



ΠΑΓΟΙ

Ένας συχνός επισκέπτης στην επιφάνεια της Γης

Κείμενο: **ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΛΕΚΚΑΣ**, καθηγητής Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών



Η παρουσία των πάγων στη Γη είναι στενά συνδεδεμένη με την εξέλιξη του πλανήτη, αλληλά και με την εξέλιξη της ζωής πάνω σε αυτόν. Μάλιστα, σύμφωνα με έγκυρες επιστημονικές μελέτες, οι πάγοι προφύλαξαν τη


ζωή στον πλανήτη όταν αυτή ήταν σε κυτταρική μορφή, κατά τη διάρκεια μεγάλων γεωτεκτονικών ανακατατάξεων και καταστροφών. Οι πρώτοι γνωστοί πάγοι δημιουργήθηκαν περίπου πριν από 2.700 έως 1.800 εκατομμύρια χρόνια, όπως επιβε-

βαιώνεται από τα τελευταία ευρήματα στη Βόρεια Αμερική. Στη συνέχεια η Γη παρέμεινε θερμή χωρίς μόνιμους και εκτεταμένους πάγους μέχρι πριν από 950 εκατομμύρια χρόνια, περίπου.

Συνέχεια στη σελίδα 50



**Οι πρώτοι γνωστοί πάγοι
δημιουργήθηκαν περίπου πριν από
2.700 έως 1.800 εκατομμύρια χρόνια,
όπως επιβεβαιώνεται από τα τελευταία
ευρήματα στη Βόρεια Αμερική**



Από τη δεκαετία του '50 άρχισε μια
σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας

ΠΑΓΟΙ ΣΥΧΝΟΙ ΕΠΙΣΚΕΠΤΕΣ

Στα τέλη της Προκαμβρίου περιόδου εκδηλώθηκαν τουλάχιστον τρεις παγετώδεις περίοδοι, διάρκειας περίπου 100 εκατομμυρίων χρόνων η κάθε μία, κατά τις οποίες όμως οι πάγοι δεν είχαν παγκόσμια εξάπλωση.

Στη συνέχεια το κλίμα της Γης βελτιώθηκε. Ειδικότερα, το κλίμα κατά τον Παλαιοζωικό (570 έως 225 εκατομμύρια χρόνια πριν) ήταν γενικά ζεστό, παρόμοιο με το σημερινό αλλιά ίσως ξηρότερο, μέχρι το Λιθανθρακοφόρο, οπότε το κλίμα έγινε ψυχρότερο και υγρότερο καταλήγοντας στη μακρά Περμο-Λιθανθρακοφόρο παγετώδη περίοδο, περίπου πριν από 330 έως 250 εκατομμύρια χρόνια.

Κατά την περίοδο αυτή όλες οι ηπείροι ήταν ενωμένες σε μία, την Παγγαία, η οποία εκτεινόταν σε όλο το γεωγραφικό πλάτος του βόρειου ημισφαιρίου, ενώ το κέντρο τού τότε πάγου βρισκόταν κοντά στο Νότιο Γεωγραφικό Πόλο.

Κατά το Μεσοζωικό αιώνα (265 έως 65 εκατομμύρια χρόνια πριν) οι κλιματικές συνθήκες ήταν γενικά θερμές, με θερμοκρασίες από 10°C έως 20°C στους πόλους και 25°C έως 30°C στον ισημερινό. Οι συνθήκες αυτές επικράτησαν για 200 εκατομμύρια χρόνια. Κατά τα τέλη του Μεσοζωικού, πριν από περίπου 65 εκατομμύρια χρόνια, ξεκίνησε μια νέα μακρά περίοδος ψύχους, με αποκορύφωμα στο όριο Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου (38 εκα-



ΠΑΓΟΙ ΣΥΧΝΟΙ ΕΠΙΣΚΕΠΤΕΣ

τομμύρια χρόνια πριν), κατά το οποίο μέσα σε 100.000 χρόνια η θερμοκρασία των ωκεανών έπεσε κατά 3° έως 5°C, ενώ των επιφανειακών υδάτων σε μικρά γεωγραφικά πλάτη κατά 10°C. Την εποχή αυτή άρχισαν να δημιουργούνται οι πάγοι της Ανταρκτικής.

