



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

Περιβαλλοντικές, Υγειονομικές, Κοινωνικές και Οικονομικές Επιπτώσεις των Ηφαιστειακών Εκρήξεων στο Κοινωνικό σύνολο.

Environmental, Health, Social and Economic Impacts of Volcanic Eruptions on the Social Whole

Σπυρίδων Μανιάτης / Spyridon Maniatis

A.M. / R.N. : 19126

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020305

Athens, January 2021



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

Περιβαλλοντικές, Υγειονομικές, Κοινωνικές και Οικονομικές Επιπτώσεις των Ηφαιστειακών Εκρήξεων στο Κοινωνικό σύνολο.

Environmental, Health, Social and Economic Impacts of Volcanic Eruptions on the
Social Whole

Σπυρίδων Μανιάτης / Spyridon Maniatis

A.M. / R.N. : 19126

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Κυριακόπουλος Κωνσταντίνος, Επιβλέπων
Καθηγητής ΕΚΠΑ

Δρ. Αντωνάκου Ασημίνα, Μέλος
Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

Δρ. Νομικού Παρασκευή, Μέλος
Αναπλ. Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020305

**Αθήνα,
Ιανουάριος
2021**
Athens, January 2021

Περιεχόμενα	ii
Περίληψη	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες	vii
Κατάλογος Πινάκων	viii
Κατάλογος Εικόνων	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Διαγραμμάτων	xii
Ακρωνύμια	xiii

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1^ο Κατηγορίες κινδύνων, Επικινδυνότητα, Τρωτότητα.

1.1. Κίνδυνος	σελ.1
1.2. Διαχείριση κινδύνου	σελ.1
1.3. Κατηγορίες κινδύνων	σελ.2
1.3.1. Φυσικοί κίνδυνοι	σελ.2
1.3.2. Βιολογικοί κίνδυνοι	σελ.3
1.3.3. Τεχνολογικοί κίνδυνοι	σελ.3
1.3.4. Πολιτικοί/ κοινωνικοί κίνδυνοι	σελ.4
1.4. Επικινδυνότητα (Hazard) και κίνδυνος (risk)	σελ.4
1.5. Τρωτότητα	σελ.5
1.5.1. Πολιτική Τρωτότητα	σελ.5
1.5.2. Πολιτισμική Τρωτότητα	σελ.5
1.5.3. Κοινωνική Τρωτότητα	σελ.5
1.5.4. Οικονομική Τρωτότητα	σελ.6
1.5.5. Φυσική Τρωτότητα /Εκθεση	σελ.6
1.6. Προσαρμοστικότητα	σελ.7

Κεφάλαιο 2^ο Έννοια της Καταστροφής, Κατηγοριοποίηση καταστροφών.

2.1. Καταστροφή (Disaster)	σελ.8
2.2. Κατηγοριοποίηση καταστροφών	σελ.9
2.3. Φυσικές Καταστροφές	σελ.9
2.3.1. Γεωφυσικές	σελ.10
2.3.2. Υδρολογικές	σελ.11
2.3.3. Κλιματολογικές	σελ.11
2.3.4. Βιολογικές	σελ.12
2.3.5. Μετεωρολογικές	σελ.12
2.3.6. Επιπτώσεις φυσικών καταστροφών	σελ.14
2.4. Τεχνολογικές καταστροφές	σελ.18
2.4.1. Βιομηχανικά ατυχήματα	σελ.19
2.4.2. Ατυχήματα μεταφοράς	σελ.19
2.4.3. Διάφορα ατυχήματα	σελ.20
2.5. Άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των τεχνολογικών καταστροφών στον άνθρωπο και στο περιβάλλον	σελ.20

Κεφάλαιο 3^ο Ορισμοί και έννοιες περί ηφαιστειών.

3.1. Ηφαιστειότητα	σελ.23
3.2. Ηφαιστειακά φαινόμενα	σελ.23
3.3. Ηφαίστειο	σελ.23
3.4. Κρατήρας	σελ.24
3.5. Καλδέρα	σελ.24
3.6. Γεωλογικά χαρακτηριστικά ηφαιστειών	σελ.25
3.7. Σχηματισμός ηφαιστειών	σελ.25
3.8. Κατανομή ηφαιστειών	σελ.26
3.9. Ηφαίστεια στον Ελλαδικό χώρο	σελ.29
3.10. Ηφαιστειακά προϊόντα και αναβλήματα	σελ.30
3.10.1.Υγρά αναβλήματα	σελ.30
3.10.2.Στερεά αναβλήματα	σελ.30
3.10.3.Αέρια αναβλήματα	σελ.30

Κεφάλαιο 4° Ταξινόμηση ηφαιστειών.	
4.1. Ηφαιστειακή δραστηριότητα	σελ.32
4.2. Τύποι και μορφές του ηφαιστείου	σελ.33
4.2.1. Σχισμογενές ηφαίστειο: (Fissure volcano)	σελ.34
4.2.2. Ασπίδοειδές (ή Ασπίδομορφο) ηφαίστειο (Shield volcano)	σελ.35
4.2.3. Θολωτό ηφαίστειο (Dome volcano)	σελ.36
4.2.4. Ο τυπικός Κώνος σκωριών (Ash-cinder volcano)	σελ.37
4.2.5. Τυπικό Σύμφετο ηφαίστειο (Composite volcano) ή Στρωματοηφαίστειο	σελ.38
4.2.6. Ηφαίστειο-καλντέρα (Caldera volcano)	σελ.39
4.2.7. Ταξινόμηση ηφαιστειών βάσει ενεργότητας	σελ.41
Κεφάλαιο 5° Τύποι ηφαιστειακών εκρήξεων.	
5.1. Ταξινόμηση ηφαιστειακών εκρήξεων	σελ.42
5.2. Δείκτης Ηφαιστειακής Εκρηκτικότητας (Volcanic Explosivity Index – VEI)	σελ.43
5.3. Τύποι ηφαιστειακών εκρήξεων	σελ.43
5.3.1. Εκρήξεις τύπου Βουλκάνο (Vulcano eruptions)	σελ.44
5.3.2. Εκρήξεις τύπου Στρόμπολι (Strombolian eruptions)	σελ.45
5.3.3. Εκρήξεις τύπου Χαβάη (Hawaiian eruptions)	σελ.46
5.3.4. Εκρήξεις Πλίνιου τύπου (Plinian eruptions)	σελ.47
5.3.5. Εκρήξεις τύπου Πελέ (Pelee eruptions)	σελ.48
5.3.6. Εκρήξεις Ισλανδικού τύπου εκρήξεις από ρωγμές (Iceland type eruptions)	σελ.50
5.3.7. Υδροθερμικές Εκρήξεις (Hydrothermal eruptions)	σελ.51
Κεφάλαιο 6° Ηφαιστειακοί κίνδυνοι και ηφαιστειακά φαινόμενα.	
6.1. Ηφαιστειακοί κίνδυνοι	σελ.52
6.2 Ηφαιστειακές καταστροφές	σελ.52
6.2.1. Ροές λάβας	σελ.53
6.2.2. Η τέφρα	σελ.54
6.2.3. Οι ηφαιστειακές βόμβες	σελ.54
6.2.4. Πυροκλαστική δραστηριότητα	σελ.55
6.2.5. Τα δηλητηριώδη αέρια	σελ.55
6.2.6. Οι λασποροές	σελ.56
6.2.7. Η σεισμική δραστηριότητα	σελ.57
6.2.8. Τα τσουνάμι	σελ.57
Κεφάλαιο 7° Ηφαιστειακές εκρήξεις και επιπτώσεις στο Περιβάλλον την Οικονομία την Υγεία και τον Πολιτισμό.	
7.1. Ηφαιστειακές Εκρήξεις	σελ.58
7.2. Περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις	σελ.59
7.2.1. Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον	σελ.59
7.2.2. επιπτώσεις στο Ανθρωπογενές περιβάλλον και στην Οικονομία	σελ.61
7.3 Επιπτώσεις στην Υγεία	σελ.64
7.4 Πολιτισμικές επιπτώσεις και κοινωνικές επιπτώσεις	σελ.67
Κεφάλαιο 8° Διαχείριση – Ηφαιστειακού – Κινδύνου.	
8.1. Ηφαιστειακή – Επικινδυνότητα	σελ.69
8.2. Εκτίμηση – Ηφαιστειακής επικινδυνότητας	σελ.69
8.3. Πρόβλεψη ηφαιστειακής δραστηριότητας	σελ.71
8.4. Μέθοδοι παρακολούθησης ηφαιστειακής δραστηριότητας	σελ.72

8.4.1. Διαστημικές τεχνικές παρακολούθησης ηφαιστειακής δραστηριότητας	σελ.74
8.4.2. Επίγειες τεχνικές παρακολούθησης ηφαιστειακής Δραστηριότητας	σελ.75
8.4.2.1. Επίγεια θερμική κάμερα	σελ.75
8.4.2.2. Η τεχνολογία νυχτερινής όρασης	σελ.75
8.4.2.3. Επίγειες εφαρμογές παρακολούθησης ηφαιστειών	σελ.75
8.4.2.4. Ανάπτυξη ΣΓΠ (Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών) Και Συστήματα λήψης αποφάσεων	σελ.76
8.5. Ετοιμότητα	σελ.77
8.6. Σχέδιο απόκρισης σε ενδεχόμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα	σελ.78
8.7 Ηφαιστειακή χωροθέτηση (ζωνοποίηση)	σελ.79
8.8. Σχεδιασμός των χρήσεων γης	σελ.80
8.9. Πριν την ηφαιστειακή έκρηξη	σελ.81
8.10. Κατά τη διάρκεια της ηφαιστειακής έκρηξης	σελ.83
8.11. Μετά την ηφαιστειακή έκρηξη	σελ.84
8.12. Ευαισθητοποίηση του κοινού	σελ.86
8.13. Επίλογος	σελ.87
Βιβλιογραφία	σελ.89
Διαδικτυακές αναφορές	σελ.96

Περίληψη

Με τον όρο φυσικός κίνδυνος εννοούμε ένα φυσικό φαινόμενο (πχ. σεισμός, ηφαιστειακή έκρηξη, πλημμύρα, καταιγίδα, ξηρασία, κλπ.), το οποίο κατά την διάρκεια της εξέλιξης του μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικά αποτελέσματα. Οι φυσικοί κίνδυνοι παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά: Εκδηλώνονται σε μικρό χρονικό διάστημα, έχουν άμεσα και ακούσια αποτελέσματα, όχι σπάνια επιφέρουν μεγάλες καταστροφές και δημιουργούν συνθήκες έκτακτης ανάγκης. Ως καταστροφή θεωρείται μία κατάσταση ή ένα γεγονός, το οποίο έχει ως συνέπεια την πρόκληση απώλειας ανθρωπίνων ζώων αλλά και την εμφάνιση μεγάλων υλικών ζημιών, τέτοιες ώστε η πληγείσα κοινότητα να μην είναι σε θέση να ανακάμψει από μόνη της. Μια φυσική καταστροφή μπορεί να επιφέρει ανθρώπινες απώλειες, περιβαλλοντική, υγειονομική, κοινωνική υποβάθμιση και καταστροφή του δομικού ιστού, αλλά είναι δυνατόν να επηρεάζει δυσμενώς άμεσα και έμμεσα την οικονομία μιας πληγείσας περιοχής. Σε αυτή την εργασία θα γίνει αναφορά στις ηφαιστειακές εκρήξεις, που όπως οι σεισμοί, οι πλημμύρες, οι τυφώνες και οι κατολισθήσεις ανήκουν στις φυσικές καταστροφές. Θα γίνει προσπάθεια ώστε να αναδείξουμε τα προβλήματα τα οποία ανακύπτουν μετά από μια καταστροφική ηφαιστειακή έκρηξη και να αναπτύξουμε τους μηχανισμούς τους οποίους πρέπει να εφαρμόσουμε ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στους ανθρώπους, τις υποδομές και το περιβάλλον. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δράσεις που σχετίζονται με την ικανότητα και ετοιμότητα, μιας κοινωνίας να μπορεί να προσαρμοστεί και να ανταποκριθεί στους κινδύνους που αντιμετωπίζει. Είναι ιδιαίτερα σημαντική η διαχείριση των κινδύνων ώστε να μπορέσουμε να αποκαταστήσουμε το μέγεθος των προβλημάτων που θα προκύψουν. Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί θα βασίζεται στη συστηματική ανασκόπηση της Ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας.

Τέλος θα γίνουν προτάσεις για την ορθολογική αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων και ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με τις εκρήξεις ηφαιστείων.

Λέξεις κλειδιά: Ηφαιστειακή Έκρηξη, Καταστροφή, Οικονομικές Επιπτώσεις, Περιβάλλον, Διαχείριση Κίνδυνου.

Abstract

With the term natural danger we mean a natural phenomenon (eg earthquake, volcanic eruption, flood, thunderstorm, drought, etc.) which during its evolution can lead to catastrophic results. Natural hazards have the following characteristics: 1) They occur in a short period of time, have immediate and unintended consequences, not infrequently cause major disasters and create emergency conditions. A catastrophe is considered to be a situation or an event, which results in the loss of human lives but also the occurrence of great material damage, such that the affected community is not able to recover on its own. A natural disaster not only leads to human losses, environmental, health, social degradation and destruction of the structural fabric, but also adversely directly and indirectly affects the economy of the affected area.

In this work we will deal with volcanic eruptions that such as earthquakes, floods, hurricanes and landslides belong to natural disasters. Efforts will be made to highlight the problems that arise after a catastrophic volcanic eruption and to develop the mechanisms that we must implement to minimize the impact on humans and the environment. This can be achieved through actions related to how well or how badly a society can adapt and respond to the risks it faces. It is very important to manage the risks so that we can restore the magnitude of the problems that will arise. The methodology that will be followed will be that of the systematic review of the Greek and international bibliography.

Finally, suggestions will be made for the rational treatment of natural hazards, especially those related to volcanic eruptions.

Keywords: Volcanic Eruption, Disaster, Economic Impact, Environment, Risk Management

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ όλους τους διδάσκοντες οι οποίοι καθ' όλη την διάρκεια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, με εφοδίασαν με τις απαραίτητες γνώσεις για να φέρω εις πέρας αυτή την διπλωματική εργασία. . Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Δρ. Κωνσταντίνο Κυριακόπουλο , ο οποίος με την υποστήριξη του και την καθοδήγηση του με βοήθησε στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Επίσης εκφράζω ευχαριστίες στα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής Δρ. Ασημίνα Αντωνάκου Καθηγήτρια και Δρ. Παρασκευή Νομικού για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγο μου Κέλλυ, για την υποστήριξη της καθ' όλη την διάρκεια των ακαδημαϊκών προσπαθειών μου, καθώς επίσης τις κόρες μου Κωνσταντίνα και Αλεξάνδρα, και τους γονείς μου Κωνσταντίνο και Ελπίδα, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Ταξινόμηση των φυσικών καταστροφών	σελ.13
Πίνακας 2.2. Ταξινόμηση των φυσικών καταστροφών σύμφωνα με τη συχνότητά τους	σελ.13
Πίνακας 2.3. Περίπτωση κατά τύπο φυσικής καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο του 2009-2018	σελ.15
Πίνακας 2.4 Αριθμός θανάτων ανά τύπο φυσικής καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο 2009-2018.	σελ.15
Πίνακας 2.5 Οι 5 χώρες με την μεγαλύτερη Θνησιμότητα παγκοσμίως από φυσικές καταστροφές το 2019	σελ.16
Πίνακας 2.6 Αριθμός πληγέντων από φυσικές καταστροφές (σε εκατομμύρια) ανά τύπο καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο 2009-2018	σελ.16
Πίνακας 2.7 Οι 5 χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό επηρεασμένων ανθρώπων από φυσικές καταστροφές παγκοσμίως για το 2019	σελ.17
Πίνακας 2.8 Οικονομικές απώλειες (σε δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) ανά τύπο φυσικής καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο 2009-2018	σελ.17
Πίνακας 2.9 Οι 5 χώρες με τις μεγαλύτερες οικονομικές απώλειες από φυσικές καταστροφές παγκοσμίως (σε δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) για το 2019	σελ.18
Πίνακας 2.10 Ταξινόμηση και ονοματολογία Τεχνολογικών καταστροφών	σελ.18
Πίνακας 5.1 Σχέση μάγματος και ηφαιστειακών εκρήξεων	σελ.42
Πίνακας 5.2 Δείκτης ηφαιστειακής δραστηριότητας	σελ.43
Πίνακας 8.1 Πρόδρομα φαινόμενα ηφαιστειακής δραστηριότητας	σελ.72
Πίνακας 8.2 Κλιμάκωση ηφαιστειακής δραστηριότητας	σελ.78

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Καταιγίδα	σελ.2
Εικόνα 1.2 Πυρκαγιά	σελ.2
Εικόνα 1.3 Μέτρα αντιμετώπισης του κινδύνου διασποράς του Κορωνοϊού	σελ.3
Εικόνα 1.4 Πυρηνικό ατύχημα στο Τσερνομπίλ, Ουκρανία 26 Απριλίου 1986	σελ.3
Εικόνα 1.5 Τρομοκρατική επίθεση στην Υόρκη (κέντρο εμπορίου) Η.Π.Α στις 11 Σεπτεμβρίου του 2001	σελ.4
Εικόνα 2.1 Οι 20 πιο θανατηφόρες φυσικές καταστροφές των τελευταίων 20 ετών 1996-2015	σελ.10
Εικόνα 2.2 17 Αυγούστου του 1999 Σεισμός 7,6 της κλίμακας Ρίχτερ στην Κωνσταντινούπολη	σελ.10
Εικόνα 2.3 Πλημμύρα στην Μάνδρα στις Νοεμβρίου 2017	σελ.11
Εικόνα 2.4 Εικόνα ξηρασίας	σελ.11
Εικόνα 2.5 Απολύμανση βαγονιού τρένου για τον υιό του COVID 19	σελ.12
Εικόνα 2.6.Καταιγίδα Γκλόρια στην Ισπανία	σελ.12
Εικόνα 2.7.Αριθμός καταστροφών ανά ήπειρο με αναφορά στις 10 κορυφαίες χώρες για το έτος 2019	σελ.14
Εικόνα 2.8 Ποσοστό θανάτων (από φυσικές καταστροφές) επί τοις εκατό (%) ανά ήπειρο για το έτος 2019	σελ.15
Εικόνα 2.9 Ποσοστό επηρεασμένων ανθρώπων από φυσικές καταστροφές επί τοις εκατό (%) ανά ήπειρο για το έτος 2019	σελ.16
Εικόνα 2.10 Ποσοστό οικονομικών απωλειών λόγω φυσικών καταστροφών επί τοις εκατό (%) ανά ήπειρο για το έτος 2019	σελ.17
Εικόνα 2.11 Καταστροφική έκρηξη στο λιμάνι της Βυρηττού στις 4 Αυγούστου 2020	σελ.19
Εικόνα 2.12 Το πιο πολύνεκρο δυστύχημα στην ιστορία της πολιτικής αεροπορίας συνέβη στις 27 Μαρτίου του 1977 στην Τενερίφη	σελ.20
Εικόνα 3.1 Η καλδέρα στη Σαντορίνη	σελ.24
Εικόνα 3.2 Οι επτά μεγαλύτερες λιθοσφαιρικές πλάκες της Γης	σελ.25
Εικόνα 3.3 Το δαχτυλίδι της φωτιάς ή πύρινος δακτύλιος στον Ειρηνικό ωκεανό	σελ.26
Εικόνα 3.4 Αποτύπωση στον παγκόσμιο χάρτη των μεσοωκεάνιων ραχών	σελ.27
Εικόνα 3.5 Ενεργά ηφαιστεια, τεκτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες	σελ.28
Εικόνα 3.6.Κατανομή των ορίων των λιθοσφαιρικών πλακών	σελ.28
Εικόνα 3.7 Αποτύπωση των κυριότερων ηφαιστείων στην Ευρώπη μαζί με το έτος της τελευταίας έκρηξης	σελ.28
Εικόνα 3.8 Αποτύπωση των πέντε σπουδαιότερων ενεργών ηφαιστείων στον Ελλαδικό χώρο	σελ.29
Εικόνα 3.9 Δομή ενός ηφαιστείου με τα ηφαιστειακά αναβλήματα που εκτινάσσονται και τους πιθανοί κίνδυνοι που προκύπτουν από την έκρηξη	σελ.31
Εικόνα 4.1 Θερμοκρασία, σύσταση και ιζώδες των μαγμάτων	σελ.32
Εικόνα 4.2 Οι έξι σημαντικότερες κατηγορίες των ηφαιστείων, ανάλογα με τη δομική τους διαμόρφωση και τον τρόπο έκρηξης	σελ.33
Εικόνα 4.3 Ηφαιστειο στην περιοχή της Βρετανικής Κολομβίας	σελ.34
Εικόνα 4.4 Σχισμογενής έκρηξη (Laki, Ισλανδία, 1973)	σελ.34
Εικόνα 4.5 Ηφαιστειο Mauna Loa Volcano, Hawaii	σελ.35
Εικόνα 4.6 Ηφαιστειο Kīlauea Volcano, Hawaii	σελ.35
Εικόνα 4.7 Το Θολωτό ηφαιστειο της Αγίας Ελένης στις ΗΠΑ	σελ.36

Εικόνα 4.8 Το ηφαίστειο Parícutin (Παρικουτίν, Μέξικο)	σελ.37
Εικόνα 4.9 Mayon Ηφαιστειακό πάρκο στις Φιλιππίνες (Volcano Natural Park)	σελ.38
Εικόνα 4.10 Crater Lake Εθνικό πάρκο στο Oregon	σελ.39
Εικόνα 4.11 Piton de la Fournaise volcano	σελ.40
Εικόνα 4.12 Η γιγαντιαία καλντέρα του ηφαιστείου Galán	σελ.40
Εικόνα 4.13 οι βασικότεροι τύποι ηφαιστείων	σελ.41
Εικόνα 5.1 Έκρηξη τύπου Βουλκάνο. Ηφαίστειο Sakurajima, στη νότια Ιαπωνία	σελ.44
Εικόνα 5.2 Έκρηξη τύπου Στρόμπολι (Strombolian eruption)	σελ.45
Εικόνα 5.3 Έκρηξη τύπου Χαβάης. Kilauea volcano Hawaii	σελ.46
Εικόνα 5.4 Πλινιακή έκρηξη (Pinatubo, Φιλιππίνες, 1991)	σελ.48
Εικόνα 5.5 Το όρος Πελέ και η πόλη St. Pierre όπως είναι σήμερα	σελ.49
Εικόνα 5.6 Έκρηξη Ισλανδικού τύπου Ηφαίστειο Αίτνας	σελ.50
Εικόνα 5.7 Υδροθερμική έκρηξη (Ruaruhu, Νέα Ζηλανδία)	σελ.51
Εικόνα 6.1 Κόκκινη καυτή βασαλτική ροή λάβας	σελ.53
Εικόνα 6.2 Τέφρα από ηφαιστειακή έκρηξη στην Γουατεμάλα 2018	σελ.54
Εικόνα 6.3. Ηφαιστειακή βόμβα ατρακτοειδής (Αζόρες)	σελ.54
Εικόνα 6.4. Πυροκλαστικές ροές (Soufriere Hills, 1997, Montserrat)	σελ.55
Εικόνα 6.5. Ηφαίστειο Nevado del Ruiz (Κολομβία) 1985	σελ.56
Εικόνα 7.1. Έρτα Άλε ενεργό ασπιδωτό ηφαίστειο στην περιφέρεια Αφάρ	σελ.58
Εικόνα 7.2 .Φαινόμενο θερμοκηπίου –Παγίδευση της ακτινοβολίας	σελ.60
Εικόνα 7.3 Έκρηξη Eyjafjallajökull 2010	σελ.62
Εικόνα 8.1 Δέκτης GPS διπλής συχνότητας	σελ.73
Εικόνα 8.2 Ευρωπαϊκός μετεωρολογικός δορυφόρος	σελ.74
Εικόνα 8.3 Σεισμογράφος	σελ.76
Εικόνα 8.4 Σχέδιο ετοιμότητας για την μείωση του κινδύνου	σελ.79
Εικόνα 8.5 Χάρτης καταστροφών	σελ.81

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Αλληλεπίδραση των παραγόντων της τρωτότητας	σελ.7
Σχήμα 2.1 Σχέση επικίνδυνων φυσικών ή ανθρωπογενών συμβάντων με την ευπάθεια και τις επιπτώσεις τους ως καταστροφικά γεγονότα	σελ.8

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.1 Ο συνολικός αριθμός των τεχνολογικών καταστροφών που προκλήθηκαν ανά Ήπειρο την περίοδο 1900-2015	σελ.21
Διάγραμμα 2.2 Ο συνολικός αριθμός των τεχνολογικών καταστροφών ανά Ήπειρο την περίοδο 1986-2015	σελ.21
Διάγραμμα 2.3 Ο συνολικός αριθμός θανάτων ανά Ήπειρο που προκλήθηκαν από τεχνολογικές καταστροφές την περίοδο 1986-2015	σελ.22
Διάγραμμα 2.4 Οι συνολικές οικονομικές ζημίες που έχουν δημιουργηθεί από τεχνολογικές καταστροφές ανά Ήπειρο την περίοδο 1986-2015	σελ.22
Διάγραμμα 7.1 Αριθμός τουριστών στην Ισλανδία κατά την περίοδο 2002-2015	σελ.63
Διάγραμμα 7.2 Η εναέρια κυκλοφορία στην Ευρώπη από 8-25 Απριλίου 2010	σελ.64
Διάγραμμα 8.1 Διάγραμμα απεικόνισης ιστορικής εξέλιξης ηφαιστείου	σελ.70
Διάγραμμα 8.2 Ποσοστό ζωντανών θυμάτων ως προς τον χρόνο εντοπισμού τους	σελ.85

Ακρωνύμια

ADSR	Annual Disaster Statistical Review
BBC	British Broadcasting Corporation
DGPS	Differential Global Positioning System
EM-DAT	Emergency Events Database
IDDR	V International Day for Disaster Reduction
IUGS	International Union of Geological Sciences
LERG	Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group
ISDR	Strategy for Disaster Reduction –UN-United Nations
OCHA	Office for the Coordination of Humanitarian Affairs
PAHO	Pan American Health Organization
TBSA	Total Body Surface Area
UN	United Nations
UNDRO	United Nations Disaster Relief Organization
UNISDR	The United Nations Office for Disaster Risk
USITC	United States International Trade Commission
USGS	United States Geological Survey
WHO	World Health Organization

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 Κίνδυνος

Με βάση τη Διεθνή Στρατηγική για τη μείωση των καταστροφών (The United Nations Office for Disaster Risk – (UNISDR, .2009), με τον όρο κίνδυνος αναφερόμαστε σε «ένα επικίνδυνο φαινόμενο, , μία ανθρώπινη δραστηριότητα ή κατάσταση που μπορεί να προκαλέσει απώλεια ζωής, τραυματισμό ή άλλες επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία, υλικές ζημιές, απώλεια των μέσων διαβίωσης και των υπηρεσιών, κοινωνική και οικονομική αναστάτωση, ή περιβαλλοντική ζημία».

Ο όρος του κινδύνου δεν χρησιμοποιείται για να μας περιγράψει μια κατάσταση ή ένα γεγονός το οποίο θα είναι επιβλαβές για τον άνθρωπο ή το περιβάλλον αλλά για την πιθανότητα εκδήλωσης του (Κυριακόπουλος, Κ.,2014)

Η συσχέτιση του κινδύνου με την εκδήλωση φυσικών φαινομένων, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφές, είναι μία έννοια που απασχολεί τον άνθρωπο διαχρονικά. Η πιθανότητα εκδήλωσης ενός τέτοιου φαινομένου το οποίο μπορεί να εξελιχθεί σε καταστροφή είναι άμεσα συνυφασμένη με την τρωτότητα και τη διακινδύνευση η οποία εμφανίζεται σε μια συγκεκριμένη περιοχή. (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε. , 2015).

Μία ευρέως αποδεκτή εννοιολογική απόδοση του κινδύνου σε σχέση με τις φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές , προέρχεται από τον Keith Smith (Σαπουντζάκη, Κ. 2007): «Κίνδυνος είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας εκδήλωσης μιας απειλής (στο πεδίο των φυσικών καταστροφών αναφέρεται στη δημιουργία ενός παλιρροϊκού κύματος, ή έκρηξη ενός ηφαιστείου ή πυρκαγιά) με τις απώλειες που συνεπάγεται για τα στοιχεία που ενσωματώνουν ανθρώπινη αξία, λόγω της ποικιλότροπης έκθεσής τους σε αυτήν την απειλή».

Ο μαθηματικός τρόπος έκφρασης αυτού του ορισμού αποδίδεται στην παρακάτω συνάρτηση:

$$R = P \times L$$

Όπου: R= κίνδυνος

P= πιθανότητα εκδήλωσης μιας απειλής

L= το ύψος των απωλειών που αυτή επιφέρει

Αυτό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι το (L) είναι διαφορετικό κάθε φορά λόγω των ειδικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε κοινωνία η οποία πλήττεται, από πλευράς κοινωνικής τρωτότητας ευπάθειας, και τον βαθμό έκθεσης

1.2 Διαχείριση κινδύνου

Στις μέρες μας ο ρόλος και η σημασία των κινδύνων που μπορεί να ελλοχεύουν σε μία περιοχή είναι γνωστός, από τα αρμόδια κυβερνητικά όργανα και η διαχείριση του κινδύνου για την σωστή αντιμετώπιση τους είναι ένας όρος που κερδίζει συνεχώς έδαφος (Saldaña - Zorrilla, S. O. 2008). Εγχειρίδια οδηγιών, κρατικές υπηρεσίες που παρέχουν εκπαίδευση σε σχέση με τους κινδύνους, σχεδιασμός χαρτών και οργάνωση φορέων και ομάδων για άμεση αντιμετώπιση των περιστατικών είναι κάποιες από τις πρακτικές που υιοθετούνται για την καλύτερη διαχείριση των κινδύνων. Αξίζει να σημειωθεί ότι προς αυτή την κατεύθυνση, είναι καθοριστικής σημασίας η ευαισθητοποίηση, ενημέρωση, εκπαίδευση και συμμετοχή όλων των πολιτών σε

εκπαιδευτικά προγράμματα σχετικά με τα καταστροφικά γεγονότα και τους τρόπους αντιμετώπισης τους. (Mitchell, J., 1988).

Στο πλαίσιο της παραπάνω λογικής ο ΟΗΕ (UN-United Nations,.) το 1989 ανακήρυξε την Διεθνή Ημέρα Μείωσης των Καταστροφών (International Day for Disaster Reduction – IDDR). Η μέρα αυτή, η οποία έχει οριστεί στις 13 Οκτωβρίου, δρα στο πλαίσιο του γενικότερου στρατηγικού σχεδιασμού Διεθνούς Στρατηγικής Μείωσης Καταστροφών (Strategy for Disaster Reduction – ISDR), έχοντας ως στόχο να περάσει το μήνυμα, ότι αν και ο άνθρωποι δεν μπορούν να κυριαρχήσουν έναντι των δυνάμεων της φύσης, μπορούν να προετοιμαστούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να προλάβουν και να μειώσουν την εμφάνιση των καταστροφών.

1.3 Κατηγορίες κινδύνων

Ο άνθρωπος απειλείται από μία σειρά κινδύνων, οι οποίες μπορούν να πλήξουν το περιβάλλον που ζει, καθώς και την περιουσία του. Για την απόδοση τους, παρουσιάζεται η παρακάτω κατηγοριοποίηση (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε. , 2015):

1.3.1. Φυσικοί κίνδυνοι:

Καταιγίδες, Πλημμύρες, Σεισμοί, Ηφαιστειακές εκρήξεις, Πυρκαγιές, Κατολισθήσεις, Τυφώνες,



Εικ. 1 Καταιγίδα Πηγή: <https://www.google.com/>



Εικ. 2 Πυρκαγιά Πηγή: <https://www.cnn.gr/kosmos/story>

1.3.2.Βιολογικοί κίνδυνοι:

Μετάδοση ασθενειών π.χ (COVID 19), παράσιτα και μόλυνση καλλιεργειών, κτηνοτροφίας και ανθρώπων.



Εικ. 3 Μέτρα αντιμετώπισης του κινδύνου διασποράς του κορωνοϊού (COVID-19) έχει λάβει τα ακόλουθα μέτρα: **Πηγή:**<https://geetha.mil.gr/>

1.3.3 Τεχνολογικοί κίνδυνοι:

Κατάρρευση κοινωνικό-τεχνικών υποδομών, υποδομές και μέσα μαζικής μεταφοράς, γεωργικές πρακτικές, επεξεργασία τροφών, βιομηχανικές εγκαταστάσεις.



Εικ. 4 Πυρηνικό ατύχημα στο Τσερνομπίλ, Ουκρανία 26 Απριλίου 1986
Πηγή:<https://www.tovima.gr/2019/02/23/inbox>

1.3.4 Πολιτικοί/ κοινωνικοί κίνδυνοι:

Τρομοκρατικές επιθέσεις, δολιοφθορές, κοινωνική αναστάτωση, καταστάσεις ομηρίας, επιδρομές, πόλεμοι.



Εικ. 5 Τρομοκρατική επίθεση στην Υόρκη (κέντρο εμπορίου) Η.Π.Α στις 11 Σεπτεμβρίου του 2001 **Πηγή:** <https://www.fortunegreece.com/>

Όλοι οι παραπάνω κίνδυνοι μπορεί να εμφανιστούν μεμονωμένα, διαδοχικά ή συνδυαστικά σχετικά με την προέλευση και τις συνέπειες τους. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι κάθε κίνδυνος προσδιορίζεται από τα εξής χαρακτηριστικά: α) θέση, β) συχνότητα, γ) πιθανότητα εμφάνισης, δ) ένταση (Ανδρεαδάκης Ε. & Λέκκας Ε., 2015).

1.4. Επικινδυνότητα (Hazard) και κίνδυνος (risk)

Πολλές φορές στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε την διάφορα μεταξύ του κινδύνου και της επικινδυνότητας, οδηγούμαστε σε κάποια σύγχυση. Όμως ο διαχωρισμός των εννοιών τους είναι απαραίτητος για να μπορέσουμε να οργανώσουμε και να αναπτύξουμε τις κατάλληλες πρακτικές και εργαλεία για την διαχείρισή τους (Pillā, J., et al. 2014).

Όποτε κάνουμε χρήση του όρου Επικινδυνότητα, στην πραγματικότητα αναφερόμαστε στο ενδεχόμενο εμφάνισης/ εκδήλωσης ενός σοβαρού συμβάντος, το οποίο δυνητικά μπορεί να εξελιχθεί σε ένα καταστροφικό φυσικό φαινόμενο. Τα παραπάνω συμβάντα και φαινόμενα εμπεριέχουν ένα ποσοστό κινδύνου, το οποίο διαφοροποιείται σε επίπεδο χρόνου, χώρου, καθώς και σοβαρότητας και έντασης (Wilhite, D. A. 2000).

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, ο όρος του κινδύνου χρησιμοποιείται για την πιθανότητα εκδήλωσης ενός δυνητικά καταστροφικού γεγονότος και όχι για την περιγραφή του. (Κυριακόπουλος, Κ., 2015)

Η σχέση μεταξύ Κινδύνου (risk) και επικινδυνότητας (Hazard) παρουσιάζεται από την παρακάτω εξίσωση, η οποία παρέχεται από τον ΟΗΕ (UN -United Nations)
Κίνδυνος (risk) = επικινδυνότητα (Hazard) × Ευπάθεια (Vulnerability) / Ικανότητα (Capacity)

Ο υπολογισμός του κινδύνου θα πρέπει να περιλαμβάνει την ταυτοποίηση, εκτίμηση και αξιολόγηση του κινδύνου, αλλά και την αξιολόγηση της ικανότητας του πληθυσμού να αντιμετωπίσει ή να διαχειριστεί τους κινδύνους .

1.5. Τρωτότητα

Όταν αναφερόμαστε στην Τρωτότητα , στην ουσία μιλάμε για το άθροισμα όλων εκείνων των παραγόντων (οικονομικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών, πολιτικών κ.α) οι οποίοι προσδιορίζουν την ανθρώπινη ευημερία και με βάση αυτούς την έκθεση των ανθρώπων σε πιθανές βλαπτικές καταστάσεις (Bohle, H.G., et al., 1994). Πρόκειται για μία κοινωνική παράμετρο που όπως καταλαβαίνουμε είναι πολυδιάστατη και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με συγκεκριμένους χώρους και χρόνους που ζουν οι άνθρωποι, κάτω από καθορισμένες πολιτικές , κοινωνικές , οικονομικές, θρησκευτικές και θεσμικές συνθήκες (Cutter, S. L. 1996).

Κάθε κοινωνία παρουσιάζει διαφορετικούς τύπους Τρωτότητας που δεν είναι μόνο αποτέλεσμα των ανθρώπινων δράσεων, αποφάσεων και επιλογών, αλλά είναι το αποτέλεσμα της διάδρασης των φυσικών, οικονομικών, πολιτισμικών και πολιτικών περιεχομένων, όπου ζουν οι άνθρωποι (Irasema, A., 2002) . Έτσι έχουμε:

1.5.1. Πολιτική Τρωτότητα

Η πολιτική τρωτότητα έχει να κάνει με την διάρρηξη ή την ανάπτυξη της συνοχής μιας κοινωνίας, όπου η τελευταία επιτυγχάνεται σε κοινωνίες με δημοκρατικό πολίτευμα και όχι κάποιο τυραννικό ή απολυταρχικό καθεστώς. Είναι αποδεδειγμένο ότι οι Δημοκρατικές κυβερνήσεις αντιμετωπίζουν καλύτερα τις προκλήσεις που απορρέουν από την εκδήλωση καταστροφικών γεγονότων, καθώς το κλειδί για την μείωση των καταστρεπτικών επιπτώσεων, απαιτεί γόνιμο διάλογο και συλλογική προσπάθεια.

1.5.2. Πολιτισμική Τρωτότητα

Η πολιτισμική τρωτότητα σχετίζεται άμεσα με τις παραδόσεις τα ήθη, τα έθιμα ακόμα και τις δοξασίες ή προκαταλήψεις οι οποίες σχετίζονται με την Κοινωνία στην οποία έχει λάβει χώρα το καταστροφικό γεγονός (είτε πριν είτε μετά την εκδήλωση του) χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης είναι ο καταστροφικός σεισμός της Αϊτής στις 12 Ιανουαρίου 2010. Αν και σε λίγες ημέρες η ανθρωπιστική βοήθεια είχε καταφθάσει για να ανακουφίσει τους πληγέντες, αυτό κατέστη ιδιαίτερα δύσκολο αφού η θρησκευτική διαφορετικότητα του ντόπιου πληθυσμού Vodou δεν επιτρέπει να μιλούν με γιατρούς ή άλλους έξω από την παράδοσή τους (WHO & PAHO, 2010).

1.5.3. Κοινωνική Τρωτότητα

Όταν αναφερόμαστε στην Κοινωνική Τρωτότητα μιλάμε για την ευπάθεια μιας κοινωνίας απέναντι σε ένα καταστροφικό γεγονός. Μια σειρά από λόγους συνηγορεί στην αύξηση της Ευπάθειας σε μια κοινωνία . Μερικοί από τους κυριότερους είναι:

- Το επίπεδο Υγείας των φτωχών
- Η αύξηση της φτώχειας
- Η αύξηση της πείνας
- Η ταχεία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού
- Η ανισότητα των φύλων

- Τα χαμηλά επίπεδα εκπαίδευσης
- Η έλλειψη πρόσβασης σε αγαθά και υπηρεσίες.

(Yang, Z., et al., 2014).

1.5.4. Οικονομική Τρωτότητα

Στην οικονομική τρωτότητα μιας κοινωνίας στην ουσία αντανακλάται το ύψος της οικονομικής ευρωστίας που διαθέτει και η οποία ανάλογα με το πόσο ισχυρή είναι επηρεάζεται διαφορετικά από ένα καταστροφικό γεγονός που καλείται να αντιμετωπίσει. Έτσι παρατηρούμε ότι οι επιπτώσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι πολύ μεγαλύτερες από ότι στις αναπτυγμένες, οι οποίες έχοντας ισχυρή οικονομία μπορούν να αντέξουν ένα καταστροφικό πλήγμα, να αποκαταστήσουν τις πληγές τους και να ανακάμψουν πολύ πιο γρήγορα. Αντίθετα στις αναπτυσσόμενες/ φτωχές χώρες, η έλλειψη προσβασιμότητας σε αγαθά πρώτης ανάγκης μετά από ένα καταστροφικό συμβάν, αναδεικνύει με σαφή τρόπο την οικονομική τρωτότητα μιας χώρας.

1.5.5. Φυσική Τρωτότητα / Έκθεση

Η φυσική τρωτότητα σχετίζεται με την Γεινίαση με την πηγή της απειλής, την πιθανότητα εκδήλωσης αλλά και την συχνότητα εμφάνισης συμβάντος το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή

Ως γενική διαπίστωση θα πρέπει να αναφέρουμε ότι καθοριστικό ρόλο για την καλύτερη προετοιμασία των κοινωνιών για την αντιμετώπιση των κινδύνων που μπορεί να εξελιχθούν σε γεγονότα με καταστροφικές συνέπειες, είναι η γνώση, η εμπειρία και η μνήμη. Αυτά όμως δυστυχώς δεν φτάνουν από μόνα τους. Έτσι παρατηρούμε ότι οι οικονομικά ασθενέστερες κοινωνίες (ή ακόμα και ολόκληρες χώρες) λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων τους δεν μπορούν να θωρακιστούν απέναντι στις καταστροφές, με επιλογές δράσεων που θα μειώσουν την διακινδύνευση και θα ενισχύσουν την ανθεκτικότητά τους.

Επίσης γεγονότα τα οποία έχουν να κάνουν με την διαχείριση, κοινωνικοοικονομικών ή υγειονομικών προβλημάτων, όπως είναι η φτώχεια του γενικού πληθυσμού μιας χώρας, οι κοινωνικές αναταραχές ή οι εμπόλεμες συρράξεις ο αναλφαριθμισμός, οι δοξασίες τοπικών πληθυσμών οι ασθένειες ή οι πανδημίες υπονομεύουν τους σχεδιασμούς και την αποτελεσματικότητα των κοινωνιών για την αντιμετώπιση των κινδύνων. Φτάνοντας στο σημείο που και ένα μικρής κλίμακας καταστροφικό γεγονός, να λειτουργήσει ως καταλύτης για την πρόκληση μιας πολύ μεγαλύτερης καταστροφής που θα έχει τα χαρακτηριστικά του Domino effect.

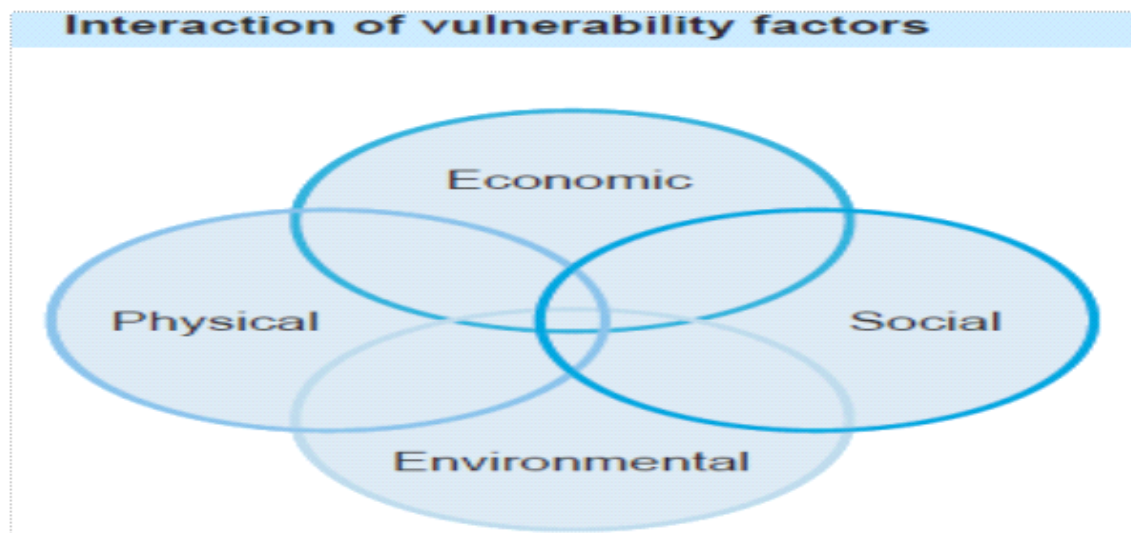
Εξάγουμε λοιπόν το συμπέρασμα με βάση τα παραπάνω ότι οι χώρες οι οποίες εκτίθενται περισσότερο στον κίνδυνο (με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν και το μεγαλύτερο ποσοστό καταστροφών), είναι οι λεγόμενες αναπτυσσόμενες χώρες οι οποίες και εμφανίζουν μεγαλύτερη ευπάθεια και τρωτότητα.. Στον αντίποδα βρίσκονται οι οικονομικά εύρωστες και βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες που διαθέτουν τα χρηματοοικονομικά εργαλεία αλλά και την τεχνογνωσία για να περιορίσουν την διακινδύνευση των κοινωνιών τους(Pelling, M., 2003). Οι χώρες αυτές λοιπόν αξιοποιούν τα διδάγματα και την γνώση που αποκτούν μετά από κάποιο καταστροφικό γεγονός και προσπαθούν να βρουν τρόπους για τον περιορισμό ή την εξάλειψη του. Με βάση τα στοιχεία τα οποία συγκεντρώνουμε από τις παγκόσμιες βάσεις δεδομένων παρατηρούμε ότι, οι αναπτυσσόμενες χώρες κατέχουν την θλιβερή πρωτιά του να έχουν τον μεγαλύτερο ποσοστό θεμάτων που προκαλούνται από καταστροφικά γεγονότα που αγγίζει το 90% συνδυαζόμενο με έμμεσες οικονομικές απώλειες που ακολουθούν, ενώ οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες είναι πιο ευάλωτες σε

οικονομικές απώλειες και πολύ λιγότερο σε ανθρώπινες , έχοντας ταυτόχρονα και δυνατότητα πολύ γρήγορης αποκατάστασης των προβλημάτων που προκύπτουν.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ότι όλοι οι παράγοντες της τρωτότητας αλληλοεξαρτώνται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Σχήμα 1: Αλληλεπίδραση των παραγόντων της τρωτότητας

Πηγή: Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives 2004, ISDR.



1.6. Προσαρμοστικότητα

Όταν μιλάμε για προσαρμοστικότητα στην ουσία αναφερόμαστε στην ικανότητα επιβίωσης ατόμων , κοινωνικών ομάδων ή ολόκληρων κοινωνιών και της δυνατότητας προσαρμογής και επαναφοράς των, στην κανονικότητα μετά από ένα καταστροφικό γεγονός (UNISDR, 2009).

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η ανθεκτικότητα μας ανοίγει ένα «παράθυρο» ευκαιρίας, έτσι ώστε να μην επιστρέψουμε απλά στην κατάσταση της τρωτότητας που βρισκόμασταν πριν το συμβάν, αλλά αξιοποιώντας όλα τα δυνατά σημεία των κοινωνιών να μεταβούμε σε μια νέα βελτιωμένη κατάσταση (Σαπουντζάκη, Κ. 2007).

Κεφάλαιο 2°

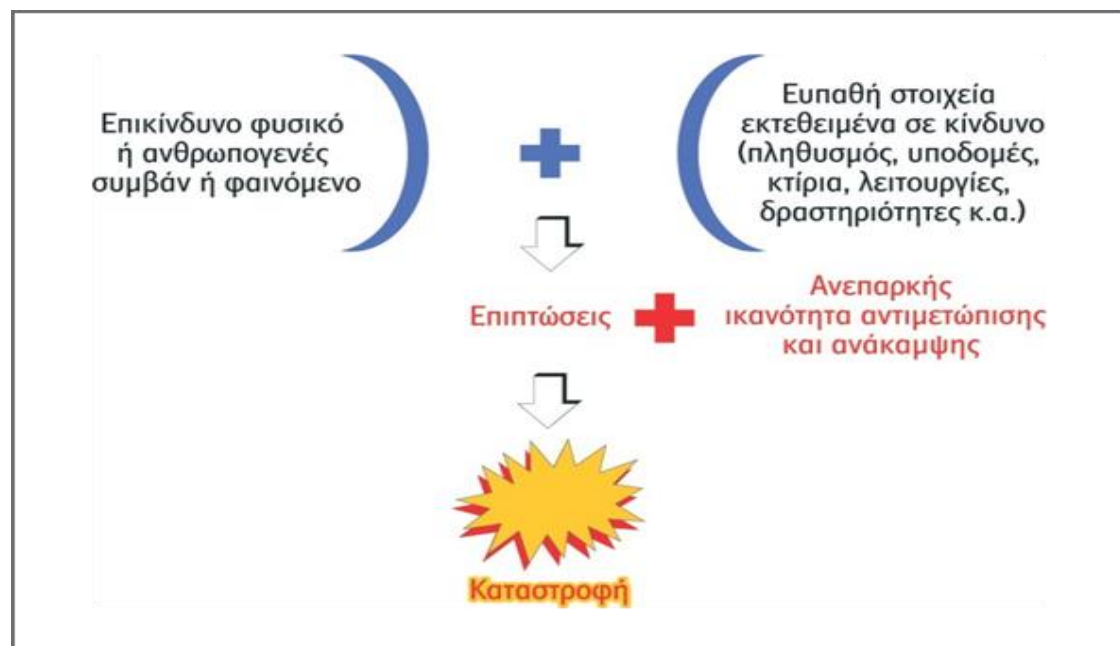
2.1 Καταστροφή (Disaster)

Ο άνθρωπος από τα αρχαία χρόνια δοκιμάζεται από καταστροφικά συμβάντα. Αναφορές για καταστροφές συναντούμε στην θρησκεία (κατακλυσμός του Νώε), στις ιστορικές παραδόσεις των λαών (κατακλυσμός του Δευκαλίωνα, εξαφάνιση της Ατλαντίδος), σε ιστορικά κείμενα (λιμός των Αθηνών, Μαύρη Πανώλη,) σε έργα τέχνης ή μουσικά έργα κ.α (Gutschel, M.-A. 2005).

Προσπαθώντας να ορίσουμε την έννοια της καταστροφής θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας, ότι υπάρχουν πολλές δεκάδες ορισμών τους οποίους συναντούμε στην βιβλιογραφία. Αυτοί διαφοροποιούνται ανάλογα με τις διάφορες επιστήμες την ορολογία που χρησιμοποιούν , την εννοιολογική σημασία που αποδίδουν και το κοινό στο οποίο απευθύνονται.

Στο πλαίσιο της συγγραφής της εργασία μας θα υιοθετήσουμε έναν ορισμό, ο οποίος χαίρει ευρείας αποδοχής. Αναφερόμαστε στον ορισμό που έχει εισάγει η Διεθνής Στρατηγική για τη μείωση των καταστροφών (The United Nations Office for Disaster Risk – UNISDR) (UNISDR, 2009). Με βάση αυτόν η καταστροφή είναι ένα γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει μια κοινωνία ή κοινότητα σε έντονες διαταράξεις, προκαλώντας την αποσταθεροποίηση της. Οι επιπτώσεις της καταστροφής μπορεί να είναι υλικοτεχνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές, αλλά ακόμη και σε επίπεδο τραυματισμών η και απώλειας ανθρωπινών ζωνών. Οι απώλειες σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι τόσο εκτεταμένες., ώστε να ξεπερνούν τις δυνάμεις των κοινωνιών για να ανταπεξέλθουν μόνες τους.

Η Τρωτότητα και Ευπάθεια μιας περιοχής, στην οποία εκδηλώνεται μια καταστροφή, σε συνδυασμό με την δυνατότητα της πληγείσας περιοχής για ανάκαμψη, είναι εκείνα τα στοιχεία τα οποία θα καθορίσουν και το μέγεθος της.



Σχήμα 2. Σχέση επικίνδυνων φυσικών ή ανθρωπογενών συμβάντων με την ευπάθεια και τις επιπτώσεις τους ως καταστροφικά γεγονότα

Η EM-DAT (Διεθνής Βάση Δεδομένων για τις Καταστροφές) χαρακτηρίζει μία κατάσταση ως καταστροφή εάν συνοδεύεται με ένα από τα παρακάτω κριτήρια:

- 10 ή περισσότερους θανάτους
- 100 ή περισσότερα θύματα
- Κήρυξη κατάστασης έκτακτης ανάγκης
- Κλήση για διεθνή βοήθεια

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι η εκτίμηση για τα μεγέθη των καταστροφών, βασίζεται σε ποσοτικά κριτήρια, που σχετίζονται με τις ζημιές που προκαλούνται, τον αριθμό των θανάτων καθώς και τον συνολικό αριθμό των ανθρώπων που με οποιοδήποτε τρόπο επηρεάζονται από αυτές.

Αυτό που πρέπει να έχουμε στο νου μας είναι ότι το μέγεθος των επιπτώσεων, από πλευράς θυμάτων και αναγκών των οποίων προκαλούνται, από την εκδήλωση ενός συμβάντος είναι το καθοριστικό στοιχείο, το οποίο θα τα διαχωρίσει σε ατυχήματα ή καταστροφές (Λέκκας & Ανδρεαδάκης, 2015).

Αξίζει να αναφερθεί ότι η εκδήλωση ενός γεγονότος όσο και δυναμική ή εντυπωσιακή είναι δεν σημαίνει ότι θα εξελιχθεί κατ'ανάγκη σε καταστροφή. Έτσι ένας σεισμός ο οποίος λαμβάνει χώρα σε μια κατοικημένη περιοχή, μπορεί ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του, να εξελιχθεί σε μεγάλη καταστροφή. Αντίθετα εάν το συμβάν εξελιχθεί σε μια έρημη και απομονωμένη περιοχή, τότε δεν μιλάμε σε καμία περίπτωση για καταστροφή. Σε οποιαδήποτε περίπτωση δεν μπορεί να μιλάμε για ύπαρξη καταστροφικού γεγονότος, χωρίς να επηρεάζεται η ανθρώπινη δραστηριότητα.

2.2. Κατηγοριοποίηση καταστροφών

Οι καταστροφές είναι γεγονότα τα οποία κάνουν ξαφνικά την εμφάνιση τους και διακρίνονται σε φυσικές όπως σεισμοί, οι ηφαιστειακές εκρήξεις ή οι πλημμύρες και σε ανθρωπογενείς όπως ο πόλεμος ή τα βιομηχανικά ατυχήματα. Οι καταστροφές προκαλούν μεγάλες βλάβες και αναταράξεις στις κοινωνίες αφού υπολογίζεται ότι ευθύνονται για τον θάνατο περίπου 75000 ανθρώπων κάθε χρόνο, καθώς και την πρόκληση ζημιών στους οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς πόρους της κοινότητας (Taghizadeh, Z., et al., 2017).

Μπορούμε να διακρίνουμε τις καταστροφές με βάση τους γενεσιουργούς μηχανισμούς τους σε:

- **Φυσικές καταστροφές**, όπου ο γενεσιουργός μηχανισμός οφείλεται σε αίτια που σχετίζονται με την φύση και λαμβάνουν χώρα , είτε με την παρουσία του ανθρώπινου παράγοντα είτε όχι.
- **Ανθρωπογενείς καταστροφές**, όπου ο γενεσιουργός μηχανισμός έγκειται στην τεχνολογική ανάπτυξη ή/και την επιθετική συμπεριφορά του ανθρώπου.

2.3. Φυσικές Καταστροφές

Οι φυσικές καταστροφές αναφέρονται σε οποιοδήποτε φυσικό γεγονός που επιφέρει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις σε ένα σημαντικό πληθυσμό ανθρώπων και αφορούν τις συμβαίνουσες στο οικοσύστημα φυσικές διεργασίες οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στην απώλεια της σταθερότητας του κοινωνικοοικονομικού συστήματος και τη σοβαρή ανισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης για κοινωνικούς πόρους.

Στην εικόνα που ακολουθεί εμφανίζονται (με ανάλογο εικονίδιο για κάθε καταστροφή) οι 20 πιο θανατηφόρες καταστροφές που συνέβησαν παγκοσμίως την εικοσαετία μεταξύ 1996-2015. Παρατηρούμε:

- Σεισμούς σε Κίνα, Ινδία, Πακιστάν, Τουρκία, Ιράν και την Αϊτή.
- καταιγίδες σε Ινδία, Μιανμάρ, Ονδούρα.
- Σεισμούς/Tsunamis σε Ιαπωνία, Σρι Λάνκα, Ινδία, Ινδονησία.
- Καταστροφική πλημμύρα στη Βενεζουέλα.
- Καταστροφική ξηρασία στη Σομαλία.
- Ακραίες θερμοκρασίες σε Ιταλία, Ρωσία, Γερμανία, Γαλλία και Ισπανία.



Εικ. 6 Οι 20 πιο θανατηφόρες φυσικές καταστροφές των τελευταίων 20 ετών 1996-2015
Πηγή: <https://reliefweb.int/report/world/poverty-death-disaster-and-mortality-1996-2015>

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organisation) και η παγκόσμια βάση δεδομένων για τις φυσικές καταστροφές EM-DAT (Emergency Events Database) ακολουθούν μια ταξινόμηση για τις φυσικές καταστροφές διακρίνοντας τις στις παρακάτω κατηγορίες κατηγορίες:

2.3.1 Γεωφυσικές: Πρόκειται για γεγονότα τα οποία έχουν ως αίτιο και αφετηρία τον στερεό φλοιό της Γης, όπως οι σεισμοί, οι ηφαιστειακές εκρήξεις και οι κατολισθήσεις ξηρής μάζας. Μπορούν να εμφανιστούν ασχέτως της έκθεσης του ανθρωπίνου παράγοντα σε αυτά. Εάν όμως η εκδήλωσή τους προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις, όπως θάνατοι, τραυματισμοί ή καταστροφές περιουσιών ή υλικοτεχνικών υποδομών τότε χαρακτηρίζονται ως γεωφυσικές καταστροφές.



Εικ. 7 17 Αυγούστου του 1999 Σεισμός 7,6 της κλίμακας ρίχτερ στην Κωνσταντινούπολη **Πηγή:** <https://www.dw.com/el/>

2.3.2 Υδρολογικές: Πρόκειται για φυσικές διεργασίες οι οποίες μπορούν επηρεάσουν με αρνητικό τρόπο μια κοινωνία προκαλώντας σοβαρές αναταράξεις. Έτσι μπορεί να προκληθούν υλικές ζημιές, υποβάθμιση του περιβάλλοντος, ακόμα και απώλειες ανθρώπινων ζωών. Οι υδρολογικές καταστροφές προκαλούνται από εκτροπές και παρεκκλίσεις στον κανονικό και αναμενόμενο κύκλο νερού ή/και υπερχείλιση υδάτινων υποδοχέων, η οποία προκαλείται από ανέμους. Τέτοιες μπορεί να είναι πλημμύρες και οι κατολισθήσεις υγρής μάζας (πχ. χιονοστιβάδες).



Εικ. 8 Πλημμύρα στην Μάνδρα στις Νοεμβρίου 2017 **Πηγή:** <https://www.tovima.gr/2019/11/15/society/mandra>

2.3.3. Κλιματολογικές: Σε αυτές ανήκουν οι ακραίες θερμοκρασίες, οι ξηρασίες και οι δασικές πυρκαγιές. Η ύπαρξη των κλιματολογικών καταστροφών προκαλείται από μακροπρόθεσμες, μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικές διαδικασίες που κυμαίνονται από ενδοεποχιακές μέχρι κλιματικές μεταβολές σε βάθος πολλών δεκαετιών.



Εικ. 9 Εικόνα ξηρασίας. **Πηγή:** <https://www.tovima.gr/2018/02/13/world/n-afriki-katastrofiki-ksirasia-kai-elleipsi-se-posimo-nero/>

2.3.4. Βιολογικές, Σε αυτές ανήκουν οι επιδημίες που προκαλούνται από την έκθεση των ζώντων οργανισμών σε παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως είναι τα βακτήρια και οι ιοί ή τοξικές ουσίες άλλων οργανισμών (π.χ. δηλητηριώδη έντομα). Οι παθογόνοι αυτοί μικροοργανισμοί μπορούν να αποτελέσουν ιδιαίτερη απειλή για τις ανθρώπινες κοινότητες και να εξελιχθούν σε θανατηφόρες πανδημίες (π.Χ EBOLA, SARS, COVID 19 κ.α).

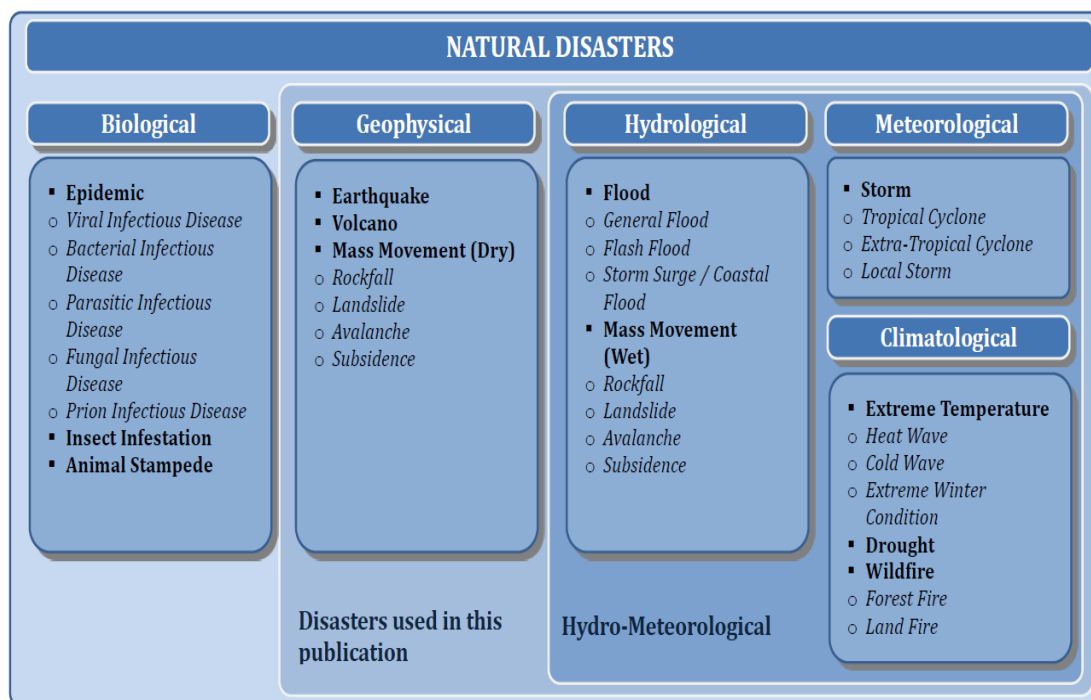


Εικ. 10 Απολύμανση βαγονιού τρένου για τον ιό του COVID 19. **Πηγή:** Fars News Agency / Wikicommons

2.3.5. Μετεωρολογικές: Πρόκειται για καταστροφικά γεγονότα τα οποία έχουν ως αίτιο μικρής έως μεσαίας κλίμακας ατμοσφαιρικές διαδικασίες. Πρόκειται για φαινόμενα όπως π.χ ισχυρές καταιγίδες οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες υλικές ζημιές ή ακόμη και σε απώλειες ανθρωπίνων ζωών.



Εικ. 11 Καταιγίδα Γκλόρια στην Ισπανία. **Πηγή :** ASSOCIATED PRES



Πίνακας 1: Ταξινόμηση των φυσικών καταστροφών από το CRED, που υποστηρίζει τη βάση δεδομένων EM-DAT.

Τύπος Καταστροφής	Συχνότητα Καταστροφής
Κεραυνός	Τυχαία
Χιονοστιβάδα	Εποχιακή/ημερήσια ή τυχαία
Σεισμός	Τυχαία
Κατολίσθηση	Εποχιακή /ακανόνιστη
Ανεμοστρόβιλος	Εποχιακή
Έντονη βροχόπτωση	Εποχιακή/ημερήσια
Χαλάζι	Εποχιακή/ημερήσια
Τσουνάμι	Τυχαία
Καθίζηση	Απότομη ή σταδιακή
Ανεμοθύελλα	Εποχιακή
Παγετός	Εποχιακή/ημερήσια
Τυφώνας	Εποχιακή /ακανόνιστη
Χιονοθύελλα	Εποχιακή
Πυρκαγιά	Εποχιακή/τυχαία
Ηφαιστειακή έκρηξη	Ακανόνιστη
Ομίχλη	Εποχιακή/ημερήσια
Πλημμύρα	Εποχιακή
Παράκτια διάβρωση	Εποχιακή /ακανόνιστη
Ερημοποίηση	Προοδευτική
Ξηρασία	Εποχιακή /ακανόνιστη

Πίνακας 2. Ταξινόμηση των φυσικών καταστροφών σύμφωνα με τη συχνότητά τους – Πηγή: Λέκκας, Ε., 2000

2.3.6. Επιπτώσεις φυσικών καταστροφών

Με βάση τα στοιχεία της EM-DAT για το έτος 2019 καταγράφηκαν συνολικά 396 φυσικές καταστροφές (παγκοσμίως). Οι επιπτώσεις που προξενήθηκαν από αυτές ήταν α) 11.755 ανθρώπινες απώλειες, β) 95 εκατομμύρια άνθρωποι οι οποίοι με κάποιο τρόπο επηρεάστηκαν από αυτές και γ) πρόκληση ύψους ζημιών το οποίο ανέρχεται στο ποσό των 103 δισεκατομμυρίων δολαρίων.

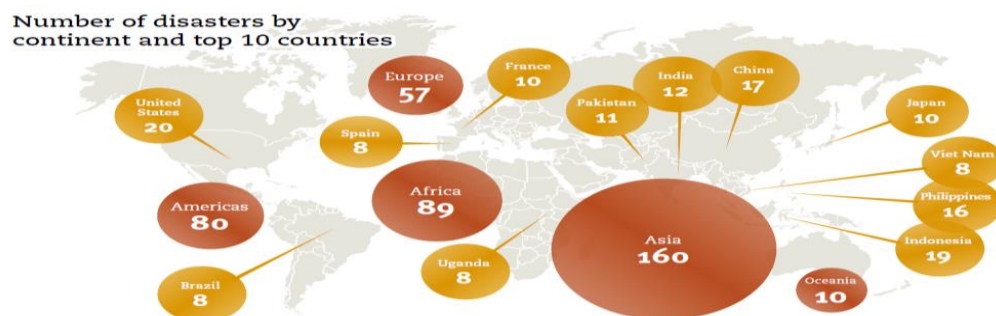
Οι επιπτώσεις των καταστροφών δεν βάρυναν εξίσου όλες τις Ηπείρους, καθώς παρατηρούμε ότι η Ασία δέχθηκε τον μεγαλύτερο αντίκτυπο ο οποίος ισούται με το 40% των καταστροφικών γεγονότων, το 45% των θανάτων και το 74% του συνόλου των ατόμων που επλήγησαν από τις καταστροφές. Η Ινδία ήταν εκείνη η οποία δέχθηκε το μεγαλύτερο πλήγμα, καταγράφοντας περίπου το 20% του συνόλου των θανάτων καθώς και το 24,5% του συνολικού αριθμού των ατόμων που επλήγησαν.

Οι πλημμύρες κατείχαν την αρνητική πρωτιά ως ο πιο θανατηφόρος τύπος καταστροφών που αντιστοιχεί στο 43,5% των θανάτων, ακολουθούμενη από τις ακραίες θερμοκρασίες σε ποσοστό 25% (κυρίως λόγω των κυμάτων θερμότητας στην Ευρώπη) και τέλος εκείνων των καταιγίδων στο 21,5%. Οι καταιγίδες επηρέασαν τον υψηλότερο αριθμό ατόμων, που αντιστοιχούσε στο 35% του συνόλου που επηρεάστηκε, ακολουθούμενες από τις πλημμύρες με 33% και την ξηρασία με 31%.

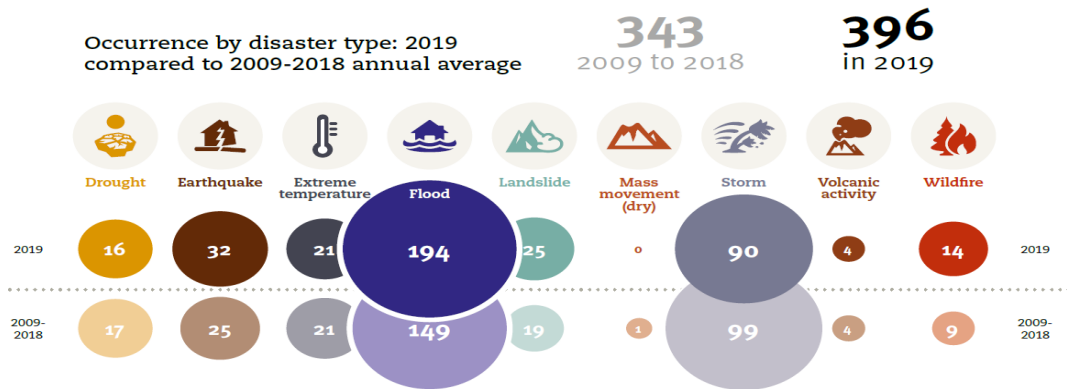
Συγκρίνοντας το 2019 με τα καταστροφικά γεγονότα της δεκαετίας 2009-2018 παρατηρούμε τα εξής:

- Αύξηση των καταστροφών (396) το 2019 έναντι των (343) που ήταν ο μέσος όρος το 2009-2018.
- Μείωση των θανάτων (11.175) το 2019 έναντι των (45212) που ήταν ο μέσος όρος το 2009-2018.
- Μείωση του συνολικού αριθμού ανθρώπων που επηρεάστηκαν (95 εκατομμύρια) το 2019 έναντι των (184,7 εκατομμύρια) που ήταν ο μέσος όρος το 2009-2018.
- Μείωση των συνολικών οικονομικών απωλειών (103 δισεκατομμυρίων δολαρίων) το 2019 έναντι των (176 δισεκατομμυρίων δολαρίων) που ήταν ο μέσος όρος το 2009-2018
- Ο λόγος για την συνολική μείωση του αντίκτυπου εξηγείται με την απουσία των μαζικών καταστροφών, που έλαβαν χώρα την προηγούμενη δεκαετία όπως ο σεισμός της Αϊτής που κόστισε την ζωή σε 225.000 ανθρώπους, ο σεισμός και το τσουνάμι στην Ιαπωνία με ζημιές ύψους 210 δισεκατομμυρίων δολαρίων αλλά και η ξηρασία στην Ινδία η οποία έπληξε 300 εκατομμύρια ανθρώπους.

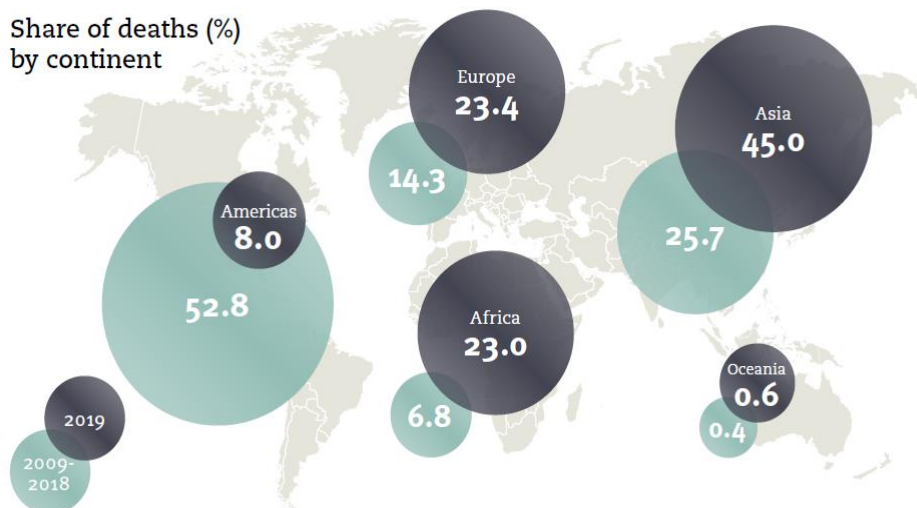
Τα παρακάτω διαγράμματα και οι πίνακες αποδίδουν με σχηματικό τρόπο όλα τα παραπάνω στοιχεία, βοηθώντας μας να τα κατανοήσουμε καλύτερα.



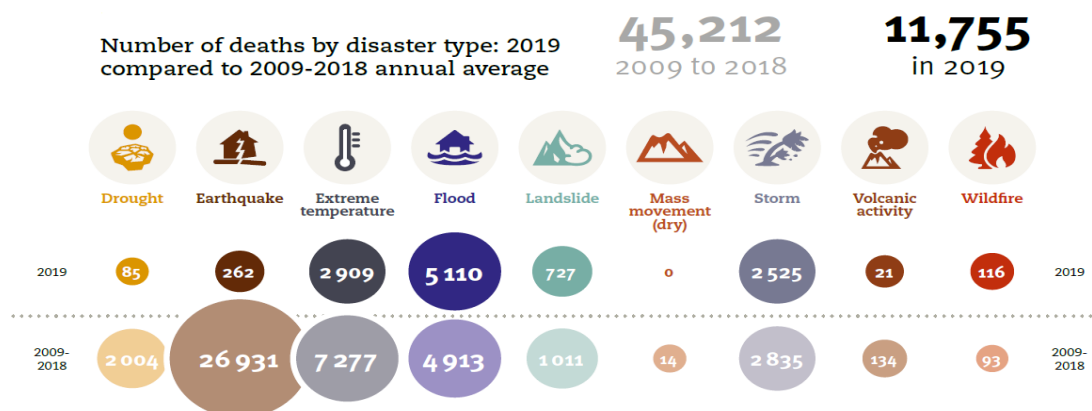
Εικ. 12 Αριθμός καταστροφών ανά ήπειρο με αναφορά στις 10 κορυφαίες χώρες για το έτος 2019. **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf








Πίνακας 3 Περίπτωση κατά τύπο φυσικής καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο του 2009-2018. **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf



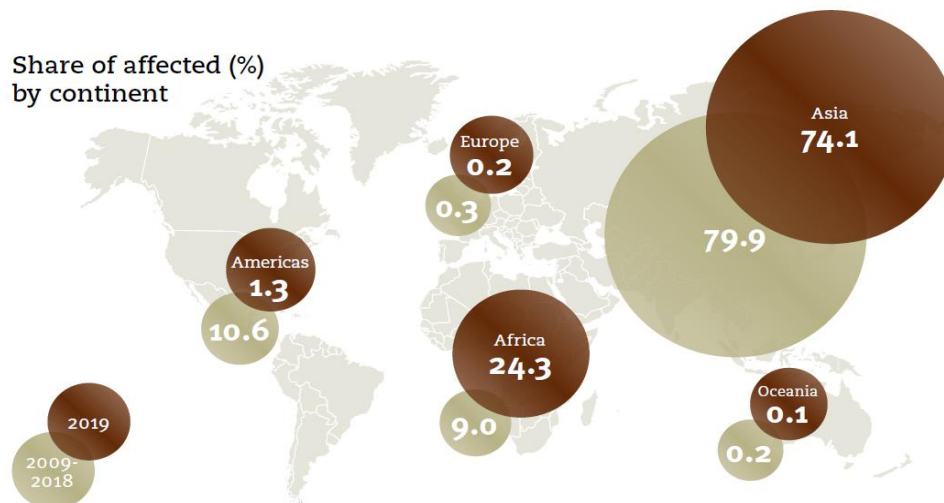
Εικ. 13 Ποσοστό θανάτων (από φυσικές καταστροφές) επί τοις εκατό (%) ανά ήπειρο για το έτος 2019 **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf



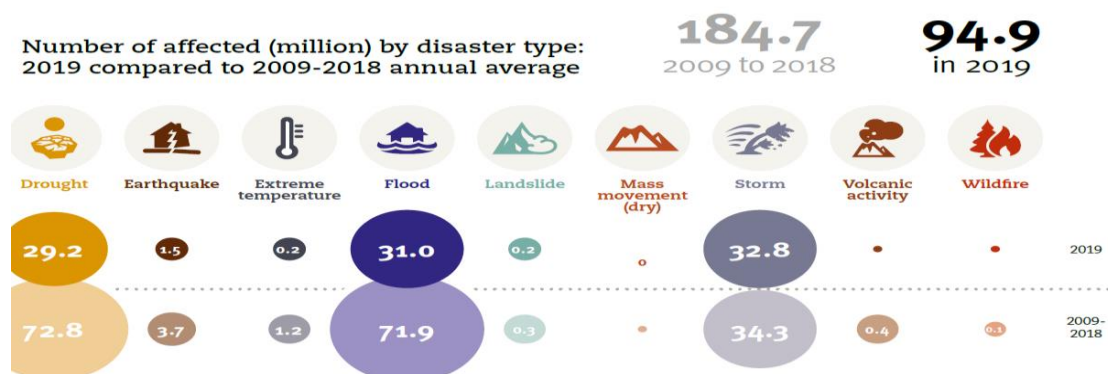
Πίνακας 4 Αριθμός θανάτων ανά τύπο φυσικής καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο 2009-2018. **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf

Top 5 mortality	 India	Flood	1900
	 France	Extreme temperature (July)	868
	 Zimbabwe	Cyclone Idai	628
	 Mozambique	Cyclone Idai	603
	 France	Extreme temperature (June)	567

Πίνακας 5 Οι 5 χώρες με την μεγαλύτερη Θνησιμότητα παγκοσμίως το 2019 . **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf








Εικ. 14 Ποσοστό επηρεασμένων ανθρώπων από φυσικές καταστροφές επί τοις εκατό (%) ανά ήπειρο για το έτος 2019 **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf



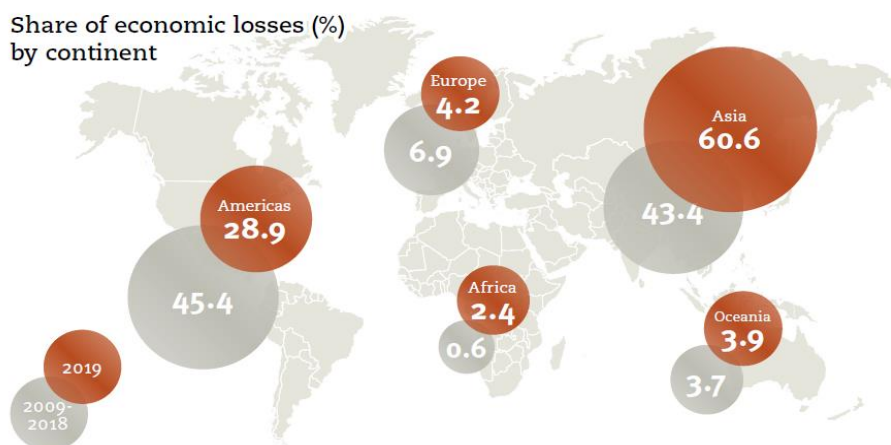
Πίνακας 6 Αριθμός πληγέντων από φυσικές καταστροφές (σε εκατομμύρια) ανά τύπο καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο 2009-2018. **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf

Top 5 total affected

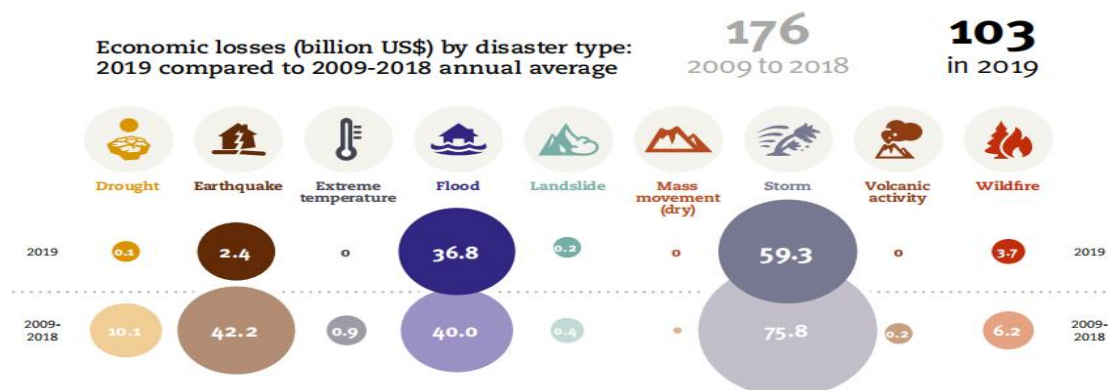
 India	Cyclone Fani	20.0 million
 Korea (the Democratic People's Republic of)	Drought	10.1 million
 Iran (Islamic Republic of)	Flood	10.0 million
 Zimbabwe	Drought	7.6 million
 Pakistan	Drought	4.7 million

Πίνακας 7 Οι 5 χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό επηρεασμένων ανθρώπων από φυσικές καταστροφές παγκοσμίως για το 2019 .

Πηγή: https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf








Εικ. 15 Ποσοστό οικονομικών απωλειών λόγω φυσικών καταστροφών επί τοις εκατό (%) ανά ήπειρο για το έτος 2019 Πηγή: https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf



Πίνακας 8 Οικονομικές απώλειες (σε δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) ανά τύπο φυσικής καταστροφής το 2019 σε σύγκριση με τον ετήσιο μέσο όρο 2009-2018. Πηγή: https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf

Top 5
economic
losses

 Japan	Tropical cyclone Hagibis	17 billion
 China	Tropical cyclone Lekima	10 billion
 India	Flood	10 billion
 USA	Flood	10 billion
 Japan	Typhoon Faxai	9 billion

Πίνακας 9 Οι 5 χώρες με τις μεγαλύτερες οικονομικές απώλειες από φυσικές καταστροφές παγκοσμίως (σε δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) για το 2019 **Πηγή:** https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf

2.4. Τεχνολογικές καταστροφές

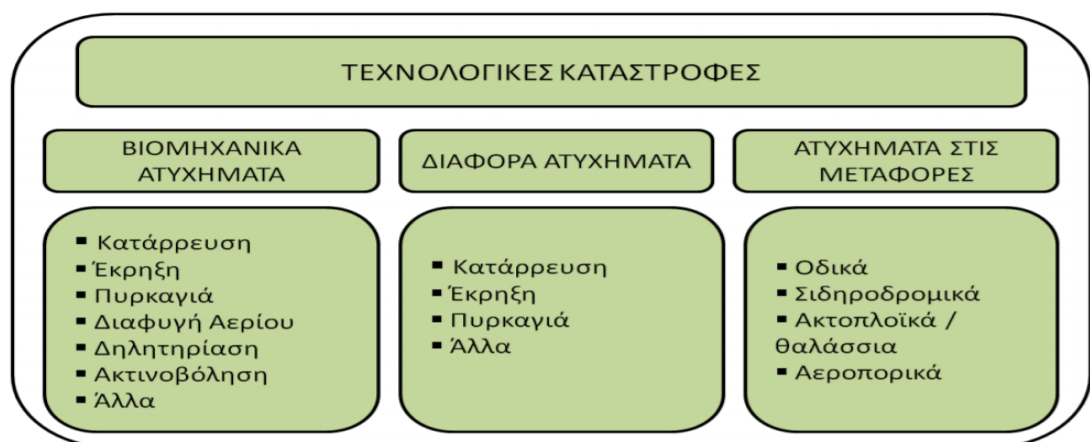
Με τον όρο Τεχνολογικές καταστροφές αναφερόμαστε στα βιομηχανικά ατυχήματα, στα ατυχήματα μεταφοράς καθώς και σε άλλων μορφών ατυχήματα που δεν έχουν άμεση σχέση με τις φυσικές διεργασίες. Τα διάφορα τεχνολογικά ατυχήματα επικεντρώνονται στο ανθρωπογενές περιβάλλον (όπου σε αυτό αναζητούμε και τους υπαίτιους αυτών) και έχουν επιπτώσεις σε ανθρώπινες ζωές, στην υγεία και την περιουσία (Σαπουντζάκη, Κ., 2007)

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι Τεχνολογικές καταστροφές συνδέονται άμεσα με τους τεχνολογικούς κινδύνους, για τους οποίους δεν έχουν ληφθεί εξ αρχής τέτοια μέτρα, όπως κανονισμοί ή προβλεπόμενες διαδικασίες ή οι κατάλληλες τεχνικές προδιαγραφές που θα μπορούσαν να τα αποτρέψουν (Μουζάκης, Γ. 2017).

Όπως είπαμε λοιπόν με τον όρο Τεχνολογικές καταστροφές αναφερόμαστε στα

- Βιομηχανικά ατυχήματα
- Διάφορα ατυχήματα
- Ατυχήματα στις μεταφορές

Στις παραπάνω μεγάλες κατηγορίες ανήκουν διάφορα καταστροφικά γεγονότα, των οποίων η ταξινόμηση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.



Πίνακας 10 Ταξινόμηση και ονοματολογία Τεχνολογικών καταστροφών. **Πηγή:** CRED,

2.4.1. Βιομηχανικά ατυχήματα

Με τον όρο Βιομηχανικά ατυχήματα αναφερόμαστε σε εκείνα τις τεχνολογικές καταστροφές που λαμβάνουν χώρα σε μία βιομηχανική εγκατάσταση ή σε κάποιο αποθηκευτικό χώρο που δεν τηρούνται τα σχετικά πρωτόκολλα ασφαλείας. Σε αυτής της μορφής τα ατυχήματα ανήκουν οι διαρροές χημικών αερίων, οι καταρρεύσεις εγκαταστάσεων, οι εκρήξεις, οι πυρκαγιές η απελευθέρωση τοξικών ουσιών κ.α

Χαρακτηριστικό παράδειγμα βιομηχανικού ατυχήματος ήταν ή έκρηξη που συνέβη στο λιμάνι της Βηρυτού στις 4 Αυγούστου 2020., όπου εξερράγη μια μεγάλη ποσότητα νιτρικού αμμωνίου. Ο καταστροφικός απολογισμός αυτού του ατυχήματος ήταν 220 νεκροί και περισσότεροι από 300 000.πληγέντες. (EM-DAT)



Εικ. 16 Καταστροφική έκρηξη στο λιμάνι της Βηρυτού στις 4 Αυγούστου 2020.
Πηγή:<https://www.euronews.com/2020/08/05/beirut-blast-huge-emergency-operation-to-cope-with-lebanon-s-national-disaste>

2.4.2. Ατυχήματα μεταφοράς

Τα ατυχήματα μεταφοράς μπορούμε να τα υποδιαιρέσουμε σε δύο ομάδες:

- α) Εκείνα τα οποία συνδέονται με την μεταφορά (αεροπορικά, σιδηροδρομικά, θαλάσσια ή οδικά) επικινδύνων υλικών και μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες επιπτώσεις στο περιβάλλον π.χ εκτροχιασμός τρένου με βυτιοφόρα βαγόνια ή βύθιση πετρελαιοφόρου και
- β) Εκείνα που συνδέονται με ατυχήματα τα οποία αφορούν ανθρώπους οι οποίοι χρησιμοποιούν τα ίδια μέσα μεταφοράς (πλοία , αεροπλάνα, τρένα, αυτοκίνητα). Σε αυτές τις περιπτώσεις ατυχημάτων (π.χ πτώση επιβατηγού αεροσκάφους) υπάρχουν συνήθως μεγάλες απώλειες σε ανθρώπινες ζωές αλλά περιορισμένες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Αυτό που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι αν και τις τελευταίες δεκαετίες η τεχνολογία έχει βοηθήσει ώστε όλα τα μέσα μεταφοράς να καταστούν ασφαλέστερα, οι αριθμοί των θανάτων που σχετίζονται με αυτά δεν υποχωρούν αλλά αυξάνουν. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της δυνατότητας των μέσων για μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπων συνδεδεμένο με την πολύ μεγάλη αύξηση των ταξιδιών που πραγματοποιούνται είτε για αναψυχή είτε για επαγγελματικούς λόγους. (Λέκκας, Ε., 2015)



Εικ. 17 Το πιο πολύνεκρο δυστύχημα στην ιστορία της πολιτικής αεροπορίας συνέβη στις 27 Μαρτίου του 1977 στην Τενερίφη της Ισπανίας, όταν δύο γιγαντιαία Μπόινγκ 747 συγκρούστηκαν κατά τη διάρκεια της τροχοδρόμησης.

Πηγή <https://www.olympia.gr/ellada/to-cheirottero-aeroporiko-atychima>

2.4.3. Διάφορα ατυχήματα

Στην ομάδα των διαφόρων ατυχημάτων ανήκουν οι εκρήξεις οι πυρκαγιές, οι καταρρεύσεις στις μεγάλης κλίμακας κατασκευές όπως είναι τα φράγματα γέφυρες, δημόσια κτίρια.

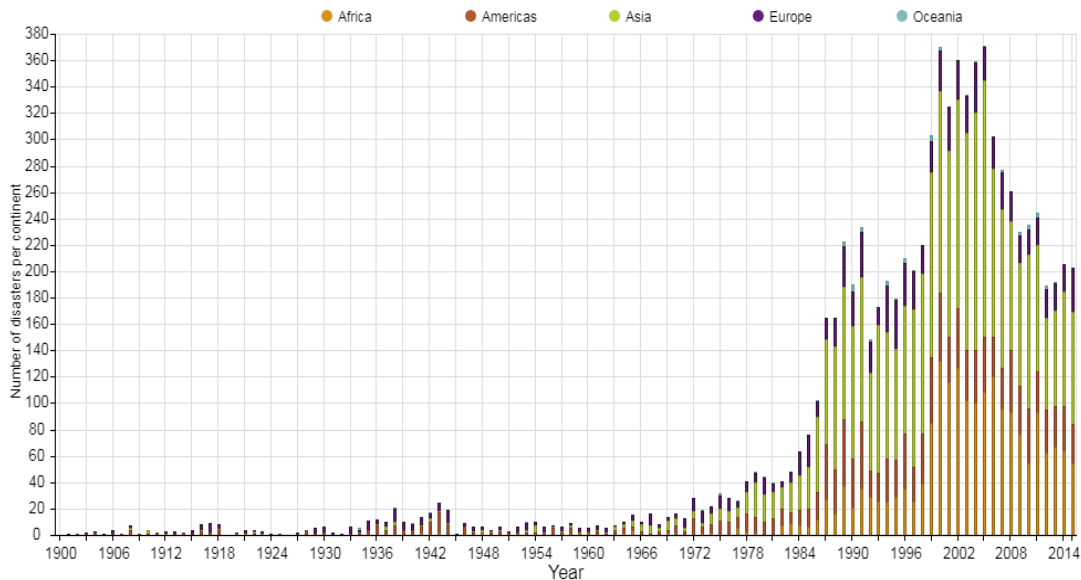
2.5. Άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των τεχνολογικών καταστροφών στον άνθρωπο και στο περιβάλλον

- Προσβολή της υγείας (δηλητηριάσεις , τραυματισμοί, θάνατοι) των εργαζομένων καθώς και εκείνων που βρίσκονται κοντά στο σημείο της καταστροφής.
- Σοβαρές υλικές ζημιές στις περιουσίες των ανθρώπων που διαμένουν κοντά στο σημείο της καταστροφής.
- Αναγκαστική εκκένωση όλων των εργαζομένων , των διερχόμενων, των επισκεπτών και όλων όσων μένουν στην ευρύτερη περιοχή.
- Περιβαλλοντικές καταστροφές οι οποίες μπορούν να προκληθούν από τεχνολογικές καταστροφές και να έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια π.χ πυρηνικό ατύχημα του Τσερνομπίλ.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται ο αριθμός των τεχνολογικών καταστροφών που έχουν καταγράψει την περίοδο 1900-2015. Η συγκεκριμένη κατηγορία, όπως ήταν

αναμενόμενο, σημειώνει ραγδαία άνοδο και ειδικά μετά την δεκαετία του 1980 όπου και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται όλο ένα και περισσότερο.

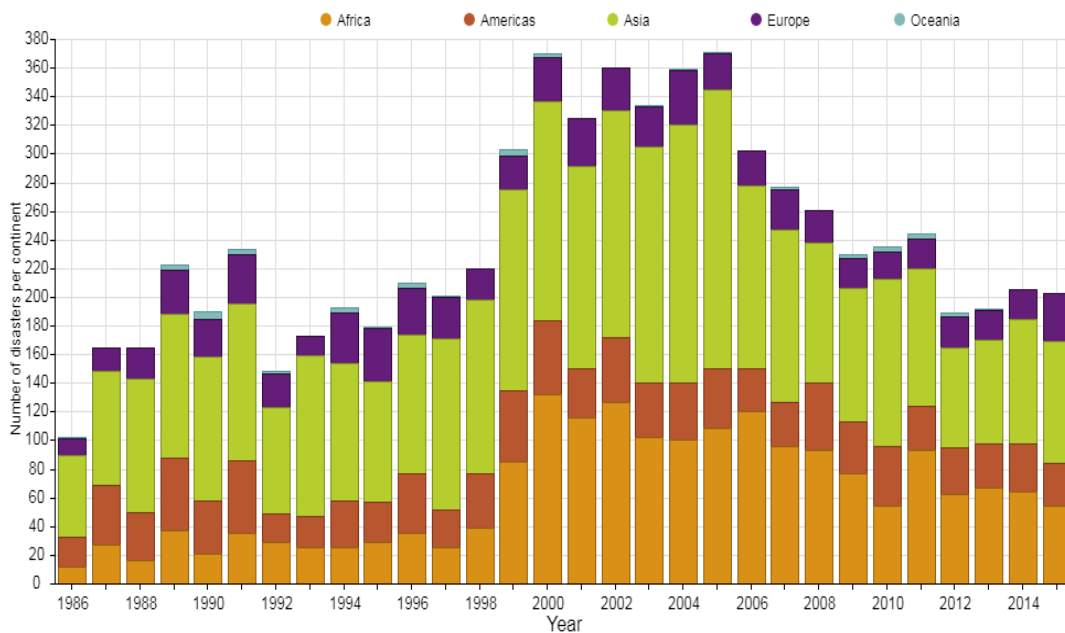
Διάγραμμα 1. Ο συνολικός αριθμός των τεχνολογικών καταστροφών που προκλήθηκαν ανά Ήπειρο την περίοδο 1900-2015 Πηγή http://emdat.be/emdat_db/



Source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Στα επόμενα τρία διαγράμματα παρουσιάζονται στοιχεία για την περίοδο 1986- 2015 που αφορούν στις Τεχνολογικές καταστροφές.

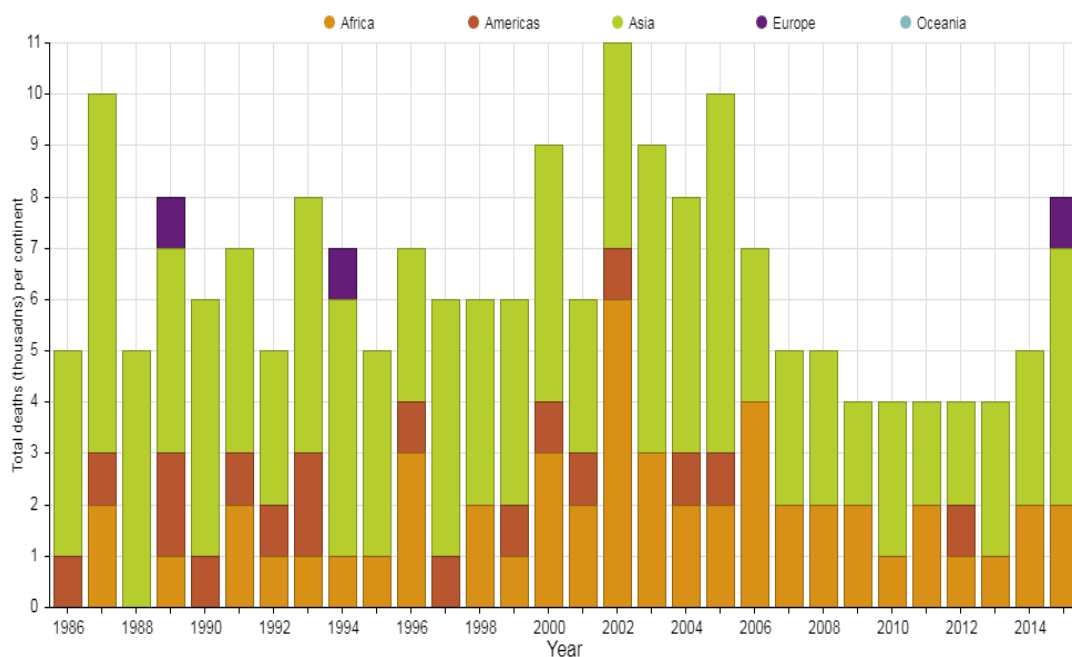
Διάγραμμα 2 : Ο συνολικός αριθμός των τεχνολογικών καταστροφών ανά Ήπειρο την περίοδο 1986-2015 Πηγή http://emdat.be/emdat_db/



Source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Διάγραμμα 3 : Ο συνολικός αριθμός θανάτων ανά Ήπειρο που προκλήθηκαν από τεχνολογικές καταστροφές την περίοδο 1986-2015 **Πηγή**

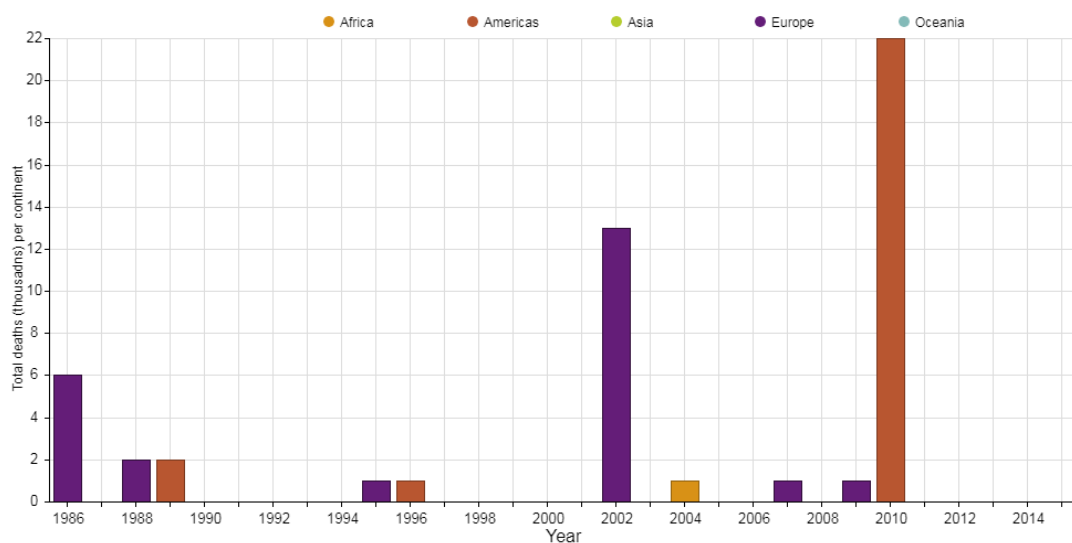
http://emdat.be/emdat_db/



Source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Διάγραμμα 4 : Οι συνολικές οικονομικές ζημιές που έχουν δημιουργηθεί από τεχνολογικές καταστροφές ανά Ήπειρο την περίοδο 1986-2015 **Πηγή**

http://emdat.be/emdat_db/



Source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Κεφάλαιο 3°

3.1. Ηφαιστειότητα

Ο γεωλογικός όρος ηφαιστειότητα αναφέρεται στο άθροισμα όλων αυτών των φαινομένων που συνοδεύουν, προκαλούν, συνδέονται ή σχετίζονται με την εμφάνιση μάγματος στην επιφάνεια της γης. Η ηφαιστειότητα είναι κάτι το οποίο δεν παρατηρούμε μόνο στον δικό μας πλανήτη αλλά και σε άλλους πλανήτες ή φυσικούς δορυφόρους. Όλα τα φαινόμενα τα οποία σχετίζονται με την ηφαιστειότητα τα χαρακτηρίζουμε ως ηφαιστειακά φαινόμενα (Wikipedia, 2015).

3.2. Ηφαιστειακά φαινόμενα

Στα ηφαιστειακά φαινόμενα συγκαταλέγονται:

Οι ηφαιστειογενείς ζώνες και τόξα

Οι μηχανισμοί κατασκευής των διαφόρων τύπων ηφαιστείων

Οι διάφοροι τύποι ηφαιστειακών εκρήξεων

Τα ηφαιστειογενή πετρώματα

Τα ηφαιστειακά αναβλήματα

Οι ηφαιστειογενείς κρατήρες και καλδέρες

Οι υδροθερμικές αναβλύσεις

Οι ηφαιστειογενείς σεισμοί

Η ηφαιστειακή καταιγίδα

Ο ηφαιστειακός χειμώνας καθώς και οτιδήποτε άλλο μπορεί να συμβεί σε μια ηφαιστειακή δράση ή έπεται αυτής. (Βικιπαιδεία,2015).

3.3. Ηφαίστειο

Με τον όρο ηφαίστειο αναφερόμαστε σε εκείνη την διέξοδο ή ορατή απόληξη η οποία υπάρχει στον φλοιό της Γης (είτε σε ηπειρωτικό είτε σε θαλάσσιο περιβάλλον). Βασικό δομικό τμήμα κάθε ηφαιστείου είναι ο κεντρικός αγωγός (central vent). Στην πραγματικότητα πρόκειται για έναν σχεδόν κάθετο φυσικό σωλήνα, όπου μέσα από αυτόν, το μάγμα βρίσκει διέξοδο και φτάνει με την μορφή λάβας στην επιφάνεια. Στο ανώτερο σημείο του διευρύνεται και σχηματίζει μία χοάνη, την οποία ονομάζουμε κρατήρα.

Πρόκειται για φυσικές δομές που χαρακτηρίζονται από διαδοχικές εκτινάξεις πυροκλαστικών πετρωμάτων, μαγματικών ηφαιστειακών δεισδύσεων, (όπως είναι οι παρείσακτες κοίτες, οι φλέβες τροφοδοσίας,) και θόλων λάβας. Τα ηφαίστεια παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους σε σχέση με το γεωμετρικό τους σχήμα, την αναλογία των ηφαιστειακών σχηματισμών, καθώς και τον όγκο τους. Αυτές οι διαφορές έχουν ως αιτία τους μηχανισμούς μέσω των οποίων εκδηλώνεται η ηφαιστειακή δράση, και τον ρυθμό με τον οποίο εξέρχεται το μάγμα, πρόκειται για συμπεριφορές οι οποίες έχουν άμεση συσχέτιση με την χημική σύσταση του μαγματικού τήγματος. Ο χημισμός του μάγματος λοιπόν είναι εκείνη η παράμετρος που καθορίζει και τα φυσικά χαρακτηριστικά του, όπως ο βαθμός του ιξώδους, η φυσαλιδοποίηση και η μηχανική συνοχή. Πρόκειται για όλα εκείνα τα στοιχεία τα οποία θα καθορίσουν το είδος της ηφαιστειακής δράσης, τα παραγόμενα προϊόντα, καθώς και τον τύπο των ηφαιστειακών οικοδομημάτων τα οποία θα σχηματιστούν από αυτήν. (Williams, H. and McBirney, A.R. 1979)

3.4.Κρατήρας

Ο κρατήρας του ηφαιστείου τις περισσότερες φορές απαντάται στην κορυφή του κωνικού υψώματος που έχει σχηματιστεί, και οι διαστάσεις του κυμαίνονται από εκείνες ενός μικρού λόφου μέχρι και ενός βουνού, τα οποία έχουν σχηματιστεί από στερεοποιημένα ηφαιστειακά αναβλήματα, (λάβας ή/και πυροκλαστικού υλικού) προηγούμενων εκχύσεων που έχουν συμβεί. Οι σχηματισμοί που λαμβάνουν αυτοί οι κώνοι διαφέρουν ανάλογα με τη χημική σύσταση της λάβας από την οποία προέρχονται (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης., 2015).

Τις περισσότερες φορές παρατηρούμε στις πλευρές του ηφαιστείου αστάθεια και ταυτόχρονη ύπαρξη ρηγμάτων, τα οποία επικοινωνούν με τον κύριο ή με κάποιο δευτερεύοντα θάλαμο σε μικρότερο βάθος ή μέσω ενός δικτύου διακλαδώσεων με τον κεντρικό αγωγό. Συχνά τα ρήγματα αυτά αποτελούν φλέβες τροφοδοσίας πλευρικών εκρήξεων, όπως το μάγμα εκχύνεται σταδιακά στις πλευρές του ηφαιστείου. Οι εκρήξεις αυτές δημιουργούν κώνους ηφαιστειακού υλικού που ονομάζονται παρασιτικοί κώνοι. Επίσης, τα ρήγματα μπορούν να αποτελέσουν διεξόδους διαφυγής ηφαιστειακών αερίων δημιουργώντας τις ατμίδες ή φουμαρόλες (Κυριακόπουλος, Ε., 2005).

3.5..Καλδέρα

Καλδέρα ή Καλντέρα (Ισπανικά *Caldera*: «καζάνι») καλούμε εκείνη την εδαφική κοιλότητα η οποία σχηματίζεται κατόπιν υποχώρησης τμήματος του ηφαιστειακού κώνου, έπειτα από εσωτερική διάβρωση των τοιχωμάτων του. Η διάμετρός της κυμαίνεται από 1 μέχρι 100 χλμ. Οι καλδέρες με βάση τον τρόπο που δημιουργούνται και την μορφή που λαμβάνουν ,μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες.

Ανυψωμένες καλδέρες

Καλδέρες τύπου Crater-Lake

Βασαλτικές καλδέρες <http://www.geo.auth.gr>

Η διάβρωση οφείλεται στην αδρανοποίηση του μαγματικού θαλάμου, κατά συνέπεια διακόπτεται η λειτουργία του ηφαιστείου, όποτε μπορεί να καταρρεύσει το ασταθές κάλυμμα του κρατήρα και να σχηματιστεί μία λεβητοειδής μορφή που ονομάζουμε καλδέρα (Λέκκας, Ε., 2015).



Εικ. 18 Η καλδέρα στη Σαντορίνη.

Πηγή <http://www.economy365.gr/article/115070/epistimonas-gia-ifaisteio-santorinis-endehome-ni-nea-ekrxi-tha-ginei-sto-idio-simeio>

Τα ηφαιστεια μπορούμε να τα ταξινομήσουμε με βάση τη δραστηριότητά τους, τον τύπο έκρηξης ή το χρόνο δραστηριότητας. Κάθε τύπος ηφαιστείου θα προκαλέσει μια σειρά άμεσων και έμμεσων γεωλογικών και υδρολογικών καταστροφών. Οι ηφαιστειακές εκρήξεις υψηλής έντασης μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τη ζωή και την περιουσία των ανθρώπων, εκατοντάδες μίλια μακριά από τη γεωγραφική τοποθεσία του ηφαιστείου. Επιπλέον, υπό ειδικές συνθήκες, οι ηφαιστειακές εκρήξεις θα επηρεάσουν τις κλιματολογικές συνθήκες για σύντομο χρονικό διάστημα.

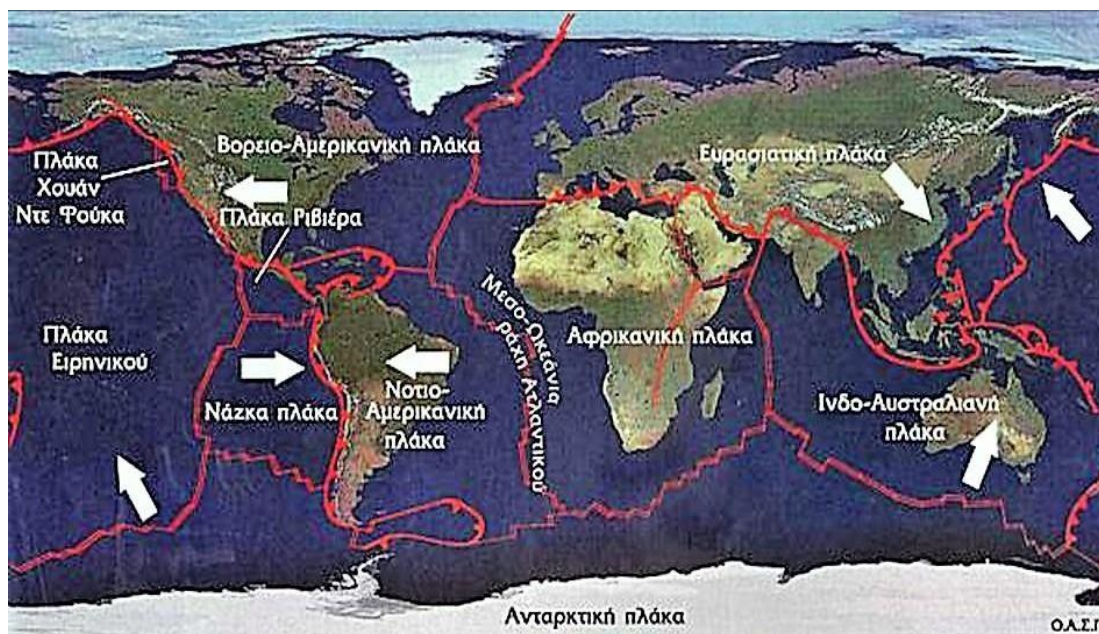
3.6. Γεωλογικά χαρακτηριστικά ηφαιστείων

Το ηφαιστειο έχει τα ακόλουθα γεωλογικά χαρακτηριστικά:

- Τον πόρο, πρόκειται δηλ για τον αγωγό που μεταφέρει το μάγμα από τον θάλαμο μάγματος μέσα στη γη στο έδαφος, συνήθως σε μεγάλα ρήγματα.
- Κάθε ηφαιστειο έχει έναν κεντρικό πόρο, ο οποίος καταλήγει σε έναν κεντρικό κρατήρα.
- Κρατήρας, ο οποίος αντιστοιχεί στο επιφανειακό άνοιγμα του πόρου.
- Ηφαιστειακός κώνος, που σχηματίζεται από την έκρηξη ή έκχυση του ηφαιστειακού υλικού.
- Οι ηφαιστειακοί κρατήρες, που προκαλούνται από εκρήξεις λόγω της κατάρρευσης του κρατήρα, έχουν συνήθως οβάλ σχήμα και ονομάζεται καλντέρα Η Καλντέρα δεν είναι κοινό χαρακτηριστικό σε όλα τα ηφαιστεια.

3.7.Σχηματισμός ηφαιστείων

Τα ηφαιστεια σχηματίζονται από την κίνηση των πλακών της λιθόσφαιρας. Η λιθόσφαιρα της Γης αποτελείται από επτά κύριες πλάκες: Ευρασιατική, Ινδο-Αυστραλιανή, Αφρικανική, Βορείου Αμερικής, Νοτίου Αμερικής, Ανταρκτικής, Ειρηνικού ωκεανού, (www.geo.auth.gr).



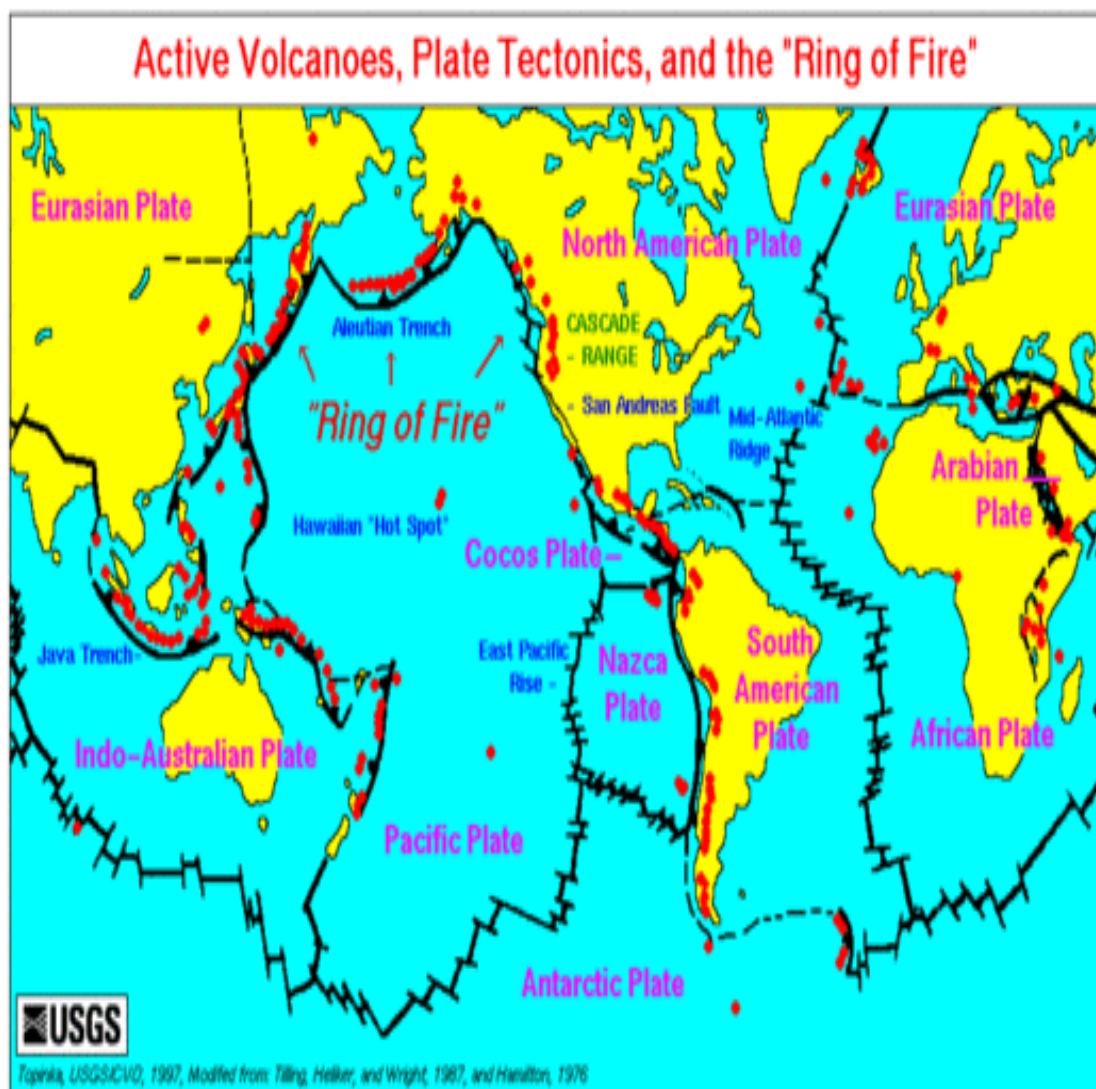
Εικ. 19 . Οι επτά μεγαλύτερες λιθοσφαιρικές πλάκες της Γης. Με κόκκινο χρώμα, αναπαρίστανται τα όριά τους, στα οποία και συμβαίνουν συχνότερα οι ολισθήσεις, επομένως και οι περισσότερες γεωλογικές ανακατατάξεις. **Πηγή** φωτογραφίας: <https://slideplayer.gr/slide/3126395/>.

Η συμπεριφορά λοιπόν όπως και η κατανομή των ηφαιστείων διέπεται από την παγκόσμια γεωμετρία των πλακών λιθόσφαιρας, και ενεργά ηφαιστεια συναντούμε σε όλες τις Ηπείρους εκτός από εκείνη της Αυστραλίας. Η τοποθεσία τους σχετίζεται άμεσα με την τεκτονική των λιθόσφαιρικών πλακών με δεδομένο ότι το μάγμα παράγεται στα περιθώρια των τεκτονικών πλακών, οι οποίες μπορεί να κινούνται παράλληλα, ή άλλες φορές να συγκλίνουν ή να αποκλίνουν μεταξύ τους.

3.8. Κατανομή ηφαιστείων

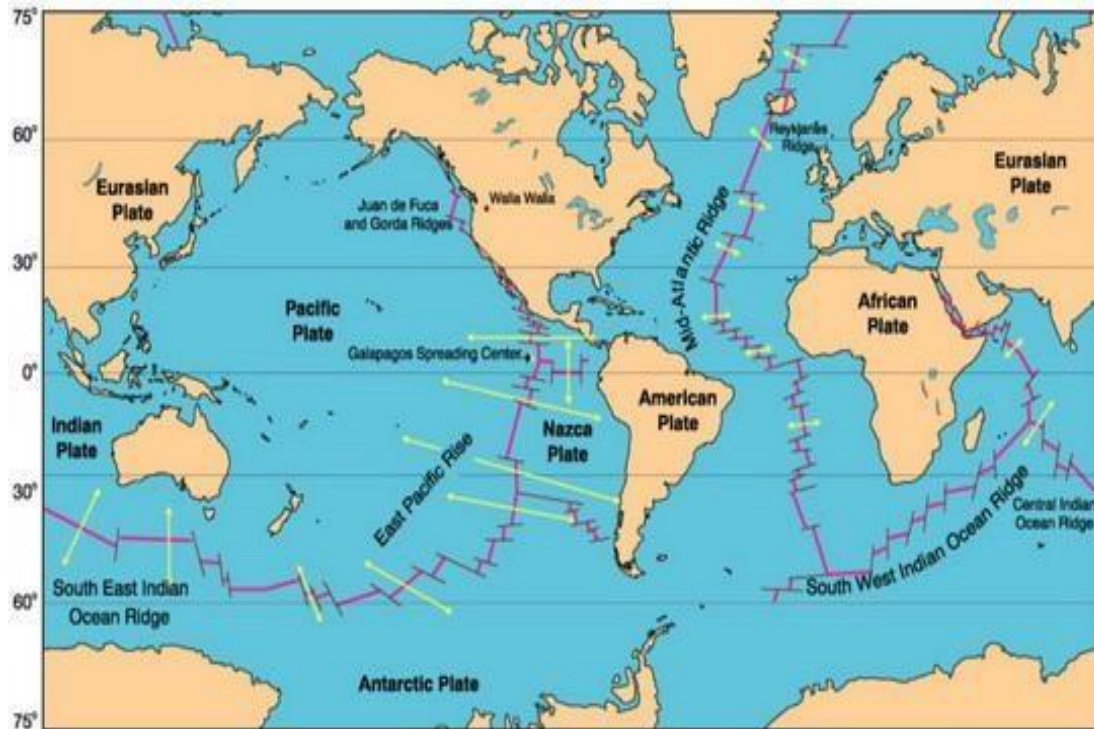
Η θέση των ηφαιστείων στη γη δεν είναι τυχαία, αλλά σχετίζεται άμεσα με τις τεκτονικές πλάκες της λιθόσφαιρας, επειδή η παραγωγή μάγματος συμβαίνει στις άκρες των πλακών. Το ηφαίστειο βρίσκεται σε τρία τεκτονικά περιβάλλοντα:

- Τα ηφαίστεια σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό εντοπίζονται κατά μήκος των περιθωρίων του Ειρηνικού ωκεανού. Αυτό συμβαίνει λόγω της σύγκλισης των πλακών του Ειρηνικού κάτω από τις ηπειρωτικές πλάκες Ασίας, Αφρικής κ.λ.π, δημιουργώντας το λεγόμενο «δαχτυλίδι της φωτιάς».



Εικ. 20 Το δαχτυλίδι της φωτιάς ή πύρινος δακτύλιος στον Ειρηνικό ωκεανό. Πηγή: USGS.

- Στις ζώνες απόκλισης των λιθосφαιρικών πλακών: είναι γνωστές ως μεσοωκεάνιες ράχες, κατά μήκος των οποίων συντελείται συνεχής άνοδος μαγματικού υλικού και δημιουργία νέου φλοιού στους ωκεάνιους πυθμένες.

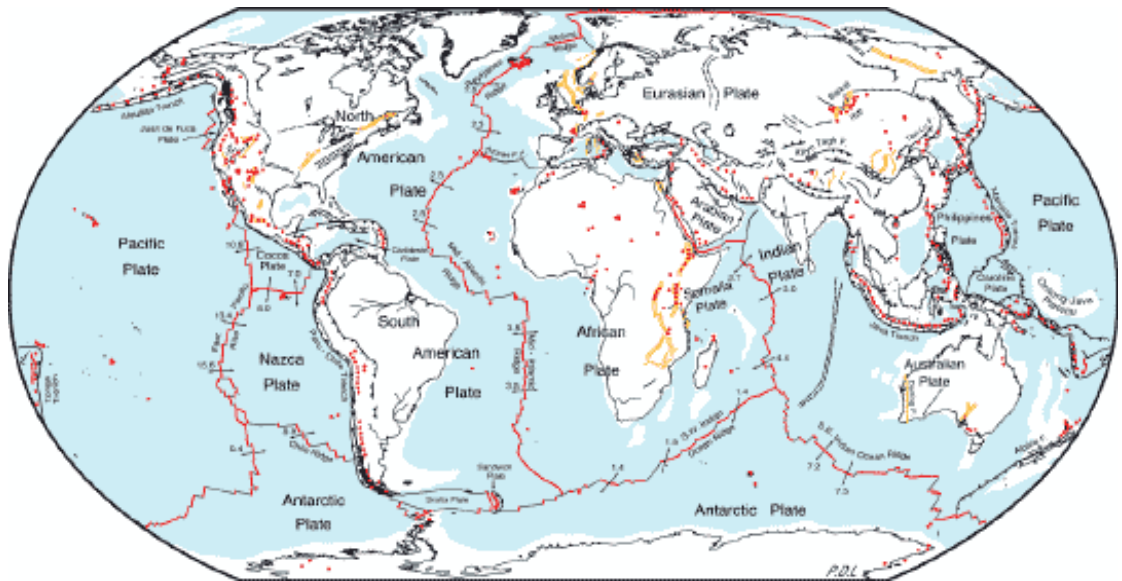


Εικ. 21 Αποτύπωση στον παγκόσμιο χάρτη των μεσοωκεάνιων ραχών **Πηγή:** hfaisteiologia.weebly.com 2018.

- Στις περιοχές των θερμών κηλίδων βρίσκονται στην κεντρική περιοχή των τεκτονικών πλακών, όπου ορισμένες ασυνέχειες στο φλοιό επιτρέπουν στα τηγμένα υλικά να περάσουν από το εσωτερικό της γης. (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

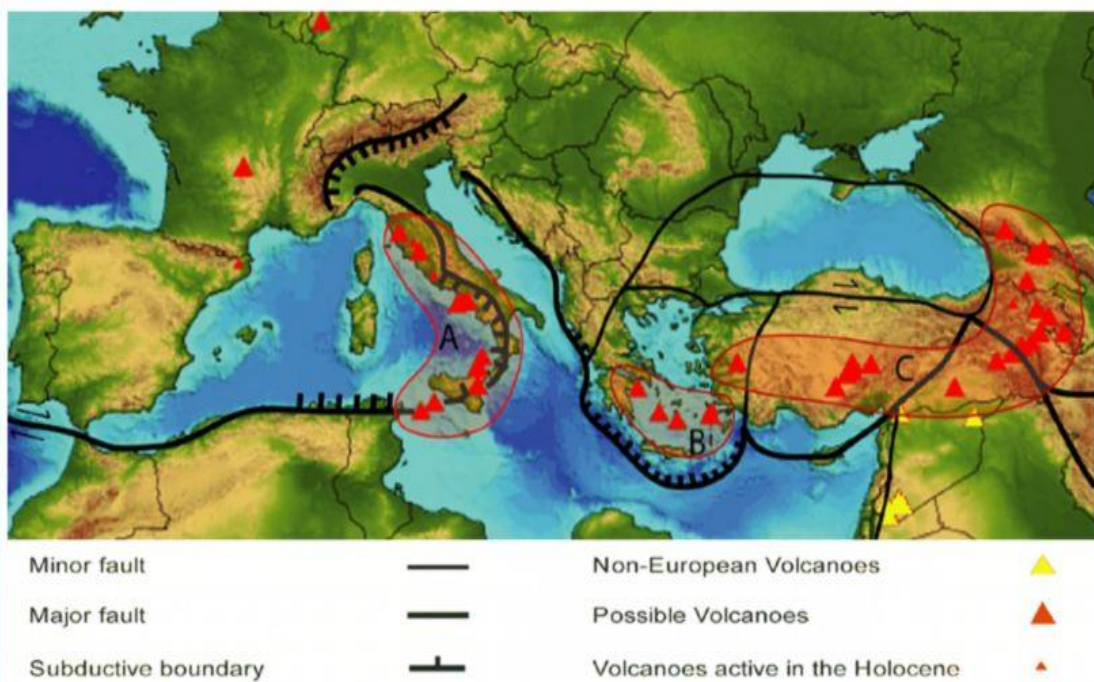
Με βάση τα στοιχεία που αντλούμε από International Association of Volcanology τα ενεργά ηφαιστειακά κέντρα αποτυπώνονται ως εξής:

- Σε ποσοστό 65% στην περιοχή της πύρινης ζώνης στον Ειρηνικό Ωκεανό. Αναλυτικότερα κατά μήκος των Νησιωτικών τόξων και κυρίως στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού ωκεανού εντοπίζεται το 45%, στα ηπειρωτικά περιθώρια της Βόρειας και Νότιας Αμερικής εντοπίζεται το 17%, ενώ στην περιοχή της Χαβάης το υπόλοιπο 3%.
- Σε ποσοστό 15% στο ηφαιστειακό τόξο του Ινδικού ωκεανού.
- Σε ποσοστό 20% στις υπόλοιπες περιοχές. Πιο συγκεκριμένα το 13% το εντοπίζουμε στο κέντρο του Ατλαντικού Ωκεανού (Αζόρες, Ισλανδικά ηφαίστεια, Μαδέρα), καθώς και σε κάποια υποθαλάσσια ηφαίστεια τα οποία εδράζονται στον Ειρηνικό. Τέλος ένα 7% των ενεργών ηφαιστειακών κέντρων βρίσκεται στην «γειονία» μας, στις περιοχές του Τυρρηνικού και του Αιγαίου Πελάγους (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης., 2015).



Εικ. 22 Ενεργά ηφαίστεια, τεκτονικές λιθσφαιρικές πλάκες

Στην περιοχή της Μεσόγειου θάλασσας και γύρω από αυτή εντοπίζονται πολλά ηφαίστεια. Στη Σικελία συναντούμε το μεγαλύτερο και ψηλότερο, το ηφαίστειο της Αίτνας, ενώ ο Βεζούβιος είναι το μοναδικό ενεργό ηφαίστειο στην ηπειρωτική Ευρώπη. Τέλος το ηφαίστειο Stroboli βρίσκεται σε μια σχεδόν συνεχή κατάσταση ήπιας έκρηξης από τα πρώτα χρόνια των Ρωμαϊκών χρόνων. (Hansell, A. . et al., 2006).



Εικόνα 23: Κατανομή των ορίων των λιθσφαιρικών πλακών, των ενεργών ηφαιστειών και των ηφαιστειακών κέντρων στο χώρο της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας. A: η περιοχή ηφαιστειότητας της Καλαβρίας, B: η ηφαιστειακή περιοχή του Αιγαίου (Ελληνική) και C: η ηφαιστειακή περιοχή της Ανατολίας, που περιλαμβάνει και τα ηφαίστεια του Καυκάσου (Van der Meijde, et al., 2003; McKenzie, 1970, από geonaut-online.com).

