα γίνεται εχθρικό ή η ατομική επιβίωση τίθεται σε κίνδυνο από κάποια άλλη δυσμενή μεταβολή των συνθηκών διαβίωσης, οι οργανισμοί αυτοί μετατρέπονται σε σεξουαλικές μορφές αναπαραγωγής. Η σεξουαλική αναπαραγωγή εξασφαλίζει την ανάμιξη της ομάδας γονιδίων του είδους.

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Στα περισσότερα ζώα ο **αναπαραγωγικός έλεγχος** περιλαμβάνει δύο κύριους τύπους ορμονών:

- τις **γοναδοτροπίνες**, συχνά από τον εγκέφαλο, οι οποίες είναι πεπτίδια και ελέγχουν τις γονάδες και
- τις **γεννητικές ορμόνες «σεξουαλικές ορμόνες»**, συνήθως στεροειδή, από τους γαμέτες ή τις γονάδες.

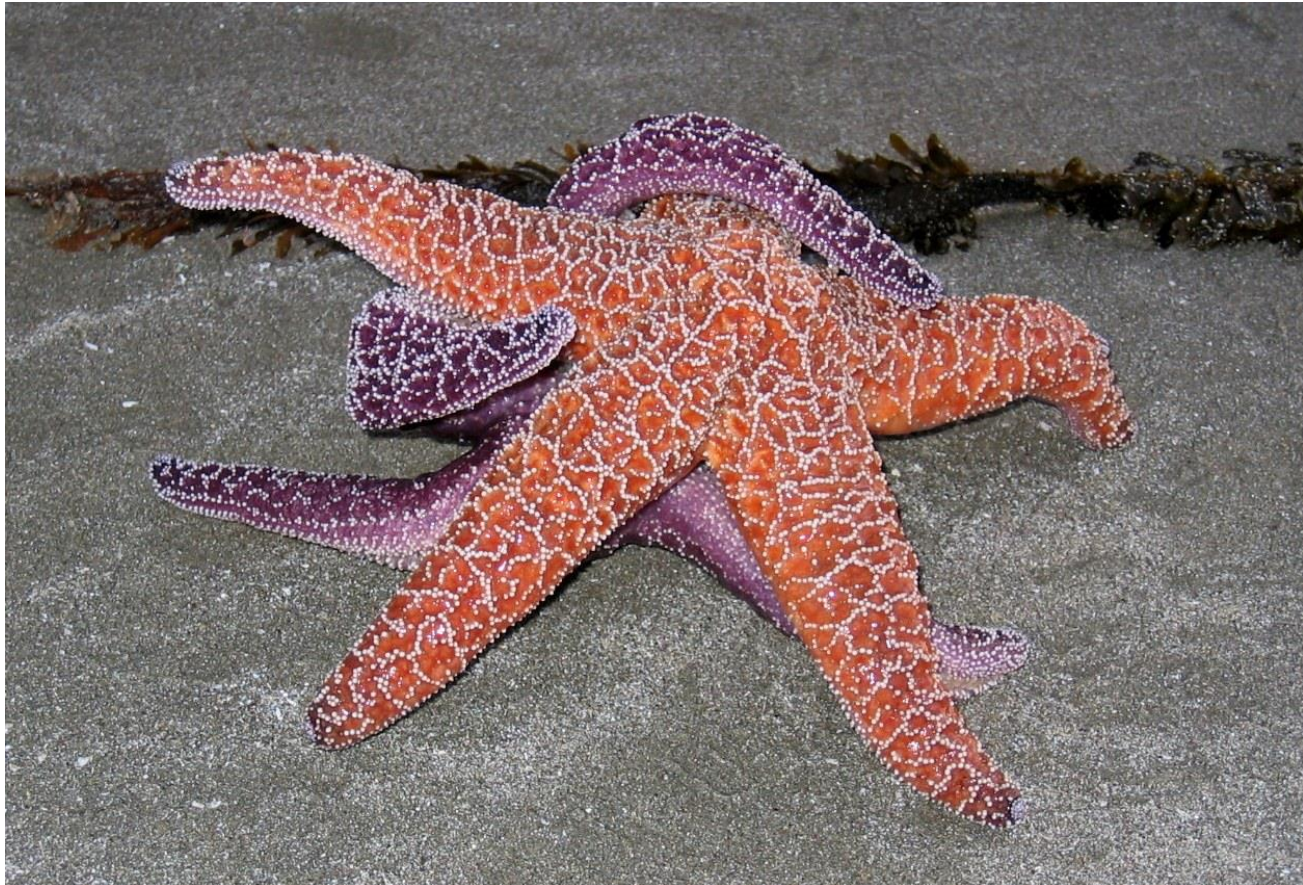
Αυτό το κλασικό μοτίβο ελέγχου ποικίλει σχετικά λίγο μεταξύ των ταξινομικών κατηγοριών, αλλά τροποποιείται σημαντικά σύμφωνα με το περιβάλλον και το ιστορικό ζωής.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Εχινόδερμα

Οι αστερίες έχουν μια «ορμόνη αναπαραγωγής» γοναδοτροπίνης (ή γοναδοδιεγερτική ουσία), η οποία είναι ένα πεπτίδιο που απελευθερώνεται από τα ακτινωτά νεύρα. Προκαλεί σχηματισμό γαμετών στους όρχεις και στις ωοθήκες, και στη συνέχεια προκαλεί τα ωοθηκικά κύτταρα θυλακίων να απελευθερώσουν μια αληθινή γοναδική ορμόνη.



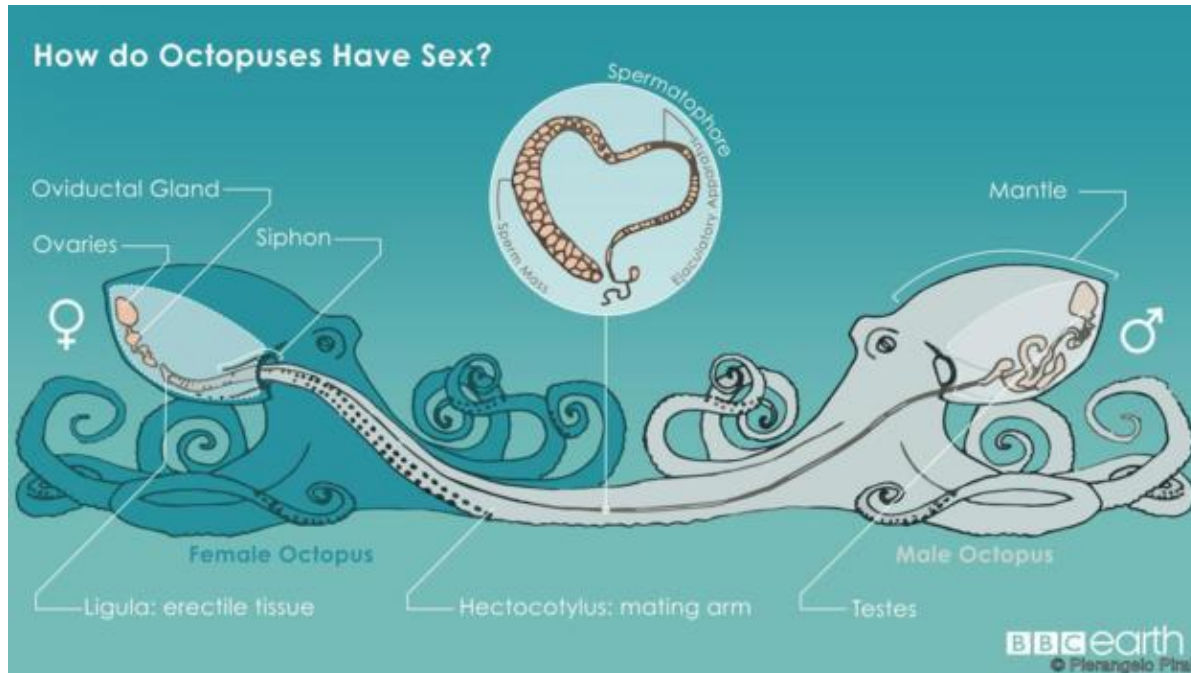
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Μαλάκια

Τα περισσότερα μαλάκια έχουν δύο χωριστά φύλα και σε πολλά θαλάσσια είδη ο έλεγχος είναι απλός.

➤ Τα κεφαλόποδα γενικά έχουν το απλούστερο αναπαραγωγικές στρατηγικές, όπου τα αρσενικά και τα θηλυκά ζευγαρώνουν μια φορά και τότε πεθαίνουν.

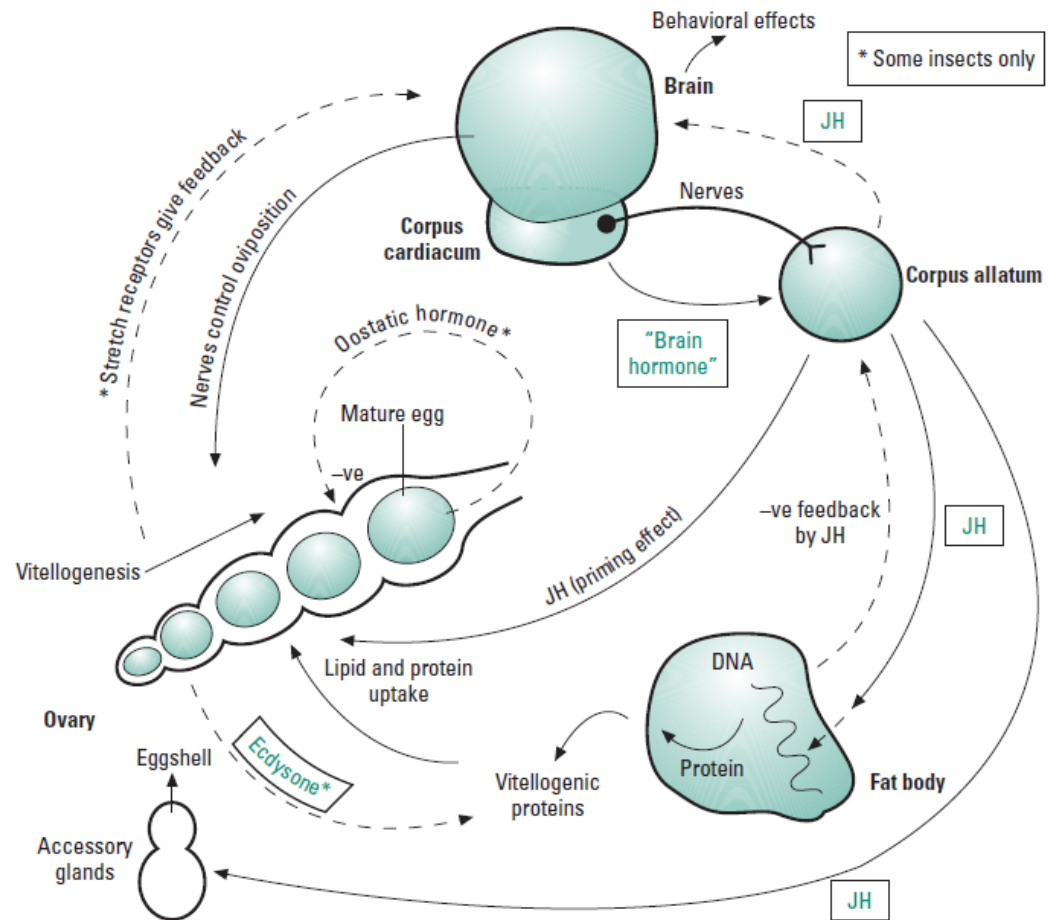
➤ Αντίθετα, τα γαστερόποδα είναι συχνά ερμαφρόδιτα, είτε διαδοχικά (π.χ. πρωτανδρία) ή ταυτόχρονα σε ορισμένα από τα χερσαία γαστερόποδα.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Έντομα

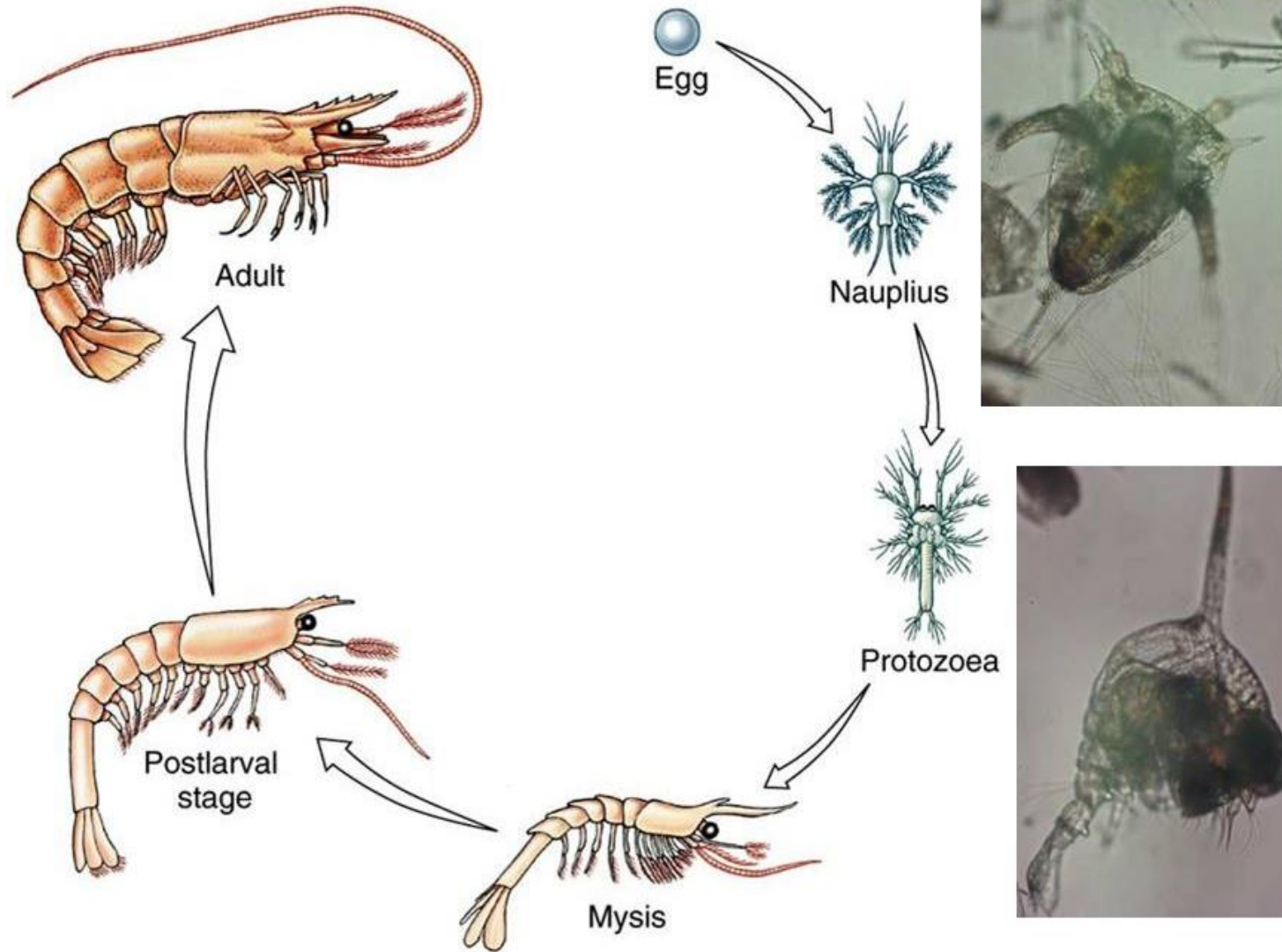
Τα έντομα φαίνεται να είναι μάλλον αντίθετα με τα περισσότερα άλλα υψηλότερα taxa, έχοντας γονάδες που δεν παράγουν απαραίτητως κρίσιμες αναπαραγωγικές ορμόνες. Οι περισσότερες πτυχές της αναπαραγωγικής φυσιολογίας και συμπεριφοράς ελέγχονται κυρίως από τις γοναδοτροπίνες. Η κύρια γοναδοτροπίνη δεν είναι ορμόνη εγκεφάλου, αλλά η νεανική ορμόνη (Juvenile Hormone – JH) από το corpora allata.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

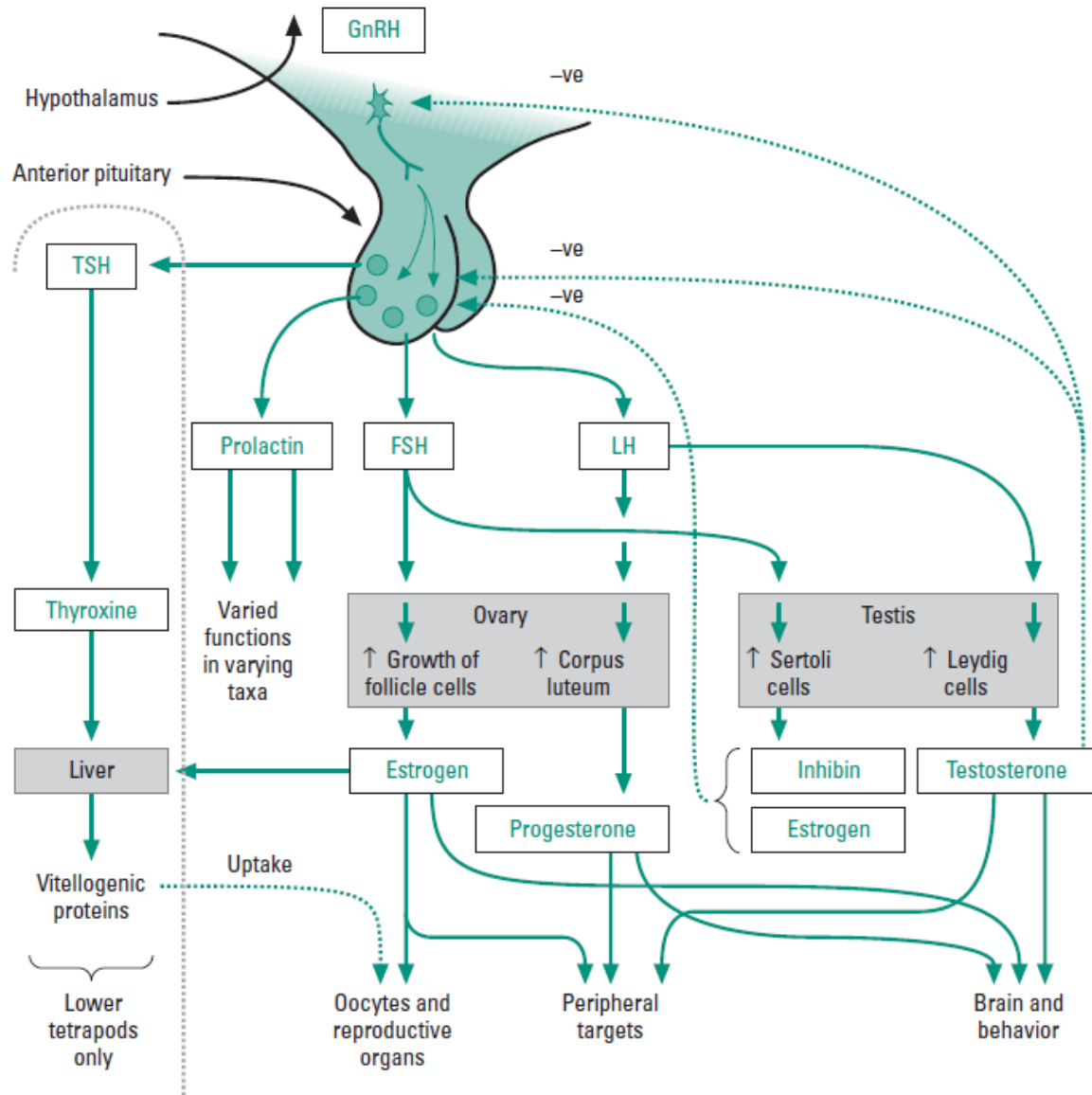
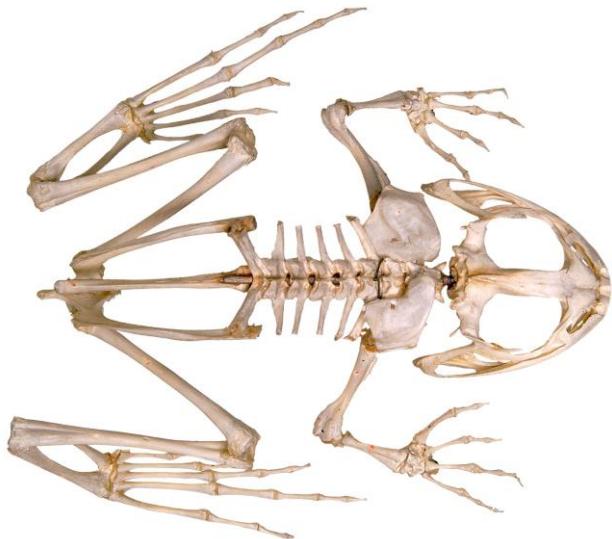
Οστρακόδερμα

Η αναπαραγωγή στα καρκινοειδή χρησιμοποιούν επίσης την JH για τον έλεγχο της σεξουαλικής ωρίμανσης και της λειτουργίας των γονάδων.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ Σπονδυλωτά

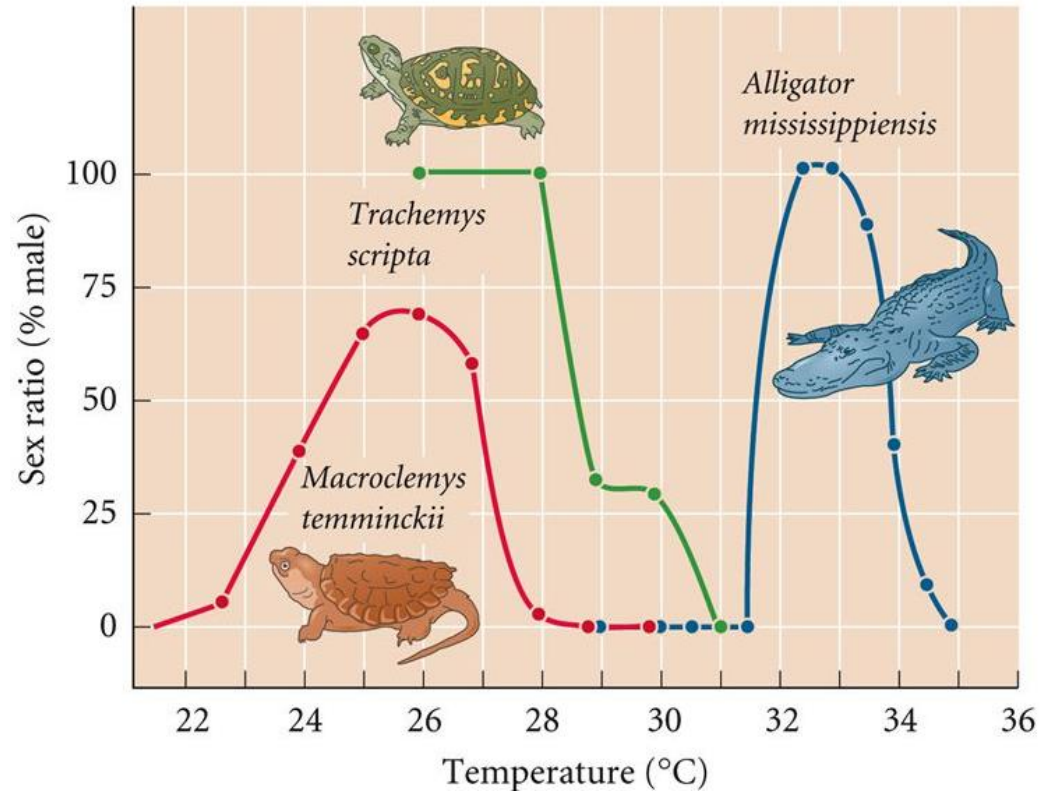
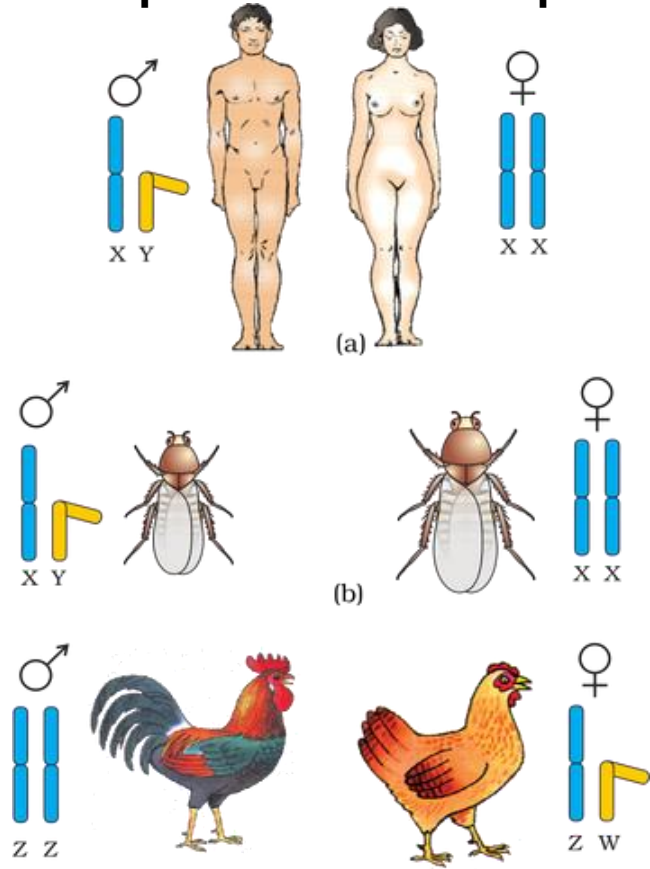
Είναι δύσκολο να γενικευθεί η αναπαραγωγική ενδοκρινολογία στα σπονδυλωτά, δεδομένου ότι τα πρότυπα ποικίλλουν πολύ από την υδρόβια μαζική ωοτοκία στα ψάρια, τα ερπετά και τα πουλιά που γεννούν αυγά, τα ζωοτόκα θηλαστικά.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Προσδιορισμός & Ωρίμανση Φύλου

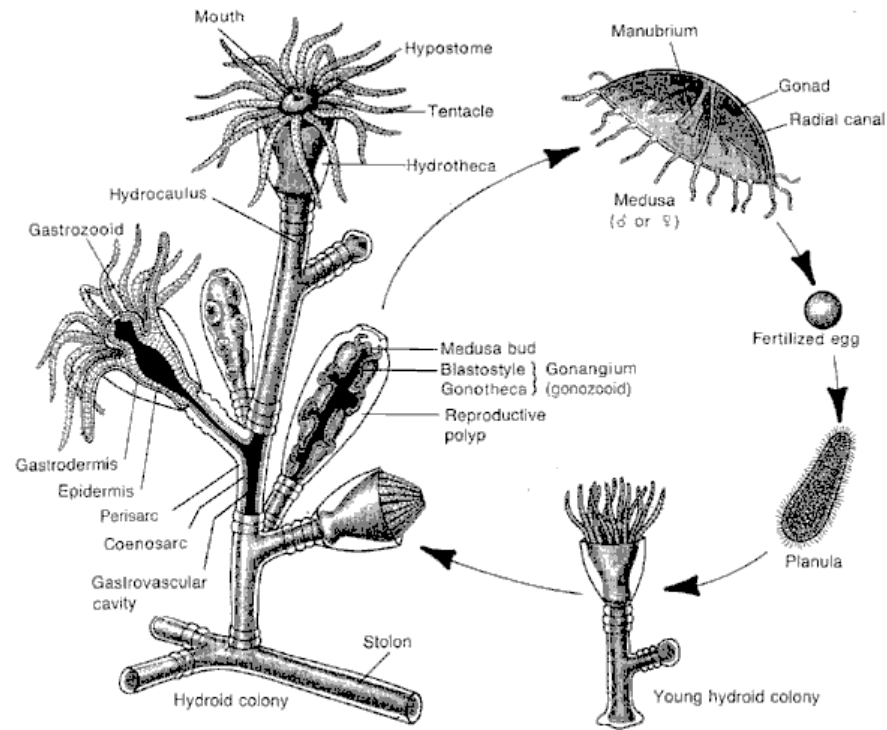
- Στα περισσότερα σπονδυλωτά το φύλο καθορίζεται γενετικά, συνήθως έτσι δύο χρωμοσώματα X δίνουν ένα θηλυκό, ενώ ένα X και ένα Y δίνουν ένα αρσενικό
- αλλά τα πτηνά έχουν ομογαμετικά αρσενικά WW και ετεροζυγωτικά WZ θηλυκά.
- Σε κάποια ερπετά η θερμοκρασία του πρώιμου εμβρύου μέσα στο αυγό έχει ένα καθοριστικό αποτέλεσμα στο φύλο



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Θαλάσσια περιβάλλοντα

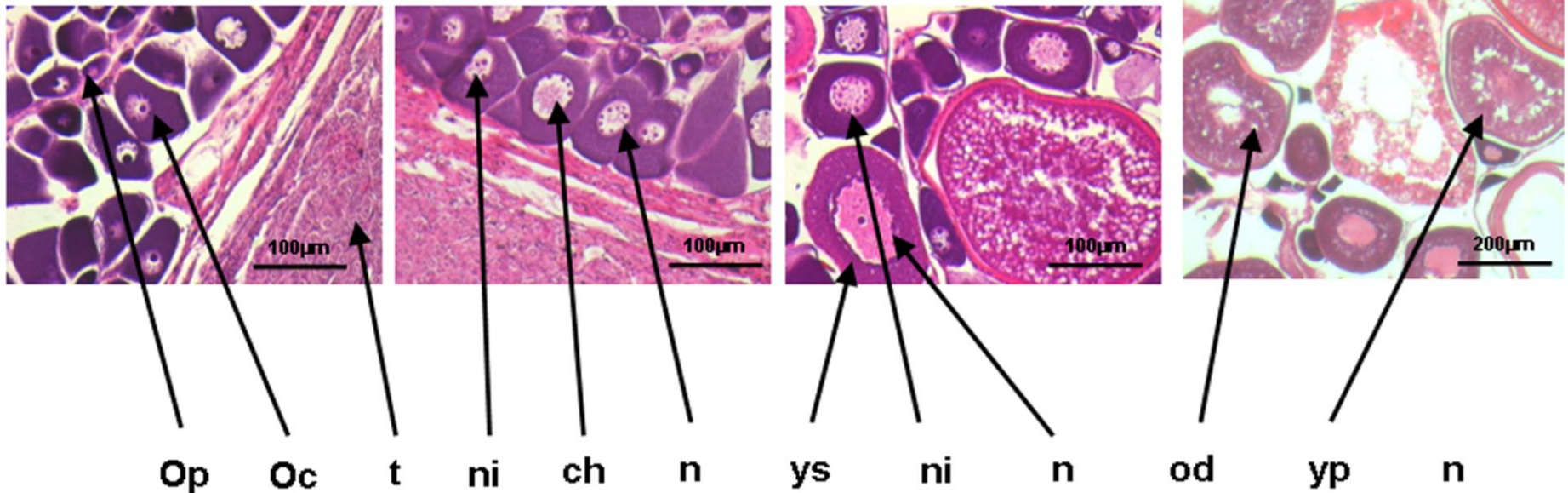
- Τα θαλάσσια ζώα χρησιμοποιούν **ασεξουαλικούς και σεξουαλικούς** τρόπους αναπαραγωγής.
- Μια ευρεία γκάμα «κατώτερων» ασπονδύλων χρησιμοποιεί συστήματα όπως **εκβλαστήσεις** για την αναπαραγωγή, είτε με ελεύθερες ζωντανές προνύμφες (π.χ. ανθόζωα και σκυφόζωα) ή με ατελείς εκβλαστήσεις παράγουν συνημμένους κλωνικούς οργανισμούς (π.χ. κοράλλια).
- Η σεξουαλική αναπαραγωγή υπάρχει σε κάποιο σημείο του κύκλου ζωής σε όλα τα ζώα, και η διαδικασία περιλαμβάνει τη γαμετογένεση, την απελευθέρωση γαμετών και / ή μεταφορά σπέρματος και γονιμοποίηση με γαμέτη από άλλο άτομο.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Θαλάσσια περιβάλλοντα

- Η πλειοψηφία των θαλάσσιων ζώων έχουν απλό μονομαστιγωτό σπέρμα («πρωτόγονη» μορφή) και σχετικά μικρά ωοκύτταρα.
- Μάλλον μεγάλος αριθμός θαλάσσιων ασπόνδυλων (και μερικών ψαριών) είναι **ερμαφρόδιτα**. Μερικοί έχουν ένα "**ovotestis**" που παράγει ταυτόχρονα ή διαδοχικά αρσενικούς και θηλυκούς γαμέτες, αν και τείνουν να ανταλλάσσουν γαμέτες με άλλο άτομο παρά να αυτο-γονιμοποιούνται.
- Άλλα ζώα είναι **πρώτανδρα ή πρωτόγυνα ερμαφρόδιτα**. Η εναλλαγή μεταξύ των σεξουαλικών φάσεων μπορεί να οφείλεται σε περιβαλλοντικά (εποχιακά) αίτια, ή μπορεί να εξαρτάται στα ληφθέντα σήματα (φερομόνες) από κοντινούς δυνητικούς συντρόφους.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Θαλάσσια περιβάλλοντα

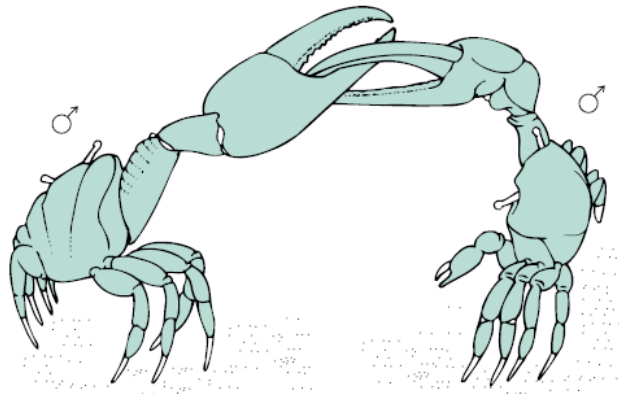
- Οι **βενθοπελαγικοί αποθέτες** είναι ψάρια τα οποία αποθέτουν μια συστάδα, σε μορφή φωλιάς, αυγών, συνήθως στην άμμο ή στα βράχια, τα οποία στη συνέχεια γονιμοποιούνται από τα θηλυκά
- Παράγουν μεγαλύτερα αλλά λιγότερα αυγά από τους **πελαγικούς αποθέτες**, γιατί απαιτείται αρκετή ενέργεια για τη γονική φροντίδα (φύλαξη και καθάρισμα αυγών)



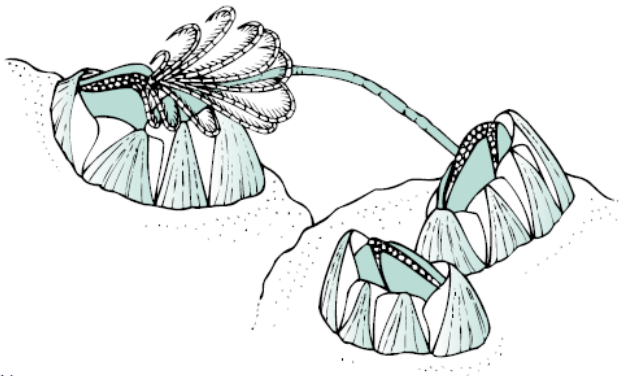
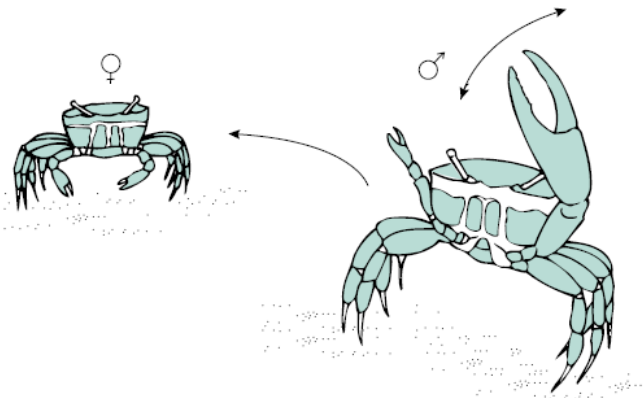
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Υφάλμυρα περιβάλλοντα

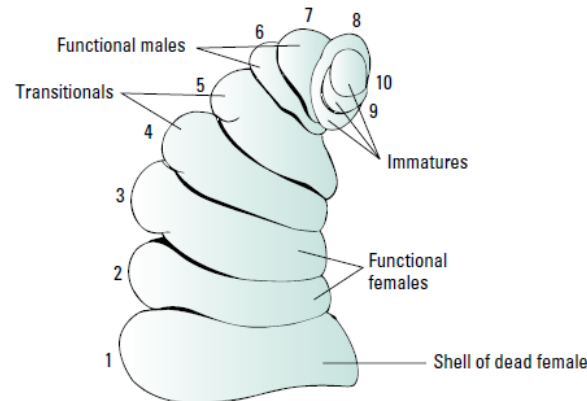
Όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ενήλικες στα υφάλμυρα νερά, είναι πολύ χειρότερα για τα νέα άτομα. Η αποξήρανση είναι η μεγαλύτερη φυσιολογική απειλή για τα νεαρά, ιδίως τα νεαρά μαλάκια της ακτής. Οι προνυμφικές μορφές στερούνται προστατευτικού κελύφους ή πλήρως ανεπτυγμένα κινητικά συστήματα. Πολλά παράκτια και εκβολικά ζώα αποφεύγουν κάποια από τα προβλήματα τους υιοθετώντας πιο περίπλοκες αναπαραγωγικές συμπεριφορές σε σύγκριση με τα θαλάσσια είδη.



(a)



(b)



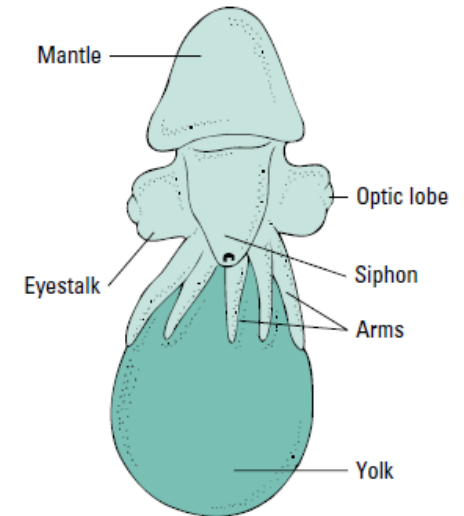
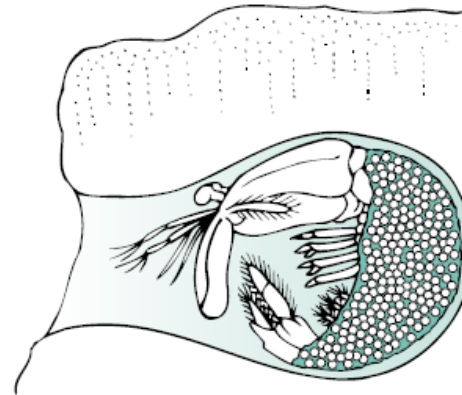
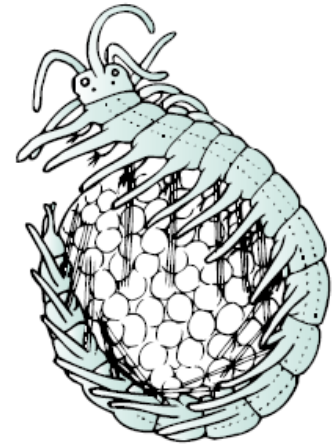
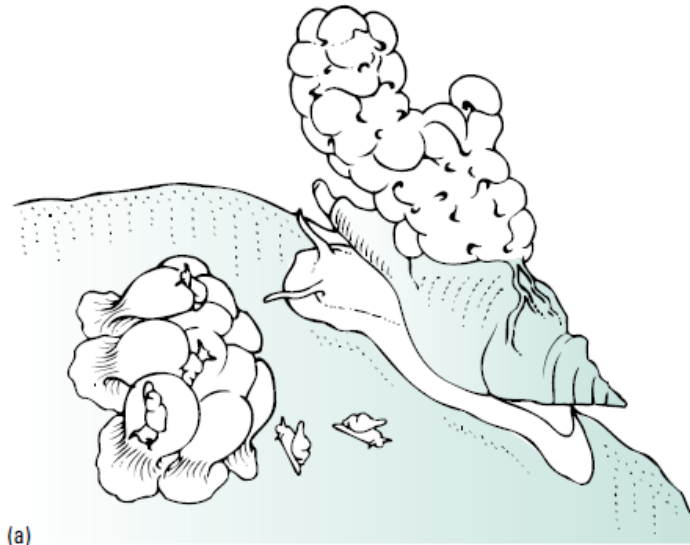
(c)

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Υφάλμυρα περιβάλλοντα

➤ Πολλά ασπόνδυλα αποθέτουν αυγά με περισσότερη λέκιθο, συχνά τοποθετημένα σε προστατευμένες τοποθεσίες σε φύκια ή σε ρωγμές και προεξοχές.

➤ Αυτά τα αυγά προστατεύονται σε σκληρές ή ζελατινοειδείς θήκες οι οποίες σημαντική (εν τούτοις σε καμία περίπτωση πλήρη) προστασία από την αποξήρανση, το οσμωτικό στρες και την ακτινοβολία UV.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

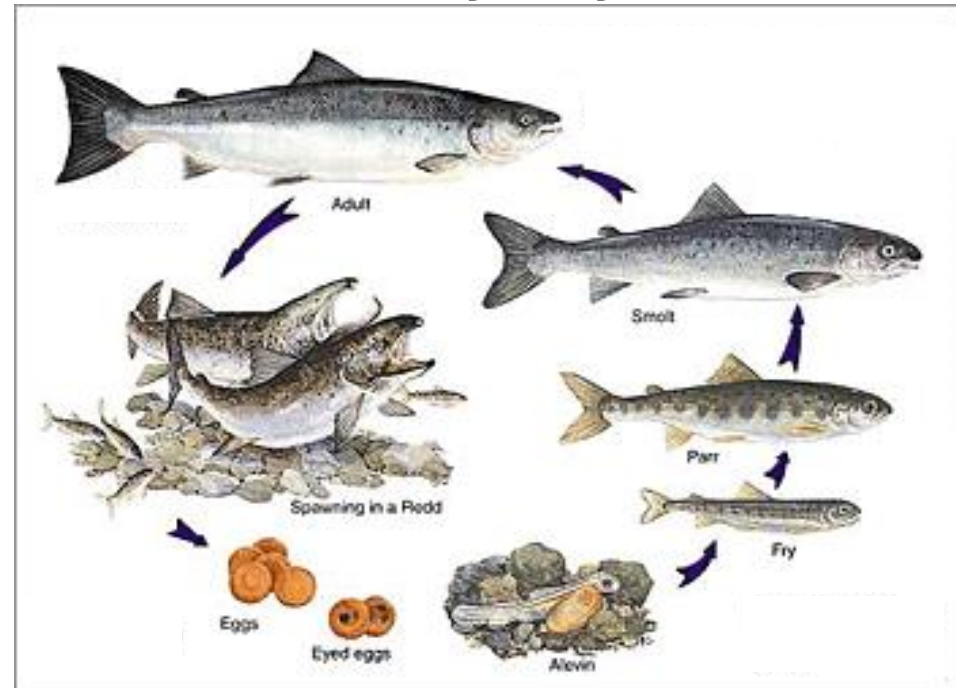
Γλυκά νερά

Στα ενδαιιτήματα γλυκού νερού υπάρχουν πολλά βασικά προβλήματα που μπορούν να επηρεάσουν τις στρατηγικές αναπαραγωγής:

➤ Η παροδικότητα και η μεταβλητότητα του οικοτόπου, που μπορεί να απαιτούν ευκαιριακές αναπαραγωγές προσεκτικά συνδεδεμένες με εποχιακές αλλαγές, και ένα προστατευμένο στάδιο στον κύκλο ζωής.

➤ Η φυσιολογική δυσκολία διατήρησης της ισορροπίας ιόντων και νερού, καθίσταται πολύ πιο δύσκολη σε μικρά ζώα όπως οι προνύμφες με μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς όγκο.

➤ Στα ρέματα και τα ποτάμια υπάρχει το πρόσθετο πρόβλημα, ιδιαίτερα για μικρά ή ανώριμα άτομα, για την αντιμετώπιση συνεχούς ροής.

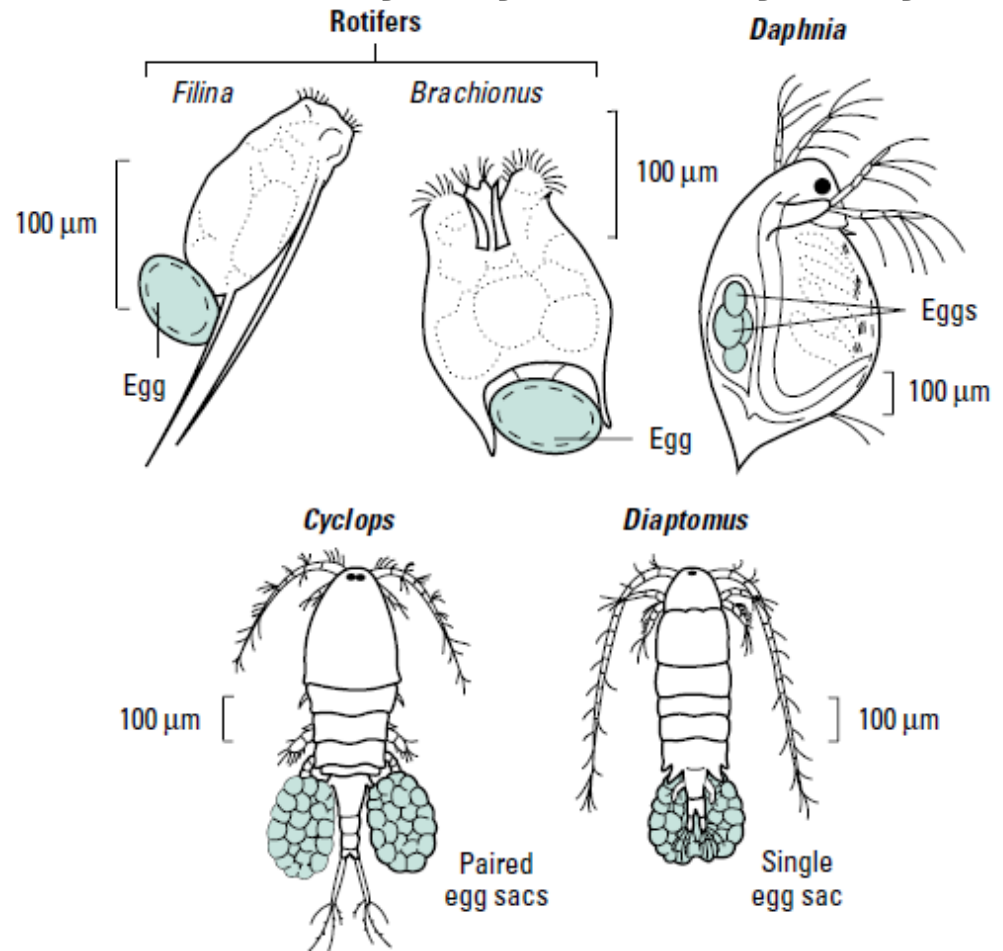


ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Γλυκά νερά

«Σύντομες στρατηγικές κύκλου ζωής»

Πολλά από τα ζωοπλαγκτόν αποτελούν παραδείγματα της στρατηγικής αυτής, επιτρέποντάς τους να εκμεταλλευτούν καλύτερα τις εποχιακές ανθίσεις (blooms). Τα Ροτίφερα και τα Κλαδοκερωτά μπορούν να ολοκληρώσουν τη ζωή τους μέσα σε λίγες μέρες, παράγοντας πολλές γενιές ετησίως. Ωριμάζουν γρήγορα και αποθέτουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας τους στην παραγωγή γαμετών.

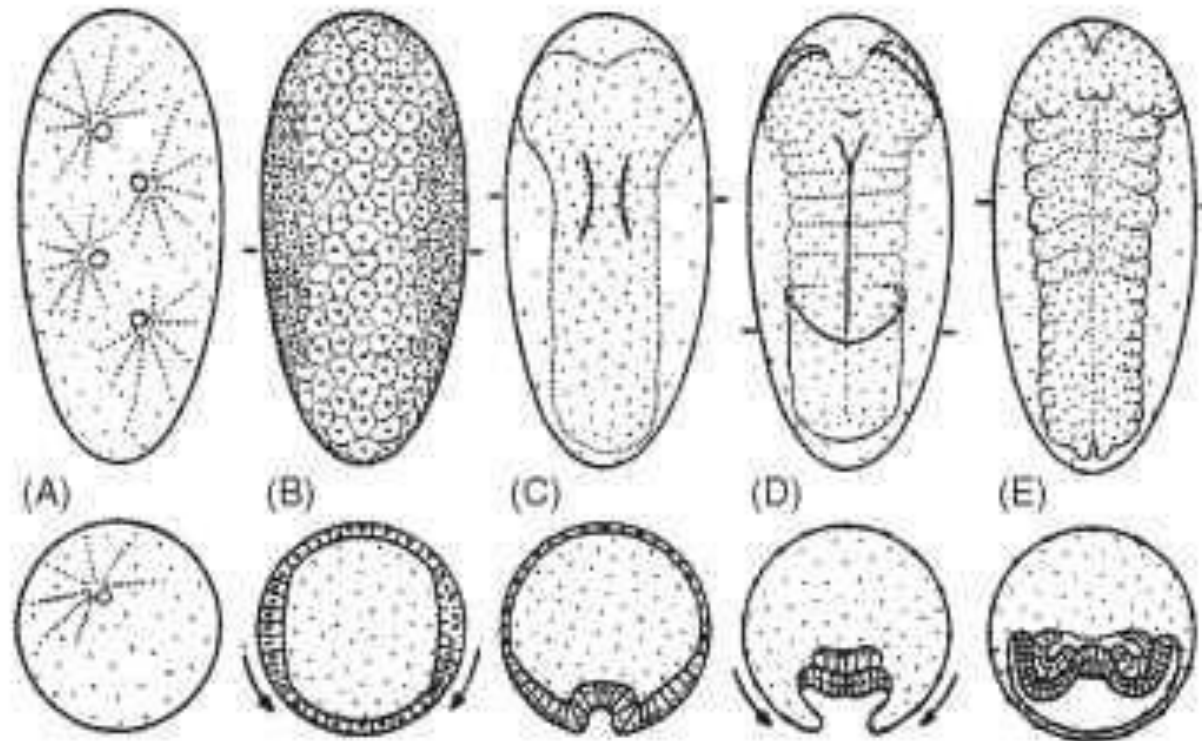


ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Γλυκά νερά

«Μεγάλες στρατηγικές κύκλου ζωής»

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, τα περισσότερα κωπήποδα και τα έντομα, και τα περισσότερα από τα βενθικά ασπόνδυλα, αναπτύσσονται σχετικά αργά, συνήθως δεν παρουσιάζουν παρθενογένεση και μάλλον λιγότερο συχνά χρησιμοποιούν αδρανοποιημένα στάδια. Η ετήσια αναπαραγωγική παραγωγή σε αυτά τα μεγαλύτερα ζώα είναι μικρότερη. Συχνά συνεπάγεται με επιθετικότητα, ενώ κάθε αυγό ή έμβρυο είναι πιο προσεκτικά προστατευμένα.

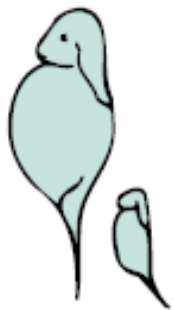
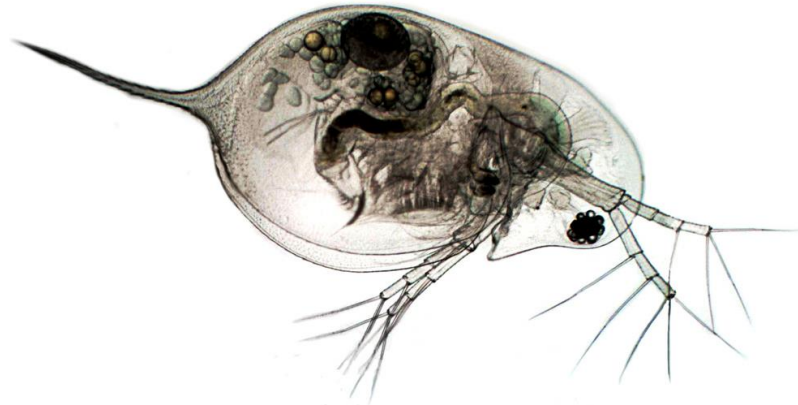


ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Γλυκά νερά

«Φαινοτυπική πλαστικότητα και πολυμορφισμός»

Οποιαδήποτε από αυτές τις ευρείες στρατηγικές της ζωής μπορεί να συνοδεύεται με έντονο βαθμό φαινοτυπικής πλαστικότητας, επιτρέποντας την αναπαραγωγική ισχύ να ποικίλει ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Στη Δαρηνία η θερμοκρασία του νερού έχει σαφή επίδραση, με μεγαλύτερο μέγεθος ωριμότητας όταν οι θερμοκρασίες νερού είναι χαμηλότερες.



1 April
8.2°C



29 April
11.6°C



14 June
19.6°C



9 July
21.2°C



21 July
22.5°C



10 August
20.22°C

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Γλυκά νερά

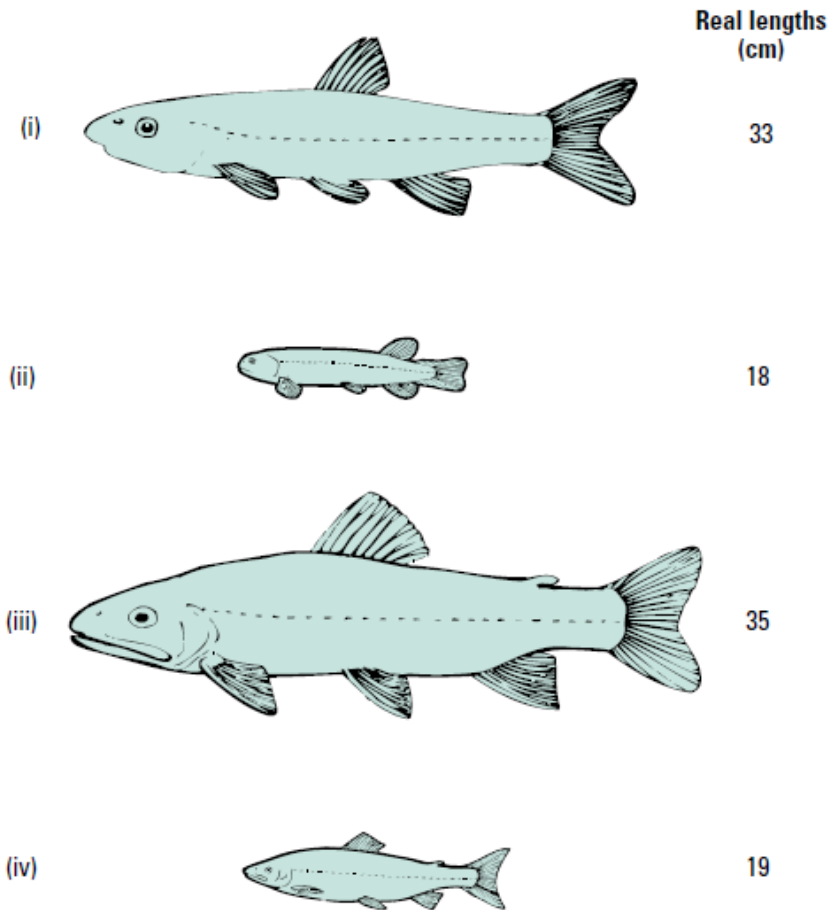
«Φαινοτυπική πλαστικότητα και πολυμορφισμός»

Υπάρχουν επίσης πολλά παραδείγματα βασισμένα σε πόρους τροφής με αποτέλεσμα τους τροφικούς πολυμορφισμούς.



Salvelinus alpinus

- i) μεγάλο βενθοφάγο
- ii) μικρό βενθοφάγο
- iii) ιχθυοφάγο
- iv) πλαγκτονοφάγο



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Γλυκά νερά

«Κύκλοι ζωής σπονδυλωτών»

Η αναπαραγωγή σε ψάρια γλυκού νερού παρουσιάζει παρόμοια πρότυπα με αυτά των ασπονδύλων, με τα αυγά να αποτελούν στάδιο προστασίας από τις εποχιακές συνθήκες. Τα αυγά των ψαριών των γλυκών υδάτων είναι γενικά μεγαλύτερα από τα αυγά των θαλάσσιων ψαριών και μπορεί να προστατευτεί σε «φωλιές» του αφρού βλεννογόνου ή στη βλάστηση. Πολλά είδη κιχλίδων της ανατολικής Αφρικής, έχουν συχνά εξελιχθεί ιδιαίτερα παράξενες αναπαραγωγικές συνήθειες που παρέχουν μηχανισμούς απομόνωσης μεταξύ ειδών, όπως η κατασκευή περίπλοκων φωλιών (sticklebacks και guppies) και η φύλαξη των ανήλικων στο στόμα.



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Χερσαίο περιβάλλον

Πολυγυνία
(ένα αρσενικό, πολλά
θηλυκά)



Πολυανδρία
(ένα θηλυκό, πολλά
αρσενικά)



ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Χερσαίο περιβάλλον

«Βρεφοκτονία»

- Η βρεφοκτονία είναι μια αρσενική αναπαραγωγική στρατηγική
- Τα θηλυκά προστατεύουν τα νεογνά για αρκετούς μήνες
- Αν το νεογνό πεθάνει, το θηλυκό μπαίνει άμεσα σε αναπαραγωγικό κύκλο
- Ο θάνατος του νεογνού κάνει τα θηλυκά να είναι διαθέσιμα για αναπαραγωγή πιο σύντομα
- Τα βρεφοκτόνα αρσενικά αποκτούν άμεσες ευκαιρίες αναπαραγωγής



