

ΒΡΑΒΕΙΟ CRAFOORD ΣΤΙΣ ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ 2022

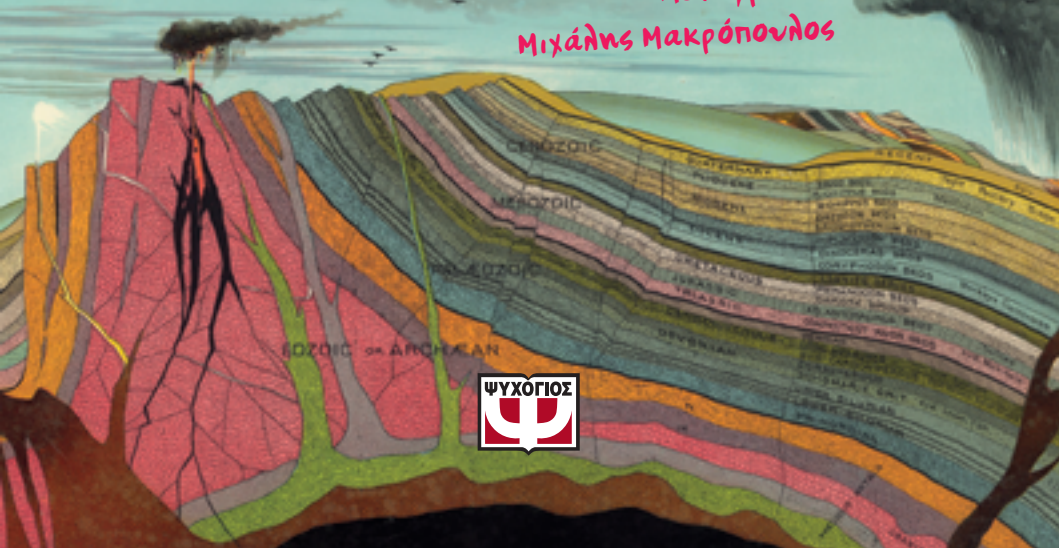
ANDREW
H. KNOLL

Μια Σύντομη

ΙΣΤΟΡΙΑ
ΤΗΣ ΓΗΣ



Μετάφραση:
Μιχάλης Μακρόπουλος



ΣΕΙΡΑ: ΜΙΑ ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΒΙΒΛΙΟΥ: **Μια Σύντομη Ιστορία της Γης**

ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ: A Brief History of Earth. Four Billion Years in Eight Chapters.

Από τις Εκδόσεις Custom House, Νέα Υόρκη 2021

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Andrew H. Knoll

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ: Μιχάλης Μακρόπουλος

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ – ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΚΕΙΜΕΝΟΥ: Χρίστος Κυθρεώτης

ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ: Θάνας Κακολύρης

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: Σπυριδούλα Βονίση

© Andrew H. Knoll, 2021

Published by arrangement with Custom House, an imprint of HarperCollins Publishers

© Εικονογράφησης εξωφύλλου: David Rumsey Map Collection,
www.davidrumsey.com

© Εικόνων: Todd Marshall (στην αρχή των κεφαλαίων), 1xpert/adobe.stock.com
(σελ. 10, 11, 18, 46, 70, 100, 122, 148, 178 και 204), Macrovector/adobe.stock.com
(σελ. 32), Alexis Seabrook (σελ. 60, 211)

© ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΨΥΧΟΓΙΟΣ Α.Ε., Αθήνα 2022

Πρώτη έκδοση: Φεβρουάριος 2022, 6.000 αντίτυπα

Έντυπη έκδοση ISBN 978-618-01-4288-4

Ηλεκτρονική έκδοση ISBN 978-618-01-4289-1

Τυπώθηκε στην Ευρωπαϊκή Ένωση, σε χαρτί ελεύθερο χημικών ουσιών, προερχόμενο αποκλειστικά και μόνο από δάση που καλλιεργούνται για την παραγωγή χαρτίου.

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού Νόμου (Ν. 2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιονδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, διανομή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση, παρουσίαση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΨΥΧΟΓΙΟΣ Α.Ε.

Από το 1979

Έδρα:

Τατοίου 121, 144 52 Μεταμόρφωση

Βιβλιοπωλείο:

Εμμ. Μπενάκη 13-15, 106 78 Αθήνα

Τηλ.: 2102804800 • fax: 2102819550

PSICHOGIOS PUBLICATIONS S.A.

Publishers since 1979

Head Office:

121, Tatoi Str., 144 52 Metamorfossi, Greece

Bookstore:

