



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πλανήτη Γη : περιγραφή – εξέλιξη – ισορροπία
συστήματος – κλονισμός ισορροπίας



2016-2017
ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
Α.Ε.Ν. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: Πλανήτης Γη : περιγραφή – εξέλιξη – ισορροπία
συστήματος – κλονισμός ισορροπίας



Στοιχεία σπουδαστή: **Δελιβαλτίδης Αλέξανδρος**
Αριθμός Γενικού Μητρώου: **3440**
Επιβλέπων Καθηγήτρια: **Κωνσταντία Ρωσσιάδου**
Ημερομηνία Ανάθεσης: 04/04/2016
Ημερομηνία Παράδοσης: 02/06/2017

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότης</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<i>1</i>	ΤΣΟΥΛΗΣ Νικ. ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ	ΠΛΟΙΑΡΧΟΣ Ε.Ν.		
<i>2</i>	ΡΩΣΣΙΑΔΟΥ Κων. ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	ΦΥΣΙΚΟΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΟΣ		
<i>3</i>				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΤΣΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**Σελίδα**

Περίληψη.....	4
Πρόλογος.....	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

1.1 Γενικά.....	6
1.2 Γενικά Χαρακτηριστικά.....	8
1.3 Δομή.....	9
1.4 Πυρήνας.....	10
1.5 Μανδύας.....	11
1.6 Φλοιός.....	12
1.7 Σύσταση.....	13
1.8 Τεκτονικές Πλάκες.....	14
1.9 Τα Ακρότατα της Γης	
1.9.1 Έβερεστ.....	16
1.9.2 Η Τάφος των Μαριάνων.....	18
1.9.3 Μάουνα Κέα.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΞΕΛΙΞΗ

2.1 Εξέλιξη.....	22
2.2 Η Θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης.....	23
2.3 Η Σύνοψη των Στοιχείων.....	24
2.4 Η Δημιουργία της Γης.....	25
2.5 Τα «Γενέθλια» του Σύμπαντος.....	35
2.6 Το Ηλιακό Σύστημα.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 Ο Καιρός και το Κλίμα.....	37
3.2 Ατμόσφαιρα.....	38
3.3 Υδρόσφαιρα.....	41
3.4 Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου.....	42
3.5 Το Στρώμα του Όζοντος.....	42
3.6 Κλιματική Αλλαγή.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΛΟΝΙΣΜΟΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

4.1 Παράγοντες που Διαμορφώνουν το Κλίμα.....	43
4.2 Θερμοκηπικά Αέρια.....	44
4.3 Το Φαινόμενο El Niño.....	51
4.3.1 Η Ιστορία του El Niño	51
4.3.2 Περιγραφή του Φαινομένου.....	52
4.3.3 Συνέπειες του Φαινομένου El Niño.....	54
4.3.4 Συνθήκες El Niño.....	55
4.4 Η Τρύπα του Όζοντος.....	57
4.4.1 Αίτια του Προβλήματος.....	58
4.4.2 Τρόποι Αντιμετώπισης.....	59
4.5 Η Θεωρία του Milutin Milankovitch.....	60
4.6 Το Μέλλον της Γης.....	61
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται και εξειδικεύεται στον πλανήτη Γη, το σπίτι μας, το μέρος όπου μεγαλώσαμε αλλά και θα ζούμε για τις υπόλοιπες, μετρημένες στα δάκτυλα, δεκαετίες. Για έναν πλανήτη ανάμεσα σε περίπου 10^{25} άλλους πλανήτες που γνωρίζουμε πως υπάρχουν έως το ορατό άκρο του σύμπαντος για τον άνθρωπο.

Ειδικότερα, θα αναφερθώ σε σημεία όπως:

Την περιγραφή και τα χαρακτηριστικά του πλανήτη μας, τη σύσταση, τη δομή αλλά και κάποια ακρότατα σημεία του.

Επίσης θα σας περιγράψω τον τρόπο με τον οποίο δημιουργήθηκε η Γη, την χρονολογική σειρά, αλλά και το πως φτάσαμε να έχουμε σήμερα τη στεριά μας, το νερό μας και τον αέρα μας.

Στην συνέχεια θα αναφερθώ για τον καιρό και τον κλίμα της Γης αλλά και για τους παράγοντες που τα επηρεάζουν όπως το φαινόμενο του El Niño, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και το όζον.

Τέλος, θα διερευνήσουμε τους παράγοντες που τείνουν να κλονίσουν την ισορροπία στον πλανήτη μας όπως και τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαμε να περιορίσουμε αυτό τον κλονισμό.

ABSTRACT

The present dissertation deals with and specialises in planet Earth, our home, the place where we grew up and where we will live for the next few decades. It is about a planet among about 10^{25} other planets that we know they exist as far as the humanly visible edge of universe.

In particular, the points that are mentioned are:

First, the description and the characteristics of our planet, its composition, its structure and some of its extreme points.

Second, the way in which Earth was created as well as the creation of land, water and air are described chronologically.

Next, the weather and climate of Earth and the factors which affect them like the El Niño phenomenon, the greenhouse effect and the ozone layer are explained.

Finally, the factors which tend to unsettle the balance of our planet and the ways in which we can limit this unsettling, are looked into.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Γη είναι μια μικρή κουκίδα στο αχανές Σύμπαν των αστεριών, των γαλαξιών και του κενού. Οι δορυφόροι κάνουν το γύρο της σε μερικές ώρες. Και όμως είναι ασύλληπτα μεγάλη και αινιγματική για το ανθρώπινο μυαλό. Οι γεωεπιστήμονες έχουν σχετικά νεαρή ηλικία. Μόλις πριν από 200 χρόνια οι άνθρωποι πίστευαν ότι η Γη έχει ηλικία μερικών χιλιάδων ετών και ότι ελάχιστα έχει μεταβληθεί από τότε, με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρό ενδιαφέρον για τη μελέτη της. Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα οι επιστήμονες αντιλήφθηκαν ότι η ηλικία της Γης πρέπει να ξεπερνάει τα 4,5 δισεκατομμύρια έτη και ότι στη διάρκεια αυτή έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές. Όταν έγινε αντιληπτό ότι αυτή η συναρπαστική ιστορία έχει καταγραφεί στα πετρώματα του γήινου γλοιού, γεννήθηκε η επιστήμη της γεωλογίας.



Εικόνα 1 Πλανήτη Γη [Πηγή: www.neotera.gr]

Γιατί μελετάμε τη Γη; Οι μέχρι τώρα γνώσεις των γεωεπιστημόνων παίζουν ήδη σημαντικό ρόλο στη ζωή μας. Οι γεωλόγοι π.χ. εντοπίζουν πολύτιμα ορυκτά και ενεργειακά αποθέματα. Οι υδρογεωλόγοι εντοπίζουν υδάτινα αποθέματα και μας ενημερώνουν για κινδύνους από πλημμύρες, ενώ οι μετεωρολόγοι μας προειδοποιούν για πιθανούς τυφώνες ή καταιγίδες. Οι γεωεπιστήμονες μας κρατούν ενήμερους για τους πιθανούς κινδύνους που οι δραστηριότητές μας μπορεί να επιφέρουν στην καλή λειτουργία του πλανήτη, είτε με τις ρυπογόνες βιομηχανικές και αγροτικές εκμεταλλεύσεις είτε με τη σπάταλη χρήση των χρήσιμων και περιορισμένων αποθεμάτων. Γίνεται πλέον σαφές ότι η γνώση της Γης και των λειτουργιών της, δεν είναι απλά ενδιαφέρουσα αλλά και καθοριστική για την επιβίωσή μας. Χωρίς καλή γνώση του πλανήτη μας είναι δυνατόν να καταστρέψουμε κάθε μορφή ζωής πάνω του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ονομασία της Γης στην ελληνική γλώσσα προέρχεται από το όνομα της θεάς της ελληνικής μυθολογίας Γαίας. Η Γη (αρχαία ελληνικά: *Gaia*, λατινικά: *Terra*, αγγλικά: *Earth*) αποτελεί τον τρίτο πιο κοντινό πλανήτη στον Ήλιο, τον πιο πυκνό και τον πέμπτο μεγαλύτερο σε μάζα στο Ηλιακό Σύστημα, και ειδικότερα το μεγαλύτερο ανάμεσα στους γήινους πλανήτες, δηλαδή τους πλανήτες με στερεό φλοιό, και το μοναδικό γνωστό ουράνιο σώμα που φιλοξενεί ζωή.

Σύμφωνα με ενδείξεις μέσω ραδιομετρικής χρονολόγησης και άλλων πηγών, η Γη σχηματίστηκε περίπου πριν από περίπου 4,54 δισεκατομμύρια έτη. Αλληλοεπιδρά με τα άλλα αντικείμενα του χώρου μέσω βαρυτικών δυνάμεων, ιδιαίτερα με τον Ήλιο και τη Σελήνη, η οποία αποτελεί τον μοναδικό μόνιμο φυσικό δορυφόρο της. Η αλληλεπίδραση της Γης με το βαρυτικό

πεδίο της Σελήνης δημιουργεί την παλίρροια των ωκεανών, σταθεροποιεί την κατεύθυνση του άξονα περιστροφής της Γης και σταδιακά μειώνει τον ρυθμό περιστροφής του πλανήτη μας. Κατά την διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής γύρω από τον Ήλιο, η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της περίπου 366,26 φορές, δημιουργώντας 365,26 ηλιακές ημέρες ή ένα αστρικό έτος. Ο άξονας περιστροφής της Γης έχει κλίση 23,4° με τον κάθετο στο επίπεδο τροχιάς της άξονα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εποχικές διαφορές στην



Εικόνα 1.1.1 Πλανήτη Γη [Πηγή: [www.http://gym-n-souliou.ser.sch.gr](http://gym-n-souliou.ser.sch.gr)]

επιφάνεια της Γης με περίοδο ενός τροπικού έτους (365,24 ηλιακές μέρες).

Η λιθόσφαιρα της Γης διαιρείται σε αρκετές άκαμπτες τεκτονικές πλάκες που μετακινούνται πάνω στην επιφάνεια του πλανήτη, σε περιόδους που διαρκούν πολλά εκατομμύρια έτη. Το 71% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από νερό, με το υπόλοιπο να αποτελείται από διάφορες μορφές εδάφους όπως βουνά, έρημους και πεδιάδες. Το θαλάσσιο σώμα της Γης μαζί με το νερό των λιμνών και των ποταμών στις ηπείρους και το νερό της ατμόσφαιράς της αποτελεί την υδρόσφαιρά της. Οι πολικές περιοχές της Γης καλύπτονται κατά κόρον με πάγο, συμπεριλαμβανομένου του στρώματος πάγου της Ανταρκτικής και του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής. Η τροπική ζώνη γύρω από τον ισημερινό χαρακτηρίζεται από

έντονες βροχοπτώσεις και πυκνή βλάστηση, ενώ στους παράλληλους κύκλους του τροπικού του Καρκίνου και του Αιγόκερω υπάρχουν αχανείς περιοχές ξηρών και άνυδρων περιοχών. Το εσωτερικό της Γης παραμένει ενεργό με έναν στερεό εσωτερικό πυρήνα μετάλλου, έναν εξωτερικό πυρήνα σε υγρή κατάσταση που παράγει το μαγνητικό πεδίο της και τον μανδύα της που μετακινεί, σε περιόδους πολλών εκατομμυρίων χρόνων, τις τεκτονικές πλάκες της λιθόσφαιρας. Κατά την διάρκεια των πρώτων δισεκατομμυρίων ετών από την δημιουργία της, στους ωκεανούς της Γης εμφανίστηκε ζωή, η οποία άρχισε να επηρεάζει και να μεταβάλλει την ατμόσφαιρα και την επιφάνειά της, ενισχύοντας τον γρήγορο πολλαπλασιασμό τόσο αερόβιων, όσο και αναερόβιων οργανισμών. Από εκείνη την περίοδο μέχρι σήμερα, ο συνδυασμός της απόστασής της από τον Ήλιο, των φυσικών ιδιοτήτων της και της γεωλογικής της ιστορίας, επέτρεψε στη ζωή να ακμάσει και να εξελιχθεί. Χωρίς μεγάλη αμφισβήτηση, οι πρώτοι έμβιοι οργανισμοί εμφανίστηκαν στην Γη τουλάχιστον 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν.



Εικόνα 1.1.2 Παγκόσμιος Χάρτης [Πηγή: www.mapshop.gr]

Φυσικές ενδείξεις για προγενέστερη ζωή συμπεριλαμβάνουν γραφίτη, μια ουσία παραγόμενη από ζωή, που βρέθηκε σε ιζηματογενή πετρώματα στην νοτιοδυτική Γροιλανδία, καθώς και «υπολείμματα βιοτικών υλικών» που βρέθηκαν σε βράχους ηλικίας 4,1 δισεκατομμυρίων ετών στην Δυτική Αυστραλία. Η βιοποικιλότητα της Γης αυξάνεται με συνεχή ρυθμό εκτός όταν διακόπτεται από μαζικές αφανίσεις. Παρόλο που οι ακαδημαϊκοί υπολογίζουν ότι περισσότερα από το 99% των ειδών ζωής (πάνω από 5 δισεκατομμύρια) που έχουν υπάρξει στην Γη έχουν εξαφανιστεί, υπάρχουν ακόμα περίπου 10–14 εκατομμύρια σωζόμενα είδη, εκ των οποίων περί τα 1,2 εκατομμύρια έχουν μελετηθεί από τον άνθρωπο, ενώ πάνω από το 86% δεν έχουν καν περιγραφεί. Στη Γη ζουν επίσης πάνω από 7,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι, οι οποίοι εξαρτώνται από τη βιόσφαιρα και τα ορυκτά της για την επιβίωσή τους. Ο ανθρώπινος πληθυσμός της Γης διαιρείται σε πλήθος κρατών που αλληλεπιδρούν μέσω διπλωματίας, διαμαχών, εμπορίου, μέσω επικοινωνίας και μετακινήσεων. Ο αστρονομικός συμβολισμός της γης αποτελείται από έναν περικυκλωμένο σταυρό, αναπαριστώντας έναν μεσημβρινό και έναν παράλληλο· μία παραλλαγή, τοποθετεί τον σταυρό πάνω από τον κύκλο (Unicode: ⊕ ή ⊛).

1.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Χαρακτηριστικά τροχιάς

➤ Αφήλιο	152.098.232 χλμ.
➤ Περιήλιο	147.098.290 χλμ.
➤ Ημιάξονας τροχιάς	149.598.261 χλμ.
➤ Περιφέρεια τροχιάς	0,940 Tm
➤ Εκκεντρότητα	0,01671123
➤ Περίοδος περιφοράς	365,256363004 ημέρες
➤ Μέγιστη τροχιακή ταχύτητα	109.044 χλμ./ώρα
➤ Μέση τροχιακή ταχύτητα	107.280 χλμ./ώρα
➤ Ελάχιστη τροχιακή ταχύτητα	105.444 χλμ./ώρα
➤ Κλίση τροχιάς	7,155°(ως προς τον Ηλιακό ισημερινό)
➤ Δορυφόροι	1 φυσικός(Σελήνη) + 8.300+τεχνητοί

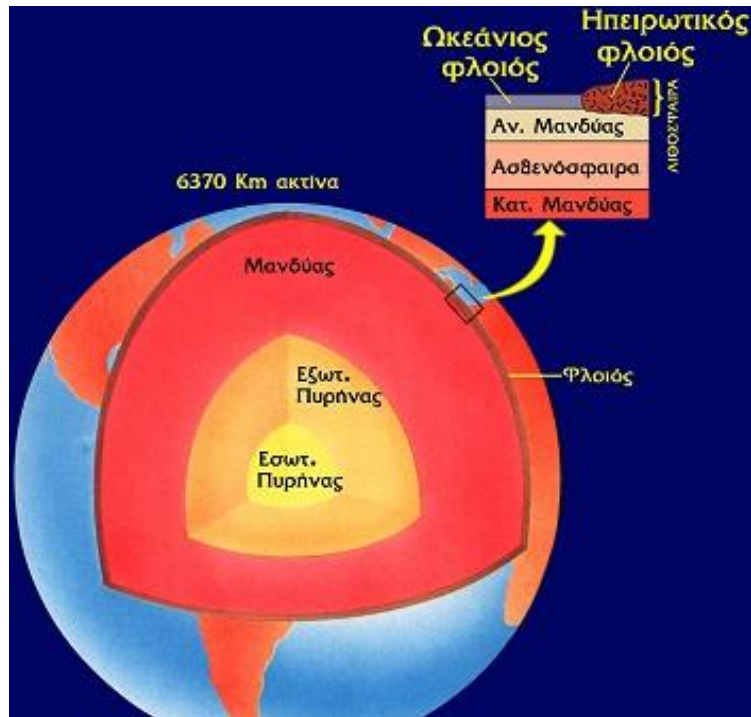
Φυσικά χαρακτηριστικά

➤ Μέση ακτίνα	6.371,0 χλμ.
➤ Ακτίνα ισημερινού	6.378,1 χλμ.
➤ Ακτίνα γεωγραφικού πόλου	6.356,8 χλμ.
➤ Πλάτυνση	0.003352861
➤ Περιφέρεια ισημερινού	40.075,017 χλμ.
➤ Πολική περιφέρεια	39.940,638 χλμ.
➤ Εμβαδόν επιφάνειας	510.072.000 χλμ ² 148.940.000 χλμ ² Ξηρά (29.2%) 361.132.000 χλμ ² Θάλασσα (70.8%)
➤ Όγκος	1,08321*10 ¹² χλμ.
➤ Μάζα	5,9736*10 ²⁴ χλγρ
➤ Μέση πυκνότητα	5,515 γρμ/εκ ³
➤ Βαρύτητα επιφάνειας	9,780327 μ/δευτ ²
➤ Ταχύτητα διαφυγής	11,186 χλμ./δευτ ²
➤ Αστρονομική περίοδος περιστροφής	0,99726968 ημέρες 23ώρες 56λεπτά 4.1δευτ
➤ Ταχύτητα περιστροφής	1.674,4 χλμ./ώρα
➤ Κλίση άξονα	23,439247°
➤ Θερμοκρασία επιφάνειας	-89,2°C - +57,8°C

1.3 ΔΟΜΗ

Η σύσταση του γήινου φλοιού είναι γνωστή μέχρι βάθος 8km. Για τα μεγαλύτερα βάθη, η μελέτη της σύστασης βασίζεται σε γεωφυσικά δεδομένα π.χ. την ταχύτητα διάδοσης των σεισμικών κυμάτων. Ατμόσφαιρα είναι η αεριώδης μάζα που περιβάλλει την Γη και μετέχει σε όλες τις κινήσεις της. Το εσωτερικό της Γης είναι διαχωρισμένο σε ένα πυριτικό εξωτερικό φλοιό, ο οποίος είναι συμπαγής, έναν ημίρρευστο μανδύα, έναν ρευστό εξωτερικό πυρήνα ο οποίος είναι αρκετά πιο ιξώδης από τον μανδύα, καθώς και έναν στερεό εσωτερικό πυρήνα. Ο ρευστός εξωτερικός πυρήνας δημιουργεί ένα ασθενές μαγνητικό

πεδίο λόγω της θερμικής μεταφοράς του ηλεκτρικά αγώγιμου υλικού του. Οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό της Γης φθάνουν ως τους 5.650 ± 600 βαθμούς Κ ($5.376.85^\circ \text{C} \pm 326.85^\circ \text{C}$). Η εσωτερική θέρμανση του πλανήτη είχε ως έναρξη την διαδικασία της συσσωμάτωσής του, έπειτα συνεχίστηκε μέσω της διάσπασης των ραδιενεργών στοιχείων όπως του ουρανίου, θορίου και κάλιου. Η ροή θερμότητας από το εσωτερικό του πλανήτη



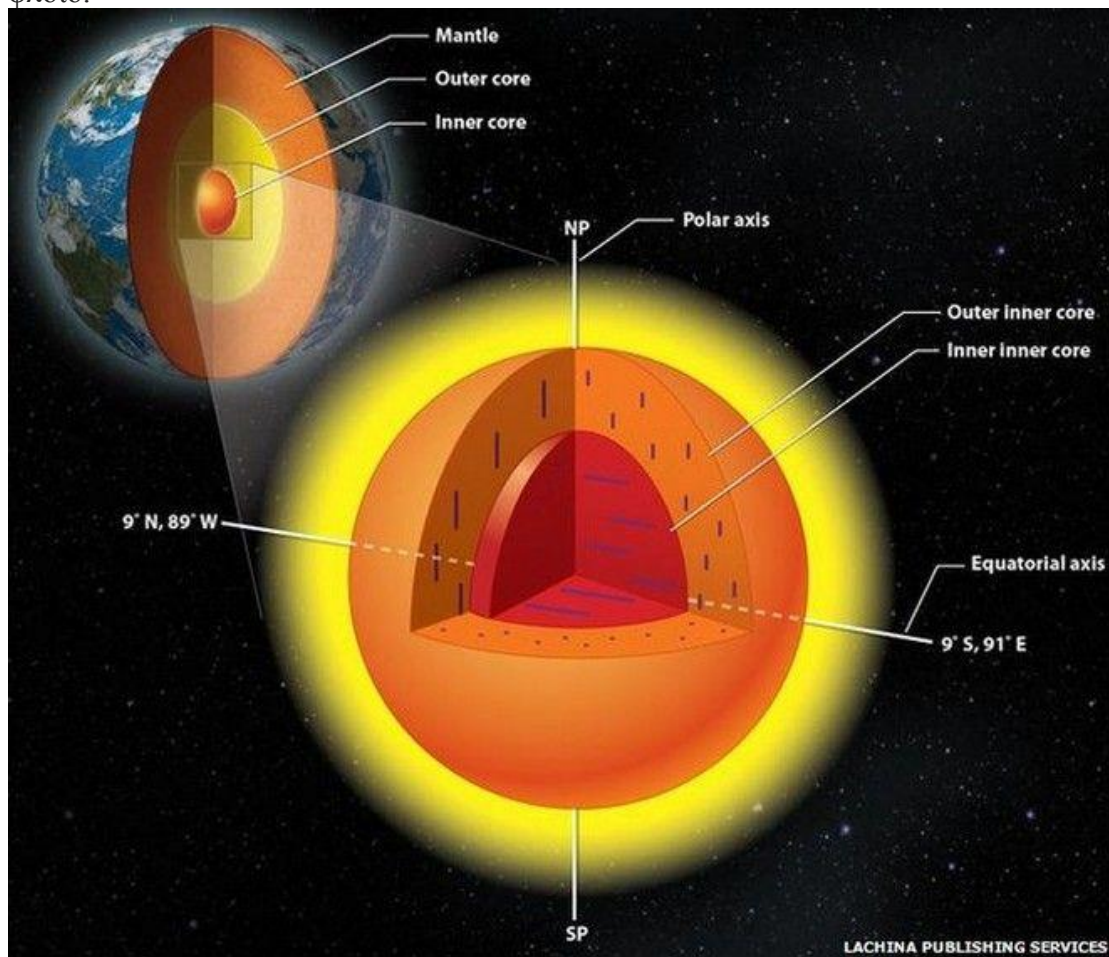
Εικόνα 1.3.1 Δομή της Γης [Πηγή: www.oasp.gr]

προς την επιφάνεια είναι μόνο το 1/20.000 (0,005%) της ενέργειας που λαμβάνεται από τον Ήλιο. Παρόλ' αυτά, αυτή η εσωτερική θερμότητα είναι αρκετή ώστε να λιώσει το υλικό το οποίο αναβλύζει συνεχώς στην επιφάνεια της Γης από το εσωτερικό, με την βοήθεια των ηφαιστειών και των ρωγμών στις μέσο ωκεάνιες ράχες με τη μορφή μάγματος. Το μεγαλύτερο μέρος του γήινου φλοιού δεν είναι γηραιότερο από 100 εκατομμύρια ($1 \cdot 10^8$) έτη· τα αρχαιότερα τμήματα του φλοιού είναι περί τα 4,4 δισεκατομμύρια ($4,4 \cdot 10^9$) έτη. Η δομή του πλανήτη στο εσωτερικό κατά βάθος είναι:

- 0–60 km - Λιθόσφαιρα (τοπικά κυμαίνεται από 5 έως 200 km)
- 0-30/35 km - Φλοιός (τοπικά κυμαίνεται από 5 έως 70 km)
- 35–60 km - Άνω τμήμα του μανδύα
- 35-2.890 km - Μανδύας
- 100–700 km – Ασθενόσφαιρα
- 2.890-5.100 km - Εξωτερικός πυρήνας
- 5.100-6.378 km - Εσωτερικός πυρήνας

1.4 ΠΥΡΗΝΑΣ

Η μέση πυκνότητα της Γης είναι 5.515 kg/m^3 , κατατάσσοντάς την ως τον πυκνότερο πλανήτη του ηλιακού συστήματος. Αφού η μέση πυκνότητα των επιφανειακών υλικών είναι περί τα 3.000 kg/m^3 , συμπεραίνεται πως η πυκνότητα πρέπει να είναι ιδιαίτερα αυξημένη στον πυρήνα. Στα πρώτα στάδια της δημιουργίας του πλανήτη, πριν 4,5 δισεκατομμύρια ($4,5 \cdot 10^9$) χρόνια, η Γη ήταν ολοσχερώς σε ρευστή κατάσταση, λόγω δε της βαρύτητας, πυκνότερα υλικά έρρευσαν προς το κέντρο κατά τη διάρκεια μίας διαδικασίας που καλείται πλανητική διαφοροποίηση, ενώ τα λιγότερο πυκνά υλικά έμειναν στην επιφάνεια. Ως αποτέλεσμα, ο πυρήνας αποτελείται κυρίως από σίδηρο (80%) καθώς και νικέλιο και πυρίτιο· ωστόσο άλλα πυκνά (πυκνότερα μάλιστα) υλικά όπως το ουράνιο και ο μόλυβδος, είναι είτε σπάνια για να αποτελούν σημαντικό ποσοστό του πυρήνα, είτε έχουν την ιδιότητα να προσκολλώνται σε ελαφρύτερα υλικά και γι' αυτό απαντώνται κυρίως στον φλοιό.



Εικόνα 1.4.1 Πυρήνας της Γης [Πηγή: www.econews.gr]

Ο πυρήνας χωρίζεται σε δύο μέρη, έναν στερεό εσωτερικό πυρήνα με μία ακτίνα γύρω στα 1.250 χλμ. και έναν ρευστό εξωτερικό πυρήνα με μία ακτίνα γύρω στα 3.500 χλμ. Ο εσωτερικός πυρήνας πιστεύεται πως είναι στερεός και πως αποτελείται κυρίως από σίδηρο και νικέλιο. Ορισμένοι συμφωνούν πως ο εσωτερικός πυρήνας είναι στη μορφή του μόνοκρυσταλλικού σιδήρου. Ο εξωτερικός πυρήνας που περιβάλλει τον εσωτερικό εκτιμάται πως αποτελείται από ρευστό σίδηρο

αναμειγμένο με ρευστό νικέλιο και ίχνη ελαφρύτερων στοιχείων. Είναι γενικά παραδεκτό πως η θερμική μεταφορά στον εξωτερικό πυρήνα σε συνδυασμό με την διέγερση από την περιστροφή της Γης, προκαλεί το γήινο μαγνητικό πεδίο μέσω μίας διεργασίας γνωστή ως Θεωρία του Δυναμό. Ο στερεός εσωτερικός πυρήνας είναι αρκετά θερμός ώστε να διατηρεί ένα μόνιμο μαγνητικό πεδίο, πιθανό είναι όμως να δρα ως σταθεροποιητής προς το μαγνητικό πεδίο που γεννάται από τον εξωτερικό πυρήνα.

Κατά μία άλλη θεωρία, ο γήινος πυρήνας αποτελείται από υδρογόνο και ήλιο, τα οποία βρίσκονται στην ίδια κατάσταση με αυτήν του Ηλίου. Στον πυρήνα συμβαίνουν παρόμοιες πυρηνικές αντιδράσεις, όπως στον Ήλιο, γι' αυτό και παραμένει σε ρευστή κατάσταση, χωρίς να έχει ψυχθεί.

Σύμφωνα με πρόσφατες ενδείξεις εικάζεται πως ο εσωτερικός πυρήνας της Γης, ίσως περιστρέφεται ελαφρώς ταχύτερα από τον υπόλοιπο πλανήτη, πιθανώς κατά 2° ανά έτος.

Είναι εμφανές ότι και οι δύο πιο πάνω θεωρίες προσπαθούν να εξηγήσουν τα φαινόμενα που παρατηρούνται στην γήινη επιφάνεια, ωστόσο παραμένουν στο επίπεδο της θεωρίας, χωρίς να έχει υπάρξει απτή απόδειξη για καμία από αυτές.

1.5 ΜΑΝΔΥΑΣ

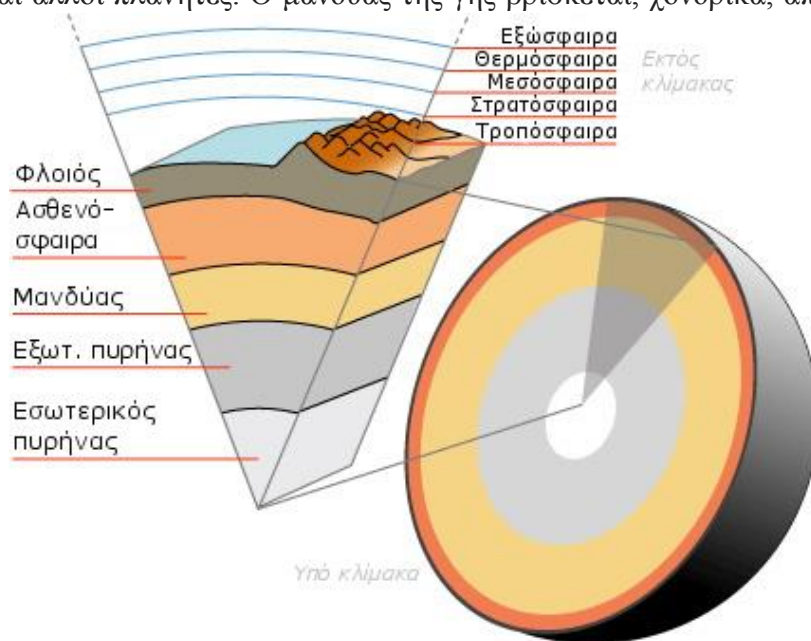
Ο γήινος Μανδύας (Mantle) είναι ένα παχύ και ημίρρεστο στρώμα που βρίσκεται μεταξύ του γήινου εξωτερικού πυρήνα (OuterCore) και του φλοιού (Crust). Μανδύα διαθέτουν και άλλοι πλανήτες. Ο μανδύας της γης βρίσκεται, χονδρικά, από το βάθος των 30 χλμ μέχρι τα 2.900 χλμ κάτω από την επιφάνεια της γης και καταλαμβάνει το 70% του όγκου της. Ο γήινος μανδύας διακρίνεται στον κυρίως μανδύα και στον ανώτερο μανδύα (UpperMantle).

Το όριο μεταξύ φλοιού και μανδύα ονομάζεται Ασυνέχεια Μοχορόβιτς.

Η

σεισμική ασυνέχεια

α του Μοχορόβιτς είναι το όριο, πέρα από το οποίο παρατηρείται ξαφνική αλλαγή της ταχύτητας των σεισμικών κυμάτων, που ανιχνεύεται από την επιφάνεια της γης με ειδικά όργανα. Η σύγχρονη έρευνα θεωρεί ότι η κίνηση του φλοιού (των τεκτονικών πλακών) είναι απόηχος βαθύτερων κινήσεων που γίνονται στον



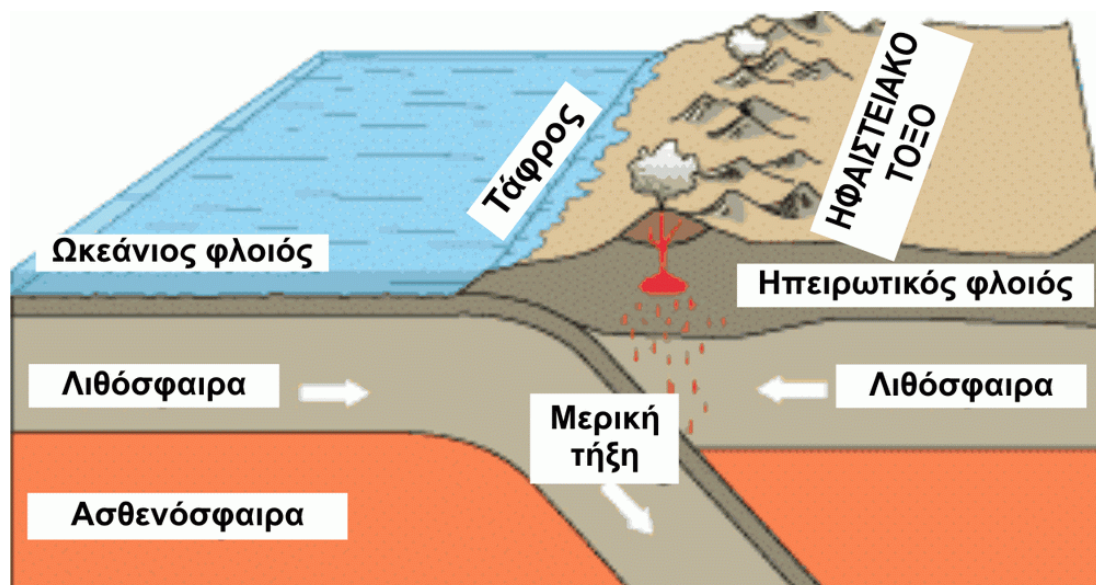
Εικόνα 1.5.1 Μανδύας της Γης [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

μανδύα. Ο ανώτερος μανδύας (UpperMantle) περιέχει σχετικά ψυχρά, άρα σκληρά, υλικά και μαζί με το φλοιό αποτελούν τη Λιθόσφαιρα. Ο μανδύας διαφέρει σημαντικά στη χημική του σύνθεση και στα μηχανικά χαρακτηριστικά από τον φλοιό. Η θερμοκρασία του μανδύα κυμαίνεται, από την ανώτερη προς την κατώτερη ζώνη, από 100 βαθμούς Κελσίου μέχρι 4000 βαθμούς. Παρότι οι θερμοκρασίες αυτές υπερβαίνουν το σημείο τήξεως των πετρωμάτων του μανδύα, τα τελευταία παραμένουν στερεά εξαιτίας της *Λιθοστατικής πίεσης* που ασκείται στον μανδύα. Η ζώνη του μανδύα, που αρχίζει από το βάθος των 100 χλμ. και φτάνει μέχρι τα 700 χλμ. λέγεται Ασθενόσφαιρα.

Λόγω της μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας, που υπάρχει μεταξύ εξωτερικού πυρήνα και φλοιού, παρατηρείται μια μεταδοτική κίνηση υλικών στον μανδύα. Θερμά υλικά ανεβαίνουν από τη ζώνη κοντά στον πυρήνα ενώ ψυχρά υλικά (βαρύτερα) βυθίζονται. Κοντά στη λιθόσφαιρα, τα υλικά που ανεβαίνουν, λόγω της ελάττωσης της πίεσης που δέχονται, μπορεί να λιώσουν μερικώς και να οδηγήσουν σε ηφαιστειακή δράση.

1.6 ΦΛΟΙΟΣ

Το πάνω-πάνω τμήμα του φλοιού της Γης αποτελείται γενικά από ιζηματογενή πετρώματα (που σχηματίζονται μέσα στις θάλασσες και ωκεανούς). Ο φλοιός κυμαίνεται μεταξύ 5 και 70 km σε βάθος. Τα λεπτά τμήματα του φλοιού είναι κάτω από τους ωκεανούς (ωκεάνιος φλοιός) και αποτελούνται από πυκνά πετρώματα μαγνησίου, σιδήρου και πυριτίου. Τα παχύτερα τμήματα του φλοιού είναι τα



Εικόνα 1.6.1 Φλοιός της Γης [Πηγή: www.geo.auth.gr]

ηπειρωτικά, τα οποία είναι λιγότερο πυκνά από τα ωκεάνια και αποτελούνται από πετρώματα πλούσια σε νάτριο, αλουμίνιο και πυρίτιο. Το όριο μεταξύ του φλοιού και του μανδύα παρουσιάζεται σε δύο διαφορετικές φάσεις: Αρχικά, μέσω μίας ασυνέχειας στην ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων γνωστή ως ασυνέχεια του Mohorovicic ή απλά Moho. Η αιτία του Moho φαίνεται να οφείλεται στην αλλαγή της σύστασης των πετρωμάτων. Η δεύτερη φάση είναι μία χημική ασυνέχεια η οποία έχει παρατηρηθεί σε βαθιά τμήματα του ωκεάνιου φλοιού τα οποία έχουν εισχωρήσει στον ηπειρωτικό φλοιό και παρατηρούνται ως οφιολιθικές ακολουθίες.

Ο φλοιός της Γης είναι πλούσιος σε φυσικούς πόρους. Περιέχει μεγάλες ποσότητες καυσίμων (κοιτάσματα): Άνθρακα, Πετρέλαιο, Φυσικό Αέριο, Μεθάνιο. Αυτά τα κοιτάσματα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας καθώς και για τη δημιουργία συνθετικών υλικών. Κατά τις τεκτονικές διαδικασίες στο γήινο φλοιό, σχηματίστηκαν μεταλλευτικά κοιτάσματα. Τα κοιτάσματα αυτά μας παρέχουν μέταλλα καθώς και άλλα χρήσιμα χημικά στοιχεία (όπως το ορυκτό αλάτι). Σε αυτά μπορεί να συνυπολογιστεί και η βιομάζα η οποία παρέχει ξυλεία και τροφή.

Για κάποιους από τους παραπάνω πόρους, όπως τα καύσιμα, η διαδικασία αποδέσμευσής τους σε μικρή χρονική κλίμακα είναι δύσκολη, ονομάζονται δε μη ανανεώσιμοι πόροι. Η χρήση των μη ανανεώσιμων πόρων εν γένει (όπως οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) αποτελεί ένα από τα μείζονα περιβαλλοντικά θέματα στο οποίο αναφέρονται όλες οι οικολογικές οργανώσεις.

1.7 ΣΥΣΤΑΣΗ

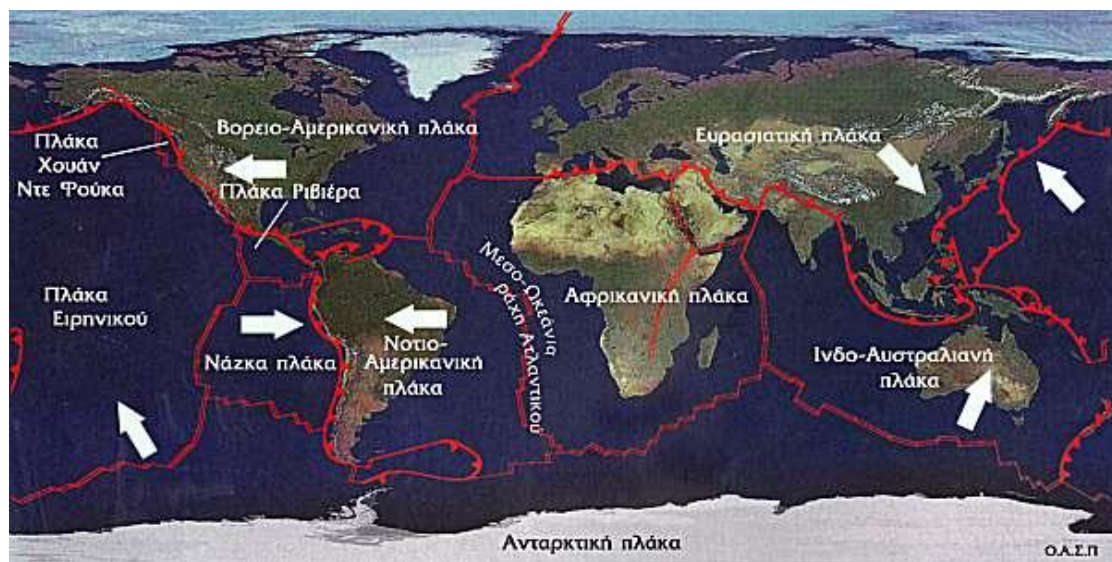
Το εσωτερικό της Γης είναι διαχωρισμένο σε ένα πυριτικό εξωτερικό φλοιό, ο οποίος είναι συμπαγής, έναν ημίρρεστο μανδύα, έναν ρευστό εξωτερικό πυρήνα ο οποίος είναι αρκετά πιο ιξώδης από τον μανδύα, καθώς και ένα στερεό εσωτερικό πυρήνα. Ο ρευστός εξωτερικός πυρήνας δημιουργεί ένα ασθενές μαγνητικό πεδίο λόγω της θερμικής μεταφοράς του ηλεκτρικά αγώγιμου υλικού του. Νέο υλικό αναβλύζει συνεχώς στην επιφάνεια της Γης από το εσωτερικό, με τη βοήθεια των ηφαιστείων και των ρωγμών στις μεσοωκεάνειες ράχες. Το μεγαλύτερο μέρος του γήινου φλοιού δεν είναι γηραιότερο από 100 εκατομμύρια ($1 \cdot 10^8$) έτη· τα αρχαιότερα τμήματα του φλοιού είναι περί τα 4,4 δισεκατομμύρια ($4,4 \cdot 10^9$) έτη.

Συνολικά, η σύσταση της Γης κατά μάζα είναι:

1. 33,1% Σίδηρος
2. 27,2% Οξυγόνο
3. 17,2% Πυρίτιο
4. 15,9% Μαγνήσιο
5. 1,6% Νικέλιο
6. 1,6% Ασβέστιο
7. 1,5% Αργίλιο
8. 0,7% Θείο
9. 0,25% Νάτριο
10. 0,071% Τιτάνιο
11. 0,019% Κάλιο
12. 0,86% Άλλα στοιχεία

1.8 ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ

Οι τεκτονικές πλάκες είναι τα κομμάτια από τα οποία απαρτίζεται ο στερεός φλοιός κάποιου ουράνιου σώματος, όταν αυτός δεν είναι ενιαίος. Τεκτονικές πλάκες έχουμε στη Γη και στον Άρη. Η λιθόσφαιρα της Γης χωρίζεται σε μικρό αριθμό τεκτονικών πλακών που βρίσκονται σε επαφή και κινούνται «επιπλέοντας» πάνω στο μανδύα της. Αυτές, σύμφωνα με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, βρίσκονται σε αέναη κίνηση στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, ένδειξη του ζωντανού χαρακτήρα του πλανήτη. Το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής δραστηριότητας της Γης συμβαίνει κοντά στα όρια αυτών των πλακών. Η εξωτερική λιθόσφαιρα συντίθεται από δώδεκα περίπου μεγάλες πλάκες και αρκετές μικρότερες. Εντός της οριοθέτησης της κάθε πλάκας, τα πετρώματα του γήινου φλοιού κινούνται ως ενιαίο άκαμπτο σώμα με μικρή κάμψη και λίγες ηφαιστειακές ή σεισμικές εκδηλώσεις. Τα όρια των πλακών καθορίζονται από στενές ζώνες, πάνω στις οποίες εκδηλώνεται το 80% της ηφαιστειακής και σεισμικής δραστηριότητας.



Εικόνα 1.8.1 Κίνηση τεκτονικών πλακών [Πηγή: www.oasp.gr]

Τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών διακρίνονται με βάση την κίνησή τους ανά περιοχές σε:

- α. συγκλίνοντα, όταν οι γειτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες πλησιάζουν η μία την άλλη (οπότε και καταστρέφεται φλοιός) γιατί η μία πλάκα βυθίζεται κάτω από την άλλη,
- β. αποκλίνοντα, όταν οι γειτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες απομακρύνονται η μία από την άλλη (οπότε και παράγεται φλοιός) γιατί από το κενό ανάμεσα στις δύο πλάκες βγαίνει υλικό και ψύχεται δίνοντας έτσι νέο φλοιό και
- γ. πλευρικός ολισθαίνοντα, όταν υπάρχει πλευρική κίνηση μεταξύ των λιθοσφαιρικών πλακών χωρίς παραγωγή ή καταστροφή φλοιού.

Για κάθε περίπτωση από τις παραπάνω, υπάρχουν σήμερα ζώνες που λειτουργούν ως ακτουαλιστικά πρότυπα, ζώνες δηλαδή στις οποίες συμβαίνουν σε κάποιο από τα στάδιά τους, γεωτεκτονικές διεργασίες σύγκλισης, απόκλισης ή πλευρικής ολισθήσεως αντίστοιχα.

Ενδεικτικά:

Σύγκλιση, καταστροφή φλοιού και δημιουργία ανάγλυφου (ορογένεση) συμβαίνει μεταξύ Ευρασιατικής και Αφρικανικής πλάκας, Ιαπωνικής και πλάκας του Ειρηνικού

Απόκλιση, δημιουργία φλοιού και άνοιγμα ωκεανού συμβαίνει στον

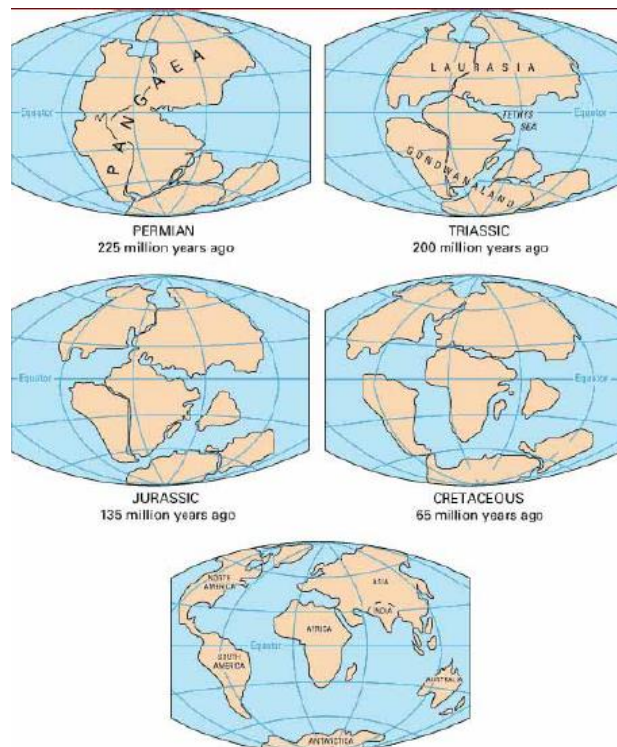


Εικόνα 1.8.2 Η θεωρία των τεκτονικών πλακών [Πηγή: www.physics4u.wordpress.com]

Ατλαντικό ωκεανό κατά μήκος ενός νοητού εγκάρσιου άξονα (μεσωκεάνια ράχη), μέρος της οποίας αποτελεί και η Ισλανδία όπου εκεί έχει αναδυθεί από την θάλασσα

Πλευρική ολίσθηση συμβαίνει μεταξύ των πλακών του Ειρηνικού και της Β. Αμερικής, κατά μήκος του ρήγματος του Αγ. Ανδρέα (Los Angeles)

Αν και η πλευρική έκταση των τεκτονικών πλακών σήμερα είναι καλά καθορισμένη, αυτό που θεωρείται αβέβαιο είναι το πάχος τους. Ωστόσο, σύμφωνα με υπολογισμούς που έχουν γίνει, η πλάκα σπάνια υπερβαίνει τα 145 χλμ. βάθους. Κάθε πλάκα συντίθεται από μια συμπαγή μάζα πετρωμάτων. Η ζώνη των πετρωμάτων αυτών ονομάζεται



Εικόνα 1.8.3 Η γεολογία της Γης [Πηγή: <http://geologikathemata.blogspot.gr>]

λιθόσφαιρα, για να διακρίνεται από τη βαθύτερη ασθενόσφαιρα, στην οποία τα πετρώματα βρίσκονται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και έτσι υφίστανται πλαστική παραμόρφωση, όταν υπόκεινται σε τεκτονικές πιέσεις. Οι κινήσεις του μανδύα προκύπτουν από την ανάγκη να μεταφερθεί στην επιφάνεια της Γης η θερμότητα που παράγεται εξαιτίας της ραδιενεργού εξασθένησης. Για αυτό άλλωστε, τα πρότυπα μεταγωγής της ενέργειας ποικίλλουν ανάλογα με το χρόνο. Αυτό φαίνεται ορισμένες φορές από τις αλλαγές στα όρια των πλακών. Για παράδειγμα, η εξασθένηση που σχημάτισε τις δυτικές οροσειρές της Βόρειας Αμερικής, σταμάτησε πριν από 10 εκατομμύρια χρόνια περίπου, αν και κάποια δραστηριότητα συνεχίζει να ενεργοποιεί ηφαίστεια και σεισμούς, στο όρος της Αγίας Ελένης, στην Ουάσιγκτον και την Αλάσκα.

1.9 ΤΑ ΑΚΡΟΤΑΤΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

1.9.1 ΕΒΕΡΕΣΤ

Το όρος Έβερεστ (ή *Τσομολάνγκμα* στα Θιβετιανά) είναι το ψηλότερο βουνό της οροσειράς των Ιμαλαΐων και η κορυφή του το ψηλότερο σημείο της Γης πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, σε υψόμετρο 8.848 μέτρων. Εάν μετρήσει κάποιος το ψηλότερο σημείο από το κέντρο της Γης και όχι από την επιφάνεια της θάλασσας, τότε το ηφαίστριο Τσιμποράσο (Chimborazo) στην χώρα του Ισημερινού με ύψος από την θάλασσα 6.268 μέτρα είναι κατά 2.168 μέτρα ψηλότερο από το Έβερεστ και αυτό γιατί η Γη δεν είναι τέλεια σφαίρα και τα σημεία κοντά στον ισημερινό είναι πιο μακριά από το κέντρο της Γης από τα σημεία της υπόλοιπης επιφάνειας. Παραδείγματος χάριν η απόσταση από το κέντρο της γης και οποιοδήποτε σημείου στον ισημερινό της Γης με την απόσταση από το κέντρο της Γης και οποιοδήποτε σημείου στον βόρειο ή νότιο πόλο, είναι περίπου 21,3 χιλιόμετρα μεγαλύτερη (21.300 μέτρα). Το Έβερεστ βρίσκεται μεταξύ Νεπάλ και Θιβέτ, σε γεωγραφικές συντεταγμένες 28° Β, 87° Α. Το ύψος του μεταβάλλεται κατά μερικά χιλιοστά κάθε έτος λόγω της διαδικασίας ορογένεσης που



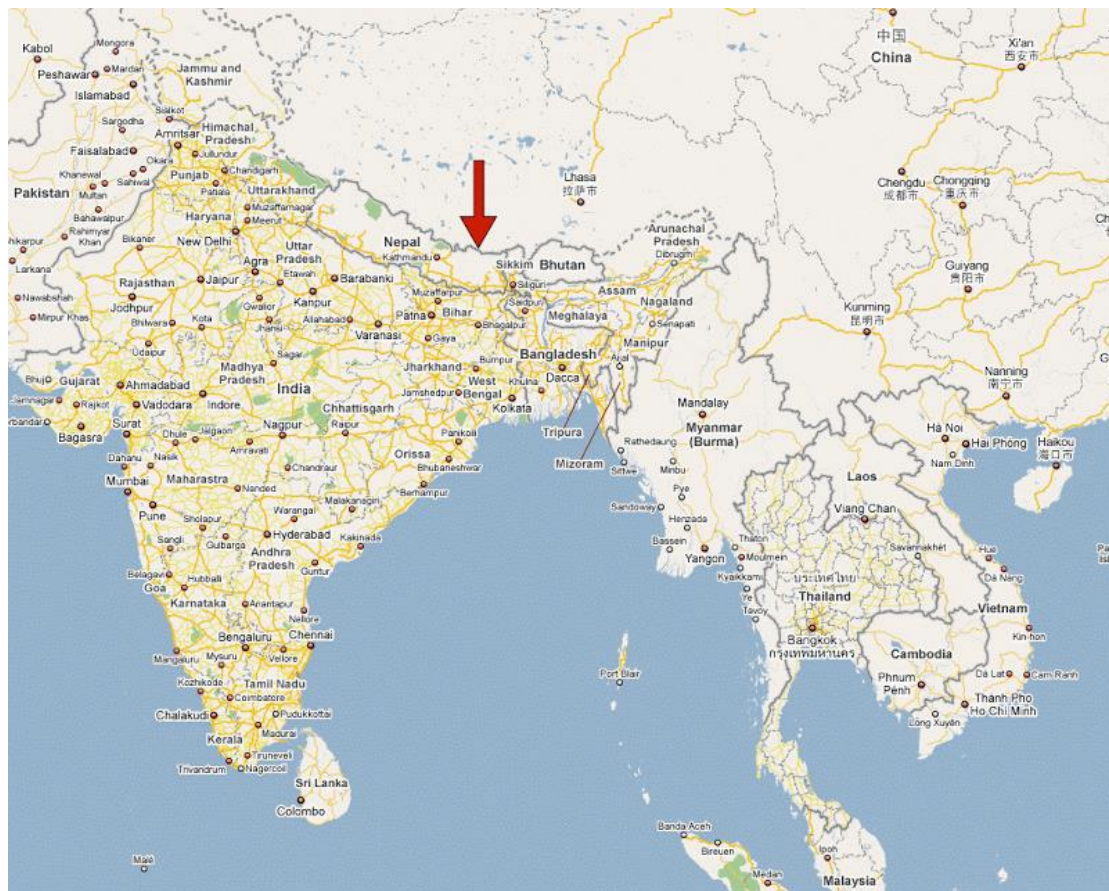
Εικόνα 1.9.1.1 Όρος Έβερεστ [Πηγή: www.georgakopoulos.org]

δημιούργησε τα Ιμαλία και συνεχίζεται και στην εποχή μας καθώς η Ινδική τεκτονική πλάκα συγκρούεται με αυτή της Ασίας.

Τα 8.850 μέτρα είναι στα δύο τρίτα περίπου του ύψους της τροπόσφαιρας. Σε αυτό το ύψος ο αέρας είναι αραιός και η έλλειψη οξυγόνου μεγάλη, οι δυνατοί άνεμοι και οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες εμποδίζουν την ανάπτυξη χλωρίδας ή πανίδας στις ανώτερες πλαγιές.

Το Έβερεστ ονομάστηκε έτσι προς τιμήν του Τζορτζ Έβερεστ, διευθυντή ενός τμήματος της Μεγάλης Τριγωνομετρικής Έρευνας της Ινδίας, που έλαβε χώρα όταν η Ινδία ήταν ακόμα βρετανική αποικία. Ένα απόγευμα του 1852 στο Ντέχρα Ντουν της αυτοκρατορικής Ινδίας, ο υπάλληλος-υπολογιστής (αυτή ήταν τότε η επίσημη ονομασία των υπαλλήλων που έκαναν υπολογισμούς) Χένεσι μπήκε στο γραφείο του προϊσταμένου του ανακράζοντας: «Κύριε, ανακάλυψα το ψηλότερο βουνό του κόσμου». Ο προϊστάμενός του, Άντριου Γουό, ενθουσιασμένος έδωσε το όνομα του διευθυντή-προκατόχου του στο ψηλότερο βουνό της Γης. Το τοπικό του όνομα είναι *Chomolungma* που σημαίνει «Θεά Μητέρα της Γης»

Πρώτοι που κατάφεραν να ανέβουν στην κορυφή ήταν ο Έντμουντ Χίλαρι (1919-2008) και ο Τένσινγκ Νοργκέι στις 29 Μαΐου του 1953. Μέχρι το τέλος της ορειβατικής σεζόν του 2010, το κατόρθωμά τους επαναλήφθηκε άλλες 5.104 φορές από περίπου 3.142 ανθρώπους, ενώ 219 ήταν οι ορειβάτες που πέθαναν προσπαθώντας να φτάσουν στην κορυφή. Η αυξανόμενη δημοτικότητα του Έβερεστ ως ανάβαση φαίνεται από το γεγονός ότι το 77% των επιτυχημένων αναβάσεων έγιναν από το 2000 και μετά. Μόνο το 2007 καταγράφηκαν 633 αναβάσεις.

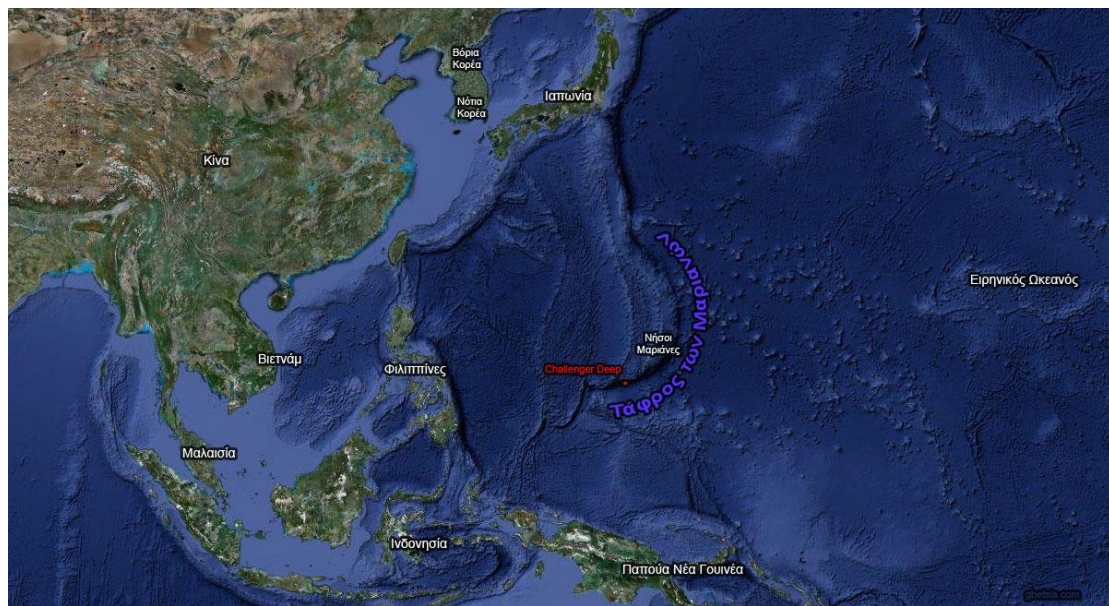


Εικόνα 1.9.1.2 Τοποθεσία του Έβερεστ [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

Στις 16 Μαΐου 1975 ανέβηκε στο Έβερεστ η πρώτη γυναίκα, η Γιαπωνέζα Γιούνκο Ταμπέι. Η Ταμπέι και ο σέρπα της, Ανγκ Τσερίνγκ Ι, ήταν το 38ο και 39ο άτομο που έφτασε ως την κορυφή.

1.9.2 Η ΤΑΦΡΟΣ ΤΩΝ ΜΑΡΙΑΝΩΝ

Η Τάφρος των Μαριανών είναι το βαθύτερο σημείο των ωκεανών του πλανήτη και το χαμηλότερο σημείο της επιφάνειας του φλοιού της Γης, καθώς φτάνει στα 10.971 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Βρίσκεται στον δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό στα ανατολικά των Μαριάνων νήσων (Mariana Islands).



Εικόνα 1.9.2.1 Η Τάφρος των Μαριανών [Πηγή: www.gbetsis.com]

Η τάφρος έχει 2.550 χιλιόμετρα μήκος και μέσο πλάτος μόλις 69 χιλιόμετρα φτάνοντας το μέγιστο βάθος στην άβυσσο του Τσάλεντζερ. Εάν το Έβερεστ, η υψηλότερη κορυφή της Γης σε ύψος 8.848 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, βρισκόταν στο βαθύτερο σημείο της τάφρου τότε θα ήταν 2.995 μέτρα κάτω από την επιφάνεια. Το βαθύτερο σημείο της τάφρου δεν είναι το κοντινότερο σημείο στο κέντρο της Γης, καθώς η Γη δεν είναι τέλεια σφαίρα, με αποτέλεσμα πολλά σημεία του πυθμένα του αρκτικού ωκεανού να βρίσκονται πιο κοντά στο κέντρο της Γης.

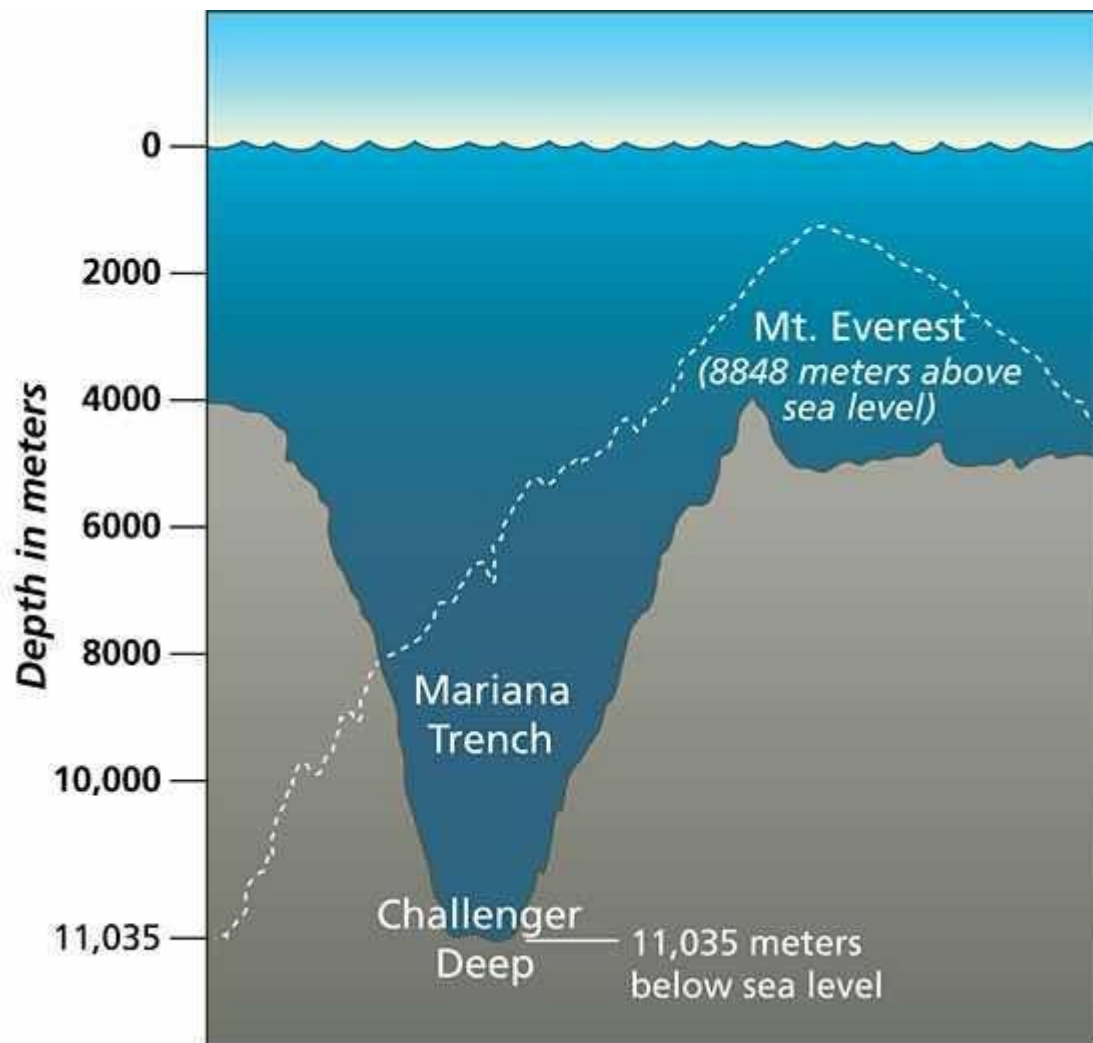
Στο κάτω μέρος της τάφρου, όπου οι πλάκες συναντιούνται, η στήλη του νερού από πάνω ασκεί μια πίεση 1.086 bar, πάνω από χίλιες φορές την κανονική ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας.

Η Τάφρος των Μαριανών έχει προταθεί σαν σημείο διαχείρισης πυρηνικών αποβλήτων όπου λόγω ειδικών γεωλογικών συνθηκών (βυθιζόμενες πλάκες) τα πυρηνικά απόβλητα θα εισχωρούσαν στον μανδύα της Γης. Παρ' ότι το εγχείρημα αυτό είναι τεχνολογικά εφικτό, διεθνείς συνθήκες διαχείρισης πυρηνικών αποβλήτων απαγορεύουν την εφαρμογή του.

Το φυσικό περιβάλλον της τάφρου των Μαριανών εθεωρείτο παλαιότερα ως ακατάλληλο για να αναπτυχθούν μορφές ζωής. Τελικώς όμως, η νέα έρευνα των Δανών, Γερμανών, Βρετανών και Ιαπώνων επιστημόνων, με επικεφαλής τον

καθηγητή Ρόνι Γκλοντ του πανεπιστημίου της Νότιας Δανίας, που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό γεωπιστημών "Nature Geoscience", σύμφωνα με το BBC και το "New Scientist", έρχεται να επιβεβαιώσει προηγούμενα στοιχεία ότι μια ποικιλία οργανισμών μπορούν να επιζήσουν στις ακραίες αυτές συνθήκες. Παγωμένη θερμοκρασία, πίεση 1.100 μεγαλύτερη από εκείνη στην επιφάνεια της θάλασσας και πλήρες σκοτάδι διαμορφώνουν το γύρω περιβάλλον

“Αυτά τα μικρόβια αναπνέουν όπως εμείς. Υπάρχει εντυπωσιακά μεγάλη ποσότητα τροφής εκεί κάτω και μάλιστα φρέσκια και πολύ θρεπτική”, ανέφερε ο Σκοτσέζος ερευνητής δρ Ρόμπερτ Τούρνεβιτς.



Εικόνα 1.9.2.2 Το βάθος της Τάφρου [Πηγή: www.eviaweather.gr]

Οι επιστήμονες έστειλαν, το 2010, ένα μη επανδρωμένο ρομποτικό βαθυσκάφος βάρους 600 κιλών στην τεράστια υποθαλάσσια τάφρο, από όπου συνέλλεξε δείγματα από το λασπωμένο ίζημα του βυθού σε βάθος έως 20 εκατοστών. Η μετέπειτα ανάλυση έδειξε μεγάλες ποσότητες οξυγόνου και ένα μεγάλο αριθμό μικροβίων. Κάθε κυβικό εκατοστό του ιζήματος του βυθού περιείχε γύρω στα 10 εκατ. μικρόβια.

Τα μικρόβια βρίσκουν στο βυθό της τάφρου των Μαριανών αφθονία νεκρής φυτικής και ζωικής ύλης, που καταβυθίζεται σιγά-σιγά από τα μικρότερα βάθη και αποσυντίθεται αργά όταν πια φθάσει στο βυθό και αρχίσει να μετατρέπεται σε ίζημα.

Το 2012, ο Αμερικανός σκηνοθέτης Τζέιμς Κάμερον είχε γίνει ο πρώτος άνθρωπος μετά από 50 χρόνια, που μόνος του, με ένα ειδικό βαθυσκάφος, είχε κατέβει για λίγη ώρα στο βυθό της τάφρου των Μαριανών, όπου όμως δεν είχε δει ιδιαίτερα ίχνη ζωής.

1.9.3 ΜΑΟΥΝΑ ΚΕΑ

Το Μάουνα Κέα είναι ένα ηφαίστειο στο νησί Χαβάη. Η ψηλότερη κορυφή του έχει ύψος 4.205 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και είναι το υψηλότερο σημείο στην αμερικανική πολιτεία Χαβάη.

Η Χαβάη (αγγλικά: Hawaii, χαβανέζικα: Hawai'i), είναι νησιωτικό σύμπλεγμα στον Ειρηνικό Ωκεανό και αποτελεί πολιτεία των ΗΠΑ. Προσαρτήθηκε σε αυτές το 1898 και πήρε το καθεστώς της 50ής κατά σειρά πολιτείας στις 21 Αυγούστου 1959. Πρωτεύουσά της πολιτείας είναι η Χονολουλού και βρίσκεται 3.700 km δυτικά των ηπειρωτικών Ηνωμένων Πολιτειών. Από το 1778 έως περί το 1898, η Χαβάη ήταν επίσης γνωστή με το όνομα Νήσοι Σάντουιτς. Κατά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο έγινε γνωστή εξαιτίας του Περλ Χάρμπορ, του λιμανιού στο οποίο σημειώθηκε η ιαπωνική επίθεση εναντίον των ΗΠΑ. Σταδιακά έγινε γνωστή για το χορό **χούλα χουπ** και γενικά ως τουριστικό θέρετρο. Η Χαβάη είναι τόπος καταγωγής του πρώτου Αφροαμερικανού προέδρου που εξελέγη στις ΗΠΑ, Μπαράκ Ομπάμα.