Ταχεία παγκόσμια ψύξη σημειώθηκε και πριν από 25 εκατομμύρια χρόνια, οπότε ουσιαστικά ολοκληρώθηκε ο σχηματισμός των παγετωδών ορέων της Ανταρκτικής, ενώ κατά την επόμενη περίοδο ψύξης, πριν από περίπου 15 εκατομμύρια χρόνια, ξεκίνησε ο σχηματισμός των πά-



γων και στο βόρειο ημισφαίριο.

Τα τελευταία 2 εκατομμύρια χρόνια χαρακτηρίζονται από ταχείες εναλλαγές μεταξύ ψυχρών και θερμών περιόδων. Στο διάστημα αυτό τουλάχιστον 4 σημαντικές περιόδους ψύχους εκδηλώθηκαν, ενώ μόνο στην Ευρώπη έχουν αναγνωριστεί τουλάχιστον 17 μικροί παγετώδεις-μεσοπαγετώδεις κύκλοι.

Πριν από 85.000 χρόνια σημειώθηκε ο τελευταίος σημαντικός παγετός, κατά τον οποίο τεράστια στρώματα πάγου σχημα-

τίστηκαν σε λιγότερο από 10.000 χρόνια. Πριν από 18.000 χρόνια ο παγετός έφτασε στο αποκορύφωμά του, κατά το οποίο η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν τουλάχιστον 85 μέτρα χαμηλότερα από τη σημερινή και το μεγαλύτερο μέρος των ωκεανών στο μεγάλο γεωγραφικά πλάτη καλυπτόταν με πάγο. Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία των ωκεανών ήταν περίπου 3°C χαμηλότερη από τη σημερινή, ενώ του αέρα περίπου 5°C χαμηλότερη.

Η θερμοκρασία του Βόρειου



Ατλαντικού ωκεανού άρχισε να αυξάνει ξανά περίπου πριν από 16.000 έως 7.000 χρόνια πριν. Στο διάστημα αυτό μεγάλο μέρος των στρωμάτων πάγου που είχε σχηματιστεί κατά την προγενέστερη παγετώδη περίοδο έλιωσε και εξαφανίστηκε.

Το κλιματικό μέγιστο σημειώθηκε περίπου το 6000 έως το 3000 π.Χ. οπότε η θερμοκρασία τους θερινούς μήνες ήταν 2°C υψηλότερη από τη σημερινή, ενώ ακολούθησε περίοδος ψύξης στο διάστημα μέχρι το 500 π.Χ.

Κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους, η Ευρώπη, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, άρχισε να θερμαίνεται σημειώνοντας μέγιστο κατά τον Μεσαίωνα, ενώ το 1200 μ.Χ. άρχισε πάλι να ψυχραίνεται με σφοδρότερη περίοδο τα τέλη του 17ου αιώνα (Μικρός Παγετώνας), η οποία επηρέασε ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο. Η θερμοκρασία ακολούθως άρχισε πάλι να αυξάνει για τους επόμενους δύο αιώνες, με μέγιστο στις αρχές του 20ού αιώνα.

Από τη δεκαετία του '50 και έκτοτε άρχισε μια σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία όπως φαίνεται επιταχύνεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες πάνω στον πλανήτη.

Πολλοί ανησυχούν για τη θερμοκρασιακή άνοδο που είναι αποτέλεσμα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμό-

ΠΑΓΟΙ
ΣΥΧΝΟΙ ΕΠΙΣΚΕΠΤΕΣ

Πολλοί είναι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι γνωρίζουμε πολύ λίγα για τις εξελισσόμενες διεργασίες στην ατμόσφαιρα του πλανήτη μας. Ορθές μπορεί να φαίνονται οι δικές μας -δυσοίωνες- εκτιμήσεις, αλλά ακόμη δεν έχουμε την απάντηση της φύσης και των φαινομένων



ΠΑΓΟΙ ΣΥΧΝΟΙ ΕΠΙΣΚΕΠΤΕΣ

σφαιρα, η οποία θα επιφέρει συρρίκνωση των πάγων, άνοδο του επιπέδου της θάλασσας, κάλυψη των εύφορων πεδινών παράκτιων περιοχών και επέκταση της ερημοποίησης.

Ομως πολλοί είναι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι γνωρίζουμε πολύ λίγα για τις εξελισσόμενες διεργασίες στην ατμόσφαιρα του πλανήτη μας. Ορθές μπορεί να φαίνονται οι δικές μας

–δυσοίωνες– εκτιμήσεις, αλλά ακόμη δεν έχουμε την απάντηση της φύσης και των φαινομένων. Δυστυχώς ή ευτυχώς, τον τελευταίο ή λόγο δεν τον έχουμε εμείς! ◆




ΠΑΓΕΤΩΝΕΣ

Τα ποτάμια του πάγου



Κείμενο: **ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΛΕΚΚΑΣ**, καθηγητής Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών



ΠΑΓΕΤΩΝΕΣ
ΠΟΤΑΜΙΑ ΠΑΓΟΥ

Οι παγετώνες ρέουν σαν ποταμοί πάγου γλιστρώντας προς τα χαμηλότερα υψόμετρα υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η μάζα τους δεν κινείται ομοιόμορφα σαν ένα σύνολο

ΠΑΓΕΤΩΝΕΣ ΠΟΤΑΜΙΑ ΠΑΓΟΥ

Οι παγετώνες είναι μεγάλες μάζες πάγου συνήθως κινούμενες λόγω της βαρύτητας και καλύπτουν τεράστιες εκτάσεις. Πρόκειται για μεγάλα ποτάμια χιονιού που διατρέχουν εντυπωσιακά τόσο την Αρκτική όσο και την Ανταρκτική. Σχηματίζονται σε περιοχές υπεραϊωνόβιας παρουσίας χιονιού, όπου η ποσότητα του χιονιού που πέφτει είναι μεγαλύτερη της ποσότητας του τηκόμενου χιονιού. Αυτό έχει ως συνέπεια οι συσσωρευμένες και συνεχώς αυξανόμενες μάζες να μετατρέπονται λόγω της πίεσης από το βάρος τους, σε πάγο, ο οποίος, αν και σκληρός και εύθραυστος, κινείται προς τη θάλασσα.

Οι παγετώνες ρέουν σαν ποταμοί πάγου γλιστρώντας προς τα χαμηλότερα υψόμετρα υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η μάζα τους δεν κινείται ομοιόμορφα σαν ένα σύνολο. Η ταχύτητα προώθησής τους είναι μεγαλύτερη στο μέσον παρά στα άκρα και μεγαλύτερη στην επιφάνεια από ό,τι σε βάθος. Γενικά όμως είναι βραδεία και συνεχής, που φθάνει έως και τα 18-30 μέτρα το 24ωρο στην περιοχή της Γριιλανδίας.

Το χιόνι πέφτει και συγκεντρώνεται στα υψηλότερα σημεία, στη ζώνη συσσώρευσης. Στη χαμηλότερη περιοχή ή ζώνη αποκόλλησης, ο παγετώνας χάνει πάγο μέσω της διαδικασίας της τήξης και της εξατμίσσης. Οι δύο αυτές περιοχές χωρίζονται από τη ζώνη εξισορρόπησης. Όταν υπάρχει ισορροπία, δηλαδή όταν νέ-

Συνέχεια στη σελίδα 69



Οι παγετώνες είναι μεγάλες μάζες πάγου
συνήθως κινούμενες λόγω της βαρύτητας.
Πρόκειται για μεγάλα ποτάμια χιονιού
που διατρέχουν εντυπωσιακά τόσο την
Αρκτική όσο και την Ανταρκτική





ος πάγος αντικαθιστά αυτόν που χάθηκε, ο παγετώνας παραμένει σταθερός σε όγκο με μικρή προώθηση ή υποχώρηση. Όταν η ισορροπία διαταράσσεται, ο παγετώνας μετακινείται, μεγαλώνει ή μικραίνει αναλόγως.

Κάτω από τη ζώνη εξισορρόπησης, στο σημείο που ο παγετώνας φτάνει στο τέλος του, το πάχος του μειώνεται, απλώνεται πλευρικά και θραύεται σε ένα μωσαϊκό από τεμάχια πάγου. Το νερό της τήξης ρέει διαμέσου των ρωγμών και κρυφών καναλιών στη βάση του πάγου, και λειτουργώντας σαν λιπαντικό, επιταχύνει την ολίσθησή του προς τη θάλασσα.

Ο πάγος που προωθείται χαράσσει και συμπαρασύρει τμήματα του βραχώδους υποστρώματος και δημιουργεί μπροστά από το μέτωπό του μια γλώσσα εδαφικού και κατακερματισμένου βραχώδους υλικού, τις επονομαζόμενες «μορένες», που αποτελεί μαρτυρία της παρουσίας του παγετώνα ακόμη και σε περιοχές όπου σήμερα έχουν υποχωρήσει. Το υλικό αυτό βοηθά το μέτωπο του παγετώνα να αγκιστρωθεί και συγκρατεί τον παγετώνα πίσω του. Σε ορισμένες περιπτώσεις δευτερεύοντες, μικρότεροι παγετώνες ενώνονται με τον κύριο δημιουργώντας ένα παγετωνικό δίκτυο, όπως τα ποτάμια αντίστοιχα σχηματίζουν ένα υδρογραφικό δίκτυο.

Στο κατώτερο αυτό σημείο, ο πάγος που λιώνει διαρρηγνύεται και δέχεται τη διαβρωτική δράση των κυμάτων, θραύεται σε παγόβουνα, εξισορροπώντας τη ροή πάγου από πίσω. ◆

400.000 κάτοικοι στην Αρκτική!

Η Αρκτική είναι η περιοχή που περιβάλλει το Βόρειο Πόλο. Η έκτασή της ορίζεται είτε από τον Αρκτικό Κύκλο (66ος παράλληλος) είτε από την αρκτική ισόθερμη γραμμή. Το μεγαλύτερο μέρος της Αρκτικής είναι θάλασσα καλυμμένη από πάγους. Περιβάλλεται από πολλά νησιά, όπως τη Γριιλανδία, τη Σπιτσβέργη, τα νησιά Μπάρι, τη Νόβαγια Ζέμλια και τη Σεβέρναγια Ζέμλια, τα νησιά της



Κείμενο: **ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΛΕΚΚΑΣ**, καθηγητής Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

Σιβηρίας, το νησί Βράγκελ, τα νησιά του αρχιπελάγους Νάνσεν και του Καναδικού αρχιπελάγους κ.ά. Επίσης περιλαμβάνει και τα βόρεια μέρη της Αλάσκας του Καναδά, της Ισλανδίας της Ευρώπης και της Σιβηρίας. Το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας της Αρκτικής μεταβάλλεται ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες σε καθημερινή και ετήσια βάση, ενώ υπάρχουν συγκρούσεις τεράστιων τεμαχών πάγου τα οποία ευρίσκονται σε διαρκή κίνηση δημιουργώντας εφήμερες οροσειρές και κοιλάδες.

Ερευνες που έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως από Ρώσους επιστήμονες, με τη χρήση στρατιωτικών υποβρυχίων έδειξαν ότι κάτω από τους πάγους εκτείνο-

νται 4 μεγάλες λεκάνες, η Λεκάνη της Νορβηγίας βάθους περίπου 3.500 μέτρων, η Λεκάνη της Γριπλανδίας βάθους περίπου 3.400 μέτρων, η Λεκάνη Φραμ βάθους περίπου 4.500 μέτρων και η Λεκάνη του Καναδά βάθους περίπου 1.500 μέτρων. Οι καλυμμένες αυτές θάλασσες έχουν τεράστια γεωπολιτική και στρατηγική αξία και γι' αυτό στο παρελθόν η Αρκτική έγινε πεδίο έντονων επιστημονικών «συγκρούσεων».

Σε αντίθεση με την Ανταρκτική, στην Αρκτική κατοικούν περίπου 400.000 χιλιάδες άνθρωποι, Εσκιμώοι, Λάπωνες, Γριπλανδοί, Σαμογέτες κ.ά., οι περισσότεροι από τους οποίους ζουν κυρίως από το ψάρεμα και το κυνήγι της φώκιας.

ΕΠΙΛΟΓΕΣ
ΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟ ΛΕΥΚΩΜΑ

ΒΟΡΕΙΟΣ & ΝΟΤΙΟΣ ΠΟΛΟΣ
Ταξίδι
στα άκρα
της Γης

 ΕΛΕΥΘΕΡΟΤΥΠΙΑ