13-15, Emm. Benaki Str., 106 78 Athens, Greece

Tel.: 2102804800 • fax: 2102819550

e-mail: info@psychogios.gr

www.psychogios.gr • <http://blog.psychogios.gr>

ANDREW
H. KNOLL

Μια Σύντομη

ΙΣΤΟΡΙΑ

ΤΗΣ ΓΗΣ



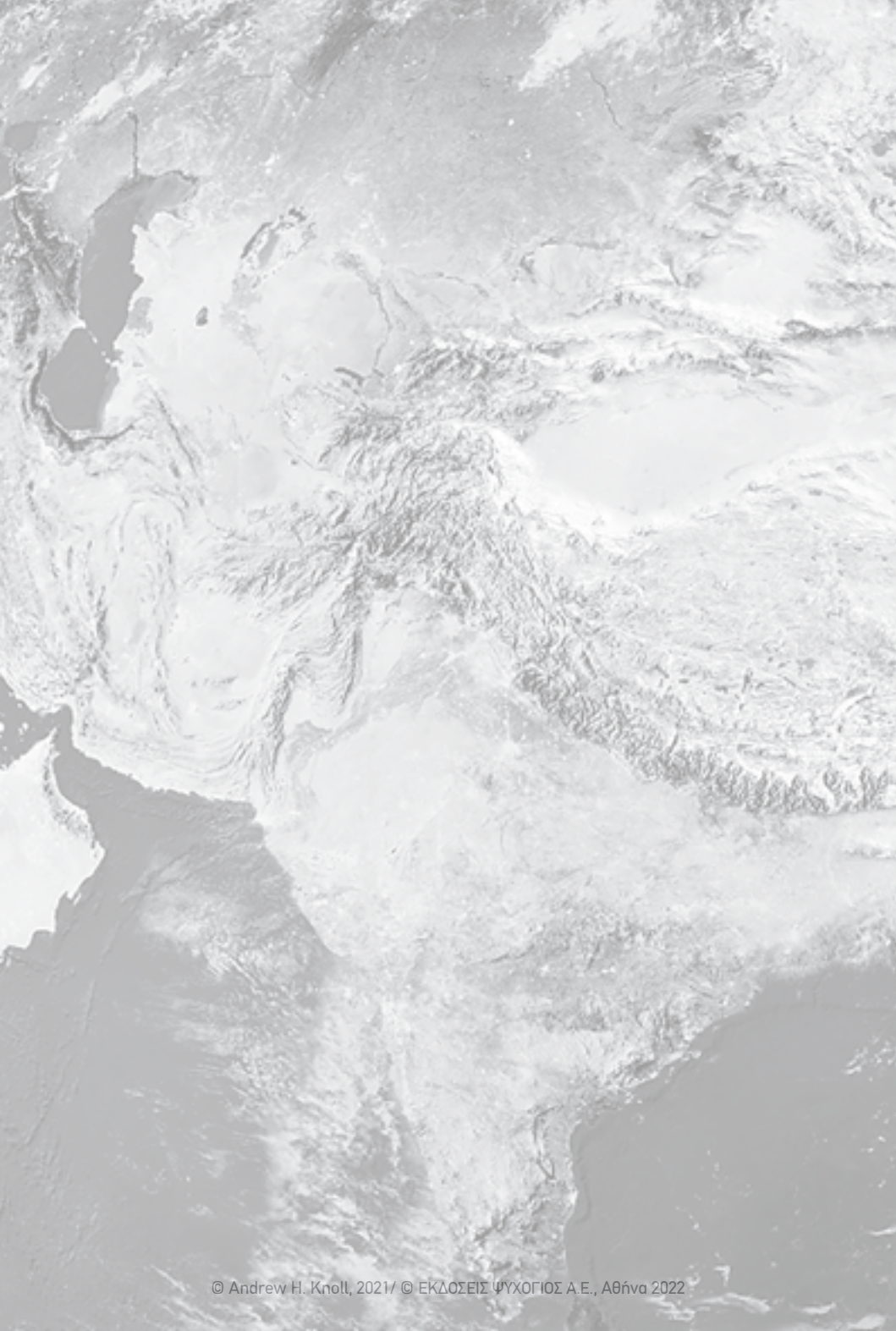
Μετάφραση: Μιχάλης Μακρόπουλος



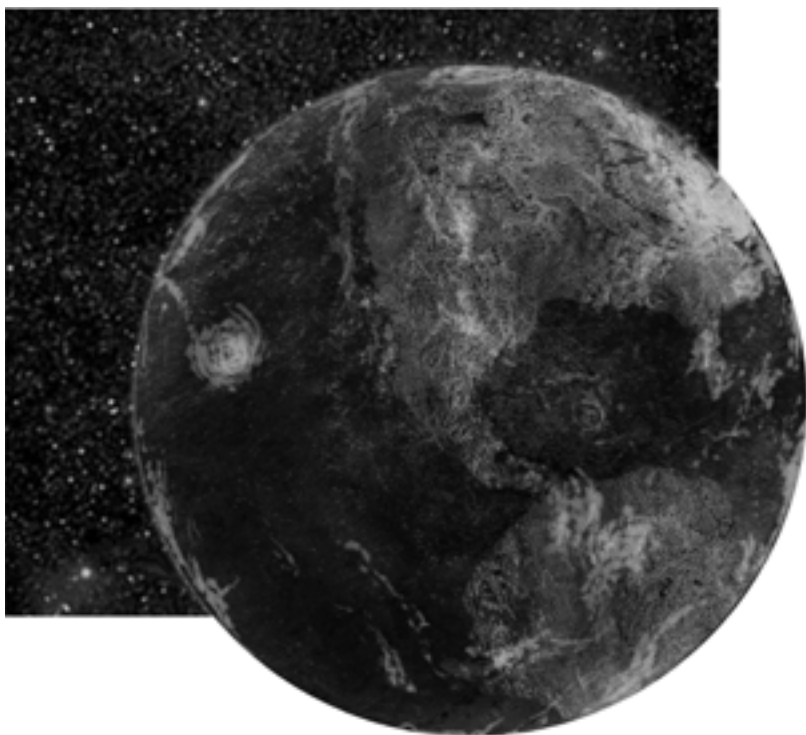
*Στη Μάρσα.
Για τα πάντα.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος: ένα κάλεσμα	11
1. Χημική Γη	19
2. Φυσική Γη	47
3. Βιολογική Γη	71
4. Γη του Οξυγόνου	101
5. Ζωική Γη	123
6. Πράσινη Γη	149
7. Καταστροφική Γη	179
8. Ανθρώπινη Γη	205
<i>Ευχαριστίες</i>	241
<i>Περαιτέρω αναγνώσματα</i>	245
<i>Ευρετήριο</i>	261



Πρόλογος: ένα κάλεσμα



ΖΕΙΤΕ ΤΗ ΖΩΗ ΣΑΣ δεμένοι με τη βαρύτητα στη Γη. Κάθε βήμα σάς φέρνει σε επαφή με την πέτρα ή το χώμα, ακόμα κι αν είναι στρωμένα με άσφαλτο ή με τις ξύλινες σανίδες ενός πατώματος. Μπορεί να πιστεύετε ότι έχετε ξεφύγει από τα χέρια της βαρύτητας όταν απογειώνεστε μέσα σ' ένα αεροπλάνο, αλλά κάθε αναγάλιασμα είναι φευγάλεο· σε λίγες ώρες η βαρύτητα θα νικήσει και θα πατήσετε ξανά σε στερεή γη.

Η προσκόλλησή μας στη Γη εκτείνεται πολύ πέρα από τη βαρύτητα. Το φαγητό που τρώτε είναι φτιαγμένο από το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα ή τους ωκεανούς, μαζί με νερό και θρεπτικές ουσίες από το έδαφος ή τη θάλασσα. Με κάθε ανάσα βάζετε πλούσιο σε οξυγόνο αέρα στους πνεύμονές σας, κι αυτό σας επιτρέπει να αντλείτε ενέργεια από την τροφή σας. Την ίδια στιγμή, το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα δεν σας αφήνει να παγώσετε. Επιπλέον, ο χάλυβας στην πόρτα του ψυγείου σας, το αλουμίνιο στα «τενεκεδένια» σας κουτιά, ο χαλκός στα κέρματά σας και οι σπάνιες γαίες στο «έξυπνο κινητό» σας προέρχονται όλα από το εσωτερικό της Γης. Δεδομένων όλων αυτών, είναι αξιοπρόσεκτο το πόσο λίγη περιέργεια δείχνουμε οι περισσότεροι γι' αυτή τη μεγάλη σφαίρα που μας συντηρεί και περιστασιακά, στους σεισμούς ή τους τυφώνες, μας απειλεί.

Πώς μπορούμε να κατανοήσουμε τη θέση της Γης στο σύμπαν; Πώς δημιουργήθηκαν οι πέτρες, ο αέρας και το νερό που ορίζουν την ύπαρξή μας; Τι εξήγηση δίνουμε για τις ηπείρους, τα βουνά και τις κοιλάδες μας, τους σεισμούς

και τα ηφαίστεια; Τι ελέγχει τη σύσταση της ατμόσφαιρας ή του θαλασσινού νερού; Πώς προέκυψε η τεράστια βιοποικιλότητα γύρω μας; Και, το πλέον σημαντικό ίσως, πώς αλλάζουν οι δικές μας ενέργειες τη Γη, καθώς και τη ζωή; Εν μέρει πρόκειται για ερωτήματα σχετικά με διεργασίες, αλλά και για ερωτήματα ιστορικής φύσης, και τα δεύτερα αποτελούν το πλαίσιο αυτού του βιβλίου.

Πρόκειται για μια ιστορία του σπιτιού μας, της Γης, και των οργανισμών που εξαπλώθηκαν στην επιφάνειά της. Καθετί σχετικό με τη Γη είναι δυναμικό και αενάως μεταβαλλόμενο, παρά την κοινή αλλά εσφαλμένη εντύπωση μιας μονιμότητας. Η Βοστώνη, για παράδειγμα, έχει εύκρατο κλίμα, με ζεστά καλοκαίρια, κρύους χειμώνες και μέτρια βροχοπτώση, κατανεμημένη λίγο πολύ ομοιόμορφα σε όλο το έτος. Οι εποχές είναι προβλέψιμες, κι αν, όπως εγώ, βρίσκεστε εδώ μερικές δεκαετίες, ίσως έχετε την αίσθηση πως τα 'χετε ξαναδεί όλα. Οι μετεωρολόγοι, ωστόσο, θα σας πουν ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία στη Βοστώνη έχει αυξηθεί κατά περισσότερο από 0,6 βαθμούς Κελσίου στη διάρκεια του βίου των γηραιότερων κατοίκων της. Επίσης γνωρίζουμε ότι η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα –ενός μείζονος ρυθμιστή της επιφανειακής θερμοκρασίας– έχει αυξηθεί κατά περίπου ένα τρίτο από τη δεκαετία του 1950. Παρομοίως, οι μετρήσεις μάς λένε ότι η στάθμη της θάλασσας παγκοσμίως ανεβαίνει και η ποσότητα του οξυγόνου που διαλύεται στους ωκεανούς έχει ελαττωθεί κατά περίπου 3% από την εποχή που οι Beatles εκτινάχθηκαν στο απόγειο της φήμης τους.

Οι μικρές αλλαγές αθροίζονται με την πάροδο του χρόνου. Μια αεροπορική πτήση από τη Βοστώνη στο Λονδίνο μεγαλώνει κατά περίπου 2,5 εκατοστά τον χρόνο, καθώς

νέος θαλάσσιος πυθμένας απομακρύνει αργά τη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη. Αν μπορούσαμε να γυρίσουμε την ταινία πίσω, θα βλέπαμε ότι πριν από 200 εκατομμύρια χρόνια η Νέα και η Παλιά Αγγλία ήταν τμήματα της ίδιας ηπείρου, με τεκτονικές τάφρους σαν αυτές που βλέπουμε σήμερα στην ανατολική Αφρική να έχουν μόλις αρχίσει να διαμορφώνουν μια ωκεάνια λεκάνη. Στις μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες, οι μεταμορφώσεις της Γης είναι αληθινά βαθιές. Για παράδειγμα, αν μπορούσατε να περιπλανηθείτε στην πρώιμη Γη, θα πεθαίνατε γρήγορα από ασφυξία στον στερούμενο οξυγόνου αέρα του πλανήτη μας.

Η ιστορία της Γης και των οργανισμών που συντηρεί είναι πολύ πιο μεγαλειώδης από οποιοδήποτε χολιγουντιανό μπλοκμπάστερ, γεμάτη ανατροπές αντάξιες ενός μπεστ σέλερ αγωνίας. Πάνω από τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια νωρίτερα, ένας μικρός πλανήτης δημιουργήθηκε από τη συσσώρευση λιθωδών συντριμμάτων που περιφέρονταν γύρω από έναν σχετικά νεαρό αστέρα. Στα πρώτα της χρόνια η Γη ζούσε στο χείλος του ολέθρου, καθώς βομβαρδιζόταν από κομήτες και μετεωρίτες, ενώ ταραγμένοι ωκεανοί μάγματος κάλυπταν την επιφάνεια και τοξικά αέρια έπνιγαν την ατμόσφαιρα. Με τον καιρό, εντούτοις, ο πλανήτης άρχισε να ψύχεται. Ήπειροι δημιουργήθηκαν μόνο και μόνο για να κομματιαστούν κι αργότερα να συγκρουστούν, κάνοντας να ξεπεταχτούν εντυπωσιακές οροσειρές, που οι περισσότερες χάθηκαν με το πέρασμα του χρόνου. Ηφαίστεια ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερα απ' οτιδήποτε έχουν αντικρίσει μάτια ανθρώπου. Κύκλοι παγκόσμιας παγετοποίησης. Αναρίθμητοι χαμένοι κόσμοι, που μόλις τώρα αρχίζουμε να ανασυνθέτουμε. Κάπως, σε τούτο το δυναμικό στάδιο, η ζωή εδραίωσε την παρουσία της και τελι-

κά μεταμόρφωσε την επιφάνεια του πλανήτη, ανοίγοντας τον δρόμο στους τριλοβίτες, τους δεινόσαυρους και σ' ένα είδος που μπορούσε να μιλά, να σκέφτεται, να κατασκευάζει εργαλεία και στο τέλος ν' αλλάξει τον κόσμο ξανά.

Η κατανόηση της ιστορίας της Γης μάς βοηθά να συνειδητοποιήσουμε το πώς δημιουργήθηκαν όχι μόνο τα βουνά, οι ωκεανοί, τα δέντρα και τα ζώα γύρω μας, μα και ο χρυσός, τα διαμάντια, ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο, ως κι ο ίδιος ο αέρας που αναπνέουμε. Και, με αυτό τον τρόπο, η ιστορία του πλανήτη μάς προσφέρει το αναγκαίο πλαίσιο για να κατανοήσουμε πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες μεταμορφώνουν τον κόσμο τον εικοστό πρώτο αιώνα. Στο μεγαλύτερο μέρος της ιστορίας του, το σπίτι μας ήταν αφιλόξενο για τους ανθρώπους, και μάλιστα ένα από τα πιο διαχρονικά μαθήματα που μας δίνει η γεωλογία είναι το πόσο φευγαλέα, εύθραυστη και πολύτιμη είναι η τωρινή μας στιγμή.

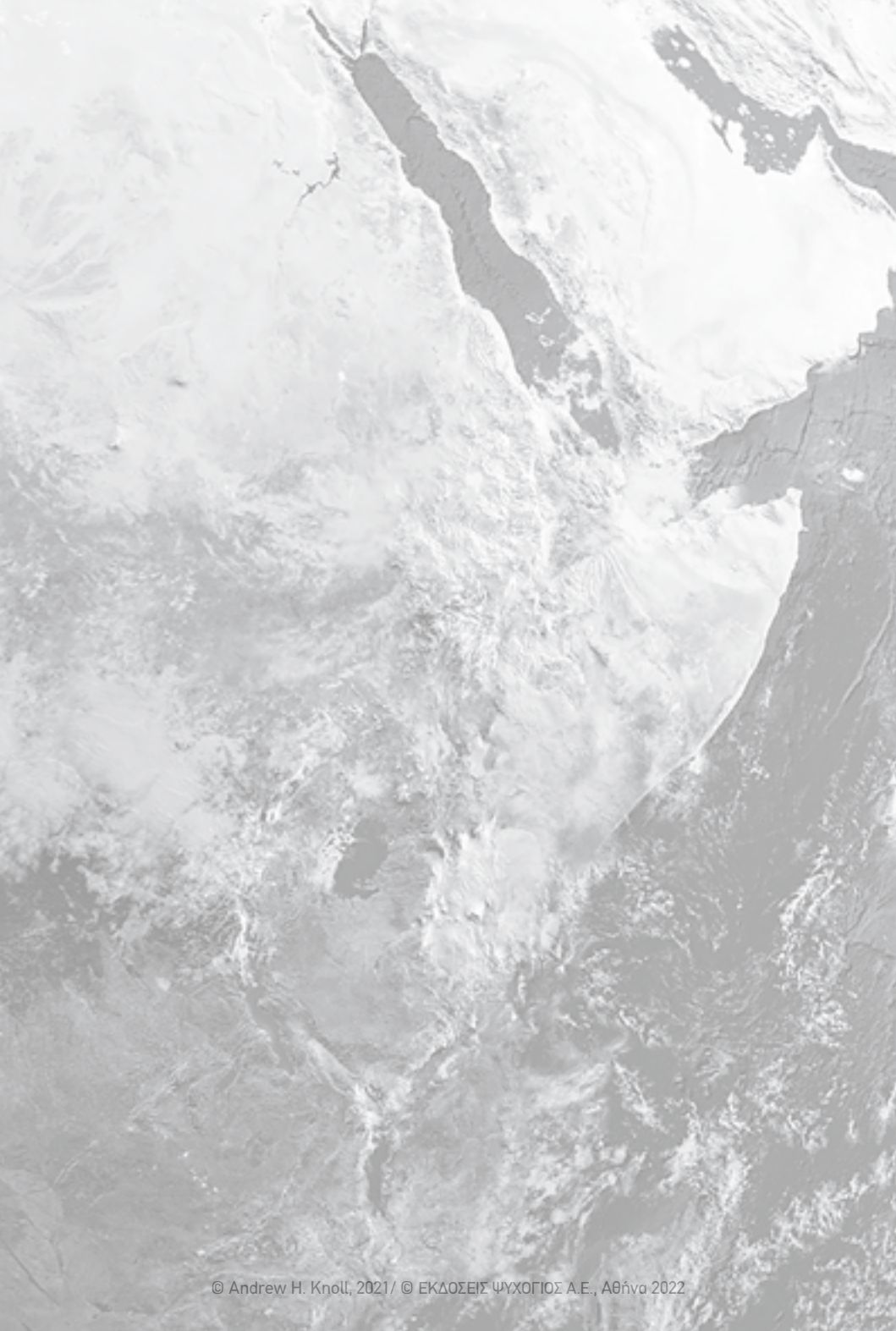
ΣΤΙΣ ΜΕΡΕΣ ΜΑΣ τα πρωτοσέλιδα μοιάζουν συχνά βγαλμένα από την Αποκάλυψη του Ιωάννη: πρωτόγνωρες φωτιές στην Καλιφόρνια, στις φλόγες ο Αμαζόνιος· ρεκόρ υψηλών θερμοκρασιών στην Αλάσκα και επιταχυνόμενη τήξη των παγετώνων στη Γροιλανδία· γιγάντιοι τυφώνες σαρώνουν την Καραϊβική και τις ακτές του Κόλπου του Μεξικού, ενώ πλημμύρες «εκατονταετίας» κατακλύζουν τις αμερικανικές μεσοδυτικές πολιτείες όλο και πιο τακτικά· στο Μαντράς, την έκτη μεγαλύτερη πόλη της Ινδίας, σώνεται το νερό, κι ακολουθούν καταπόδες το Κέιπ Τάουν και το Σάο Πάολο. Τα βιολογικά μαντάτα δεν είναι καλύτερα: 30% μείωση στους βορειοαμερικανικούς πληθυσμούς των πουλιών από το 1970· οι πληθυσμοί των εντόμων μειωμένοι κατά το ήμι-

συ· μαζικός θάνατος των κοραλλιών στον Μεγάλο Κοραλλιογενή Ύφαλο· ραγδαία μείωση των ελεφάντων και των ρινόκερων· η αλιεία απειλούμενη παγκοσμίως. Η μείωση των πληθυσμών δεν ισοδυναμεί με εξαφάνιση, είναι όμως η καθοδική πορεία που ακολουθεί ένα είδος οδεύοντας προς το βιολογικό φινάλε του.

Έχει βγει ο κόσμος εκτός ελέγχου; Με μια λέξη, ναι. Και ξέρουμε τον λόγο: ο ένοχος είμαστε εμείς. Οι άνθρωποι εκλύουμε αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αυξάνοντας όχι μόνο τη θερμοκρασία της Γης, αλλά και το μέγεθος και τη συχνότητα που χαρακτηρίζουν τους καύσωνες, τις ξηρασίες και τις θύελλες. Κι εμείς οι άνθρωποι έχουμε ωθήσει άλλα είδη στο χείλος του αφανισμού, με την αλλαγή χρήσης της γης, την υπερεκμετάλλευση και, ολοένα και πιο πολύ, την κλιματική αλλαγή. Δεδομένης της υπαιτιότητάς μας αυτής, ίσως η πιο καταθλιπτική είδηση απ' όλες είναι η ανθρώπινη αντίδραση: γενική αδιαφορία, ιδιαίτερα στην πατρίδα μου ίσως, τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Γιατί τόσοι άνθρωποι νοιάζονται τόσο λίγο για τις πλανητικές αλλαγές που θα μεταβάλουν τη ζωή των εγγονιών μας; Το 1968 ο Μπάμπα Ντιούμ, ένας Σενεγαλέζος δασονόμος, έδωσε μια αξιοσημείωτη απάντηση: «Τελικά», είπε, «προστατεύουμε μόνο ό,τι αγαπάμε, αγαπάμε μόνο ό,τι κατανοούμε, και κατανοούμε μόνο ό,τι διδασκόμαστε».

Αυτό το βιβλίο, λοιπόν, είναι μια προσπάθεια να κατανοήσουμε. Ένα κάλεσμα να εκτιμήσουμε τη μακρά ιστορία που οδήγησε τον πλανήτη μας στην τωρινή του στιγμή. Μια προτροπή να αναγνωρίσουμε πόσο βαθιά μεταβάλλουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες έναν κόσμο που φτιάχεται εδώ και τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια. Και μια πρόκληση να κάνουμε κάτι γι' αυτό.



1

Χημική Γη

ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΕΝΑΝ ΠΛΑΝΗΤΗ



EN APXH HN... μια κονκίδα, ένα στίγμα, μια στιγμή ταυτόχρονα ασύλληπτα μικρή κι αφάνταστα πυκνή. Δεν ήταν μια εντοπισμένη συγκέντρωση ύλης στο πελώριο κενό του σύμπαντος. *Ήταν* το σύμπαν. Κανείς δεν ξέρει πώς βρέθηκε εκεί.

Το τι υπήρχε πριν, αν υπήρξε κάτι, είναι εξίσου μυστηριώδες, όμως πριν από περίπου 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια αυτός ο αρχέγονος πυρήνας του σύμπαντος άρχισε να διαστέλλεται γρήγορα – μια «Μεγάλη Έκρηξη» που απελευθέρωσε προς τα έξω ένα τεράστιο κύμα ενέργειας και ύλης. Όχι τα κοινά σε εμάς πετρώματα και ορυκτά· ούτε καν τα άτομα από τα οποία είναι φτιαγμένα τα πετρώματα, ο αέρας και το νερό. Στην αυγή του σύμπαντος η ύλη αποτελούνταν από κουάρκ, λεπτόνια και γλουόνια, ένα περιεργό σύνολο από υποατομικά σωματίδια που τελικά θα ενώνονταν σε άτομα.

Η γνώση μας για το σύμπαν και την ιστορία του προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από την πλέον εφήμερη πηγή: το φως. Οι φωτεινές τελίτσες που δίνουν μορφή στον νυχτερινό ουρανό μπορεί να μη μοιάζουν και πολύ με βιβλία ιστορίας, αλλά δύο ιδιότητες του φωτός μάς βοηθούν να κατανοήσουμε πώς εξελίχθηκε το σύμπαν. Πρώτον, η ένταση που έχουν τα διαφορετικά μήκη κύματος της εισερχόμενης ακτινοβολίας δείχνει τη σύσταση της πηγής της. Τα μάτια μας μπορούν να ανιχνεύσουν μόνο ένα στενό φάσμα από μήκη κύματος, όμως οι αστέρες και άλλα ουράνια σώματα εκπέμπουν ή απορροφούν ένα ευρύ φάσμα ακτινοβολίας, από ραδιοκύματα και μικροκύματα ως ακτίνες X και ακτί-

νες γάμα, και το καθένα από αυτά έχει μια ιστορία να πει. Το πιο σημαντικό είναι ότι το φως υπακούει σε ένα αυστηρό όριο ταχύτητας: 299.792.458 μέτρα το δευτερόλεπτο στο διάστημα. Το ηλιακό φως εκπέμπεται οκτώ λεπτά και είκοσι δευτερόλεπτα προτού το δούμε και, σε ό,τι αφορά τους αστέρες και άλλα πιο μακρινά σώματα, το φως που καταγράφουμε εκπέμφθηκε ακόμα πιο νωρίς – πολύ νωρίτερα για τα πλέον απομακρυσμένα αντικείμενα. Κι αυτό είναι που μετατρέπει τον έναστρο ουρανό μας σε ουράνιο βιβλίο ιστορίας.

Μικροκύματα ισοκατανεμημένα στον ουρανό μιλούν για τη Μεγάλη Έκρηξη και τα άμεσα επακόλουθά της, και η ακτινοβολία από την πρώτη γενιά αστερων, που δημιουργήθηκαν μερικές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια αφού του άρχισε ο χρόνος, φτάνει μόλις σήμερα σε εμάς. Πώς δημιουργήθηκαν αυτοί οι πρώτοι αστέρες; Όλα έχουν να κάνουν με τη βαρύτητα, τον αρχιτέκτονα του σύμπαντος. Η βαρύτητα είναι ένας όρος που περιγράφει την έλξη ανάμεσα σε διαφορετικά αντικείμενα, με την ισχύ της έλξης να ορίζεται από τη μάζα των αντικειμένων και την απόσταση ανάμεσά τους. Καθώς άτομα σχηματίζονταν στο πρώιμο, διαστελλόμενο σύμπαν, η βαρύτητα άρχισε να τα τραβάει το ένα προς το άλλο. Τα τοπικά συσσωματώματα μεγάλωσαν δυναμώνοντας τη βαρυτική τους έλξη, και τελικά κατέρρευσαν σε καυτές, πυκνές σφαίρες, τόσο καυτές και τόσο πυκνές που οι πυρήνες υδρογόνου συντήχθηκαν δημιουργώντας ήλιον και εκλύοντας φως και θερμότητα. Όταν συμβαίνει αυτό, ένας αστέρας γεννιέται. Μεγάλοι, καυτοί και βραχύβιοι, τούτοι οι αρχέγονοι αστέρες χάραξαν τον δρόμο για ό,τι θα ερχόταν αργότερα, μαζι και για εμάς.

Η ύλη που παράχθηκε από τη Μεγάλη Έκρηξη αποτελούνταν κυρίως από άτομα υδρογόνου, του απλούστερου στοιχείου, μαζί με μερικό δευτέριο (υδρογόνο με ένα επιπλέον νετρόνιο) και ήλιον. Ελάχιστο λίθιο δημιουργήθηκε επίσης, μαζί με ακόμα μικρότερες ποσότητες άλλων ελαφρών στοιχείων, αλλά τίποτε άλλο. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, υπήρχε κάτι άλλο, μόνο που δεν ξέρουμε ακριβώς τι ήταν. Στη δεκαετία του 1950 οι αστρονόμοι άρχισαν να χρησιμοποιούν την κίνηση των αστέρων και των γαλαξιών (συνόλων από αστέρες, αέριο και σκόνη, που τα συγκρατεί μαζί, και πάλι, η βαρύτητα) για να υπολογίσουν τη βαρυτική έλξη στο βαθύ διάστημα, όταν όμως άθροισαν τη μάζα όλων των γνωστών αντικειμένων στον ουρανό, τη βρήκαν ανεπαρκή για να δικαιολογήσει τις παρατηρήσεις τους. Έπρεπε να υπάρχει κάτι άλλο εκεί έξω, κάτι που αλληλεπιδρά με τη συνηθισμένη ύλη μέσω της βαρύτητας αλλά δεν αλληλεπιδρά με το φως· και οι αστρονόμοι το βάφτισαν σκοτεινή ύλη. Οι αστρονόμοι έχουν κάποιες σκέψεις για το τι θα μπορούσε να είναι η σκοτεινή ύλη, όμως κανείς δεν είναι βέβαιος. Ακόμα πιο μυστηριώδης είναι η σκοτεινή ενέργεια, που επίσης θεωρείται απαραίτητη για να εξηγηθεί ο τρόπος λειτουργίας του σύμπαντος. Μαζί, η σκοτεινή ύλη και η σκοτεινή ενέργεια πιστεύεται ότι αποτελούν περίπου το 95% όλων όσα υπάρχουν, ως αινιγματικά συστατικά που δεν μπορούμε να ανιχνεύσουμε αλλά θεωρείται ότι έχουν διαδραματίσει μείζονα ρόλο στη διαμόρφωση του σύμπαντός μας. Έχουμε πολλά ακόμα να μάθουμε.

Ας επανέλθουμε στη συμβατική ύλη. Όταν άρχισε η εποχή του φωτός των αστεριών, το σύμπαν ήταν ένα ψυχρό διάσπαρτο μείγμα από (κυρίως) άτομα υδρογόνου. Οι πρώτοι αστέρες παρήγαγαν κι άλλο ήλιον, όμως δεν υπήρχε

τίποτα που θα μπορούσες να μετατρέψεις σε Γη (βλ. τον πίνακα στη σελ. 25). Από πού προήλθαν ο σίδηρος, το πυρίτιο και το οξυγόνο που χρειάζονταν για να φτιαχτεί ο πλανήτης μας; Και ο άνθρακας, το άζωτο, ο φώσφορος και τα άλλα στοιχεία που συνθέτουν το σώμα μας; Αυτά κι όλα τα άλλα στοιχεία δημιουργήθηκαν σε διαδοχικές γενιές αστέρων, «χυτηρίων» των ατόμων που μια μέρα θα αποτελούσαν τον πλανήτη μας. Σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις μέσα σε μεγάλους αστέρες, τα ελαφρά στοιχεία συντήχθηκαν δημιουργώντας άνθρακα, οξυγόνο, πυρίτιο και ασβέστιο· σίδηρος, χρυσός, ουράνιο και άλλα βαρέα στοιχεία φτιάχτηκαν στις γιγάντιες αστρικές εκρήξεις που αποκαλούνται υπερκαινοφανείς αστέρες. Μπορεί το πρόσωπο που βλέπετε στον καθρέφτη να μετράει δεκαετίες ζωής, όμως αποτελείται από στοιχεία που δημιουργήθηκαν πριν από δισεκατομμύρια χρόνια σε αρχαίους αστέρες.

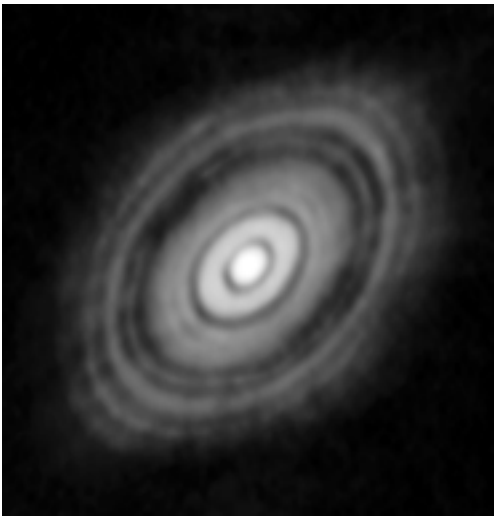
Μέσα στην απεραντοσύνη του χρόνου, αστέρες δημιουργήθηκαν και πέθαναν, με κάθε κύκλο να προσθέτει στοιχεία στον κατάλογο αυτών που είναι συγκεντρωμένα σήμερα στη Γη και στους ζωντανούς οργανισμούς. Γαλαξίες συγχωνεύθηκαν και μαύρες τρύπες (περιοχές τόσο πυκνές, ώστε δεν μπορεί να δραπετεύσει απ' αυτές κανένα φως) εμφανίστηκαν, διαμορφώνοντας αργά το σύμπαν που παρατηρούμε σήμερα.

Πιάνουμε την ιστορία πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, εστιάζοντας σε ένα απλό νέφος ατόμων υδρογόνου, που βρίσκεται μαζί με μικρές ποσότητες αερίου, πάγου και κόκκων ορυκτών μέσα στους σπειροειδείς βραχίονες ενός κοινού γαλαξία, του Γαλαξία μας. Στην αρχή το νέφος ήταν μεγάλο, διάσπαρτο και ψυχρό (αληθινά ψυχρό, με θερμοκρασίες 10 έως 20 βαθμούς Κέλβιν ή -263

**ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ
(τοις εκατό, κατά βάρος)**

Γη	
Σίδηρος	33
Οξυγόνο	31
Πυρίτιο	19
Μαγνήσιο	13
Νικέλιο	1,9
Ασβέστιο	0,9
Αλουμίνιο	0,9
Υπόλοιπα	0,3
Κύτταρα στο ανθρώπινο σώμα	
Οξυγόνο	65
Άνθρακας	18
Υδρογόνο	10
Άζωτο	3
Ασβέστιο	1,5
Φώσφορος	1
Υπόλοιπα	1,5

έως -253 βαθμούς Κελσίου). Ωθούμενο πιθανώς από έναν κοντινό υπερκαινοφανή αστέρα, αυτό το νέφος άρχισε να καταρρέει σε ένα πολύ πιο μικρό, πυκνό και θερμό νεφέλωμα. Όπως είχε συμβεί δισεκατομμύρια φορές αλλού στο σύμπαν, η βαρύτητα είλκυσε τελικά το περισσότερο νέφος σε μια θερμή, πυκνή κεντρική μάζα – τον Ήλιο μας. Το πιο πολύ από το υδρογόνο του νεφελώματος πήγε στον Ήλιο, όμως πάγος και κόκκοι ορυκτών χωρίστηκαν σ' έναν δίσκο που περιστρεφόταν γύρω από τον νεοσσό αστέρα μας, θυμίζοντας σε γενικές γραμμές τα μικροσκοπικά σωματίδια που περιβάλλουν σήμερα τον Κρόνο (Εικόνα 1). Στην αρχή, αυτός ο δίσκος ήταν αρκετά θερμός ώστε να εξατμιστούν τα ορυκτά και οι πάγοι από τους οποίους είχε σχηματιστεί. Στη διάρκεια μερικών εκατομμυρίων χρόνων, ωστόσο, άρχισε να ψύχεται, ταχύτερα στις παρυφές και βραδύτερα κοντά στη θερμότητα του Ήλιου.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Αυτή η ιδιαίτερη εικόνα, τραβηγμένη από τη Μεγάλη Χίλιοστομετρική Διάταξη της Ατακάμα, δείχνει τον HL Ταύρου, έναν νεαρό αστέρα σαν τον Ήλιο, και τον πρωτοπλανητικό του δίσκο. Οι δακτύλιοι και τα κενά που φαίνονται στην εικόνα καταγράφουν εκκολλητόμενους πλανήτες καθώς καθαρίζουν την τροχιά τους από τη σκόνη και τα αέρια. Το δικό μας ηλιακό σύστημα μπορεί να έδειχνε λίγο πολύ έτσι πριν από 4,54 δισεκατομμύρια χρόνια. ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/NASA/ESA

Γνωρίζουμε από την καθημερινή μας εμπειρία ότι διαφορετικές ουσίες τήκονται ή κρυσταλλώνονται σε άλλες θερμοκρασίες. Στην επιφάνεια της Γης, για παράδειγμα, το νερό γίνεται πάγος στους 0 °C, όμως ο ξηρός πάγος παγώνει από το διοξείδιο του άνθρακα σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες (-78,5 °C). Κατά παρόμοιο τρόπο, τα ορυκτά που βρίσκονται στα πετρώματα κρυσταλλώνονται από τηγμένους προδρόμους σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από εκατοντάδες έως πάνω από 1.000 °C. Γι' αυτό τον λόγο, καθώς ο πλανητικός δίσκος ψυχραινόταν, διαφορετικά υλικά κρυσταλλώθηκαν σε στερεά σε διαφορετικούς χρόνους και σημεία, ανάλογα με την απόσταση καθενός από τη θερμότητα του Ήλιου. Οξειδία του άνθρακα, του αλουμινίου και του τιτανίου δημιουργήθηκαν πρώτα· κατόπιν μεταλλικός σίδηρος, νικέλιο και κοβάλτιο, και μόνο αργότερα, πέρα από μια απόσταση από τον Ήλιο αποκαλούμενη «γραμμή παγετού», πάγοι νερού, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και αμμωνία – τα υλικά των ωκεανών, του αέρα και της ζωής. Κομματάκια ορυκτών και πάγου συγκρούστηκαν δημιουργώντας μεγαλύτερα σωματίδια, κι αυτά ενώθηκαν σε ακόμα πιο μεγάλα σώματα. Μέσα σε μερικά εκατομμύρια χρόνια, μόνο μια χούφτα μεγάλες σφαιρικές δομές παρέμεναν εκεί που κάποτε περιστρεφόταν ο δίσκος. Ο «τρίτος βράχος από τον Ήλιο» ήταν η Γη, μια πετρώδης μάζα σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο, σε απόσταση περίπου 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων.

ΠΩΣ ΑΚΡΙΒΩΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΘΗΚΕ η Γη και τι μπορούμε να μάθουμε για τη νηπιακή της ηλικία; Αν το φως καταγράφει την ιστορία του σύμπαντος, τα πετρώματα λένε την ιστο-

ρία του πλανήτη μας. Όταν αγναντεύετε το Γκραντ Κάνιον ή θαναμάζετε τις κορυφές που πλαισιώνουν τη λίμνη Λουίζ, βλέπετε τη βιβλιοθήκη της φύσης, όπου εκτίθενται τόμοι ιστορίας της Γης γραμμένης στην πέτρα. Ιζήματα –βότσαλα, άμμος ή λάσπη, δημιουργημένα από τη διάβρωση προγενέστερων πετρωμάτων, ή ασβεστόλιθοι, προϊόντα ιζηματοποίησης σε υδάτινα σώματα– απλώνονται σε πεδιάδες κατάκλυσης και στον θαλάσσιο πυθμένα, καταγράφοντας από στρώμα σε στρώμα τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του πλανήτη μας στην εποχή και στο μέρος που σχηματίστηκαν. Τα πυριγενή πετρώματα –δημιουργημένα από τηγμένα υλικά βαθιά μέσα στη Γη– μας λένε περισσότερα για το δυναμικό εσωτερικό του πλανήτη μας, πράγμα που κάνουν επίσης τα μεταμορφωμένα πετρώματα, σχηματισμένα από ιζηματογενείς ή πυριγενείς προδρόμους σε αυξημένη θερμοκρασία και πίεση βαθιά στο εσωτερικό της Γης. Όλα μαζί αυτά τα πετρώματα προσφέρουν μια μεγαλειώδη εξιστόρηση της ανάπτυξης της Γης από τη νεότητα στην ωριμότητα, της εξέλιξης της ζωής από τα βακτήρια ως εσάς και –ίσως η πλέον μεγαλειώδης αφήγηση απ’ όλες– των τρόπων με τους οποίους η φυσική και η βιολογική Γη έχουν αλληλεπιδράσει με την πάροδο του χρόνου. Είμαι σαράντα χρόνια γεωλόγος κι ακόμη εκπλήσσομαι που οι βράχοι στην ακτή του Ντόρσετ στη νότια Αγγλία μου επιτρέπουν να πλάσω στο μυαλό μου μια εικόνα της Γης όπως υπήρξε πριν από 180 εκατομμύρια χρόνια. Ακόμα πιο αξιοπρόσεκτα, όπως θα δούμε, είναι τα πετρώματα που μας μιλάνε για τη Γη και τη ζωή πριν από δισεκατομμύρια χρόνια.

Αν κοιτάξετε προσεκτικά τις επιβλητικές κορυφές στα Βραχώδη Όρη ή τις Άλπεις, μια άλλη όψη της ιστορίας της

Γης μπορεί να φανερωθεί. Τα οδοντωτά τους σχήματα δεν δείχνουν κάποια εναπόθεση. Απεναντίας, έχουν σμιλεωθεί με τη διάβρωση, φυσικές και χημικές διεργασίες που φθείρουν τα πετρώματα εξαλείφοντας τις ιστορίες τους. Η Γη γράφει την ιστορία της με το ένα χέρι και τη σβήνει με το άλλο και, καθώς πηγαίνουμε πίσω στον χρόνο, το σβήσιμο παίρνει το πάνω χέρι. Η ύλη του πλανήτη μας συσσωματώθηκε πριν από περίπου 4,54 δισεκατομμύρια χρόνια, όμως τα παλαιότερα γνωστά πετρώματα χρονολογούνται από μόλις 4 δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Πρέπει να υπήρχαν παλαιότερα πετρώματα, όμως διαβρώθηκαν ή θάφτηκαν, και με τη μεταμόρφωση έγιναν αγνώριστα. Μερικά μπορεί να βρίσκονται ακόμη σε κάποια απόμερη канаδική ή σιβηρική λοφοπλαγιά, περιμένοντας να αναγνωριστούν, αλλά, ως επί το πλείστον, τα πρώτα 600 εκατομμύρια χρόνια της ιστορίας της Γης αποτελούν τους Σκοτεινούς Αιώνες του πλανήτη μας.

Πώς μπορούμε να ανασυνθέσουμε τη νηπιακή ηλικία της Γης ελλείψει ιστορικών αρχείων; Αποδεικνύεται ότι έχουμε αντίγραφα ασφαλείας αποθηκευμένα εξωτερικά, που λέει ο λόγος. Τα εν λόγω πετρώματα είναι μετεωρίτες, πετρώδεις επιζήσαντες από το πρώιμο ηλιακό σύστημα που πέφτουν στη Γη πού και πού. Η πεποίθησή μας ότι η Γη και άλλοι πλανήτες διαμορφώθηκαν πριν από περισσότερα από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια πηγάζει από γεωλογικά «ρολόγια», παγιδευμένα στα ορυκτά που αποτελούν τούτα τα ιδιαίτερα πετρώματα. (Περισσότερα σχετικά με τη χρονολόγηση της ιστορίας της Γης σε λίγο.) Μερικοί μετεωρίτες, οι λεγόμενοι χονδρίτες, αποτελούνται από τους χόνδρους – στρογγυλεμένους κόκκους μεγέθους χιλιοστών που πιστεύεται ότι διατηρούν εκείνα τα μικρο-

σκοπικά σωματίδια που συγκρούστηκαν για να δημιουργήσουν μεγαλύτερα σώματα στις πρώτες φάσεις της πλανητικής δημιουργίας (Εικόνα 2). Αυτή η άποψη υποστηρίζεται από προσεκτικές μελέτες της σύστασης των χόνδρων, η οποία περιλαμβάνει τα ορυκτά ασβεστίου, αλουμινίου και τιτανίου που συμπυκνώθηκαν πρώτα όταν ο ηλιακός δίσκος μας άρχισε να ψύχεται, καθώς και σπάνιους κόκκους που εκτινάχθηκαν από έναν κοντινό υπερ-



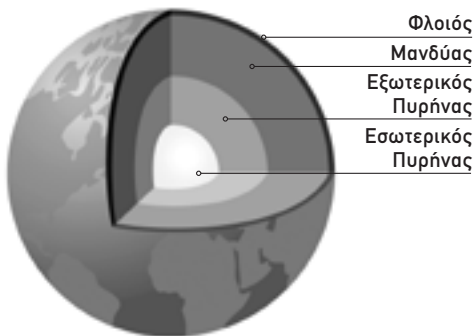
ΕΙΚΟΝΑ 2. Ο μετεωρίτης Αλιέντε, ένας ανθρακούχος χονδρίτης που έπεσε στη Γη το 1969. Οι στρογγυλεμένοι κόκκοι μέσα είναι χόνδροι, πετρώδη σφαιρίδια που δημιουργήθηκαν νωρίς στην ιστορία του ηλιακού μας συστήματος και συσσωματώθηκαν σε μεγαλύτερα σώματα, για να συγκροτήσουν τελικά τους εσωτερικούς πλανήτες, συμπεριλαμβανομένης της Γης. Οι ανθρακούχοι χονδρίτες περιέχουν νερό και οργανικά μόρια, παρέχοντας υλικά που τελικά θα κατέληγαν στην ατμόσφαιρά μας, τους ωκεανούς και τους ζωντανούς οργανισμούς. Το τουβλάκι δίπλα έχει πλευρές ενός εκατοστού. *Matteo Chinellato* (μέσω *Wiki, Creative Commons*)

καινοφανή κι αργότερα παρασύρθηκαν, όσο το ηλιακό σύστημα δημιουργούνταν. Οι χονδρικοί μετεωρίτες όχι μόνο διατηρούν ένα άμεσο αρχείο του πρώιμου ηλιακού συστήματος, αλλά η χημική τους σύσταση υποδηλώνει επίσης ότι είναι τα κύρια υλικά από τα οποία δημιουργήθηκε η ίδια η Γη.

Μέσα σε μερικά εκατομμύρια χρόνια, το μεγαλύτερο μέρος του πετρώματος και του πάγου γύρω από τον Ήλιο μας συσσωματώθηκε σε πλανήτες. Κατά την παραδοσιακή άποψη, σωματίδια μεγέθους σκόνης ενώθηκαν φτιάχνοντας μεγαλύτερους κόκκους, που με τη σειρά τους συνενώθηκαν σε ακόμα μεγαλύτερα σώματα σχηματίζοντας τελικά πλανητίσκους, βράχους μεγέθους χιλιομέτρων όμοιους με πολλούς αστεροειδείς που απαντούν σήμερα ανάμεσα στις τροχιές του Άρη και του Δία. Μια εναλλακτική υπόθεση είναι ότι πλανητοειδή σώματα συσσωματώθηκαν απευθείας από σωματίδια μεγέθους βότσαλου. Όπως κι αν έχει το πράγμα, καθώς η συσσωμάτωση έβαινε προς την ολοκλήρωση, μόνο εκατό περίπου σώματα με μέγεθος από της Σελήνης ως του Άρη απέμειναν. Αυτά θα συγκρούονταν για να δημιουργήσουν τους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος. Ένα τέτοιο κατακλυσμιαίο γεγονός επηρέασε βαθιά αυτό που τελικά θα γινόταν το σπίτι μας. Μερικές δεκάδες εκατομμύρια χρόνια αφότου η Γη είχε, ως επί το πλείστον, συσσωματωθεί, ένα σώμα με μέγεθος σαν του Άρη έπεσε πάνω στον νήπιο πλανήτη μας, εκτινάσσοντας πετρώματα και αέρια στο διάστημα. Πολλή από την εκσφενδονισμένη ύλη τελικά συνενώθηκε, δημιουργώντας μια σχετικά μικρή βραχώδη σφαίρα που τέθηκε σε μόνιμη τροχιά γύρω από τη Γη. Μπορεί η πανσέληνος να εμπνέει τους ποιητές, όμως γεννήθηκε βίαια, με τα μυστικά της να

έχουν ξεκλειδωθεί μέσω της προσεκτικής μελέτης των σεληνιακών πετρωμάτων.

Η ΓΗ ΕΙΝΑΙ μια πετρώδης σφαίρα με διάμετρο 12.746 χιλιόμετρα στον ισημερινό. (Στην πραγματικότητα, ο πλανήτης μας δεν είναι ακριβώς σφαιρικός· εξαιτίας της περιστροφής της, η Γη διογκώνεται λιγάκι στον ισημερινό και συμπίεζεται προς τους πόλους.) Αν κόψετε τη Γη στη μέση (δεν συστήνεται στην πράξη), θα δείτε ότι ο πλανήτης μας δεν είναι ομοιογενής, αλλά πιο πολύ ομόκεντρα διαστρωματωμένος σαν σφιχτό αυγό (Εικόνα 3). Ο «κρόκος» της Γης είναι ο πυρήνας, ένα καυτό, πυκνό εσωτερικό σώμα με μάζα περίπου το ένα τρίτο αυτής του πλανήτη μας. Ο πυρήνας αποτελείται κυρίως από σίδηρο, και περιέχει επίσης μερικό νικέλιο και, σε ποσοστό περίπου 10%, ελαφρύτερα στοιχεία που πιστεύεται ότι περιλαμβάνουν υδρογόνο, οξυγόνο, θείο και/ή άζωτο. Πρέπει να συμβιβαστούμε με το «πιστεύεται ότι περιλαμβάνουν» γιατί, με όλο τον σεβασμό στον Ιούλιο Βερν, κανένας δεν έχει ταξιδέψει ποτέ



ΕΙΚΟΝΑ 3. Μια διατομή της Γης, που δείχνει την εσωτερική κατανομή της σε ζώνες. Ο φλοιός, που πάνω του βαδίζουμε, είναι απλώς ένα λεπτό επιφανειακό επίχρισμα και η ατμόσφαιρα και οι ωκεανοί είναι ακόμα λεπτότεροι.

στο κέντρο της Γης για να πάρει δείγμα. Κύματα ενέργειας που δημιουργούνται από σεισμούς κάνουν πάνω κάτω την ίδια δουλειά με τους αξονικούς τομογράφους στα νοσοκομεία, και οι λεπτομέρειες για το πώς μεταδίδονται, αντανakλώνται, διαθλώνται ή απορροφώνται αυτά τα κύματα μέσα στον πλανήτη αποκαλύπτουν τις διαστάσεις και την πυκνότητα του πυρήνα. Η τελευταία υπαγορεύει ότι ο πυρήνας αποτελείται ως επί το πλείστον, αλλά όχι ολότελα, από σίδηρο. Εργαστηριακά πειράματα και υπολογισμοί δείχνουν ότι μια πρόσμειξη ελαφρών στοιχείων σαν τα παραπάνω μπορεί να εξηγήσει την παρατηρούμενη πυκνότητα, όμως η ακριβής φύση του μείγματος παραμένει άγνωστη, επειδή καμιά σύσταση δεν προσφέρει μία και μοναδική λύση στο πρόβλημα. Ο εσωτερικός πυρήνας –μια σφαίρα με ακτίνα 1.226 χιλιόμετρα– είναι στερεός, ενώ ο εξωτερικός (με πάχος περίπου 2.260 χιλιόμετρα) παραμένει τηγμένος και κινείται αργά με συναγωγή, καθώς το πυκνό υλικό κοντά στη βάση ζεσταίνεται και αρχίζει να ανέρχεται, για να ψυχρανθεί τελικά εκ νέου και να καταβυθιστεί και πάλι προς τη βάση. Αυτή η κίνηση του εξωτερικού πυρήνα δημιουργεί ένα ηλεκτρικό δυναμό, με αποτέλεσμα το μαγνητικό πεδίο της Γης. Μπορεί να μη σκέφτεστε καθημερινά το μαγνητικό πεδίο, αλλά θα πρέπει να είστε ευγνώμονες που υπάρχει. Το πεδίο προστατεύει την ατμόσφαιρά μας, που ειδικά θα την παρέσερνε και θα την κατέστρεφε ο ηλιακός άνεμος (ένα ζωηρό ρεύμα φορτισμένων σωματιδίων που εκπέμπονται από τον Ήλιο), ενώ κατευθύνει χρήσιμα τις πυξίδες για να δείχνουν (κατά προσέγγιση) τον βορρά.

Ο μανδύας της Γης –το ασπράδι του πλανητικού μας αυγού– περιβάλλει τον πυρήνα. Με μάζα περίπου τα δύο

τρίτα αυτής του πλανήτη μας, ο μανδύας αποτελείται κυρίως από πυριτικά ορυκτά – ορυκτά πλούσια σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2 – χαλαζιάς στην καθαρή κρυσταλλική του μορφή), που περιέχουν επίσης μαγνήσιο και μικρότερες ποσότητες σιδήρου, ασβεστίου και αλουμινίου. Ξανά, πολλά απ’ όσα γνωρίζουμε για τον μανδύα προέρχονται από τα σεισμικά κύματα και επεξηγούνται με εργαστηριακά πειράματα. Πού και πού, ωστόσο, η Γη μάς εξυπηρετεί η ίδια μεταφέροντας μικρά κομμάτια του μανδύα στην επιφάνεια. Τα διαμάντια είναι ιδιαίτερα σημαντικοί αγγελιοφόροι από το βαθύ εσωτερικό. Σχηματισμένα 160 ή και περισσότερα χιλιόμετρα κάτω από την επιφάνεια, αυτά τα σκληρά κομμάτια καθαρού άνθρακα μεταφέρονται στην επιφάνεια με το μάγμα, την τηγμένη πηγή της λάβας και άλλων πυριγενών πετρωμάτων. Η Λόρελαϊ Λι στην ταινία *Οι άνδρες προτιμούν τις ξανθιές* επέμενε ότι τα διαμάντια είναι οι καλύτεροι φίλοι μιας κοπέλας, όμως είναι επίσης ο καλύτερος φίλος του γεωλόγου, επειδή συνήθως περιέχουν μικροσκοπικά εγκλείσματα από υλικό του μανδύα, που μπορούν να μελετηθούν στο εργαστήριο.

Ο μανδύας είναι στερεός αλλά σε μεγάλες χρονικές κλίμακες το υλικό του μεταφέρεται. Το ακριβές τρισδιάστατο μοτίβο της κυκλοφορίας του μανδύα παραμένει υπό συζήτηση, καθώς και το ερώτημα αν όλα τα τμήματα του μανδύα παράγουν ηφαιστειογενή πετρώματα που ανέρχονται στην επιφάνεια. Οι γεωλόγοι συμφωνούν, ωστόσο, ότι η μερική τήξη των πετρωμάτων του μανδύα έχει δημιουργήσει το πιο προσιτό στρώμα, τον φλοιό.

Λιγότερο από το 1% της μάζας του πλανήτη, ο φλοιός –το λεπτό τσόφλι στην παρομοίωσή μας με το αυγό– είναι το μόνο στρώμα που μπορούμε να παρατηρήσουμε και

να εξετάσουμε με συστηματική δειγματοληψία, προσφέροντας έναν αξιοσημείωτο θησαυρό από γνώσεις. Οι ήπειροι είναι φτιαγμένες από φλοιό που περιέχει χαλαζία (SiO_2) και άστριους πλούσιους σε νάτριο και κάλιο, των οποίων χαρακτηριστικό δείγμα είναι ο γρανίτης που βλέπουμε στα Λευκά Όρη στο Νιου Χάμσαϊρ ή στη Σιέρα Νεβάδα, και που με τρόπο εντυπωσιακό έχει χαραχτεί στο Εθνικό Πάρκο Γιοσέμιτι. Ο φλοιός κάτω από τους ωκεανούς διαφέρει, αποτελούμενος από βασαλτικά πετρώματα σαν εκείνα που εκτοξεύονται από τα ηφαίστεια της Χαβάης και περιέχουν άστριους πλούσιους σε ασβέστιο ή νάτριο, αλλά όχι χαλαζία. Ο ηπειρωτικός φλοιός είναι ταυτόχρονα πιο παχύς και λιγότερο πυκνός απ' αυτόν κάτω από τους ωκεανούς, πράγμα που τον κάνει να «επιπλέει» πάνω από τον ωκεάνιο φλοιό σαν παγάκια σε αναψυκτικό. Μάλιστα, επειδή το νερό στην επιφάνεια της Γης συγκεντρώνεται κυρίως στα τοπογραφικά χαμηλά, ο βασαλτικός φλοιός βρίσκεται κυρίως κάτω από τη θάλασσα.

ΠΩΣ ΠΡΟΕΚΥΨΕ η διαστρωματωμένη μας Γη; Θα μπορούσαμε να προτείνουμε ότι τα ομόκεντρα στρώματα της Γης απηχούν τη διαδοχική συσσώρευση διαφορετικών υλικών που λάμβανε χώρα καθώς ο πλανήτης μας συσσωματωνόταν, όμως αυτή η ιδέα έρχεται σε σύγκρουση με πολλές φυσικές και χημικές παρατηρήσεις. Μάλλον, οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν ότι, καθώς η εκκολλαπτόμενη Γη μεγάλωνε, η θερμοότητα από τις συνεχιζόμενες συγκρούσεις και η διάσπαση ραδιενεργών ισοτόπων έτηκαν τον πλανήτη.

ΕΝΑ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΟ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΠΑΝΤΩΝ.

KIRKUS REVIEWS

Πρόκειται για μια ιστορία του σπιτιού μας, της Γης, και των οργανισμών που εξαπλώθηκαν στην επιφάνειά της. [...] είναι πολύ πιο μεγαλειώδης από οποιοδήποτε χολιγουντιανό μπλοκμπάστερ, γεμάτη ανατροπές αντάξιες ενός μπεστ σέλερ αγωνίας.

Αντλώντας από έρευνες δεκαετιών στο πεδίο κι από τις πλέον πρόσφατες επιστημονικές γνώσεις, ο φημισμένος γεωλόγος Άντριου Νολ χαρίζει μια ενδεδειγμένη και συνάμα προσιτή βιογραφία της Γης, ξεδιπλώνοντας τα 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια της επικής ιστορίας του πλανήτη μας σε οκτώ πλούσια εικονογραφημένα κεφάλαια.

ΠΡΩΤΗ ΕΚΔΟΣΗ: 6.000 ΑΝΤΙΤΥΠΑ



Εκδόσεις **ΨΥΧΟΓΙΟΣ**

www.psichogios.gr



ΚΩΔ. ΜΗΧ/ΣΗΣ: 25500