Ωστόσο, μεγάλο μέρος του βουνού είναι κάτω από το επίπεδο της θάλασσας. Όταν μετράται από το πυθμένα του ωκεανού, το Μάουνα Κέα ανέρχεται σε περισσότερα

από 10.200 μ, αρκετά ψηλότερο από το όρος Έβερεστ πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. (Το Έβερεστ εξέχει μόνο κατά μέσο όρο περίπου 4.150 μέτρα πάνω από τη δική του βάση). Το Μάουνα Κέα



Εικόνα 1.9.3.1 Μάουνα Κέα [Πηγή: www.malamamaounakea.org]

είναι περίπου δύο εκατομμυρίων ετών, και έτσι πέρασε την πιο ενεργό φάση της ζωής του εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια πριν. Στη σημερινή κατάσταση, η λάβα του είναι πιο παχύρρευστη, με αποτέλεσμα τη δημιουργία πιο απότομων πλαγιών. Η ύστερη ηφαιστειακή δραστηριότητα του έχει δώσει μια πολύ ομαλότερη εμφάνιση από τα γειτονικά ηφαίστεια. Παράγοντες που επηρέασαν επίσης αυτό το γεγονός είναι οι κώνοι ηφαιστειακής στάχτης, η αποκέντρωση των ζωνών τάφρου, οι παγετώνες στην κορυφή του, οι καιρικές συνθήκες και οι αληθείς άνεμοι. Η πιο πρόσφατη έκρηξη του

Μάουνα Κέα συνέβη πριν 4.500 χρόνια πριν. Σύμφωνα με το USGS, από τον Ιανουάριο του 2012, το επίπεδο ηφαιστειακού συναγερμού είναι «Φυσιολογικό». Στη μυθολογία της Χαβάης, οι κορυφές του νησιού της Χαβάης είναι ιερές, και το Μάουνα Κέα είναι ένα από τα πιο ιερά. Ένας αρχαίος νόμος επέτρεπε μόνο στους υψηλόβαθμους αρχηγούς των φυλών να επισκεφθούν τη κορυφή του. Οι αρχαίοι κάτοικοι της Χαβάης που ζουν στις πλαγιές του Μάουνα Κέα βασιζόνταν στα εκτεταμένα δάση του για τροφή, και εξόρυσσαν τους πυκνούς ηφαιστειοπαγετωνικούς βασάλτες στις πλαγιές του για την παραγωγή εργαλείων. Όταν οι Ευρωπαίοι έφτασαν στα τέλη του 18ου αιώνα, οι άποικοι εισήγαγαν τα βοοειδή, τα πρόβατα και τα άλλα είδη, πολλά από τα οποία έγιναν άγρια και άρχισαν να βλάπτουν την οικολογία του βουνού. Το Μάουνα Κέα μπορεί να χωριστεί από οικολογικής σκοπιάς σε τρία τμήματα: ένα αλπικό κλίμα στη κορυφή του, ένα δάσος από *Sophorachrysophylla-Myoporumsandwicense* (ή māmane-naio) στις πλαγιές του, και ένα δάσος Ακακία κόα-*Metrosiderospolymorpha* (ή Κόα-Όχια), το οποίο αποψιλώθηκε εν μέρει από τη πρώην βιομηχανία ζαχαροκαλάμων, στη βάση του. Τα τελευταία χρόνια, οι ανησυχίες για την ευπάθεια των ιθαγενών ειδών έχουν οδηγήσει σε δικαστικές υποθέσεις που έχουν αναγκάσει το τμήμα Κτηματολογίου και Φυσικών Πόρων της Χαβάης να εξαλείψει όλα τα άγρια είδη στο βουνό.



Εικόνα 1.9.3.2 Μορφολογία του Μάουνα Κέα [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

Με μεγάλο υψόμετρο, ξηρό περιβάλλον και σταθερή ροή του αέρα, η κορυφή του Μάουνα Κέα είναι μία από τις καλύτερες τοποθεσίες στον κόσμο για αστρονομικές παρατηρήσεις και ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα. Από τη δημιουργία ενός δρόμου πρόσβασης το 1964, δεκατρία τηλεσκόπια έχουν χρηματοδοτηθεί από έντεκα χώρες για να κατασκευαστούν στη κορυφή. Το Παρατηρητήριο του Μάουνα Κέα χρησιμοποιείται για την επιστημονική έρευνα σε όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, από το ορατό φως μέχρι τα ραδιοκύματα, και περιλαμβάνει μια από τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις του είδους του στον κόσμο. Η κατασκευή τους σε «ιερό τοπίο», γεμάτο με τα απειλούμενα είδη και τα συνεχιζόμενα πολιτιστικά έθιμα, εξακολουθεί να αποτελεί θέμα συζήτησης και διαμαρτυρίας. Μελέτες βρίσκονται σε εξέλιξη για να καθοριστούν οι επιπτώσεις στην οικολογία της κορυφής, ιδίως σχετικά με το σπάνιο έντομο *Wēkiu*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΕΞΕΛΙΞΗ

Ο εορτασμός μιας επετείου είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για να διατηρήσει κανείς ζωντανή την εικόνα ενός σημαντικού γεγονότος. Έτσι σίγουρα αξίζει να γιορτάσουμε τα 2.000 χρόνια από τη γέννηση του Χριστού, αφού αυτή η προσωπικότητα έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην ιστορία του πλανήτη μας. Αν όμως γιορτάζουμε την επέτειο της γέννησης του σωτήρα του κόσμου, δεν θα έπρεπε, πολύ περισσότερο, να γιορτάσουμε κάποτε και την επέτειο της γέννησης του ίδιου του κόσμου;

Το ερώτημα αυτό δεν έχει μόνο φιλοσοφικό χαρακτήρα, όπως θα δούμε στη συνέχεια. Η απάντηση που θα πάρει κάποιος στην ερώτηση «πότε και πώς γεννήθηκε ο κόσμος» εξαρτάται από την εποχή όπου γίνεται η ερώτηση. Κατά την ιστορική διαδρομή αυτού που σήμερα ονομάζουμε «δυτικό πολιτισμό» η απάντηση άλλαξε αρκετές φορές, κυρίως επειδή οι άνθρωποι κάθε εποχής είχαν διαφορετική αντίληψη για το τι είναι (και από τι αποτελείται) ο κόσμος. Θα μπορούσε λοιπόν να πει κανείς συνοπτικά ότι οι ιδέες μας για το Σύμπαν είναι θέμα εποχής. Έτσι από την εποχή των αρχαίων Ελλήνων, που θεωρείται και η απαρχή του σύγχρονου πολιτισμού, ως τα μέσα του προηγούμενου αιώνα όλος ο τότε γνωστός κόσμος ήταν ο Ήλιος, η Σελήνη, η Γη και οι υπόλοιποι πλανήτες, που είναι συγκεντρωμένοι σε μια απόσταση μερικών ωρών φωτός. Στις αρχές του αιώνα μας ο γνωστός κόσμος είχε επεκταθεί σε απόσταση 100.000 ετών φωτός, περιλαμβάνοντας όλα τα αστέρια του Γαλαξία μας.

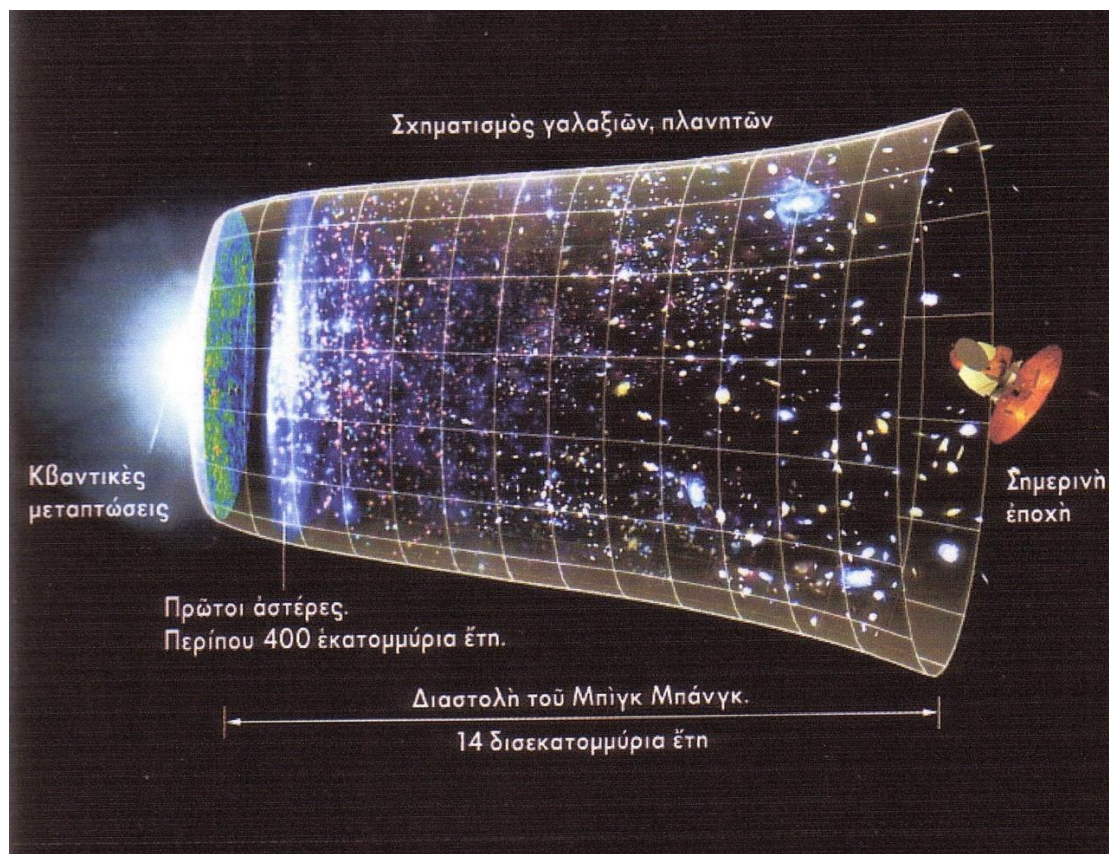
Τέλος, σήμερα γνωρίζουμε ότι ο κόσμος εκτείνεται σε αποστάσεις 15 δισεκατομμυρίων ετών φωτός και αποτελείται από δισεκατομμύρια άλλους γαλαξίες, παρόμοιους με τον δικό μας, καθένας από τους οποίους έχει περισσότερα από 100 δισεκατομμύρια αστέρια σαν τον Ήλιο μας.

Όλοι γνωρίζουμε ότι οι αρχαίοι είχαν διάφορες απόψεις σχετικά με τη δημιουργία της Γης, που λίγο απείχαν από τη μυθολογία. Οι περισσότεροι όμως δεν γνωρίζουν ότι, ακόμη και μετά την επανάσταση που έφερε στην Αστρονομία και στην Επιστήμη ο Γαλιλαίος, υπήρξαν άνθρωποι που δεν μπορούσαν να διακρίνουν την επιστημονική αλήθεια από τη θρησκευτική διδασκαλία. Έτσι λίγο προτού ανακαλυφθούν οι πραγματικά ασύλληπτες αποστάσεις των υπόλοιπων αστερών από τη Γη και τον Ήλιο, ο James Ussher, αρχιεπίσκοπος του Armagh στη Βόρεια Ιρλανδία, είχε υπολογίσει για λογαριασμό της Εκκλησίας πότε είχε δημιουργηθεί η Γη από τον Θεό: τη Δευτέρα 23 Οκτωβρίου του έτους 4004 π.Χ., στις 9 το πρωί. Από τότε βέβαια έχουν αλλάξει πολλά. Σήμερα πιστεύουμε ότι οι γνώσεις μας σχετικά με τη δημιουργία της Γης έχουν φτάσει σε ένα τέτοιο επίπεδο ωριμότητας, που δύσκολα θα αλλάξουν στο μέλλον.

2.2 Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΡΗΞΗΣ

Η μελέτη της δημιουργίας και της εξέλιξης του κόσμου, στις τεράστιες διαστάσεις που αντιλαμβανόμαστε σήμερα, αποτελεί έναν ξεχωριστό κλάδο της Αστρονομίας που ονομάζεται Κοσμολογία. Ο κλάδος αυτός άρχισε να αναπτύσσεται ουσιαστικά μετά τη διατύπωση της γενικής θεωρίας της σχετικότητας από τον Αϊνστάιν στις αρχές του αιώνα μας. Οι λύσεις των εξισώσεων της θεωρίας αυτής προβλέπουν ότι η «φυσική» κατάσταση του Σύμπαντος δεν είναι η στασιμότητα αλλά η κίνηση. Αυτό συμφωνεί απόλυτα με τις παρατηρήσεις των αστρονόμων, οι οποίοι έχουν διαπιστώσει ότι όλοι οι μακρινοί γαλαξίες απομακρύνονται από τον δικό μας Γαλαξία, και μάλιστα με ταχύτητες που είναι τόσο μεγαλύτερες όσο μακρύτερα βρίσκονται από εμάς. Οι παρατηρήσεις αυτές, σε συνδυασμό με τα θεωρητικά αποτελέσματα της γενικής θεωρίας της σχετικότητας, μας βεβαιώνουν ότι το Σύμπαν διαστέλλεται. Φυσικά, αν όλοι οι γαλαξίες απομακρύνονται σήμερα ο ένας από τον άλλον, αυτό σημαίνει ότι υπήρξε μια εποχή όπου όλοι βρίσκονταν συγκεντρωμένοι σε μια πολύ μικρή περιοχή. Έτσι ξεκίνησε η θεωρία της μεγάλης έκρηξης, που αποτελεί τη σύγχρονη άποψη για τη δημιουργία του κόσμου.

Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, όλα ξεκίνησαν πριν από 15 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια, όταν δημιουργήθηκε ένα «πρωταρχικό άτομο», το οποίο περιείχε όλο τον χώρο και όλη τη μάζα του Σύμπαντος συγκεντρωμένους σε μια απειροελάχιστα μικρή περιοχή. Ταυτόχρονα εμφανίστηκε και η έννοια του χρόνου.



Εικόνα 2.2.1 Η Μεγάλη Έκρηξη [Πηγή: www.ellania.pblogs.gr]

Έτσι δεν έχει νόημα, στο πλαίσιο της σημερινής Φυσικής, να ρωτάμε τι υπήρχε πριν από τη δημιουργία του κόσμου, για τον απλούστατο λόγο ότι η έννοια του προγενέστερου και μεταγενέστερου προϋποθέτει τη φυσική ροή του χρόνου, η οποία όμως δεν υπήρχε πριν από τη δημιουργία του κόσμου! Μπορούμε βέβαια να ρωτάμε γιατί και πώς δημιουργήθηκε ο κόσμος, δυστυχώς όμως οι απαντήσεις σε αυτά τα δύο ερωτήματα δεν είναι προς το παρόν εύκολες. Τα τελευταία χρόνια σε αυτή την κατεύθυνση εργάζεται ο γνωστός στους περισσότερους μαθηματικός Stephen Hawking, τα αποτελέσματα του οποίου όμως δεν έχουν γίνει αποδεκτά από την πλειονότητα των κοσμολόγων.

Τις πρώτες στιγμές της ύπαρξής του το νεαρό Σύμπαν ήταν εξαιρετικά πυκνό και θερμό. Ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους δεν είμαστε σίγουροι για το τι συνέβη κατά τις πρώτες στιγμές του Σύμπαντος, αμέσως μετά τη γέννησή του, είναι ότι οι φυσικές θεωρίες που έχουμε στη διάθεσή μας δεν είναι ικανές να περιγράψουν τόσο μεγάλες θερμοκρασίες και πυκνότητες. Σίγουρα όμως καθώς διαστελλόταν το Σύμπαν άρχισε να ψύχεται ραγδαία. Έτσι σε ηλικία ενός δευτερολέπτου η θερμοκρασία του ήταν «μόλις» 10 δισεκατομμύρια βαθμοί και στο Σύμπαν υπήρχε μόνο φως, αφού στη θερμοκρασία αυτή δεν είναι δυνατόν να υπάρξει καμιά μορφή ύλης.

Την επόμενη μισή ώρα από το φως αυτό δημιουργήθηκε όλη η ύλη που αποτελεί σήμερα τον κόσμο, η οποία και συμπυκνώθηκε για να φτιάξει τα δύο ελαφρότερα χημικά στοιχεία, το υδρογόνο και το ήλιο. Όση από την ακτινοβολία περίσσεψε παρέμεινε διάχυτη στο Σύμπαν και μπορεί να ανιχνευθεί ακόμη και σήμερα από τους αστρονόμους. Άλλωστε η ανακάλυψη το 1965 αυτής της ακτινοβολίας, που ονομάζεται ακτινοβολία υποβάθρου, ήταν το ισχυρότερο επιχείρημα για την ορθότητα της θεωρίας της μεγάλης έκρηξης.

2.3 Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η κατανομή της ύλης στα αρχικά στάδια της ζωής του Σύμπαντος δεν ήταν απόλυτα ομογενής. Έτσι δημιουργήθηκαν τοπικές συμπυκνώσεις, που αποτέλεσαν τον πυρήνα γύρω από τον οποίο συγκεντρώθηκε το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του Σύμπαντος. Οι συγκεντρώσεις αυτές αποτέλεσαν στη συνέχεια τους πρώτο-γαλαξίες. Μέσα σε κάθε πρώτο-γαλαξία υπήρχαν τεράστια σύννεφα από υδρογόνο και ήλιο, τα μοναδικά συστατικά της ύλης εκείνη την εποχή, πολλά από τα οποία συμπυκνώθηκαν με τη σειρά τους για να φτιάξουν τα αστέρια πρώτης γενιάς. Στο εσωτερικό των αστεριών η θερμοκρασία και η πίεση είναι τέτοιες, ώστε είναι δυνατόν να συμβαίνουν θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης, παρόμοιες με αυτές που προκαλούν την έκρηξη μιας βόμβας υδρογόνου: τέσσερις πυρήνες υδρογόνου ενώνονται για να σχηματίσουν έναν πυρήνα ηλίου, τρεις πυρήνες ηλίου ενώνονται για να σχηματίσουν έναν πυρήνα άνθρακα, ένας πυρήνας άνθρακα ενώνεται με έναν πυρήνα ηλίου για να σχηματίσουν έναν πυρήνα οξυγόνου κ.ο.κ. Επειδή η μάζα των προϊόντων αυτών των αντιδράσεων είναι μικρότερη από τη μάζα των αρχικών συστατικών, προκύπτει ότι η μάζα που «χάνεται» μετατρέπεται σε ενέργεια, σύμφωνα με την πασίγνωστη εξίσωση του Αϊνστάιν $E = mc^2$. Με τον τρόπο αυτό, αφενός παράγεται η ενέργεια που ακτινοβολούν τα αστέρια, αφετέρου παράγονται όλα τα βαρύτερα από το υδρογόνο και το ήλιο στοιχεία. Πολλά από τα αστέρια της πρώτης γενιάς, κυρίως αυτά που ήταν πολύ μεγαλύτερα από τον Ήλιο, εξερράγησαν, όταν έφτασαν στο τέλος της ζωής τους, δημιουργώντας το φαινόμενο των

υπερκαινοφανών (supernova). Η ύλη τους, εμπλουτισμένη με τα καινούργια αυτά στοιχεία, διασκορπίστηκε στον μεσοαστρικό χώρο του κάθε γαλαξία και, ανακατεμένη με το υλικό των πρωταρχικών νεφών υδρογόνου και ηλίου, αποτέλεσε την πρώτη ύλη για τη δημιουργία των αστεριών δεύτερης γενιάς. Τα μεγαλύτερα από αυτά εξερράγησαν με τη σειρά τους και τροφοδότησαν τον μεσοαστρικό χώρο με περισσότερα βαριά στοιχεία.

Ως αποτέλεσμα μιας τέτοιας έκρηξης υπερκαινοφανούς, 10 περίπου δισεκατομμύρια έτη από τη στιγμή της μεγάλης έκρηξης, ένα ως τότε αραιό και ψυχρό σύννεφο από αέριο και σκόνη άρχισε να συμπυκνώνεται δημιουργώντας έναν πεπλατυσμένο δίσκο που περιστρεφόταν όλο και πιο γρήγορα. Από την ύλη στο κέντρο του δίσκου δημιουργήθηκε ένα αστερί τρίτης γενιάς, ενώ από την ύλη στην περιφέρεια του δίσκου δημιουργήθηκαν μεγάλοι ακανόνιστοι στερεοί όγκοι, οι πλανητοειδείς. Από τους αλληλοσυγκρουόμενους πλανητοειδείς δημιουργήθηκαν εννέα πλανήτες και έτσι φτάσαμε στο σημείο από το οποίο ξεκινήσαμε την εξιστόρηση της γέννησης του γνωστού στους προγόνους μας κόσμου: το νέο αυτό αστερί τρίτης γενιάς ήταν ο Ήλιος μας.

2.4 Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Η Γη είναι ένας γίγαντας από πέτρες και νερό που πετάει στο διάστημα. Διαφέρει από κάθε άλλον πλανήτη γνωστό σ' εμάς, διότι συντηρεί τη ζωή, δεν είναι μόνο το σπίτι μας, είναι το μοναδικό καταφύγιο μας στο Σύμπαν. Αλλά πώς έφτασε έως εδώ; Ποιες παράξενες δυνάμεις της φύσης δημιούργησαν αυτόν τον ζωντανό πλανήτη απ' τον οποίο εξαρτόμαστε; Ένα μυστήριο που οι επιστήμονες τώρα άρχισαν να εξιχνιάζουν. Θα ανατρέξουμε σε πρόσφατες έρευνες για να μάθουμε τι χρειάστηκε για να δημιουργηθεί μια Γη όπου μπορούν να ζουν άνθρωποι.

Στον απέραντο Κόσμο, μόνο σ' έναν τόπο γνωρίζουμε ότι επιβιώνουν άνθρωποι, φαίνεται ότι η Γη φτιάχτηκε για εμάς. Μας προσφέρει νερό να πίνουμε, τροφή να τρώμε και αέρα να αναπνέουμε. Είναι το μοναδικό σπίτι μας και σ' αυτό βασιζόμαστε εξ' ολοκλήρου. Αλλά πριν από πέντε δισεκατομμύρια χρόνια δεν υπήρχε. Εκεί όπου βρίσκεται η Γη, στις παρυφές του Γαλαξία μας υπήρχε μόνο ένα τεράστιο νέφος αερίων και σκόνης. Αυτή είναι η συγκλονιστική ιστορία της μεταμόρφωσης του νέφους στον γνωστό σ' εμάς πλανήτη σήμερα.



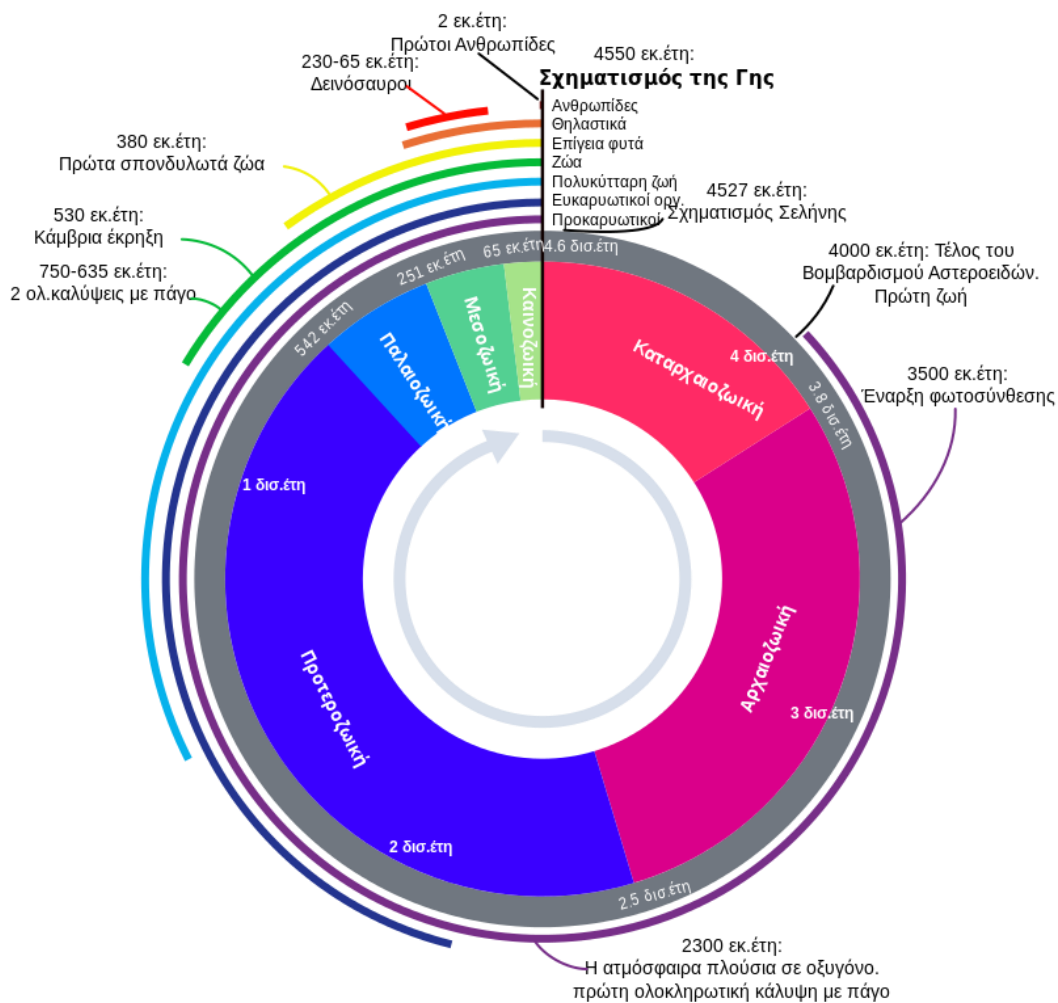
Εικόνα 2.4.1 Νέφος αερίων και σκόνης [Πηγή: www.tvxs.gr]

Ένας άνθρωπος που κατανοεί πώς δημιουργείται ένας πλανήτης είναι ο αστρονόμος Τομ Φλέμινγκ. Με τηλεσκόπια όπως αυτά στο Κιτ Πικ της νότιας Αριζόνα οι αστρονόμοι κατανόησαν πώς γεννήθηκε η Γη. Όλα ξεκινούν με ένα μεγάλο νέφος από αέρια και σκόνη, μικρά σωματίδια από διάφορα υλικά, κόκκους άμμου, κόκκους σιλικόνης. Οι περιοχές με την σκόνη και τα αέρια ονομάζονται μοριακά νέφη. Αλλά δεν έχουν καμία σχέση με τα σύννεφα που βλέπουμε στη Γη. Τα

μοριακά νέφη είναι τεράστια, καλύπτουν εκατοντάδες έτη φωτός σε μέγεθος. Από νέφη σαν αυτά που φωτογράφησε το τηλεσκόπιο Χάμπλ, σχηματίστηκε η Γη. Αποτελούνται από συντρίμια εκατοντάδων νεκρών αστεριών.

Το μεγάλο μοριακό νέφος είχε μικρή περιστροφή, όταν συρρικνώθηκε η περιστροφή επιταχύνθηκε, καθώς το νέφος συστελλόταν η ενέργεια απ' τα υλικά του διαστήματος θέρμανε το κέντρο. Η περιστρεφόμενη σφαίρα έγινε ο Ήλιος μας. Το υπόλοιπο νέφος περιστρεφόταν τόσο γρήγορα που απλώθηκε σε έναν τεράστιο δίσκο με σκόνη και αέρια. Αυτό ήταν το λίκνο της ζωής, το υλικό που θα σχημάτιζε την Γη και όλους τους άλλους πλανήτες.

Έως προσφάτως, το πώς μετατράπηκαν τα αέρια σε πλανήτη παρέμενε μυστήριο. Αλλά τον Μάρτιο 2003 ένα αθώο πείραμα στο διεθνή διαστημικό σταθμό



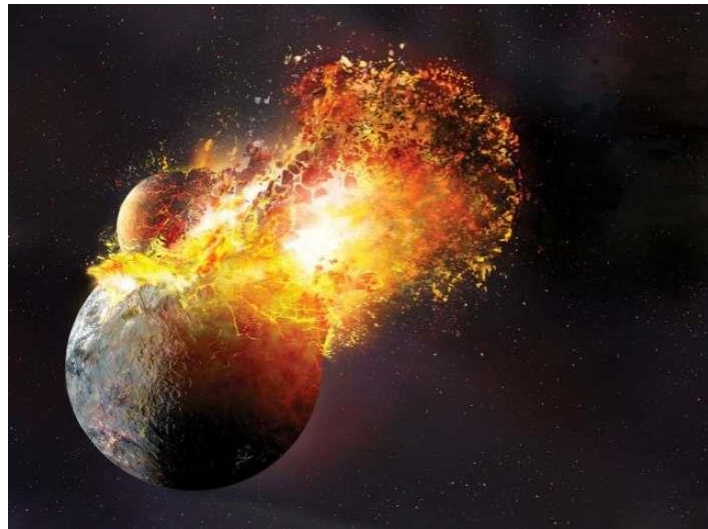
Εικόνα 2.4.2 Ο Σχηματισμός της Γης [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

οδήγησε σε μια σημαντική ανακάλυψη. Ο αστροναύτης Ντον Πέτιτ ήθελε να μάθει τις συνέπειες της έλλειψης βαρύτητας σε διάφορες ουσίες. Σε μια σειρά απλών πειραμάτων βιντεοσκόπησε φυσαλίδες, ταμπλέτες δυσπεψίας, δίνες χρωματισμένου νερού, έπειτα γέμισε μια πλαστική σακούλα με αλάτι. Το τελευταίο πείραμα αποδείχθηκε επιστημονική αποκάλυψη, αλλά εκείνη τη στιγμή, ο Πέτιτ δεν συνειδητοποίησε τη σημασία του. Ο άνθρωπος που το κατανόησε ήταν ο αστροναύτης Στάνλι Λοβ. Στον Ντον αρέσει να πειραματίζεται και τοποθετώντας διάφορα σε πλαστικές σακούλες, όπως κόκκους ζάχαρης, αλατιού, στιγμιαίου καφέ, φούσκωνε τη σακούλα και την ανακινούσε για να δει τι συνέβαινε. Και τα σωματίδια σχημάτιζαν μια συμπαγή μάζα ακαριαία. Όταν είδε το βίντεο του πειράματος ο Λοβ

συνειδητοποίησε ότι έβλεπε μια σημαντική ανακάλυψη.. Σε μηδενική βαρύτητα οι κρύσταλλοι συμπεριφέρονται διαφορετικά απ' ό,τι στην Γη. Ο Λοβ αναγνώρισε τι τους κόλλησε μεταξύ τους: όποτε δύο διαφορετικά υλικά έρχονται σε επαφή ανταλλάζουν ηλεκτρόνια, όπως όταν τρίβεις μπαλόνι στα μαλλιά και το κολλάς στον τοίχο. Αποδείχθηκε ότι όταν τα σωματίδια και οτιδήποτε άλλο σε μηδενική βαρύτητα πέσουν πάνω σε κάτι άλλο αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο, ενώνονται αμέσως, διαλύονται ανακινώντας την σακούλα και ενώνονται μόλις σταματήσεις.

Τα πρώτα δευτερόλεπτα της ζωής της, η Γη μας ίσως να ήταν έτσι. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι αυτό συνέβη πριν από 4.5 δις. έτη. Για να παρακολουθήσουμε την εξέλιξη του πλανήτη θα κάνουμε αναπαράσταση απ' τη στιγμή εκείνη μέχρι σήμερα με βάση τις 12 ώρες του ρολογιού. Το μεσημέρι άρχισε να χτυπάει το ρολόι. Το ταξίδι της Γης να γίνει πλανήτη που συντηρεί ζωή, ξεκίνησε. Το πρώτο βήμα δεν άργησε, όταν η μάζα των σωματιδίων έγινε αντικείμενο με διάμετρο ενός χιλιομέτρου, η μάζα του απέκτησε βαρύτητα που τράβηξε ύλη απ' τον δίσκο. Σαν γιγαντιαίες ηλεκτρικές σκούπες περιστρέφονται γύρω απ' τον Ήλιο απορροφώντας υλικά απ' τον δίσκο όπως δεν απέμεινε τίποτα. Στο εσωτερικό Ηλιακό Σύστημα, οι μάζες έγιναν 20 πλανήτες. Η διαδικασία αυτή κράτησε περίπου 3.000.000 έτη λιγότερο από 30 δευτερόλεπτα με το ρολόι μας.

Το επόμενο στάδιο της εξέλιξης της Γης ήταν απίστευτα βίαιο. Καθώς οι 20 πλανήτες περιστρέφονταν γύρω απ' τον Ήλιο αλληλοεπιδρούσαν οι βαρύτητές τους κι άρχισαν να συγκρούονται, σε κάθε σύγκρουση ενώνονταν δύο πλανήτες. Εν καιρώ οι συγκρούσεις συρρίκνωναν το Ηλιακό Σύστημα σε λίγους πλανήτες όπως τη Αφροδίτη, τον Ερμή, τον Άρη και την Γη. Οι αστρονόμοι πιστεύουν ότι η Γη έφτασε σ' αυτήν τη φάση σε 30.000.000 χρόνια. Τώρα πέρασαν μόλις πέντε λεπτά, αλλά πώς ήταν η πρώτη Γη; Τι θα συνέβαινε αν έφτανε ένας άνθρωπος στην Γη; Η Γη εξαιτίας των συγκρούσεων με άλλους πλανήτες ήταν πολύ ζεστή, περίπου 4.700 βαθμούς Κελσίου, θερμοκρασία



Εικόνα 2.4.3 Σύγκρουση πλανητών [Πηγή: www.aorata-gegonota.blogspot.com]

πενταπλάσια από κλίβανο αποτέφρωσης. Ένας

άνθρωπος θα αφανιζόταν στιγμιαία σε ατμούς και στάχτες, αλλά καθώς έπεφτε η θερμοκρασία υπήρχε άλλος κίνδυνος: ένας τυφώνας φονικών σωματιδίων απ' τον Ήλιο.

Στο Μπόλντερ του Κολοράντο, στο Διαστημικό Περιβαλλοντικό Κέντρο μετεωρολόγοι παρακολουθούν τις καταιγίδες στον Ήλιο. Είναι τα πιο ακραία καιρικά φαινόμενα, ένα ελαφρύ αεράκι φτάνει τα 320χλμ/δευτερόλεπτο. Η χαμηλότερη θερμοκρασία είναι 4.400 βαθμοί Κελσίου. Είναι απαραίτητη η 24ωρη παρακολούθηση, διότι οι καταιγίδες στον Ήλιο επηρεάζουν την Γη. Ο Ήλιος είναι μια τεράστια Έκρηξη, από αυτή την έκρηξη απελευθερώνονται ενεργητικά μόρια. Τα μόρια αυτά σχηματίζουν τον ηλιακό άνεμο και ταξιδεύουν στη Γη με 1.600.000χλμ/ώρα. Αν ο ηλιακός άνεμος δυναμώσει μπορεί να σκοτώσει.

Παρακολουθούμε τον Ήλιο και όταν βλέπουμε κάτι που ίσως δημιουργήσει ενεργητικά μόρια στην Γη, προειδοποιούνται αστροναύτες ακόμη και αεροπορικές εταιρείες για τέτοιου είδους γεγονότα. Τα φορτισμένα σωματίδια στον ηλιακό άνεμο είναι μια ακτινοβολία που προκαλεί θανατηφόρες βλάβες σε ζωντανά κύτταρα. Μια ισχυρή ηλιακή καταιγίδα μπορεί να σκοτώσει αστροναύτη που βρίσκεται στο Διάστημα, αλλά ο ηλιακός άνεμος έχει ολέθριες συνέπειες και σε πλανήτες. Η Γη καλύπτεται από ατμόσφαιρα, μια λεπτή ζώνη αερίων που την προστατεύει απ' τις ακραίες θερμοκρασίες του Διαστήματος. Όταν τα σωματίδια του ηλιακού ανέμου πέσουν στην ατμόσφαιρα μπορούν να την διαλύσουν. Καταλαβαίνουμε πόσο ολέθριος είναι ο άνεμος μελετώντας τον Άρη. Εντός εκατομμυρίων ετών, ο ηλιακός άνεμος διέλυσε την ατμόσφαιρά του. Τώρα δεν υπάρχει υγρό νερό στην επιφάνειά του και υπάρχει ελάχιστος αέρας, θα μπορούσε και η Γη να είχε την ίδια τύχη. Γιατί δεν την είχε; Η απάντηση έγκειται στη στιγμή της δημιουργίας της Γης.

Καθώς σχηματιζόταν η πρώτη Γη, η ενέργεια που ελευθερωνόταν ως ύλη προκαλούσε θερμότητα. Η θερμότητα ήταν τόσο υψηλή που έλιωναν ακόμη και βράχοι. Τα ελαφρύτερα στοιχεία της λιωμένης Γης βγήκαν στην επιφάνεια ενώ τα βαρύτερα, μαζί με τον σίδηρο βυθίστηκαν προς το κέντρο. Εδώ σχημάτισαν έναν πυρήνα σε τήξη, ο σίδηρος όμως προστατεύει από τις ηλιακές ακτίνες. Το πώς ακριβώς μας προστατεύει ο πυρήνας της Γης είναι ένα μυστήριο που μελετάει ο Νταν Λείθροπ, στο εργαστήριό του στο Πανεπιστήμιο του Μέριλαντ: περιστρέφει μοντέλα του πυρήνα μελετώντας τη συμπεριφορά του. Ο πυρήνας έχει δυναμική δράση και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Σ' αυτήν την διαδικασία, ρεύματα στον ρευστό σίδηρο δημιουργούν μαγνητικό πεδίο. Ο Λείθροπ ανακάλυψε ότι η περιστροφική κίνηση του πυρήνα δημιουργεί μια μαγνητική ασπίδα που περιβάλλει την Γη. Βλέπουμε πως τα



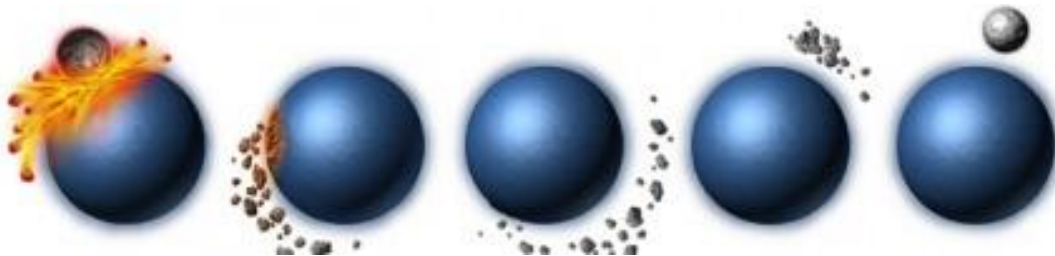
Εικόνα 2.4.4 Το μαγνητικό πεδίο της Γης [Πηγή: www.aristoteleioastronomia.weebly.com]

ρεύματα δημιουργούν μαγνητικά πεδία ρίχνοντας ρινίσματα σιδήρου πάνω σε ένα πηνίο. Το πηνίο αναπαριστά τον πυρήνα της Γης, τα ρινίσματα θα δείξουν το σχήμα οποιουδήποτε μαγνητικού πεδίου. Συνδέουμε το πηνίο με ηλεκτρικό ρεύμα, και τα ρινίσματα ευθυγραμμίζονται με το μαγνητικό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο περνάει απ'

το κέντρο και απλώνεται γύρω, ο ηλεκτρισμός στο πηνίο παράγει μαγνητικό πεδίο. Το ίδιο συμβαίνει σε μεγαλύτερη κλίμακα στον πυρήνα της Γης. Το μαγνητικό πεδίο του δημιουργεί τον Βόρειο και τον Νότιο Πόλο και επίσης εκτείνεται στο διάστημα. Ονομάζεται μαγνητόσφαιρα και αυτή μας προστατεύει απ' τον ηλιακό άνεμο. Καθώς τα μόρια απ' τον Ήλιο πετούν προς την Γη η μαγνητόσφαιρα κλείνει τον δρόμο τους. Όσα περνούν εκτρέπονται προς τους πόλους. Εδώ, καθώς εισέρχονται στην ατμόσφαιρα της γης αντιδρούν με μόρια στον αέρα δημιουργώντας το πολικό σέλας, το Βόρειο και το Νότιο. Σήμερα ο ηλιακός άνεμος ακόμη διαβρώνει την ατμόσφαιρά μας. Αλλά χάρη στην μαγνητόσφαιρα η απώλεια δεν είναι απειλητική. Υπολογίζεται ότι περίπου 3-5 κιλά το δευτερόλεπτο της ατμόσφαιρας παρασύρονται απ' τον ηλιακό άνεμο. Ευτυχώς, για εμάς, ακόμη και μ' αυτόν τον ρυθμό η ατμόσφαιρά μας θα διαλυόταν σε χρόνια πολλαπλάσια της ζωής του Ήλιου. Το μαγνητικό πεδίο που παράγει ο σίδηρος στο κέντρο της Γης έπαιξε ζωτικό ρόλο στην εξέλιξη του πλανήτη. Χωρίς αυτό δεν θα είχαμε αέρα να αναπνέουμε.

Στο ρολόι μας, όπου οι 12 ώρες απεικονίζουν την ιστορία της Γης έχουν περάσει μόλις έξι λεπτά. Η Γη ακόμη δεν είναι ο πλανήτης που γνωρίζουμε. Αλλά μήπως τώρα μπορεί να επιβιώσει ένας άνθρωπος; Πιθανώς η θερμοκρασία έπεσε τόσο για να επιβιώσει άνθρωπος με θερμοπροστατευτική στολή. Και χάρη στον πυρήνα από σίδηρο, ο πλανήτης προστατεύεται απ' τον ηλιακό άνεμο. Αλλά δεν υπάρχει ακόμη οξυγόνο, ούτε νερό στην Γη, δεν θα αντέχαμε ούτε λεπτό. Αν ένας άνθρωπος μπορούσε να επιβιώσει, θα τον περίμενε ένα σοκ.

Η Γη βρίσκεται σε πορεία σύγκρουσης με άλλον πλανήτη. Και θα βιώσει τη μεγαλύτερη έκρηξη στην ιστορία της, μια σύγκρουση τόσο μεγάλη που θα έλιωνε όλον τον πλανήτη. Γνωρίζουμε ότι συνέβη αυτό το γεγονός χάρη σε ένα μεγάλο αντικείμενο που περιστρέφεται από πάνω μας. Η Σελήνη είναι ο σταθερός σύντροφος της Γης, επί αιώνες και ο άνθρωπος πάντα αναρωτιόταν πώς προέκυψε. Υπήρξαν πολλές θεωρίες. Κάποιοι θεώρησαν ότι η πρώιμη Γη περιστρεφόταν τόσο γρήγορα που εκτίνασσε ύλη στο Διάστημα, άλλοι ότι η Σελήνη παγιδεύτηκε στη βαρύτητα της Γης, αλλά ουδείς γνώριζε πραγματικά. Το 1963, οι ΗΠΑ εκτόξευσαν το Apollo. Ένας στόχος της αποστολής ήταν να ανακαλύψουν πώς σχηματίστηκε η Σελήνη. Στα τέλη '60 και στις αρχές '70 Αμερικανοί αστροναύτες επισκέφτηκαν έξι φορές τη Σελήνη. Έπαιξαν γκολφ, δοκίμασαν τις ικανότητές τους στον ανώμαλο δρόμο και συνέλεξαν 380 κιλά πετρωμάτων για να τα μελετήσουν οι επιστήμονες. Τα πετρώματα που έφεραν πίσω αποκάλυψαν κάτι παράξενο. Όταν εξετάστηκαν βρέθηκε ότι ήταν πολύ ξηρά, σαν να είχαν θερμανθεί και αυτό προκάλεσε προβληματισμό. Οποιαδήποτε θεωρία για τη Σελήνη έπρεπε να εξηγεί αυτό το μυστήριο. Το '90, η πλανητική



Εικόνα 2.4.5 Δημιουργία της Σελήνης [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

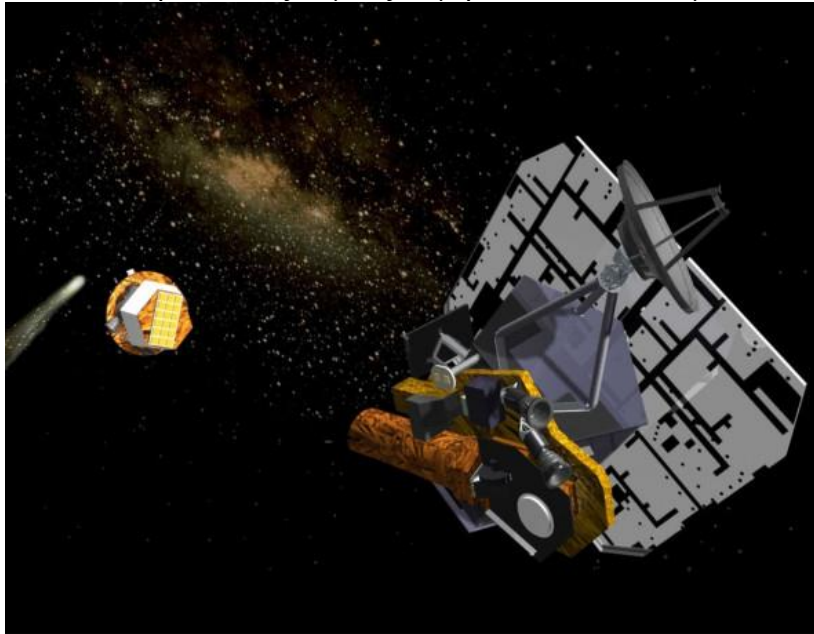
επιστήμονας Ρόμπιν Κάναπ αποφάσισε να δοκιμάσει μια νέα θεωρία. Χρησιμοποιώντας πανίσχυρο υπολογιστή προσομοίωσε τη σύγκρουση της Γης με άλλον πλανήτη. Τα αποτελέσματα ήταν αποκαλυπτικά. Αυτή ήταν προσομοίωση μιας σύγκρουσης ενός πλανήτη στο μέγεθος του Άρη με τη πρώιμη Γη. Ο πλανήτης συγκρούστηκε με την Γη σε οξεία γωνία, περίπου 45 μοιρών. Δημιουργήθηκε ένας μακρύς 'Βραχίονας' ύλης. Αυτός ήταν ο ένας πλανήτης, που τεντώθηκε και

παραμορφώθηκε. Υπήρξε μια εσωτερική μάζα ύλης σ' αυτό το σημείο που θα συγκρούονταν ξανά με τη Γη. Μετά από λίγο, η εξωτερική μάζα ύλης περνούσε πολύ κοντά απ' την Γη και λόγω της βαρύτητας της Γης, η μάζα έγινε ένας 'βραχίονας' και τέλος σχημάτισε έναν δίσκο. Απ' αυτόν τον δίσκο ύλης που περιστρέφονταν γύρω απ' την Γη πιστεύουμε ότι σχηματίστηκε η Σελήνη. Στην προσομοίωση, η Κάνναπ βρήκε τι συνέβη κατά τη σύγκρουση. Υπήρχε ένας πραγματικά τεράστιος πλανήτης που έτρεχε προς την Γη με 11χλμ/δευτερόλεπτο. Ήταν ένα τεράστιο αντικείμενο, ένας πλανήτης στο μισό μέγεθος της Γης. Θα είχε γεμίσει τον ουρανό πριν τη σύγκρουση. Η σύγκρουση ήταν ένα απίστευτο ενεργειακό γεγονός με αρκετή ενέργεια για να λιώσει ολόκληρη η Γη και να εξατμίσει ένα σημαντικό ποσοστό βράχων.

Πέρασαν 50.000.000 χρόνια απ' την γέννηση της Γης. Στο ρολόι μας, όπου οι 12 ώρες απεικονίζουν την ιστορία της Γης έχουν περάσει μόλις έξι λεπτά. Σ' αυτό το στάδιο, η Γη ήταν πολύ διαφορετική απ' ότι την ξέρουμε. Το έδαφος παρέμενε σε τήξη χιλιάδες χρόνια λόγω της σύγκρουσης και η Σελήνη βρισκόταν 15 φορές πιο κοντά απ' ότι σήμερα. Φαντάζεστε ότι το συγκλονιστικό σήμερα θέαμα της Πανσελήνου πόσο θα σου έκοβε την ανάσα όταν η Σελήνη ήταν 15 φορές πιο κοντά. Η σύγκρουση με τον πλανήτη και ο σχηματισμός της Σελήνης έπαιξαν ζωτικό ρόλο στη γέννηση μιας Γης που συντηρεί ζωή. Η σύγκρουση ίσως να προκάλεσε την κλίση της Γης στον άξονά της. Η κλίση αυτή μας χαρίζει τις εποχές. Χάρη στην κλίση, το κλίμα της Γης αλλάζει ομαλά. Μας χαρίζει τον ετήσιο κύκλο ζωής. Ίσως η ζωή να είχε εξελιχθεί στην Γη χωρίς τις εποχές. Αλλά θα ήταν ένας πολύ διαφορετικός πλανήτης από αυτόν που ξέρουμε σήμερα. Η δημιουργία της Σελήνης έφερε την παλίρροια. Όταν η Σελήνη ήταν κοντά τα ρεύματα ήταν πιο ισχυρά αλλά εξασθένησαν όταν η Σελήνη απομακρύνθηκε.

Σήμερα θεωρούμε δεδομένους τους ωκεανούς αλλά πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια δεν υπήρχαν και χωρίς νερό δεν υπάρχει ζωή. Από πού ήρθε το νερό και πώς έφτασε εδώ; Είναι μία απ' τις πιο εκπληκτικές ιστορίες στην Επιστήμη. Πώς η φύση έφτιαξε έναν πλανήτη όπου μπορούν να ζουν άνθρωποι; Υπάρχουν 1.234 εκατομμύρια τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού. Δηλαδή 394 τρισεκατομμύρια πισίνες ολυμπιακών διαστάσεων. Αλλά πολλοί αστρονόμοι πιστεύουν ότι αν η πρώιμη Γη είχε νερό θα ήταν ελάχιστο. Όταν η Γη σχηματιζόταν το εσωτερικό Ηλιακό Σύστημα ήταν πολύ θερμό για να υπάρχει νερό. Η περιοχή απ' τον Ήλιο μέχρι τη ζώνη των αστεροειδών ήταν άνυδρη. Τα εγγύτερα αποθέματα νερού ήταν 257.000.000 χιλιόμετρα μακριά πέρα απ' την Κύρια Ζώνη Αστεροειδών. Εδώ έξω, μακριά απ' τη ζέστη του Ηλίου, το νερό πάγωσε και ενσωματώθηκε στους αναπτυσσόμενους πλανήτες. Αλλά το πώς έφτασε το νερό στην Γη αποτελεί ένα μυστήριο που οι επιστήμονες τώρα εξιχνιάζουν. Ένα στοιχείο ήρθε με την εκτόξευση τον Ιανουάριο 2005 ενός ασυνήθιστου διαστημικού σκάφους της NASA. Το Deep Impact είχε αποστολή να ταξιδέψει 435.000.000 χιλιόμετρα στον κομήτη Tempel 1 και να εκτοξεύσει μια βολίδα 360 κιλών στην επιφάνειά του. Η αποστολή ήταν η πρόσφατη απόπειρα να κατανοήσουμε ένα απ' τα μυστηριώδη αντικείμενα του Ηλιακού Συστήματός μας. Επί αιώνες, κάποιιοι υποστήριζαν ότι οι κομήτες έφεραν νερό στην Γη. Όταν είδαν την Σελήνη ήταν σαφές ότι η επιφάνεια της είχε βομβαρδιστεί από μεγάλα αντικείμενα. Παρόμοια αντικείμενα πρέπει να χτύπησαν την Γη μολονότι η γεωλογική δραστηριότητα έσβησε τα στοιχεία. Οι επιστήμονες επίσης ήταν σίγουροι ότι οι κομήτες περιείχαν νερό σε μορφή πάγου. Αλλά η αποστολή Deep Impact ήταν η πρώτη φορά που κάποιος μελετούσε το εσωτερικό κομήτη. Το πρωί της 4^{ης} Ιουλίου 2005 οι επιστήμονες της NASA περίμεναν με αγωνία καθώς η βολίδα πλησίαζε τον κομήτη με 37.000 χλμ./ώρα. Βρήκε τον στόχο.

Η έκρηξη καταγράφηκε από τηλεσκόπια σ' όλον τον κόσμο. Η ανάλυση των συντριμμάτων επιβεβαίωσε ότι οι κομήτες περιέχουν σημαντικές ποσότητες νερού. Αλλά έφεραν αυτό το νερό στην Γη; Με ραδιοτηλεσκόπια οι αστρονόμοι μελετούν τον τύπο νερού στους ατμούς κομητών. Θέλουν να μάθουν αν ταιριάζει με το νερό

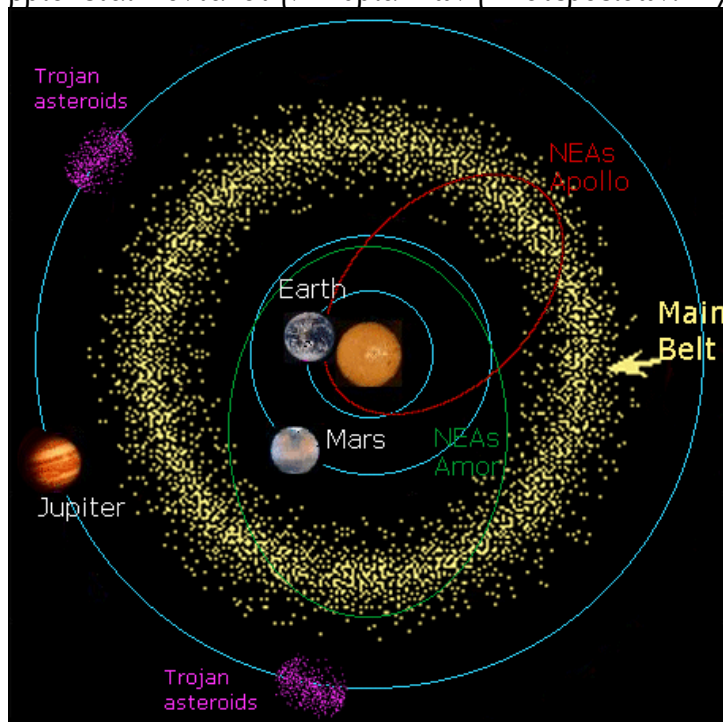


Εικόνα 2.4.6 Δορυφόρος Deep Impact [Πηγή: www.en.wikipedia.org]

της Γης. Μέχρι τώρα οι επιστήμονες έχουν αναλύσει τρεις κομήτες. Αλλά τα αποτελέσματα δεν είναι ενθαρρυντικά για τη θεωρία. Το νερό των κομητών δεν είναι ίδιο με το νερό των ωκεανών. Η θεωρία των κομητών δεν απορρίφθηκε, αλλά εξασθενεί. Στη θέση της, οι επιστήμονες ανέπτυξαν μια συναρπαστική ιδέα.

Ένα ζωτικό στοιχείο έφτασε στις 18 Ιανουαρίου 2000. Εκείνο το βράδυ, ο ουρανός του Δυτικού Καναδά φωτίστηκε. Δεκάδες είδαν έναν μετεωρίτη να εισέρχεται στην ατμόσφαιρα. Δευτερόλεπτα μετά, οι ντόπιοι φωτογράφοι απαθανάτισαν το ίχνος που άφησε στον ουρανό. Καθώς έπεφτε στη Γη, ο μετεωρίτης διαλύθηκε σε δεκάδες κομμάτια και προσγειώθηκε στη λίμνη Τάγκις της Βρετανικής Κολομβίας. Εντός ημερών, οι επιστήμονες έσπευσαν να συλλέξουν τα παγωμένα συντρίμια. Τα κομμάτια που έβγαλαν απ' τον πάγο ήταν ο πιο καλοδιατηρημένος μετεωρίτης που βρέθηκε ποτέ. Ένα άθικτο τμήμα εστάλη στα εργαστήρια της NASA στο Διαστημικό Κέντρο Τζόνσον του Χιούστον. Εκεί ο διαστημικός επιστήμονας Μάικλ Ζολένσκι τον εξέτασε, ο μετεωρίτης ήταν εντυπωσιακά αλώβητος μολονότι θερμάνθηκε με την τριβή μπαίνοντας στην ατμόσφαιρα. Οι μετεωρίτες παγώνουν στο Διάστημα επί εκατομμύρια χρόνια. Είναι πολύ παγωμένοι, μπαίνουν στην ατμόσφαιρα με μεγάλη ταχύτητα, θερμαίνονται πολύ εξωτερικώς αλλά για λίγα δευτερόλεπτα μόνο. Η θερμότητα λοιπόν φτάνει μέχρι λίγα χιλιοστά. Όταν οι μετεωρίτες πέφτουν στο έδαφος, παγώνουν γρήγορα. Όταν λένε ότι οι μετεωρίτες προκάλεσαν φωτιές, δεν ισχύει. Μετά από λίγα δευτερόλεπτα είναι παγωμένοι. Αλλά όταν ένας μετεωρίτης είναι εύθραυστος έχει μεγάλη σημασία που προσγειώνεται. Επειδή το εσωτερικό του μετεωρίτη έμεινε παγωμένο ο Ζολένσκι ανέλυσε τα συστατικά του. Το μαύρο υλικό είναι κυρίως πηλός, σαν αυτό που βρίσκεις στην αυλή. Περιέχει παγιδευμένα μόρια νερού. Το 20% του μετεωρίτη αποτελείται από νερό, μεγάλο ποσοστό. Απ' το σημείο και τη γωνία που έπεσε ο μετεωρίτης οι αστρονόμοι εντόπισαν την τροχιά του στο Διάστημα. Ανακάλυψαν ότι ήρθε έξω απ' την Κύρια Ζώνη Αστεροειδών. Αν παρατηρήσεις τους αστεροειδείς ανακαλύπτεις ότι όσο απομακρύνονται απ' τον Ήλιο, έχουν περισσότερο νερό. Τώρα οι αστρονόμοι υποπτεύονται ότι αστεροειδείς έξω απ' την Κύρια Ζώνη έφεραν το νερό στην Γη. Αν έχουν δίκιο, οι ωκεανοί μας ήρθαν απ' το Διάστημα με καταρακτώδη βροχή μετεωριτών. Αλλά απομένει ένα ερώτημα Γιατί τόσοι αστεροειδείς βγήκαν απ' την τροχιά τους και έπεσαν στην Γη;

Δράστης φαίνεται ο μεγαλύτερος πλανήτης του Ηλιακού Συστήματος. Ο Δίας βρίσκεται κοντά στην Κύρια Ζώνη Αστεροειδών. Έχει τόσο μεγάλη μάζα που η

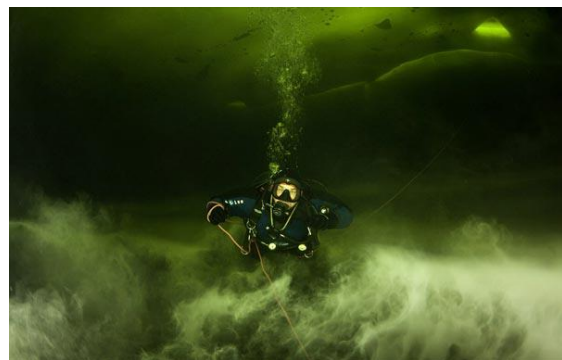


βαρύτητα του διακόπτει τη διαδρομή κάθε αντικειμένου. Στο μακρινό παρελθόν τράβηξε χιλιάδες αστεροειδείς σε ελλειπτικές τροχιές που περνούσαν κοντά απ' την Γη. Όταν συνέβη αυτό οι συγκρούσεις ήταν αναπόφευκτες. Η Γη βομβαρδίστηκε, καθώς οι αστεροειδείς συντρίβονται στην Γη, διαλύονται και το νερό δραπετεύει απ' το εσωτερικό τους. Μετά από αλληπάλληλες εκρήξεις δημιουργήθηκαν οι ωκεανοί μας. Οι επιστήμονες πίστευαν ότι χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια για να αποκτήσει η Γη νερό. Αλλά πρόσφατα στοιχεία υποδεικνύουν ότι

Εικόνα 2.4.7 Κύρια Ζώνη Αστεροειδών [Πηγή: www.mepolyaplalogia.blogspot.gr]

έφτασε γρήγορα.

Τα στοιχεία προήλθαν απ' την έρευνα του γεωλόγου Στίβεν Μόιζις. Στο εργαστήριό του στο Μπόλντερ του Κολοράντο ο Μόιζις άλεσε τα παλαιότερα πετρώματα στον κόσμο και απ' το εσωτερικό πήρε μικρούς κρυστάλλους, ζιρκόνιο. Το ζιρκόνιο είναι κοινό μέταλλο, είναι μικρό και δεν καταστρέφεται. Με μικροκύματα ιόντων ο Μόιζις ανάλυσε το ζιρκόνιο και μέτρησε την περιεκτικότητα του οξυγόνου στο εσωτερικό του. Οι κρύσταλλοι είχαν σχηματιστεί από συγκεκριμένο πέτρωμα. Ένα πέτρωμα που θα υπήρχε μόνο αν υπήρχε νερό στην Γη. Το εντυπωσιακό, συναρπαστικό και διασκεδαστικό ήταν ότι το ζιρκόνιο έδειξε ότι όχι μόνο η επιφάνεια της Γης είχε σταθερά κανονικές συνθήκες αλλά και ότι υπήρχε νερό παντού. Ο Μόιζις υπολόγισε την εποχή που η Γη απέκτησε νερό απ' την ηλικία των πετρωμάτων. Τα ζιρκόνια, σε κάποια πετρώματα πλησιάζουν την ηλικία των 4.4 δισεκατομμυρίων ετών. Αυτό σημαίνει ότι το νερό στην Γη έφτασε πριν από 150.000.000 έτη.



Εικόνα 2.4.8 Ωκεανός με Σίδηρο [Πηγή: www.perierga.gr]

Με το ρολόι μας, όπου οι 12 ώρες απεικονίζουν την ιστορία της Γης πέρασαν 25 λεπτά μετά τον σχηματισμό του πλανήτη. Αυτή την εποχή, η Γη μας σίγουρα θα ήταν διαφορετική. Η θάλασσα ήταν γεμάτη σίδηρο που ερχόταν απ' το εσωτερικό μέσω υδροθερμικών αγωγών. Και η ατμόσφαιρα ήταν πιο πυκνή απ' ότι σήμερα. Ένας ωκεανός πλούσιος σε σίδηρο θα

είχε πράσινο χρώμα. Η πιο πυκνή ατμόσφαιρα θα πρόσδιδε ένα κόκκινο χρώμα. Οι συνθήκες για ανθρώπινη ύπαρξη φαίνονται καλύτερες. Το έδαφος απέκτησε χαμηλότερη και υποφερτή θερμοκρασία. Και υπάρχει νερό για τη συντήρηση ζωής. Αλλά παραμένει ακόμη ένα φρικτό πρόβλημα. Τα αέρια στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο. Δεν υπάρχει οξυγόνο ούτε για δείγμα. Χωρίς οξυγόνο αποκλείεται να επιβιώσει άνθρωπος. Τα πρώτα χρόνια της ζωής της η Γη έζησε μια βίαιη και θυελλώδη αναταραχή. Εν καιρώ, η δραστηριότητα μειώθηκε ώσπου 500.000.000 χρόνια μετά την αρχή της δημιουργίας η θερμοκρασία έπεσε και η Γη καλύφθηκε από ωκεανούς. Αλλά δεν υπήρχε ακόμη οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Χωρίς αυτό, ζώα και άνθρωποι δεν μπορούσαν να υπάρξουν. Ένας επιστήμονας που ερεύνησε πώς η Γη απέκτησε οξυγόνο είναι ο γεωλόγος Μάρτιν Βαν Κράνεντονκ. Η έρευνά του τον έφερε στο Σαρκ Μπέι, στα δυτικά της Αυστραλίας. Είναι τόπος Παγκόσμιας Κληρονομιάς με τεράστια λιβάδια με φύκια, αλικόρες και ήρεμα δελφίνια. Αλλά ο Βαν Κράνεντονκ ήρθε να επισκεφτεί



Εικόνα 2.4.9 Στρωματόλιθοι [Πηγή: www.astroalximies.blospot.gr]

αρχαιότερα πλάσματα. Είναι ένα απ' τα δύο μέρη του κόσμου όπου υπάρχουν αυτές οι παράξενες ζωντανές δομές που ονομάζονται στρωματόλιθοι. Η στάθμη την θάλασσας ήταν πιο ψηλή, γι' αυτό οι δομές έφτασαν στο ύψος που τις κάλυπταν ολοκληρωτικά. Οι στρωματόλιθοι είναι πρωτόγονες δομές που υπάρχουν σε δύο μορφές. Μικρές κολόνες με ζωντανά βακτήρια και ιλύ όπως και επίπεδες δομές βακτηρίων. Το ζωντανό τμήμα τους αποτελείται από κυανοβακτήρια που αναπτύσσονται μέσω φωτοσύνθεσης. Παίρνουν ενέργεια απ' τον Ήλιο και μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα σε οξυγόνο. Χάρη σ' αυτήν τη διαδικασία μετατροπής του οξυγόνου υπάρχει ο πλανήτης Γη όπως τον γνωρίζουμε και γι' αυτό οι κάτοικοί της, οι άνθρωποι, τα ζώα και τα φυτά μπορούν να ζήσουν στην Γη. Ο Βαν Κράνεντονκ πιστεύει ότι οι στρωματόλιθοι δημιούργησαν το οξυγόνο εξαιτίας μιας σημαντικής ανακάλυψης 1.600 χλμ μακριά σε μια μακρινή περιοχή της Βόρειας Αυστραλίας. Στο Πίλμπαρα, απ' τα αρχαιότερα τοπία στον κόσμο. Χαρακτηριστικά ανέφερε: 'Είναι σαν να ήρθες με χρονομηχανή στην πρώιμη Γη. Ανατριχιάζω όταν περπατάω σ' αυτό το αρχαίο περιβάλλον όπου βλέπεις διαδικασίες ηλικίας 3.5

δισεκατομμυρίων χρόνων.’ Σε μια περιοχή που τηρείται μυστική για λόγους προστασίας βρίσκονται τα αρχαιότερα απολιθώματα. Οι πρόγονοι των στρωματόλιθων στο Σαρκ Μπέι. Το συναρπαστικό για τα πετρώματα στο Πίλμπαρα είναι ότι διαθέτει τα αρχαιότερα στοιχεία για τη ζωή στην Γη. Ουδείς γνωρίζει πώς ξεκίνησε η ζωή στην Γη. Αλλά τα απολιθώματα αυτά υποδεικνύουν ότι προέκυψε λίγο μετά τον σχηματισμό του πλανήτη. Τα απολιθώματα είναι 15 φορές αρχαιότερα απ’ τους δεινοσαύρους, τα βακτήρια που τα ζούσαν εδώ μόλις ένα δισεκατομμύριο χρόνια μετά τη γέννηση της Γης.

Στο ρολόι μας, τώρα η ώρα είναι 2:40. Αυτοί είναι οι πρώτοι οργανισμοί που ξεκίνησαν τη διαδικασία για να γίνει η ατμόσφαιρα μας πλούσια σε οξυγόνο. Έτσι μπορούσαμε εμείς, το ανθρώπινο γένος και όλα τα άλλα όντα να εξελιχθούμε στον πλανήτη Γη. Αν οι στρωματόλιθοι υπήρχαν στην Γη πριν από 3.5 δισεκατομμύρια χρόνια θα ξεκίνησαν την αύξηση του οξυγόνου στον αέρα. Αλλά φαίνεται ότι δεν το έκαναν. Για ένα δισεκατομμύριο χρόνια το επίπεδο του οξυγόνου δεν άλλαξε. Το τι απέγινε το οξυγόνο που παρήγαγαν οι στρωματόλιθοι φαίνεται 4.800 χιλιόμετρα μακριά σε ένα φαράγγι, στο Εθνικό Πάρκο Καριτζίνι της Αυστραλίας.



Εικόνα 2.4.10 Εθνικό Πάρκο Καριτζίνι [Πηγή: www.reddit.com]

Κρυμμένο στους βράχους βρίσκεται το κλειδί του χαμένου οξυγόνου. Οι γεωλόγοι ονομάζουν τους βράχους ταινιωτό σιδηρομετάλλευμα. Πιστεύουν ότι οφείλουν την ύπαρξή τους στους στρωματόλιθους. Οι βράχοι είναι προϊόν μιας σειράς συνθηκών στην ιστορία της Γης, σχηματίστηκαν πριν από 2.5 δισεκατομμύρια χρόνια όταν η Γη ήταν πολύ νέα και θεωρούνται προϊόν μικροβιακής δράσης στους αρχαίους ωκεανούς. Οι πρώτοι ωκεανοί της Γης λοιπόν ήταν γεμάτοι σίδηρο και καθώς τα βακτήρια στους στρωματόλιθους έβγαζαν οξυγόνο αυτό αντιδρούσε με τον σίδηρο στο νερό. Μπορούμε να το δούμε και σε ένα απλό πείραμα. Σε ένα δοχείο νερού βάζουμε σίδηρο. Αποκτά το ίδιο χρώμα με τους πρώτους ωκεανούς, δηλαδή πράσινος. Η αντλία λειτουργεί σαν στρωματόλιθος και δίνει οξυγόνο. Καθώς το οξυγόνο εισέρχεται στο νερό αντιδρά με τον σίδηρο σχηματίζοντας οξειδίο σιδήρου και διαχωρίζεται ως σκουριά. Οι ωκεανοί είχαν τόσο σίδηρο που για ένα δισεκατομμύριο χρόνια απορροφούσε όλο το οξυγόνο που παρήγαγαν οι

στρωματόλιθοι. Καθώς διαχωρίζονταν, η σκουριά καθόταν στον πυθμένα και μετατράπηκε σε πέτρωμα. Υπολογίζεται ότι σε όλον τον κόσμο οι βράχοι αυτοί περιέχουν 20% περισσότερο οξυγόνο απ' αυτό που έχει η ατμόσφαιρα. Και χρειάστηκε πάρα πολύ χρόνος για να σχηματιστούν.

Στο ρολόι μας, που απεικονίζει την ιστορία της Γης σε 12 ώρες βλέπουμε ότι ο πλανήτης σχηματίστηκε σε οκτώ λεπτά. Μετά από 25 λεπτά, η θερμοκρασία έπεσε και υπάρχει νερό. Αλλά χρειάστηκαν 4.5 ώρες για να αφαιρεθεί ο σίδηρος απ' τους ωκεανούς και να εναποτεθεί στους βράχους. Μόνο τότε άρχισε να αυξάνεται το επίπεδο του οξυγόνου, αυτό συνέβη πριν από 2.5 δισεκατομμύρια χρόνια και τα επόμενα δύο δισεκατομμύρια χρόνια, το επίπεδο αυξανόταν. Όσπου, πριν από 500.000.000 χρόνια έφτασε σε επίπεδα όπου μπορούν να επιβιώσουν ζώα. Ο πλανήτης μας μπορεί επιτέλους να συντηρήσει ζωή; Η θερμοκρασία έχει μειωθεί. Υπάρχει νερό να πιούμε και αέρας να ανασάνουμε. Αν ταξιδεύαμε σ' αυτήν την εποχή σίγουρα θα επιβιώναμε. Έχουν περάσει πλέον έντεκα ώρες. Αλλά η Γη έχει ακόμη πολύ δρόμο για να περπατήσουν οι πρώτοι άνθρωποι. 37 λεπτά πριν απ' τα μεσάνυχτα θα εμφανιστούν οι δεινόσαυροι. 10 λεπτά πριν απ' τα μεσάνυχτα θα αφανιστούν από μια καταστροφή. Τέλος, 19 δευτερόλεπτα πριν απ' τα μεσάνυχτα θα εμφανιστούν οι πρώτοι άνθρωποι. Χρειάστηκαν πάνω από 4 δισεκατομμύρια χρόνια αλλά μέσα από μια τεράστια έκταση σκόνης και αερίων οι δυνάμεις της Φύσης δημιούργησαν το μοναδικό ασφαλές καταφύγιο μας στο Σύμπαν, το σπίτι μας, την Γη.

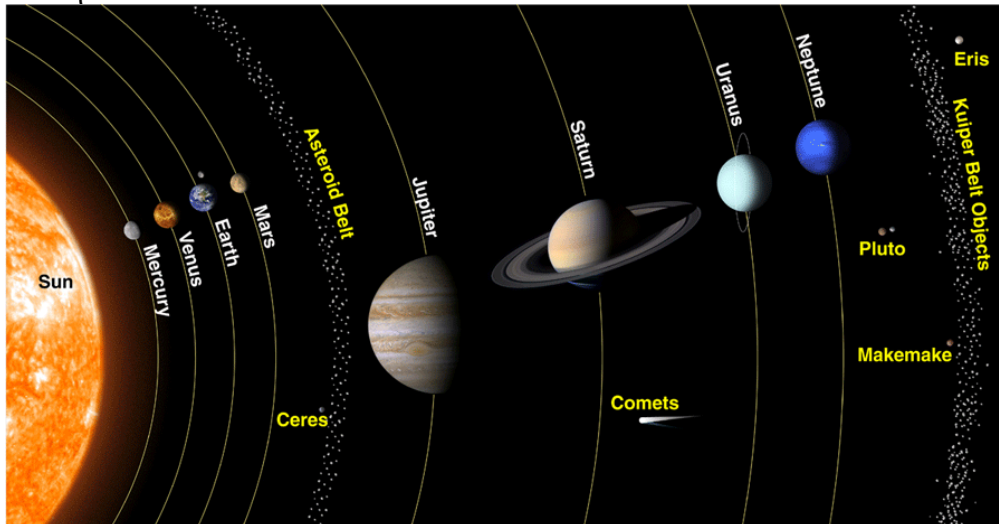
2.5 ΤΑ «ΓΕΝΕΘΛΙΑ» ΤΟΥ ΣΥΜΠΑΝΤΟΣ

Έτσι λοιπόν γνωρίζουμε πώς δημιουργήθηκε ο ορατός κόσμος, η μικρή γειτονιά μας που παρατηρούσαν οι αρχαίοι Έλληνες και το αχανές Διάστημα που αντιλαμβανόμαστε εμείς σήμερα. Η λέξη «ορατός» δεν χρησιμοποιείται τυχαία εδώ. Ένα από τα μεγαλύτερα σύγχρονα προβλήματα της Κοσμολογίας είναι ακριβώς ότι, εκτός από την ύλη που αποτελεί τα αστέρια και τους πλανήτες (και άρα είναι ορατή), φαίνεται ότι υπάρχει και αόρατη ύλη στο Σύμπαν. Η αόρατη μάλιστα ύλη φαίνεται ότι είναι πολύ περισσότερη από την ορατή, ίσως και 100 φορές. Κανένας δεν έχει σήμερα την παραμικρή ιδέα για το πώς δημιουργήθηκε και σε τι μορφή βρίσκεται αυτή η ύλη. Μερικοί μάλιστα σκεπτικιστές διερωτώνται πώς μπορούμε να θεωρούμε ότι κατανοούμε τον κόσμο, όταν δεν αντιλαμβανόμαστε καν την ύπαρξη του μεγαλύτερου τμήματός του. Εν τούτοις γνωρίζουμε τουλάχιστον την ηλικία του Σύμπαντος με αρκετή ακρίβεια: είναι «περίπου» 15 δισεκατομμύρια χρόνια, πράγμα που σημαίνει ότι δεν θα κάνουμε σοβαρό λάθος αν ορίσουμε την επέτειο εορτασμού της γέννησής του οποιαδήποτε χρονιά την προσεχή χιλιετία.

2.6 ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το Ηλιακό σύστημα περιλαμβάνει τον Ήλιο και όλα τα αντικείμενα τα οποία κινούνται σε τροχιά γύρω από αυτόν μέσα στο πεδίο βαρύτητάς του, είτε περιστρεφόμενα άμεσα γύρω από αυτόν είτε κινούμενα σε τροχιές γύρω από άλλα σώματα που κινούνται γύρω από τον Ήλιο. Βρίσκεται στο τοπικό διαστρικό Νέφος, το οποίο ανήκει στην Τοπική Φυσαλίδα, η οποία με τη σειρά της ανήκει στον βραχίονα του Ωρίωνα στο Γαλαξία, σε απόσταση 27.000 ετών φωτός από το κέντρο του. Σχηματίστηκε πριν από 4,6 δισεκατομμύρια έτη, από την βαρυτική κατάρρευση ενός γιγάντιου μοριακού νέφους. Τα αντικείμενα με τη μεγαλύτερη μάζα που περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο, ο οποίος συγκεντρώνει την κύρια μάζα του Ηλιακού συστήματος (99,86%), είναι οι οκτώ πλανήτες που σχηματίζουν

το πλανητικό σύστημα, των οποίων οι τροχιές είναι σχεδόν ελλειπτικές και βρίσκονται πάνω στο επίπεδο που ορίζει η εκλειπτική. Οι τέσσερις εσωτέροι, ο Ερμής, η Αφροδίτη, η Γη και ο Άρης αποτελούν τους λεγόμενους γήινους πλανήτες και αποτελούνται κυρίως από πετρώματα και μέταλλα. Οι τέσσερις εξώτεροι πλανήτες ονομάζονται αέριοι γίγαντες. Από αυτούς, οι δύο μεγαλύτεροι, ο Δίας και ο Κρόνος αποτελούνται από υδρογόνο και ήλιο και οι άλλοι δύο, ο Ουρανός και ο Ποσειδώνας αποτελούνται από νερό, αμμωνία και μεθάνιο. Με εξαίρεση τον Ερμή και την Αφροδίτη οι υπόλοιποι πλανήτες διαθέτουν φυσικούς δορυφόρους, ενώ οι αέριοι γίγαντες διαθέτουν επιπλέον και δακτυλίους, οι οποίοι αποτελούνται από πάγο και σκόνη.



Εικόνα 2.6.1 Το Ηλιακό Σύστημα [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

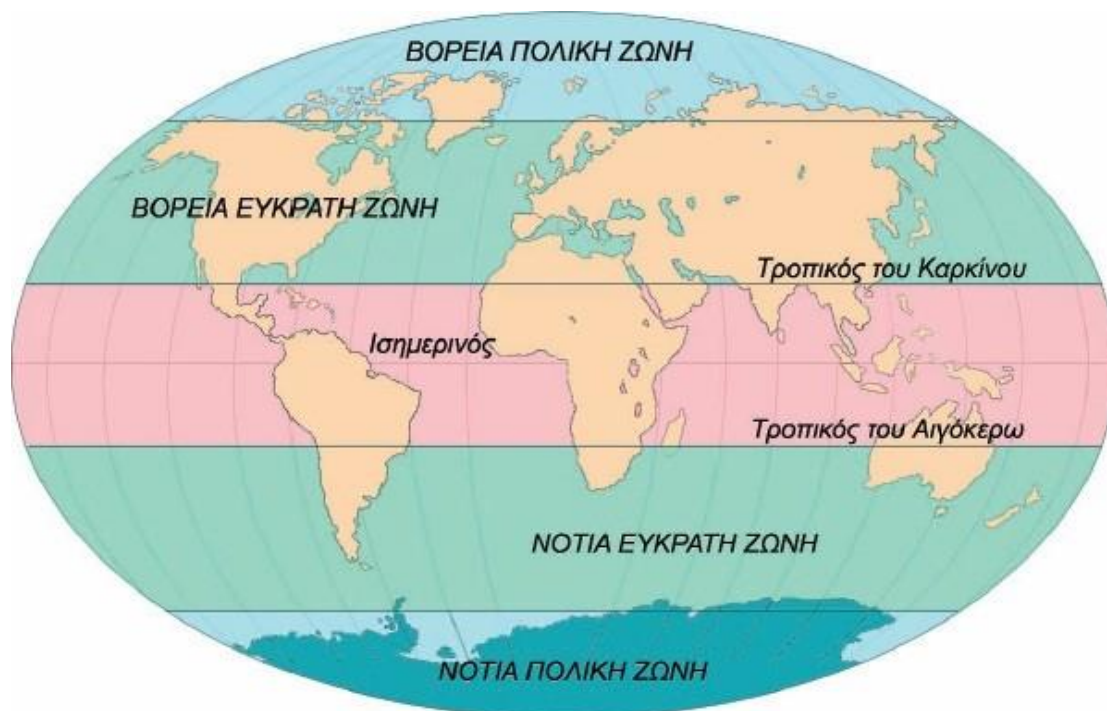
Εκτός από τους πλανήτες, τους δορυφόρους τους και τους δακτυλίους τους, εντός του βαρυτικού πεδίου του Ήλιου συναντιούνται διάφορα μικρότερα ουράνια αντικείμενα όπως αστεροειδείς και κομήτες. Οι δύο κύριες ζώνες τέτοιων αντικειμένων στο Ηλιακό σύστημα είναι η Κύρια Ζώνη Αστεροειδών, μεταξύ των πλανητών Άρη και Δία, και η Ζώνη του Κάιπερ, πέρα από τη τροχιά του Ποσειδώνα. Η τελευταία, μαζί με τα Αντικείμενα Διασκορπισμένου Δίσκου και τα αντικείμενα του Νέφους του Όορτ σχηματίζουν την ομάδα των Μεταποσειδώνιων Αντικειμένων. Σε αυτές τις περιοχές, πέρα από τους δεκάδες χιλιάδες μικρούς αστεροειδείς, συναντώνται και πλανήτες νάνοι όπως η Δήμητρα, ο Πλούτωνας, η Χαουμεία, ο Μακεμάκε και η Έρις. Αστεροειδείς συναντώνται να κινούνται και σε άλλες περιοχές του Ηλιακού συστήματος όπως στην περιοχή εσωτερικά της τροχιάς του πλανήτη Άρη (γεωπλήσια αντικείμενα) ή παγιδευμένα στα δύο Λαγκρανζιανά σημεία της τροχιάς του Δία (Τρωικοί αστεροειδείς). Μεταξύ των διαφόρων περιοχών κινούνται, επίσης, ελεύθερα αντικείμενα όπως κομήτες, κένταυροι ή διαπλανητική σκόνη. Ο ηλιακός άνεμος, ροή σωματιδίων από τον Ήλιο, σχηματίζει στο διαστρικό ενδιάμεσο μια φυσαλίδα, γνωστή ως ηλιόσφαιρα, η οποία περικλείει τον Ήλιο, τους πλανήτες και τις ζώνες των αστεροειδών. Η διάμετρος της, μέχρι το εξωτερικό της όριο το οποίο ονομάζεται Ηλιόπαυση, φτάνει, σύμφωνα με πρόσφατα (2012) δεδομένα, τις 122 Αστρονομικές Μονάδες (AU). Πέρα από την Ηλιόπαυση, στο ένα τέταρτο της απόστασης από το κοντινότερο αστέρι του Ήλιου, τον Εγγύτατο Κενταύρου, και 1.000 φορές μακρύτερα από τα όρια της Ηλιόσφαιρας, πιστεύεται πως υπάρχει μια σφαιρική περιοχή με αντικείμενα που αποτελούνται κυρίως από πάγο. Η υποθετική αυτή περιοχή αυτή ονομάζεται Νέφος του Όορτ. Θεωρείται πως περικλείει το Ηλιακό σύστημα και αποτελεί την πηγή των κομητών μακράς περιόδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Ο ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΚΛΙΜΑ

Με τον όρο *καιρός* εννοούμε την κατάσταση της ατμόσφαιρας κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή από την άποψη της θερμοκρασίας, της πίεσης της υγρασίας και του υφισταμένου ανέμου (ένταση και διεύθυνση), με ότι άλλο φαινόμενο συνοδεύει αυτά, τόσο στην ξηρά, όσο και στη θάλασσα ή στον υπερκείμενο αέρα του ίδιου πάντα τύπου. Η επιστήμη που εξετάζει τον καιρό είναι η Μετεωρολογία. Συνεπώς θα μπορούσε να ορισθεί ότι καιρός είναι το σύνολο των μετεωρολογικών παραμέτρων σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία και κατά μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Κλίμα ονομάζεται η μέση καιρική κατάσταση ή καλύτερα ο μέσος καιρός μιας περιοχής, που προκύπτει από τις μακροχρόνιες παρατηρήσεις των διάφορων μετεωρολογικών στοιχείων. Το κλίμα επομένως είναι κάτι διαφορετικό από τον καιρό, που χαρακτηρίζεται σαν μια φυσική κατάσταση της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια μιας μικρής χρονικής περιόδου. Το κλίμα παίζει σπουδαιότατο ρόλο, τόσο στο φυτικό όσο και στο ζωικό βασίλειο. Από το κλίμα ορίζονται οι ζώνες της βλάστησης καθώς και η κατανομή των ζώων και των ανθρώπων πάνω στη γη. Ο τύπος ενός κλίματος συνήθως καθορίζεται από την ταξινόμηση κατά Köppen, που υιοθετεί διαφορετικές κλιματικές ζώνες με βάση τη βλάστηση κάθε περιοχής.

Σε αντιδιαστολή με το *κλίμα*, ο καιρός αναφέρεται στις βραχυχρόνιες μεταβολές της ατμόσφαιρας οι οποίες συμβαίνουν σε χρονικές κλίμακες από λίγα λεπτά ως λίγες εβδομάδες. Το κλίμα από την άλλη πλευρά αποτελεί τη σύνθεση του καιρού σε μία περιοχή, τον μέσο καιρό. Ορίζεται από το σύνολο των στατιστικών



Εικόνα 3.1.1 Οι ζώνες της Γης [Πηγή: www.ebooks.edu.gr]

πληροφοριών οι οποίες περιγράφουν τις μεταβολές του καιρού σε μια περιοχή για κάποιο μεγάλο χρονικό διάστημα (τυπικά οι κλιματικές περίοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουμε το κλίμα μιας περιοχής εκτείνονται σε τριάντα χρόνια).

Καιρός είναι μια χιονοθύελλα. Τα ήπια καθώς και τα βίαια φαινόμενα που εμφανίζονται μια μέρα στην ατμόσφαιρα είναι επίσης καιρός. Από την άλλη πλευρά, μια περιοχή η οποία δεν δέχεται μεγάλες ποσότητες βροχής λέμε ότι έχει ξηρό κλίμα. Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και θερμά και ξηρά καλοκαίρια.

Τα κύρια μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιούμε για να ορίσουμε τον καιρό είναι τα παρακάτω:

- Η ατμοσφαιρική πίεση,
- η θερμοκρασία του αέρα,
- η υγρασία του αέρα, και,
- η κίνηση του αέρα (άνεμος).

Υπάρχει ακόμα μια σειρά από μετεωρολογικά στοιχεία τα οποία, αν και είναι πολύ σημαντικά, εξαρτώνται γενικά από τα κύρια στοιχεία. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

- η νέφωση,
- ο υετός (βροχή, χιόνι, χαλάζι),
- η ορατότητα κτλ

Η μέτρηση των παραπάνω μετεωρολογικών στοιχείων μας βοηθάει να ορίσουμε τον καιρό που επικρατεί κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Όταν οι μετρήσεις συνεχίζονται για μεγάλο χρονικό διάστημα τότε μπορούμε να αναλύσουμε στατιστικά το πειραματικό υλικό και να υπολογίσουμε το κλίμα της περιοχής των μετρήσεων.

3.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

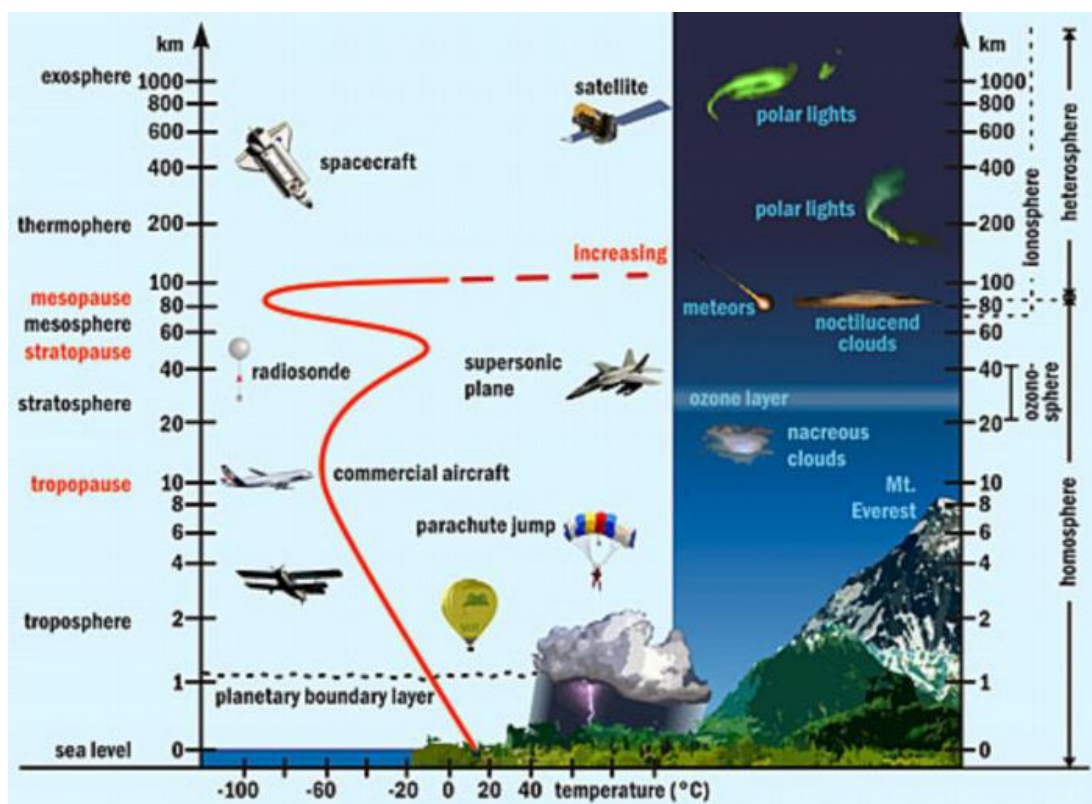
Βγείτε έξω από το σπίτι σας και κοιτάξτε ψηλά στον ουρανό. Τι βλέπετε; Μπορεί να δείτε τον μπλε ουρανό ή όμορφα χνουδωτά σύννεφα. Τη νύχτα θα δείτε τ' αστέρια, έναν δορυφόρο ή το ημισελήνοειδές φεγγάρι. Αυτό που δεν βλέπετε, εντούτοις, είναι η πολυπλοκότητα της ατμόσφαιράς μας. Η ατμόσφαιρα είναι μια αεριώδης μάζα που περιβάλλει τη Γη και επιτρέπει τη ζωή του ανθρώπου και όλων των άλλων οργανισμών του ζωικού και του φυτικού βασιλείου. Τα φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα στην ατμόσφαιρα, εκτός του ότι συμβάλλουν στη γεωλογική εξέλιξη του πλανήτη, προσδιορίζουν το κλίμα και τις μεταβολές του πάνω στην επιφάνεια της Γης.

Με τον όρο ατμόσφαιρα της Γης εννοούμε το αέριο σώμα που περιβάλλει τη Γη και συγκρατείται λόγω της βαρύτητάς της, φτάνοντας πρακτικά σε ύψος 3.500 χιλιόμετρα. Το όριο ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και το διάστημα δεν είναι αυστηρά καθορισμένο. Καθώς μεγαλώνει η απόσταση της από τη Γη η ατμόσφαιρα σταδιακά εξασθενεί και εξαφανίζεται σιγά σιγά στο διάστημα. Το υψόμετρο των 120 χλμ ορίζει το σημείο που τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα γίνονται αισθητά κατά τη διάρκεια της επανεισόδου στην ατμόσφαιρα. Η γραμμή Κάρμαν στα 100 χμ λαμβάνεται επίσης συχνά σαν το σύνορο ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και το διάστημα.

Η ατμόσφαιρα προστατεύει τη ζωή στη Γη με το να απορροφά την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, να θερμαίνει την επιφάνεια της με την παρακράτηση της θερμότητας

(φαινόμενο του θερμοκηπίου) και να μειώνει τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας ανάμεσα στη μέρα και τη νύχτα.

Στην ατμόσφαιρα της Γης οφείλεται η ύπαρξη ζωής, εφόσον σε αυτήν οφείλονται η απορρόφηση μεγάλου τμήματος της υπεριώδους ακτινοβολίας και η μείωση της διαφοράς των ακραίων θερμοκρασιών που θα υπήρχαν μεταξύ ημέρας και νύχτας χωρίς αυτήν, χάρη στην παρακράτηση της θερμότητας. Ο ξηρός αέρας αποτελείται κατά 78,08 % από άζωτο, 20,95% από οξυγόνο, 0,93% από αργό, 0,0395% από διοξείδιο του άνθρακα και από ίχνη άλλων αερίων. Η σύνθεσή της από την επιφάνεια της θάλασσας και μέχρι τα 80-100 χιλιόμετρα ύψος, παραμένει σχεδόν αμετάβλητη. Αντίθετα η πυκνότητά της ατμόσφαιρας ελαττώνεται πολύ γρήγορα, έτσι ώστε η αναπνοή στη κορυφή του Έβερεστ (8.848 μ.) να είναι πολύ δύσκολη μέχρι αδύνατη, αφού η πυκνότητά της εκεί, φθάνει μόλις τα 1/3 της πυκνότητας που παρατηρείται στην επιφάνεια της θάλασσας.



Εικόνα 3.2.1 Κατακόρυφη δομή ατμόσφαιρας [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

Κατακόρυφη δομή

Η χημική σύνθεση της ατμόσφαιρας μέχρι το ύψος των 80-100 χλμ είναι σχεδόν αμετάβλητη. Ανάλογα όμως της μεταβολής της θερμοκρασίας διακρίνονται σε αυτή τα ακόλουθα στρώματα:

Τροπόσφαιρα είναι το στρώμα που βρίσκεται σε άμεση επαφή με το έδαφος και έχει μέσο πάχος 11-12 χλμ. Η πίεση του αέρα ελαττώνεται με την αύξηση του ύψους. Η θερμοκρασία μεταβάλλεται περίπου από 20°C στο έδαφος μέχρι -55°C στο ανώτερο όριο. Η τροπόσφαιρα έχει μελετηθεί περισσότερο από τα άλλα στρώματα, επειδή είναι εύκολη η έρευνά της με τα συνήθη μέσα, αλλά κυρίως διότι είναι η έδρα των μετεωρολογικών φαινομένων που απευθείας επηρεάζουν τη ζωή πάνω στη Γη. Περίπου το 95% της συνολικής μάζας του αέρα και σχεδόν όλο το νερό που υπάρχει

στην ατμόσφαιρα βρίσκονται στην τροπόσφαιρα. Η ποσότητα οξυγόνου, στοιχείου βαρύτερου από το άζωτο, ελαττώνεται με το ύψος.

Η τροπόπαυση είναι η επιφάνεια ή το λεπτό στρώμα –ανύπαρκτο κάποτε– που χωρίζει την τροπόσφαιρα από τη στρατόσφαιρα· εδώ η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει ακόμα και τους -85°C .

Στρατόσφαιρα είναι η ονομασία που έχουν δώσει στην περιοχή που περιλαμβάνεται μεταξύ των 11-12 και των 30-40 χλμ. Το όνομα αυτό προέρχεται από την κατά στρώματα διάταξη των αερίων που την αποτελούν και είναι διατεταγμένα ανάλογα με το ειδικό βάρος τους. Υπάρχουν υδρατμοί σε ελάχιστη ποσότητα και στα κατώτερα στρώματα επικρατεί το όζον (οζονόσφαιρα). Η θερμοκρασία παραμένει σχεδόν σταθερή και αρκετά κάτω από το μηδέν σε ολόκληρο το πάχος του στρώματος· αυτή η διανομή των θερμοκρασιών είναι μία από τις αιτίες της μεγάλης σταθερότητας της στρατόσφαιρας και επιτρέπει μια κατανομή των αερίων σχεδόν αδιατάρακτη εξαιτίας της βαρύτητας.

Πάνω από τη στρατόσφαιρα εκτείνεται από τα 30-40 έως τα 80 χλμ. **η μεσόσφαιρα**. Στην περιοχή αυτή η θερμοκρασία έως το ύψος των 50-55 χλμ. ανεβαίνει και στη συνέχεια ελαττώνεται έως τα 80 χλμ. Στη μεσόσφαιρα έχουν μετρηθεί οι πιο χαμηλές θερμοκρασίες -90°C .

Πάνω από τη μεσόσφαιρα, η θερμοκρασία αρχίζει να ανέρχεται σημαντικά και βαθμιαία· αυτή η τελευταία περιοχή, που λέγεται **θερμόσφαιρα (ιονόσφαιρα)**, αντιπροσωπεύει από θερμική άποψη το εξώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας. Στη θερμόσφαιρα ο αέρας είναι πολύ αραιός που σημαίνει ότι υπάρχουν πολύ λιγότερα μόρια αέρα. Η θερμόσφαιρα είναι πολύ ευαίσθητη στις ακτίνες του ηλίου και μπορεί να φτάσει στους 1.500°C ή και περισσότερο. Εδώ σχηματίζονται το Βόρειο και το Νότιο Πολικό Σέλας (σε ύψος 100 χιλιομέτρα.). Σ' αυτό το στρώμα μπαίνουν σε τροχιά γύρω από τη γη μας και οι διαστημικοί σταθμοί. Σημαντικότερο στρώμα, τόσο για την Μετεωρολογία, όσο ιδιαίτερα για τους ναυτίλλομένους, είναι η Τροπόσφαιρα αφού εντός αυτής λαμβάνουν χώρα όλες οι μεταβολές του καιρού και όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα.

1η Σημείωση: Η εν λόγω κατακόρυφη δομή ορίστηκε κατά την Μετεωρολογία και μόνο, και ουδεμία σχέση έχει με τη διαστρωμάτωση που κάνει η Αστρονομία για τον πλανήτη Γη.

2η Σημείωση: Η παραπάνω κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας σε στρώματα και καθορισμού ύψους εκάστου ορίστηκε το 1962 από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (W.M.O.).

Το διάστημα είναι επικίνδυνο μέρος, γεμάτο θανατηφόρα ακτινοβολία και μετεωροειδή. Ωστόσο, ο γαλάζιος πλανήτης μας φαίνεται ότι ταξιδεύει σε αυτό το γαλαξιακό «πεδίο βολής» σχετικά αλώβητος. Γιατί; Επειδή η γη προστατεύεται από μια εντυπωσιακή πανοπλία—ένα πανίσχυρο μαγνητικό πεδίο.

Το μαγνητικό πεδίο της γης πηγάζει από τα βάθη του πλανήτη και εκτείνεται μακριά στο διάστημα, όπου σχηματίζει μια αόρατη ασπίδα η οποία ονομάζεται μαγνητόσφαιρα. Αυτή η ασπίδα μας προστατεύει από τη μέγιστη ισχύ

της κοσμικής ακτινοβολίας και από κινδύνους που προέρχονται από τον ήλιο. Σε αυτούς τους κινδύνους περιλαμβάνεται ο ηλιακός άνεμος, που είναι μια συνεχής ροή φορτισμένων σωματιδίων, οι ηλιακές εκλάμψεις, οι οποίες απελευθερώνουν μέσα σε μερικά λεπτά ενέργεια ίση με δισεκατομμύρια βόμβες υδρογόνου, καθώς και οι στεμματικές εκτοξεύσεις μάζας (CME), οι οποίες εκτοξεύουν δισεκατομμύρια τόνους ύλης από το στέμμα του ήλιου προς το διάστημα. Τόσο οι ηλιακές εκλάμψεις όσο και οι CME προκαλούν έντονο σέλας, δηλαδή ζωηρόχρωμες επιδείξεις φωτός, ορατές στην ανώτερη ατμόσφαιρα κοντά στους μαγνητικούς πόλους της γης.

3.3 ΥΔΡΟΣΦΑΙΡΑ

Η Γη είναι ο μόνος πλανήτης του Ηλιακού μας Συστήματος όπου στην επιφάνειά της κυριαρχεί το υγρό στοιχείο. Το νερό καλύπτει το 71% της γήινης επιφάνειας (από το οποίο 97% είναι θαλάσσιο νερό και 3% γλυκό νερό (πιθανολογείται το 1,8%) και την χωρίζει σε πέντε ωκεανούς και επτά ηπείρους. Η τροχιά της Γης σε συνδυασμό με την ηφαιστειακή δραστηριότητα, τη βαρύτητα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το μαγνητικό πεδίο και την ατμόσφαιρα πλούσια σε οξυγόνο είναι οι βασικές αιτίες που κάνουν τη Γη τον πλανήτη του νερού.

Αν και η τροχιά της Γης είναι αρκετά απομακρυσμένη ώστε να διατηρεί υγρό νερό, το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτρέπει το νερό από το να παγώσει, διατηρώντας την μέση θερμοκρασία της Γης στους 15 βαθμούς Κελσίου πάνω από το σημείο πήξης. Παλαιοντολογικές ενδείξεις δείχνουν πως κάποια στιγμή μετά την αποίκηση των ωκεανών από τα μπλε-πράσινα βακτήρια, πριν 600 εκατομμύρια χρόνια, το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατέρρευσε, με αποτέλεσμα την ολική ψύξη της Γης και την πήξη όλων των ωκεανών για μία περίοδο από 10 - 100 εκατομμύρια χρόνια, σε ένα γεγονός που καλείται «Χιονόμπαλα Γη» («Snowball Earth»).

Σε άλλους πλανήτες, όπως στην Αφροδίτη, ο ατμός καταστρέφεται από την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία και το υδρογόνο ιονίζεται και απομακρύνεται από τον πλανήτη μέσω του ηλιακού ανέμου. Αυτή είναι μία υπόθεση για την έλλειψη νερού στην Αφροδίτη, χωρίς υδρογόνο, το νερό αντιδρά με τα στερεά της επιφάνειας δημιουργώντας οξειδία.

Στην ατμόσφαιρα της Γης, ένα στρώμα όζοντος στην στρατόσφαιρα, απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας, αποτρέποντας την αποσύνθεση του νερού. Επιπλέον, η μαγνητόσφαιρα, αποτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των στοιχείων της ατμόσφαιρας και του ηλιακού ανέμου.

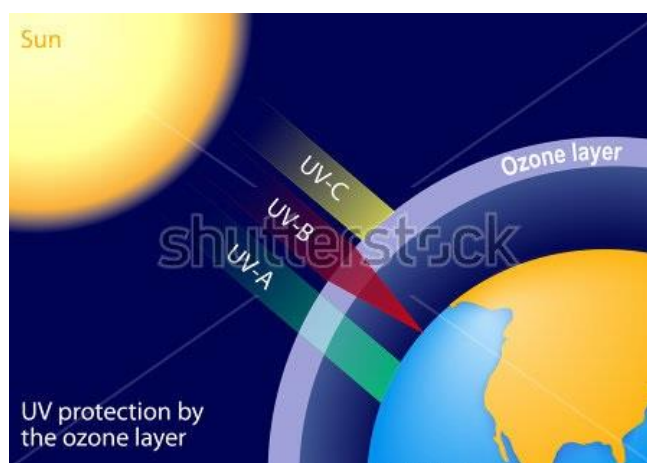
Τέλος, τα ηφαίστεια εκπέμπουν συνεχώς ατμούς από το εσωτερικό. Η τεκτονική των πλακών της Γης ανακυκλώνουν τον άνθρακα και το νερό, καθώς οι ασβεστόλιθοι εισέρχονται στο μανδύα και εξέρχονται μέσω των ηφαιστειών ως ατμός και διοξείδιο του άνθρακα. Εκτιμάται πως τα συστατικά του μανδύα περιέχουν τουλάχιστον 10 φορές την ποσότητα του νερού των ωκεανών, αν και το μεγαλύτερο μέρος είναι παγιδευμένο και ποτέ δεν απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα

3.4 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Φαινόμενο του Θερμοκηπίου ονομάζεται ο εγκλωβισμός ενός ποσοστού της ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας να αυξάνεται. Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας περνά αναλλοίωτο την ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται σαν μεγάλο μήκος υπέρυθρη ακτινοβολία. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, τη θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το φαινόμενο αυτό, που επιτρέπει τη διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου και ο Γάλλος μαθηματικός Fourier το ονόμασε το 1822 «Φαινόμενο Θερμοκηπίου». Αποτελεί μια φυσική διεργασία που εξασφαλίζει στη Γη μια θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους γύρω στους 15°C ενώ η θερμοκρασία θα ήταν -18°C χωρίς αυτό. Όμως τα τελευταία χρόνια λέγοντας Φαινόμενο του Θερμοκηπίου δεν αναφερόμαστε στη φυσική διεργασία, αλλά στην έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

3.5 ΤΟ ΣΤΡΩΜΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Εάν διαβάζετε αυτές τις γραμμές, πρέπει να αναπνέετε. Και εάν αναπνέετε, εισπνέετε και όζον! Το όζον είναι ένα αέριο της ατμόσφαιρας που μας περιβάλλει. Τι είναι όμως το όζον; Τι προσφέρει στην ατμόσφαιρά μας; Το όζον στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς απορροφάει τις υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες. Οι υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες αποτελούν το 10% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη. Χωρίζεται σε τρία είδη, τη UV-A, τη UV-B και την πιο επικίνδυνη, την UV-C. Η τελευταία είναι αυτή που απορροφάται από το όζον στη στρατόσφαιρα. Η UV-C, λοιπόν, είναι η πιο επικίνδυνη υπεριώδης ακτινοβολία, καθώς:



Εικόνα 3.5.1 Τα 3 είδη της ακτινοβολίας [Πηγή: www.gr.dreamstime.com]

- Αποτελεί τη βασικότερη αιτία για το μελάνωμα, μια μορφή θανατηφόρου καρκίνου του δέρματος. Στην Αυστραλία, όπου η υπεριώδης ακτινοβολία είναι 15% περισσότερη από την Ευρώπη, εκτιμάται πως το 2011 οι περιπτώσεις μελανώματος θα είναι αυξημένες κατά 23% για τις γυναίκες και 28% για τους άντρες σε σχέση με το 2002.
- Επίσης, η ακτινοβολία UV-C αποτελεί αιτία του καταρράκτη, καθώς είναι αρκετά ισχυρή ώστε να περάσει μέσα από τον αμφιβληστροειδή του ματιού.
- Τελευταία, και ενδεχομένως η κυριότερη επίδραση της UV-C στους ζωντανούς οργανισμούς είναι η μετάλλαξη του DNA τους. Μάλιστα, είναι

τόσο ισχυρή που οι επιστήμονες τη χρησιμοποιούν σε εργαστήρια και υπό κατάλληλες συνθήκες για να επιτύχουν μεταλλάξεις γονιδίων. Πιο συγκεκριμένα, η UV-C αλλοιώνει το DNA σε τέτοιο βαθμό ώστε αυτό σταδιακά να χάνει την ιδιότητά του να διαιρείται και να πολλαπλασιάζεται.

3.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Οι κλιματικές συνθήκες στη Γη καθορίζονται από μια συνεχή ροή ενέργειας από τον ήλιο. Η θερμική ενέργεια του ήλιου, διαπερνά την ατμόσφαιρα της Γης και θερμαίνει την επιφάνεια της. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία της επιφάνειας, η Γη στέλνει, υπό τη μορφή υπερυθρης ακτινοβολίας, θερμική ενέργεια πίσω στην ατμόσφαιρα. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας απορροφάται από αέρια (τα λεγόμενα 'αέρια του θερμοκηπίου'), όπως το διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου και υδρατμοί, παγιδεύοντας έτσι την ενέργεια και διατηρώντας τη μέση θερμοκρασία της Γης στους περίπου 15°C. Αυτά τα επίπεδα θερμοκρασίας είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ζωής για ανθρώπους, φυτά και ζώα. Δίχως αυτά τα αέρια, η θερμοκρασία της Γης θα έφτανε στους -18°C, 'παγώνοντας' τις περισσότερες μορφές ζωής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΥΝ ΤΟ ΚΛΙΜΑ

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες, τόσο φυσικοί όσο και ανθρωπογενείς, οι οποίοι προσδιορίζουν το κλίμα της γης. Κατά βάση, το κλίμα είναι το αποτέλεσμα της απορρόφησης και της αναδιανομής της ηλιακής ακτινοβολίας από το σύστημα ατμόσφαιρας-υδρόσφαιρας-γης. Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει την ενέργεια η οποία κινεί τα καιρικά φαινόμενα και διαμορφώνει το κλίμα. Περίπου το ένα τρίτο της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από τις διαφορετικές συνιστώσες του κλιματικού συστήματος: την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, την ξηρά και τις διάφορες μορφές ζωής. Εκτός από την ανακλώμενη, μικρού μήκους κύματος, ηλιακή ακτινοβολία, η γη εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία προς το διάστημα.

Η λεπτή ισορροπία ανάμεσα στην εξερχόμενη ακτινοβολία και την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προσδιορίζει το παγκόσμιο κλίμα. Οποιαδήποτε αλλαγή στους παράγοντες που επιδρούν τόσο στην εισερχόμενη όσο και την εξερχόμενη ακτινοβολία ή στον μηχανισμό αναδιανομής της ενέργειας οδηγούν σε αλλαγή του κλίματος.

Οι παράγοντες αυτοί συνοψίζονται παρακάτω:

•Ηλιακή ακτινοβολία

Οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία φθάνει στη γη, μπορεί να οφείλονται τόσο στην ηλιακή δραστηριότητα (κυρίως στον ενδεκαετή κύκλο των κηλίδων) όσο και σε βραδείες μεταβολές της γεωμετρίας της τροχιάς της γης,

συμπεριλαμβανομένων και αλλαγών στην κλίση του άξονα της γης (χρονικές κλίμακες δεκάδων χιλιάδων ετών).

•Ατμοσφαιρική σύσταση

Η αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας οδηγεί σε αλλαγή του κλίματος κυρίως μέσα από δύο διαφορετικούς μηχανισμούς. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οφείλεται στις εκπομπές κάποιων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, τα οποία περιορίζουν τις απώλειες ακτινοβολίας προς το διάστημα. Αντίθετη είναι η δράση των αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία εκπέμπονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές και τα οποία αντανακλούν ή και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθούν οι εκρήξεις ηφαιστειών, οι οποίες εκτοξεύουν μεγάλες ποσότητες αερίων και σωματιδίων στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να παραμείνουν εκεί για πολλά χρόνια οδηγώντας σε μια ψύξη της κατώτερης ατμόσφαιρας, ιδιαίτερα αισθητή στο ημισφαίριο στο οποίο έγινε η έκρηξη.

•Αλλαγές στη χρήση γης

Οι άνθρωποι αντικαθιστούν δάση με καλλιεργημένες εκτάσεις ή ακόμα βλάστηση με τσιμέντο ή άσφαλτο επηρεάζοντας τον τρόπο που η επιφάνεια της γης απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Αυτές οι επεμβάσεις επηρεάζουν επίσης τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και κατ' επέκταση και τις βροχοπτώσεις.

4.2 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΚΑ ΑΕΡΙΑ

Πολύπλοκα μαθηματικά μοντέλα, γνωστά ως GCM (General Circulation Models), τα οποία επεξεργάζονται όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες για να προβλεφθούν οι μελλοντικές κλιματικές αλλαγές, δείχνουν ότι η μέση θερμοκρασία της Γης θα αυξάνεται κατά μέσο όρο περίπου $0,3^{\circ}\text{C}$ ανά δεκαετία για τα επόμενα 100 χρόνια. Αν συμβεί όμως μια τέτοια αύξηση, που φαινομενικά είναι μικρή, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές κλιματικές αλλαγές με απρόβλεπτες συνέπειες.

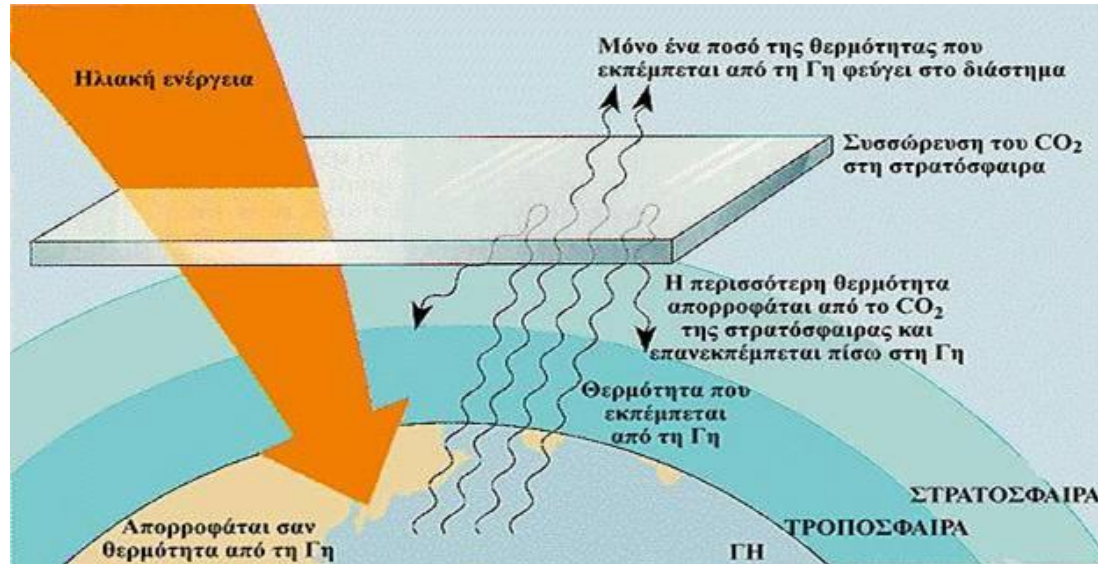
Ένα σημαντικό θέμα είναι η επίδραση που θα έχει η αύξηση της θερμοκρασίας στο επίπεδο της θάλασσας. Αναμένεται άνοδος της επιφάνειας που θα οφείλεται στη θερμική διαστολή των ωκεανών και στο λιώσιμο των πάγων των οροσειρών και σε μικρότερο ποσοστό σε λιώσιμο των πάγων τη Γροιλανδίας. Παράλληλα η κατανομή και η συχνότητα των βροχοπτώσεων θα μεταβληθούν. Θα αυξηθούν οι πλημμύρες, οι καταιγίδες και γενικά οι ακραίες καιρικές συνθήκες θα είναι συχνότερες και εντονότερες.

Οι υψηλές θερμοκρασίες θα ευνοούν την αύξηση της μόλυνσης στην ατμόσφαιρα, ενώ θα δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για την εμφάνιση ασθενειών, που εμφανίζονται μόνο σε θερμές περιοχές. Ασθένειες που μεταδίδονται με κουνούπια και άλλα έντομα, όπως ελονοσία, κίτρινος πυρετός και εγκεφαλίτιδα, θα εξαπλωθούν, εάν οι υψηλές θερμοκρασίες θα επιτρέψουν σε αυτούς τους οργανισμούς να εγκατασταθούν και σε άλλες περιοχές.

Το καλοκαίρι του 1994 στην Ευρώπη, το κλίμα ήταν θερμότερο κατά 6°C από τη μέση θερμοκρασία των τελευταίων 30 ετών και προκάλεσε έντονες πυρκαγιές στη νότια Ευρώπη και σοβαρά προβλήματα λειψυδρίας σε πολλές πόλεις. Φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί που χρειάζονται χαμηλές θερμοκρασίες για να επιζήσουν,

«διωγμένοι» από την άνοδο της θερμοκρασίας, μεταναστεύουν σε βορειότερες περιοχές αναζητώντας ιδανικότερες συνθήκες.

Το Μάιο του 1994 η Βρετανική Υπηρεσία Έρευνας της Ανταρκτικής κατέγραψε την υψηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί εκεί από το 1870, οπότε και άρχισαν οι αξιόπιστες μετρήσεις θερμοκρασιών.



Εικόνα 4.2.1 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου [Πηγή: www.5dim-pyrgou.ilei.sch.gr]

Τα τελευταία χρόνια οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανίες, αυτοκίνητα κ.α.) έχουν αυξήσει σημαντικά τις συγκεντρώσεις των αερίων των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (αέρια θερμοκηπίου) με αποτέλεσμα την αύξηση της απορροφούμενης ακτινοβολίας και την επακόλουθη θερμοκρασιακή μεταβολή. Υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της Γης έχει αυξηθεί κατά $0,5^{\circ}\text{C}$ με $0,6^{\circ}\text{C}$ από το 1880, λόγω της έξαρσης του φαινομένου και μέχρι το έτος 2100, εάν δεν ληφθούν μέτρα, η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι από $1,5^{\circ}\text{C}$ έως $4,5^{\circ}\text{C}$. Τα σημαντικότερα αέρια είναι οι υδρατμοί (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) και το τροποσφαιρικό όζον (O_3). Κάθε μεταβολή στις συγκεντρώσεις αυτών των αερίων, διαταράσσει το ενεργειακό ισοζύγιο, προκαλεί μεταβολή της θερμοκρασίας και ως εκ τούτου κλιματικές αλλαγές. Οι υδρατμοί, αν και απορροφούν το 65% της υπέρυθρης ακτινοβολίας, δεν φαίνεται να έχουν επηρεαστεί άμεσα από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις των υπόλοιπων αερίων έχουν μεταβληθεί σημαντικά με σημαντικότερη τη μεταβολή του CO_2 , καθώς αποτελεί αέριο που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με την καύση του πετρελαίου, του κάρβουνου και άλλων ορυκτών καυσίμων. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όχι μόνο εκπέμπουν υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 στην ατμόσφαιρα, αλλά βλάπτουν και την ικανότητα της γης να απορροφά το CO_2 και να το ενσωματώνει στους φυσικούς κύκλους ροής ενέργειας και ύλης, με την καταστροφή των δασών και του φυτοπλαγκτού των ωκεανών. Το πλαγκτόν αποτελεί τον κύριο «απορροφητή» του πλανήτη, καθώς πρόκειται για φυτικούς οργανισμούς που χρησιμοποιούν το CO_2 κατά τη φωτοσύνθεση.

Οι υδρατμοί έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρ' όλα αυτά η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για το λόγο αυτό, η συζήτηση σε αυτό το κεφάλαιο θα περιορισθεί στα αέρια εκείνα των οποίων οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα αυξάνονται σημαντικά λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης.

Τα κυριότερα αέρια της ατμόσφαιρας που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου (ανθρωπογενής συνιστώσα), καθώς και ο βαθμός συνεισφοράς τους φαίνονται στον πίνακα παρακάτω, ενώ πληροφορίες για το κάθε αέριο ξεχωριστά δίνονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

Θερμοκηπικά αέρια και ο βαθμός συνεισφοράς τους

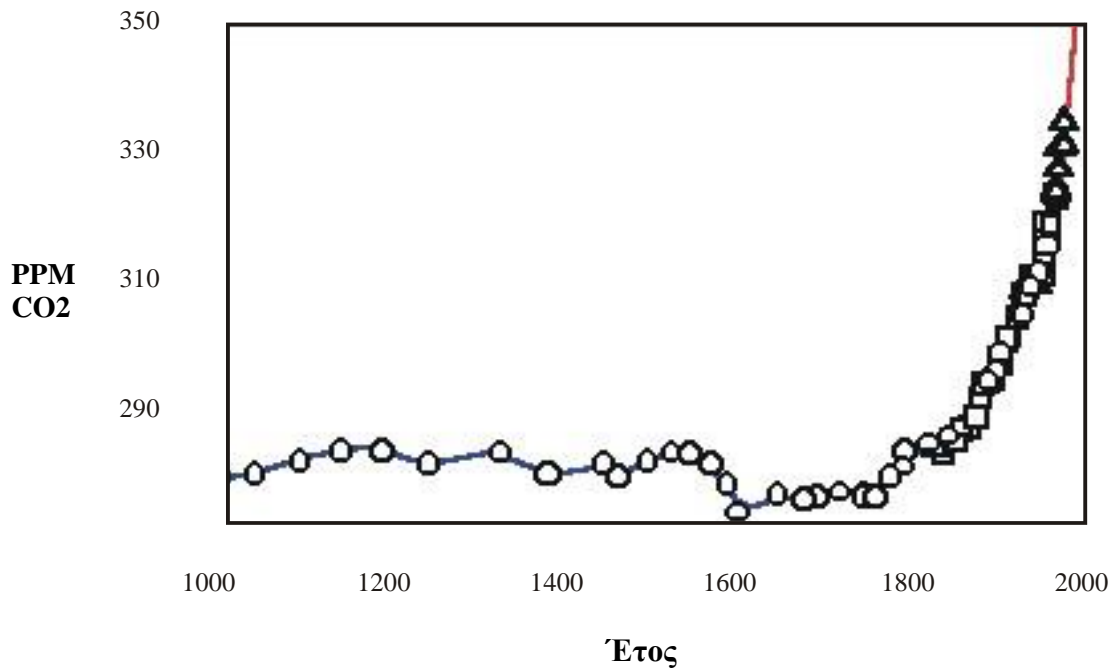
<i>Αέριο</i>	<i>Συνεισφορά (%)</i>
<i>Διοξείδιο του Άνθρακα</i>	<i>50-60</i>
<i>Χλωροφθοράνθρακες</i>	<i>15-25</i>
<i>Μεθάνιο</i>	<i>12-20</i>
<i>Υποξείδιο του Αζώτου</i>	<i>5</i>
<i>Οζον και άλλα αέρια</i>	<i>11</i>

Εικόνα 4.2.2 Θερμοκηπικά αέρια και ο βαθμός συνεισφοράς τους [Πηγή: Κλιματική Αλλαγή του Δ. Μελά, Γ. Ασωνίτης, Β. Αμοιρίδης Εκδόσεις Αθήνα 2000]

• Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Η συνεισφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι καταλυτική. Εκλύεται άμεσα στην ατμόσφαιρα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και έμμεσα από την εκχέρσωση δασικών εκτάσεων. Τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εκτιμάται ότι αυξάνονται κατά 3 – 4% κάθε δεκαετία και κατά 0,4 – 0,5% περίπου κάθε χρόνο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, αν συνεχίσει ο ίδιος ρυθμός αύξησης των καύσεων πάνω στον πλανήτη, η συγκέντρωση του CO₂ το έτος 2030 θα έχει διπλασιαστεί. Μία τέτοια αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ πιθανολογείται ότι θα προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3 – 5 °C. Όμως, ακόμη και αν σταματήσει η αυξανόμενη εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η αποκατάστασή του στα επιθυμητά επίπεδα θα καθυστερήσει πολύ. Σημειώνουμε ότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα 5 – 7 χρόνια.

Οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι γνωστές με ακρίβεια από το 1958 αλλά, με βάση μετρήσεις στον πάγο και των ισοτόπων του άνθρακα στους δακτυλίους των δέντρων, έχουν υπολογιστεί και για τις τελευταίες χιλιετίες. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας περιόδου των παγετώνων, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα προσδιορίστηκαν στα 200 ppm (μέρη στο εκατομμύριο) αλλά, στο τέλος της περιόδου αυτής, πριν περίπου 15.000 χρόνια, βρέθηκε ότι εκτοξεύτηκαν στα 280 ppm. Ήταν η περίοδος που η γη άρχισε να ζεσταίνεται και σε λιγότερο από 10.000 χρόνια εξελίχθηκε από ένα πλανήτη στον οποίο πολύ μεγάλα ποσοστά της επιφάνειάς του ήταν καλυμμένα με πάγο, στον σημερινό, που ουσιαστικά είναι ελεύθερος από πάγους. Στο διάγραμμα του σχήματος παρακάτω, βλέπουμε τις συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα έτσι όπως εκτιμήθηκαν με βάση τις μετρήσεις στους πάγους της Ανταρκτικής.



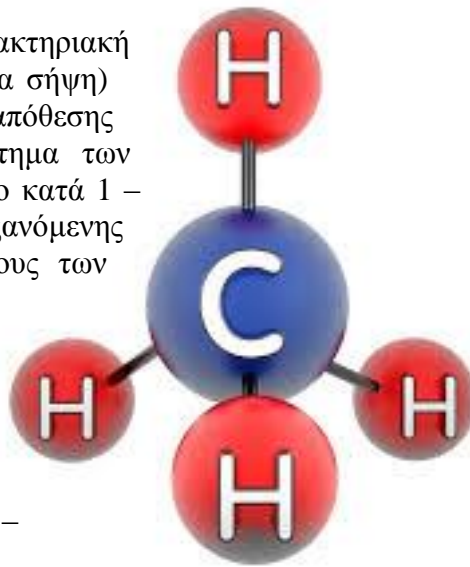
Εικόνα 4.2.3 Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα [Πηγή: Κλιματική Αλλαγή του Δ. Μελά, Γ.Ασωνίτης, Β. Αμοιρίδης Εκδόσεις Αθήνα 2000]

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μετράται με πολύ καλή ακρίβεια από το 1957 σε δύο σταθμούς στον κόσμο. Ο πρώτος βρίσκεται στο Manua Loa στη Χαβάη και ο δεύτερος στο Νότιο Πόλο. Και οι δύο σταθμοί παρέχουν σημαντικότερες πληροφορίες για τη διαχρονική εξέλιξη του διοξειδίου του άνθρακα. Από τις μετρήσεις αυτές, φαίνεται καθαρά η ανοδική πορεία της συγκέντρωσης του CO₂. Επίσης, μπορεί κανείς να παρατηρήσει μία μεταβολή στο ρυθμό αύξησης του CO₂ μετά το έτος 1968.

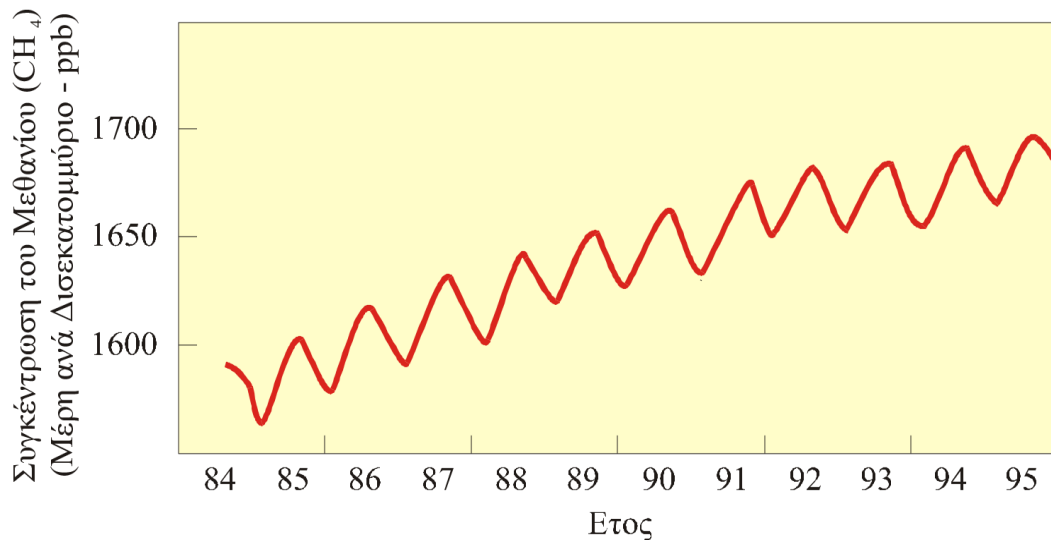
Το κατά πόσο μπορεί να προβλεφθεί η μελλοντική εξέλιξη των συγκεντρώσεων του CO₂, εξαρτάται από την ικανότητα εκτίμησης της ποσότητας των ορυκτών καυσίμων που θα καταναλωθούν κατά τα επόμενα έτη και του ποσοστού του εκπεμπόμενου CO₂ που θα παραμείνει στην ατμόσφαιρα. Αν η παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό, εκτιμάται ότι θα παρατηρείται αύξηση του CO₂ κατά περίπου 4% ανά δεκαετία. Συγχρόνως όμως, αναμένεται μία ελάττωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων σαν συνέπεια της αυξανόμενης χρήσης των ήπιων μορφών ενέργειας. Επίσης, δεν θα πρέπει να λησμονήσουμε τη σημαντική συνεισφορά των ωκεανών στα επίπεδα του CO₂. Οι ωκεανοί λειτουργούν σαν μια τεράστια αποθήκη CO₂, το οποίο δεσμεύεται από το φυτοπλαγκτόν κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Με το θάνατο των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, ένα μεγάλο ποσοστό του παραμένει κάτω από την επιφάνεια των ωκεανών. Μια αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας (λόγω φαινομένου του θερμοκηπίου) ενδέχεται να οδηγήσει σε άνθηση του φυτοπλαγκτού και κατά συνέπεια σε αύξηση της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού CO₂. Παρόλα αυτά, δεν αναμένεται ο ρυθμός αύξησης του CO₂ στην ατμόσφαιρα να γίνει μικρότερος από 2% ανά δεκαετία, για τις πρώτες δεκαετίες του 21^{ου} αιώνα.

- Μεθάνιο (CH_4)

Παράγεται κυρίως κατά τη βακτηριακή αποσύνθεση της οργανικής ύλης (αναερόβια σήψη) στις καλλιέργειες ρυζιού, στους χώρους απόθεσης απορριμμάτων και από το πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών ζώων. Αυξάνεται κάθε χρόνο κατά 1 – 2%, ως αποτέλεσμα της ολοένα αυξανόμενης κατανάλωσης τροφίμων από τους κατοίκους των ανεπτυγμένων περιοχών του πλανήτη. Το μεθάνιο έχει χρόνο ζωής 10 χρόνια και το ποσοστό συνεισφοράς του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου εκτιμάται ότι είναι 12 – 20%. Στο διάγραμμα του σχήματος που ακολουθεί, βλέπουμε τις συγκεντρώσεις μεθανίου για το χρονικό διάστημα 1984 – 1996.



Εικόνα 4.2.4 Μεθάνιο [Πηγή: www.gastrade.gr]



Εικόνα 4.2.5 Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του μεθανίου στην ατμόσφαιρα [Πηγή: Κλιματική Αλλαγή του Δ. Μελά, Γ.Ασωνίτης, Β. Αμοιρίδης Εκδόσεις Αθήνα 2000]

- Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Παράγεται από βακτηριακή δράση στο νερό και στο χώμα, από τη διάσπαση αζωτούχων λιπασμάτων και από την καύση των ορυκτών καυσίμων ως υποπροϊόν. Κάθε χρόνο τα επίπεδά του αυξάνονται κατά 0,25 – 0,4%, ενώ μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα μέχρι και 170 χρόνια. Είναι μη τοξικό αέριο αλλά η συνεισφορά του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι περίπου 4 – 6%.

- Τροποσφαιρικό όζον (O_3)

Το 75% σχεδόν του τροποσφαιρικού όζοντος παράγεται με τη φωτοχημική δράση του ηλιακού φωτός σε αέριους ρύπους όπως τα οξείδια του αζώτου και οι

υδρογονάνθρακες. Η ετήσια αύξησή του φτάνει το 2%, ενώ ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα δεν ξεπερνάει τις 3 εβδομάδες. Το ποσοστό συνεισφοράς του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι 10 – 12%. Ενώ το όζον στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας απορροφά την επικίνδυνη ακτινοβολία, για τις κατώτερες περιοχές της ατμόσφαιρας είναι παθογόνο. Επιδρά αρνητικά στους ιστούς των πνευμόνων και δημιουργεί προβλήματα σε άτομα με άσθμα και άλλες ασθένειες του αναπνευστικού προβλήματος. Ακόμα και σε υγιή άτομα η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος προκαλεί πόνους στο στήθος, ναυτία και πνευμονική συμφόρηση.

•Χλωροφθοράνθρακες (CFC's) και halons

Πρόκειται για χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούταν, μέχρι πρόσφατα, ευρέως στα ψυγεία και τα συστήματα κλιματισμού ως ψυκτικά υγρά και στα διάφορα σπρέι ως προωθητικά αέρια. Η συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα παρουσίαζε ετήσια αύξηση της τάξης του 6% ωστόσο, μετά την εφαρμογή των διεθνών συνθηκών, η παραγωγή τους έχει μειωθεί στο ελάχιστο. Ο χρόνος παραμονής τους στην ατμόσφαιρα ανέρχεται πιθανόν σε εκατοντάδες χρόνια και για το λόγο αυτό οι συνέπειές τους θα είναι αισθητές και τον αιώνα που διανύουμε. Είναι ευρύτερα γνωστά λόγω του ρόλου τους στην αραίωση της στρωβάδας του όζοντος. Συνεισφέρουν όμως και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 15 – 25%.

Πηγές εκπομπής:

Τα αέρια που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, εκλύονται από ανθρώπινες δραστηριότητες που αφορούν κυρίως:

- 1) Τον ενεργειακό τομέα (συμπεριλαμβανομένων και των μεταφορών), που με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο, βενζίνη κ.λ.π.) ευθύνεται για το 50% των συνολικών εκπομπών. Από τις εκπομπές αυτές, το 40% αφορά το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο 10% περιλαμβάνει άλλα αέρια, με κυριότερα το μεθάνιο, το τροποσφαιρικό όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα και άλλες ενώσεις.
- 2) Την παραγωγή και χρήση συνθετικών χημικών ουσιών, όπως οι χλωροφθοράνθρακες ή τα halons.
- 3) Την αποψίλωση δασικών εκτάσεων, που συνεισφέρει στην παραγωγή επιπλέον αερίων του θερμοκηπίου κατά 15%. Από τα αέρια αυτά, κυριότερο είναι το διοξείδιο του άνθρακα – που αποτελεί περίπου το 10% - ενώ η καύση και η αποσύνθεση των δασών αποτελούν πηγές υποξειδίου του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου, που καλύπτουν το υπόλοιπο 5%.
- 4) Τη γεωργία, που ευθύνεται για το 15% των εκπομπών, με κυριότερα αέρια το μεθάνιο, που προέρχεται από την εκτροφή βοοειδών και τις καλλιέργειες ρυζιού, το υποξείδιο του αζώτου, που απελευθερώνεται λόγω της χρήσης λιπασμάτων και το διοξείδιο του άνθρακα, που εκλύεται από γεωργικές βιομηχανίες.

Ο ρόλος των αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια (αερολύματα) είναι υπεύθυνα για μια ακόμη ανθρώπινη επίδραση στο κλίμα. Σε αυτή την περίπτωση, όμως, το αποτέλεσμα είναι

διαφορετικό. Τα αιωρούμενα σωματίδια αυξάνουν την ανακλαστικότητα της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να φθάνει στην επιφάνεια της γης λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό έχει σαν συνέπεια τη μείωση της θερμοκρασίας.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να προέρχονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές. Τα φυσικά αιωρήματα – κυρίως σκόνη από τις ηπείρους και άλατα μαζί με θειούχες ενώσεις από τους ωκεανούς – έχουν σταθερή πυκνότητα τουλάχιστον κατά τον τελευταίο αιώνα. Επομένως δεν μπορεί να έχουν επιφέρει ανιχνεύσιμες αλλαγές στο κλίμα. Επίσης, τα αιωρούμενα σωματίδια ηφαιστειακής προέλευσης δεν επηρεάζουν το κλίμα για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Για παράδειγμα, η έκρηξη του Pinatubo το 1991 είχε σαν αποτέλεσμα μια τοπική ψύξη διάρκειας λίγων ετών. Αντίθετα, τα ανθρωπογενή αιωρήματα στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί δραματικά, κυρίως μετά το 1950. Η εκπομπή ηφαιστειακών αερίων από το ηφαίστειο του Pinatubo έγινε την 12η Ιουνίου του 1991. Ο θύσανος των αερίων έφτασε μέχρι το ύψος των 18 km. Ακολούθησε μία σειρά εκρήξεων, σε μία εκ των οποίων (15 Ιουνίου 1991) το ύψος του θυσάνου έφτασε τα 40 km. Τα ηφαιστειακά αέρια εισχώρησαν στην περίπτωση αυτή ψηλά στη στρατόσφαιρα.



Εικόνα 4.2.6 Όρος Pinatubo [Πηγή: www.pubs.usgs.gov]

Έχει ξεκινήσει η κλιματική αλλαγή

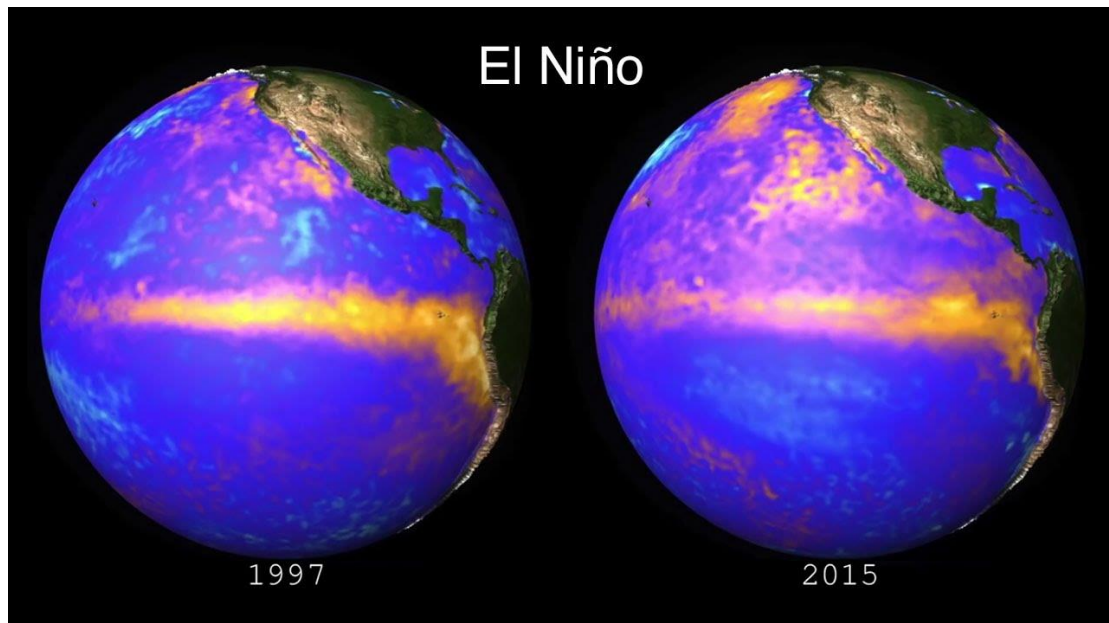
Το κλίμα της γης εμφανίζει και φυσικές μεταβολές, οι οποίες δυσκολεύουν την αναγνώριση των μεταβολών που οφείλονται στην επίδραση του ανθρώπου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, στο παρελθόν, να αμφισβητηθούν οι ενδείξεις που υπήρχαν για αλλαγή του κλίματος. Παρ' όλα αυτά, τα τελευταία χρόνια υπάρχει συμφωνία μεταξύ των επιστημόνων ότι το κλίμα της γης άρχισε ήδη να προσαρμόζεται στα υψηλά επίπεδα των θερμοκηπικών αερίων, τα οποία οφείλονται στις ανθρωπογενείς εκπομπές των προηγούμενων ετών. Οι ενδείξεις είναι σημαντικές:

- Οι μετρήσεις δείχνουν ότι η παγκόσμια θερμοκρασία αυξήθηκε κατά περίπου 0.3°-0.6°C από το 1860. Η θέρμανση αυτή δεν μπορεί να εξηγηθεί από τη φυσική μεταβλητότητα του κλίματος. Η αύξηση φαίνεται μικρή αλλά δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι αφορά τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη (πάντα κάποιες περιοχές είναι θερμότερες ενώ κάποιες άλλες ψυχρότερες από το κανονικό).
- Τα δεκατέσσερα θερμότερα έτη, από την εποχή που ξεκίνησαν οι μετρήσεις, εμφανίστηκαν μετά το 1980 (βέβαια το ρεκόρ καταρρίπτεται κάθε φορά μόνο για λίγα εκατοστά του βαθμού).
- Η μέση στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 10-25 εκατοστά.

Οι δύο μεγάλες περιοχές πολικών κλιμάτων, διαχωρίζονται με δύο, συχνά στενές, εύκρατες ζώνες, από μία πλατιά ισημερινή ζώνη τροπικών προς υποτροπικών κλιμάτων. Αναλόγως την περιοχή, έντονες διακυμάνσεις παρατηρούνται στα μετεωρολογικά δεδομένα, όπως στην ετήσια βροχόπτωση, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από αρκετά μέτρα βροχής έως σχεδόν μηδενικές τιμές. Οι πλέον ακραίες θερμοκρασίες που έχουν καταγραφεί στον Πλανήτη είναι +58,0 °C (υπό σκιά) στην Λιβύη και -89,2 °C στον Ρωσικό σταθμό Βοστόκ στην Ανταρκτική.

4.3 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΙ ΝΙΝΟ

Ελ Νίνιο (El Niño) ονομάζεται το θερμό βόρειο θαλάσσιο ρεύμα που εμφανίζεται στις ακτές του Περού και του Ισημερινού, αντικαθιστώντας το ψυχρό νότιο ρεύμα Humboldt. Με κλιματικούς όρους αποτελεί μέρος των διακυμάνσεων που παρουσιάζει η επιφανειακή θερμοκρασία του Ειρηνικού και του Ινδικού Ωκεανού εντός της Τροπικής Ζώνης. Ο όρος El Niño, που στα Ισπανικά σημαίνει “το μικρό αγόρι”, αναφέρεται ουσιαστικά στο Θείο Βρέφος καθώς το φαινόμενο



Εικόνα 4.3.1 Φαινόμενο El Niño [Πηγή: www.geokosmos.blogspot.com]

εκδηλώνεται την περίοδο των Χριστουγέννων στις δυτικές ακτές της Νοτίου Αμερικής. Συνήθως κάνει την εμφάνισή του στο τέλος κάθε χρόνου και διαρκεί μερικές εβδομάδες, ωστόσο κάθε 3 με 7 χρόνια αποκτά τη μέγιστή του ένταση.

4.3.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΕΙ ΝΙΝΟ

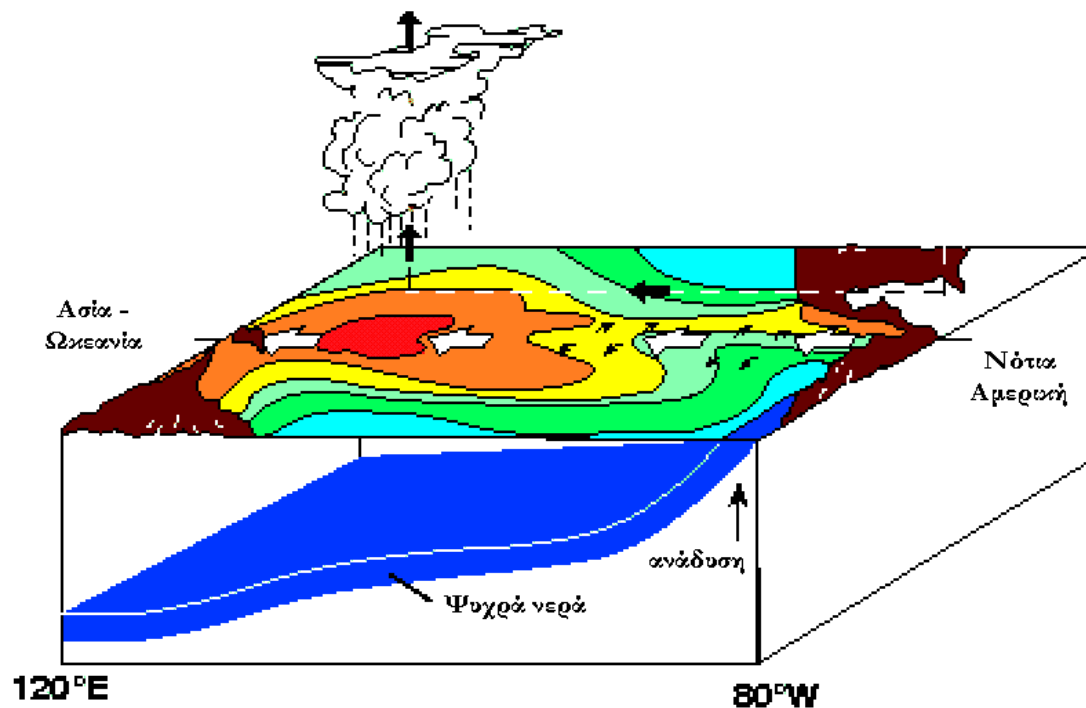
Η πρώτη αναφορά στο El Niño έγινε το 1892 από τον καπετάνιο Camilo Carrillo. Ο καπετάνιος απευθυνόμενος στο Κογκρέσο της γεωγραφικής κοινότητας της Λίμα στο Περού, είπε ότι οι ναύτες του βάφτισαν με αυτό το όνομα το θερμό βόρειο ρεύμα που συναντούσαν στις ακτές του Περού την περίοδο των Χριστουγέννων. Υπό φυσιολογικές συνθήκες στις δυτικές ακτές του Περού επικρατεί ένα ψυχρό νότιο ρεύμα, το ρεύμα Humboldt, το οποίο συνοδεύεται από ανάδυση ψυχρών υδάτων, πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά από βαθύτερα στρώματα του

Ειρηνικού Ωκεανού, οδηγώντας σε αύξηση της βιολογικής παραγωγικότητας. Το ψυχρό αυτό ρεύμα δημιουργεί ξηρές συνθήκες στην ευρύτερη περιοχή. Αντίθετα η επικράτηση του θερμού ρεύματος στο οποίο αναφέρθηκαν οι ναύτες του Carrilo, μειώνει τη βιολογική παραγωγικότητα, ενώ παράλληλα οδηγεί σε σημαντικές βροχοπτώσεις, προκαλώντας συχνά έντονα πλημμυρικά επεισόδια. Η σύνδεση του θερμού αυτού ρεύματος με τα πλυμμηρικά επεισόδια διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τους Pezet και Equiguren το 1895. Παράλληλα στα τέλη του 19^{ου} αιώνα το ενδιαφέρον σχετικά με τη διάγνωση και την πρόγνωση κλιματικών ανωμαλιών ήταν αρκετά έντονο, ιδιαίτερα στην Ινδία και την Αυστραλία. Το 1893 ο Charles Todd, εξέφρασε την ιδέα ότι οι ξηρασίες στην Ινδία και την Αυστραλία λάμβαναν χώρα ταυτόχρονα. Την ίδια άποψη διατύπωσε και ο Norman Lockyer το 1904. Το 1924 ο Gilbert Walker (προς τιμήν του οποίου πήρε το ονόμα της η κυκλοφορία Walker) χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο Νότια Ταλάντωση (South Oscillation). Για το μεγαλύτερο διάστημα του 20^{ου} αιώνα το El Niño θεωρείται ως ένα τοπικό φαινόμενο. Η ιδιαίτερα έντονη ωστόσο εκδήλωση του φαινομένου κατά τα έτη 1982 και 1983 με εμφανείς επιπτώσεις σε πολλές περιοχές του πλανήτη, προκάλεσε το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας.

4.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Υπό κανονικές συνθήκες, στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία της τροπικής ζώνης κυριαρχούν οι αληγείς ανατολικοί άνεμοι που πνέουν από τη Νότια Αμερική προς την Ασία και την Ωκεανία.

ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

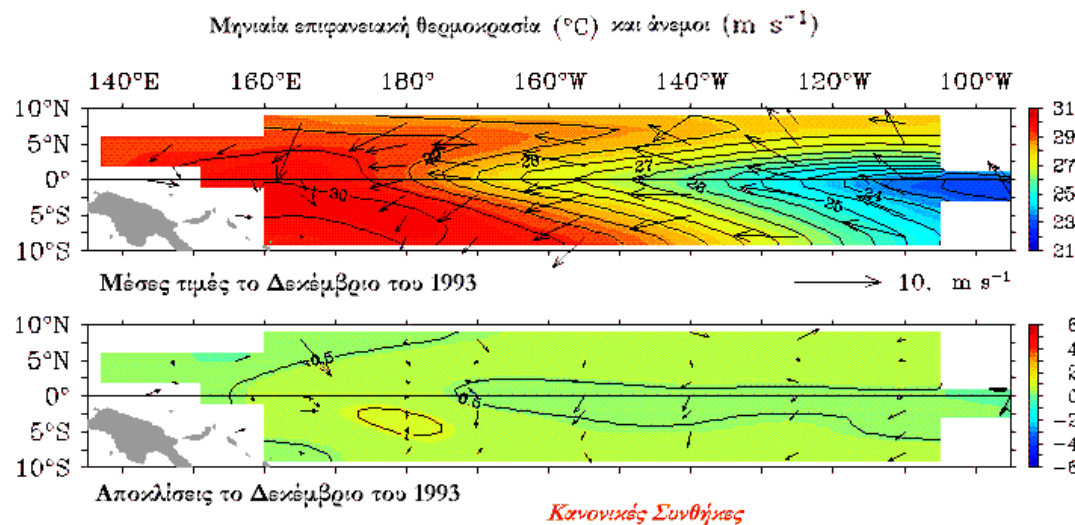


Εικόνα 4.3.2.1 Κανονικές συνθήκες του φαινομένου [Πηγή: www.meteo.gr]

Ο Νότιος Ειρηνικός υπό κανονικές συνθήκες. Με κόκκινο χρώμα οι περιοχές υψηλών θερμοκρασιών και με γαλάζιο οι περιοχές χαμηλών θερμοκρασιών.

Οι ανατολικοί αυτοί άνεμοι παρασύρουν και συσσωρεύουν θερμά επιφανειακά νερά στο δυτικό Ειρηνικό και τον Ινδικό Ωκεανό, με αποτέλεσμα η στάθμη της θάλασσας στην Ινδονησία να είναι κατά 50-60 εκατοστά υψηλότερη από την αντίστοιχη στις ακτές του Ισημερινού και του Περού. Παράλληλα ψυχρά νερά από βαθύτερα στρώματα της θάλασσας αναδύονται στις δυτικές ακτές της Νότιας Αμερικής. Έτσι η επιφανειακή θερμοκρασία στις δυτικές ακτές του Ειρηνικού και στον Ινδικό κυμαίνεται έως και 8-βαθμούς Κελσίου υψηλότερα έναντι των ανατολικών ακτών του Ειρηνικού. Καθώς ο ατμοσφαιρικός αέρας έρχεται σε επαφή με τα θερμά νερά, θερμαίνεται και ανέρχεται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την εκδήλωση βροχοπτώσεων στα δυτικά.

Η κυριότερη μετρήσιμη παράμετρος του φαινομένου El Niño είναι η επιφανειακή θερμοκρασία του Ειρηνικού Ωκεανού. Το Δεκέμβριο του 1993, η θερμοκρασία και οι άνεμοι κυμάνθηκαν στα φυσιολογικά επίπεδα, με τα θερμά ύδατα να εντοπίζονται στο Δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό (με κόκκινο χρώμα στην Εικόνα 4.3.2.2, άνω) και τα ψυχρά με μορφή ψυχρής γλώσσας στον Ανατολικό Ειρηνικό (με μπλε χρώμα στην ίδια Εικόνα). Παράλληλα οι άνεμοι στο Δυτικό Ειρηνικό έπνεαν πολύ ασθενείς, (Εικόνα 4.3.2.2, άνω) ενώ στον Ανατολικό Ειρηνικό έπνεαν ισχυροί ανατολικοί άνεμοι. Στο κάτω μέρος της Εικόνας 4.3.2.2 παρουσιάζονται οι αποκλίσεις θερμοκρασίας και ανέμου από τις κανονικές τους τιμές. Το πράσινο και κίτρινο χρώμα δείχνουν πολύ μικρές αποκλίσεις.



TAO Project Office/PMEL/NOAA

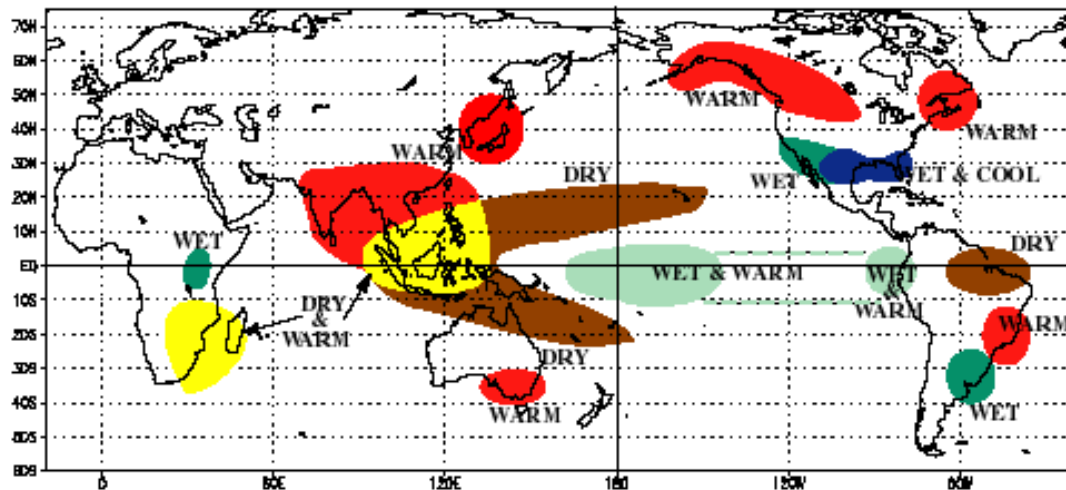
Εικόνα 4.3.2.2 Μέσες τιμές και αποκλίσεις της θερμοκρασίας [Πηγή: www.meteo.gr]

Μέσες τιμές και αποκλίσεις θερμοκρασίας - ανέμου στο Νότιο Ειρηνικό υπό κανονικές συνθήκες, το Δεκέμβριο του 1993.

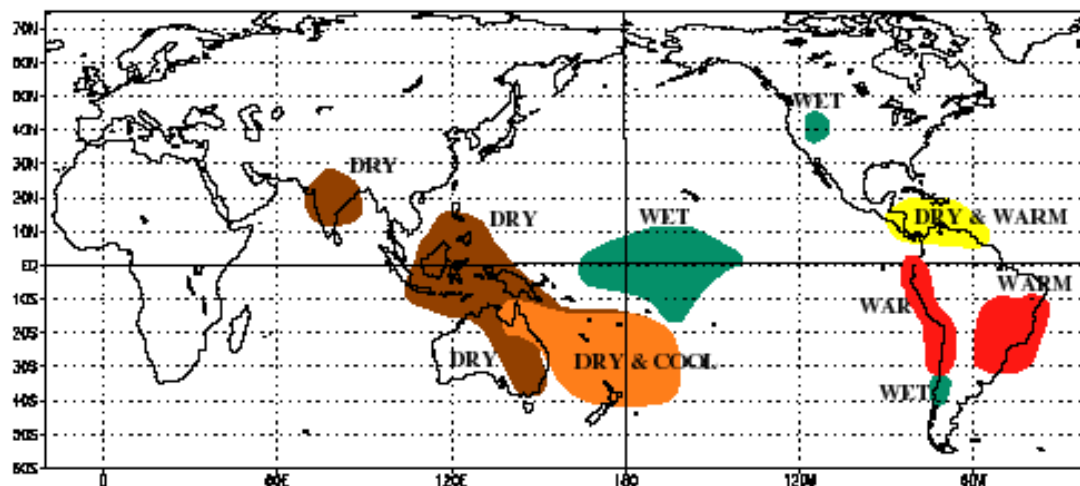
4.3.3 ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΙ ΝΙΝΟ

Στο Νότιο Ημισφαίριο οι επιπτώσεις του El Niño είναι άμεσες και πιο έντονες σε σχέση με το Βόρειο Ημισφαίριο. Στη Νότια Αμερική, ιδιαίτερα στο Περού και τον Ισημερινό, η εκδήλωση του El Niño συνεπάγεται θερμά και πολύ υγρά καλοκαίρια (Δεκέμβριος - Φεβρουάριος) με μεγάλης συχνότητας πλημμυρικά επεισόδια.

Επιπτώσεις του El Niño την περίοδο Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου



Επιπτώσεις του El Niño την περίοδο Ιουνίου - Αυγούστου



Εικόνα 4.3.3.1 Επιπτώσεις του φαινομένου [Πηγή: www.meteo.gr]

Επιπτώσεις του El Niño σε παγκόσμια κλίμακα κατά τις περιόδους Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου (άνω) και Ιουνίου-Αυγούστου (κάτω).

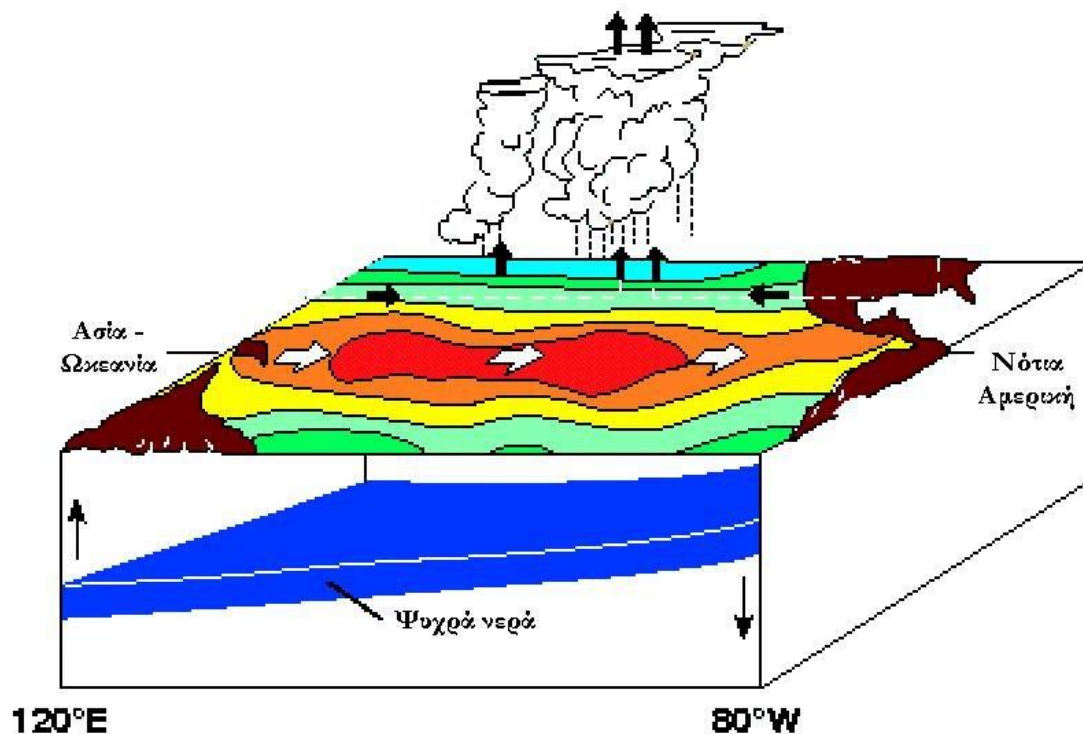
Όσο κινούμαστε προς την ενδοχώρα της Νότιας Αμερικής (Αργεντική – Βραζιλία), οι συνθήκες είναι θερμότερες και υγρότερες από το κανονικό αλλά εντοπίζονται κυρίως κατά την περίοδο της άνοιξης και στις αρχές του καλοκαιριού (Σεπτέμβριος – Δεκέμβριος), ενώ αυξάνεται η συχνότητα των χιονοπτώσεων κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Αντίθετα στην Νοτιοανατολική Ασία και τη Βόρεια

Αυστραλία επικρατούν θερμές και ξηρές συνθήκες με συχνές εκδηλώσεις καταστροφικών πυρκαγιών. Παράλληλα στη Δυτική Ανταρκτική καταγράφεται αύξηση της παγοκάλυψης. Στη Βόρεια Αμερική οι συνέπειες του El Niño είναι κατά βάση έμμεσες, με θερμότερους από τα κανονικά επίπεδα χειμώνες στις Βορειοδυτικές Η.Π.Α και στον Καναδά και αρκετά ξηρούς στις δυτικές Η.Π.Α. Τέλος στις περιοχές της Ανατολικής Αφρικής οι συνεχείς βροχοπτώσεις της περιόδου από το Μάρτη έως και το Μάιο παρουσιάζουν μέγιστο. Έμμεσες επιπτώσεις του El Niño εντοπίζονται σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Στην Εικόνα 4.3.3.1 παρουσιάζονται αυτές οι επιπτώσεις σε παγκόσμια κλίμακα. Σε περιόδους ισχυρού El Niño οι επιπτώσεις αυτές διαρκούν αρκετούς μήνες μεταβάλλοντας ακόμα και τους χειμώνες του Νοτίου Ημισφαιρίου (Ιούνιος – Αύγουστος).

4.3.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ EI NINO

Υπό συνθήκες El Niño, οι αληγείς άνεμοι εμφανίζονται εξασθενημένοι επιτρέποντας στα θερμά επιφανειακά νερά από το Δυτικό Ειρηνικό να μετατοπιστούν ανατολικότερα. Ανάλογη μετατόπιση με αυτή των θερμών υδάτων παρουσιάζει και η ζώνη βροχοπτώσεων.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ EL NINO



Εικόνα 4.3.4.1 Συνθήκες Ελ Νίνιο [Πηγή: www.meteo.gr]

Ο Νότιος Ειρηνικός υπό συνθήκες El Niño. Τα θερμά νερά (με κόκκινο χρώμα) έχουν μετατοπιστεί ανατολικότερα.

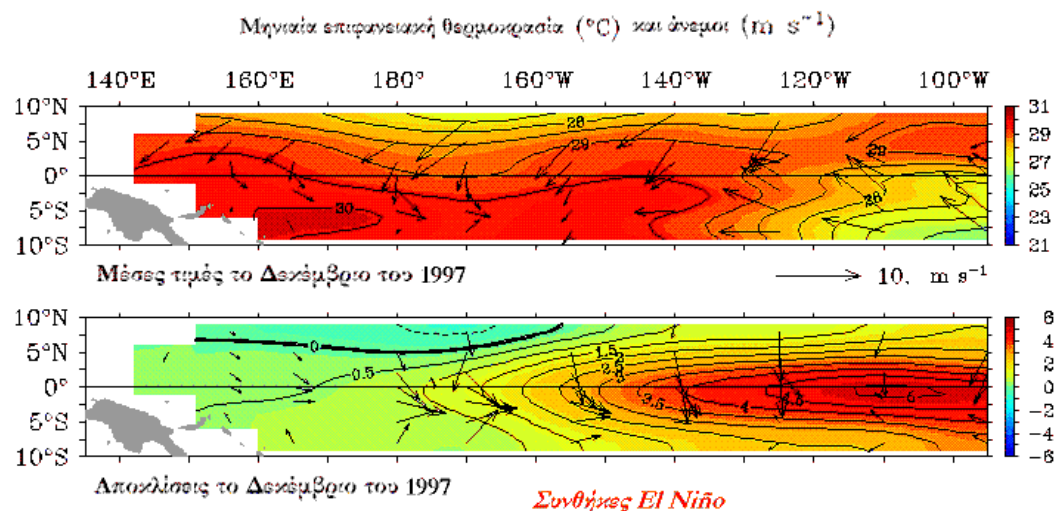
Έτσι η Νότια Αμερική δέχεται αυξημένες βροχοπτώσεις, αντιμετωπίζοντας αρκετά συχνά πλημμυρικά επεισόδια, ενώ περιοχές όπως η Ινδία, η Ινδονησία και η Αυστραλία δοκιμάζονται από έντονη ξηρασία.

Σημάδια του El Niño

Οι βασικές ενδείξεις με βάση τις οποίες μπορεί να διαπιστωθεί η εκδήλωση του El Niño είναι :

1. Αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης στον Ινδικό Ωκεανό, στην Ινδονησία και στην Αυστραλία.
2. Ταυτόχρονη μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης στην Ταϊτή και γενικότερα στον Ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό.
3. Εξασθένηση των ανατολικών ανέμων στο Νότιο Ειρηνικό ή περιορισμός τους στις ανατολικότερες περιοχές.
4. Έντονες βροχοπτώσεις στο Περού, ακόμα και στις ερήμους της περιοχής.
5. Η μετατόπιση των θερμών υδάτων προς τον Ανατολικό Ειρηνικό συμπαρασύρει τη ζώνη βροχοπτώσεων ανατολικά. Έτσι βροχές εκδηλώνονται σε περιοχές όπου σπάνια βρέχει.

Το Δεκέμβριο του 1997, το φαινόμενο El Niño εκδηλώθηκε με ιδιαίτερη ένταση. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.3.2 τα θερμά νερά εξαπλώθηκαν έως και τις ανατολικές ακτές του Ειρηνικού εξαφανίζοντας έτσι τη γλώσσα ψυχρών υδάτων, ενώ οι άνεμοι στο Δυτικό Ειρηνικό στράφηκαν σε δυτικούς. Παράλληλα στον Κεντρικό και Ανατολικό Ειρηνικό οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας και του ανέμου από τις κανονικές τους τιμές καταγράφηκαν πολύ αυξημένες.



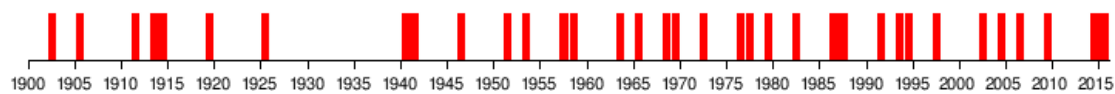
TAO Project Office/PMEL/NOAA

Εικόνα 4.3.2 Μέσες τιμές και αποκλίσεις της θερμοκρασίας [Πηγή: www.meteo.gr]

Μέσες τιμές και αποκλίσεις θερμοκρασίας - ανέμου στο Νότιο Ειρηνικό υπό συνθήκες ισχυρού El Niño το Δεκέμβριο του 1997.

Αξιοσημείωτα επεισόδια El Niño

Όταν το El Niño διαρκεί έως 5 μήνες τότε λέγεται ότι επικρατούν συθνήκες El Niño, ενώ όταν η διάρκεια του φαινομένου ξεπερνά τους 5 μήνες λέγεται ότι εκδηλώνεται επεισόδιο El Niño. Τα πιο αξιοσημείωτα επεισόδια El Niño που έχουν καταγραφεί είναι στις περιόδους 1790-1793, 1828, 1876-1878, 1891, 1925-1926, 1982-1983 και 1997-1998, ενώ τα πλέον πρόσφατα εκδηλώθηκαν κατά τα έτη 1991-1992, 1993, 1994, 1997-1998, 2002-2003, 2004-2005 και 2006-2007.



Εικόνα 4.3.3 Περιοδικότητα του Ελ νινιο [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

4.4 ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

Τρύπα του όζοντος ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο το στρώμα του όζοντος που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της Γης (στρατόσφαιρα) μειώνεται σε πάχος πάνω από την Ανταρκτική. Παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1985. Επειδή το λεπτότερο σημείο του είναι πάνω από το Νότιο Πόλο, η μείωση του πάχους του στρώματος έχει ως αποτέλεσμα την ονομαζόμενη "τρύπα" στο στρώμα του όζοντος. Λόγω του ότι το όζον (αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου, τριατομικό οξυγόνο, O₃) προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα της υπεριώδους ακτινοβολίας, η δημιουργία της τρύπας του όζοντος έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Επίσης αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και συμβάλει αρνητικά στο λιώσιμο των πάγων.

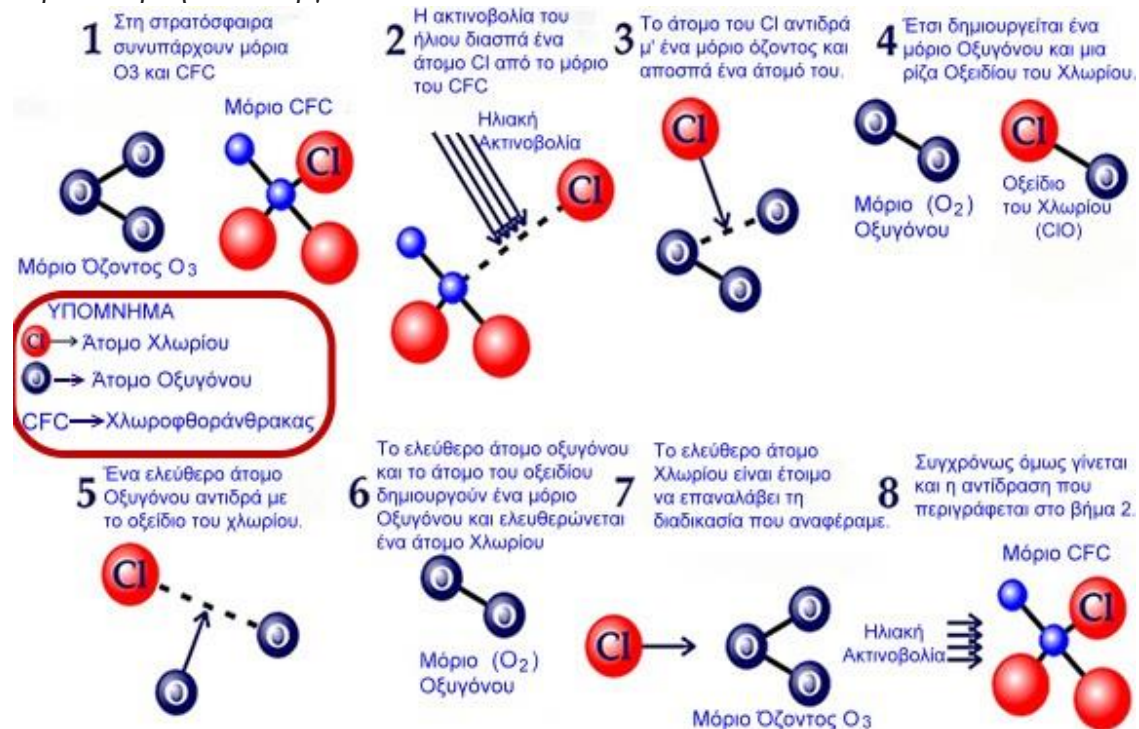
Ωστόσο, στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας άρχισε να σχηματίζεται η αντίληψη πως η τρύπα του όζοντος ψύχει αντί να θερμαίνει τη Γη. Πιο συγκεκριμένα, ο Ντέιβιντ Τόμσον, καθηγητής του Πολιτειακού Πανεπιστημίου του Κολοράντο, και ο Σούσαν Σόλομον, ανώτερος επιστήμονας ατμοσφαιρικής επιστήμης, διαπίστωσαν πως ενώ ο μέσος όρος θερμοκρασίας στον υπόλοιπο κόσμο τον προηγούμενο αιώνα αυξήθηκε, στην Ανταρκτική μειώθηκε, θέση την οποία υποστήριζε και ο Τζον Ι. Γουόλς, καθηγητής ατμοσφαιρικής επιστήμης στο Πανεπιστήμιο του Ιλνίνος. Ερέυνησαν έτσι τη σχέση της παρατήρησης αυτής με την όξυνση του φαινομένου της τρύπας του όζοντος στην περιοχή. Οι λόγοι για τους οποίους η αντίληψη πως η τρύπα του όζοντος αποτελεί αιτία ψύξης κι όχι θέρμανσης της Γης δεν εξαπλώθηκε, καθώς:

- Η έρευνα έδειξε πως η ελάχιστη θερμοκρασία στην Ανταρκτική παρουσιάζεται έξι μήνες μετά την περίοδο εξάρσης του φαινομένου της τρύπας του όζοντος κάθε χρόνο.

- Θα έπρεπε να ληφθούν υπόψιν και άλλοι παράγοντες, όπως τα υποθαλάσσια ρεύματα.

Έτσι οι επιστήμονες συμφώνησαν πως το κλίμα της Ανταρκτικής δεν οφείλεται κατ' αποκλειστικότητα στην τρύπα του όζοντος, δεν αποκλείουν όμως το ενδεχόμενο να αποτελεί απλώς μια απ' τις αιτίες του.

Το φαινόμενο αυτό θεωρείται πως δημιουργήθηκε από υπερβολική χρήση χλωροφθορανθράκων (CFC) που χρησιμοποιούνταν ευρέως ως προωθητικά αέρια και σε ψυκτικές συσκευές όπως τα κλιματιστικά. Στην επέκτασή του επίσης συμβάλλουν τόσο τα καυσαέρια (από την κυκλοφορία των οχημάτων) όσο και τα αέρια απόβλητα των εργοστασίων.



Εικόνα 4.4.1 Δημιουργία και καταστροφή του όζοντος [Πηγή: www.5dim-pyrgou.ilei.sch.gr]

4.4.1 ΑΙΤΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Βασικότερη αιτία του φαινομένου είναι αποδεδειγμένα η εκπομπή χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), όπως δείχνει και το όνομά τους, περιέχουν χλώριο, το οποίο είναι ιδιαίτερα καταστροφικό για το όζον. Ενδεικτικά, 1 μόριο χλωρίου καταστρέφει μέχρι και 1.000.000 μόρια όζοντος πριν την αδρανοποίησή του. Μια ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Φωτοχημείας και Χημικής Κινητικής του Πανεπιστημίου της Κρήτης το 2009 σε συνεργασία με άλλα 61 ευρωπαϊκά ιδρύματα, εξηγεί τη διαδικασία με την οποία οι χλωροφθοράνθρακες καταστρέφουν το όζον:

- Οι CFC έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, έτσι μεταφέρονται αυτούσιοι από την τροπόσφαιρα στην στρατόσφαιρα (ατμόσφαιρα)

- Εκεί, με την υπερϊώδη ηλιακή ακτινοβολία διασπώνται ελευθερώνοντας άτομα χλωρίου.
- Τα άτομα χλωρίου λειτουργούν ως καταλύτες, επιταχύνοντας την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος.

Οι χλωροφθοράνθρακες συναντώνται σε ψυκτικές συσκευές (ψυγεία, κλιματιστικά) και ως προωθητικά στα σπρέι. Η εκπομπή τους, για προφανείς λόγους, είναι μεγαλύτερη σε πυκνοκατοικημένες και βιομηχανικές περιοχές. Από το 1987, χρονιά που ανακηρύχθηκαν ως η βασικότερη αιτία της τρύπας του όζοντος, γίνονται προσπάθειες για την αντικατάστασή τους από άλλες ουσίες, οι οποίες όμως φαίνεται να επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για παράδειγμα, οι υδροφθοράνθρακες HFC διαθέτουν δυναμικό πλανητικής υπερθέρμανσης ως και 14.800 φορές περισσότερο από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μέσω του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ.

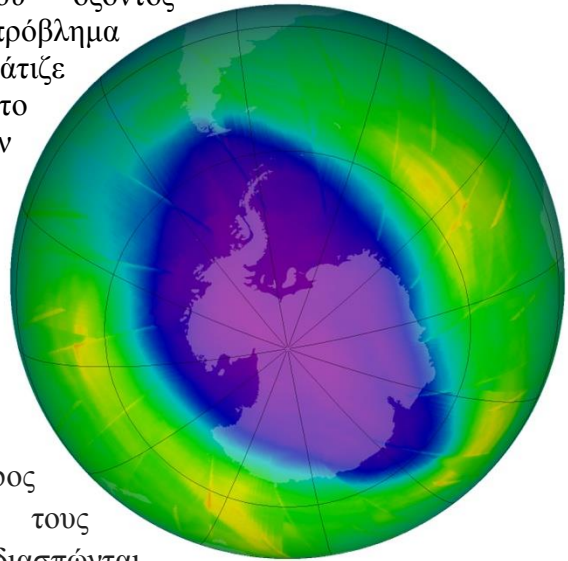
4.4.2 ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Στις 16 Σεπτεμβρίου του 1987 (από τότε η 16η Σεπτεμβρίου έχει ανακηρυχτεί από τον ΟΗΕ Παγκόσμια Ημέρα κατά της Τρύπας του Όζοντος) υπεγράφη από 46 χώρες το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η σημαντικότερη και αποτελεσματικότερη πράξη αντιμετώπισης του φαινομένου της τρύπας του όζοντος μέχρι σήμερα. Στόχος του Πρωτοκόλλου ήταν η σταδιακή εξάλειψη των CFC και άλλων ODS (Ozone Depleting Substances ή Ουσίες που Φθείρουν το Όζον) όπως οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) ή το μεθυλοβρωμίδιο (CH₃Br) για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της καταστροφής του όζοντος, που είχε ανακαλυφθεί πριν από δύο χρόνια. Ορίστηκε επίσης χρονοδιάγραμμα για την αποκατάσταση του όζοντος που είχε ήδη καταστραφεί. Όποια χώρα υπογράφει το πρωτόκολλο, υποχρεούται αυτόματα τη διακοπή παραγωγής και κατανάλωσης CFC. Με τη συνεργασία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καταργήθηκε σταδιακά το 99% των χλωροφθορανθράκων οικιακής χρήσης, ενώ παράλληλα στοχεύει με νομοθεσίες (όπως αυτή του 2006) να ρυθμίσει τη χρήση φθοριούχων αερίων από βιομηχανίες, που επίσης καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος.

Το καλοκαίρι του 2009 η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ έγινε οικουμενική, καθώς υπέγραψε και η τελευταία από τις 196 χώρες-μέλη του Ο.Η.Ε.. Πρόσφατα ο Ο.Η.Ε. παρουσίασε έκθεση με τίτλο «Επιστημονική Εκτίμηση της Εξάντλησης του Όζοντος 2010» για την κατάσταση της τρύπας του όζοντος, σύμφωνα με την οποία τα νέα είναι εξαιρετικά ευχάριστα. Η τρύπα του όζοντος έχει πλέον σταματήσει να μεγαλώνει, αλλαγή η οποία συνέβαλε και στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, εφόσον αυτή αποτελεί συνέπεια του φαινομένου. Αν και τα αποτελέσματα της έκθεσης είναι ενθαρρυντικά, ακόμα δεν έχει ξεκινήσει η αποκατάσταση της τρύπας του όζοντος σε ικανοποιητικούς ρυθμούς. Σύμφωνα με υπολογισμούς, τα επίπεδα του όζοντος θα έχουν φτάσει εκείνα του 1980 μεταξύ των ετών διάστημα 2045-2060.

Το πρόβλημα στην Ανταρκτική

Το γεγονός ότι η τρύπα του όζοντος πρωτοεμφανίστηκε στην Ανταρκτική, όπου το πρόβλημα είναι εντονότερο μέχρι και σήμερα, προβλημάτιζε τους επιστήμονες για χρόνια. Αρχικά, μάλιστα, το κατά πόσο οι χλωροφθοράνθρακες προκαλούσαν το φαινόμενο αμφισβητούταν, καθώς στην Ανταρκτική δεν υπάρχουν εκπομπές χλωροφθορανθράκων, ώστε να ανέρχονται απευθείας στη στρατόσφαιρα σε εκείνο το σημείο. Σύντομα όμως διευκρινίστηκε ότι οι ουσίες αυτές μεταφέρονται από άλλα σημεία του πλανήτη στην Ανταρκτική:



- Οι αέριες μάζες που μετακινούνται προς την Ανταρκτική μεταφέρουν μαζί τους χλωροφθοράνθρακες, οι οποίοι δεν διασπώνται, αλλά μοιάζουν με αποθήκες χλωρίου στην ατμόσφαιρα.
- Κατά τη διάρκεια της πολικής νύχτας (6 μήνες το χρόνο), σωματίδια πάγου με προσμίξεις θειικού (H_2SO_4) και νιτρικού (HNO_3) οξέος συγκεντρώνουν όλες τις ενώσεις χλωρίου που είναι αποθηκευμένες στην ατμόσφαιρα της Ανταρκτικής.
- Μετά το πέρας της πολικής νύχτας, στην αρχή της εξάμηνης μέρας, το φως του ήλιου διασπάει τις ενώσεις αυτές και τα δραστικά άτομα χλωρίου απελευθερώνονται στη στρατόσφαιρα, όπου καταστρέφουν το όζον.

Εικόνα 4.4.2.1 Η τρύπα στην Ανταρκτική [Πηγή: www.econews.gr]

Συνεπώς, οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και άλλα γεωμορφολογικά στοιχεία αποτελούν τα αίτια της όξυνσης του φαινομένου στην Ανταρκτική.

4.5 Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ MILUTIN MILANKOVITCH

Ο Σέρβος αστροφυσικός MilutinMilankovitch (1879-1958) είναι πολύ γνωστός για την ανάπτυξη μιας από τις σημαντικότερες θεωρίες που αφορούν τις γήινες κινήσεις και τις μακροπρόθεσμες κλιματικές αλλαγές εξ' αιτίας τους. Γεννημένος στη Σερβία, ο Milankovitch σπούδασε στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Βιέννης. Αφού ασχολήθηκε για λίγο σαν μηχανικός, αποδέχθηκε μια θέση στην έδρα εφαρμοσμένων μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο Βελιγραδίου το 1909 -- μια θέση που κράτησε μέχρι το υπόλοιπο της ζωής του.

Ο Milankovitch αφιέρωσε τη σταδιοδρομία του στην ανάπτυξη μιας μαθηματικής θεωρίας για το κλίμα. Βασίστηκε δε στις εποχιακές καθώς και στις μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει στη Γη ανάλογα με το πλάτος ενός τόπου.

Η εργασία του Milankovitch ήταν μια προσπάθεια για την εξήγηση των Εποχών του Πάγου και την έχτισε πάνω σε προηγούμενες αστρονομικές θεωρίες για την μεταβολή του κλίματος, από τους JosephAdhemar και JamesCroll τον 19ο αιώνα.

Η θεωρία Milankovitch, αναφέρει ότι καθώς η Γη κινείται στο διάστημα γύρω από τον ήλιο, συνδυάζονται οι περιοδικές μεταβολές τριών στοιχείων της γεωμετρίας Γης - Ήλιου, για να δημιουργήσουν περιοδικές μεταβολές στο ποσό της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στη Γη:

- Μεταβολές στην εκκεντρότητα της γήινης τροχιάς -- τη μορφή της τροχιάς γύρω από τον ήλιο.
- Αλλαγές στην λόξωση της εκλειπτικής -- αλλαγές στη γωνία που σχηματίζει ο γήινος άξονας με το επίπεδο της γήινης τροχιάς.
- Μετάπτωση των ισημεριών -- η μεταβολή στην κατεύθυνση του γήινου άξονα της περιστροφής, δηλαδή ο άξονας της περιστροφής συμπεριφέρεται όπως ο άξονας περιστροφής μιας σβούρας, σχηματίζοντας έναν κύκλο στην ουράνια σφαίρα σε 26.000 χρόνια.

Και οι τρεις περίοδοι αυτών των τροχιακών κινήσεων μαζί, έχουν γίνει γνωστές ως κύκλοι του Milankovitch.

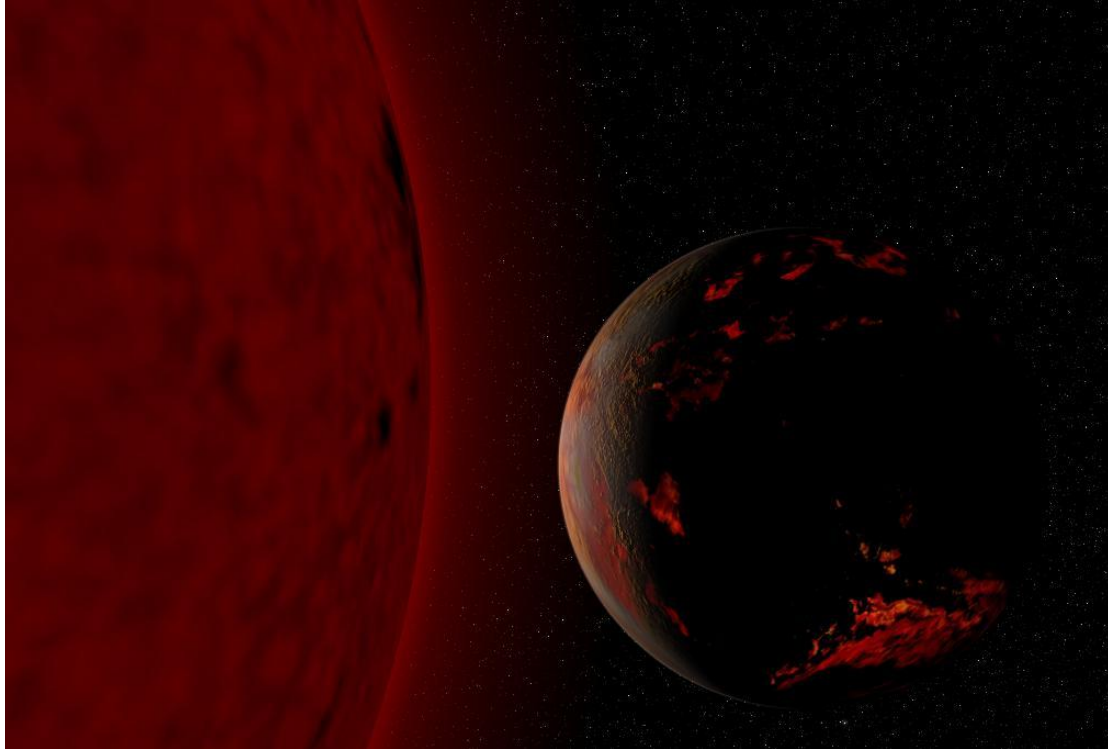
4.6 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

Το βιολογικό και γεωλογικό μέλλον της Γης μπορεί να προβλεφθεί με βάση τις εκτιμώμενες επιπτώσεις από διάφορες μακροπρόθεσμες επιδράσεις. Αυτές περιλαμβάνουν τη χιμεία στην επιφάνεια της Γης, το ρυθμό της ψύξης του εσωτερικού του πλανήτη, τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις με άλλα αντικείμενα του Ηλιακού Συστήματος και μια σταθερή αύξηση στην φωτεινότητα του Ήλιου. Ένα αβέβαιο στοιχείο σε αυτή την πρόβλεψη είναι η συνεχιζόμενη επιρροή της τεχνολογίας που έχει εισαχθεί από τον άνθρωπο, όπως η Γεωμηχανική, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στον πλανήτη. Η τρέχουσα βιοτική κρίση, που προκαλείται από την τεχνολογία και τα αποτελέσματά της, μπορεί να διαρκέσει έως και πέντε εκατομμύρια χρόνια. Με τη σειρά της, η τεχνολογία μπορεί να οδηγήσει στην εξαφάνιση της ανθρωπότητας, αφήνοντας τον πλανήτη να επανέλθει σταδιακά σε έναν αργό ρυθμό εξέλιξης που εξαρτάται μόνο από μακροπρόθεσμες φυσικές διεργασίες.

Κατά διαστήματα εκατοντάδων εκατομμυρίων ετών, τυχαία ουράνια γεγονότα θέτουν ένα παγκόσμιο κίνδυνο για τη βιόσφαιρα, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μαζικές εξαφανίσεις. Αυτά περιλαμβάνουν τις προσκρούσεις κομητών ή αστεροειδών με διάμετρο 5-10 χιλιόμετρα ή μεγαλύτερη και τη δυνατότητα μιας μεγάλης αστρικής έκρηξης, που ονομάζεται υπερκαινοφανής (σουπερνόβα). Υπερκαινοφανής είναι ο καταστροφικός, εκρηκτικός θάνατος ενός άστρου, που συνοδεύεται με ξαφνική παροδική λάμψη με μια οπτική λαμπρότητα συγκρίσιμη με αυτήν ενός ολόκληρου γαλαξία, μέσα σε μια ακτίνα 100 ετών φωτός. Άλλα μεγάλης κλίμακας γεωλογικά γεγονότα είναι πιο προβλέψιμα. Αν δεν ληφθούν υπόψη οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη, η θεωρία Μιλάνκοβιτς προβλέπει ότι ο πλανήτης θα συνεχίσει να παρουσιάζει περιόδους παγετώνων, τουλάχιστον μέχρι η περίοδος των τεταρτογενών παγετώνων να φτάσει στο τέλος της. Αυτές οι περίοδοι προκαλούνται από την εκκεντρότητα, την κλίση του άξονα περιστροφής και τη μετάπτωση της τροχιάς της Γης. Στα πλαίσια των κύκλων σχηματισμών υπερηπείρων, οι τεκτονικές πλάκες πιθανότατα θα οδηγήσουν σε μια υπερήπειρο σε 250 έως 350.000.000 χρόνια. Κάποια στιγμή στα επόμενα χρόνια 1,5 με 4,5 δις χρόνια, η αξονική κλίση της Γης μπορεί να υποστεί χαοτικές παραλλαγές, με αλλαγές στην κλίση του άξονα περιστροφής έως και 90°.

Κατά τη διάρκεια των επόμενων τεσσάρων δισεκατομμυρίων χρόνων, η φωτεινότητα του Ήλιου θα αυξηθεί σταθερά, με αποτέλεσμα την αύξηση της ηλιακής

ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη. Αυτό θα προκαλούν υψηλότερο ποσοστό της διάβρωσης των πυριτικών ορυκτών, η οποία θα προκαλέσει μία μείωση στα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Σε περίπου 600 εκατομμύρια χρόνια, το επίπεδο των εκπομπών CO₂ θα πέσει κάτω από το επίπεδο που απαιτείται για τη διατήρηση της φωτοσύνθεσης που χρησιμοποιείται από τα δέντρα. Μερικά φυτά χρησιμοποιούν την μέθοδο σταθεροποίησης του άνθρακα, που τους επιτρέπει να επιζούν σε συγκεντρώσεις CO₂ τόσο χαμηλό όπως 10 μέρη ανά εκατομμύριο. Ωστόσο, η μακροπρόθεσμη τάση για την ύπαρξη των φυτών είναι να εξαφανιστούν εντελώς. Η επακόλουθη απώλεια του μηχανισμού αναπλήρωσης του οξυγόνου θα προκαλέσει την εξαφάνιση της πανίδας μερικά εκατομμύρια χρόνια αργότερα.



Εικόνα 4.6.1 Το μέλλον της Γης [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

Ήδη σε 1,1 δισεκατομμύρια χρόνια, η ηλιακή φωτεινότητα θα είναι 10% υψηλότερη από ό,τι σήμερα. Αυτό θα προκαλέσει την ατμόσφαιρα να γίνει ένα «υγρό θερμοκήπιο», με αποτέλεσμα την εξάτμιση των ωκεανών. Ως πιθανή συνέπεια, η τεκτονική των πλακών θα σταματήσει. Μετά από αυτό το γεγονός, το μαγνητικό δυναμό του πλανήτη θα εξαφανιστεί, με αποτέλεσμα η φθορά της μαγνητόσφαιρας να οδηγήσει σε μια ταχεία απώλεια των πτητικών ουσιών από την εξωτερική ατμόσφαιρα. Σε τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια από τώρα, η αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης θα προκαλέσει ένα ανεξέλεγκτο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από εκείνο το σημείο, οι περισσότεροι, αν όχι όλοι οι οργανισμοί στην επιφάνεια θα έχουν εξαφανιστεί. Η πιθανότερη τελική κατάληξη του πλανήτη είναι η απορρόφηση από τον Ήλιο σε 7,5 δισεκατομμύρια χρόνια, όταν το αστέρι έχει εισέλθει στη φάση του ερυθρού γίγαντα και επεκταθεί τόσο ώστε να «καταπιεί» την τροχιά του πλανήτη, μαζί με τον πλανήτη, με αποτέλεσμα την καταστροφή του.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα λοιπόν με τα τελευταία στοιχεία που έχουμε από την επιστήμη, μπορούμε να απαντήσουμε με σχετική ασφάλεια στα μεγαλύτερα ερωτήματα της ανθρωπότητας μετά από έρευνες. Πριν από περίπου 13.8 δισεκατομμύρια χρόνια, από εκεί που αρχίζει θεωρητικά και μετράει ο χρόνος για εμάς τους ανθρώπους, έγινε η Μεγάλη Έκρηξη σύμφωνα με την οποία δημιουργήθηκε το Σύμπαν.

Πριν από περίπου 4.5 δισεκατομμύρια χρόνια δημιουργήθηκε και ο πλανήτης Γη, αλλά με εντελώς διαφορετική όψη από αυτήν που τον έχουμε συνηθίσει σήμερα. Μετά από στάδια όπου η Γη βίωσε δύσκολες και βίαιες καταστάσεις, όπως τις συγκρούσεις με άλλους πλανήτες, καταλήξαμε σήμερα να έχουμε έναν πλανήτη ικανό να συντηρεί συνθήκες που να ευνοούν την ύπαρξη για κάθε μορφή ζωής.

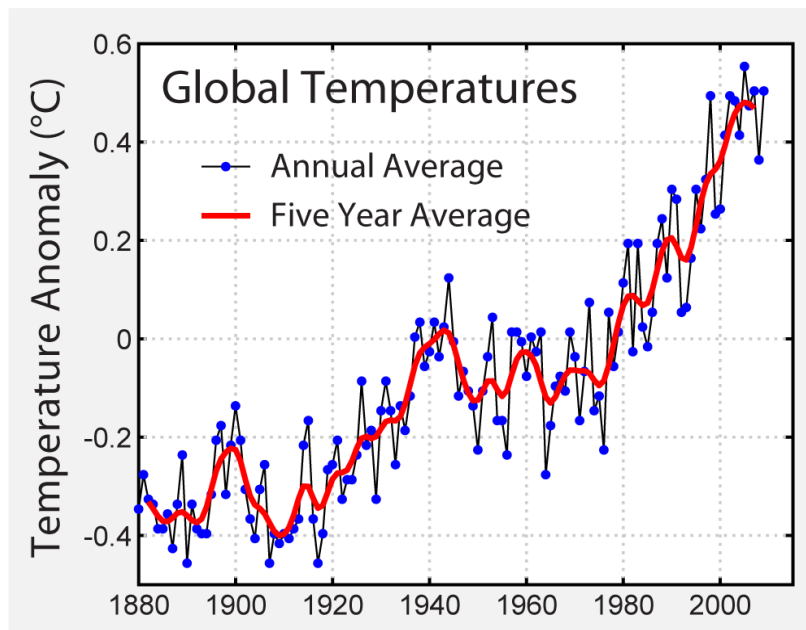
Έχει γίνει πλέον αποδεκτό από τους περισσότερους επιστήμονες πως στα επόμενα δισεκατομμύρια χρόνια, ο πλανήτης Γη θα καταστραφεί. Πριν από αυτό το γεγονός όμως, η ύπαρξή μας θα διαγραφεί από την επιφάνεια της Γης για τον απλό λόγο που οι συνθήκες διαβίωσης θα είναι πλέον ακατάλληλες για εμάς αλλά και για κάθε μορφή ζωής.

Το χρονικό διάστημα λοιπόν που μας έχει μείνει, είναι συνάρτηση των ενεργειών μας. Είναι στο χέρι μας να ρυθμίσουμε την επιρροή μας στο φυσικό περιβάλλον της Γης αλλά και το κλίμα της. Συνεπώς, είναι στο χέρι μας να καθορίσουμε τον χρόνο που θα κατοικήσουμε ακόμα στον πλανήτη Γη, εκτός και αν εμφανιστεί άλλος παράγοντας από έξω, από το διάστημα.

Η φύση έχει προνοήσει για την σχεδόν τέλεια διατήρηση της ισορροπίας της Γης. Ακόμα, όμως, και μικρές αλλαγές οφειλόμενες σε ανθρώπινες δραστηριότητες είναι δυνατό να επηρεάσουν αυτήν την εύθραυστη ισορροπία.

Η διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή κλίματος (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) είναι μια ομάδα επιστημόνων από όλο τον κόσμο, που συνεδριάζει υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών και προσπαθεί να αξιολογήσει τα δεδομένα που υπάρχουν όσον αφορά στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη και στις πιθανές επιδράσεις αυτής της αλλαγής στον πλανήτη. Κάθε πέντε χρόνια συγκεντρώνονται για να μελετήσουν και να αξιολογήσουν τα πιο πρόσφατα συμπεράσματα. Το σημαντικότερο, προσδιορίζουν τις επιλογές μας ώστε ν' αποφύγουμε όσο το δυνατό μια πιθανή αλλαγή του κλίματος αλλά και πώς οι κοινωνίες μπορούν να προσαρμοστούν σ' αυτό.

Σύμφωνα με τα τρέχοντα συμπεράσματα του IPCC, η θερμοκρασία του



επιφανειακού αέρα κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα έχει αυξηθεί σε παγκόσμια κλίμακα κατά μέσον όρο 0.6°C. Αυτή η αλλαγή της θερμοκρασίας μπορεί να μην μας φαίνεται μεγάλη. Είναι αρκετή όμως ώστε να προκαλέσει παγκόσμια αλλαγή του κλίματος. Επιπλέον, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τα αποτελέσματα των ερευνών των επιστημόνων όσον αφορά το

Εικόνα 5.1 Άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη [Πηγή: www.el.wikipedia.org]

επιταχυνόμενο ποσοστό ανόδου της θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα. Δεδομένου ότι οι θερμοκρασίες θα συνεχίσουν πιθανώς να αναρριχούνται, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό πως η γη είχε ανταποκριθεί στην αλλαγή κλίματος κατά τη διάρκεια και του προηγούμενου αιώνα. Δεν είμαστε σε θέση να προβλέψουμε πώς μπορεί ν' ανταποκριθεί και στο μέλλον!

Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής είναι:

Οι Αρκτικοί Πάγοι Λιώνουν

Σήμερα, το ύψος του θαλάσσιου πάγου, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, στην Αρκτική είναι το μισό από ότι ήταν το 1950. Όπως ακριβώς λιώνει ένας κύβος πάγου σε ένα ποτήρι νερό, έτσι και ο θαλάσσιος αρκτικός πάγος όταν λιώνει δεν συμβάλλει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, συμβάλλει όμως στην αύξηση της θερμοκρασίας του θαλάσσιου ύδατος. Έτσι ο λειωμένος θαλάσσιος αρκτικός πάγος μπορεί τελικά να οδηγήσει σε παγκόσμιες αλλαγές στην κυκλοφορία του νερού στο πλανήτη. Το νερό από το λειωμένο πάγο διαμορφώνει στην επιφάνεια



Εικόνα 5.2 Αρκτικοί πάγοι [Πηγή: www.tvxs.gr]

θάλασσας ένα στρώμα νερού που είναι λιγότερο πυκνό από το κατώτερο στρώμα νερού επειδή είναι λιγότερο αλμυρό, αποτρέποντας ενδεχομένως την κυκλοφορία του νερού από τα βάθη των ωκεανών στην επιφάνεια και το αντίθετο. Επιπλέον, ο λειωμένος θαλάσσιος αρκτικός πάγος επιταχύνει τη θέρμανση της Αρκτικής επειδή το νερό απορροφά το 80% του φωτός του ήλιου, σχεδόν ίδιο ποσοστό μ' αυτό που ο αρκτικός πάγος ανακλούσε.

Άνοδος της στάθμης της Θάλασσας

Η στάθμη θάλασσας έχει αυξηθεί κατά 10 – 20 εκατ. κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα. Ο αυξανόμενος όγκος των θαλάσσιων υδάτων οφείλεται στην τήξη των παγετώνων και στην αύξηση του όγκου των υδάτων με μεγαλύτερη θερμοκρασία από τη συνηθισμένη. Η εξάπλωση των παγετώνων πάνω στη Γη είναι σημαντική (αν και



Εικόνα 5.3 Στάθμη της θάλασσας [Πηγή: www.matrix24.gr]

μικρότερη απ' ό,τι ήταν σε πολλές περιόδους της ιστορίας της Γης). Οι μεγαλύτερες μάζες πάγου βρίσκονται φυσικά στους δύο πόλους και ιδιαίτερα στην Ανταρκτική που διαθέτει ένα τεράστιο απόθεμα γλυκού νερού με τη μορφή αυτή. Μεγάλες ποσότητες πάγων έχει και η Γροιλανδία, το μεγαλύτερο νησί του

κόσμου (έκταση 2.000.000 τ. χλμ.) που ανήκει διοικητικά στη Δανία. Παγετώνες διαθέτουν και τα πολύ ψηλά βουνά πάνω από το όριο του αιώνιου χιονιού (Άλπεις, Ιμαλάια κ.ά.).

Η συλλογική ποσότητα των πάγων είναι τόσο μεγάλη, ώστε υπολογίστηκε ότι το λιώσιμό τους θα ανέβαζε την επιφάνεια της θάλασσας κάπου 90 μ. πάνω από το σημερινό της επίπεδο, με αποτέλεσμα να σκεπαστούν από τα νερά μεγάλες παραθαλάσσιες πόλεις, όπως το Λονδίνο, η Νέα Υόρκη, ελληνικά παράλια κ.ά., ενώ θα άλλαζε τελείως η μορφολογία της ξηράς. Τα μοντέλα (προσομοιώσεις) προβλέπουν ότι η στάθμη της θάλασσας μπορεί να αυξηθεί τουλάχιστον 85 εκατ. κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα. Αυτό θα επιφέρει δραματικά αποτελέσματα στις παράκτιες περιοχές του πλανήτη όπου η ξηρά είναι κάτω από τη στάθμη της θάλασσας δεδομένου ότι η διάβρωση των ακτών απειλεί τα σπίτια και τις «αποθήκες» του γλυκού νερού, οι οποίες θ' αναμιχθούν με το αλμυρό νερό. Ορισμένα φυσικά οικοσυστήματα όπως οι υγρότοποι και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι θα διακινδύνευαν επίσης καθώς η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει τόσο γρήγορα.

Καύσωνες

Οι καύσωνες είναι ένας μεγάλος κίνδυνος για την υγεία μας. Παραδείγματος χάριν, ένας καύσωνας το 1995 στο Σικάγο προκάλεσε 514 θανάτους από

θερμοπληξία. Δεδομένου ότι έχουμε παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας είναι πιθανό να υπάρξει μια αύξηση στον αριθμό και την ένταση των καυσώνων ανά έτος που θα οδηγήσει σε μια αύξηση στον αριθμό των θανάτων από θερμοπληξία.



Εικόνα 5.4 Ξηρασία [Πηγή: www.greekreporter.gr]

Πλημμύρες

Αύξηση της θερμοκρασίας θα προκαλέσει αύξηση της εξάτμισης του νερού, σε κάποιες περιοχές, με αποτέλεσμα να έχουμε περισσότερες βροχές και αύξηση στην ποσότητα και των υπόλοιπων κατακρημνισμάτων και επομένως μη μπορώντας το έδαφος να συγκρατήσει τόσο μεγάλη ποσότητα ύδατος θα έχουμε αύξηση του φαινομένου των πλημμύρων.

Θερμότεροι Χειμώνες

Οι θερμότεροι χειμώνες θα φέρουν ανωμαλία στη ζωή των οργανισμών. Μια πιθανή αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, σημαίνει ότι πολλοί θάνατοι οργανισμών που προέρχονται από τις χαμηλές θερμοκρασίες θα αποφευχθούν και άρα οι οργανισμοί θα παραμείνουν περισσότερο στη ζωή. Υπάρχουν ήδη στοιχεία στην Ευρώπη ότι η περίοδος ζωής των φυτών έχει επεκταθεί αρκετές ημέρες από τη δεκαετία του '60, με τις καλλιέργειες της άνοιξης να ανθίζουν τώρα περίπου 6 ημέρες νωρίτερα και να παρουσιάζουν τα πρώτα δείγματα θανάτου τους (αλλαγή χρώματος των φύλλων τους) περίπου 5 ημέρες αργότερα.

Ξηρασίες

Ενώ μερικές περιοχές της γης αντιμετωπίζουν ακραία πλημμυρικά φαινόμενα ως αποτέλεσμα της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, άλλες περιοχές θα επηρεαστούν από αυξανόμενα επίπεδα ξηρασίας καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται. Αυτό θα συμβεί επειδή σε περιοχές που είναι χαρακτηριστικά ξηρές, όπως στα κέντρα των ηπειρών, η εξάτμιση του νερού θα γίνει με πιο έντονο ρυθμό. Οι επιστήμονες ακόμα αποκρυπτογραφούν το εάν η ξηρασία γίνεται πιο έντονη αυτήν την περίοδο.

Θερμότεροι Ωκεανοί

Παρόλο που θα μας ήταν ευχάριστο ένα κολύμπι σε ζεστά ωκεάνια νερά, καλό θα ήταν να μην το ευχόμαστε. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες των επιφανειακών ωκεάνιων υδάτων είναι το αίτιο για την καταστροφή των κοραλλιογενών υφάλων. Το ένα τέταρτο περίπου των κοραλλιών σε παγκόσμια κλίμακα έχει πεθάνει τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της αυξανόμενης θερμοκρασίας των ωκεανών. Η μελλοντική θέρμανση μπορεί να επιφέρει ανάλογες καταστροφικές συνέπειες και σε

άλλα θαλάσσια είδη. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι τροπικοί ωκεανοί συνεχίζουν να θερμαίνονται, ισχυροί τυφώνες θα αποτελέσουν μεγάλο μελλοντικό πρόβλημα.

Γεωργία

Λόγω των επιπτώσεων της ξηρασίας που θα ενταθεί σε κάποιες περιοχές λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη, πολλές περιοχές γίνονται ακατάλληλες για τη γεωργία. Στις τροπικές περιοχές που είναι ήδη ξηρές και ζεστές, το ποσό των συγκομιδών θα μειωθεί ακόμη και με μια μικρή αλλαγή του κλίματος. Λιγότερες καλλιέργειες σημαίνουν λιγότερο φαγητό. Οι επιστήμονες προβλέπουν ότι το 2080, περίπου 80 εκατομμύρια άνθρωποι, κυρίως στην Αφρική, θα είναι πεινασμένοι λόγω της αλλαγής κλίματος.

Αλλαγή οικοσυστημάτων

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι πιθανώς τα οικοσυστήματα θα ανταποκριθούν στην αλλαγή του κλίματος με δύο τρόπους. Τα ζώα των οικοσυστημάτων είτε θα κινηθούν, μεταναστεύοντας σε νέες περιοχές όπου θα βρουν συνθήκες περίπου ίδιες με τις συνθήκες του τρέχοντος κλίματός τους, είτε θα αλλάξουν, προσαρμοζόμενα στο νέο κλίμα. Σε μερικά είδη ο πληθυσμός θα μειωθεί ή θα εξαφανιστεί τοπικά και σε άλλα θα αυξηθεί ο πληθυσμός αφού θα εναρμονιστούν στις νέες συνθήκες. Ο περιορισμός της αύξησης της θερμοκρασίας στους 2°C, έχει αναγνωριστεί από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας, αλλά και από την Ευρωπαϊκή Ένωση, ως απαραίτητη προϋπόθεση για να αποφύγουμε τις χειρότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Τι πρέπει να κάνουμε;

Η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας πρέπει να συγκρατηθεί κάτω από τους 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, ώστε να αποφευχθούν οι χειρότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να υπάρξει μια νέα παγκόσμια συμφωνία που θα βασίζεται σε μια επιστημονικά ορισμένη ποσότητα άνθρακα που μπορεί να απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα και θα προβλέπει ότι οι παγκόσμιες εκπομπές θα κορυφωθούν την περίοδο 2013-2020, για να αρχίσουν να μειώνονται αισθητά στη συνέχεια. Τα κομβικά σημεία μιας καλής συμφωνίας για το κλίμα θα πρέπει απαραίτητως να περιλαμβάνουν τα εξής:

- ✓ Μείωση των παγκόσμιων εκπομπών κατά τουλάχιστον 80% μέχρι το 2050, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.
- ✓ Ελάχιστη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των ανεπτυγμένων κρατών κατά 40% έως το 2020, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.
- ✓ Ετήσια χρηματοδότηση των αναπτυσσόμενων κρατών ύψους €115 δις έως το 2020, για δράσεις μείωσης των εκπομπών, προσαρμογής και τερματισμού της αποδάσωσης.
- ✓ Επίτευξη μηδενικού ισοζυγίου δάσωσης και αποδάσωσης έως το 2020

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ:

- 1) Ναυτική μετεωρολογία, Ψυχά Α.Γ. και Μηνογιάννη Μ.Π. , Αθήνα 2012
- 2) Ναυτιλία, Ντούνη Χρ. και Δημαράκη Αν. , Αθήνα 2013
- 3) Λεξικό της γης, JohnFarndon, Εκδόσεις Ερευνητές
- 4) Οι Πάγοι της Ανταρκτικής. Δείκτες Κλιματικών Αλλαγών, Περισκόπιο της Επιστήμης, Προέδρου Μ. (1999)
- 5) Ναυτική Γεωγραφία, Μοιρά Π.Γ. και Μυλωνοπούλου Δ.Ν. Αθήνα 2012
- 6) Η βιογραφία του σύμπαντος, Διονύσης Π. Σιμόπουλος, Εκδόσεις Ερευνητές
- 7) Στη γειτονιά της Γης, Διονύσης Π. Σιμόπουλος, Εκδόσεις Ερευνητές
- 8) Η πρώτη μας εγκυκλοπαίδεια του πλανήτη γη, JenGreen, Εκδόσεις Μαλλιάρης
- 9) Κλιματική Αλλαγή, Οδηγός εκπαιδευτικών, Δ. Μέλας, Γ. Ασωνίτης, Β. Αμοιρίδης, Αθήνα 2000
- 10) Ελ Νίνιο Λα Νίνια, Suplee, C. (1999) National Geographic (Ελλάδα), Τόμος 2, τεύχος 3

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ:

- 1) Ιστοσελίδα της υπηρεσίας NOAA <http://www.noaa.gov>
- 1) Διαδικτυακή εγκυκλοπαίδεια <https://el.wikipedia.org>
- 2) Ιστοσελίδα <https://www.youtube.com>
- 3) Εκπαιδευτική ιστοσελίδα <http://www.eugenfound.edu.gr>
- 4) Εφημερίδα <http://www.tovima.gr>
- 5) Ιστοσελίδα <http://www.nature.com>
- 6) Διαδικτυακή υπηρεσία <http://www.forecastweather.gr/>
- 7) Ιστοσελίδα <http://geologikathemata.blogspot.gr>
- 8) Ιστοσελίδα <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/>
- 9) Ιστοσελίδα μετεωρολογικών ορών <http://gym-ammoch.flo.sch.gr/>
- 10) Ιστοσελίδα <http://www.metal.ntua.gr>
- 11) Ιστοσελίδα <http://gym-gouvon.eyv.sch.gr/index.php>
- 12) Διαδικτυακή υπηρεσία <http://www.meteo.gr>
- 13) Ιστοσελίδα <http://www.geo.auth.gr/>
- 14) Ιστοσελίδα <http://www.euroscientist.com>
- 15) Ιστοσελίδα περιοδικού <http://www.nationalgeographic.com/>
- 16) Ιστοσελίδα <http://physics4u.gr/blog/>
- 17) Διεθνής οργάνωση <http://www.wwf.gr/>
- 18) Ιστοσελίδα <http://www.ecology.com>
- 19) Ιστοσελίδα <http://www.orykta.gr>
- 20) Ιστοσελίδα <https://public.wmo.int>

ΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ:

- 1) Άμεση επέμβαση του ανθρώπου στην ατμόσφαιρα: 1) Τροποποίηση καιρού 2) Γεωμηχανική του Ρώρρα Γεώργιου Έτος: 2013, Επιβλέπων καθηγητής: Ρωσσιάδου Κωνσταντία
- 2) Ανθρώπινες δραστηριότητες που αλλάζουν το κλίμα της γης, οι επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος της Χατζοπούλου Παναγιωτή, Επιβλέπων καθηγητής: Ματούλας Αθανάσιος
- 3) Η επίδραση των κλιματικών συνθηκών και αλλαγών στην ναυτιλία του Τσαρτσάλη Κυριάκου Στέργιου Έτος: 2015, Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Μαύρος
- 4) Θέρμανση του πλανήτη: Επιδράσεις στον ευρωπαϊκό χώρο – μελλοντικά σενάρια μεταβολής του κλίματος του Καρπούζη Αθανάσιου, Έτος: 2016, Επιβλέπων καθηγητής: Ματούλας Αθανάσιος
- 5) Κλιματικές αλλαγές και οι επιπτώσεις τους στη ναυτιλία του Ελμαλιώτη Ραφαήλ, Έτος: 2016, Επιβλέπων καθηγητής: Ρωσσιάδου Κωνσταντία
- 6) Κλιματικό σύστημα: Ορισμός - φυσικές παραλλαγές του κλίματος – ανθρωπογενείς παραλλαγές του κλίματος του Ηλιάδη Νικόλαου, Έτος 2015, Επιβλέπων καθηγητής: Ρωσσιάδου Κωνσταντία
- 7) Λύσεις και μέτρα αντιμετώπισης της υπερθέρμανσης του πλανήτη του Πουναρτζόγλου Θεμιστοκλή, Επιβλέπων καθηγητής: Ματούλας Αθανάσιος
- 8) Παγόβουνα και αρκτική ναυτιλία της Δομουτζίδου Ευστρατίας, Έτος: 2014, Επιβλέπων καθηγητής: Ρωσσιάδου Κωνσταντία