Στην παρακάτω εικόνα εντοπίζονται τα κυριότερα ηφαιστεια στον Ευρωπαϊκό χώρο και δίνεται η χρονολογία της τελευταίας ηφαιστειακής έκρηξης την οποία έδωσαν.

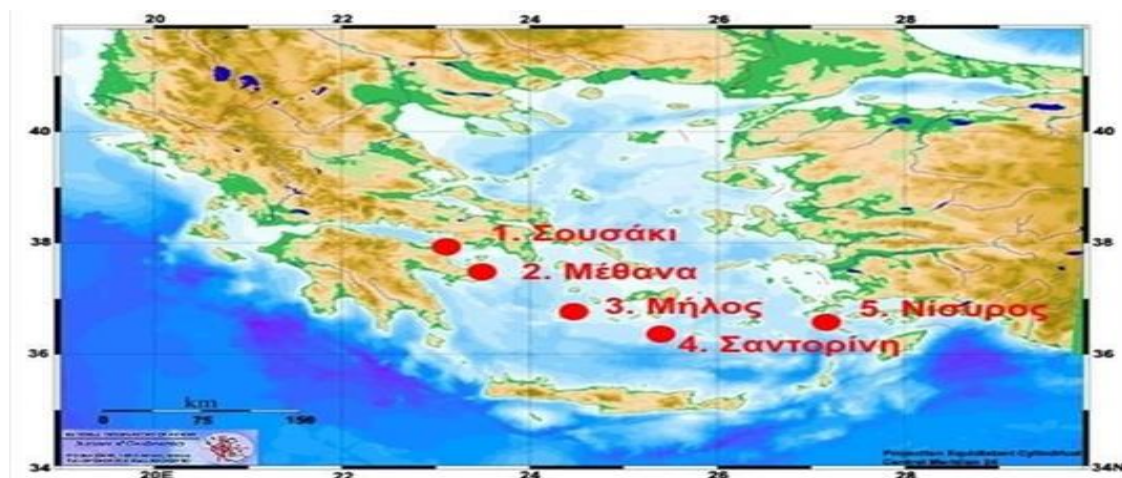


Εικ. 24 Αποτύπωση των κυριότερων ηφαιστείων στην Ευρώπη μαζί με το έτος της τελευταίας έκρηξης. **Πηγή:** EEA, 2010. Βασισμένο στα δεδομένα του ETC-LUSI.

3.9. Ηφαιστεια στον Ελλαδικό χώρο

Η χώρα μας, αν και μικρή σε έκταση, διαθέτει μια μεγάλη σειρά ηφαιστειακών κέντρων η οποία έχει τις ρίζες της δημιουργίας της πολλά εκατομμύρια χρόνια. Τα ηφαιστεια αυτά σχηματίστηκαν από την υποβύθιση της αφρικανικής πλάκας κάτω από την ευρασιατική, η έντονη σεισμικότητά της μπορεί να σχετίζεται με την ύπαρξη αυτών των ηφαιστείων. Με χρονολογική σειρά, οι παλαιότερες ηφαιστειακές δραστηριότητες παρέχονται από το Σουσακι, την Αίγινα και τον Πόρο, ενώ οι νεότερες προέρχονται από τα Μέθανα, τη Σαντορίνη και τη Νίσυρο.

Στις μέρες μας τα σημαντικότερα ηφαιστεια στην χώρα μας βρίσκονται στην περιοχή του νοτίου Αιγαίου, σχηματίζοντας ένα τόξο, γνωστό και ως «ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου». Σε αυτά τα νησιά όπως είναι η Σαντορίνη, τα Μέθανα η Μήλος και η Νίσυρος, εκδηλώνεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον από επισκέπτες οι οποίοι τα προσέρχονται κατά χιλιάδες κάθε χρόνο, οργανώνοντας ηφαιστειακές εκδρομές. (Κισκύρας, Δ. 1993).



Εικόνα 25. Αποτύπωση των πέντε σπουδαιότερων ενεργών ηφαιστείων στον Ελλαδικό χώρο: Σουσακι, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη και Νίσυρος.

Πηγή : <http://www.gein.noa.gr/services/plateshtm/volgr.htm>

3.10. Ηφαιστειακά προϊόντα και αναβλήματα

Τα ηφαιστειακά προϊόντα και αναβλήματα χωρίζονται σε στερεά, υγρά και αέρια. Η ποιότητα τους διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο του ηφαιστείου και την έκρηξη που θα συμβεί. Τα πιο σημαντικά από αυτά, αναφέρονται παρακάτω.

3.10.1.Υγρά αναβλήματα

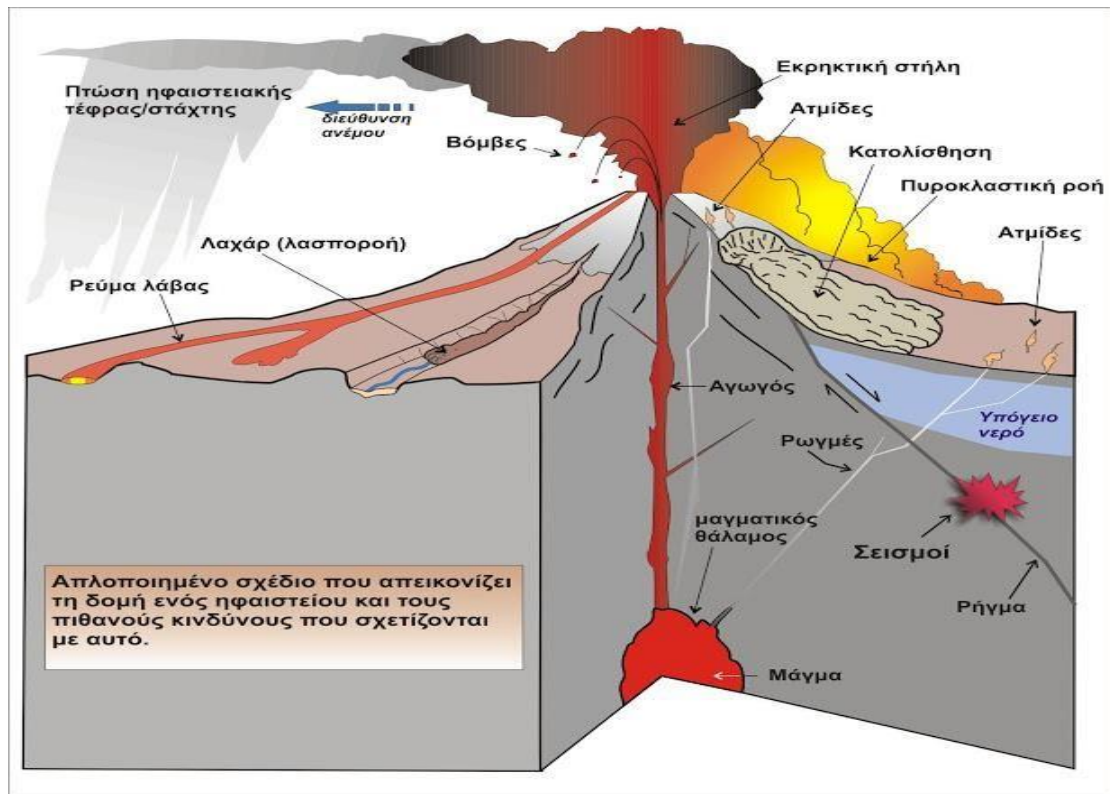
Το νερό και η λάβα τα οποία τα συναντούμε σε ρευστή και διάπυρη κατάσταση και περιέχουν αέρια και υδρατμούς, είναι τα ρευστά αναβλήματα ενός ηφαιστείου. Το νερό σε αυτές τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες χάνει την υγρή μορφή του και μετατρέπεται σε υδρατμούς, οι οποίοι ανέρχονται στην ατμόσφαιρα προκαλώντας έντονες βροχές. Ύπαρξη μεγάλης ποσότητας νερού η οποία μπορεί να προκαλέσει και έντονα πλημμύρικά φαινόμενα, και δεν σχετίζεται με τα ρευστά αναβλήματα, είναι εκείνη η οποία προκαλείται από την τήξη του χιονιού το οποίο έρχεται σε επαφή με την λάβα που εκχύνεται από το ηφαίστειο. Το κυριότερο από τα ρευστά αναβλήματα είναι η λάβα, πρόκειται για μια διάπυρη μάζα η οποία συνοδεύεται από υδρατμούς και αέρια. Την λάβα ως προς την σύστασή της την διακρίνουμε σε: ρυολιθική, ανδεσιπική και βασαλτική με την τελευταία να είναι η πιο συνηθισμένη. Η βασαλτική λάβα λόγω του χαμηλού ιξώδους της μπορεί να ταξιδέψει πολλά χιλιόμετρα μακριά από τον κρατήρα δημιουργώντας ένα πλατύ ανάγλυφο. Από την άλλη πλευρά το υψηλό ιξώδες που χαρακτηρίζει την ρυολιθική λάβα την περιορίζει σε επιφανειακή εξάπλωση γύρω από τον κρατήρα.

3.10.2.Στερεά αναβλήματα

Πρόκειται για υλικά σε στερεή κατάσταση ή ημιστερεή κατάσταση, τα οποία λόγω της βίαιης έκρηξης του ηφαιστείου εξέρχονται από τον ηφαιστειακό πόρο. Μπορεί να είναι κομμάτια λάβας (από παλιές εκρήξεις) που έχει στερεοποιηθεί ή νέα κομμάτια λάβας ή πετρώματα από τον περιβάλλοντα χώρο του ηφαιστείου. Τα στερεά αναβλήματα μπορεί να είναι οι βολίδες ή βόμβες, τα λιθάρια, η ηφαιστειακή άμμος, η ηφαιστειακή τέφρα, ή ελαφρόπετρα, και οι ηφαιστειακοί τόφοι.

3.10.3.Αέρια αναβλήματα

Πρόκειται για εκείνα τα αναβλήματα τα οποία χαρακτηρίζονται ως η δυναμική έκφραση των ηφαιστειακών εκρήξεων, αφού κατά την βίαιη έξοδο τους από τον ηφαιστειακό πόρο, συμπαρασύρουν τα ρευστά και στερεά υλικά εκτινάσσοντας τα στον αέρα. Από τα αέρια αναβλήματα οι υδρατμοί είναι εκείνοι οι οποίοι εμφανίζονται σε μεγάλες ποσότητες, ενώ επίσης συχνή είναι η εμφάνιση του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, του υδροθείου, καθώς και του διοξειδίου του θείου. Η βίαιη έξοδος των αέριων λημμάτων από τον ηφαιστειακό πόρο, πολλές φορές τα οδηγεί σε μεγάλο υψόμετρο, συμπαρασύροντας σε αυτή την άνοδο και κομμάτια στερεών αναβλημάτων, όπως η ηφαιστειακή τέφρα και η ηφαιστειακή άμμος, δημιουργώντας ένα νέφος που διαθέτει όλα τα παραπάνω υλικά. Ένα άλλο είδος νέφους, η πυροκλαστική ροή, το οποίο δεν ανεβαίνει προς την ατμόσφαιρα αλλά κατεβαίνει στις πλαγιές του, ηφαιστείου με δύναμη τυφώνα φθάνοντας τα 700 χλμ/ώρα και με θερμοκρασία από 550 °C μέχρι και 1.000 °C, άκρως καταστροφικό και θανατηφόρο. Το νέφος αυτό αποτελείται από αέρια αναβλήματα, διάπυρη λάβα, τέφρα και άμμο. (Λέκκας, Σ., & Δερμιτζακής, Μ., 2010).

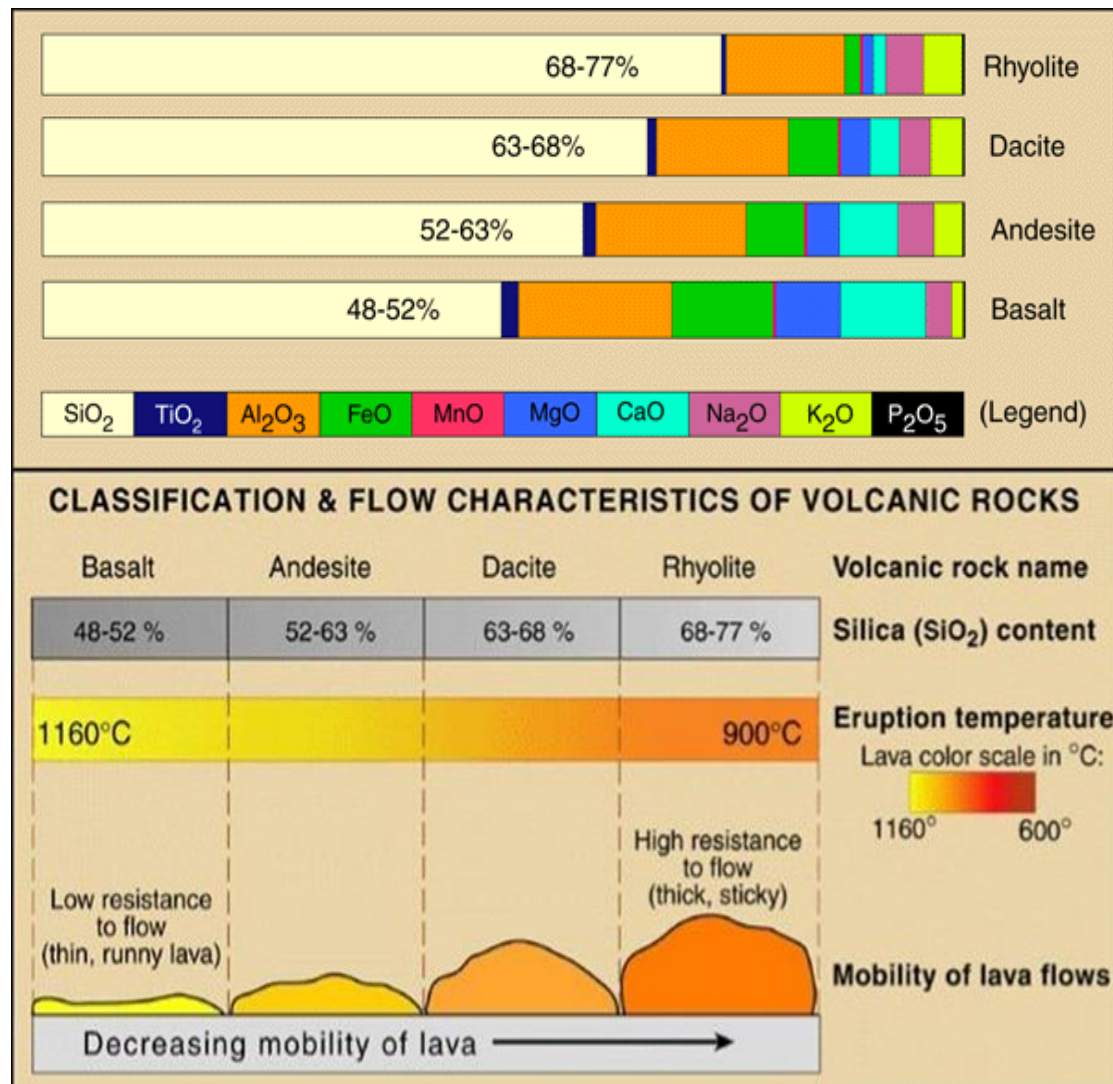


Εικ. 26 Δομή ενός ηφαιστείου με τα ηφαιστειακά αναβλήματα που εκτινάσσονται και τους πιθανούς κινδύνους που προκύπτουν από την έκρηξη. **Πηγή:** <http://history-pages.blogspot.com/2012/08/blog->

Κεφάλαιο 4^ο Ταξινόμηση ηφαιστείων

4.1. Ηφαιστειακή δραστηριότητα

Η δραστηριότητα κάθε τύπου ηφαιστείου είναι διαφορετική και οφείλεται σε διάφορους παράγοντες όπως η χημική σύσταση, το ιξώδες και το γεωτεκτονικό περιβάλλον στο οποίο εξελίσσονται. Επίσης και το περιεχόμενο σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), το οποίο απαντάται μεταξύ του 50-70% και από την θερμοκρασία του (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης., 2015).



Εικόνα 27: Θερμοκρασία, σύσταση και ιξώδες των μαγμάτων. Πηγή: USGS.

Το ποσοστό του πυριτίου είναι ιδιαίτερα σημαντικό τόσο για τον τρόπο που θα συμπεριφερθεί διαχρονικά ένα ηφαίστειο, όσο και για την μορφή του. Όσο πιο πολύ πυρίτιο περιέχει το μάγμα, τόσο αντίστοιχα η θερμοκρασία του είναι πιο χαμηλή με αποτέλεσμα να είναι πιο πυκνό/παχύρευστο. Ταυτόχρονα, η υγρή φάση (διάφορα αέρια και υδρατμοί) εξακολουθεί να παγιδεύεται στο μάγμα με αποτέλεσμα η έκρηξη να είναι περισσότερο βίαιη και καταστροφική. Στον αντίποδα το χαμηλό σε περιεκτικότητα πυριτίου μάγμα παρουσιάζει υψηλότερη θερμοκρασία και χαμηλότερο ιξώδες (ευκολότερο να ρέει). Έτσι δεν είναι πολύ πυκνό και εύκολο να εκφορτιστεί, κατά

συνέπεια η ένταση της ηφαιστειακής έκρηξης μπορεί να είναι χαμηλή. (Κυριακόπουλος, Κ., 2005).

4.2. Τύποι και μορφές του ηφαιστείου

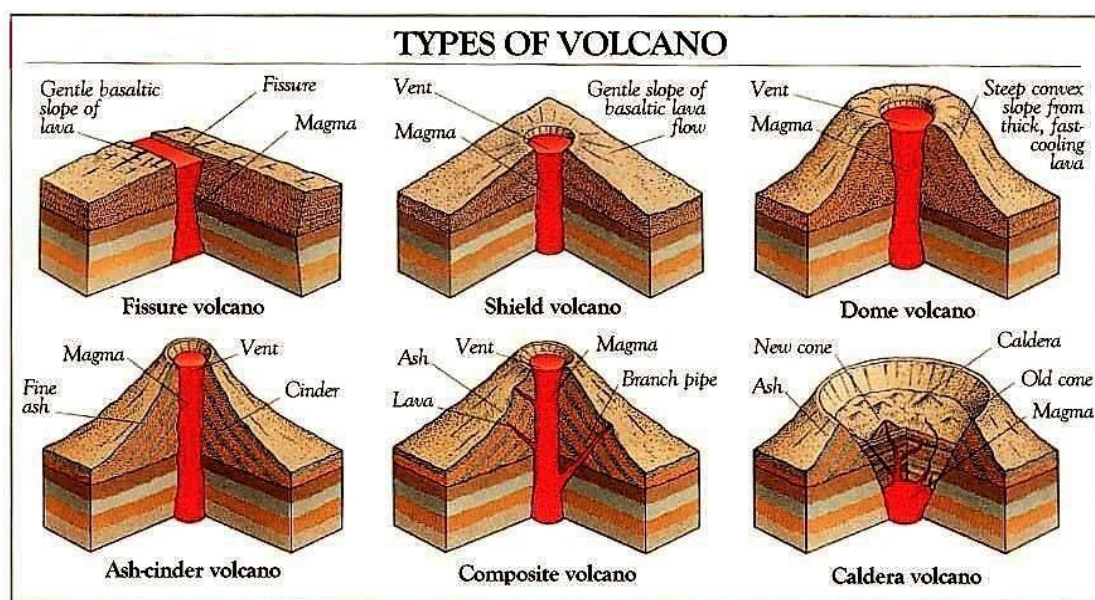
Αν και τα ηφαίστεια διαθέτουν κοινά βασικά χαρακτηριστικά όπως αναφέραμε παραπάνω δεν διαθέτουν ούτε την ίδια μορφολογία αλλά ούτε και εκρήγνυνται με τον ίδιο τρόπο.

Βάση του δείκτη δυσκολίας που διακρίνεται σε κάθε ηφαίστριο ως προς τη ροή του μάγματος, μπορούμε να εντοπίσουμε διαφορετικούς τύπους ηφαιστειών. Επομένως, όσο υψηλότερη είναι η ποσότητα του πυριτίου και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ψύξης του μάγματος, τόσο υψηλότερο είναι το ιξώδες. Το μάγμα, το οποίο είναι ιδιαίτερα ιξώδες, μας δίνει εκρηκτικές εκρήξεις, σε αντίθεση με λιγότερο ιξώδες μάγμα, το οποίο 'έχει την τάση να ρέει.

Θα πρέπει να τονιστεί όμως εδώ, ότι παρά τα βασικά χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν παραπάνω, είναι γεγονός πως όλα τα ηφαίστεια δεν έχουν την ίδια μορφολογία, και ούτε εκρήγνυνται με τον ίδιο τρόπο. Έτσι με βάση τα ιδιαίτερα μορφολογικά και δομικά χαρακτηριστικά τους, σύμφωνα με το USGS και το πανεπιστήμιο του Oregon τα χωρίζουμε σε έξι κατηγορίες (κατά άλλους ερευνητές σε πέντε) οι οποίες είναι:

Σχισμογενές ηφαίστριο, Ασπιδοειδές ηφαίστριο, Θολωτό ηφαίστριο, Κώνος σκωριών, Σύνθετο ηφαίστριο, Ηφαίστριο-καλντέρα.

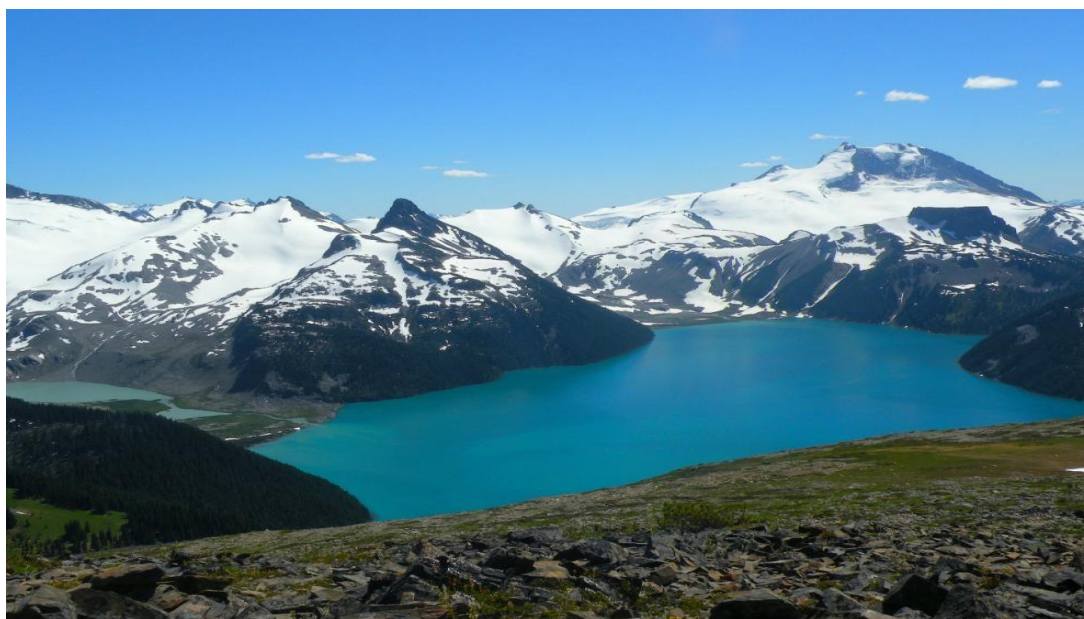
Οι παραπάνω κατηγορίες αποδίδονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα.28 Οι έξι σημαντικότερες κατηγορίες των ηφαιστειών, ανάλογα με τη δομική τους διαμόρφωση και τον τρόπο έκρηξης. Fissure volcano: Σχισμογενές ηφαίστριο, Shield volcano: Ασπιδοειδές (ή Ασπιδόμορφο) ηφαίστριο, Dome volcano: Θολωτό ηφαίστριο, Ash-cinder volcano: Κώνος σκωριών, Composite volcano: Σύνθετο ηφαίστριο (ή Στρωματοηφαίστριο), Caldera volcano: ηφαίστριο-καλντέρα **Πηγή** φωτογραφίας: http://geology.today/geology_news/types-of-volcanoes/.

4.2.1. Σχισμογενές ηφαίστειο: (Fissure volcano)

Πρόκειται για ένα τύπο ηφαιστείου, ο οποίος δεν διαθέτει έναν κεντρικό κρατήρα. Στην περίπτωση αυτή η λάβα και το υπόλοιπο υλικό μάγματος διαφεύγουν από τεράστιες ρωγμές που υπάρχουν απευθείας στην επιφάνεια του φλοιού. Κατόπιν πολλών και διαδοχικών ήρεμων εκρήξεων (λόγο του χαμηλού ιξώδους του μάγματος και της μικρής ποσότητας παγιδευμένων αερίων) δημιουργεί οροπέδια λάβας. Αυτός ο τρόπος εξάπλωσης της λάβας έχει ως αποτέλεσμα την εξάπλωση της σε μεγάλες αποστάσεις καλύπτοντας πολλά χιλιόμετρα του φλοιού της γης (USGS). Σε κάποιες περιπτώσεις το οροπέδιο λάβας το οποίο σχηματίζεται μπορεί να αποτελεί κομμάτι ενός ηφαιστείου. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση στην Βρετανική Κολομβία του Καναδά όπου συναντούμε 18 ηφαίστεια σε μια έκταση που καλύπτει 1800 km² και 860 km³.



Εικ. 29 Ηφαίστειο στην περιοχή της Βρετανικής Κολομβίας Πηγή https://www.explore-mag.com/British_Columbias_18_Sleeping_Volcanoes



Εικ. 30 Σχισμογενής έκρηξη (Laki, Ισλανδία, 1973). *Photo: Thorsson G.*
Πηγή: http://www.geo.auth.gr/765/4_eruptions/42_fissure.htm

4.2.2. Ασπιδοειδές (ή Ασπιδόμορφο) ηφαιστείο (Shield volcano)

Πρόκειται για ηφαιστειακούς σχηματισμούς σε σχήμα ασπίδας με μεγάλη επιφάνεια και μέγεθος. Τα ασπιδόμορφα είναι τα μεγαλύτερα ηφαιστεία, με διάμετρο που κυμαίνεται από μερικά km έως και πάνω από 100 km. Σχηματίζονται από ένα συνεχές λεπτό στρώμα λάβα βασάλτη. Η γωνία των πλευρών του είναι πολύ μικρή, δηλαδή περίπου 40-50° μοίρες, με αποτέλεσμα οι κρατήρες τους να έχουν μεγάλη διάμετρο. Το μέγεθος και το σχήμα τους οφείλεται στο χαμηλό ιξώδες του μάγματος του οποίου η περιεκτικότητα σε πυρίτιο είναι γύρω στο 50%, άρα η ρευστή λάβα η οποία εκχύνεται από τον κρατήρα του ηφαιστείου μπορεί να εξαπλωθεί σε δεκάδες χιλιόμετρα. Τα ηφαιστεία αυτά δεν δίνουν ισχυρές εκρήξεις αλλά συχνές υπερχειλίσεις του κρατήρα με μαγματικό υλικό. Ένα τυπικό ασπιδικό ηφαιστείο αναπτύσσεται στον ωκεανό. Τέτοιου είδους ηφαιστεία απαντούμε στην Ισλανδία, στα νησιά Galapagos, στην Χαβάη (Mauna Loa, Monaroa), στην Αιθιοπία (Erta Ale) κ.ά



Εικ. 31 Ηφαιστείο Mauna Loa Volcano, Hawaii **Πηγή:**<https://www.google.com/>

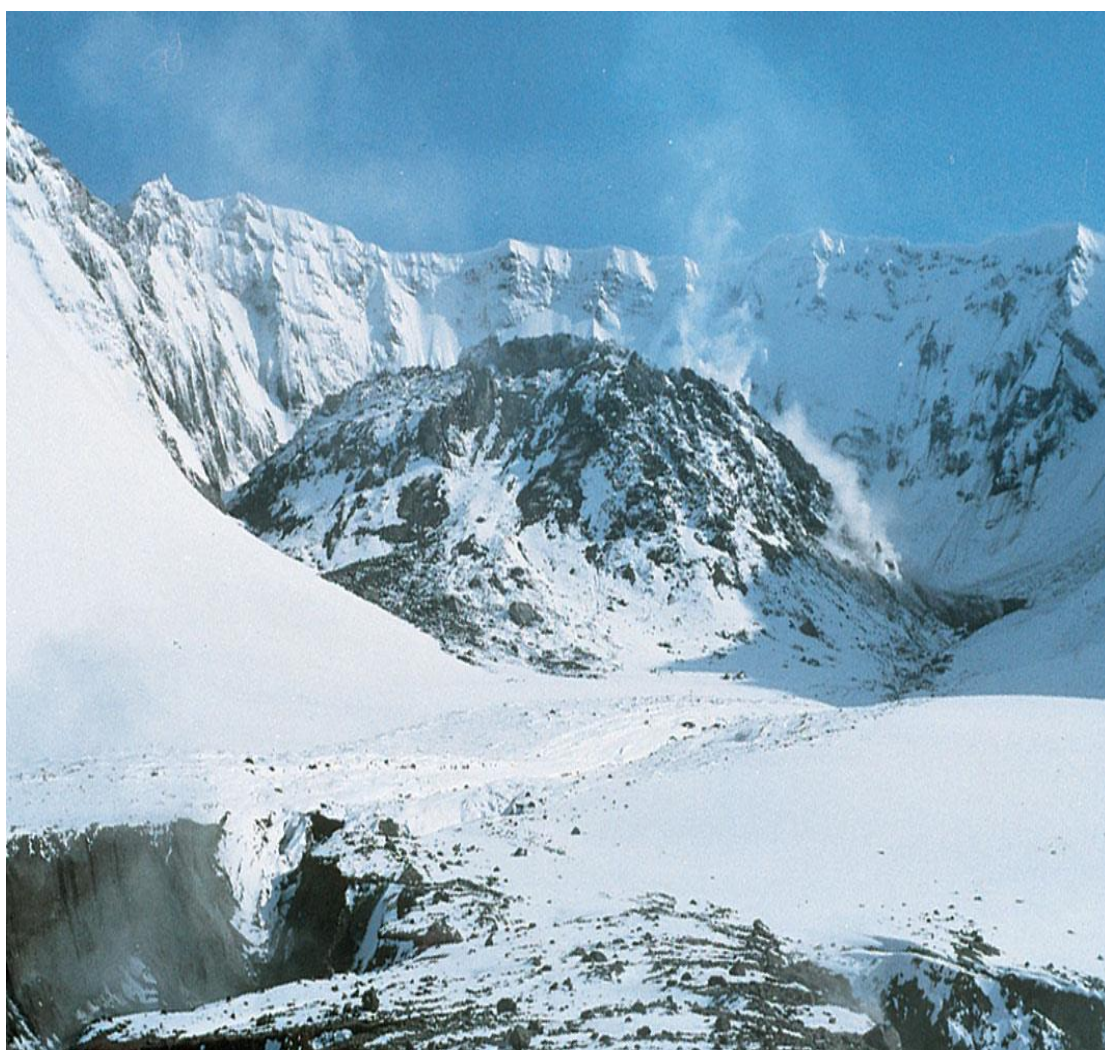


Εικ. 32 Ηφαιστείο Kīlauea Volcano, Hawaii **Πηγή:** <http://www.topontiki.gr/article>

4.2.3.Θολωτό ηφαίστειο (Dome volcano)

Αυτού του τύπου τα ηφαίστεια δημιουργούνται από αναχώματα που δημιουργούνται από την πολύ αργή έξοδο λάβας υψηλού ιξώδους και την αργή συσσώρευση της πάνω στον ηφαιστειακό πόρο όπου και στερεοποιείται, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται βραχώδεις και απότομες πλαγιές. Το ιξώδες μάγμα διαθέτει υψηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο (> 70%) και η δραστηριότητά του είναι συνήθως μεγάλη και επομένως πολύ επικίνδυνη. (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε., 2015). Η εσωτερική πίεση προκαλεί διόγκωση, και η νέα λαβα που ακολουθεί ανατροφοδοτεί τον θόλο.

Το οικοδόμημα δεν επιτρέπει την διαφυγή αερίων με αποτέλεσμα την πρόκληση απροειδοποίητων ισχυρών εκρήξεων με δημιουργία πυροκλαστικών ροών, (Αγία Ελένη στις ΗΠΑ) οι οποίες μπορούν να μετατραπούν και σε λασποροές στην περίπτωση που βρουν χιόνι ή νερό στην πορεία τους. Έτσι μπορεί να φτάσουν με μεγάλη ταχύτητα μέχρι και είκοσι χιλιόμετρα μακριά από την θέση του ηφαιστείου. (Hoblitt, M. S. 1987).



Εικ. 33 Το Θολωτό ηφαίστειο της Αγίας Ελένης στις ΗΠΑ .

Πηγή:<https://www.britannica.com/science/volcano/Lava-domes>

4.2.4. Ο τυπικός Κώνος σκωριών (Ash-cinder volcano)

Ο τυπικός Κώνος σκωριών είναι ο συνηθέστερος και μικρότερος τύπος ηφαιστείου, πρόκειται για την μικρότερη ηφαιστειακή δομή, η οποία συνήθως είναι κάτω από 300 μέτρα. Ο κρατήρας τους έχει ένα χοανοειδές σχήμα με απότομες πλευρές με κλίση έως 35° μοίρες, ενώ το μέγεθος ανοίγματος του κρατήρα τους είναι σχετικά μεγάλο σε σχέση με τον όγκο τους, και είναι συνήθως συμμετρικό.

Εντοπίζονται ως αυτόνομα ηφαίστεια σε βασαλτικά πεδία λάβας, με την μορφή παρασιτικών κώνων στις πλευρές στρωματομόρφων και ασπιδομόρφων ηφαιστειών. Ο κώνος σκωριών δημιουργείται από μία μοναδική φλέβα τροφοδοσίας, σε αντίθεση με ένα Σύνθετο ή ένα Ασπιδοειδές ηφαίστειο.

Οι κώνοι σκωριών σχηματίζονται από εκρήξεις τύπου Στρόμπουλι, το βασικό ηφαιστειακό προϊόν είναι οι σκωρίες, οι οποίες είναι πολύ φυσαλιδοποιημένα κλάσματα βασαλτικής λάβας. Κατά την έκρηξη του ηφαιστείου απελευθερώνεται μεγάλη ποσότητα στάχτης στον αέρα, οι οποία στην συνέχεια ψύχεται και σχηματίζει τα τοιχώματα του ηφαιστείου.



Εικ. 34 Το ηφαίστειο Parícutin (Παρικουτίν, Μέξικο) αποτελείται από ένα κώνο σκωριών
Πηγή: <http://aktines.blogspot.com/2015/09/paricutin.html>

4.2.5. Τυπικό Σύνθετο ηφαίστειο (Composite volcano) ή Στρωματοηφαίστειο

Το τυπικό Σύνθετο ηφαίστειο (Composite volcano) ή Στρωματοηφαίστειο είναι ένας ηφαιστειακός σχηματισμός με κωνοειδές σχήμα, απότομες πλευρές και μικρό άνοιγμα κρατήρα. Δομείται από ροές λάβας, πυροκλαστικές ροές, τέφρα, σκωρίες και λάσπη, φτάνει σε ύψος τα 3.000μ και τα τοιχώματά του είναι συμμετρικά.

Το ποσοστό πυριτίου στο μάγμα ανέρχεται στο 60% με το ιξώδες τους να είναι μεγαλύτερο από εκείνο των Ασπιδικών ηφαιστειών. Τα συναντούμε στις περιοχές, όπου υπάρχει σύγκλιση και υποβύθιση της μίας τεκτονικής πλάκας κάτω από την άλλη.

Πρόκειται για ένα επικίνδυνο τύπο ηφαιστειών, ο οποίος δίνει εξαιρετικά ισχυρές Πλινιακές εκρήξεις, οι οποίες δημιουργούν καταστροφικές πυροκλαστικές ροές, που ταξιδεύουν με ταχύτητες οι οποίες ξεπερνούν τα 100 Km/h. Κλασικά παραδείγματα στρωματοηφαιστειών είναι το Fuji (Ιαπωνία), Mayon (Φιλιππίνες) κ.ά.

Τα Στρωματοηφαίστεια όπως και τα Ασπιδικά ηφαίστεια δίνουν αλληπάλληλες εκρήξεις, με μόνη διαφορά τα πρώτα να εκρήγνυνται αραιότερα, με διαστήματα ηρεμίας της τάξης εκατοντάδων ετών.



Εικ. 35 Mayon Ηφαιστειακό πάρκο στις Φιλιππίνες (Volcano Natural Park). Πηγή: <https://www.zenrooms.com/blog/post/mayon-volcano-natural-park>

4.2.6. Ηφαίστειο-Καλντέρα (Caldera volcano)

Το Ηφαίστειο-καλντέρα (Η λέξη προέρχεται από την Ισπανική γλώσσα και σημαίνει χύτρα). σχηματίζεται από την υποχώρηση του τμήματος του ηφαιστειακού κώνου, όταν κατά την ηφαιστειακή έκρηξη αδειάζει ο μαγματικός θάλαμος, ο οποίος βρίσκεται σε μικρό βάθος. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο σχηματισμός ενός βυθίσματος-καταβόθρας, με κάθετα απότομα τοιχώματα, το οποίο λόγω του σχήματος του το ονομάζουμε καλδέρα. Η διάμετρός της κυμαίνεται μεταξύ 1 έως 100 χλμ. Η διαφορά μεταξύ καλδέρων και κρατήρων είναι ότι οι δεύτεροι προέρχονται από τη διάβρωση του κεντρικού ηφαιστειακού πόρου λόγω της έκρηξης.

Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας και την μορφή τους έχουμε τριών ειδών καλδέρες:http://www.geo.auth.gr/765/2_landforms/25_caldera.htm

Α) Καλδέρες τύπου Crater-Lake (Crater-Lake type calderas) ονομάζουμε εκείνες που δημιουργούνται από την κατάρρευση στρωματοηφαιστείων. Ο συγκεκριμένος τύπος καλδέρας έλαβε το όνομα του από την Crater Lake, που βρίσκεται στο Oregon (ΗΠΑ). Με βάθος 600 m είναι η πιο βαθιά λίμνη της Βόρειας Αμερικής. Ενώ για άλλα 600m πάνω από την επιφάνεια του νερού εκτείνονται τα τοιχώματα της καλδέρας.



Εικ. 36 Crater Lake Εθνικό πάρκο στο Oregon.

Πηγή:<https://www.britannica.com/place/Crater-Lake-Oregon>

Β) Βασαλτικές καλδέρες (basaltic calderas) οι οποίες δημιουργούνται από την κατάρρευση ασπιδόμορφων ηφαιστείων. Οι περισσότερες από αυτές έχουν διάμετρο από 1-5 km. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η καλδέρα του ηφαιστείου Piton de la Fournaise (Reunion Island) και οι εντυπωσιακές καλδέρες στα ασπιδόμορφα ηφαίστεια των νησιών Galapagos.



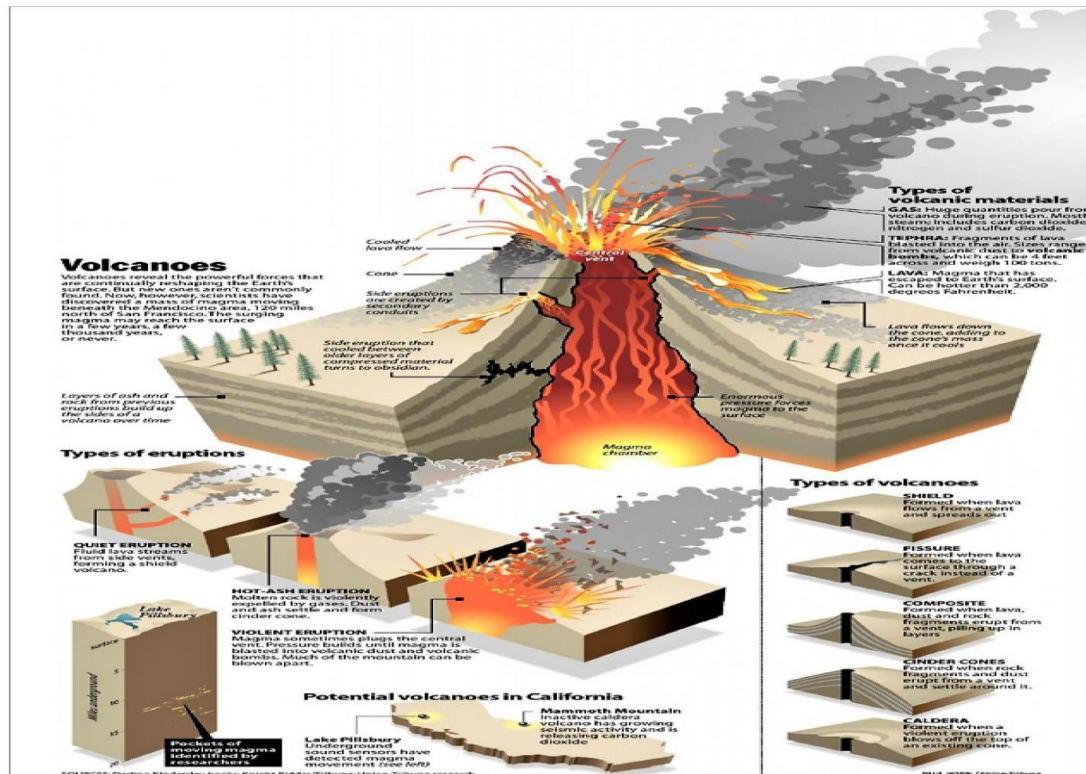
Εικ. 37 Piton de la Fournaise volcano Πηγή: <https://www.google.com>

Γ) Ανυψωμένες καλδέρες (resurgent calderas): Σε σχέση με τον τρόπο που δημιουργούνται μοιάζουν πάρα πολύ με τις καλδέρες τύπου Crater-Lake, στις οποίες αναφερθήκαμε παραπάνω. Διαφορά εντοπίζεται σε σχέση με το μέγεθος τους, όπου οι ανυψωμένες καλδέρες έχουν πολύ μεγαλύτερες διαμέτρους, που κυμαίνονται από 15-100 km, ενώ στο κεντρικό τους τμήμα παρουσιάζουν μία μεγάλη ανύψωση που είναι αποτέλεσμα μεταγενέστερης ανόρθωσης του πυθμένα της καλδέρας εξαιτίας της ανόδου νέου μάγματος ή της πίεσης που προκαλεί το υπάρχον. Οι ανυψωμένες καλδέρες είναι οι πιο μεγάλοι ηφαιστειακοί σχηματισμοί που απαντούμε πάνω στην επιφάνεια της Γης και έχουν άμεση σχέση με τεράστιες εκρήξεις πυροκλαστικών υλικών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα ανυψωμένων καλδέρων είναι οι καλδέρα Valles (New Mexico, ΗΠΑ), η καλδέρα Cerro Galan (Αργεντινή) και η καλδέρα Yellowstone (Wyoming, ΗΠΑ).



Εικ. 38 Η γιγαντιαία καλντέρα του ηφαιστείου Galán,
Πηγή: <https://masrutasymentosrutinas.com/volcan-galan-salar-hombre-muerto/>

Στην παρακάτω εικόνα παραπείθονται οι βασικότεροι τύποι ηφαιστείων (με εξαίρεση εκείνον του Θολωτού ηφαιστείου-Dome Volcano) που απαντούμε στη βιβλιογραφία, με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, και τον τρόπο εξόδου του μαγματικού υλικού.



Εικόνα 39. Οι βασικότεροι τύποι ηφαιστείων (με εξαίρεση εκείνον του Θολωτού Ηφαιστείου-Dome Volcano) που απαντούμε στη βιβλιογραφία, με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, και τον τρόπο εξόδου του μαγματικού (Πηγή <https://graphicspedia.net/the-science-of-volcanoes-how-they-are-made-infographic/>).

4.2.7. Ταξινόμηση ηφαιστείων βάσει ενεργότητας

Ενεργά:

Ως ενεργά ορίζουμε εκείνα τα ηφαίστεια τα οποία κατά την διάρκεια των ιστορικών χρόνων έχουν παρουσιάσει εκρηκτική δραστηριότητα. Αυτού του τύπου τα ηφαίστεια μπορούν να επαναδραστηριοποιηθούν στο μέλλον οποιαδήποτε στιγμή.

Κοιμώμενα:

Ως κοιμώμενα ορίζουμε εκείνα τα ηφαίστεια που δεν έχουν παρουσιάσει εκρηκτική δραστηριότητα κατά τους ιστορικούς χρόνους. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στο ότι μπορεί ο χρόνος που περιμέναν αδρανής να υπερκαλύπτει την περίοδο των ιστορικών χρόνων, είτε διότι η εκρηκτική δραστηριότητα τους μπορεί να έλαβε χώρα σε περιοχές με περιορισμένες δυνατότητες ιστορικών καταγραφών.

Σβησμένα:

Ως σβησμένα εννοούμε εκείνα τα ηφαίστεια, για τα οποία όλα τα δεδομένα που έχουμε στη διάθεση μας για αυτά, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι έχουν κλείσει τον κύκλο ζωής τους και έχουν νεκρωθεί (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

Κεφάλαιο 5°

5.1. Ταξινόμηση ηφαιστειακών εκρήξεων

Από τις πρώτες μέρες της ηφαιστειολογίας, η ταξινόμηση της εκρηκτικής δραστηριότητας βασίστηκε στις οπτικές ιδιότητες των νεφών έκρηξης. Οι σύγχρονες έρευνες έχουν αποδείξει ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, οι οπτικές ποιοτικές διαφορές μεταξύ των εκρηκτικών νεφών σχετίζονται στενά με τις θεμελιώδεις διαφορές στους μηχανισμούς έκρηξης, οι οποίες με τη σειρά τους, παράγουν συγκεκριμένους τύπους εκρήξεων που αναγνωρίζουμε στο πεδίο.

Οι διάφοροι τύποι ηφαιστειακής δραστηριότητας, ξεκινούν από τις ήπιες εκχύσεις λάβας έως τις ακραίες βίαιες εκρήξεις. Οι διάφοροι τύποι των εκρήξεων εξαρτώνται από τη σύσταση του μάγματος (η οποία καθορίζεται από το ποσοστό του πυριτίου (SiO₂)) και το ποσοστό του νερού και σχετίζονται με συγκεκριμένους τύπους ηφαιστειών. Για παράδειγμα, τα ασπιδόμορφα ηφαίστεια σχετίζονται με μια εκχυτική δραστηριότητα η οποία χαρακτηρίζεται ως ήπια και σχηματίζει βασαλτικές λάβες με χαμηλό ιξώδες.

Στον παρακάτω πίνακα διακρίνεται η Σχέση μάγματος και ηφαιστειακών εκρήξεων

Περιεχόμενο SiO ₂	ΜΑΓΜΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΙΞΩΔΕΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΕ ΑΕΡΙΑ	ΕΚΡΗΞΗ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΥ
~50%	Βασικό	~1100 °C	Χαμηλό	Χαμηλό	Μη εκρηκτική
~60%	Ενδιάμεσο	~1000 °C	Ενδιάμεσο	Ενδιάμεσο	Ενδιάμεση
~70%	Όξινο	~800 °C	Υψηλό	Υψηλό	Εκρηκτική

Πίνακας 11 Σχέση μάγματος και ηφαιστειακών εκρήξεων.

Ο Walker(1980),παρουσίασε μια διαφορετική προσέγγιση για την κατηγοριοποίηση των ηφαιστειακών εκρήξεων η οποία βασιζόταν σε εργαστηριακές και υπαίθριες

καταγραφές, οι οποίες έδιναν έμφαση σε πρακτικές παραμέτρους (δίνοντας του τη δυνατότητα σύγκρισης των διάφορων τύπων ηφαιστειακής δραστηριότητας) και λιγότερο σε θεωρητικές. Αυτές οι παράμετροι είναι:

- Μέγεθος (magnitude) : Πρόκειται για τον συνολικό όγκο των παραγόμενων προϊόντων , οφειλόμενων στην ηφαιστειακή δραστηριότητα.
- Ένταση (intensity) : Αναφερόμαστε στον ρυθμό με τον οποίο εξέρχεται το υλικό από το ηφαίστειο.
- Δύναμη Διασποράς (dispersion power) : Η έκταση στην οποία διασπείρεται το υλικό, η οποία εξαρτάται από το ύψος της εκρηκτικής στήλης και την ταχύτητα του ανέμου.
- Βιαιότητα (violence) : Πρόκειται για εκείνες τις εκρήξεις όπου η κατανομή των εκπινασόμενων θραυσμάτων καθορίζεται από την αρχική ορμή τους
- Καταστροφικό δυναμικό (destructive potential) : Έχει να κάνει με την έκταση της περιοχής στην οποία μπορεί να έχουμε καταστροφικά αποτελέσματα. (Walker, G.P.L. 1980)

5.2. Δείκτης Ηφαιστειακής Εκρηκτικότητας (volcanic explosivity index – VEI)

Οι Newhall & Self (1982) ερχόμενοι να συμπληρώσουν και να ολοκληρώσουν την ταξινόμηση του Walker, συγκέντρωσαν μεγάλο αριθμό ποσοτικών στοιχείων και όρισαν μία ακόμα παράμετρο τον Δείκτη Ηφαιστειακής Εκρηκτικότητας (volcanic explosivity index – VEI) βάση του οποίου εφήρμοσαν ποσοτική ταξινόμηση στους διαφορετικούς τύπους ηφαιστειακής δραστηριότητας, όπως μπορούμε να δούμε στον παρακάτω πίνακα. (Newhall, C.G. & Self, S. 1982)

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Περιγραφή	Μη-εκρηκτική	Μικρή	Μέτρια	Μέτρια-Μεγάλη	Μεγάλη	Πολύ μεγάλη	→		
Όγκος αναβλημάτων σε m ³	< 10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁸ -10 ⁹	10 ⁹ -10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹¹	10 ¹¹ -10 ¹²	>10 ¹²
Υψος στήλης σε km	< 0,1	0,1-1	1-5	3-15	10-25	>25	→		
Ταξινόμηση	← Χαβάης	← Στρομπόλια →		← Βουλκάνια →		← Πλινιακή →		← Υπερ-πλινιακή →	
Διάρκεια (ώρες συνεχούς έκρηξης)	← <1 →		← 1-6 →		← 6-12 →		← >12 →		
Διείσδυση στην τροπόσφαιρα	Αβέβαιη	Μικρή	Μέτρια	Ουσιαστική →					
Διείσδυση στην στρατόσφαιρα	Καμία			Πιθανή	Σίγουρη	Σημαντική →			
Ηφαιστειακές δράσεις	443	361	3108	720	131	35	16	1	0

Πίνακας 12 Δείκτης ηφαιστειακής δραστηριότητας. **Πηγή:** Newhall & Self, 1982

5.3. Τύποι ηφαιστειακών εκρήξεων

Τα ονόματα που έχουν δοθεί στους διαφορετικούς τύπους ηφαιστειακών εκρήξεων, ανήκουν σε κλασσικές εκρήξεις όπως: Ισλανδικού τύπου, Χαβάης, Στρόμπολι, Βουλκάνο, Πελέ, Βεζούβιου (Πλινιακή) και Surtsey. Αν και οι περιγραφές αυτές δεν είναι σαφώς καθορισμένες και εφαρμόζονται υποκειμενικά, χρησιμοποιούνται ευρέως στην βιβλιογραφία που αναφέρεται στο επιστημονικό πεδίο της ηφαιστειολογίας.

5.3.1. Ηφαιστειακές εκρήξεις τύπου Βουλκάνο (Vulcanian eruptions)

Όπως και το Στρόμπολι έτσι και το νησί Βουλκάνο (Vulcano) ανήκουν από κοινού στα Αιόλια νησιά, τα οποία βρίσκονται μεταξύ Σικελίας και Ιταλίας. Οι αρχαίοι Ρωμαίοι, παρατηρώντας τις εκρήξεις οι οποίες συνοδευόταν από έντονες λάμπεις, διατηρούσαν την πεποίθηση ότι το εργαστήριό του θεού της φωτιάς Vulcan, (που είναι ο ομόλογος του θεού Ήφαιστου). βρισκόταν εκεί. Λόγω αυτού το νησί ονομάστηκε Vulcano και στη συνέχεια ως volcano (που σημαίνει ηφαιστείο) υιοθετήθηκε στις περισσότερες ξένες γλώσσες. Οι βουλκανικές εκρήξεις διακρίθηκαν για πρώτη φορά από Mercalli και Silvestri (1891) που παρατήρησαν ότι η έκρηξη του Vulcano 1888 & 1890 ήταν κάπως διαφορετική από τις εκρήξεις του κοντινού Στρόμπολι. Και τα δύο ηφαιστεία παρήγαγαν μικρής έως μέτριας κλίμακας, βραχύβιες διακεκομμένες εκρήξεις, αλλά οι εκρήξεις του Vulcano ήταν πιο δυνατές, τα σύννεφα είχαν πιο σκούρο χρώμα (σχεδόν μαύρο λόγω της παρουσίας άφθονης τέφρας), και το υλικό που εκτοξεύονταν είχε χαμηλότερες θερμοκρασίες ενώ λίγο ή καθόλου λαμπερό έγχυμα ήταν ορατό κατά τη διάρκεια της ημέρας). Η μορφολογία των προϊόντων έδειξε μάγμα με υψηλότερο ιξώδες στο Vulcano. (Brown, S.K., et al., 2014)

Πρόκειται λοιπόν για μεμονωμένες σύντομες εκρήξεις οι οποίες διαρκούν από μερικά λεπτά έως μερικές ώρες και στην αρχή μοιάζουν με κανονικές εκτοξεύοντας βολίδες και λιθάρια με υψηλή ταχύτητα, προοδευτικά γίνονται ηπιότερες και διαρκούν περισσότερο. Περιλαμβάνουν την απελευθέρωση ρευστής λάβας η οποία ψύχεται και στερεοποιείται στον χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ των διαδοχικών εκρήξεων. Σε αντίθεση με τις στρομπόλιες εκρήξεις που σχετίζονται με βασαλτικό μάγμα, οι βουλκάνιες σχετίζονται συχνότερα με ανδεσιτικό μάγμα. Το υψηλότερο ιξώδες αυτών των μαγμάτων εμποδίζει τη διαφυγή των αερίων με αποτέλεσμα την εμφάνιση υψηλής πίεσης στο μάγμα και τη δημιουργία εκρηκτικότερων συνθηκών έχοντας ως αποτέλεσμα την δημιουργία εκρηκτικών στηλών που κυμαίνονται σε ύψος μεταξύ 5-10 km. Ο όγκος της τέφρας που παράγεται δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλος (<1 km³) ενώ το ίδιο ισχύει και για την περιοχή διασποράς. Τέλος τα εκτινασσόμενα θραύσματα δεν έχουν το αεροδυναμικό σχήμα που είναι χαρακτηριστικό στις στρομπόλιες εκρήξεις. Στις μέρες μας περιοδική βουλκάνια δράση εντοπίζεται στα ηφαιστεία Sakurajima (Ιαπωνία) και Tavnur (Παπούα Νέα Γουινέα).



Εικ. 40 Έκρηξη τύπου Βουλκάνο Ηφαιστείο Sakurajima, στη νότια Ιαπωνία. Πηγή: <https://www.tsene.com/-sakurajima>

5.3.2. Εκρήξεις τύπου Στρόμπολι (Strombolian eruptions).

Ο συγκεκριμένος τύπος ηφαιστειακής έκρηξης έχει λάβει το όνομα του από το ομώνυμο μικρό νησί Στρόμπολι το οποίο απαντούμε στην περιοχή της Νοτίου Ιταλίας. Πρόκειται για ένα από τα Αιόλια νησιά που εντοπίζονται στον χάρτη μεταξύ Σικελίας και Ιταλίας. Το ηφαίστειο δίνει συνεχείς εκρήξεις (ανά 12 λεπτά περίπου) τα τελευταία 100 χρόνια, δίνοντας μια προσωρινή λάμψη, η οποία του επιτρέπει να φέρει επάξια τον χαρακτηρισμό του ως «Φάρος της Μεσογείου». (Burton, M., et al., 2007).

Η ηφαιστειακή δράση τύπου Στρόμπολι αναφέρεται σε μικρές έως μεγάλες εκρήξεις με εκρηκτικές στήλες μερικών χιλιομέτρων. Στην πραγματικότητα όμως είναι σύντομης διάρκειας εκρήξεις κολλώδους λάβας, η οποία εκτινάσσεται μερικές δεκάδες έως εκατοντάδες μέτρα στον αέρα και συνήθως δεν δημιουργεί εκρηκτική στήλη. Η δραστηριότητα είναι λίγο πιο πολύ εκρηκτική από εκείνη της Χαβάης, αυτό συμβαίνει λόγω της έκθεσης λιγότερο κινητικής λάβας στην ατμόσφαιρα, ενώ οι εκτινάξεις της παχύρρευστης (ιξώδους) βασαλτικής λάβας γίνονται κυρίως από το στόμιο του ηφαιστείου. Τα συνοδά αέρια απελευθερώνονται με μέτριας έντασης εκρήξεις ,(οι οποίες όπως αναφέραμε και παραπάνω, χαρακτηρίζονται από ένα συνεχή ρυθμό) και σχετίζονται με τις φυσαλίδες αερίων που δημιουργούνται. Αυτές οι φυσαλίδες συσσωρεύονται μέσα στο μάγμα και δημιουργούν μεγαλύτερες. Όταν μεγαλώσουν αρκετά (gus slugs) φτάνουν στην επιφάνεια μέσω της λάβας και απελευθερώνονται λόγω της διαφοράς της πίεσης του αέρα) παρασύροντας και εκτινάσσοντας στερεά αναβλήματα, (βολίδες και λιθάρια που εκτοξεύονται με παραβολικές τροχιές). Τα αναβλήματα αυτά επικάθονται και συσσωρεύονται ομοιόμορφα περιμετρικά του ηφαιστειακού κρατήρα. Αν και οι εκρήξεις αυτού του είδους είναι πιο θορυβώδεις από τις εκρήξεις τύπου Χαβάης ωστόσο είναι λιγότερο επικίνδυνες. (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

Οι τυπικοί ηφαιστειακοί σχηματισμοί που δημιουργούνται λόγω αυτού του τύπου εκρήξεων είναι οι κώνοι σκωριών από βασαλτικά πυροκλαστικά υλικά, αλλά βασικής σύστασης στρωματοηφαίστεια μπορούν να εμφανίσουν επίσης στρομπόλια δράση.



Εικ. 41 Έκρηξη τύπου Στρόμπολι (Strombolian eruption) 20 Νοεμβρίου 1985

Πηγή: <https://volcano.si.edu/gallery/ShowImage.cfm?photo=GVP-00464>

5.3.3. Εκρήξεις τύπου Χαβάη (Hawaiian eruptions).

Με βάση τις παραδόσεις και τους Θρύλους του λαού της Χαβάης η θεά της φωτιάς η Pele είχε για κατοικία της το ηφαίστειο Kilauea. Μετά από ένα σύντομο γάμο που είχε με τον θεό του νερού Kamapuaa επήλθε ένα θυελλώδες διαζύγιο, με την Pele να κυνηγάει εξοργισμένη τον Kamapuaa με ρεύματα λάβας έως τη θάλασσα. Η συμβολική αυτή απόδοση δείχνει τη βίαιη αντίδραση της λάβας με την επαφή της με το νερό, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί μια υπενθύμιση για τους πιστούς της θεάς, ότι υπάρχει και είναι καλά.

Πρόκειται για εκρήξεις οι οποίες μοιάζουν πολύ με τις εκρήξεις τύπου Ισλανδίας άλλα επικρατούν περισσότερο οι εκρήξεις κεντρικού τύπου (προερχόμενες από τον κεντρικό αγωγό). Παρατηρείται εκτίναξη πιδάκων πυρακτωμένης λάβας, έχοντας ως αποτέλεσμα την δημιουργία μικρών κώνων από οξειδώσεις, ενώ ταυτόχρονα εκτινάσσονται και διάφορα πυροκλαστικά προϊόντα. Βασικά εμφανίζουν μορφή πεπλατυσμένου κώνου η οποία χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη διάμετρο βάσης, με αποτέλεσμα τα ηφαίστεια που προκαλούνται από αυτό τον τύπο εκρήξεων να είναι τεραστίων διαστάσεων (Κυριακόπουλος, Κ., 2005).

Πρόκειται για τις ηπιότερες μορφές εκρήξεων με κύρια γνωρίσματα την υψηλής κινητικότητας εκχυόμενη λάβα με τα λίγα συνοδά αέρια να είναι σχεδόν αθόρυβα κατά την απελευθέρωση τους. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του τύπου ηφαιστειακής έκρηξης είναι η συμπαγής λάβα η οποία σε συνδυασμό με την παραγωγή λεπτών ροών λάβας οι οποίες καλύπτουν τεράστιες επιφανειακές εκτάσεις σχηματίζει τα ασπιδωτά ηφαίστεια. Οι εκρήξεις λαμβάνουν χώρα περί της κορυφής του ηφαιστείου αλλά και σε μεμονωμένες ρωγμές. ενώ η καυτή λάβα κατεβαίνει τις πλαγίες του ηφαιστείου με αποτέλεσμα να μη στερεοποιείται και αποφράσσει το στόμιο εξόδου Είναι οι πιο ήπιες μορφές εκρήξεων, παρόμοιες με τις εκρήξεις Ισλανδικού τύπου.



Εικ.42. Kilauea volcano hawaii Πηγή:

<https://eu.usatoday.com/story/news/nation/2018/06/20/hawaii-volcano-eruptio>

5.3.4. Εκρήξεις Πλίνιου τύπου (Plinian eruptions).

Οι εκρήξεις Πλίνιου τύπου (Plinian eruptions) ή αλλιώς Βεζούβιου, αντιπροσωπεύουν τις γνωστές ιστορικές ηφαιστειακές εκρήξεις κατά τις οποίες η ηφαιστειακή τέφρα που εκτοξεύθηκε ανέβηκε μέχρι και 45 Km μέσα στην στρατόσφαιρα. Έχουν λάβει το όνομα τους από τον Ρωμαίο πολιτικό Πλίνιο, ο οποίος έστειλε δύο γράμματα στον ιστορικό Tacitus κάνοντας λεπτομερειακή αναφορά για την έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ.Χ.

Αποτέλεσμα της έκρηξης αυτής ήταν η καταστροφή της Πομπηίας και της Ηράκλειας οι οποίες θάφτηκαν κάτω από την λάβα τις λασποροές και την τέφρα του Βεζούβιου. Η συμβολική σημασία της έκρηξης έχει τεράστια σημασία, η οποία αφήνει ανεξίτηλα τα σημάδια της μέχρι τις μέρες μας. Μέσα σε 24 ώρες η περιοχή είχε πληγεί θανάσιμα και η στάχτη είχε καλύψει τα πάντα στην ακμάζουσα Ρωμαϊκή πόλη. Η αντίδραση των κατοίκων ήταν δραματικά αργή αν και είχαν προειδοποίηση για το τι μπορούσε να συμβεί, με έναν δυνατό σεισμό που είχε γίνει 16 χρόνια πριν. Ο αριθμός των θυμάτων ήταν τόσο μεγάλος, που αν και οι Ρωμαίοι ήταν συνηθισμένοι να έχουν απώλειες δεκάδων χιλιάδων ανθρώπων σε μάχες, θεώρησαν το γεγονός ως πολύ μεγάλη καταστροφή (Wallace-Hadrill, A. 2011).

Οι εκρήξεις αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται από βίαιες εκρήξεις που εκτοξεύουν μάγμα και αέρια στην ατμόσφαιρα και τις συναντούμε συνήθως στα στρωματοηφαίστεια. Οι εκρήξεις μπορεί να διαρκέσουν από λίγες ώρες μέχρι αρκετές ημέρες. Το μάγμα είναι ιδιαίτερα εμπλουτισμένο σε αέρια (λόγω της μεγάλης περιόδου ηρεμίας που μεσολαβεί) και τα ηφαιστειακά νέφη που παράγονται, φτάνουν ψηλά στην στρατόσφαιρα με την τέφρα να ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας εκρήξεως είναι εκείνη του 1991 στο ηφαίστειο του Mt. Pinatubo των Φιλιππίνων όπου η ηφαιστειακή τέφρα εκτοξεύτηκε στα τριάντα χιλιόμετρα τουλάχιστον. Οι υδρατμοί συμμετέχουν σε μεγάλο ποσοστό και προέρχονται από διεϊσδυση θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα κοντά στο ηφαίστειο. Οι περιοχές που γειτνιάζουν με ηφαίστεια τα οποία παράγουν αυτόν τον τύπο εκρήξεων δεν εκτίθενται μόνο στα προϊόντα της πυροκλαστικής δραστηριότητας και της τέφρας που παράγεται αλλά διατρέχουν και έντονο κίνδυνο να πληγούν από ηφαιστειακές λασποροές (lahars), οι οποίες δύνανται να προκληθούν από την ανάμειξη του νερού και της μη στερεοποιημένης τέφρας (Λέκκας, Ε. & Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

Σε αρκετά μεγάλες εκρήξεις Πλίνιου τύπου παρατηρείται το φαινόμενο αδειάσματος του μαγματικού αγωγού, έχοντας ως αποτέλεσμα την πρόκληση κατάρρευσης ολόκληρου του ηφαιστειακού οικοδομήματος και την δημιουργία καλδέρας. Πέραν της έκρηξης του Βεζουβίου από την οποία έλαβαν άλλωστε και το όνομα τους αυτού του τύπου οι εκρήξεις, άλλες ιστορικές εκρήξεις ήταν της Σαντορίνης 1613 π.Χ. , Krakatau (Ινδονησία, 1883μ.Χ) κ.ά, ενώ κατά την διάρκεια του εικοστού αιώνα δόθηκαν εκρήξεις στα ηφαίστεια Novarupta στην Αλάσκα το 1912, Agung στην Ινδονησία, το 1963, El Chichon στο Μεξικό, 1982, Αγίας Ελένης στις ΗΠΑ, το 1980 Novarupta στην Αλάσκα το 1912 κ.α.

Εν αντιθέσει με τις βουλκάνιες και στρομπόλιες εκρήξεις, οι οποίες εμφανίζονται ως μεμονωμένες και ασυνεχείς, οι πλινιακού τύπου εκρήξεις χαρακτηρίζονται από συνεχείς και παρατεταμένες εκρηκτικές σήλης. Διάφορα υπάρχει και με την ηφαιστειακή δράση των πλινιακών εκρήξεων σε σχέση με εκείνες τύπου Χαβάης , με τις μεν πρώτες να παρουσιάζουν εκρηκτική ηφαιστειακή δράση και τις δεύτερες να χαρακτηρίζονται από ήπια εκχυτική ηφαιστειακή δράση.

Στην επόμενη σελίδα παρατίθεται εικόνα από ηφαιστειακή έκρηξη πλίνιου τύπου στο Pinatubo, Φιλιππίνες, 1991).



Εικ

.43. Πλινιακή έκρηξη (Pinatubo, Φιλιππίνες, 1991)

Πηγή: http://www.geo.auth.gr/765/4_eruptions/46_plinian.htm

5.3.5. Εκρήξεις τύπου Πελέ (Pelee eruptions)

Η ονομασία του συγκεκριμένου τύπου ηφαιστειακών εκρήξεων, έχει λάβει το όνομα της από τη χαρακτηριστική ηφαιστειακή δραστηριότητα του ηφαιστείου Πελέ που βρίσκεται στην Μαρτινίκα. Τον Μάιο του 1902 το ηφαίστειο εκρήγνυται και από το ηφαίστειο εκτινάσσεται ένα πυρακτωμένο νέφος το οποίο κινούμενο με μεγάλη ταχύτητα και έχοντας θερμοκρασία που αγγίζει τους 800°C, φτάνει την σε απόσταση 6 km. πόλη του St. Pierre και την καταστρέφει ολοσχερώς, σκοτώνοντας ταυτόχρονα και 30.000 κατοίκους της. Από το χώρο του παλαιού κρατήρα μια στερεά ανδρειακή σύστασης λάβα υψώθηκε έχοντας τη μορφή οβελίσκου σε ύψος 400 μέτρων, η οποία στη συνέχεια κατέρρευσε. εξ αιτίας της συνεχούς αυξανόμενης πίεσης από τα χαμηλότερα τμήματά της (Κυριακόπουλος, Κ., 2005).

Αυτός είναι ο δυνητικά πιο καταστροφικός εκρηκτικός τύπος. Ο κεντρικός κρατήρας του ηφαιστείου εκτινάσσει πυρακτωμένα νέφη και πολλά πτητικά συστατικά. Κυρίως στο πρώτο στάδιο, λόγω της συμμετοχής του ρέοντος νερού, διακρίνεται έντονη εκρηκτικότητα Υπάρχει μια ισχυρή δομή λάβας πάνω από τον κύριο ηφαιστειακό σωλήνα, που αποτρέπει την απελευθέρωση εκρηκτικών υλικών. Το μάγμα που συμπιέζεται ακολουθώντας κάποια ασυνέχεια βρίσκει διέξοδο δημιουργώντας νέα ανοίγματα από τα οποία απελευθερώνεται πλευρικά. Η πυροκλαστική ροή κινείται με μεγάλη ταχύτητα, καταστρέφοντας και κατακαίγοντας ότι βρεθεί στον δρόμο του. (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

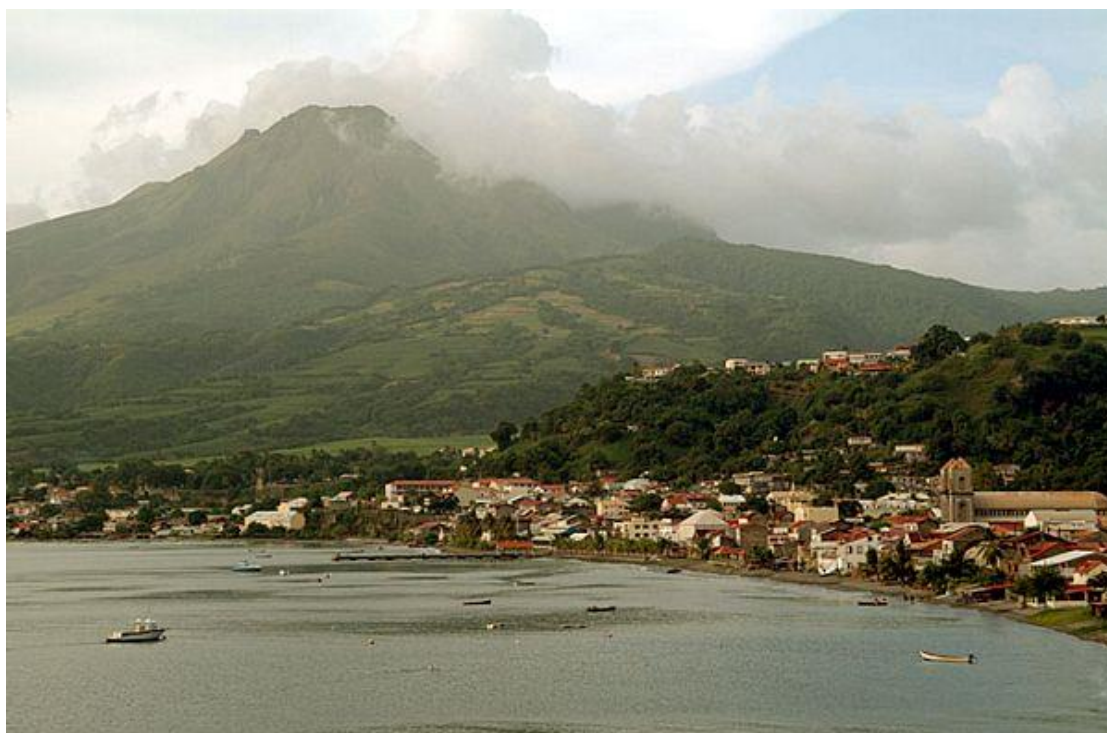
Οι εκρήξεις τύπου Πέλε, καθώς και οι πλινιακού τύπου εκρήξεις έχουν ομοιότητες μεταξύ τους οι οποίες σχετίζονται με την δημιουργία πυροκλαστικών ροών και τα όξινα. μάγματα που τις χαρακτηρίζουν. Διαφέρουν όμως στο ότι στην περίπτωση των εκρήξεων

τύπου Πέλε το μάγμα έχει απολέσει τα αέρια του και ως εκ τούτου από τη μία πλευρά να μην κατακερματίζεται και από την άλλη να παρουσιάζει αύξηση του ήδη υψηλού ιξώδους του. Αποτέλεσμα αυτού είναι το μάγμα να είναι περισσότερο παχύρρευστο και να κινείται πιο αργά, φτιάχνοντας θόλους λάβας στον κρατήρα του ηφαιστείου ενώ εάν τελικά εξέλθει αυτού δημιουργεί ροές παχύρρευστης λάβας που κινούνται στις πλευρές του. Η αργή ταχύτητα ανόδου και τελικώς εξόδου έχει ως συνέπεια οι εκρήξεις τύπου Πέλε να διαρκούν πολύ περισσότερο από τις πλινιακές ξεκινώντας από λίγους μήνες έως μερικά χρόνια. Η πηνία του μάγματος σε αέρια είναι ο λόγος που αποτρέπει τον κατακερματισμό του και την δημιουργία βίαιων εκρήξεων με εκρηκτικές στήλες όπως εκείνες που παρατηρούμε στο πλινιακού τύπου. Στην περίπτωση κατά την οποία έχουμε κατάρρευση του θόλου του ηφαιστείου τότε κάνουν την εμφάνιση τους πυροκλαστικές ροές με τις ίδιες καταστροφικές συνέπειες όπως εκείνες των πλινιακών εκρήξεων.

Οι διαφορές μεταξύ των δύο τύπων πυροκλαστικών ροών είναι:

1. Η πυροκλαστική ροή σε μια έκρηξη Πέλε, που ονομάζεται πυρακτωμένο νέφος, προκαλείται από την κατάρρευση του θόλου λάβας και περιέχει υψηλό ποσοστό στερεών θραυσμάτων. Αυτά τα θραύσματα προέρχονται από την κατάρρευση του θόλου λάβας και είναι διαφόρων μεγεθών.

2. Η πυροκλαστική ροή στην πλινιακή έκρηξη, που ονομάζεται ροή κίσηρης (ελαφρόπετρας,) προκαλείται από την κατάρρευση της εκρηκτικής στήλης και το μάγμα περιέχει υψηλό ποσοστό ελαφρόπετρας λόγω του κατακερματισμού των αερίων.



Εικ 44. Το όρος Πελέ και η πόλη St. Pierre όπως είναι σήμερα. **Πηγή:** http://www.geo.auth.gr/765/5_historical/53_pelee.htm

5.3.6. Εκρήξεις Ισλανδικού τύπου εκρήξεις από ρωγμές (Iceland type eruptions).

Η Ισλανδία είναι χαρακτηριστική περιοχή στην οποία συναντούμε βασαλτικές σχισμογενείς εκρήξεις. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι συγκεκριμένου τύπου εκρήξεις έχουν λάβει και το όνομα τους, και είναι γνωστές και ως Ισλανδικές εκρήξεις. Στα νεότερα χρόνια η περισσότερη ροή λάβας πραγματοποιήθηκε το 1783 στη νότια Ισλανδία. Προκαλούμενη από μία σχισμογενή έκρηξη η οποία έμεινε γνωστή στην Ιστορία ως έκρηξη Laki, όπου από μία ρωγή μήκους 25 km έρευσαν 12 km³ βασαλτικής λάβας καλύπτοντας μια επιφάνεια 500 km². Σχισμογενείς εκρήξεις συναντάμε αρκετά συχνά και στις πλευρές μεγάλων ηφαιστείων, όπως πχ. το Mauna Loa στη Χαβάη.

Οι εκρήξεις Ισλανδικού τύπου ή εκρήξεις από ρωγμές χαρακτηρίζονται από στενή σχέση με τις εκρήξεις τύπου Χαβάης. Στον μεγαλύτερο αριθμό ηφαιστειακών εκρήξεων ο ηφαιστειακός πόρος εντοπίζεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο, ενώ αντίθετα στις Ισλανδικού τύπου εκρήξεις παρατηρούνται εκρήξεις σε διαφορετικά σημεία κατά μήκος μιας γραμμικής ή ενός κλιμακωτού συστήματος διάρρηξης. Όπου παρατηρούμε ανοίγματα στον φλοιό της Γης λόγω εφελκυστικών τάσεων

Εάν κάτω από αυτά υπάρχουν θάλαμοι βασαλτικού μάγματος, τότε προκαλούνται σχισμογενείς εκρήξεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από εκχύσεις λάβας μεγάλης κλίμακας με υψηλή ρευστότητα και κίνηση. Οι εκρήξεις αυτές οδηγούν στον σχηματισμό ηφαιστειακών οικοδομημάτων κωνικής μορφής, ενώ μεγάλα βασαλτικά κράσπεδα δημιουργούνται έπειτα από επαναλαμβανόμενες εκρήξεις (Λέκκας, Ε.& Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).



Εικ.45 Έκρηξη Ισλανδικού τύπου Ηφαίστειο Αίτνας

Πηγή:<https://eleftherostypos.gr/istories/83114-otan-i-aitna-xypna-i-istoria-toy-pio-energoy-ifaiasteiou-tis-giraias-ipeiroy/>

5.3.7. Υδροθερμικές εκρήξεις (Hydrothermal eruptions)

Οι Υδροθερμικές εκρήξεις ή αλλιώς τύπου Surtsey, έχουν λάβει το όνομα τους από το ομώνυμο νησί που βρίσκεται στον Ατλαντικό Ωκεανό νότια της Ισλανδίας, και αναδύθηκε το 1963 μετά από ηφαιστειακές εκρήξεις. Οι εκρήξεις αυτού του τύπου δημιουργούνται από την αντίδραση που προκαλεί η επαφή του μάγματος με υποθαλάσσιο ή επιφανειακό νερό. Παρουσιάζουν ομοιότητες με τις εκρήξεις τύπου Στρόμπολι αν και οι υδροθερμικές είναι πολύ περισσότερο εκρηκτικές. Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία του νερού μετατρέπεται σε υδρατμούς οι οποίοι με την σειρά τους εξαπλώνονται και κατακερματίζουν το μάγμα το οποίο προκαλεί εκρήξεις με την μορφή τέφρας (Λέκκας, Ε., Ανδρεαδάκης, Ε.,2015).

Εκτός της δημιουργίας ωκεάνιων νησιών , βίαιες υδροηφαιστειακές εκρήξεις πραγματοποιούνται και στην ηπειρωτική χώρα ύστερα από αντίδραση του βασαλτικού μάγματος με τον υδροφόρο ορίζοντα. σε σχετικά μικρά βάθη κάτω από την επιφάνεια. της θάλασσας.(http://www.geo.auth.gr/765/4_eruptions/48_surtsey.htm)



Εικ.46 Υδροηφαιστειακή έκρηξη (Ruapehu, Νέα Ζηλανδία, 1980 **Πηγή:** http://www.geo.auth.gr/765/4_eruptions/48_surtsey.htm

Κεφάλαιο 6^ο Ηφαιστειακοί κίνδυνοι και ηφαιστειακά φαινόμενα

6.1. Ηφαιστειακοί κίνδυνοι

Είναι γνωστό ότι οι κίνδυνοι οι οποίοι οφείλονται στις ηφαιστειακές εκρήξεις συνδέονται άμεσα με την περιοχή στην οποία λαμβάνουν χώρα και το κλίμα που επικρατεί εκεί αλλά και τον τύπο της έκρηξης, όπως και την χρονική διάρκεια που μεσολαβεί μεταξύ των δύο εκρήξεων. Αυτό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι όσο μεγαλύτερο είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο εκρήξεων ενός ηφαιστείου, τόσο πιο βίαια θα είναι η έκρηξη που θα συμβεί. Οι κίνδυνοι οι οποίοι μπορούν να προκύψουν από μια ηφαιστειακή έκρηξη μπορεί να είναι είτε πρωτογενείς είτε δευτερογενείς. (Κυριακόπουλος, Κ., 2017)

Σε ολόκληρο τον πλανήτη καταγράφονται πενήντα έως εξήντα ηφαιστειακές εκρήξεις ετησίως. Αυτές συμβαίνουν συχνά σε περιοχές που θεωρούνται αραιοκατοικημένες. Στην περίπτωση όμως κατά την οποία, μια ηφαιστειακή έκρηξη εκδηλωθεί σε ένα ηφαίστειο το οποίο γειτνιάζει με πυκνοκατοικημένη περιοχή τότε οι επιπτώσεις είναι καταστροφικές. Ο αριθμός των ανθρώπων, παγκοσμίως, που ζουν κοντά σε ηφαίστεια ανέρχεται στα 500 εκατομμύρια περίπου και στην πάροδο των 100 τελευταίων ετών, λόγω ηφαιστειακών εκρήξεων έχουν χάσει την ζωή τους περίπου 100 χιλιάδες. Από το 1800, έχουν εκδηλωθεί περισσότερες από 20 ηφαιστειακές εκρήξεις με αποτέλεσμα εκατοντάδες άνθρωποι να χάσουν την ζωή του; Από αυτήν καθαυτή την έκρηξη είτε από τα συνοδά φαινόμενα αυτής. Δύο από τις μεγαλύτερες θανατηφόρες εκρήξεις συνέβησαν στο Tambora το 1815 και στο Krakatau το 1883 στην Ινδονησία. Είναι χαρακτηριστικό ότι μόνο για την δεκαετία του 1980 έχουμε περίπου 28.500 νεκρούς λόγω των ηφαιστειακών εκρήξεων (Λέκκας, Ε., Ανδρεαδάκης, Ε.2015).

6.2 Ηφαιστειακές καταστροφές

Οι συνηθέστερες αιτίες που οδηγούν σε καταστροφικές επιπτώσεις ύστερα από κάποια ηφαιστειακή έκρηξη είναι οι λασποροές, τα αέρια οι ροές λάβας, τα αερολύματα ή η πυροκλαστική δραστηριότητα. Επίσης καταστροφικές συνέπειες μπορεί να υπάρξουν εάν προκληθεί τσουνάμι ή υπάρξει κάποια σεισμική δραστηριότητα. Χαρακτηριστική περίπτωση του πόσο καταστροφικά μπορεί να είναι τα αποτελέσματα είναι η έκρηξη ηφαιστείου Huaynarutina στο Περού στις 19 Φεβρουαρίου του 1600. Η οποία προκάλεσε έντονα προβλήματα σε όλο σχεδόν τον κόσμο.

Στη Βόρεια Αμερική (de Silva, Shanaka L. 1998).

Στη Καλιφόρνια, (Schimmelmann et al. 2017)

Στη Δυτική Ευρώπη, Lee, Zhang & Fei 2016,

Στη Ρωσία, (Davis, U.. 2008).

Στην Οθωμανική Αυτοκρατορία, (Izdebski, A. 2018.)

Στη Κίνα, (Lee, Zhang & Fei 2016)

Στην Ασία εκτός Κίνας (Verosub, K L.; Lippman, J 2008)

6.2.1. Ροές λάβας

Οι ροές λάβας παρατηρούνται ως φαινόμενο, όταν έχουμε υπερχειλίση του τηγμένου πετρώματος (μάγματος) που φθάνει στην επιφάνεια μέσα από τον κρατήρα του ηφαιστείου καλύπτοντας τις πλευρές του. Το ιξώδες της Λάβας, όταν εκλύεται είναι 100.000 φορές μεγαλύτερο του νερού, με θερμοκρασία που αγγίζει τους 7000-12000 C Πρόκειται για το πιο γνωστό προϊόν της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Η ταχύτητα με την οποία ταξιδεύουν οι ροές λάβας κατεβαίνοντας από τις πλαγιές του ηφαιστείου είναι συνέπεια του πόσο μικρό ή μεγάλο είναι το ιξώδες τους, όσο μεγαλύτερο λοιπόν, τόσο μικρότερη η ταχύτητα τους, ενώ αντίθετα όσο μικρότερο τόσο μεγαλύτερη. (Λέκκας, Ε. 2000)

Οι λεγόμενες βασαλτικές λάβες λόγω του χαμηλού ποσοστού τους σε πυρίτιο έχουν την τάση να δημιουργούν ποτάμια λάβας των οποίων η ταχύτητα κυμαίνεται από 10 -30 μίλια την ώρα. Στον αντίποδα βρίσκονται οι ροές δακτικικής και ανδεσιτικής λάβας, που λόγω του υψηλού ποσοστού τους σε πυρίτιο ταξιδεύουν πιο αργά και διανύουν μικρότερη απόσταση από τον κρατήρα. Χαρακτηριστικό τους είναι η βίαιη εκτίναξη τους από τον κρατήρα και ο σχηματισμός ανώμαλων μαζών που ονομάζονται δόμοι λάβας (Καρύμπαλης, Ε., 2014).

Τις περισσότερες φορές οι ροές της λάβας κινούνται αργά με ταχύτητες που κινούνται από 1 m/s έως 1 m/ημέρα και ο όγκος των ροών τους μας δίνει τιμές από 0,01km³ και 10 km³. Από τα παραπάνω μπορούμε να καταλάβουμε ότι η ροή λάβας δεν αποτελεί άμεσο κίνδυνο για την ζωή των ανθρώπων, αφού έχουν τον χρόνο να προφυλαχτούν από αυτήν, αλλά κονιορτοποιεί οτιδήποτε βρεθεί στο πέρασμά της.



Εικ.47 Κόκκινη καυτή βασαλτική ροή λάβας Hawaii
Πηγή: <https://www.sandatlas.org/types-lava-flows/>

6.2.2 Η τέφρα,

Κατά την διάρκεια της ηφαιστειακής έκρηξης η τεφρά εκτινάσσεται από τον κρατήρα με την μορφή θρυμματισμένου υλικού και στην συνέχεια κατακάθεται στο έδαφος. Μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση σε κτίρια λόγω της μεγάλης ποσότητας που επικάθεται πάνω τους και των δυνάμεων που αναπτύσσονται από το βάρος της. Επίσης μπορεί να προκαλέσει μόλυνση επικαθήμενη στη Γη, προκαλώντας καταστροφές στις καλλιέργειες. Στην περίπτωση που η σύσταση της αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια δύναται να προκαλέσει ασφυξία σε εκείνους που θα την εισπνεύσουν, ιδιαίτερα σε εκείνους που ανήκουν σε ευπαθείς ομάδες με χρόνια αναπνευστικά ή καρδιακά νοσήματα ή σε μικρά παιδιά. (Κυριακόπουλος, Κ., 2015).

Στα νέφη τέφρας, παρατηρείται συχνή κεραυνοπτώση, ενώ είναι υπεύθυνα και για ατυχήματα τα οποία προκαλούνται στα αεροσκάφη ή τις τουριστικές υποδομές (Gislason, S. R., 2011, Oudin, A., 2013). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα σύννεφα τέφρας μπορούν μεταφερθούν εκατοντάδες η ακόμα και χιλιάδες χιλιόμετρα μέσω του ανέμου φτάνοντας στο σημείο, ακόμη και να κυκλώσουν ολόκληρο το ημισφαίριο για λίγα χρόνια.



Εικ.48 Τέφρα από ηφαιστειακή έκρηξη στην Γουατεμάλα 2018

Πηγή: <https://www.thepressroom.gr/diethne/goyatemala>

6.2.3. Οι ηφαιστειακές βόμβες,

Με βάση την Διεθνή Ένωση Γεωλογικών επιστημών (IUGS), οι ηφαιστειακές βόμβες ορίζονται ως εκείνα τα πυροκλαστικά θραύσματα λάβας τα οποία εκτινάσσονται κατά την διάρκεια μιας ηφαιστειακής έκρηξης. Το σχήμα τους σε αντίθεση με τα μπλοκ, που είναι συνήθως γωνιακό, αρκετές φορές μοιάζει αεροδυναμικά στρογγυλεμένο το οποίο αποκτούν κατά την διάρκεια του ταξιδιού τους στον αέρα ενώ συνήθως η μέση διάμετρος τους είναι μεγαλύτερη των 64 mm. (Schmid 1981) Στις ηφαιστειακές βόμβες περιλαμβάνονται, κορδέλες, βόμβες ατράκτου σφαιροειδείς βόμβες αγελάδας, και βόμβες από ψωμί



Εικ.49 Ηφαιστειακή βόμβα ατρακτοειδής (Αζόρες) Πηγή: <https://el.wikipedia.org/wiki>

6.2.4. Πυροκλαστική δραστηριότητα

Αυτή είναι μια τυπική δραστηριότητα του μάγματος με μεγάλη περιεκτικότητα σε πυρίτιο. Για όσο διαρκεί η πυροκλαστική δραστηριότητα, συναντούμε όλα τα είδη ηφαιστειακών αιωρημάτων που εκτοξευτήκαν από το ηφαίστειο κατά την διάρκεια της έκρηξης, από την λεπτόκοκκη τέφρα μέχρι τις ηφαιστειακές βόμβες. Πρόκειται για ιδιαίτερα βίαιες εκρήξεις οι οποίες σε κάποιες περιπτώσεις σπάνε το φράγμα του ήχου ενώ η ταχύτητα της πυροκλαστικής ροής μπορεί να φτάσει τα 700 Km/h και θερμοκρασία 1000°C. Μπορούν να ταξιδέψουν σε μεγάλες αποστάσεις (ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους) μεταξύ λίγων έως και εκατοντάδων χιλιομέτρων και έχουν άμεσες συνέπειες στο περιβάλλον (πανίδα, χλωρίδα) αλλά και στις υποδομές και τις κατασκευές (Λέκκας, Ε., Ανδρεαδάκης, Ε.2015).



Εικ.50 Πυροκλαστικές ροές (Sufriere Hills, 1997, Montserrat) **Πηγή:** http://www.geo.auth.gr/765/3_products/35_pyroclastic_flows.htm

6.2.5. Τα δηλητηριώδη αέρια

Τόσο κατά την διάρκεια των ηφαιστειακών εκρήξεων αλλά και στα χρονικά διαστήματα μεταξύ αυτών, μεγάλος αριθμός διαφόρων αερίων εκτοξεύεται ή απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα CO₂, το μονοξείδιο του άνθρακα CO το διοξείδιο του Θείου SO₂. Το υδρόθειο H₂S κ.α Τα ηφαιστειακά αέρια είναι επίσης επικίνδυνα επειδή είναι καυτά και τοξικά, και μεγάλες ποσότητες εκπομπών μπορούν να προκαλέσουν ξαφνικό θάνατο ανθρώπων ή ζώων. Πιο συγκεκριμένα το διοξείδιο του Θείου SO₂ σχετίζεται άμεσα με την όξινη βροχή η οποία ευθύνεται για προβλήματα υγείας στον άνθρωπο (δέρμα , ματιά) και την μόλυνση της γης και του υδροφόρου ορίζοντα. (Floor, G.H., 2011). Το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ από την άλλη οποίο δρα ύπουλα λόγω του ότι είναι ένα άχρωμο και άοσμο δηλητηριώδες αέριο, έχοντας πυκνότητα 1.5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του αέρα κατακάθεται στα χαμηλότερα στρώματα του εδάφους και είναι υπεύθυνο για πολλούς θανάτους.

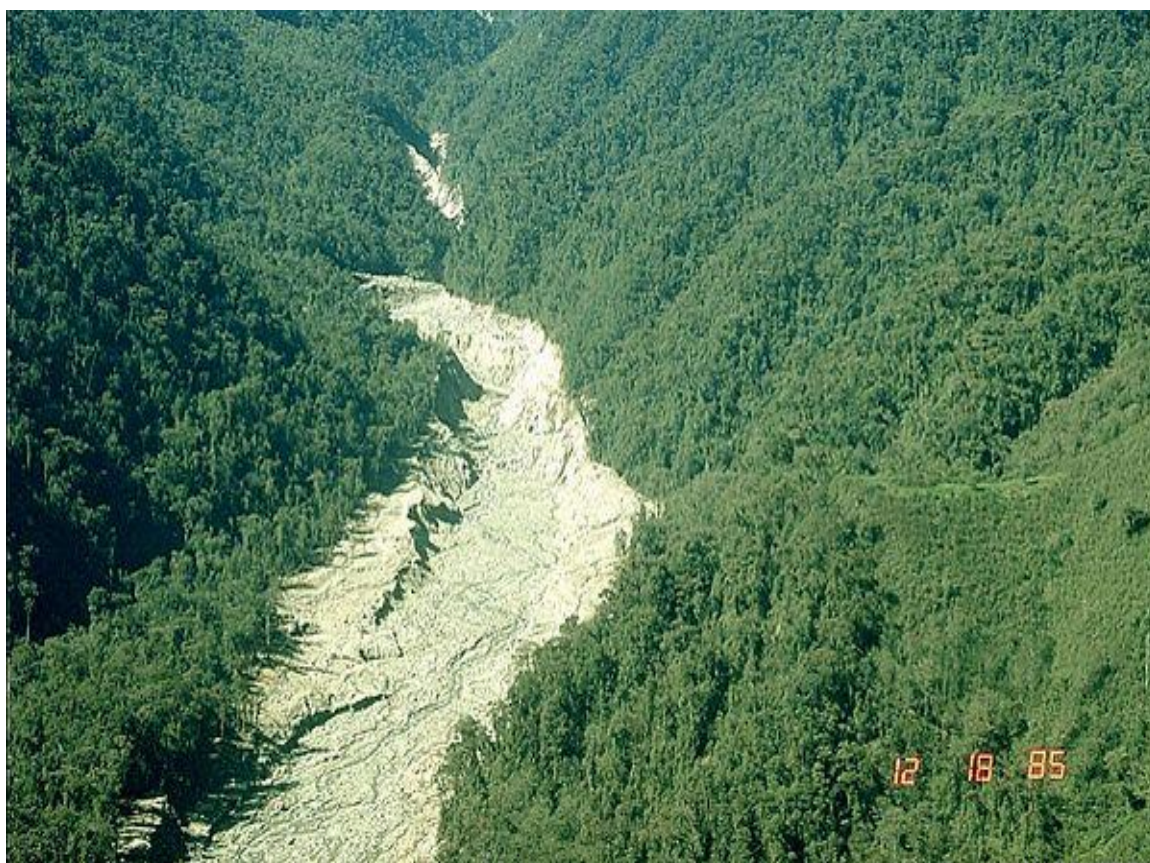
Μία τέτοια περίπτωση κατά την οποία έχασαν την ζωή τους 2000 περίπου άνθρωποι αλλά και χιλιάδες βοοειδή καθώς και πολλά άλλα ζώα και πουλιά. από διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι η λίμνη Nyos στο Καμερούν το 1986 http://www.geo.auth.gr/765/5_historical/57_nyos.htm.

6.2.6. Οι λασποροές

Με τον όρο λασποροές (Lahars) αναφερόμαστε στην υποχώρηση του χαλαρού εδάφους (λόγω μιας ηφαιστειακής έκρηξης ή μιας έντονης σεισμικής δόνησης που μπορεί να τη συνοδεύει). το οποίο αποτελείται από ηφαιστειακή τέφρα και άλλα ασταθή προϊόντα όπως είναι το χώμα, λάσπη πετρώματα ή δέντρα. Όλα αυτά συμπαρασυρόμενα κινούνται με εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες οι οποίες αγγίζουν τα 100 Km/h μεταφέροντας υλικά εκατομμυρίων κυβικών μέτρων. Η διάρκεια τους κυμαίνεται από λίγα (κατολίσθηση) έως περισσότερα λεπτά (Λασπολίσθηση).

Κατά την πτώση τους, τα Lahars μοιάζουν με κινούμενα τσιμεντένια ποτάμια. Αφού το ποσοστό των στερών υλικών που μεταφέρονται μπορεί να φτάσει το 90%. Έχουμε διδαχθεί από την ιστορία ότι οι λασποροές είναι οι πιο επικίνδυνες και θανατηφόρες από όλες τις ηφαιστειακές καταστροφές, αποτελώντας ιδιαίτερα ένα θανάσιμο κίνδυνο για πόλεις που είναι εγκατεστημένες κοντά στις πλαγιές των ηφαιστείων που είναι καλυμμένες από παγετώνες. (Καρύμπαλης, Ε. 2014).

Μία πρόσφατη ηφαιστειακή έκρηξη η οποία δημιούργησε λασποροές με καταστροφικές επιπτώσεις, επιφέροντας τον θάνατο σε 22.000 ανθρώπους και προκαλώντας υλικές ζημιές ύψους 200 εκατομμυρίων δολαρίων ήταν του ηφαιστείου στο Nevado del Ruiz στις 13 Νοεμβρίου 1985 στην Κολομβία (Williams, SN., 1986).



Εικ.51. Ηφαίστειο Nevado del Ruiz (Κολομβία) 1985 λαχάρ κατά τη διαδρομή τους λόγω της διάβρωσης (κοιλάδα Guali)

Πηγή http://www.geo.auth.gr/765/5_historical/56_ruiz.htm

6.2.7. Η σεισμική δραστηριότητα

Η σεισμική δραστηριότητα που συνοδεύει τα ηφαιστειακά γεγονότα είναι μια συνηθισμένη διαδικασία, οι σεισμοί δε που συνδέονται σε χρονικό και χωρικό επίπεδο με τις ηφαιστειακές εκρήξεις ονομάζονται ηφαιστειακοί σεισμοί. Οι ηφαιστειακοί σεισμοί κάνουν την εμφάνισή τους ως σμήνη, είτε ως πρόδρομα φαινόμενα πριν από την έκρηξη είτε κατά την διάρκεια αυτής είτε μετά από αυτή και χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Σε εκείνους που δημιουργούνται από τις πιέσεις που προκαλούνται κατά την πορεία του μάγματος προς τον φλοιό της Γης και
- Σε εκείνους που οφείλονται από αυτή καθαυτή την ηφαιστειακή έκρηξη.

Στην περίπτωση της πρώτης κατηγορίας το εστιακό βάθος του σεισμού κυμαίνεται από 0-40 χιλιόμετρα, ενώ στην περίπτωση της δεύτερης μιλάμε για ρηχό εστιακό βάθος το οποίο συνήθως εντοπίζεται μέσα στο ηφαιστειακό οικοδόμημα. (Zobin, V. M. 2001).

Οι περισσότεροι ηφαιστειακοί σεισμοί έχουν μικρά μεγέθη, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις να έχουν μεσαίο ή και μεγάλο μέγεθος. Σε ιδιαίτερα σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να εμφανίσουν μεγέθη της τάξης των 7.0 Ms. Στην διάρκεια του 20^{ου} αιώνα μόνο δύο καταγραφές τέτοιου μεγέθους συναντούμε στο (Abe, 1979, 1992). Τέτοια σεισμικά γεγονότα μεγέθους 5-7 είναι ικανά να προξενήσουν και άλλους κίνδυνους ενώ ταυτόχρονα βρίσκεται σε εξέλιξη μια ηφαιστειακή έκρηξη, (McNutt, S.R., 1996).

Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις, να αποβούν πιο καταστροφικοί και από την ίδια την ηφαιστειακή έκρηξη καθώς μπορεί να προκαλέσουν ρευστοποιήσεις των εδαφών καταρρεύσεις κτηρίων και κατολισθήσεις.

Οι ηφαιστειακοί σεισμοί που εκδηλώνονται πριν από την ηφαιστειακή έκρηξη μας δίνουν πολύτιμες πληροφορίες σε σχέση με τους μηχανισμούς των ηφαιστειακών εκρήξεων και την πορεία των δραστηριοτήτων τους δημιουργώντας μοτίβα τα οποία μας βοηθούν στον τομέα της πρόβλεψης του χρόνου της έκρηξης (Yokoyama, I. 1988).

6.2.8. Τα τσουνάμι

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει οι ηφαιστειακές εκρήξεις μπορεί να επιφέρουν μεγάλες καταστροφές στο ανθρώπινο περιβάλλον και μέσω των ροών λάβας, των ροών λάσπης, των πυροκλαστικών ροών των χιονοστιβάδων και των συντριμμιών μπορούν να θάψουν και να καταστρέψουν εκτεταμένες περιοχές γύρω από τα ηφαίστεια

Τα ηφαιστειακά τσουνάμι μπορούν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές σε μεγαλύτερες αποστάσεις από όλα τα προηγούμενα ηφαιστειακά φαινόμενα και να είναι η αιτία για πρόκληση ατυχημάτων σε παράκτιες περιοχές όπου οι άνθρωποι δεν έχουν πλήρη επίγνωση τι συμβαίνει στο ηφαίστεια που προκάλεσε το τσουνάμι.

Η έκρηξη του ηφαιστείου Krakatau της Ινδονησίας το 1883 για παράδειγμα, δημιούργησε τεράστια τσουνάμι που επέφεραν τρομερή καταστροφή και ήταν υπεύθυνα για τον θάνατο περισσότερων από 36.000 ανθρώπων στις παράκτιες περιοχές της Ιάβας και της Σουμάτρας, σε αποστάσεις που έφταναν έως και 100 χλμ. από το ηφαίστεια. Επίσης υπήρξαν και διάσπαρτες υλικές ζημιές καθώς και θάνατοι, έως και την Σρι Λάνκα, σε μία απόσταση περισσότερο από 2500 χλμ. Από το ηφαίστεια (Latter, J.H., 1981).

Κεφάλαιο 7^ο Ηφαιστειακές εκρήξεις και επιπτώσεις στο Περιβάλλον, την Οικονομία, την Υγεία και τον Πολιτισμό

7.1. Ηφαιστειακές Εκρήξεις

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις είναι υπεύθυνες για την πρόκληση τεράστιων επιπτώσεων σε όλους τους τομείς. Αποτέλεσμα αυτού είναι να επηρεάζονται η Υγεία η οικονομία , ο πολιτισμός και το περιβάλλον

Οι επιπτώσεις χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς με τις πρώτες να έχουν άμεσα αποτελέσματα επηρεάζοντας την περιοχή που γεινιάζει στην εκδήλωση της έκρηξης. και τις δεύτερες να προκαλούν πιο μακροπρόθεσμα προβλήματα. Οι κυριότερες επιπτώσεις έχουν ως αίτιο την πυροκλαστική δραστηριότητα, τα δηλητηριώδη αέρια, τις ροές λάβες, τις λασποροές και τις εκρήξεις καλδέρων.



Εικ. 52 Έρτα Άλε ενεργό ασπιδωτό ηφαίστειο στην περιφέρεια Αφάρ, στη βορειοανατολική Αιθιοπία τελευταίας έκρηξης: 2009. Πηγή: <https://www.google.com/>

Έπειτα από μία ηφαιστειακή έκρηξη μπορεί να εκδηλωθούν και άλλα φυσικά φαινόμενα τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε φυσικές καταστροφές τέτοια είναι οι κατολισθήσεις , πυρκαγιές ενώ είναι πολύ συνηθισμένο πριν τις εκρήξεις να έχουμε ως πρόδρομο φαινόμενο την εκδήλωση σεισμικής δραστηριότητας (Λέκκας Ε., 2015).

Ενώ είναι αναμφισβήτητο γεγονός ότι είναι πολύ σοβαρά τα αρνητικά αποτελέσματα των ηφαιστειακών εκρήξεων ,επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε και κάποια θετικά στοιχεία που προκύπτουν από αυτές. Τα κυριότερα έχουν να κάνουν με:

- την αύξηση της γονιμότητάς των εδαφών των γύρω περιοχών, λόγω των θρεπτικών συστατικών στα οποία είναι πλούσιες η τέφρα και η λάβα.
- Την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας των ηφαιστειών, αφού κατασκευαστούν οι απαραίτητες υποδομές.

- Την προσέλκυση μεγάλου αριθμού τουριστών αφού λειτουργούν ως πόλος έλξης για τα μοναδικά τοπία τα οποία προσφέρουν.

Η αιώρηση των αερολυμάτων και της τέφρας στην ατμόσφαιρα, έχουν την ιδιότητα να απορροφούν τα μήκη κύματος στην περιοχή του κόκκινου χρώματος (στο ορατό φάσμα φωτός) , προσφέροντας έτσι υπέροχες ανατολές και ηλιοβασιλέματα

Η τέφρα και τα σωματίδια των αερολυμάτων που αιωρούνται στο ατμοσφαιρικό φως απορροφούν μήκη κύματος στο ερυθρό και συχνά καταλήγουν σε λαμπρά χρωματισμένα ηλιοβασιλέματα και ανατολές σε όλο τον κόσμο (BBC, British Broadcasting Corporation).

7.2. Περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις

Με τον όρο περιβάλλον αναφερόμαστε συνολικά στους βιολογικούς χημικούς φυσικούς, οικονομικούς , και κοινωνικούς παράγοντες που μπορεί προσωρινά ή σε κάποιο βαθμό να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα τους οργανισμούς και τις ανθρώπινες δραστηριότητες σε μια δεδομένη στιγμή (Aix- Conference en -Provence (Provence, 1972) . Διεθνές Συνέδριο για την Εκπαίδευση και το Περιβάλλον.

Το περιβάλλον πρέπει να το αντιλαμβανόμαστε ως ένα ενιαίο σύνολο, αλλά παρόλα αυτά όταν φερόμαστε σε αυτό, το διακρίνουμε σε δύο μεγάλα υποσύνολα, τα οποία αν και διαφέρουν μεταξύ τους είναι συμπληρωματικά και εξαρτώνται πλήρως το ένα από το άλλο. Ο πιο κλασικός περιβαλλοντικός διαχωρισμός συμβαίνει σε δύο κατηγορίες: τη φύση που αποτελείται από φυσικά οικοσυστήματα και τα τεχνητά που αποτελούνται από συστήματα που δημιουργούνται από την ανθρώπινη παρέμβαση (Παπασταύρου, Α .,Γούπος ,Θ.,2007).

7.2.1. Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον

Εδώ και 2000 χρόνια είναι γνωστή η σχέση των ηφαιστειακών εκρήξεων με την κλιματική αλλαγή. Ο Πλούταρχος κάνει αναφορά για τις επιπτώσεις της έκρηξης του ηφαιστείου της Αίτνας το 44 π.Χ., όπως χαρακτηριστικά αναφέρει «ο Ήλιος σκοτείνιασε και η πτώση της θερμοκρασίας κατέστρεψε πολλές από τις καλλιέργειες με αποτέλεσμα τον λιμό σε Ρώμη και Αίγυπτο». (Robock A. 2000).

Το μάγμα το οποίο αναπήδησε από την ηφαιστειακή έκρηξη της Σαντορίνης. Η έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης, το 1.650 π.Χ ήταν μια από τις ισχυρότερες των τελευταίων 10.000 ετών, το μάγμα που αναπήδησε, ήταν περίπου 30 km³. Η νήσος Θήρα, η οποία βρίσκεται απέναντι από την Σαντορίνη θεωρείται ως το αποτέλεσμα πολλαπλών και πολυσύνθετων μεταπτώσεων ηφαιστειών, που έχουν εκραγεί τουλάχιστον 12 φορές, τα τελευταία 200.000 χρόνια. (Trevisanato, 2012, Trevisanato, 2006).

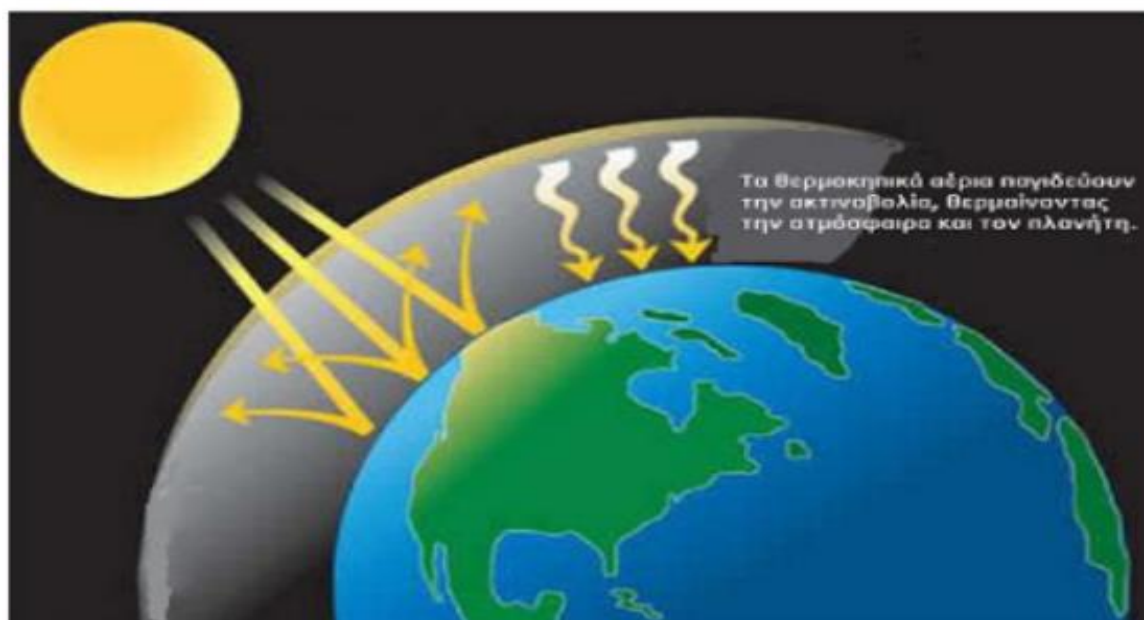
Με βάση τον ανθρωπολόγο Stanley Ambrose, κάποιες μέγα ηφαιστειακές εκρήξεις εκλύουν αναβλήματα, τέτοιας πυκνότητας, που είναι δυνατό να κρύψουν τον ήλιο, κατά συνέπεια παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας ,με επακόλουθο αλλαγή του κλίματος του πλανήτη: το συγκεκριμένο φαινόμενο το συναντούμε στην διεθνή βιβλιογραφία ως ηφαιστειακό χειμώνα (Miles 2004).

Έως τώρα η ουσιαστικότερη κλιματική επίπτωση που παρατηρείται είναι η παραγωγή της ατμοσφαιρικής ομίχλης. Τα αέρια μαζί με τα σωματίδια τέφρας τα οποία εκτοξεύονται, σε χρονικό διάστημα λίγων ωρών μέχρι λίγων εβδομάδων φτάνουν στη στρατόσφαιρα και δημιουργούν κυκλικό σύννεφο που περιβάλλει την περιοχή που μειώνει το ηλιακό φως που φτάνει στην Γη και ως αποτέλεσμα παρατηρούνται χαμηλότερες μέσες παγκόσμιες θερμοκρασίες. (Robock A. 2000).

Όπως έχουμε προαναφέρει οι ηφαιστειακές εκρήξεις εκτός της τέφρας απελευθερώνουν και μεγάλες ποσότητες αερίων. Σε μεγάλες ποσότητες βρίσκουμε το N₂ (στοιχειακό άζωτο) και το CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα) καθώς και υδρατμούς. Οι παραπάνω ενώσεις αποτελούν την κύρια πηγή της ατμόσφαιρας του πλανήτη και των ωκεανών, όσων αφορά το CO₂ αποτελεί ένα αέριο που σχετίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και παράγεται σε μεγάλες ποσότητες κατά την διάρκεια των εκρήξεων (Robock, A. 2000).

Τα αέρια του Θερμοκηπίου δημιουργούν ένα είδος μόνωσης (προστασίας) γύρω από τον πλανήτη, παγιδεύοντας την θερμότητα που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης και διατηρεί την θερμοκρασία της σε επίπεδα που επιτρέπουν την διαβίωση μας. Τον τελευταίο καιρό υπάρχει έντονη συζήτηση σε σχέση με την καύση ορυκτών καυσίμων και την παραγωγή αερίων όπως είναι το CO₂, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. (American Geophysical Union, 1992).

Αυτό το οποίο θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι αν και είναι γεγονός ότι οι ηφαιστειακές εκρήξεις προσθέτουν CO₂ στην ατμόσφαιρα, η ποσότητα αυτή είναι 10000 λιγότερη από εκείνη που παράγουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες, ο αντίκτυπός τους συνεπώς είναι σχεδόν ασήμαντος (Scientific American).



Εικ 53. Φαινόμενο θερμοκηπίου – Παγίδευση της ακτινοβολίας.

Πηγή: <http://www.eere.energy.gov>

Σε αντίθεση με τις εκπομπές CO₂, οι οποίες δεν έχουν τόσο μεγάλη επίδραση στην ατμόσφαιρα, η εκπομπή του θείου, και ειδικά εκείνη του SO₂, είναι πολύ πιο σημαντική. Το άθροισμα των εκπομπών θείου από τα ηφαίστεια ανέρχεται στο 14% του συνόλου των φυσικών και ανθρωπογενών εκπομπών. Τα είδη θείου αντιδρούν με OH- και H₂O, και αυτό που σχηματίζεται με τη μορφή αερολύματος σε μερικές μονάδες εβδομάδες είναι το H₂SO₄. Το προκύπτον αερολύμα H₂SO₄ παράγει την κυρίαρχη επίπτωση ακτινοβολίας από τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Αρκετές είναι εκείνες οι ηφαιστειακές εκπομπές που βρίσκονται πάνω από το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα, με αποτέλεσμα τα είδη θείου να διαθέτουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τα ανθρωπογενή αερολύματα. Η κατακράτηση ακτινοβολίας (που μετράτε στην επιφάνεια) από τις συγκεκριμένες εκπομπές εκτιμάται ότι είναι περίπου -0.2 W/m² για την υδρόγειο και -0.3 W/m² για το NH, μόνο λίγο λιγότερο από τις ανθρωπογενείς επιδράσεις και έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη της γήινης επιφάνειας (Robock, A. 2000).

Τα ηφαιστειακά αερολύματα διαθέτουν τη δυνατότητα όχι μόνο να μεταβάλλουν την ακτινοβολία στη στρατόσφαιρα, αλλά και τη χημεία της. Οι σημαντικότερες αλλαγές που προκαλούνται έχουν άμεση σχέση με το Ο₃ (όζον), το οποίο έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υπεριώδη – UV (Ultra Violet) – και μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Εδώ και καιρό είναι γνωστό ότι η στρατόσφαιρα αυξάνει την θερμοκρασία της μετά τον σχηματισμό των ηφαιστειακών αεροζόλ. Η θέρμανση προκαλείται από την απορρόφηση τόσο της υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας στην κορυφή του στρώματος όσο και της επίγεια ακτινοβολίας στο κάτω μέρος του στρώματος. (Ηφαιστειολογία – Κυριακόπουλος. Κ., 2014).

Η Όξινη βροχή ή όξινη ρυποφορά κατακρήμνιση αναφέρεται σε ρύπους οι οποίοι σε υδάτινες ή στερεά αιωρούμενες ροές, είτε δηλ σε μορφή βροχής είτε σε μορφή σκόνης, πέφτουν πάνω στη Γη και σε ανθρώπους προξενώντας αντίστοιχα μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και στις δεξαμενές πόσιμου νερού, προκαλώντας έτσι πρόβλημα στην τροφική αλυσίδα, καθώς και ερεθισμό στα μάτια και το βλεννογόνο του δέρματος. (Floor, G.H., 2011).

7.2.2. επιπτώσεις στο Ανθρωπογενές περιβάλλον και στην Οικονομία

Οι οικονομικές επιπτώσεις των ηφαιστειακών εκρήξεων είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καταστροφές μπορεί να προκληθούν σε κτιριακές εγκαταστάσεις σε σπίτια στις επικοινωνίες, στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις σε οχήματα στο οδικό δίκτυο στα αεροδρόμια στις καλλιέργειες στα αποθέματα νερού, στον υδροφόρο ορίζοντα κ.α. Ακόμη και μια σχετικά μικρή έκρηξη μπορεί να έχει οικονομικό αντίκτυπο ο οποίος μπορεί να φτάσει σε ζημίες δισεκατομμυρίων δολαρίων ανάλογα με το εάν αυτή εκδηλωθεί κοντά σε βιομηχανική, γεωργική ή αστική περιοχή.

Μερικές φορές η καταστροφή είναι τόσο μεγάλη ώστε οι δαπάνες για αποκατάσταση να είναι τόσο υψηλές, που δεν συμφέρει να καθαρίσεις την πληγείσα περιοχή προσπαθώντας να την φέρεις στην πρότερα κατάσταση. Σε αυτές τις περιπτώσεις η πιο οικονομική και πρακτική πολιτική είναι να εγκαταλειφθούν οι κατεστραμμένες εγκαταστάσεις. Χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση είναι η εγκατάλειψη στρατιωτικής βάσης του Αμερικάνικου στρατού μετά από έκρηξη του όρους Pinatubo στα νησιά των Φιλιππίνων το 1991. Η βάση θάφτηκε κάτω από την στάχτη και η οικονομοτεχνική μελέτη που εκπονήθηκε έκρινε σε επίπεδο κόστους – οφέλους ασύμφορο τον καθαρισμό και την επαναλειτουργία της.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους η λάβα και η τέφρα ως αποτέλεσμα ηφαιστειακών εκρήξεων προκαλούν οικονομικά προβλήματα τόσο σε μικροοικονομικό επίπεδο (νοικοκυριά, επιχειρήσεις) όσο και μακροοικονομικό. (σύνολο της οικονομίας) στις κοινωνίες τις οποίες πλήττει.

Οι κυριότερες επιπτώσεις οι οποίες παρουσιάζονται ύστερα από μία ηφαιστειακή έκρηξη έχουν να κάνουν με καταστροφές των κτιρίων, των υποδομών την γεωργία και τον τουρισμό. Από πλευράς οικονομικής και ασφαλιστικής αξίας τα ακίνητα είναι τα πιο πολύτιμα περιουσιακά στοιχεία (Blong et al., 2017).

Στον τομέα της κτηνοτροφίας και της γεωργίας προκαλούνται βραχυχρόνιες αλλά και μακροχρόνιες επιπτώσεις, λόγω των τοξικών ουσιών που επικάθονται στην επιφάνεια της Γης και δεν επιτρέπουν ούτε την βοσκή των ζώων αλλά ούτε και τις καλλιέργειες, καθιστώντας τα ακατάλληλα. Ολόκληρες σοδιές χάνονται κάτω από πυκνά στρώματα τέφρας, ενώ πολλά είδη χλωρίδας και πανίδας δοκιμάζονται σκληρά από τις πυρκαγιές που προκαλούνται και την εισπνοή σκόνης και πολλά από αυτά πεθαίνουν. Συνέπεια

των παραπάνω είναι έντονες δυσκολίες που δημιουργούνται στον τομέα της βιομηχανίας τροφίμων. (United States International Trade Commission).

Ο τομέας των τηλεπικοινωνιών πλήττεται και αυτός με την σειρά του από την τέφρα η οποία προκαλεί:

- Ελάττωση της ισχύος του σήματος
- Αύξηση της ζήτησης για επικοινωνία τις στιγμές που ακολουθούν το συμβάν.
- Καταστροφή των υποδομών και του εξοπλισμού. (McNutt & Williams 2010).

Το 1982 στις 24 Ιουνίου ένα αεροσκάφος των αερογραμμών της British Airways τύπου Boeing 747-200 χάνει την ισχύ και των τεσσάρων κινητήρων του, ενώ εκτελούσε προγραμματισμένη πτήση από την από την Kuala Lumpur της Μαλαισίας προς το Perth της Αυστραλίας. Συνέπεια αυτού ήταν να χάσει ύψος και να πέσει στα 3.650 μ ενώ βρισκόταν στα 11.300 Η επανεκκίνηση από τον κυβερνήτη των τριών κινητήρων από τους τέσσερις του έδωσε την δυνατότητα να κάνει αναγκαστική προσγείωση στο αεροδρόμιο της Τζακάρτα σώζοντας τους επιβάτες και το πλήρωμα. Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε μετά το συμβάν αποκάλυψε ότι το αεροσκάφος πέρασε μέσα από σύννεφο ηφαιστειακής τέφρας το οποίο δημιουργήθηκε από την έκρηξη του όρους Galunggung και προσκολλήθηκε στο εσωτερικό των κινητήρων, φράζοντας τους. Καθώς το αεροπλάνο ελάττωνε ύψος βγαίνοντας από το ηφαιστειακό νέφος κατάφερε να υπάρξει πάλι ομαλή ροή αέρα στους κινητήρες πράγμα που επέτρεψε την επαναλειτουργία τους.

Σε περιπτώσεις λοιπόν ηφαιστειακών εκρήξεων, όπως σε αυτή του ηφαιστείου Eyjafjallajökull, υπήρξαν τεράστιες επιπτώσεις στον τομέα των αερομεταφορών (λόγω του γεγονότος ότι οι μεγάλες ποσότητες τέφρας δεν επιτρέπουν την πραγματοποίηση πτήσεων), ο οποίος με την σειρά του επηρέασε πλήθος άλλων κλάδων της παγκόσμιας οικονομίας. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η ακύρωση 108.000 πτήσεων στην Ευρώπη με άμεση οικονομική απώλεια το κόστος των 2,5 δις δολάρια για τις αεροπορικές εταιρίες.



Εικ. 54 Έκρηξη Eyjafjallajökull 2010. Πηγή:<https://www.oddizzi.com/>

Σύμφωνα με στοιχεία από την IATA (Διεθνής Ένωση Αερομεταφορών) είναι αξιοσημείωτο ότι την 17^η -18^η Απριλίου έγιναν λιγότερες από 5.000 πτήσεις σε σχέση με τις 27.000 που πραγματοποιούνταν σε κανονικές συνθήκες. Οι έμμεσες επιπτώσεις όμως ήταν πολύ μεγαλύτερες και περιλάμβαναν:

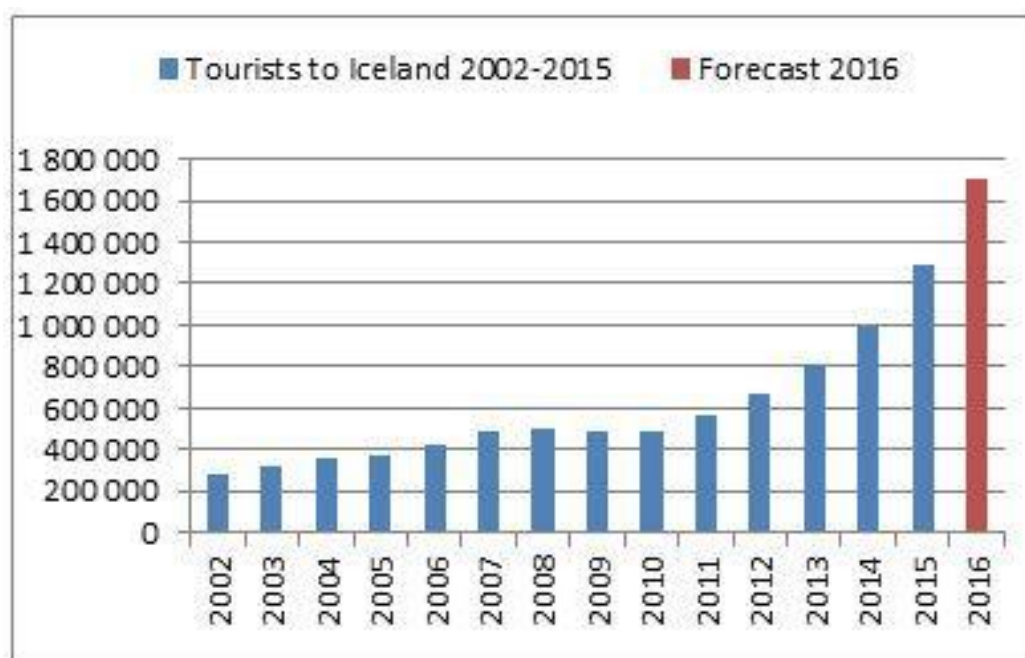
- στην Κένυα, καταστράφηκαν 3.000 τόνοι λουλουδιών αφού δεν μπορούσαν να μεταφερθούν, και έχασαν προσωρινά χιλιάδες εργάτες του γεωργικού τομέα.
- Στη Ζάμπια παρατηρήθηκε ανάλογο φαινόμενο όπου η βιομηχανία λουλουδιών κατέγραφε καθημερινές απώλειες της τάξης των 150.000\$.

- Στην Ουγκάντα στον τομέα της αλιείας καταγράφονταν καθημερινά μεγάλες οικονομικές απώλειες (Hanlon M. 2010).

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να αντιληφθούμε ότι οι επιπτώσεις μιας ηφαιστειακής έκρηξης μπορεί να είναι ιδιαίτερα καταστροφικές, όχι μόνο για την περιοχή που γειτνιάζει αλλά μπορεί να προκαλέσει καταστροφές παγκόσμιας εμβέλειας. Με την διακοπή των δικτύων μεταφοράς δέχεται άμεσο πλήγμα και το διεθνές εμπόριο, αφού δεν μπορούμε να έχουμε εισαγωγή και εξαγωγή προϊόντων μέχρι την αποκατάσταση την υποχώρηση του φαινομένου. Επακόλουθο αυτού είναι τραγικές οικονομικές επιπτώσεις για τις χώρες που βασίζουν την οικονομία τους αποκλειστικά στο εμπόριο.

Μία άλλη συνέπεια ανάλογα με την περιοχή που εκδηλώνεται η ηφαιστειακή έκρηξη έχει να κάνει με την μείωση των τουριστών λόγω αυτού καθαυτού του συμβάντος. Αυτό όμως συνήθως είναι μια προσωρινή κατάσταση. Είναι αποδεδειγμένο ότι τα ηφαιστειακά τοπία αποτελούν δημοφιλείς τουριστικούς προορισμούς και είναι πόλος έλξης για τους τουρίστες. πχ στις Ηνωμένες Πολιτείες αποφέρουν, προσεγγιστικά, περίπου 232 δισεκατομμύρια δολάρια και στην Ευρώπη 289 δισεκατομμύρια δολάρια.

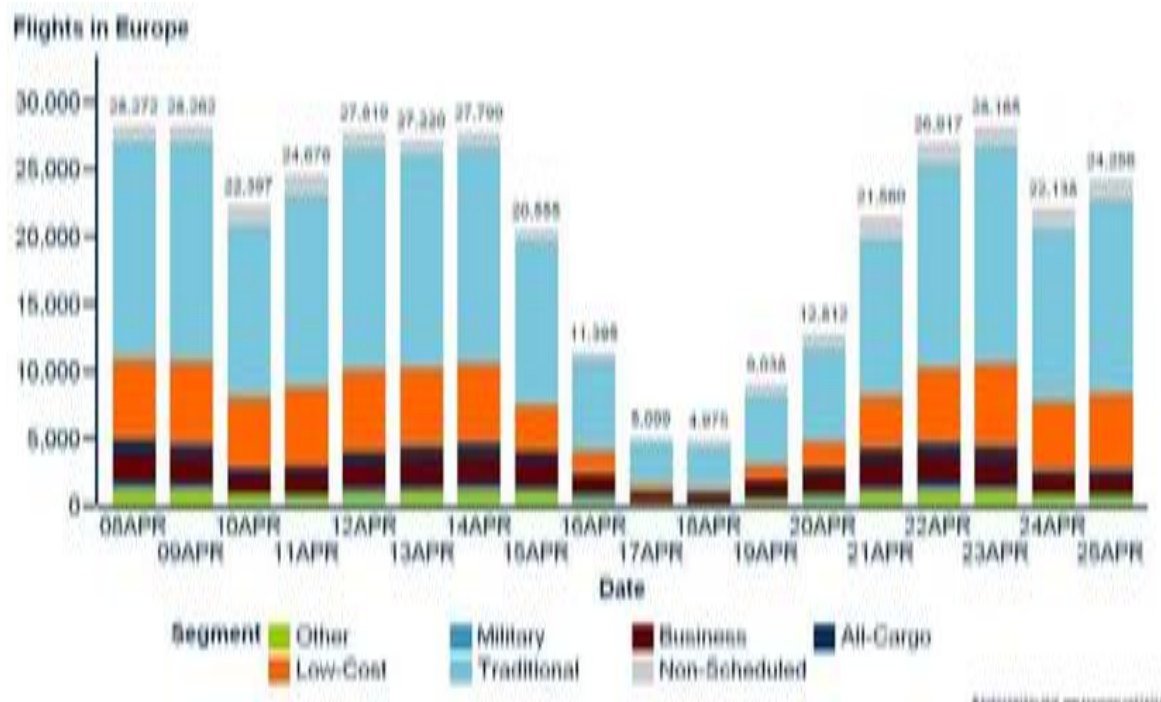
Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας που δείχνει αύξηση των τουριστών στην Ισλανδία μετά την έκρηξη στο Eyjafjallajökull.



Διάγραμμα 5 Αριθμός τουριστών στην Ισλανδία κατά την περίοδο 2002-2015

Πηγή: <https://news.cision.com/iceland---minister-of-industry-and-commerce/i/graph---tourists-to-iceland.c1880223>

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται σύμφωνα με το Eurocontrol (Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Ελέγχου Εναέριας Κυκλοφορίας) η μείωση πτήσεων κατά τη διάρκεια της κρίσης (15- 22 Απριλίου) στις αεροπορικές εταιρίες ανά είδος πτήσης (Στρατιωτικές - Μεταφορικές - Χαμηλού κόστους - Κανονικές - Business - Απρογραμματίστες - Λοιπές).



Διάγραμμα 6: Η εναέρια κυκλοφορία στην Ευρώπη από 8-25 Απριλίου 2010. Πηγή: Eurocontrol, 2010 (STATFOR/Doc394 v1.0 Page:1).

7.3 Επιπτώσεις στην Υγεία

Τα αποτελέσματα των ηφαιστειακών εκρήξεων όπως είναι η Λάβα, οι κατολισθήσεις και οι πυροκλαστικές ροές προκαλούν καταστροφές στις καλλιέργειες στα φυτά και είναι υπεύθυνες για τον θάνατο ανθρώπων και ζώων, ενώ η ηφαιστειακή τέφρα μπορεί να μολύνει τον υδροφόρο ορίζοντα, λίμνες και ποτάμια και κατά συνέπεια να επέλθει η δηλητηρίαση ανθρώπων και ζώων.

Η τραγικότερη των ηφαιστειακών καταστροφών που μπορεί να προκαλέσει μια ηφαιστειακή έκρηξη είναι εκείνη της απώλειας της ανθρώπινης ζωής

Το 1980 έκρηξη του ηφαιστείου της Αγ. Ελένης που βρίσκεται στην κομητεία Scamania στην Ουάσιγκτον DC θανατώνει 24.000 ζώα. OSU (Oregon State University) <http://volcano.oregonstate.edu/how-do-volcanoes-affect-plants-and-animals>

Αναφέρεται ότι πριν 74.000 χρόνια, στη θέση που σήμερα βρίσκεται το νησί Σουμάτρα της Ινδονησίας, έγινε μια τεράστια έκρηξη του ηφαιστείου Toba με παγκόσμιες επιπτώσεις τόσο μεγάλης έκτασης ώστε το ανθρώπινο είδος να φθάσει στο χείλος της εξαφάνισης. Πρόκειται για μια Θεωρία που υποστηρίζεται από πολλούς ανθρωπολόγους και αρχαιολόγους. (Gathorne-Hardy, F. J., & Harcourt-Smith, W. E. H. 2003).

Εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις που προκύπτουν από τις ροές λάβας, των λαχαρ των πυροκλαστικών ροών που μπορεί να προκαλέσουν άμεσο θάνατο, υπάρχουν και οι έμμεσες επιπτώσεις που προκαλούνται από την πτώση και εναπόθεση τέφρας, και των δηλητηριωδών ηφαιστειακών αερίων τα οποία απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα και προκαλούν έμμεσες επιπτώσεις και χρόνια προβλήματα υγείας. Οι κύριες επιπτώσεις στην υγεία μπορούν να ταξινομηθούν είτε ως σωματικές (τραύμα, αναπνευστικές ασθένειες, κ.λπ.) είτε ως ψυχολογικές (κατάθλιψη, άγχος, εφιάλτες, νεύρωση, κ.λπ. (Zeballos J.L., et al 1996)

Τέτοια προβλήματα είναι αναπνευστικά, οφθαλμολογικά, πνευμονικά, γαστρεντερικά, καθώς και τραύματα, εγκαύματα, μολύνσεις, επιδημίες, ακόμα και σοκ που προκαλείται στον ανθρώπινο οργανισμό.(Hansell A.,et al 2006). Παρακάτω θα αναφερθούμε στο περιορισμένο χώρο που διαθέτουμε για την εκπόνηση της εργασίας μας στα σπουδαιότερα από αυτά.

Αναπνευστικές παθήσεις από τα τοξικά αέρια που εκλύονται. Μία τέτοια πάθηση είναι και η χρόνια βρογχίτιδα ένα μείζον πρόβλημα δημόσιας υγείας παγκοσμίως το οποίο ορίζεται ως χρόνια ή επαναλαμβανόμενη παραγωγή βλέννας στους πνεύμονες με την εμφάνιση επίμονου παραγωγικού βήχα. Τα συμπτώματα εμφανίζονται, χωρίς άλλη υποκείμενη πνευμονική ή καρδιακή νόσο (Siafakas et al., 1995) Οι βασικές αιτίες κινδύνου για την πάθηση της χρόνιας βρογχίτιδας είναι η συνήθεια του καπνίσματος και η μακρόχρονη επαφή με ατμοσφαιρικούς ρύπους στο περιβάλλον διαβίωσης ή το εργασιακό περιβάλλον (Fishwick et al., 1997). Πολλά από τα αέρια αυτά και τους ρίπους είτε θανατηφόρων δόσεων είτε όχι μπορεί να είναι ανθρωπογενούς προελεύσεως αλλά μπορεί ωστόσο να προέρχονται από ηφαιστειακές εκρήξεις και την επακόλουθη ηφαιστειακή δραστηριότητα αυτών σε βάθος εκατοντάδων χρόνων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η απελευθέρωση διαφόρων μετάλλων, επικίνδυνων αερολυμάτων και αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα, CO₂, το ραδιενεργό ραδόνιο, Rn-222, υδρόθειο (H₂S), διοξείδιο του θείου (SO₂) και θειικό οξύ (Durand, M., et al., 2004). Οι ενώσεις θείου δύναται να επιφέρουν οξειδωτικό στρες και αλλοιώσεις στους ιστούς των αναπνευστικών οργάνων (Meng, Z., et al., 2003). Για παράδειγμα, θεωρείται η χρόνια έκθεση σε H₂S. Ένα εξαιρετικά τοξικό αέριο όπως αυτό μπορεί σε συγκεντρώσεις έως 50 ppm να είναι αιτία πρόκλησης βρογχίτιδας και φαρυγγίτιδας ενώ σε συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τα 250 ppm μπορεί να προκαλεί πνευμονικό οίδημα (Williams-Jones, G., Rymer, H). Σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην αστική περιοχή της Rotorua της Ν. Ζηλανδίας, που βρίσκεται σε γεωθερμικό περιβάλλον διαπιστώθηκε η συσχέτιση του SO₂ με τον επιπολασμό της βρογχίτιδας στα παιδιά (Herbarth, O., 2001). Επίσης άλλα αέρια τα οποία είναι υπεύθυνα για την πρόκληση αναπνευστικών προβλημάτων είναι το H₂S (Υδρόθειο) και τα υδραλογώνα γενικότερα. Ιδιαίτερα το H₂S λόγω της ιδιαίτερης τοξικότητας του αλλά και της άοσμης ιδιότητας του δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό προκαλεί σοβαρούς ερεθισμούς στο αναπνευστικό σύστημα σε σημείο του να δημιουργηθεί οίδημα εάν η έκθεση είναι μακρόχρονη. Χαρακτηριστικό της τοξικότητας είναι ότι η έκθεση σε 500ppm για 5 λεπτά προκαλεί αναισθησία και θάνατο.

Θάνατοι από εγκαύματα Κατά τον Baxter, P.J και άλλους ερευνητές έπειτα από μελέτες τις οποίες διεξήγαγαν για εγκαύματα ασθενών από δύο εκρήξεις του ηφαιστείου Merapi, Java, το 1994 και το 2010, κατέληξαν στο ότι ένα από τα πιο καταστροφικά φαινόμενα των εκρηκτικών εκρήξεων. είναι η προξένηση εγκαυμάτων. Για αυτό τον λόγο προτρέπουν τους υπεύθυνους σχεδιασμού αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών να επενδύσουν περισσότερο στον τομέα αντιμετώπισης εγκαυμάτων με υλικοτεχνικό εξοπλισμό και ειδικούς επιστήμονες έτσι ώστε να είναι σε ετοιμότητα για την αντιμετώπιση ενός ακραίου καταστροφικού σεναρίου. Οι εκρήξεις αντιμετωπίστηκαν στο ίδιο μεγάλο νοσοκομείο στη Γιογκγιακάρτα και το ένα τρίτο των εγκαυμάτων επέζησε. Εβδομήντα οκτώ τοις εκατό έγιναν δεκτοί με πάνω από 40% TBSA (εγκαύματα συνολική επιφάνεια σώματος) Επίσης. Τριάντα πέντε ασθενείς υπέστησαν εγκαύματα πάνω από 80% TBSA και μόνο ένας από αυτούς επέζησε. (Baxter, P.J et al.)

Πυριτίαση Πρόκειται για πρόβλημα το οποίο οφείλεται στην μακρόχρονη εισπνοή τέφρας και ιδιαίτερα στα ορυκτά σωματίδια του χριστοβαλίτη του ριδυμίτη και ιδίως του χαλαζία. (Williams, G. 2012).

Λοιμώξεις και επιδημίες, όπως στην περίπτωση της ηφαιστειακής έκρηξης του νησιού Manam στην Παπούα Νέα Γουινέα Τον Οκτώβριο του 2004, που εξανάγκασε 10.000 κατοίκους στην περιοχή να προωθηθούν σε πρόχειρους καταυλισμούς όπου λόγω κακών συνθηκών υγιεινής και διατροφής διαπιστώθηκαν κρούσματα χολέρας και περιφερικής νευροπάθειας (Roswell, A., 2013)

Παρασιτώσεις όπως η λεπτοσπείρωση, πρόκειται για ζωνοσογόνο νόσο η οποία ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες μπορεί να εξελιχθεί σε επιδημία. Κάνει την εμφάνιση της σε ολόκληρο τον κόσμο, παρουσιάζοντας υψηλότερη συχνότητα σε χώρες με υγρά υποτροπικά ή τροπικά κλίματα. Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ) με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία τα οποία συλλέγει και την χρήση επιδημιολογικών εργαλείων προσπαθεί να αξιολογήσει την επίπτωση της νόσου σε παγκόσμιο επίπεδο. Με βάση υπολογισμούς που έχουν γίνει παγκοσμίως υπάρχουν περισσότερα από 500.000 κρούσματα λεπτοσπείρωσης, με την θνησιμότητα αυτών να ξεπερνάει το 10% (Afr, T., & Barr, G.-. 1998). Η ανάλυση πιθανών παραγόντων για κρούσματα λεπτοσπείρωσης είναι διερευνητική, οδηγώντας μας σε μια μεταβλητή που έχει σαφή συσχέτιση μεταξύ των ποσοστών επιπτώσεων της νόσου και των εδαφών που παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό καμπίσολης (πάνω από πυρόκλαστο στρώμα λάβας) και ανδοσόλης (πάνω από ηφαιστειακή τέφρα). Στην Νικαράγουα πάνω από τη μισή επικράτεια έχει γεωλογική πυριγενή προέλευση (<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>)

Υποσιτισμός και λειψυδρία πρόκειται για έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία των ατόμων που οφείλονται εξαιτίας της μόλυνσης του πόσιμου νερού του υδροφόρου ορίζοντα των καλλιεργειών ή καταστροφής των υποδομών από ηφαιστειακούς σεισμούς η πυρκαγιές που μπορεί να είναι συνωδά των ηφαιστειακών φαινομένων. <https://www.who.int/hac/techguidance/ems/volcanos/en/>

Καρκίνος θυρεοειδούς Αρκετές μελέτες έχουν αποκαλύψει αυξημένη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του θυρεοειδούς σε ηφαιστειακές περιοχές σε όλο τον κόσμο. Η Χαβάη και οι Φιλιππίνες στο χείλος του Ειρηνικού Ωκεανού, όπου ο μεγαλύτερος αριθμός ηφαιστειών βρίσκονται σε συγκλίνοντα όρια πλάκας, συγκαταλέγονται μεταξύ των περιοχών με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης καρκινώματος του θυρεοειδούς παγκοσμίως. Η Ισλανδία είναι μια άλλη περιοχή πλούσια σε ηφαίστεια στα οποία βρίσκεται η υψηλότερη συχνότητα καρκίνου του θυρεοειδούς στην Ευρώπη. Ο κοινός παρονομαστής αυτών των περιοχών είναι τα πολυάριθμα ηφαίστεια τους και το γεγονός ότι πολλά συστατικά της ηφαιστειακής λάβας έχουν θεωρηθεί ότι εμπλέκονται στην παθογένεση του καρκίνου του θυρεοειδούς. (Duntas, L.H., Doumas, C. 2009),

Καρκίνο στομάχου, Ο καρκίνος του στομάχου (GC) είναι ο πέμπτος πιο κοινός καρκίνος στον κόσμο, με μεγάλη διακύμανση στα ποσοστά εμφάνισης σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Στο Ιράν, η GC είναι ο πιο συνηθισμένος καρκίνος στους άνδρες και αναφέρεται ότι είναι ο τρίτος πιο διαδεδομένος μετά το στήθος και τον παχέος εντέρου στις γυναίκες. Ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) επιτρέπει τη διερεύνηση της γεωγραφικής κατανομής των ασθενειών. Η κατανομή διασποράς και η σχέση μεταξύ περιβαλλοντικών παραγόντων που μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας το Arc GIS. και είναι υπεύθυνοι για τον καρκίνο έδειξαν ότι η κατανομή του GC γύρω από το ηφαιστειακό βουνό Sabalan ήταν σημαντικά υψηλότερη από άλλα μέρη της ίδιας επαρχίας. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να θεωρηθούν ως ένα παράθυρο για μελλοντική ολοκληρωμένη έρευνα για τον καρκίνο του στομάχου. (Amani, F., et al)

Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της ιδιαιτερότητας της εργασίας, υπάρχουν ομάδες ατόμων, όπως εργαζόμενοι στον τομέα των γεωθερμικών μονάδων ενέργειας ή οι ηφαιστειολόγοι ή οι εργάτες ορυχείων ή όσοι ασχολούνται με γεωργικές καλλιέργειες και βρίσκονται

κοντά σε επίμαχα σημεία ηφαιστειογενούς ενδιαφέροντος οι οποίοι θα βιώσουν και αυτοί συνέπειες της έκθεσης σε επιβαρυντικούς παράγοντες ασχέτως εάν έχει γίνει η όχι κάποια ηφαιστειακή έκρηξη.

Τέλος εκτεθειμένοι είναι και όσοι έχουν ως hobby τον ηφαιστειακό τουρισμό και ασχολούνται συστηματικά ή περιστασιακά μαζί του (Heggie, T. W. 2009

7.4 Πολιτισμικές επιπτώσεις και κοινωνικές επιπτώσεις

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις είναι συμβάντα πολλαπλών κινδύνων που αποτελούν σημαντική απειλή για την κοινωνία, συμπεριλαμβανομένης της κρίσιμης υποδομής (Wilson et al. 2012). Οι κρίσιμες υποδομές όπως η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, η παροχή νερού τα λύματα, οι μεταφορές, οι επικοινωνίες και τα συναφή κτίρια, είναι ανθρωπογενή συστήματα και διαδικασίες που λειτουργούν από κοινού για την παροχή βασικών υπηρεσιών στην κοινωνία. Η διαταραχή ή η ζημιά σε κρίσιμες υποδομές μπορεί να προκαλέσει σημαντικές κοινωνικές επιπτώσεις και οικονομικές απώλειες. Για τη μείωση των κρίσιμων απωλειών υποδομής κατά τη διάρκεια ηφαιστειακών εκρήξεων, απαιτείται επιτυχής αξιολόγηση και διαχείριση κινδύνου - ένας συνδυασμός εκτιμήσεων κινδύνου, έκθεσης και ευπάθειας - Τα μοντέλα ποσοτικών πιθανοτήτων ηφαιστειακών κινδύνων αντοχής είναι επιθυμητά ολοένα και περισσότερο για τη διαχείριση των ηφαιστειακών κινδύνων

Κατά τη διερεύνηση πτυχών προηγούμενης ηφαιστειακής δραστηριότητας, δύο σημαντικά θέματα. Διακυβεύονται

Πρώτον, η σχέση μεταξύ ηφαιστειών και ανθρώπων η οποία έχει μια μεγάλη εξελικτική γενεαλογία (Feibel, C.S., 1999) Τα ηφαίστεια κάνουν και έκαναν εκρήξεις οι οποίες διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο ως καταλύτες συγκεκριμένων πολιτιστικών ή δημογραφικών στοιχείων και αλλαγών σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και σε διάφορες κοινωνικές και γεωγραφικές κλίμακες

Δεύτερον, η ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι μια διαρκής απειλή παγκοσμίως και ο αριθμός των ατόμων που κινδυνεύουν από την ηφαιστειακή δραστηριότητα αυξάνεται σταδιακά λόγω της αυξημένης αστικοποίησης κοντά σε ηφαιστειογενείς περιοχές αλλά και της αύξησης του πληθυσμού (Small, C., Naumann, T., 2001). Ο Self (2006) μας λέει ότι η πιθανότητα έστω μίας ηφαιστειακής έκρηξης μεγέθους $M \frac{1}{4} 6$ θα έχει δυνητικά τρομερές συνέπειες. (Self, S., 2006) Ωστόσο, αυτό που μετατρέπει ακόμη και τόσο μεγάλα γεγονότα σε υπερ-εκρήξεις και καταστροφές ή ακόμη και μεγάλες καταστροφές είναι σε μεγάλο βαθμό το «πού», «πότε» και «ποιος» έχει αντίκτυπο. Μια έκρηξη του $M \frac{1}{4} 6$ εάν συμβεί στην αραιοκατοικημένη περιοχή της Kamchatka σε καμία περίπτωση δεν θα έχει τον ίδιο αντίκτυπο με το να εκδηλωθεί , για παράδειγμα, στη Μεσόγειο. (Riede, F. 2016).

Κατά τη διάρκεια των περιόδων γεωλογικής και πολιτιστικής εξέλιξης, οι ηφαιστειακές εκρήξεις είναι σχετικά συχνές. Σε ορισμένα μέρη του κόσμου, είναι κοινές και συνήθως μικρές σε μέγεθος, και οι προηγούμενες ανθρώπινες κοινότητες έχουν εκτεθεί συχνά σε αυτούς τους κινδύνους. Αλλού, είναι σπάνιες και μεγάλες, μερικές φορές έχουν σοβαρές συνέπειες για τις σύγχρονες ανθρώπινες κοινότητες κοντά και μακριά από το σημείο έκρηξης. Όσον αφορά τις σύγχρονες εκρήξεις, οι ηφαιστειολόγοι ενσωματώνουν όλο και περισσότερο προσεγγίσεις από την ανθρώπινη επιστήμη για καλύτερη κατανόηση των κοινωνικών απαντήσεων, μια προσέγγιση που συχνά αναφέρεται ως κοινωνική ηφαιστειολογία. (Riede, F. 2019).

Παρατηρούμε ότι, ο αρχαίος ηφαιστειακός ρόλος επηρέασε οικονομικά - και πολιτιστικά την άνοδο και την πτώση κοινωνιών, εθνών αλλά και ολόκληρων αυτοκρατοριών - συγκεντρώνοντας πλούσια κοιτάσματα πολύτιμων ορυκτών, όπως ο

χρυσός και το ασήμι, σε ορισμένες τοποθεσίες. Η ηφαιστειότητα και τα συναφή φαινόμενα κατά μήκος των βουνών των Άνδεων της Νότιας Αμερικής τους έδωσαν μια τόσο μεγάλη συγκέντρωση βράχων που φέρουν χρυσό, ώστε ο πλούτος της αυτοκρατορίας των Ίνκας να γίνει πόλος έλξης για τους εισβολείς κονκιστράδορες από την Ισπανία. Καταλαμβάνοντας και λεηλατώντας τον ορυκτό πλούτο της αυτοκρατορίας τους. Με ανάλογο τρόπο, οι πλουτωνικοί σχηματισμοί στη Νότια Αφρική απέδωσαν μεγάλες ποσότητες διαμαντιών, με επακόλουθες επιπτώσεις στην οικονομία της Νοτίου Αφρικής. Δεν είναι τόσο εξωτικά όλα τα πλούσια κοιτάσματα ορυκτών που σχετίζονται με την ηφαιστειακή δραστηριότητα. Ο χαλκός και άλλα ορυκτά έχουν διαδραματίσει εξίσου σημαντικό, αν όχι μεγαλύτερο, ρόλο στον πλούτο των χωρών στις οποίες εξορύσσονται.

Οι αρχαιολόγοι γοητεύονται εδώ και καιρό από τα ηφαιστειακά γεγονότα, κυρίως λόγω της ικανότητάς τους να σφραγίζουν και να συντηρούν αρχαιολογικούς χώρους. Μία τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση είναι εκείνη της καταστροφής της Πομπηίας από ηφαιστειακή έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ. Χ. πρόκειται για μια πραγματική καταστροφή που έχει αφήσει το σημάδι της μέχρι σήμερα και η οποία εξακολουθεί να έχει μεγάλη συμβολική σημασία. Η έκρηξη ξεκίνησε το πρωί της 24ης Αυγούστου και διήρκεσε περίπου 24 ώρες. Ένα τεράστιο κύμα τέφρας έθαψε την ακμάζουσα ρωμαϊκή πόλη για πάντα, μέσα σε λίγες ώρες, αφήνοντας να την ανακαλύψει (σε πολύ καλή κατάσταση) η αρχαιολογική σκαπάνη πολλούς αιώνες αργότερα (Wallace-Hadrill, A. 2011).

Κεφάλαιο 8^ο . Διαχείριση Ηφαιστειακού Κινδύνου

8.1 Ηφαιστειακή επικινδυνότητα

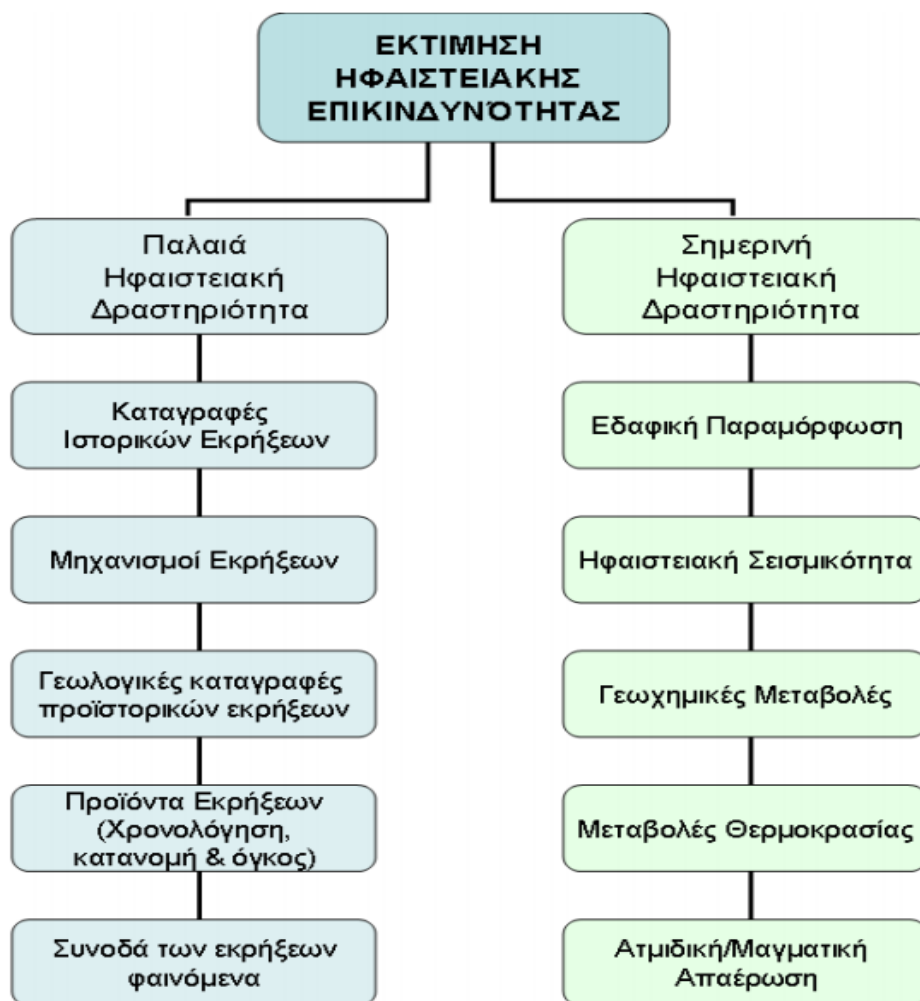
Περίπου το 10% του πληθυσμού παγκοσμίως ζει και εργάζεται σε περιοχές οι οποίες γειτνιάζουν ή βρίσκονται σε περιοχές ενεργών ηφαιστειών, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανάληψη ενός ρίσκου, λόγω ύπαρξης μεγάλου ηφαιστειακού κινδύνου που ελλοχεύει. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα συχνά διαρκεί αρκετούς μήνες, κατά συνέπεια η περίοδος έκτακτης ανάγκης είναι σχετικά μεγάλη ειδικά εάν την συγκρίνουμε με άλλου τύπου φυσικές καταστροφές που έχουν πολύ πιο σύντομη διάρκεια. Τη δεκαετία του 1980, η Ινδονησία εκκένωσε με επιτυχία διάφορες περιοχές που απειλούνταν και μετέφερε 400.000 κατοίκους, με τις ανάλογες οικονομικές συνέπειες, που απαιτεί ένα τέτοιου μεγέθους εγχείρημα (Λέκκας, Ε., και Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

Η δυνατότητα ελέγχου και κατανόησης της μελλοντικής συμπεριφοράς των ηφαιστειών είναι εξαιρετικά σημαντική, διότι η επίδραση της ηφαιστειακής δραστηριότητας έχει άμεσες αρνητικές επιπτώσεις στην καθημερινή μας ζωή. Για τους κατοίκους κοντά τους, υπάρχουν προφανείς κίνδυνοι, αλλά εκτός από την ασφάλεια των ανθρώπων, υπάρχουν επίσης τεράστια οικονομικά προβλήματα. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα δεν είναι κάτι που μπορούμε να αποφύγουμε όμως η έγκαιρη πρόβλεψη της μας βοηθάει να αποφύγουμε αρνητικές επιπτώσεις που σχετίζονται με το περιβάλλον (φυσικό και ανθρωπογενές) καθώς και τις ζωές και την υγεία των ανθρώπων.

8.2. Εκτίμηση Ηφαιστειακής επικινδυνότητας

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για τον άνθρωπο άμεσα ή έμμεσα, επειδή σειρά καταστροφικών γεγονότων μπορεί να προκληθούν εξαιτίας τους, όπως οι πυροκλαστικές ροές, ηφαιστειακά αέρια, ηφαιστειακοί σεισμοί λαχάρ, ροές λάβας, πτώσεις τέφρας, ηφαιστειακοί σεισμοί, τσουνάμι και κατολισθήσεις. Η μελέτη των ηφαιστειακών καταστροφών, δηλαδή η πιθανότητα να επηρεαστεί μια συγκεκριμένη περιοχή από δυνητικά καταστροφική ηφαιστειακή δραστηριότητα ή προϊόντα εντός μιας δεδομένης χρονικής περιόδου (Fournier D'albe, E. M. 1979), θα πρέπει να εδράζεται σε θεμελιωμένη και ολοκληρωμένη έρευνα ηφαιστειών (Tilling, R. I., & Bailey, R. A. 1985). που θα συμπεριλαμβάνει ένα σύνολο γεωλογικών, γεωφυσικών, πετρολογικών και γεωχημικών μελετών

Μια ολοκληρωμένη διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας ηφαιστείου (Σχήμα) που εφαρμόζεται βασίζεται σε δεδομένα που προέρχονται από το ιστορικό εκρηκτικότητας του ηφαιστείου και τις τρέχουσες συνθήκες του. Η πρώτη περίπτωση περιλαμβάνει το ιστορικό / γεωλογικό αρχείο της έκρηξης, τον μηχανισμό (τύπο) της έκρηξης και τα παραγόμενα προϊόντα της έκρηξης, ενώ η δεύτερη περίπτωση περιλαμβάνει τη σύγχρονη παρακολούθηση των προδρόμων φαινομένων ηφαιστειακής δραστηριότητας (σεισμοί, παραμόρφωση εδάφους, γεωχημικές και υδροθερμικές αλλαγές). Η παρακολούθηση της παραμόρφωσης του εδάφους πραγματοποιείται μαζί με σεισμική παρακολούθηση, εξαιρετικά ευαίσθητης τεχνολογίας στη συστηματική μέτρηση, τη διάγνωση και ερμηνεία διαφορετικών συμπεριφορών ηφαιστειακής δραστηριότητας



Διάγραμμα 7 Απεικόνιση των βασικών μακροπρόθεσμων μελετών που απαιτούνται στην εκτίμηση της ηφαιστειακής επικινδυνότητας ενεργών ηφαιστείων που ευρίσκονται όμως σε περίοδο ηρεμίας, μέσω της παρακολούθησης τόσο της παλαιάς όσο και της σημερινής ηφαιστειακής τους δραστηριότητας.

Σε πολλά ηφαιστεια, οι παρατηρήσεις των εκρήξεων τους στην πορεία του χρόνου, είναι η βάση των πληροφοριών μας για τον τύπο των εκρήξεων και τις συνέπειες τους στις πληγείσες περιοχές. Ένα πλήρες αρχείο ιστορικών και προϊστορικών εκρήξεων με βάση γεωλογικά δεδομένα είναι τα βασικά δεδομένα που απαιτούνται για την αξιολόγηση των ηφαιστειακών καταστροφών. Η βασική προϋπόθεση της εκτίμησης είναι ότι, γενικά, η ίδια περιοχή είναι εκείνη που πιθανότατα θα επηρεαστεί από μελλοντικές εκρήξεις, του ίδιου τύπου και της ίδιας περίπτωσης συχνότητας με το παρελθόν. Επομένως, αυτό σημαίνει ότι σε σύγκριση με προηγούμενες εκρήξεις, όσο περισσότερος χρόνος μεσολαβεί, τόσο πιο χρήσιμα και αξιόπιστα θα είναι τα αποτελέσματα εκτίμησης κινδύνου. Θα πρέπει όμως να αναφερθεί ότι προϊόντος του χρόνου ο Δείκτης Ηφαιστειακής Δραστηριότητας μπορεί και να αλλάξει. (Παπαγεωργίου, Ε. 2011)

8.3. Πρόβλεψη ηφαιστειακής δραστηριότητας

Για τον μεθοδικό έλεγχο της ηφαιστειακής δραστηριότητας υπάρχουν αρκετοί δείκτες που μας παρέχουν την δυνατότητα πρόβλεψης. Ωστόσο, λόγω του υψηλού κόστους και των προβλημάτων πρόσβασης που παρατηρούνται συχνά, αυτός ο έλεγχος είναι επισταμένος σε περίπου 12 ηφαίστεια σε όλο τον κόσμο, οπότε η πρόβλεψη ηφαιστειακής δραστηριότητας είναι δυνατή μόνο για αυτά τα ηφαίστεια. Φυσικά, στην περίπτωση της ηφαιστειακής δραστηριότητας, είναι σημαντικό να προβλεφθεί τόσο η έναρξη όσο και το μέγεθος του φαινομένου.

Όπως αντιλαμβανόμαστε θα θέλαμε να μπορούμε να παρακολουθούμε όσο περισσότερα ηφαίστεια γίνεται, όμως οι απαιτήσεις σε χρήματα για την εφαρμογή σύγχρονων μέσων παρατήρησης προηγμένης τεχνολογίας το καθιστούν ιδιαίτερα δύσκολο. Συνέπεια αυτού είναι η παρακολούθηση (όπως αναφέρθηκε και παραπάνω) να περιορίζεται σε μικρό αριθμό ηφαιστειών και ιδιαίτερα σε αυτά τα οποία είναι ενεργά και βρίσκονται σε κατοικημένες περιοχές. Στην προσπάθεια της πρόβλεψης των ηφαιστειακών γεγονότων θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν και λανθασμένες προβλέψεις ή πρώιμες προβλέψεις (Parfitt E., Wilson L., 2008).

Τα περισσότερα ηφαίστεια εμφανίζουν σημάδια πριν εκραγούν, αν και μερικές φορές εκρήκνυνται χωρίς προειδοποίηση. Τα πρόδρομα φαινόμενα που μπορεί να παρατηρηθούν πριν από την έκρηξη είναι η αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας σε τοπικό επίπεδο συνοδευόμενη από υπόκωφη βοή. Πρόκειται για ηφαιστειακούς σεισμούς που σχετίζονται με την κίνηση του μάγματος προς τον φλοιό της Γης. (Λέκκας, E., & Ανδρεαδάκης, E., 2015).

Επίσης άλλα προειδοποιητικά φαινόμενα είναι:

- Η παραμόρφωση του εδάφους, όπου εμφανίζονται διογκώσεις στον κώνο και η κλίση των πλαγιών του ηφαιστείου αλλάζει.
- Αλλαγές παρατηρούνται στις ατμίδες και τις θερμές πηγές ενώ εντοπίζεται και αύξηση της θερμοκρασίας των αερίων που απελευθερώνονται.
- Σε περιοχές όπου τα ηφαίστεια καλύπτονται από πάγο, αυτός λιώνει, ενώ η βλάστηση καταστρέφεται στις παρυφές των ηφαιστειών.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, παρατηρείται μεταβολή στη χημική σύνθεση του απελευθερωμένου αερίου (Parfitt E., Wilson L., 2008)

Η συνεχής παρακολούθηση των εκπομπών αερίων και η σύνθεσή τους είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την πρόβλεψη πιθανών ηφαιστειακών εκρήξεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι καθώς πλησιάζει ο χρόνος έκρηξης, οι εκπομπές του θείου (S) καθώς και όλων των υπόλοιπων ηφαιστειακών αερίων παρουσιάζουν αύξηση των τιμών τους.

Αν και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο για τους επιστήμονες, μπορούν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις των τιμών στο πεδίο. Από απόσταση, ένα φασματόμετρο συσχέτισης και ένα υπέρυθρο φασματόμετρο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή του περιεχομένου του διοξειδίου του θείου (SO₂) και του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αντίστοιχα.

Σε μεγαλύτερες αποστάσεις, δορυφόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή του όζοντος φασματομετρικά (Κυριακόπουλος, K., 2014).

Στον παρακάτω πίνακα (επόμενη σελίδα) γίνεται αναφορά σε πρόδρομα φαινόμενα ηφαιστειακής δραστηριότητας.

Πίνακας 13 Πρόδρομα φαινόμενα ηφαιστειακής δραστηριότητας

ΠΡΟΔΡΟΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ
Σεισμική δραστηριότητα Αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας σε τοπικό επίπεδο Υπόκωφη βοή
Εδαφικές παραμορφώσεις Διογκώσεις ή ανοδικές κινήσεις στον ηφαιστειακό κώνο Αλλαγές στις κλίσεις των πρηνών κοντά στο ηφαίστειο
Υδροθερμικά φαινόμενα Αυξημένες παροχές των θερμών πηγών Αυξημένες απελευθερώσεις αερίων στις φουμαρόλες Αύξηση της θερμοκρασίας των θερμών πηγών ή των εκπομπών αερίων από τις φουμαρόλες Αύξηση της θερμοκρασίας των λιμνών του κρατήρα Τήξη χιονιού ή πάγου στο ηφαίστειο Καταστροφή της βλάστησης στα πρηνή του ηφαιστείου
Χημικές αλλαγές Αλλαγές στη χημική σύσταση των εκπεμπόμενων αερίων

8.4. Μέθοδοι παρακολούθησης ηφαιστειακής δραστηριότητας

Η χρονική περίοδος κατά την οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε πρόδρομα φαινόμενα ηφαιστειακής δραστηριότητας ποικίλει από ηφαίστειο σε ηφαίστειο και είναι δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια, κυμαινόμενη από λίγες ημέρες μέχρι και ένα χρόνο ή και περισσότερο. Αρκετές φορές παρατηρείται και το φαινόμενο κατά το οποίο έχουμε αυξημένη πρόδρομη δραστηριότητα η οποία δεν καταλήγει σε ηφαιστειακή έκρηξη αφού το μαγματικό υλικό δεν φτάνει τελικά στο φλοιό της Γης και παραμένει στο υπέδαφος. (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

Ένα σύστημα παρακολούθησης ηφαιστείου στοχεύει στη συλλογή των μέγιστων σχετικών πληροφοριών με την ηφαιστειακή δραστηριότητα, προκειμένου να ανιχνεύσει πρόδρομα σήματα επικείμενου επικίνδυνου συμβάντος. Για το σκοπό αυτό, είναι σημαντικό το σύστημα παρακολούθησης να έχει τεθεί σε εφαρμογή πολύ πριν από την έκρηξη της κρίσης, προκειμένου να καθοριστεί μια βάση δραστηριότητας με την οποία μπορούν να συγκριθούν ανωμαλίες. Αυτά τα συστήματα αποτελούνται από εξειδικευμένο εξοπλισμό μέτρησης κατάλληλο για έγκαιρη ανίχνευση τυχόν γεωφυσικών ή γεωχημικών αλλαγών του ηφαιστείου για σωστή λήψη αποφάσεων και διαχείριση μιας πιθανής έκτακτης ανάγκης.

Εδώ ορίζουμε την «ελάχιστη παρακολούθηση» ως βασική οδηγία που θα επιτρέψει την ανίχνευση των πρώτων συμπτωμάτων επανενεργοποίησης. Αυτό είναι υποκειμενικό και θα εξαρτηθεί σχετικά με τη δραστηριότητα του ηφαιστείου. Σε ορισμένες χώρες, έχει αναληφθεί μια γενική εικόνα των διαφορετικών επιπέδων παρακολούθησης για διαφορετικά επίπεδα ηφαιστειακού κινδύνου για να καθοδηγήσει στον καλύτερο τρόπο εστίασης των πόρων. Η παρακολούθηση του ηφαιστείου είναι συνήθως ευθύνη ενός παρατηρητηρίου ηφαιστείου (VO) (αν και η σύσταση ενός VO μπορεί να διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα). Σε ορισμένες περιπτώσεις, το VO είναι ένα μόνο κυβερνητικό ίδρυμα και μπορεί να λειτουργεί μόνο σε ένα ηφαίστειο. Σε άλλες χώρες, ένα VO μπορεί να έχει ευθύνη για πολλαπλά ηφαίστεια, αλλού μια ομάδα οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, μπορεί να συνεργαστεί για την

παροχή συντονισμένων συμβουλών παρακολούθησης. Η βασική λειτουργία ενός VO, ωστόσο, είναι η λειτουργία και η συντήρηση ενός συστήματος παρακολούθησης ηφαιστειών.



Εικ..55 Δέκτης GPS διπλής συχνότητας Trimble που χρησιμοποιείται μέσα στην καλντέρα του ηφαιστείου Okmok, Νησιά Aleutian, Αλάσκα.Φωτο. J. Freymueller.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επιλογής και εγκατάστασης ενός συστήματος παρακολούθησης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη προσεκτικά διάφοροι παράγοντες: αξιοπιστία του εξοπλισμού, προστασία, επιλογή τοποθεσίας (επίπεδα γεωλογίας και θορύβου), πρόσβαση, συντήρηση και ούτω καθεξής. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι αυτά τα συστήματα μπορεί να χρειαστεί να λειτουργούν για μεγάλες χρονικές περιόδους (πιθανότατα χρόνια), μερικές φορές σε σκληρά περιβάλλοντα, πριν το ηφαίστειο ενδιαφέροντος δείξει οποιοδήποτε σημάδι επανενεργοποίησης. Αυτή η μόνιμη παρακολούθηση και συντήρηση οργάνων μπορεί να γίνει κουραστική. Η απουσία ηφαιστειακής δραστηριότητας θα μπορούσε να προκαλέσει έλλειψη κινήτρων, να οδηγήσει σε περικοπές του προϋπολογισμού για τη λειτουργία και τη συντήρηση, ή ακόμη και την πλήρη αφαίρεση του συστήματος με την πιθανή συνέπεια της αποτυχίας να εντοπίσει οποιαδήποτε κρίσιμη πρόδρομη δραστηριότητα που θα μπορούσε να οδηγήσει σε βραχυπρόθεσμη έκρηξη. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι όταν εξελίσσεται μια έκρηξη, συνήθως είναι πολύ αργά ή αδύνατο να εφαρμοστεί το επιθυμητό σύστημα παρακολούθησης και, ως εκ τούτου, είναι καλύτερο να έχουμε κάποια βασικά όργανα από καθόλου.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα στη βιβλιογραφία των ηφαιστειακών καταστροφών που θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί εάν λειτουργούσαν ελάχιστα συστήματα παρακολούθησης. Ένα τέτοιο παράδειγμα ήταν το ηφαίστειο El Chichon, που βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του Μεξικού. Εξερράγη το 1982 προκαλώντας έναν αριθμό θανάτων που εκτιμάται περίπου σε 2000 Εάν είχαν εγκατασταθεί κατάλληλα

συστήματα παρακολούθησης σε αυτό το ηφαίστειο στα αρχικά στάδια πριν από την έκρηξη, θα μπορούσε να ανιχνευθεί η πρόδρομη δραστηριότητα και να εφαρμοστούν κατάλληλα αντίμετρα για να σώσουν τη ζωή πολλών ανθρώπων. Ωστόσο, είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι, με τους ορισμούς που έγιναν αποδεκτοί τότε, το El Chichon θεωρήθηκε ηφαίστειο χαμηλού κινδύνου. Τα κριτήρια προτεραιότητας για τον καθορισμό οργάνων παρακολούθησης σε διαφορετικά ηφαίστεια θα πρέπει επομένως να επανεξετάζονται προσεκτικά σε τακτά χρονικά διαστήματα. (Scarpati, C. 2019)

Οι μέθοδοι μέσω των οποίων παρακολουθούμε την ηφαιστειακή δραστηριότητα για την εμφάνιση πρόδρομων φαινόμενα που μπορεί να εκδηλωθούν σε ηφαιστειακές εκρήξεις χωρίζονται σε επίγειες και διαστημικές

8.4.1 Διαστημικές τεχνικές παρακολούθησης ηφαιστειακής δραστηριότητας

Στις διαστημικές τεχνικές παρακολούθησης ανήκουν

- Οι θερμικές εικόνες και οι χάρτες Επιφανειακής θερμοκρασίας
- Παρακολούθηση των ηφαιστειακών δομών με την χρήση συστημάτων GPS με δορυφορική κάλυψη
- Πλοήγηση – Χρήση GPS Δορυφόρων
- Δορυφορική Μετεωρολογία : Πρόγνωση καιρού και δραστηριότητες υποστήριξης για τη διαχείριση ηφαιστειακής έκρηξης και του ενδεχόμενου να προκύψουν δευτερογενείς καταστροφές που παρατηρούνται από μετεωρολογικούς δορυφόρους, όπως αστάθεια πλαγιάς, κατολισθήσεις και τσουνάμι



Εικ. 56 Ευρωπαϊκός μετεωρολογικός δορυφόρος METOP-C **Πηγή:** https://www.pronews.gr/epistimes/diastima/725431_ektoxeythike-o-neos-eyropaikos-meteorologikos-doryforos-vinteo

- Χρήση δορυφορικών τηλεφώνων, τα οποία μας δίνουν την δυνατότητα συνέχισης επικοινωνίας ακόμα και εάν έχουμε πτώση των τοπικών δικτύων
- Δορυφορική Πλοήγηση στην Ξηρά, η οποία επιτυγχάνεται με υψηλής ακρίβειας εικόνες IKONOS, (εμπορικός δορυφόρος γεωσκόπησης) κ.ά. σε συνδυασμό με GPS αποτελούν λίαν χρήσιμες δυνατότητες στο σχεδιασμό εκτάκτων αναγκών. Λαμβάνοντας συγκριτικές εικόνες πριν και μετά από τις πληγείσες περιοχές,

συνδυάζεται στον υπολογιστή με επίγειας ή εναέριας λήψης ψηφιακές εικόνες της πληγείσας περιοχής (θερμικές ή οπτικές ή και τα δύο). Πρόκειται για ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην διαχείριση και αντιμετώπιση γεγονότων που οφείλονται στην ηφαιστειακή δραστηριότητα. (Βασιλοπούλου, Σ., 2014)

Συμπεραίνουμε από τα παραπάνω ότι η λήψη των δορυφορικών εικόνων, είναι υψηλής ακρίβειας και αποτελούν βασικό εργαλείο στην διαχείριση φυσικών καταστροφών (πριν, κατά την διάρκεια και μετά την εκδήλωση της ηφαιστειακής έκρηξης), αλλά χρησιμεύουν επίσης και για την δημιουργία ΨΜΑ (Ψηφιακό Μοντέλο Ανάγλυφου).

8.4.2 Επίγειες τεχνικές παρακολούθησης ηφαιστειακής δραστηριότητας

8.4.2.1 Επίγεια θερμική κάμερα

Μας προσφέρει την δυνατότητα λήψης θερμικών εικόνων υψηλής ανάλυσης, τις οποίες στη συνέχεια μπορούμε να επεξεργαστούμε και να λάβουμε δεδομένα, τα οποία μπορούν να μας δείξουν τη θερμοκρασία από τον ωκεανό ή το έδαφος ή διάφορα αντικείμενα που σχετίζονται με την ηφαιστειακή δραστηριότητα.

Αναλυτικότερα:

- Μπορούμε να έχουμε στην διάθεση μας την θερμική εικόνα (ανάλυση) του εδάφους κατά την διάρκεια εξέλιξης του καταστροφικού συμβάντος.
- Μετά το πέρας της κρίσης παρέχει ιδιαίτερα χρήσιμη πληροφορία για την ανεύρεση και παροχή βοήθειας στους πληγέντες ή τον εντοπισμό διαρροών αερίου κ.α.
- Καλή ανταπόκριση στην ταυτοποίηση αστικών ζεστών σημείων λόγω πυρκαγιάς ως επακόλουθο σεισμικού γεγονότος ή σε δασικές πυρκαγιές.
- Δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο της θερμοκρασίας αερίων, Θερμών Πηγών κ.α.

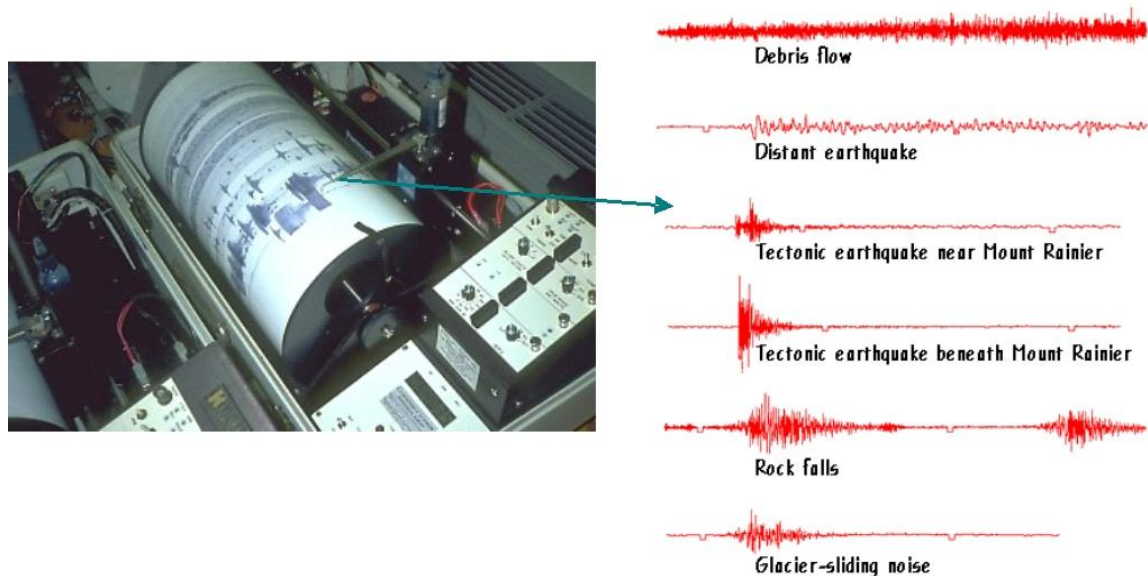
8.4.2.2 Η Τεχνολογία νυχτερινής όρασης

- Μέσω της Τεχνολογίας νυχτερινής όρασης έχουμε την δυνατότητα να παρατηρούμε με ευκρινή τρόπο αντικείμενα σε απόσταση αρκετών εκατοντάδων μέτρων,
- Είτε πριν, είτε μετά την εκδήλωση της ηφαιστειακής έκρηξης έχουμε στην διάθεση μας εικόνες που μοιάζουν σαν να έχουν ληφθεί μέρα και μας βοηθούν είτε να παρακολουθήσουμε την λάβα, τα συντρίμια την ροή λάσπης, τις εκπομπές τέφρας, τις αναθυμιάσεις, ή την ανάπτυξη θόλων, κατολισθήσεων ή παραμορφώσεων στο έδαφος, είτε ανθρώπων, κτηρίων, σχημάτων και λεπτομερειών του τοπίου, που μας βοηθούν να βοηθήσουμε τους πληγέντες μετά την ηφαιστειακή έκρηξη.

8.4.2.3 Επίγειες εφαρμογές παρακολούθησης ηφαιστειών

Οι επίγειες μεθοδολογίες που εφαρμόζονται για την παρακολούθηση ηφαιστειών έχουν ως ακολούθως:

- Γεωδαιτικά Δίκτυα (DGPS – Differential Global Positioning System) για παρακολούθηση εδαφικής παραμόρφωσης Η παραμόρφωση του εδάφους είναι μια φυσική παράμετρος που παρέχει θεμελιώδεις πληροφορίες για την εσωτερική κατάσταση του ηφαιστείου και παρέχει πρόσθετη εικόνα για την αναμενόμενη διάσταση της αναπτυσσόμενης διαδικασίας.
- Παρακολούθηση φυσικών και χημικών παραμέτρων αερίων. Περιλαμβάνει τις χημικές αναλύσεις αερίων, νερού από πηγές και λίμνες κρατήρων, ηφαιστειακής τέφρας και πετρωμάτων, αναθυμιάσεων, και γενικά, όλων των ηφαιστειακών υλικών που μπορεί να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την εξελισσόμενη κατάσταση του ηφαιστείου.
- Μελέτη επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους Η παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών (θερμοκρασία, βαρομετρική πίεση, ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, βροχόπτωση κ.λπ.) σε ένα ηφαίστειο είναι πολύ σημαντική για την πρόβλεψη και την ανίχνευση των λοφίων τέφρας και της ροής λάσπης που παράγονται από βροχή ή τήξη παγετώνων και χιονοπτώσεων.
- Σεισμολογικά δίκτυα, για σεισμική παρακολούθηση. Οι σεισμικοί σταθμοί παρέχουν θεμελιώδεις πληροφορίες σχετικά με την εσωτερική δομή του ηφαιστείου, την κατάσταση δραστηριότητάς του και τον τρόπο που αλλάζει. Η καταγραφή της σεισμικότητας μπορεί να γίνει τοπικά, χρησιμοποιώντας αυτόματα φορητά όργανα σε θέσεις χαμηλού κινδύνου, ή εξ αποστάσεως, μέσω συνδέσεων ραδιοτηλεμετρίας σε έναν κεντρικό σταθμό εγγραφής (Λέκκας, Ε., και Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).



Εικ. 57 Σεισμογράφοι οι οποίοι καταγράφουν τις σεισμικές δονήσεις που μπορεί να προέρχονται από τη δραστηριοποίηση του ηφαιστείου.

8.4.2.4 Ανάπτυξη ΣΓΠ (Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών) και Σύστημα Λήψεως Αποφάσεων

Η διαχείριση της ηφαιστειακής δραστηριότητας μέσω του GIS προϋποθέτει την συλλογή οργάνωση και διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων ,την παραγωγή θεματικών και περιεκτικών επιπέδων πληροφοριών και χαρτών, καθώς και την ποιοτική και

ποσοτική ανάλυση των πληροφοριών. Απώτερος σκοπός όλων των παραπάνω είναι η πραγματοποίηση σχεδιασμού για την εκτίμηση των καταστροφικών συνεπειών που προκαλούνται και η δημιουργία ενός συστήματος λήψεως γενικότερων αποφάσεων, όπως:

- Μακροπρόθεσμη πρόβλεψη ηφαιστειακής δραστηριότητας με συστηματική παρακολούθηση των πρόδρομων φαινομένων.
- Αλλαγές στην παραμετροποίηση σε πραγματικό χρόνο,(real time) για προειδοποίηση για πιθανά συμβάντα.
- Πρόβλεψη επαναδραστηριοποίησης και κινητικότητας του μάγματος, καθώς και ενδεχόμενης ηφαιστειακής έκρηξης.
- Εκτίμηση καταστροφών, ευπάθεια και τρωτότητα επικίνδυνων ζωνών, σύνθεση 2, 3 και 4-D αντίστοιχων χαρτών, και εξαγωγή σε πολυμέσα για την καλύτερη επεξεργασία τους (Βασιλοπούλου, Σ., 2014).

Η Τεχνολογία GIS όταν εφαρμόζεται στον τομέα της διαχείρισης και προστασίας των φυσικών πόρων, είναι ένα εργαλείο που μπορεί να υποστηρίξει την επιστημονική έρευνα και τη λήψη αποφάσεων και να χρησιμεύσει ως υποκατάστατο εργαστήριο για τη μελέτη περιβαλλοντικών διαδικασιών. Αυτή η συνεισφορά επικεντρώνεται στον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν τα GIS στην εκτίμηση και τον μετριασμό του ηφαιστειακού κινδύνου και της σημασίας τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Pareschi, M. T., et al 2000)

8.5.Ετοιμότητα

Με βάση την προετοιμασία που έχει γίνει στο επίπεδο πρόληψης και παρακολούθησης της ηφαιστειακής δραστηριότητας για να παρατηρήσουμε τυχόν αλλαγές ή να εντοπίσουμε πρόδρομα φαινόμενα ηφαιστειακής εκρήξεως οι επιστήμονες είναι σε θέση μετά από συνεργασία με τους υπεύθυνους κρατικούς φορείς να καθορίσουν τα επίπεδα κινδύνου και να σχεδιάσουν τα αποτελεσματικότερα μέτρα για την προστασία και εκκένωση των πολιτών από τις επικίνδυνες περιοχές.

Ο τρόπος με τον οποίο θα πρέπει να οργανωθούν και να παρουσιαστούν τα επίπεδα κινδύνου, θα πρέπει να διέπεται από ακρίβεια κι σχολαστικότητα ,έτσι ώστε να συνδέονται με την κατάλληλη κοινωνική απόκριση. Η ιδανικότερη προειδοποίηση για το ενδεχόμενο ηφαιστειακής εκρήξεως θα ήταν εκείνη που θα μπορούσε να δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα που σχετίζονται με το πότε και που θα πραγματοποιηθεί, τι είδους θα είναι και πιο το μέγεθος της, και φυσικά όλες αυτές οι απαντήσεις να δίνονται όσο πιο νωρίς γίνεται.

Στην πραγματικότητα όμως το καλύτερο που μπορούν να κάνουν οι επιστήμονες, είναι να δώσουν απαντήσεις για ενδεχόμενη ηφαιστειακή έκρηξη λίγες ώρες ή μέρες πριν την πραγματοποίησή της, και αφού πρώτα διαπιστώσουν σημαντικές αλλαγές στην ηφαιστειακή δραστηριότητα (διαμόρφωση εδάφους, εκπομπή αερίων κ.α). Η εμπειρία έχει διδάξει ότι αυτού του είδους οι αλλαγές προηγούνται μόνο λίγες ημέρες ή ώρες πριν την έκρηξη.

Παρακάτω (στην επόμενη σελίδα) παρατίθεται πίνακας όπου με βάση τα χρώματα πράσινο κίτρινο, πορτοκαλί και κόκκινο, παρουσιάζει την κλιμάκωση της ηφαιστειακής δραστηριότητας η οποία συνδέεται άμεσα με τον βαθμό επικινδυνότητας.

Πίνακας 14 Παρουσίαση κλιμάκωσης ηφαιστειακής δραστηριότητας και επικινδυνότητας με βάση τα αντίστοιχα χρώματα.

(Πράσινο)	Το ηφαίστειο βρίσκεται στην ήρεμη φάση (κανονική σεισμικότητα και διαφυγή αερίων).
(Κίτρινο)	Το ηφαίστειο είναι σε διέγερση. Η σεισμικότητα αυξάνεται. Ενδεχόμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα στις επόμενες εβδομάδες με ή χωρίς προειδοποίηση. Πιθανή διαφυγή αερίων και ατμών.
(Πορτοκαλί)	Μικρή φρεατική (ash) έκρηξη αναμένεται ή επιβεβαιώθηκε. Διαφυγή αερίων όχι μεγαλύτερη από 25.000 πόδια από το επίπεδο της θάλασσας. Αυξάνεται ο αριθμός των τοπικών σεισμών.
Κόκκινο)	(Μεγάλη φρεατική έκρηξη είναι σε εξέλιξη. Διαφυγή αερίων μεγαλύτερη από 25.000 πόδια από το επίπεδο της θάλασσας. Σεισμοί μεγάλης έντασης καταγράφονται ακόμα και σε απομακρυσμένους σταθμούς.

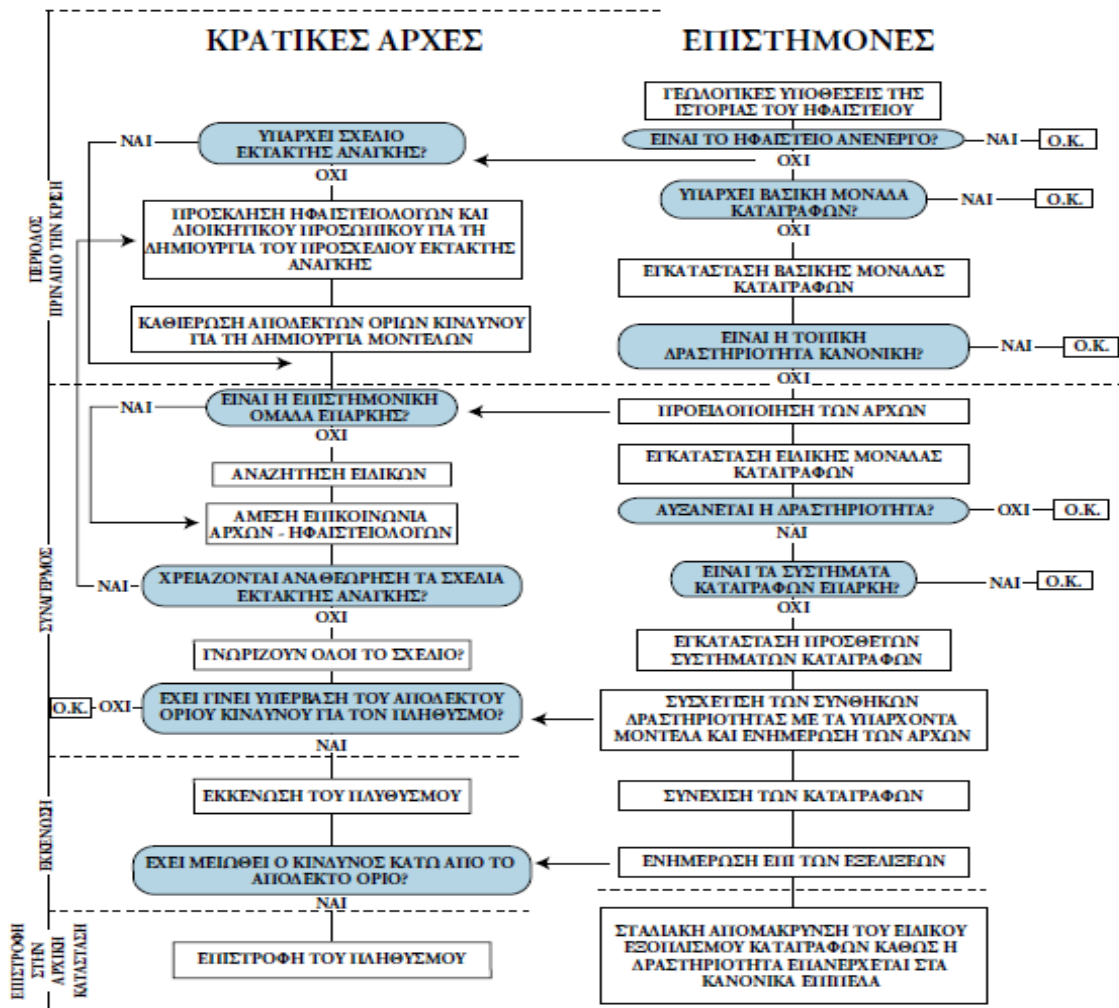
8.6. Σχέδιο απόκρισης σε ενδεχόμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα

Πρόκειται για σχέδια τα οποία εκπονούνται σε περιόδους έκτακτων συνθηκών .με στόχο, την δημιουργία κατευθυντήριων οδηγιών ανάλογα με τα στάδια εξέλιξης της ηφαιστειακής δραστηριότητας Τα σχέδια αυτά περιλαμβάνουν τρεις φάσεις:

- Φάση επαγρύπνησης: οι υπηρεσίες πολιτικής προστασίας και οι εμπλεκόμενοι φορείς κινητοποιούνται 5-15 ημέρες πριν από την εκδήλωση της αναμενόμενης δραστηριότητας.
- Φάση ετοιμότητας: Οι ασθενείς, οι ηλικιωμένοι και τα μικρά παιδιά θα πρέπει να μεταφέρονται 2-5 ημέρες πριν από την αναμενόμενη δραστηριότητα, και οι υπηρεσίες εξυπηρέτησης έκτακτης ανάγκης να είναι πάντα σε εγρήγορση για να αναλάβουν άμεση δράση.
- Φάση εκκένωσης: Πραγματοποιείται γενική εκκένωση στην περιοχή 1-2 ημέρες πριν από την αναμενόμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα.

Προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα της τρίτης φάσης του σχεδίου, είναι η οργάνωση και η ταχύτητα με την οποία πραγματοποιήθηκαν οι δύο πρώτες, καθώς τα καταστροφικά ηφαιστειακά γεγονότα, αφήνουν τις περισσότερες φορές πολύ μικρούς χρόνους αντίδρασης πριν την εκδήλωση τους..

Στην προσπάθεια μείωσης του ηφαιστειακού κινδύνου που μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικά αποτελέσματα η UNDR0 (The United Nations Disaster Relief Coordinator) έχει καταστρώσει ένα σχέδιο δράσης (το οποίο παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα). Χαρακτηριστικό του σχεδίου είναι η στενή συνεργασία μεταξύ των αρχών και των επιστημόνων, για να μπορέσουν οι δράσεις να αντιμετωπίσουν τον ηφαιστειακό κίνδυνο όσο το δυνατόν καλύτερα γίνεται.



Εικ. 58 Σχέδιο ετοιμότητας για την μείωση του κινδύνου. **Πηγή:**UNDRO, 1985.Volcanic Emergency Management. United Nations, New York.

8.7.Ηφαιστειακή χωροθέτηση (ζωνοποίηση)

Η διαχείριση των κινδύνων που πηγάζουν από την ηφαιστειακή δραστηριότητα εξαρτάται άμεσα από τον προσδιορισμό επικίνδυνων περιοχών (ζωνών). Μακροπρόθεσμα θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στις χρήσεις γης καθώς και στον εντοπισμό των αστικών περιοχών. Η φύση και η συγκέντρωση των ηφαιστειακών καταστροφών είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Παρέχοντας τα στοιχεία για την αποκρυπτογράφηση της παρελθοντικής εκρηκτικής συμπεριφοράς ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα την σημερινή κατάσταση και να εκτιμήσουμε κατά προσέγγιση το ποια θα είναι η μελλοντική συμπεριφορά του ηφαιστείου. (Κυριακόπουλος, Κ., 2005).

Όσον αφορά τις δομικές κατασκευές, δεν μπορούν να ληφθούν πολλά μέτρα, μπορούν όμως να γίνουν ενισχύσεις των οροφών των κτιρίων οροφής για την αποφυγή πτώσης και κατάρρευσης λόγω του μεγάλου βάρους από την ηφαιστειακή τέφρα που επικάθεται πάνω τους, καθώς και κατασκευή τοίχων και καναλιών για εκτροπή ροών λάβας. Οι χάρτες των περιοχών υψηλού κινδύνου, η ασφάλιση και ο σχεδιασμός για κοινωνική προετοιμασία και εκκένωση είναι απαραίτητα μέτρα που πρέπει να ληφθούν ως απάντηση στην ηφαιστειακή δραστηριότητα (Λέκκας, Ε., και Ανδρεαδάκης, Ε., 2015).

Η ηφαιστειακή χωροθέτηση (ζωνοποίηση) τις περισσότερες φορές δεν χαίρει ιδιαίτερης αποδοχής από το ευρύ κοινό, θεωρώντας εξαιρετικά μεγάλη την δαπάνη (χαρακτηρίζοντας τη και ως σπατάλη) για ένα κίνδυνο που έχει πιθανότητα 1% εμφάνισης σε διάστημα 75 χρόνων. (Κυριακόπουλος, Κ., 2005).

8.8. Σχεδιασμός των χρήσεων γης

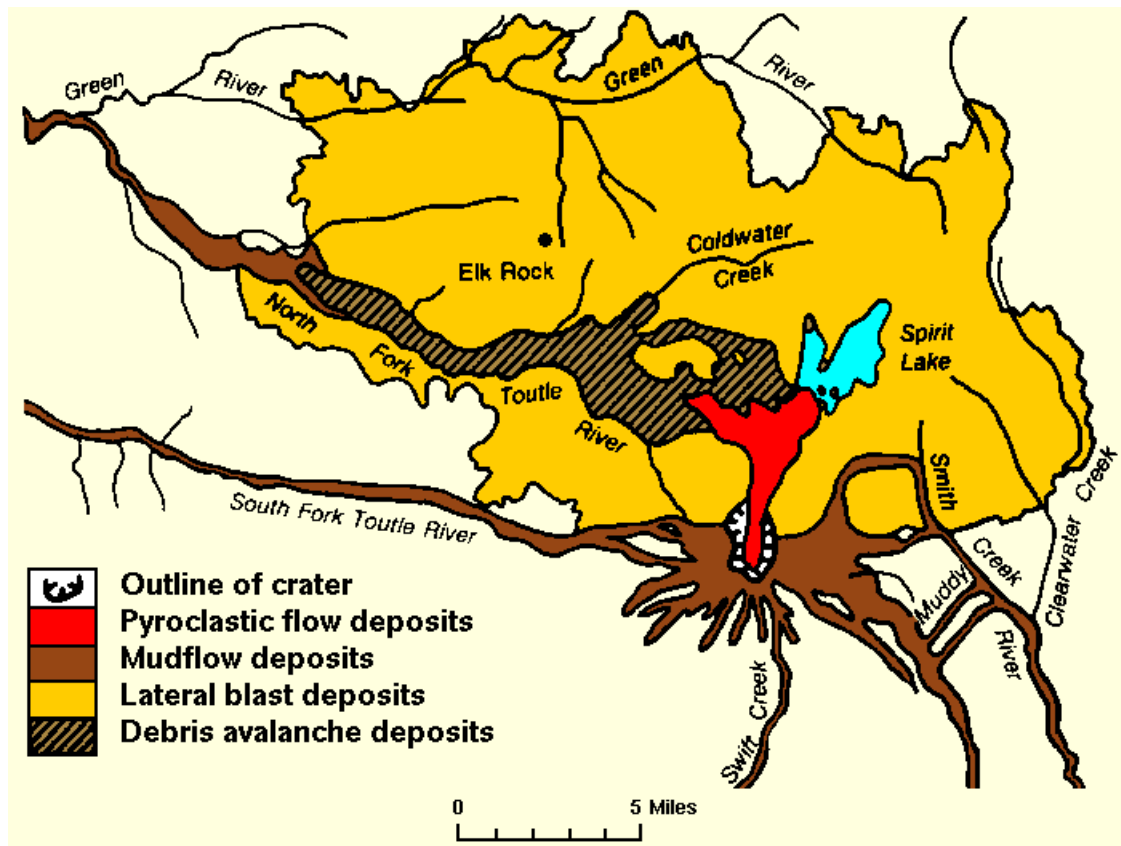
Ο σχεδιασμός της χρήσης γης διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην ελαχιστοποίηση των καταστροφικών συνεπειών των ηφαιστειακών εκρήξεων, είτε όσον αφορά την περιορισμένη ανάπτυξη σε επικίνδυνες περιοχές είτε στη διαμόρφωση σχεδίων εκκένωσης έκτακτης ανάγκης. Η χωροθέτηση της χρήσης γης και η επιλογή ασφαλών περιοχών εξαρτώνται άμεσα από τη μακροπρόθεσμη πρόβλεψη της πιθανότητας ηφαιστειακής δραστηριότητας και τον εντοπισμό πιθανών περιοχών κινδύνου. Οι χάρτες ηφαιστειακών καταστροφών δείχνουν το εύρος των δυνατοτήτων για μελλοντικές ηφαιστειακές εκρήξεις. Αυτοί οι γεωλογικοί χάρτες προέρχονται από γεωλογικά δεδομένα που συλλέγονται από προηγούμενα δεδομένα.

Οι κύριες αδυναμίες και δυσκολίες στην κατασκευή τέτοιων χαρτών οφείλονται στην έλλειψη κατανόησης του μεγέθους των ηφαιστειακών γεγονότων που μπορεί να συμβούν στο μέλλον. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης είναι επίσης σημαντικές. Ο βαθμός κάλυψης χιονιού σχετίζεται άμεσα με την εποχή του χρόνου, η οποία θα επηρεάσει το ύψος των ζημιών που προκαλείται από χιονοστιβάδες ή κατολισθήσεις, ενώ η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου θα επηρεάσουν σημαντικά την κατανομή της τέφρας.

Για την κατανόηση του βαθμού που είναι απαραίτητη η χαρτογράφηση των ηφαιστειακών κινδύνων, χρησιμοποιούμε το Mount St. Helens νότια της Ουάσιγκτον ως παράδειγμα. Είναι το νεότερο ηφαίστειο στη σειρά ηφαιστείων Cascade. Λόγω της μακράς ιστορίας, σπασμωδικής εκρηκτικής δραστηριότητας περιγράφεται ευρέως ως το πιο επικίνδυνο ηφαίστειο στις δυτικές Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι την έκρηξή του το 1980. Το 1979, οι επιστήμονες ερεύνησαν και χαρτογράφησαν τον δυνητικό ηφαιστειακό κίνδυνο στην ευρύτερη περιοχή. Από τον χάρτη αναμένονταν ροές πυροκλαστικών υλικών, λασποροές και πλημμύρες στις κοιλάδες και σε αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων

Ακολουθεί ένας χάρτης που δείχνει τις πραγματικές ζημιές που προκλήθηκαν στην περιοχή μετά την έκρηξη του ηφαιστείου της Αγίας Ελένης το 1980. Τεράστιο όγκο και διαστάσεων λασποροές κατέκλυσαν τις περιοχές κατάντι αν και η ποσότητα του νερού που είχε αποθηκευτεί στο φράγμα Swift είχε μειωθεί, ο τεράστιος όγκος και το μέγεθος του εδάφους αύξησαν τη δεξαμενή του φράγματος κατά 2 μέτρα. Από την άλλη πλευρά, τα ηφαιστειακά σύννεφα έκρηξης έφτασαν στη Νεμπράσκα και τη Ντακότα, ενώ στο Γιακίμα το πάχος της ηφαιστειακής τέφρας έφτασε τα 25 εκ. ενώ

Αξίζει να αναφέρουμε ότι τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS) έχουν σχεδιαστεί για να «υποστηρίζουν τη σύλληψη, τη διαχείριση, τον χειρισμό, την ανάλυση, τη μοντελοποίηση και την εμφάνιση χωρικά αναφερόμενων δεδομένων για τη λύση σύνθετων προβλημάτων σχεδιασμού και διαχείρισης., μπορούν να βοηθήσουν για την πρόβλεψη της δυναμικής των φυσικών φαινομένων που μπορεί να δώσει καλύτερη αποτύπωση πάνω στον σχεδιασμό χρήσης Γης. (Pareschi, M. T., et al 2000)



Εικ. 59 Χάρτης καταστροφών μετά την έκρηξη του ηφαιστίου της Αγίας Ελένης. Έχουν χαρτογραφηθεί ροές πυροκλαστικών, αποθέσεις των λασπορορών, αποθέσεις των πλευρικών εκρήξεων και αποθέσεις ροών κορημάτων. **Πηγή:** USGS.

8.9. Πριν την ηφαιστειακή έκρηξη

Το σημαντικότερο μέτρο που πρέπει να υλοποιηθεί είναι η κατάστρωση ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης, που θα οριοθετεί την επικίνδυνη περιοχή. Αναλυτικότερα, σχεδιάζεται ένας χάρτης της ζώνης κινδύνου γύρω από το ηφαιστειο, ο οποίος μας δείχνει ποιο ή ποια σημεία θα επηρεαστούν από ένα ή περισσότερα καταστροφικά φαινόμενα κατά την έκρηξη. Οι χάρτες αυτοί εμφανίζονται με διαφορετικά χρώματα ανάλογα με το είδος του κινδύνου (Κυριακόπουλος, 2005)). Η εκτιθέμενη περιοχή σε κάποιο είδος κινδύνου μπορεί να χωριστεί σε δύο ή τρεις υποπεριοχές, που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς βαθμούς έντασης της ηφαιστειακής έκρηξης. Ο χάρτης επικίνδυνων περιοχών χρησιμοποιεί επίσης πλήρη ιστορικά και γεωλογικά δεδομένα για να μας καταδείξει τον τρόπο με τον οποίο επηρεάστηκε η περιοχή κατά την προηγούμενη έκρηξη. Αυτοί οι χάρτες κινδύνου βασίζονται σε καθαρά γεωλογικά δεδομένα, δεδομένα από προηγούμενα γεγονότα, τοπογραφικά δεδομένα και μοντέλα πιθανής εξάπλωσης ηφαιστειακών προϊόντων (συμπεριλαμβανομένων μετεωρολογικών παραμέτρων). Για πρακτικούς σκοπούς, όπως π.χ στα σχέδια εκκένωσης, οι υπεύθυνες τοπικές αρχές που επιβαρύνονται με το βάρος της διαχείρισης της έκτακτης ανάγκης μπορούν να διευρύνουν τα όρια κάποιων περιοχών λαμβάνοντας υπόψη τις διαθέσιμες οδούς διαφυγής και τα όρια οικισμού (UNDRO). Τα σχέδια εκκένωσης είναι κάτι που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη. Ο σχεδιασμός εκκένωσης δεν είναι εύκολη υπόθεση. Προϋπόθεση για πετυχημένη έκβαση της είναι ο σωστός σχεδιασμός και η κατάλληλη προετοιμασία. Αρχικά, θα πρέπει να διεξαχθεί απογραφή, εστιάζοντας τουλάχιστον στην περιοχή κινδύνου, η οποία και θα επικαιροποιείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η λίστα δεν θα περιλαμβάνει μόνο τους μόνιμους κατοίκους της περιοχής αλλά και όσους

βρίσκονται εκεί, για εργασία ή άλλους λόγους). Μία άλλη παράμετρος η όποια πρέπει να είναι μέρος της απογραφής, είναι και το ζωικό κεφαλαίο που υπάρχει στις ζώνες ενδιαφέροντος, έτσι ώστε να μπορεί να απομακρυνθεί πιο εύκολα,(ΟCHA). Επιπλέον πρέπει να καταγράφονται τα περιουσιακά στοιχεία και οι εγκαταστάσεις σε επικίνδυνες περιοχές. Η απώλεια ή η καταστροφή τους θα έχει άμεσες συνέπειες για περιοχές και εκτός των ορίων των επικίνδυνων περιοχών, όπως σταθμοί παραγωγής ενέργειας, τηλεφωνικά κέντρα και εργοστάσια.

Το σχέδιο εκκένωσης πρέπει επίσης να περιλαμβάνει σημεία διασποράς και υποδοχής για τους πολίτες, με σκοπό την μετάβαση τους σε ασφαλές μέρος. Πρέπει να δημιουργηθούν εγκαταστάσεις τηλεφωνίας ή ραδιοτηλεοπτικών εκπομπών στο σημείο άφιξης ώστε οι πολίτες να διατηρούν την επικοινωνία. Στις ηφαιστειακές εκρήξεις, οι σκηνές δεν είναι κατάλληλες ως προσωρινά καταφύγια, ειδικά όταν οι σκηνές βρίσκονται κοντά σε περιοχές υψηλού κινδύνου, επειδή καταστρέφονται εύκολα από πτώση τέφρας ή λάβας. Αυτή η επιλογή πρέπει να αποφεύγεται μεμονωμένα ή συλλογικά (UNDRO)

Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στο σχεδιασμό της μεταφοράς εκκένωσης. Εάν υπάρχει αρκετός χρόνος μεταξύ της έναρξης της ηφαιστειακής έκρηξης και της επίσημης ειδοποίησης εκκένωσης, τότε πρόκειται για σταδιακή εκκένωση, όπου παρέχεται η δυνατότητα χρήσης και των προσωπικών οχημάτων από τους ανθρώπους. Ωστόσο, σε περίπτωση ταχείας κλιμάκωσης της ηφαιστειακής δραστηριότητας, η μεταφορά μπορεί να είναι δύσκολη, κυρίως λόγω των προσπαθειών των ανθρώπων για την απόκτηση πρόσβασης στα πλησιέστερα διαθέσιμα μέσα μεταφοράς (UNDRO).

Στην περίπτωση κατά την θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ταχεία εκκένωση, τότε θα πρέπει να είναι εκ των προτέρων γνωστό, το πόσοι άνθρωποι θα κινηθούν με δικά τους οχήματα και να έχει γίνει σοβαρή προετοιμασία, σε σχέση με τον σχεδιασμό προκαθορισμένων δρομολογίων τα οποία θα πρέπει να ακολουθήσουν. Επίσης θα πρέπει να είναι γνωστός στις αρχές ο αριθμός εκείνων που θα χρησιμοποιήσουν μέσα μαζικής μεταφοράς, για να τους προωθήσουν στα προεπιλεγμένα σημεία συγκέντρωσης δημόσιων μεταφορών. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι αρχές θα πρέπει να γνωρίζουν τον αριθμό των διαθέσιμων μέσων μεταφοράς και των οδηγών που θα τα χειριστούν, ορίζοντας τους και τα σημεία παραλαβής των οχημάτων. Τέλος θα πρέπει να φτιαχτεί μια λίστα με φορτηγά και ιδιωτικά λεωφορεία τα οποία εάν χρειαστεί θα επιταχθούν για να καλυφθούν οι ανάγκες μεταφοράς του πληθυσμού (UNDRO).

Τα κτίρια που γειτνιάζουν με περιοχές όπου υπάρχει ενεργή ηφαιστειακή δραστηριότητα πρέπει να είναι κατασκευασμένα από ανθεκτικά υλικά. Επιπλέον, στο σύστημα παροχής νερού, (για να αποφευχθούν τυχόν ζημιές) ο εξοπλισμός και οι αντλίες θα πρέπει να καλυφθούν έτσι ώστε να μην δεισδύουν στάχτες, το ίδιο πρέπει να ισχύσει και για τον εξοπλισμό που σχετίζεται με σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (CDC).

Η εκπαίδευση είναι η θεμελιώδης δράση για τη διαχείριση των ηφαιστειακών καταστροφών και την πρόληψη και αποτροπή δυσάρεστων συνεπειών που προκαλούνται από την άγνοια. Περιλαμβάνει επιστήμονες, εθνικές και τοπικές αρχές, και φυσικά τον πληθυσμό. Οι αρχές πρέπει να δώσουν τις απαραίτητες οδηγίες και οι επιστήμονες να ενημερώσουν σωστά. Η εκπαίδευση εθελοντών παίζει επίσης σημαντικό ρόλο. Σε πολλές χώρες / περιοχές, υπάρχουν επίσης προγράμματα κατάρτισης για μαθητές που μπορούν να εκπαιδευτούν μεμονωμένα (CDC).

8.10. Κατά την διάρκεια της ηφαιστειακής έκρηξης

Με βάση τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, (Γ.Γ.Π.Π.) κατά τη διάρκεια μιας ηφαιστειακής έκρηξης, εάν οι πολίτες βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από την έκρηξη, θα πρέπει να απομακρυνθούν αμέσως και να μετακινηθούν σε μια περιοχή μεγαλύτερου υψομέτρου. Λόγω της ηφαιστειακής έκρηξης, υπάρχει το ενδεχόμενο εμφάνισης ροής λάβας, πυροκλαστικής ροής, και απελευθέρωσης τοξικών αερίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις πολίτες πρέπει να ακολουθούν κατά γράμμα τις οδηγίες εκκένωσης των αρχών για να υπάρχει αποφυγή σύγχυσης και δημιουργίας πανικού (ΓΓΠΠ).

Εάν οι πολίτες έχουν αρκετή απόσταση από την έκρηξη, αλλά παρατηρείται πτώση ηφαιστειακής τέφρας στο σημείο που βρίσκονται, τότε θα πρέπει στην περίπτωση που βρίσκονται σε κλειστό χώρο να αναμείνουν οδηγίες που θα τους δοθούν από την (ΓΓΠΠ) μέσω των μέσων μαζικής ενημέρωσης το διαδίκτυο, ή γραπτών μηνυμάτων για το εάν θα πρέπει να μείνουν προφυλαγμένοι στο κλειστό χώρο που βρίσκονται ή να εκκενώσουν την περιοχή. Κατά την παραμονή τους στους κλειστούς χώρους που βρίσκονται θα πρέπει να κλείσουν όλες τις πόρτες και τα παράθυρα, και σε όσα δεν είναι αεροστεγή, να τοποθετήσουν βρεγμένες πετσέτες με κολλητική ταινία για να εμποδίσουν την είσοδο της τέφρας. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να επιδείξουν εκείνοι οι οποίοι πάσχουν από χρόνια αναπνευστικά προβλήματα (ΧΑΠ, Βρογχίτιδα κ.α) παραμένοντας εντός των κλειστών χώρων και χρησιμοποιώντας μάσκα μιας χρήσεως για να προστατευθούν από την ηφαιστειακή τέφρα που ενδεχομένως έχει εισχωρήσει στον εσωτερικό χώρο. Στην περίπτωση κατά την οποία κάποιος αισθανθεί έντονες ενοχλήσεις η ερεθισμό στη μύτη, τον λαιμό ή τα μάτια, θα πρέπει να απομακρυνθεί άμεσα γιατί πιθανότατα έχει εισπνεύσει ή έχει έρθει σε επαφή με τοξικά αέρια (ΓΓΠΠ).

Εάν οι πολίτες είναι έξω, πρέπει να φορούν μακριά ρούχα, γυαλιά ασφαλείας και μάσκες μίας χρήσης, για να προστατευθούν από την ηφαιστειακή τέφρα. Εάν είναι εφικτό θα πρέπει να βρουν ένα στεγασμένο χώρο για να προφυλαχθούν, ενώ σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει τουλάχιστον να βρουν ένα τρόπο να καλύψουν το κεφάλι από την πτώση του ηφαιστειακού υλικού. Σε περίπτωση ηφαιστειακής έκρηξης θα πρέπει να αποφεύγονται οι μετακινήσεις με αυτοκίνητο. