

ΠΙΝΑΚΑΣ **ΣΤΙΓΜΕΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ**

ΕΡΜΗΝΕΥΤΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Του Νικολάου Κ. Καρρά

(Δρ. γεωλόγου-μικροπαλαιοντολόγου του ΙΓΜΕ)

(nicarras@igme.gr)

ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ
ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Του Θεοδώρου Α. Τσουνάκου

(φυσιογνώστου - γεωγράφου, συγγραφέως σχολικών βιβλίων)

(biology@pi-schools.gr)

Αθήνα, 2008

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο πίνακας *ΣΤΙΓΜΕΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ* συντάχθηκε στη Διεύθυνση Γενικής Γεωλογίας & Γεωλογικών Χαρτογραφήσεων του ΙΓΜΕ το 2006 και έχει κριθεί κατάλληλος ως βοηθητικό υλικό για τα σχολεία της χώρας από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο το 2007, σε συνδυασμό με το παρόν φυλλάδιο, το πρώτο μέρος του οποίου εκπονήθηκε στο ΙΓΜΕ, ενώ το δεύτερο στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Πίνακας και φυλλάδιο αναρτώνται στον ιστότοπο του ΙΓΜΕ προκειμένου να χρησιμοποιηθούν από μαθητές, διδάσκοντες και τυχόν άλλους ενδιαφερόμενους για τα πεδία των επιστημών της Γης και της ζωής.

N. Καρράς
Αχαρνάι, Νοέμβριος 2008

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός του πίνακα είναι να δείξει στον αναγνώστη, με τρόπο παραστατικό, τη στενή αλληλεξάρτηση που υπάρχει ανάμεσα στο γεωλογικό γίνεσθαι και την εξέλιξη της ζωής στο σύνολό της. Παρουσιάζει επίσης τις συνεχείς μεταβολές του φλοιού της Γης, της εξωτερικής επιφάνειας των ηπειρωτικών μαζών και της κατανομής και διαμόρφωσης των ωκεανών και της βιόσφαιρας, χωρίς την κατανόηση των οποίων είναι αδύνατη η μελέτη της αλληλεξάρτησης οργανικού και ανόργανου περιβάλλοντος.

Η κατανόηση αυτή, εντάσσεται στην προσπάθεια της εκπαίδευσης να διαμορφώσει ενημερωμένους και υπεύθυνους πολίτες με συγκροτημένη περιβαλλοντική συνείδηση, η οποία είναι τόσο απαραίτητη στην εποχή μας.

Όπως η γνώση της ιστορίας είναι η βάση της αυτογνωσίας ενός έθνους μέσα στην κοινωνία των εθνών και ενός πολίτη μέσα στην παγκόσμια κοινωνία, έτσι και η γνώση της ιστορίας της Γης και της ζωής, μέσα από το ξετύλιγμα του γεωλογικού χρόνου και των σημαντικότερων γεγονότων, είναι η βάση της αυτογνωσίας του ανθρώπου, από το μεμονωμένο άτομο μέχρι την ανθρωπότητα στο σύνολό της. Ένας πίνακας δεν μπορεί βεβαίως να δώσει αυτή τη γνώση, μπορεί όμως να κάνει μια νύξη, να δώσει ένα ερέθισμα...

Το σημείωμα που ακολουθεί σκοπό έχει να απαντήσει σε κάποια ερωτήματα που μπορεί να γεννηθούν και να αναπτύξει μερικά σημεία, για όσους δεν έχουν μεγάλη εξοικείωση με την προβληματική γύρω από θέματα επιστημών της Γης και της ζωής. Έτσι, περιέχει κατ' ανάγκην και στοιχεία βασικών γνώσεων γύρω από τους κλάδους αυτούς, αλλά με τη μεγαλύτερη δυνατή συντομία και παράλειψη όσων λεπτομερειών δεν είναι κρίσιμες.

Ο ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ

Η μελέτη της γεωλογικής ιστορίας γίνεται μέσα από τις μαρτυρίες που άφησαν οι ανόργανοι και οργανικοί παράγοντες στα στρώματα των πετρωμάτων που δημιούργησαν. Η μελέτη αυτών των χαρακτήρων των γεωλογικών στρωμάτων λέγεται **στρωματογραφία** και έχει ως στόχο τον προσδιορισμό της αλληλουχίας τους και της ηλικίας της απόθεσής τους και των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούσαν την εποχή εκείνη (**παλαιοοικολογία**). Η τοποθέτηση των στοιχείων αυτών πάνω σε χάρτες μεγάλης κλίμακας, μέχρι και σε πλανητικό επίπεδο, έναν για κάθε εξεταζόμενη εποχή, σε συνδυασμό με τα πορίσματα της μελέτης των δομών που παρατηρούμε (**τεκτονική**), επιτρέπει την αναπαράσταση της **παλαιογεωγραφίας**. Οι αναπαραστάσεις αυτές λέγονται παλινσπαστικές, δηλαδή σαν να σπάμε νοερά τα κομμάτια που απαρτίζουν το σημερινό φλοιό της γης, να τους κάνουμε ένα ταξίδι προς τα πίσω, και να τα «φωτογραφίζουμε» στη θέση που ήταν την κάθε εξεταζόμενη γεωλογική στιγμή. Έτσι φτιάχνουμε τους παλαιογεωγραφικούς χάρτες, όπως αυτούς που εικονίζονται στον πίνακα. Η μελέτη αυτού του γίνεσθαι λέγεται **ιστορική γεωλογία**.

Ο παραλληλισμός της γεωλογίας, ως ιστορικής επιστήμης, με την ανθρώπινη ιστορία, θα μας βοηθήσει συχνά στην κατανόηση πολλών πραγμάτων.

Η στρωματογραφία και ο γεωλογικός χρόνος είναι έννοιες άρρηκτα δεμένες μεταξύ τους, γι' αυτό και οι γεωλογικές περιόδους παίρνουν συνήθως το όνομά τους από τις τοποθεσίες εκείνες στις οποίες είτε αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά τα στρώματα της κάθε χρονικής περιόδου, είτε παρουσιάζουν την πιο χαρακτηριστική ή πιο πλήρη ανάπτυξη. Το Ιουρασικό, για παράδειγμα, πήρε το όνομά του από την ορεινή μάζα του Jura

της Γαλλίας, το Δεβόνιο από το Devonshire, το Πέρμιο από το Perm στα Ουράλια κλπ. (Το ίδιο κριτήριο είχε εφαρμοστεί και στην ανθρώπινη ιστορία, με ονόματα περιόδων όπως Μυκηναϊκή, Βυζαντινή κλπ.).

Οι ανόργανοι παράγοντες επαναλαμβάνονται στο χρόνο. Ένας κρύσταλλος χαλαζία φτιάχνεται με τον ίδιο τρόπο και παρουσιάζει την ίδια εικόνα, ή έστω τις ίδιες ποικιλίες μορφής, τόσο σήμερα, όσο και πριν από δισεκατομμύρια χρόνια. Αντιθέτως η **ζωή** είναι το φυσικό φαινόμενο με τη μεγαλύτερη, από ό,τι γνωρίζουμε, ποικιλία μορφών. Από τη φύση της έχει τη δυνατότητα να παράγει έναν απεριόριστο αριθμό συνδυασμών χαρακτήρων, όπου ο κάθε συνδυασμός είναι μοναδικός και ανεπανάληπτος για κάθε είδος. Αλλά και στο πλαίσιο του είδους, κάθε άτομο είναι ένας μοναδικός και ανεπανάληπτος συνδυασμός ατομικών χαρακτηριστικών, τόσο σε ό,τι αφορά την εξωτερική του εμφάνιση (δηλαδή τον φαινότυπο), όσο και, ακόμα περισσότερο, τον γενετικό του κώδικα (δηλαδή τον γενότυπο). Το σύνολο των επί μέρους στοιχείων του γενετικού κώδικα, τα οποία μεταφράζονται σε γνωρίσματα της εξωτερικής εμφάνισης, ή της φυσιολογίας, ή των δεξιοτήτων και κάθε άλλου γνωρίσματος που επηρεάζει τη δυνατότητα επιβίωσης και αναπαραγωγής, για το σύνολο των ατόμων του κάθε είδους, αποτελούν τη **γενετική κληρονομιά** του.

Κάθε είδος έχει την τάση να εξαπλώνεται σε όσο γίνεται μεγαλύτερη έκταση, με αποτέλεσμα, συνθήως, ο συνολικός πληθυσμός του να βρεθεί εξαπλωμένος σε περιοχές με διαφορετικές οικολογικές συνθήκες, με διαφορετικές προκλήσεις του περιβάλλοντος, στο οποίο ή θα προσαρμοστεί ή θα εξαφανιστεί αν αντιμετωπίσει μεταβολές τόσο ραγδαίες ώστε να μην προλάβει να προσαρμοστεί. Οι γεωλογικοί παράγοντες, από την κλιματική μεταβολή και την αυξομείωση της στάθμης της θάλασσας, μέχρι τη διάρρηξη περιοχών και τη δημιουργία

τάφρων ή τη σταδιακή ανύψωση οροσειρών, μετατρέπουν, πότε σταδιακά και πότε βίαια, τις οικολογικές κοιτίδες και δημιουργούν πάσης φύσεως οικολογικά φράγματα που προκαλούν γεωγραφική απομόνωση μεταξύ των διάφορων τοπικών πληθυσμών του είδους και διακοπή της μεταξύ τους επιμειξίας. Έτσι, η αυθόρμητη παραγωγή νέων χαρακτήρων, κατά τη διαδικασία της αναπαραγωγής, εκ των οποίων το περιβάλλον θα πριμοδοτήσει με ένα μεγαλύτερο αριθμό απογόνων εκείνους που εξασφαλίζουν κάποιο πλεονέκτημα για το συγκεκριμένο περιβάλλον σε όσους τους φέρουν (**φυσική επιλογή**), σε συνδυασμό με τη γεωγραφική απομόνωση και τη διακοπή της επιμειξίας, έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση διαφορών, τη γενετική απομάκρυνση του ενός τοπικού πληθυσμού από τον άλλο και τελικώς την παραγωγή νέων ειδών. Τα είδη αυτά έχουν βεβαίως ως κοινό τους πρόγονο το αρχικό είδος, το οποίο έχει κι αυτό κοινό πρόγονο με άλλα είδη της εποχής του κ.ο.κ., μέχρι να φτάσουμε στον κοινό πρόγονο όλου του **δέντρου της ζωής**, την κοινή ρίζα, πριν από περίπου 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Έτσι προκύπτουν η έννοια και οι βαθμοί της εξελικτικής συγγένειας η οποία τόσο πιο στενή είναι, όσο πιο κοντά στο χρόνο είναι ο κοινός πρόγονος και τόσο πιο μακρινή, όσο ο κοινός πρόγονος βρίσκεται πιο πίσω. Οι συγγένειες αυτές εκφράζονται και στην ταξινόμηση, με τη μετάβαση από τις μικρές ταξινομικές μονάδες προς τις μεγάλες (είδος, **γένος, οικογένεια**, τάξη, ομοταξία, συνομοταξία κλπ.). Είναι χαρακτηριστικό ότι τα ονόματα των ταξινομικών αυτών μονάδων, που υποδηλώνουν σαφώς συγγενικό βαθμό, δόθηκαν πολύ πριν η Επιστήμη υποπτευθεί καν τον τρόπο παραγωγής των ειδών, την ίδια την παραγωγή των ειδών, την έννοια της εξέλιξης. Το έκαναν οι πρώτοι φυσιοδίφες από την παρατήρηση και μόνο των αναλογιών, μέσα από μια αυθόρμητη **συγκριτική ανατομία**, όπως

ο κρεοπώλης δείχνει μέρη του σώματός του αν ερωτηθεί τι κομμάτι είναι το άλφα ή το βήτα.

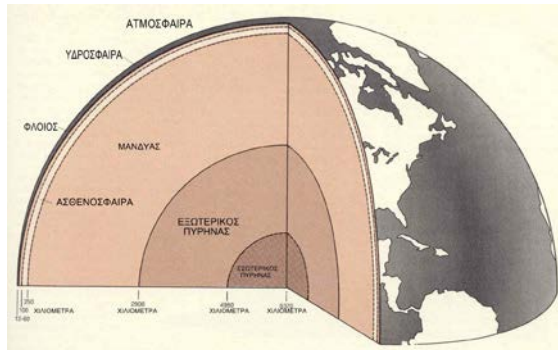
Θα αναφέρω δύο παραδείγματα γενετικής απομόνωσης και διαφοροποίησης λόγω βιολογικού φράγματος που έχουν εντοπιστεί από την έρευνα στις μέρες μας. Το ένα είναι με το **Σινικό Τείχος**, ένα απλό φράγμα, ύψους μόλις 6 μέτρων, το οποίο εντούτοις αρκεί για να επηρεάσει την κυκλοφορία της γύρης τόσο, ώστε σε 6 είδη φυτών να εντοπίζεται γενετική διαφοροποίηση βορείως και νοτίως του τείχους, και να σκεφτεί κανείς πόσο ασήμαντο για τους γεωλογικούς χρόνους είναι το χρονικό διάστημα της ύπαρξης του τείχους. Το άλλο παράδειγμα αφορά ένα **φράγμα άορατο**. Είναι οι συχνότητες υπερήχων με τις οποίες επικοινωνούν οι νυχτερίδες. Οι συχνότητες καθορίζουν και την επιλογή ερωτικών συντρόφων. Οι προτιμήσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη γενετική απομόνωση και το διαχωρισμό επί μέρους πληθυσμών που ζουν στον ίδιο χώρο.

Εν κατακλείδι, η ζωή, λόγω της συνεχούς της εξέλιξης, παρουσιάζει ένα διαφορετικό πανόραμα για κάθε χρονική στιγμή που εξετάζουμε, με εκατομμύρια είδη κάθε φορά, πάντα διαφορετικά για κάθε «πριν» και για κάθε «μετά». Για το λόγο αυτό, οι μεγάλες υποδιαιρέσεις του γεωλογικού χρόνου αναφέρονται στη ζωή. Τα ονόματά τους δημιουργούνται από το επίθετο **ζωικός**, του οποίου προηγείται ένα επίθετο/πρόθεμα που δηλώνει πόσο παλαιά σε σχέση με τα σημερινά είναι τα όντα που περικλείονται στα αντίστοιχα στρώματα: Αρχαιοζωικός, Παλαιοζωικός, Καινοζωικός κλπ. Κατ' αναλογία, στην παλαιοβοτανική χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιοι όροι με δεύτερο συνθετικό το -φυτικός, είχαν όμως περιορισμένη επιτυχία και σπανίως χρησιμοποιούνται. Εξ άλλου, το επίθετο ζωικός δεν ταιριάζει μόνο στα ζώα, αλλά και γενικά στη ζωή.

Και κάτι ακόμα! Κάθε εποχή δεν έχει ένα μόνο βιολογικό πανόραμα, αλλά πολλά, τόσα, όσες είναι και οι οικολογικές ζώνες και υποζώνες της, δηλαδή οι βιοεπαρχίες. Στη γεωλογία αυτές λέγονται **παλαιοβιογεωγραφικές επαρχίες**. Αν δούμε για παράδειγμα μια φωτογραφία με πιγκουΐνους, θα καταλάβουμε αμέσως ότι είμαστε στην Ανταρκτική και όχι στη Γαλλία. Αν τώρα κόψουμε την ... Ανταρκτική σε δύο κομμάτια, βάλουμε το χρόνο να τρέχει και παρακολουθήσουμε την απομάκρυνση των δύο κομματιών και τη διεύρυνση της νέας ωκεάνιας λεκάνης, θα δούμε να συσσωρεύονται όλο και περισσότερες διαφορές στα δύο ηπειρωτικά τεμάχη. Το βιολογικό τους πανόραμα θα είναι όλο και λιγότερο συγγενικό στο διάβα του χρόνου. Τα απολιθώματα, όμως, των σημερινών πιγκουΐνων, θα είναι ίδια και στα δύο κομμάτια, θα ανήκουν στο ίδιο είδος! Αυτά θα είναι η αδιάσειστη μαρτυρία της ύπαρξης της πρώην ενιαίας ηπείρου και θα χρονολογούν τη στιγμή του διαχωρισμού της σε δύο τμήματα! Με τον ίδιο τρόπο, για να πάμε και προς τα πίσω, θα παρακολουθήσουμε τη γέννηση του νότιου Ατλαντικού ωκεανού και τη διάρρηξη μεταξύ Αφρικής και νότιας Αμερικής. Και είναι εντυπωσιακό, ότι 145 εκατομμύρια χρόνια μετά το διαχωρισμό, το σχήμα των ατλαντικών ακτών των δύο ηπείρων ταιριάζει απόλυτα, ιδιαίτερα αν υπολογίσουμε την ισοβαθή των -1000 μέτρων. Αν λοιπόν εξετάσουμε τα απολιθώματα των ερπετών ένθεν κακείθεν του νότιου Ατλαντικού, θα διαπιστώσουμε ότι στο τέλος του Ιουρασικού, ανήκαν στην ίδια βιοεπαρχία.

Τα τελευταία χρόνια, στα παραπάνω εργαλεία μελέτης των φαινομένων αυτών, προστέθηκαν και καινούργια όπλα. Είναι η μελέτη του ωκεάνιου φλοιού, η χρονολόγησή του με τα ραδιενεργά ισότοπα (ραδιοχρονολόγηση), ο παλαιομαγνητισμός κ.α. Τα νέα πορίσματα, ταιριάζουν απόλυτα με όσα είχαν ήδη προκύψει από τις παλαιοντολογικές μελέτες. Δεν θα βρούμε

πουθενά φλοιό του νότιου Ατλαντικού παλαιότερο από την αναφερθείσα ηλικία.



ΗΠΕΙΡΟΙ ΚΑΙ ΩΚΕΑΝΟΙ ΣΕ ΑΕΝΑΗ ΚΙΝΗΣΗ

Πώς, όμως, και γιατί γεννώνται οι ωκεανοί; Πώς και γιατί γεννώνται και διασπώνται οι υπερήπειροι που αναφέρονται στον πίνακα; Κινητήρια δύναμη των ενδογενών παραγόντων της μηχανής του γεωλογικού γίνεσθαι είναι η **Θερμότητα** που παράγεται στον πυρήνα της Γης από τη σχάση των ραδιενεργών ισοτόπων βαρέων μετάλλων, η οποία πρέπει με κάποιο τρόπο να διαφύγει προς τα έξω, προς τα επάνω, ενώ των εξωγενών παραγόντων είναι η ηλιακή ενέργεια. Η ενδογενής θερμότητα διαφεύγει προς τα επάνω με τρεις τρόπους. Ο ένας είναι η απλή **αγωγιμότητα** της θερμότητας από τα βαθύτερα και θερμότερα στρώματα προς τα ρηχότερα και ψυχρότερα, μέχρι να φθάσει στην εξωτερική επιφάνεια. Ο δεύτερος είναι οι **κυψέλες μεταγωγής** στο ανώτερο στρώμα του μανδύα, τη λεγόμενη **ασθενόσφαιρα**, η οποία, σε γεωλογικούς χρόνους, συμπεριφέρεται ως ρευστό και έχει ένα σύστημα κυκλοφορίας που μοιάζει με αυτό που συμβαίνει σε μια κατσαρόλα που βράζει. Μία θερμή μάζα ανέρχεται και όταν φθάσει ψηλά, η μείωση της

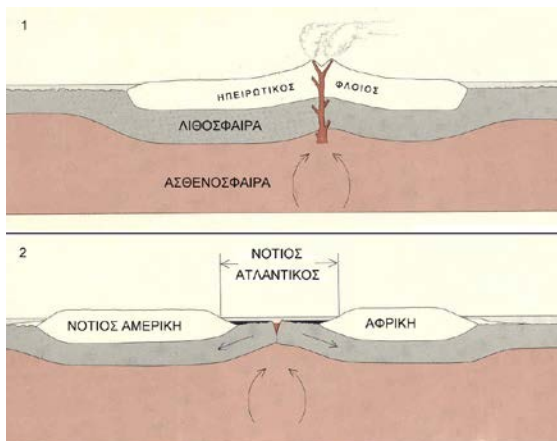
πίεσης επιτρέπει σε ένα μέρος της να γίνει ρευστή λάβα, να τρυπήσει τον φλοιό, δημιουργώντας μια **τάφρο**, να βγει έξω και να σχηματίσει ηφαίστεια κατά μήκος της τάφρου. Η σύσταση της λάβας αυτής είναι βασαλτική και είναι αυτή που σχηματίζει τον **ωκεάνιο φλοιό**. Η νέα άφιξη λάβας στην επιφάνεια διαπερνά τον πριν από λίγο δημιουργημένο φλοιό, τον σπάει στα δύο και τον σπρώχνει δεξιά και αριστερά για να κάνει χώρο. Έτσι διευρύνεται σταδιακά η νέα ωκεάνια λεκάνη. Η αλυσίδα των ηφαιστείων που σχηματίστηκαν είναι η λεγόμενη **μεσο-ωκεάνια ράχη**. Όσο απομακρυνόμαστε από τη ράχη, τόσο παλαιότερος θα είναι ο ωκεάνιος φλοιός. Κάτω από αυτόν, το υλικό που λιθοποιήθηκε και αυτό λόγω σταδιακής ψύξης, χωρίς να βγει στην επιφάνεια, σχηματίζει, μαζί με τον υπερκείμενο φλοιό, τη **λιθόσφαιρα**. Το υποκείμενο, «ρευστό» υλικό της κυψέλης μεταγωγής, στο πάνω μέρος της ασθενόσφαιρας, στρέφεται κι αυτό δεξιά και αριστερά και ταξιδεύει οριζόντια, κουβαλώντας στη ράχη του την υπερκείμενη λιθόσφαιρα, είτε είναι ωκεάνια, κάτω από τον νεαρό ωκεανό, είτε την ηπειρωτική, κάτω από την ήπειρο που έσπασε, χάνοντας συνεχώς θερμότητα προς τα επάνω. Όταν έχει ψυχρανθεί και συσταλεί αρκετά είναι βαρύτερο από το υποκείμενο στρώμα με αποτέλεσμα να βυθίζεται και πάλι μέσα στην ασθενόσφαιρα. Η υπερκείμενη όμως **ηπειρωτική λιθόσφαιρα** που ταξίδεψε παθητικά είναι πολύ ελαφριά για να βυθιστεί, έτσι παραμένει ψηλά και συγκρούεται με αυτό που θα συναντήσει μπροστά της, συνήθως μια άλλη ηπειρωτική λιθόσφαιρα που κάποτε ήταν μακριά. Η σύγκρουση αυτή προκαλεί την **ορογένεση**, δηλαδή τη δημιουργία οροσειρών. Σε πλανητικό επίπεδο, το όλο σύστημα δεν είναι άλλο από αυτό που όλοι έχουν ακούσει με το όνομα **τεκτονική των λιθοσφαιρικών πλακών** (βλ. σχήμα στο κάτω μέρος του πίνακα). Στα σημεία απόκλισης των πλακών έχουμε δημιουργία ή διεύρυνση ωκεανών, ενώ στα

σημεία σύγκλισης έχουμε κλείσιμο ωκεανών, σύγκρουση πλακών και ορογένεση.

Ο τρίτος τρόπος μεταφοράς της θερμότητας προς τα επάνω είναι τα **λοφία** του μανδύα. Ένα λοφίο είναι μια γιγαντιαία σε ύψος, αλλά περιορισμένη σε μήκος-πλάτος, ανοδική κίνηση υλικού του μανδύα, η οποία ξεκινάει από το όριο μανδύα-πυρήνα (2.900 χλμ. βάθος), φθάνει στη βάση της ασθενόσφαιρας, διαπερνά (έστω με κάποια οριζόντια μετατόπιση) την κυψέλη μεταγωγής που θα συναντήσει και φθάνει μέχρι την εξωτερική επιφάνεια όπου σχηματίζει τα λεγόμενα **Θερμά σημεία**, με ηφαίστεια. Παράδειγμα θερμού σημείου είναι η αλυσίδα των νήσων Χαβάη. Το θερμό σημείο - και το νεότερο νησί - είναι στην ΝΑ άκρη της αλυσίδας (νήσος Χαβάη), τα νεκρά ηφαίστεια μεταφέρονται παθητικά από την κίνηση της πλάκας προς τα ΒΔ κι έτσι το παλαιότερο νησί (Καουάη) είναι στο ΒΔ άκρο της αλυσίδας.

Γιατί γεννώνται οι υπερήπειροι; Από τη στιγμή που η μετακίνηση των ηπειρών γίνεται πάνω σε μια σφαίρα, είναι αναπόφευκτο *κάποια στιγμή* να συναντηθούν όλες σε κάποια περιοχή της σφαίρας, ύστερα από διαδοχικές συγκρούσεις και συρραφές. Το μόρφωμα αυτό, όμως, δεν μπορεί να διατηρηθεί για πολύ. Η υπερήπειρος δρα ως ένα τεράστιο καπάκι που εμποδίζει τη **Θερμότητα** να αχθεί προς τα πάνω και να διαφύγει στην ατμόσφαιρα. Έτσι συσσωρεύεται κάτω από τις κεντρικές περιοχές της τεράστιας αυτής ηπειρωτικής λιθόσφαιρας. Η συσσώρευση αυτή προκαλεί διόγκωση, κύρτωση και αναθόλωση της λιθόσφαιρας και εν τέλει τη διάρρηξή της, με φυγόκεντρο μετακίνηση των ηπειρωτικών τεμαχίων που δημιουργήθηκαν, ενώ οι κυψέλες μεταγωγής στην ασθενόσφαιρα προσαρμόζονται στη νέα πραγματικότητα, στη νέα οδό εκτόνωσης που δημιουργήθηκε. Έτσι αρχίζει ένας καινούργιος κύκλος. Υπολογισμοί που

βασίζονται στις διαστάσεις της Γης, τις συνήθεις ταχύτητες των κυψελών μεταγωγής και τις πληροφορίες που έχουν αποτυπωθεί στις ηπειρωτικές μάζες, οδηγούν στην εκτίμηση ότι η μέση διάρκεια του κάθε κύκλου υπερηπείρου είναι περί τα **500** εκατομ. χρόνια.



Για να αναπαραστήσουμε προς τα πίσω την ιστορία των ηπείρων, δεν έχουμε παρά να κοιτάζουμε το σύνολο των ηπειρωτικών μαζών και να εντοπίσουμε πάνω τους τις διάφορες παλαιογεωγραφικές επαρχίες, με τις διαφορετικές ηλικίες τους. Αυτά είναι τα κομμάτια του παζλ. Θα δούμε επίσης τις μεταξύ τους ραφές, που δεν είναι άλλο από κάποιες οροσειρές. Οι πιο πρόσφατες είναι υψηλές, όπως η αλπική αλυσίδα, ενώ πηγαίνοντας προς τα πίσω στο χρόνο θα γίνονται από τη διάβρωση όλο και λιγότερο υψηλές (π.χ. Ουράλια, Απαλάχια), όλο και πιο αδιόρατες. Έχουν όμως αφήσει ανεξίτηλα την «υπογραφή» τους και τα εργαλεία για να αναγνωριστούν αυτές οι υπογραφές γίνονται όλο και περισσότερα. Πρώτα είχαμε μόνο τα απολιθώματα για να αναγνωρίσουμε επαρχίες και αυτό μας κάλυπτε για τον τελευταίο κύκλο, γινόταν όμως προβληματικό

για τους προηγούμενους, διότι τα απολιθώματα σπανίζουν στον μεγα-αιώνα πριν από το Κάμβριο, τον οποίο και αποκαλούσαμε Κρυπτοζωικό. Τώρα όμως έχουμε νέα εργαλεία που προέρχονται από την ανάπτυξη του κλάδου της Ιζηματολογίας, της Πετρολογίας, από τη μελέτη των κρυστάλλων, μέσα στους οποίους μπορούμε να μελετήσουμε μικροσκοπικά εγκλείσματα που φέρουν μέγα πλήθος πληροφοριών. Οι ραφές, ακόμα κι αν έχουν ισοπεδωθεί από τη διάβρωση, γίνονται αντιληπτές από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων είναι τα θραύσματα παλαιάς ωκεάνιας λιθόσφαιρας που ενεπλάκησαν στη σύγκρουση, διέφυγαν της υποβύθισης και καταστροφής και τα βρίσκουμε σήμερα κατά μήκος της ραφής. Μεταξύ των άλλων πληροφοριών, φέρουν και τη μαρτυρία της ηλικίας τους. Και όχι μόνο! Φέρουν και πλούσια μεταλλοφορία, την οποία ο άνθρωπος εκμεταλλεύτηκε από παλιά. Τα σημαντικότερα κοιτάσματα της Ελλάδος πηγάζουν από αυτά τα πετρώματα, που αποκαλούνται οφιόλιθοι. Τα βρίσκουμε κατά μήκος του Αξιού, στην Όρθρυ, στη Βοιωτία, την Εύβοια και αλλού. Κάπου εκεί μπορούμε να αναζητήσουμε τη ραφή του ωκεανού της Τηθύος (βλ. παρακάτω).

Με βάση τα παραπάνω, ενώ η τελευταία υπερήπειρος, η Παγγαία, εντοπίστηκε γρήγορα, μετά την ανακάλυψη της μετακίνησης των ηπείρων, οι προηγούμενες έγιναν αντιληπτές την τελευταία εικοσαετία. Πηγαίνοντας πίσω στο χρόνο, μπορούμε να ξετυλίξουμε το κουβάρι των αποθηκευμένων πληροφοριών, να μετακινήσουμε τα κομμάτια του παζλ και να ανασυνθέσουμε τις προγενέστερες υπερηπείρους, δίνοντάς τους και ένα όνομα, για να μπορούμε να συνεννοηθούμε. Η μεγάλη ανάπτυξη των υπολογιστών έπαιξε σημαντικό ρόλο στο έργο αυτό.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ

Στις αριστερές στήλες του πίνακα, με υπέρτιτλο «ΗΛΙΚΙΕΣ ΤΗΣ ΓΗΣ», ο αναγνώστης πληροφορείται για τα ονόματα των βασικών στρωματογραφικών (=χρονολογικών) υποδιαιρέσεων. Όπως κάθε ιστορία, έτσι και η ιστορία του πλανήτη μας πρέπει να διαβαστεί από κάτω προς τα πάνω, από τα παλιά προς τα καινούργια. Ο παραλληλισμός της γεωλογικής ιστορίας με την ανθρώπινη ιστορία είναι ικανοποιητικός και για την κατανόηση κάποιων ορίων. Ό,τι είναι για την ιστορία η εμφάνιση της γραφής, είναι για τη γεωλογική ιστορία η εμφάνιση πολυκύτταρων οργανισμών με σκληρό **κέλυφος**, πράγμα που διευκόλυνε την απολίθωσή τους. Έτσι, στην αρχή του Καμβρίου, πριν από 540 εκατομμύρια χρόνια, έχουμε τη λεγόμενη κάμβριο «έκρηξη». Ίσως δεν ήταν μια «έκρηξη» της ζωής, είναι όμως μια «έκρηξη» στην παρουσία απολιθωμάτων, είναι η αρχή του **Ξανεροζωικού** μεγα-αιώνα, η αρχή της γεωλογικής ιστορίας. Αντιθέτως, ο προηγούμενος μεγα-αιώνας, ο **Κρυπτοζωικός**, είναι, θα λέγαμε, η γεωλογική προϊστορία, γιατί έκρυβε τις μαρτυρίες της ζωής, αφού η έλλειψη κελύφους δεν ευνοούσε την απολίθωση. Οι όροι αυτοί, που δεν αναφέρονται στον πίνακα, δεν είναι πια και τόσο στη «μόδα», ακριβώς γιατί οι αυξημένες δυνατότητες και τα εργαλεία έρευνας που διαθέτουμε σήμερα έχουν καταστήσει το Κρυπτοζωικό όχι πια και τόσο ... κρυφό. Αλλά το ίδιο δεν έχει συμβεί και με την ανθρώπινη προϊστορία:

Δίπλα, στη στήλη «ΕΤΗ πριν από σήμερα», παρατίθεται η **απόλυτη ηλικία**, σε χρόνια. Όταν αναφέρεται η ηλικία κάποιων ορίων, η γραμμή του ορίου προεκτείνεται για λίγα χιλιοστά μέσα στη στήλη της απόλυτης ηλικίας. Όταν δεν πρόκειται για κάποια όρια, τότε πρόκειται για την κατά προσέγγιση ηλικία κάποιων σημαντικών γεγονότων. Π.χ. το 3,5 δισεκατομμύρια έτη δεν αντιστοιχεί σε κάποιο όριο, αν κοιτάξουμε όμως δεξιότερα θα

δούμε στο ίδιο ύψος τους πρώτους στρωματολίθους, ενώ το βελάκι μας οδηγεί στην εικόνα τους (η συγκεκριμένη είναι από τη ΒΔ Αυστραλία). Στο ύψος του 3 δισεκατομμύρια δεν υπάρχει τίποτα, μας λέει όμως ότι η πρώτη υπερήπειρος, η Ur, σχηματίστηκε «λίγο πριν» και τεμαχίστηκε «λίγο μετά», όπου βέβαια αυτό το «λίγο» είναι σχετικό. Για όσο παλαιότερα πράγματα μιλάμε, τόσο μεγαλύτερο χρονικά είναι το «λίγο»...

Η πλούσια ιστορία του πλανήτη μας και της ζωής που αναπτύχθηκε πάνω του, δεν μπορεί βεβαίως να αποτυπωθεί σε ένα πίνακα. Πρέπει κανείς να επιλέξει κάποιες σημαντικές «στιγμές», τις ελάχιστες απαραίτητες για να δείξουν την πλαστικότητα του συστήματος Γη, την ιστορικότητα των φυσικών παραγόντων που μας περιβάλλουν.

Η εμφάνιση της ζωής: Όσον αφορά το χρόνο της εμφάνισης της ζωής στη Γη, οι πιο τολμηροί πριν από 25 χρόνια τον πήγαιναν στο 1,5 δισεκατομ. χρόνια πριν από σήμερα, ενώ τα νέα αδιαφιλονίκητα ευρήματα μας πηγαίνουν τουλάχιστον στα 3,8 με τάση να πάμε ακόμα πιο πίσω. Στο θέμα αυτό, αλλά και σε όλα τα άλλα, ο πίνακας αποτυπώνει τις απόψεις που είναι σήμερα οι επικρατέστερες στην ερευνητική κοινότητα.

Όσον αφορά τον τρόπο, υπάρχουν δύο βασικά ρεύματα θεώρησης. Σύμφωνα με το ένα (θεωρία της **πανσπερμίας**), στοιχειώδεις μορφές ζωής ήρθαν από το διάστημα, κατά τη διάρκεια του βομβαρδισμού της Γης από μετεωρίτες, πάνω σε κόκκους σκόνης, κλεισμένες σε τέτοια μορφώματα που τις προστάτευαν από τις κοσμικές ακτίνες. Ο κλάδος που αναπτύσσεται από αυτό το ερευνητικό ρεύμα ονομάζεται **εξωβιολογία** ή αστροβιολογία. Το άλλο ρεύμα αναζητά την κοιτίδα της ζωής στο βυθό του ωκεανού, γύρω από τα στόμια εξόδου **θερμών νερών** στον ευρύτερο χώρο της μεσο-ωκεάνιας ράχης, που έδιναν την απαραίτητη ενέργεια και τα συστατικά. Και

στις δύο περιπτώσεις, από τη στιγμή αυτή και μετά η ζωή έπαιξε πρωταγωνιστικό ρόλο στο γεωλογικό γίνεσθαι. Σ' αυτήν οφείλεται ο έλεγχος του κύκλου του **άνθρακα** και του φαινομένου του θερμοκηπίου, η απόθεση των ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστολίθων κλπ.), η παραγωγή του ελεύθερου **οξυγόνου** και η μετατροπή της ατμόσφαιρας από αναγωγική σε οξειδωτική. Με μια απίστευτη πλαστικότητα, η ζωή άλλαξε τα πάντα, αλλάζοντας και η ίδια για να προσαρμοστεί στις αλλαγές...

Αξίζει να αναφερθεί τι έγινε στην ατμόσφαιρα και την υδρόσφαιρα. Τον καιρό της εμφάνισης της ζωής, κολοσσιαίες ποσότητες άνθρακα ήταν στην ατμόσφαιρα υπό μορφή διοξειδίου. Το τελευταίο διαλυόταν και στον αρχέγονο ωκεανό και τον έκανε **όξινο**. Ο νεαρός Ήλιος της εποχής εκείνης δεν ήταν πολύ δυνατός, αλλά το φαινόμενο του θερμοκηπίου ήταν αρκετό ώστε η ατμόσφαιρα να είναι πολύ θερμή. Η ανυπαρξία ελεύθερου οξυγόνου και επομένως η έλλειψη στρώματος του όζοντος άφηναν τις υπεριώδεις και τις κοσμικές ακτίνες να μετατρέπουν την επιφάνεια σε κόλαση. **Η στοιχειώδης ζωή**, είτε ήρθε από το διάστημα είτε γεννήθηκε στον ωκεανό, πρέπει αρχικά να κατοίκησε στα βάθη του, γιατί μόνο εκεί μπορούσε να προστατευτεί από τις ακτινοβολίες. Για τη χημική επίσης προστασία της έπρεπε να κλειστεί, όπως εξ άλλου ακόμα κάνει, μέσα σε κάποιες μεμβράνες, να δημιουργήσει δηλαδή ένα φιλόξενο μικροπεριβάλλον. Αφού δεν υπήρχαν ακόμα οι λιπιδικές μεμβράνες, όπως σήμερα, κάποιες ανόργανες έπρεπε να παίξουν αυτό το ρόλο. Πειράματα δείχνουν ότι τέτοιες θα μπορούσαν να είναι μεμβράνες απόθειούχο σίδηρο. Μόλις η ζωή κατάφερε να οργανωθεί, μπόρεσε και να διαφοροποιηθεί, να οργανώσει άμυνες κατά της ακτινοβολίας (μην ξεχνάμε ότι υπάρχει σήμερα ένα βακτηρίδιο, ο *Deinococcus radiodurans*, που επιζεί σε συνθήκες απίστευτα υψηλής ραδιενέργειας) και να ανέλθει και στην επιφάνεια του ωκεανού, έτσι ώστε να αρχίσει να

εκμεταλλεύεται το φως (φωτοσύνθεση), δηλαδή μια νέα ευκαιρία διαφοροποίησης. **Αποτέλεσμα** της δράσης της ζωής ήταν μια ποσότητα του άνθρακα να δεσμευτεί σε οργανικές ενώσεις και μια άλλη, τεράστια ποσότητα, να καθιζήσει ως ασβεστόλιθος. Παράλληλα ελευθερωνόταν οξυγόνο ως απόβλητο. Έτσι, υδρόσφαιρα και ατμόσφαιρα, που είναι σε συνεχή επικοινωνία και ανταλλαγή, «καθάρισαν» σιγά-σιγά από το διοξείδιο του άνθρακα, τα νερά έγιναν λιγότερο όξινα έως ουδέτερα και μειώθηκε το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όταν η ποσότητα του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα έγινε αρκετή ώστε να σχηματίσει προστατευτικό στρώμα του όζοντος, τότε ίσως να έγινε κατοικήσιμη και η επιφάνεια της ξηράς. Πάλι νέες δυνατότητες, νέες κοιτίδες, νέες ευκαιρίες διαφοροποίησης...

Οι **υπερήπειροι**: Στον πίνακα αναφέρονται τα ονόματα που έχουν δοθεί στις 6 διαδοχικές υπερηπείρους που προκύπτουν και ο χρονολογικός τους ορίζοντας, ενώ για την τελευταία, την **Παγγαία**, δίνονται και αναπαραστάσεις της σταδιακής της διάσπασης: Αρχικά γεννήθηκε ο ωκεανός της **Τηθύος**, που είχε διάταξη ανατολή-δύση και διαχώρισε τη νότια μεγα-ήπειρο (**Γκοντβάνα**) από τη βόρεια (**Λαυρασία**). Στα σχήματα οι μαύρες γραμμές δείχνουν τα όρια των σημερινών ηπείρων, ώστε να μπορούμε να τις αναγνωρίσουμε, και αυτά δεν είναι άλλα από τις γραμμές διάνοιξης των (για τότε) μελλοντικών ωκεανών. Η γέννηση όμως του νότιου **Ατλαντικού** και του **Ινδικού** ωκεανού ώθησε την αφο-αραβική μάζα και την Ινδία προς Βορράν και ξαναέκλεισαν την Τηθύ. Το κλείσιμο αυτό έδωσε την αλπική ορογένεση, με την αλπική αλυσίδα να εκτείνεται από τον Άτλαντα μέχρι τα Ιμαλάια. Αξίζει να παρακολουθήσει κανείς την Ινδία. Στις τρεις διαδοχικές αναπαραστάσεις φαίνονται, μεταξύ άλλων, τρεις στιγμές (στο διάστημα από πριν 205 μέχρι 145 εκατομ. χρόνια) του μεγάλου ταξιδιού της Ινδίας από τη νότιο Αφρική

μέχρι τη σημερινή της θέση, η οποία δεν εικονίζεται, αναφέρονται όμως οι στιγμές της σύγκρουσης με την Ασία και η έναρξη ανύψωσης των Ιμαλαΐων. Λείψανα της Τηθύος είναι η σημερινή Μεσόγειος, ο Εύξεινος, η Κασπία κλπ.

Η εξαφάνιση των δεινοσαύρων: Η γεωλογία έγινε επιστήμη από τη στιγμή που ο Charles Lyell διατύπωσε την αρχή ότι οι παράγοντες που διαμόρφωσαν τη Γη είναι αυτοί που δρουν σήμερα κάτω από τα μάτια μας, αργά και συνεχώς, εγκαταλείποντας το διώνυμο στατικότητα-καταστροφή. Η επιτυχής εφαρμογή των αρχών του Lyell επέτρεψε στη γεωλογία να ανδρωθεί και να κατανοήσει τη διαμόρφωση του πλανήτη μας. Ωστόσο, έγινε αργότερα σαφές ότι στη γεωλογική ιστορία υπήρξαν στιγμές μεγάλης **κρίσης**. Το τέλος των μεγάλων γεωλογικών περιόδων και η αρχή των επομένων ήταν σηματοδευμένα από βιολογικές κρίσεις τεράστιου βεληνεκούς, με την εξαφάνιση μέχρι και του 90% των ειδών της ζωής, αλλά και σημαντικού ποσοστού γενών, οικογενειών, ακόμα και τάξεων. Επιζήσαντες ήταν συνήθως εκείνοι που δεν είχαν ειδικευτεί στην προηγούμενη κατάσταση, είχαν μικρό μέγεθος και ζούσαν στη σκιά των ειδικών, των κυριάρχων, εκμεταλλευόμενοι τις μικροευκαιρίες επιβίωσης. Το «άδειασμα» των οικολογικών κοιτίδων μετά την κρίση, έδινε στους ταπεινούς επιζήσαντες τη μεγάλη ευκαιρία να διαφοροποιηθούν και να τις καταλάβουν. Γρήγορα έγινε αντιληπτή η μεγάλη κρίση του τέλους του Κρητιδικού, που προκάλεσε την εξαφάνιση των δεινοσαύρων, των αμμωνιτών, αλλά και μικροοργανισμών που, για τα μέτρα τους, είχαν «μεγάλες» διαστάσεις. Η δογματική εφαρμογή των αρχών του Lyell οδήγησε πολλούς και επί μακρόν να αναζητούν την ερμηνεία σε ενδογενείς παράγοντες, ακόμα και μετά την ανακάλυψη του «**στρώματος του ιριδίου**». Αυτό είναι ένα στρωματίδιο αργιλικό, πλούσιο σε ιρίδιο, ένα στοιχείο που

σπανίζει στον πλανήτη μας αλλά είναι χαρακτηριστικό σε πολλούς μετεωρίτες. Το στρώμα του ιριδίου έχει βρεθεί ακριβώς στο όριο Κρητιδικού - Παλαιοκαίνου σε θέσεις σε ολόκληρη τη Γη. Ο πρόσφατος εντοπισμός (με γεωφυσικές μεθόδους και γεωτρήσεις) του θαμμένου κρατήρα του Chicxulub στη χερσόνησο Γιουκατάν στο Μεξικό, διαμέτρου 200 Km και ηλικίας 65 εκατομμυρίων ετών, έγειρε τη ζυγαριά υπέρ της θεωρίας ότι η εν λόγω βιολογική κρίση οφείλεται σε πτώση μετεωρίτη. Ένας τέτοιος κρατήρας πρέπει να δημιουργήθηκε από ένα μετεωρίτη διαμέτρου τουλάχιστον 10 χιλιομέτρων, που διέσχισε την ατμόσφαιρα σε 2 δευτερόλεπτα και προσέκρουσε στη γη με ταχύτητα 20 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο. Μία τέτοια σύγκρουση έχει ισχύ **100 εκατομμύρια μεγατόνους**, ύστερα από απλό υπολογισμό της κινητικής ενέργειας που είχε το σώμα. (Οι πιο ισχυρές σημερινές πυρηνικές βόμβες δεν ξεπερνούν τους 100 μεγατόνους). Εκτεταμένες πυρκαγιές στο μισό πλανήτη από πυρακτωμένα υλικά που έπεφταν παντού, εκατομμύρια τόνοι σκόνης στη στρατόσφαιρα που σκέπασαν τον ήλιο για χρόνια, ένας μακρύς χειμώνας και στη συνέχεια αφόρητη ζέση για χιλιάδες χρόνια (ο αστεροειδής ατυχώς χτύπησε μια ανθρακική τράπεζα, με αποτέλεσμα να διασπάσει τον ασβεστόλιθο και να εκλυθούν στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα), είναι μερικά από τα αποτελέσματα μιας τέτοιας σύγκρουσης. Κανένα περιβάλλον στη Γη δεν έμεινε απείραχτο. Και η εξαφάνιση των δεινοσαύρων, για τους λόγους που αναφέρθηκαν πιο πάνω, ήταν η μεγάλη ευκαιρία για τα θηλαστικά!

Ως εικόνα της δραματικής αυτής στιγμής, επελέγη για τον πίνακα μια αναπαράσταση της πρόσκρουσης μεγάλου μετεωρίτη και για ένα άλλο λόγο. Είναι ένα από παράδειγμα του πώς η γνώση της γεωλογικής ιστορίας μπορεί και πρέπει να αποτελεί

οδηγό της συμπεριφοράς μας, σε οποιαδήποτε κλίμακα, όπως θα δούμε αμέσως παρακάτω.



Η επικράτηση της θεωρίας της σύγκρουσης για την κρίση του τέλους του Κρητιδικού έριξε νέο φως σε πολλές ερευνητικές κατευθύνσεις. Πολλά συνέδρια ήταν αφιερωμένα στις συγκρούσεις ουράνιων σωμάτων. Η ίδια η γέννηση των ουράνιων σωμάτων (και της Γης), με κινητήρια δύναμη τη βαρύτητα, γίνεται μέσα από μια διαδικασία συγκρούσεων και συνένωσης σωματιδίων, μικροσωμάτων, πρωτοπλανητών κ.ο.κ., εν είδει «βομβαρδισμού». Ο βομβαρδισμός αυτός της Γης, που ήταν και μέρος της δημιουργίας της, «σταμάτησε» πριν από 3,9 δισεκατομμύρια χρόνια (όπως έχει καταγραφεί στον πίνακα), όταν απορροφήθηκε πια το υλικό που ήταν στη βαρυτική σφαίρα επιρροής της και «καθάρισε» το τοπίο γύρω της. Δεν έπαψε όμως να υπάρχει η τεράστια δεξαμενή σωμάτων **με ασταθείς τροχιές**, η ζώνη του Kuiper, που εκτείνεται πέρα από την τροχιά του Ποσειδώνα, με πρώτο γνωστό εκπρόσωπό της τον ψευδοπλανήτη Πλούτωνα, και ακόμα πιο έξω το νέφος του Oort, στα ακραία όρια του πλανητικού μας συστήματος. Το αυξημένο

ενδιαφέρον για την περιοχή αυτή έστρεψε τα τηλεσκόπια προς τα εκεί και έχουν ήδη ανακαλυφθεί και άλλοι ψευδοπλανήτες, όπως ο Quaoar και η Sedna, λίγο μικρότεροι του Πλούτωνα, ή ο 2003 UB 313 (ο οποίος πήρε το όνομα Xena), που είναι λίγο μεγαλύτερος από αυτόν. Μέχρι το 2003 είχαν γίνει γνωστά 800 πλανητοειδή. Κατά καιρούς, σώματα της ζώνης αυτής, είτε λόγω κάποιας σύγκρουσης εκεί, είτε λόγω της τροχιάς κάποιου κοντινού άστρου, εκτρέπονται από την ήδη ασταθή τροχιά τους είτε προς τα έξω, είτε προς τα μέσα. Στη δεύτερη περίπτωση, η διέλευσή τους κοντά από τον Δία, μπορεί με τη σειρά της να τα εκσφενδονίσει προς τα έξω, διώχνοντάς τα τελείως από την επιρροή του Ηλίου, ή προς τα μέσα. Στη δεύτερη περίπτωση, μετά από κάποιο αριθμό ελλειψοειδών περιστροφών, καταλήγουν κατά κανόνα στον Ήλιο, μπορούν όμως να προσκρούσουν και σε κάποιον από τους εσωτερικούς πλανήτες, επομένως και στη Γη. Αυτό γίνεται συχνά στην ιστορία της Γης, σύμφωνα με μια λογαριθμική κλίμακα: σώματα διαμέτρου 10 χλμ. πέφτουν κάθε 100 εκατομμύρια χρόνια, σώματα διαμέτρου ενός χλμ. κάθε 100 χιλιάδες χρόνια, σώματα διαμέτρου 10 μέτρων κάθε χρόνο κλπ. Το ίδιο λογαριθμική είναι και η επικινδυνότητα σε σχέση με το μέγεθος, διότι τα μικρά αντικείμενα παρουσιάζουν μεγάλη σχετική επιφάνεια ($= S/V$, επιφάνεια ανά μονάδα περικλειόμενου όγκου), με αποτέλεσμα να τροχοπεδούνται από την τριβή με την ατμόσφαιρα και να καίγονται. Από το 1990 και μετά, η NASA, η ESA (European Space Agency) κ.α. ψάχνουν πυρετωδώς το χώρο του πλανητικού μας συστήματος με σκοπό να καταγράψουν τον αριθμό, το μέγεθος και την τροχιά των μεγάλων αντικειμένων που θα μπορούσαν να απειλήσουν τη Γη, και εκπονούνται μελέτες αντίδρασης αν διαπιστωθεί ότι κάποιο από αυτά έχει «ραντεβού» με τη Γη ύστερα από μερικές περιστροφές. Σε περίπτωση έγκαιρης ταυτοποίησης, έχει προταθεί η «ρυμούλκηση» του επικίνδунου αστεροειδούς με

κατάλληλο διαστημόπλοιο, δηλαδή η μετατόπιση της τροχιάς του με το ενδεικνυόμενο σπρώξιμο, ώστε να περάσει από το σημείο του ραντεβού λίγο πριν ή λίγο μετά από τη Γη. Σε περίπτωση καθυστερημένης ταυτοποίησης, εξετάζεται ακόμα και η δυνατότητα βομβαρδισμού του με πυρηνικά όπλα, ώστε να θρυμματιστεί και να περιοριστεί η ζημιά στο ελάχιστο. Να, λοιπόν, που η γνώση της γεωλογικής ιστορίας μας κάνει να συνειδητοποιούμε μια υπαρκτή απειλή και να ετοιμαζόμαστε να σώσουμε - αν προλάβουμε - την ανθρωπότητα από αφανισμό.

Η τάφρος της ανατολικής Αφρικής: Στην ανατολική Αφρική έχουμε εκτεταμένα φαινόμενα διάρρηξης. Η αραβική χερσόνησος, η οποία ήταν ενωμένη με την Αφρική, αποσπάστηκε σχετικά «πρόσφατα» με τη διάνοιξη της Ερυθράς Θάλασσας και του κόλπου του Άντεν. Η διάρρηξη όμως δεν περιορίζεται σ' αυτές τις δύο γραμμές. Μία τεράστια σε μήκος τάφρος, η Rift Valley, άρχισε να διαμορφώνεται **πριν από 7 εκατομμύρια χρόνια** στο ανατολικό μέρος της Αφρικής και κόβει σιγά-σιγά το Κέρας της Αφρικής από την υπόλοιπη ήπειρο. Θα την δούμε αν τρέξει το μάτι μας στο χάρτη της ηπείρου, από Νότο προς Βορράν, κατά μήκος των μεγάλων λιμνών στα δυτικά σύνορα της Μοζαμβίκης, της Τανζανίας και της Ουγκάντας, περάσει στη λίμνη Τουρκάνα της Κένυας, στις λίμνες νότια της Αντίς Αμπέμπα στα υψίπεδα της Αιθιοπίας και στρίψει ανατολικά, προς τον κόλπο του Άντεν. Η αναθόλωση του φλοιού και η διάρρηξη διαμόρφωσαν έντονο ανάγλυφο, το οποίο πιστεύεται ότι απετέλεσε το φυσικό φράγμα που διαχώρισε τον πληθυσμό του κοινού προγόνου του ανθρώπου και του χιμπατζή σε δύο μέρη χωρίς γενετική επικοινωνία. Οι γεωγραφικές αλλαγές είχαν και κλιματικές συνέπειες. Ενώ δυτικά της τάφρου δεν είχαμε σημαντικές μεταβολές, ανατολικά το κλίμα έγινε ξηρότερο και η ζούγκλα έδωσε τη θέση της στη σαβάνα. Η επιβίωση στη σαβάνα,

με λίγα δέντρα και ανοικτές εκτάσεις, υποχρέωνε τους ανθρωπίδες να ζουν μεγάλο μέρος της ημέρας στο έδαφος, αναζητώντας την τροφή τους, που συχνά ήταν ο μυελός των οστών των ζώων που σκότωναν τα αιλουροειδή και τον οποίο έφταναν σπάζοντας τα οστά με πέτρες. Και έπρεπε να εντοπίσουν γρήγορα τα κατασπαραχθέντα θηράματα, μόλις αναχωρούσε το σαρκοφάγο και πριν καταφθάσουν οι ύαινες. Τέτοιες συνθήκες ζωής ευνοούσαν δύο πράγματα: την όρθια στάση, ώστε να βλέπουν μακριά, πάνω από τα ψηλά χόρτα, για να εντοπίζουν την τροφή, ή τον κίνδυνο από τα αιλουροειδή, και την κοινωνική ζωή, την επικοινωνία και τη συνεργασία, αφού κάποιος έπρεπε να φυλούν σκοπιές και κάποιος να ασχολούνται με το σπάσιμο των οστών.

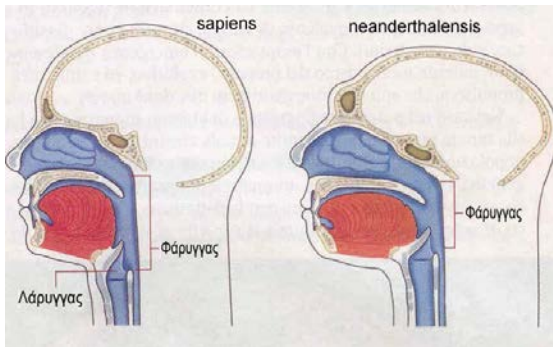
Μέχρι σήμερα, η παλαιοντολογική σκαπάνη έχει πια εντοπίσει μεγάλο αριθμό απολιθωμάτων ανθρωπιδών, των γενών *Australopithecus* και στη συνέχεια *Homo*, σχεδόν πάντα στην ανατολική Αφρική, ενώ ο χώρος παρουσίας των σημερινών δύο ειδών χιμπατζή (*Pan troglodytes* και *Pan paniscus*) εκτείνεται αποκλειστικά δυτικά της τάφρου. Η χρονολόγηση του κοινού προγόνου με τις μεθόδους της παλαιοντολογίας και της γεωλογίας ενισχύεται σήμερα από τις μεθόδους της βιολογίας, δηλαδή με τη συγκριτική μελέτη του DNA του σημερινού ανθρώπου και του σημερινού χιμπατζή. Με τη βοήθεια αυτής της μεθόδου, υπολογίζουμε σε 6 με 7 εκατομμύρια χρόνια τη στιγμή του διαχωρισμού και την έναρξη της απόκλισης των δύο κλάδων.

Άφιξη του *Homo sapiens* στην Ευρώπη: Δεν πρόκειται για κάτι ιδιαίτερα σημαντικό στην ιστορία του είδους, μπήκε όμως γιατί ο πίνακας απευθύνεται σε Έλληνες. Για τον ίδιο λόγο μπήκαν κάποια στοιχεία ειδικά για την Ελλάδα. Οι παλαιότερες μαρτυρίες παρουσίας του *Homo sapiens* στην Ευρώπη ανέρχονται στα 40.000 χρόνια. «Συγκατοίκησε» στην ήπειρο για

10.000 χρόνια μαζί με τον *Homo neanderthalensis* (σε σπηλιά στο Chatelperron της Γαλλίας βρέθηκε πριν 2 χρόνια ότι την κατοικούσαν διαδοχικά, όχι όμως ταυτόχρονα, πότε *sapiens* και πότε *neanderthalensis*) και πριν από 30 χιλ. χρόνια ο τελευταίος δεν άντεξε τον ανταγωνισμό κι εξαφανίστηκε χωρίς απογόνους.

Ο *Homo neanderthalensis* ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά στη Γερμανία το 1856 και πήρε το όνομά του από το τοπωνύμιο Neanderthal, δηλαδή κοιλάδα (thal ή tal) του Neander (από το όνομα του ανθρώπου που την εξερεύνησε τον 17^ο αιώνα, του Νούμαν - Neumann - που στα Γερμανικά σημαίνει νέος άνθρωπος/άνδρας και το οποίο, λόγω ελληνολατρίας της εποχής, μετατράπηκε επί το ελληνικότερον σε Neander). Για κάποια περίοδο των μελετών υπήρξαν πολλοί που υποστήριζαν ότι ο νεαντερτάλιος ήταν υπο-είδος του *sapiens*, με όνομα *H. sapiens neanderthalensis* - κι εμείς κατά συνέπεια *H. sapiens sapiens* - και ότι υπήρξε επιμειξία ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Η άποψη αυτή προσέκρουε σε πολλά παλαιοντολογικά ευρήματα. Πριν από δέκα χρόνια ομάδα Γερμανών και Αμερικανών με επικεφαλής τον Svante Rääbo από το Πανεπιστήμιο του Μονάχου και το Max Planck Institute, ύστερα από μελέτη μιτοχονδριακού DNA νεαντερταλίων και σημερινών ευρωπαίων, απέκλεισαν οποιαδήποτε συμβολή του Νεάντερταλ στο γονιδίωμα του σύγχρονου ανθρώπου. Δύο χρόνια μετά, μια ρωσσο-αγγλική ομάδα με άλλο υλικό κατέληξε στο ίδιο συμπέρασμα. Πρόσφατες μελέτες ισχυροποιούν κι άλλο την άποψη ότι ο νεαντερτάλιος ήταν ένα διαφορετικό είδος: Η γενετική απομόνωση των δύο ειδών πρέπει να έγινε πριν από 300 χιλ. χρόνια. Συγκριτικές μελέτες με αξονική τομογραφία (ΤΑC) κρανίων έδειξαν ότι και στις δύο εξελικτικές πορείες είχαμε αύξηση του μεγέθους του κρανίου, αλλά στον κλάδο του Νεάντερταλ με διατήρηση της αρχαϊκής δομής, ενώ στον κλάδο του *sapiens* με διαφορετική

αρχιτεκτονική, με αύξηση των βρεγματικών περιοχών που ενόησε την αντίληψη της εικόνας και του χώρου. Ομάδα Ελληνίδας ερευνήτριας, της Κατερίνας Χαρβάτη (τώρα στο Max Planck Institute for Human Evolution), η οποία έκανε συγκριτική μαθηματική μελέτη κρανίων σύγχρονων ανθρώπων, 11 άλλων ειδών πρωτευόντων και νεαντερταλίων, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι διαφορές μας με τους νεαντερτάλιους είναι τόσο μεγάλες, όσο και μεταξύ διαφορετικών ειδών πιθήκων. Εν πάση, όμως, περιπτώσει, οι νεαντερτάλιοι δεν ήταν ένα είδος χωρίς κουλτούρα, δεν ήταν τα κτήνη που φανταζόμασταν αρχικά. Κατασκεύαζαν στολίδια, ακόμα και μουσικά όργανα, έθαβαν τους νεκρούς (χωρίς όμως κτερίσματα). Είχαν ακόμα και συμβολική σκέψη, όχι όμως στα επίπεδα του *sapiens*, πράγμα που ίσως δεν τους επέτρεψε να αντέξουν τον ανταγωνισμό.



Η εικόνα που επελέγη για να εκπροσωπήσει τον *sapiens* δεν είναι τυχαία. Τον βλέπουμε σε αναπαράσταση, στη σπηλιά Tuc d'Audoubert της Γαλλίας, με το φως λύχνων - από λίπος προφανώς - να πλάθει αγαματίδια από άργιλο, να είναι καλλιτέχνης, να ασχολείται δηλαδή με μια από τις κορυφαίες εκδηλώσεις της συμβολικής σκέψης! Οι εκπληκτικές βραχογραφίες που φιλοτέχνησε είναι γεμάτες από σύμβολα. Από την άλλη μεριά, η επιμήκυνση του **φάρυγγα**, μόνο στον *sapiens*,

του επέτρεψε να εκφέρει μια εκπληκτική ποικιλία ήχων, η οποία του άνοιξε αργότερα το δρόμο για την επεξεργασία του γλωσσικού οικοδομήματος, που είναι η κορύφωση της συμβολικής σκέψης. Το **υψηλό επίπεδο συμβολικής σκέψης** και συμπεριφοράς του έδωσε μια πρωτόγνωρη δημιουργικότητα, του επέτρεψε να επεξεργάζεται έννοιες αφηρημένες, να φαντάζεται καταστάσεις στον τόπο και τον χρόνο, να έχει υψηλό βαθμό επικοινωνίας και συνεργασίας με τα άλλα μέλη της ομάδας του και να μπορεί έτσι να προβλέπει και να σχεδιάζει την αντιμετώπιση ποικίλων προκλήσεων. Είναι αυτή η ειδοποιός διαφορά μας από όλα τα άλλα είδη ανθρωπιδών. Νιώθοντας ίσως αυτό ο αρχιεπίσκοπος του Καντέρμπουρου αναφώνησε, πριν κάποιους αιώνες, όταν αντίκρουσε για πρώτη φορά χιμπατζή:

- Μίλα μου και σε βαπτίζω αυτή τη στιγμή!

ΓΙΑ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Υπερήπειροι:

- GURNIS M.: Large scale Mantle Convection and the Aggregation and Dispersal of Supercontinents. *Nature*, 322, p. 695-699, 1988.
- HOFFMAN P. F.: Did the Breakout of Laurentia turn Gondwana inside out? *Science*, 252, p. 1409-1412, 1991.
- MURPHY J. B. & NANCE R. D.: Do Supercontinents Introvert or Extrovert? Sm-Nd Isotopic Evidence. *Geology*, 31, p. 873-876, 2003.

Παλαιότερες μαρτυρίες της ζωής:

- ROISING MINIK T.: ¹³C-Depleted Carbon Microparticles in >3700-Ma Sea-Floor Sedimentary Rocks from West Greenland. *Science*, 283, p. 674-676, 1999.
- SCHOPF J. WILLIAM: Cradle of Life: The Discovery of Earth's Earliest Fossils. *Princeton University Press*, 2001.
- BRASIER MARTIN D. et al.: Questioning the Evidence for Earth's Oldest Fossils. *Nature*, 416, P. 76-81, 2002.
- FEDO CHRISTOPHER M. & WHITEHOUSE MARTIN J.: Metasomatic Origin of Quartz-Pyroxene Rock, Akilia, Greenland, and Implications for Earth's Earliest Life. *Science*, 296, p. 1448-1452, 2002.
- THOMAS-KEPRTA KATHIE L. et al.: Magnetofossils from Ancient Mars: A Robust Biosignature in the Martian Meteorite ALH84001. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, n. 8, p. 3663-3672, 2002.
- SIMPSON S.: Le piu' antiche tracce di vita. *Le Scienze*, n. 417 / Maggio 2003, p. 46-53, αναδημοσίευση από το *Scientific American*.

Θεωρία της πανσπερμίας, εξωβιολογία, αστροβιολογία:

<http://exobiology.arc.nasa.gov/>

<http://nai.arc.nasa.gov/index.cfm>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Astrobiology>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Panspermia>

Κοιτίδα της ζωής στο χώρο της μεσο-ωκεάνιας ράχης:

RUSSELL M.J. & HALL A.J.: The emergence of life from iron monosulphide bubbles at a submarine hydrothermal redox and pH front. *Journal of the Geological Society of London*, 154, p. 377-402, 1997.

RUSSELL M.J., HALL A.J., CAIRNS-SMITH A.G. & BRATERMAN P.S.: Submarine hot springs and the origin of life. *Nature*, 336, p. 117, 1988.

RUSSELL M.J., MARTIN W.: The rocky roots of the acetyl-CoA pathway. *Trends in Biochemical Science*, 29, p. 358-363, 2004.

FERREIRA K.N., IVERSON T.M., MAGHLAOU K., BARBER J. & IWATA S.: Architecture of the photosynthetic oxygen-evolving center. *Science*, 303, p. 1831-1838, 2004.

RUSSELL M.J.: Agli inizi della vita. *Le Scienze*, n. 454 / Giugno 2006, p. 88-97, αναδημοσίευση από το *American Scientist*, March-April 2006.

Η εξαφάνιση των δεινοσαύρων:

WOLBACH W.S., GILMOUR I. & ANDERS E.: Major Wildfires at the Cretaceous/Tertiary Boundary. *In*: V.L. Sharpton & P.D. Ward (ed.): *Global Catastrophes in Earth History. Geological Society of America, Special Paper 247*, July 1990.

RAUP D.M.: *Extinction: Bad Genes of Bad Luck?* W.W. Norton, 1991.

ALVAREZ W.: *Tyrannosaurus rex and the Crater of Doom.* Princeton University Press, 1997.

POWELL J.L.: *Night Comes to the Cretaceous.* Harvest Books, 1999.

KRING D.A. & DURDA D.D.: Trajectories and Distribution of Material Ejected from the Chicxulub Impact Crater: Implications for Postimpact Wildfires. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 107, N. E8, p. 6-22, August 2002.

Homo neanderthalensis:

WONG K.: Chi erano i neandertaliani? *Le Scienze*, n. 386 / Ottobre 2000, p. 70-79, αναδημοσίευση από το *Scientific American*.

<http://www.physics4u.gr/news/2006/scnews2472.html> (στα ελληνικά).

<http://email.eva.mpg.de/~paabo/> (home page του Prof. Dr. Svante Pääbo, Director, Department of Genetics, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig).

http://www.lsw.n.it/archeologia/articoli/sequenziate_un_milione_di_basi_del_dna_dell_homo_neanderthalensis (για ιταλόφωνους)

Pääbo neanderthalensis (προτεινόμενες 2 λέξεις-κλειδιά για έρευνα στο Google).

<http://www.eva.mpg.de/evolution/staff/harvati/index.htm>

(Home page Κατερίνας Χαρβάτη. Βλ. επίσης Katerina Harvati στο Google).

Γέννηση της συμβολικής σκέψης:

- MCBREARTY S. & BROOKS A.S.: The Revolution that Wasn't: A New Interpretation of the Origin of Modern Human Behavior. *Journal of Human Evolution*, 39, n. 5, p. 453-563, 2000.
- KLEIN R.G.: The Dawn of Human Culture. *John Wiley & Sons*, 2002.
- HENSHILWOOD C.S. et al.: Emergence of Modern Human Behavior: Middle Stone Age Engravings from South Africa. *Science*, 295, p. 1278-1280, 2002.
- D'ERRICO F.: The Invisible Frontier: A Multiple Species Model for the Origin of Behavioral Modernity. *Evolutionary Anthropology*, 12, n. 4, p. 188-202, 2003.
- HENSHILWOOD C.S. & MAREAN C.W.: The Origin of Modern Human Behavior: Critique of the Models and Their Test Implications. *Current Anthropology*, 44, n. 5, p. 627-651, 2003.
- D'ERRICO F., HENSHILWOOD C. et al.: *Nassarius kraussianus* Shell Beads from Blombos Cave: Evidence for Symbolic Behavior in the Middle Stone Age. *Journal of Human Evolution*, 48, p. 3-24, 2005.
- TATTERSALL IAN: Come siamo diventati umani. *Le Scienze*, n. 401 / Gennaio 2002, p. 50-56. (Απόσπασμα από το βιβλίο του: *The monkey in the Mirror: Essays of the science of what makes us human*, Harcourt ed. Ο Ian Tattersall είναι φροντιστής του τμήματος ανθρωπολογίας του American Museum of Natural History της Νέας Υόρκης).

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ
ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΟΤΗΤΕΣ
ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Οι δραστηριότητες που ακολουθούν βασίζονται αποκλειστικά στο περιεχόμενο του πίνακα και έχουν σκοπό να παρουσιάσουν στον διδάσκοντα πιθανούς τρόπους αξιοποίησής του στην τάξη. Ο μόνος όμως που είναι σε θέση να κρίνει ποιες ακριβώς είναι οι δυνατότητες και οι ανάγκες των μαθητών του είναι ο ίδιος ο εκπαιδευτικός, ο οποίος έχει επομένως το δικαίωμα να εμπλουτίσει, να τροποποιήσει ή και να απορρίψει όποιες από αυτές κρίνει ακατάλληλες για το διδακτικό του πλάνο.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

A) Η ιστορία της Γης υπολογίζεται ότι ξεπερνά τα 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Οι γεωλόγοι προσπάθησαν να βρουν τρόπους να διαιρέσουν αυτό το τεράστιο διάστημα σε μικρότερες περιόδους με διάφορα κριτήρια. Ένα από τα πιο σημαντικά είναι οι μορφές ζωής, τις οποίες βρίσκουμε απολιθωμένες στα πετρώματα. Για να απολιθωθεί ένας οργανισμός πρέπει συνήθως να διαθέτει κέλυφος και γενικά σκληρά μέρη, οι πρώτοι οργανισμοί όμως ήταν μονοκύτταροι και χωρίς κέλυφος, άρα ακόμα και όταν υπήρχαν, δεν μπορούσαν εύκολα να αφήσουν ορατά ίχνη της παρουσίας τους.

α) Με βάση αυτό το κριτήριο παρατήρησε τον πίνακα και προσπάθησε να φανταστείς:

1. Ο Κρυπτοζωικός μεγα-αιώνας, που σκοπίμως δεν αναφέρεται, ποιους αιώνες πρέπει να περιλαμβάνει και γιατί;

.....

2. Ο Φανεροζωικός μεγα-αιώνας, που κι αυτός δεν αναφέρεται, ποιους αιώνες πρέπει να περιλαμβάνει και γιατί;

.....

3. Ο Παλαιοζωικός αιώνας λέγεται έτσι επειδή

.....



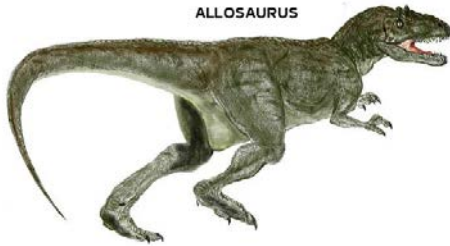
Τριλοβίτης

.....
.....



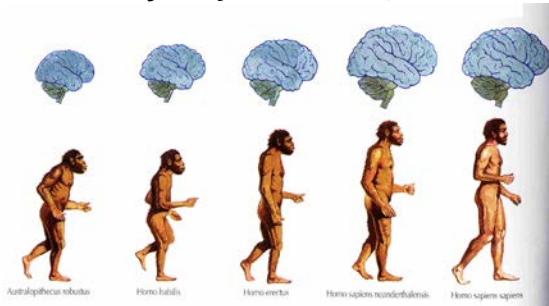
4. Ο Μεσοζωικός αιώνας λέγεται έτσι επειδή ...

ALLOSAURUS



.....
.....

5. Ο Καινοζωικός ... λέγεται έτσι επειδή



Australopithecus robustus Homo habilis Homo erectus Homo sapiens neanderthalensis Homo sapiens sapiens

.....

 β) Αναζήτησε σε διάφορες πηγές (εγκυκλοπαίδειες, διαδίκτυο κτλ.) πληροφορίες για αυτές τις υποδιαιρέσεις και αντιστοίχισέ τις με χαρακτηριστικές μορφές ζωής, οι οποίες εμφανίστηκαν στη διάρκειά τους.

- | | |
|-----------------|-------------|
| 1. Παλαιοζωικός | Άνθρωπος |
| 2. Μεσοζωικός | Τριλοβίτες |
| 3. Καινοζωικός | Δεινόσαυροι |

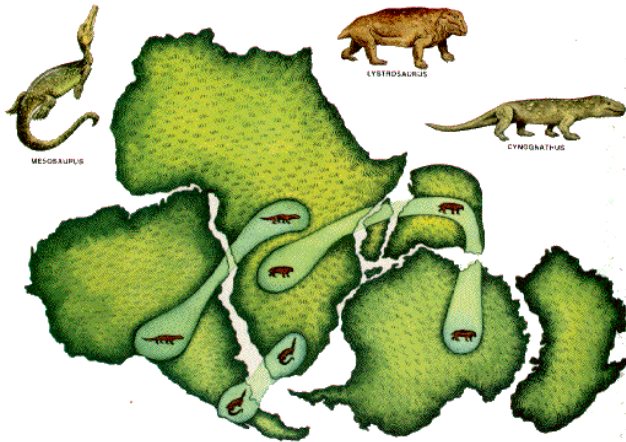
Β) Η Παλαιοοικολογία είναι ένας επιστημονικός κλάδος ο οποίος προσπαθεί να προσδιορίσει τις οικολογικές συνθήκες οι οποίες επικρατούσαν στην επιφάνεια της Γης σε διάφορες περιόδους του παρελθόντος. Αξιοποίησε αυτό τον ορισμό και τις γνώσεις που απέκτησες στα μαθήματα της Βιολογίας και της Γεωλογίας - Γεωγραφίας του Γυμνασίου (Λιθοσφαιρικές πλάκες και Θεωρία μετακίνησης των ηπείρων) και προσπάθησε να απαντήσεις στα εξής ερωτήματα:

1. Ποιος πρέπει να είναι, κατά τη γνώμη σου, ο ορισμός της Παλαιοκλιματολογίας;

.....

2. Ποιος πρέπει να είναι, κατά τη γνώμη σου, ο ορισμός της Παλαιογεωγραφίας;

.....



.....

3. Γιατί, κατά τη γνώμη σου, οι βιολόγοι ενδιαφέρονται για τις κλιματικές και γενικά για τις οικολογικές συνθήκες που επικράτησαν στο μακρινό παρελθόν;

.....

4. Τα κοράλλια είναι ζώα με σκληρό περίβλημα, τα οποία αναπτύσσονται σε θερμές θάλασσες με μέση θερμοκρασία τουλάχιστον 20 βαθμών C. Σε ποιο συμπέρασμα θα οδηγηθούν κατά τη γνώμη σου ένας βιολόγος ή ένα γεωλόγος, οι οποίοι θα ανακαλύψουν απολιθώματα κοραλλιών στα υψώματα μιας περιοχής;

.....



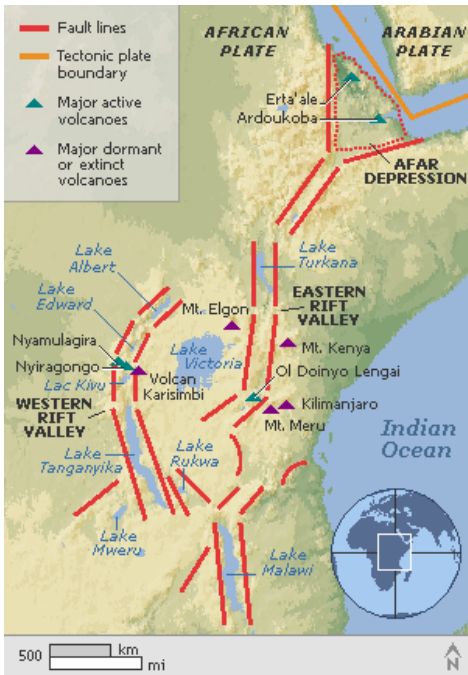
Γ) Το Σινικό τείχος είναι ένα τεράστιο τεχνικό έργο το οποίο κατασκευάστηκε σταδιακά στη διάρκεια πολλών αιώνων, ολοκληρώθηκε όμως πριν από 400 χρόνια περίπου. Σκοπός της παρουσίας του ήταν να προστατεύει τους Κινέζους από τις επιδρομές των νομαδικών μογγολικών φυλών οι οποίες ζούσαν στο εσωτερικό της Ασίας. Το τείχος έχει μήκος πάνω από 3.000 χλμ. και μέσο ύψος 6 μ. Τα τελευταία χρόνια οι βιολόγοι ανακάλυψαν ότι 6 είδη φυτών, τα οποία ζουν βόρεια του τείχους, παρουσιάζουν γενετικές διαφορές από τα φυτά που ανήκουν στα ίδια είδη, αλλά φυτρώνουν νότια του τείχους.

1. Συγκέντρωσε πληροφορίες για αυτό το τεράστιο ανθρώπινο έργο.
2. Στην Α΄ τάξη του Γυμνασίου έμαθες με ποιους τρόπους πολλαπλασιάζονται τα φυτά. Αξιοποίησε τις γνώσεις σου για να εξηγήσεις πώς είναι πιθανό να επέδρασε το Σινικό Τείχος στην εμφάνιση γενετικών διαφοροποιήσεων.



3. Τι πιστεύεις ότι είναι πιθανό να συμβεί αν οι δύο πληθυσμοί των φυτών, τους οποίους χωρίζει το τείχος, μείνουν χωρισμένοι επί εκατοντάδες χιλιάδες ή εκατομμύρια χρόνια;
4. Οι άνθρωποι που κατασκεύασαν το τείχος ήταν δυνατό να φανταστούν ποιες επιδράσεις θα είχε στο μέλλον στους οργανισμούς; Συζήτησε το ζήτημα αυτό με τους συμμαθητές σου και διατυπώστε σε μία σελίδα μια άποψη σχετικά με το πώς είναι δυνατό να επηρεάζει ο άνθρωπος τους οργανισμούς ακόμα και όταν δεν έχει τέτοια πρόθεση.

Δ) Παρατήρησε στο γεωμορφολογικό χάρτη τοίχου της Αφρικής ότι στο ανατολικό τμήμα της ηπείρου σχηματίζεται μια μεγάλο μήκους τάφρος η οποία λέγεται Rift Valley, δηλαδή Κοιλάδα του Ρήγματος και η οποία χωρίζει την Αφρική σε δύο άνισα μέρη. Η Τάφρος αυτή εκτείνεται από τις εκβολές του ποταμού Ζαμβέζη στο νότο έως τα υψίπεδα της Αιθιοπίας και την Ερυθρά Θάλασσα



στο βορρά και τα πιο βαθιά της σημεία έχουν γεμίσει με νερό σχηματίζοντας μεγάλες μακρόστενες λίμνες, όπως η Ταγκανίκα και η Μαλάουι. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι σχηματίστηκε πριν από 6 - 7.000.000 χρόνια περίπου και ότι αποτέλεσε ένα είδος «φράγματος» το οποίο διέκοψε την επικοινωνία μεταξύ των πληθυσμών διαφόρων ειδών που ζούσαν στις δύο πλευρές της. Πιστεύουν επίσης ότι δυτικά αυτής της τάφρου το κλίμα έμεινε το ίδιο, δηλαδή θερμό με πολλές βροχές, ενώ στα ανατολικά της τάφρου έγινε πιο ξερό. Το αποτέλεσμα ήταν να διατηρηθούν τα παρθένα δάση της δυτικής Αφρικής, ενώ στην ανατολική πλευρά τα δάση αντικαταστάθηκαν από απέραντα βροσκοτόπια, τα οποία ονομάζονται σαβάνες. Σήμερα τα δύο είδη χιμπατζή που υπάρχουν, ο *Pan troglodytes* και ο *Pan paniscus* συναντώνται

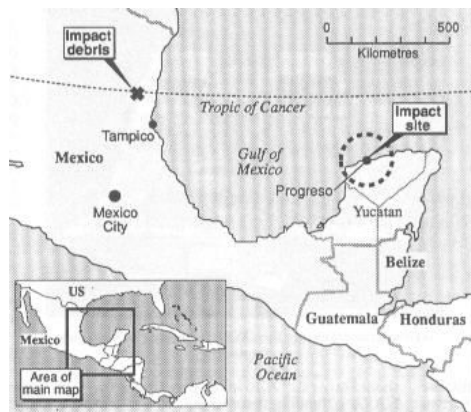
μόνο στα δυτικά της Κοιλάδας του Ρήγματος, ενώ τα απολιθώματα των Αυστραλοπιθήκων και των πρωτόγονων ανθρώπων βρίσκονται σε όλες σχεδόν τις περιοχές ανατολικά του ρήγματος.

1. Εντόπισε αυτή την τάφρο στο γεωμορφολογικό χάρτη (χάρτη ανάγλυφου) της Αφρικής.
2. Μελέτησε τη σημερινή γεωγραφική κατανομή της βλάστησης στην ήπειρο με τη βοήθεια του κατάλληλου θεματικού χάρτη και επιβεβαίωσε αν η κατανομή της βλάστησης επιβεβαιώνει τις απόψεις των επιστημόνων.



3. Μελέτησε με προσοχή το κεφάλαιο του βιβλίου Βιολογίας της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου, το οποίο αναφέρεται στην εξέλιξη του ανθρώπου και γράψε μια εργασία έκτασης 1 σελίδας, στην οποία θα προσπαθήσεις να περιγράψεις το συνδυασμό των γεωλογικών και των βιολογικών μεταβολών, οι οποίες συνέβησαν στην Αφρική και είναι πιθανό να οδήγησαν στην εμφάνιση του σημερινού ανθρώπου στην ανατολική της πλευρά.

Ε) Στη χερσόνησο του Γιουκατάν του Μεξικού οι επιστήμονες ανακάλυψαν ένα κρατήρα διαμέτρου 200 χλμ. και ηλικίας 65.000.000 ετών. Οι υπολογισμοί τους δείχνουν ότι ένας τόσο μεγάλος κρατήρας μπορεί να δημιουργήθηκε μόνο από ένα μετεωρίτη ο οποίος είχε διάμετρο τουλάχιστον 10 χλμ. και ο οποίος προσέκρουσε στην επιφάνεια του πλανήτη μας με ταχύτητα 20 χλμ. το δευτερόλεπτο.



Η ενέργεια που εκλύθηκε από αυτή τη σύγκρουση πρέπει να ήταν ίση με 100.000.000 μεγατόνους (οι ισχυρότερες ατομικές

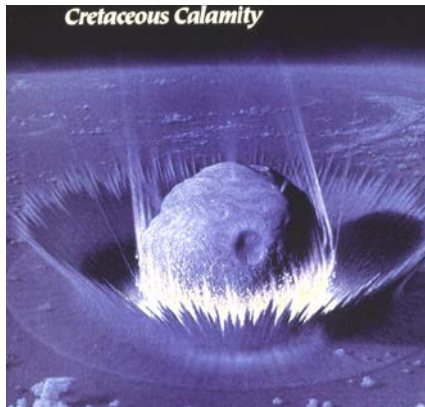
βόμβες που υπάρχουν σήμερα στη Γη δεν ξεπερνούν τους 100 μεγατόνους). Η έκρηξη που τη συνόδευσε προκάλεσε γιγάντιες πυρκαγιές, ενώ εκατομμύρια τόνοι σκόνης σκέπασαν τον Ήλιο. Το αποτέλεσμα ήταν ένας πολύ μακρύς χειμώνας, τον οποίο ακολούθησαν αιώνες αφόρητης ζέστης λόγω των τεράστιων ποσοτήτων CO_2 που απελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα. Αξιοποίησε τις γνώσεις που απέκτησες στο μάθημα της Βιολογίας για να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Αν σε μια περιοχή υπήρχαν δάση και ζούσαν γιγάντιοι φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι δεινόσαυροι και μικρά θηλαστικά, ποια είδη θα επηρέαζε περισσότερο η φυσική αυτή καταστροφή και γιατί;

.....

.....

.....



2. Τι είναι πιθανό να συνέβη ύστερα από πολλά χρόνια και γιατί;

.....

3. Θεωρείς πιθανό να επαναληφθεί κάτι παρόμοιο στο μέλλον και γιατί;

.....

Σημείωση: Οι εικόνες των προτεινόμενων δραστηριοτήτων προέρχονται από τις παρακάτω διευθύνσεις:

http://krlphotography.typepad.com/photos/historical_artifacts/trilobite1.html

<http://www.hmnh.org/archives/2005/09/22/dispatch-from-the-permocarboneferous%E2%80%94temnospondyls-take-two-tracks-and-traces/>

http://www.hero.ac.uk/uk/culture_sport/archives/2006/oral_vs_cricket.cfm

www.cicada.gr/site/content.php?destid=56

<http://www.archeologia.com/~pantalica/ominidi.htm>

<http://www.archaeologyinfo.com/australopithecusafricanus.htm>

library.thinkquest.org/3669/3669/history.html

<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/C/Chicx.html>

we.vub.ac.be/.../Chicxulub/Chixproject.html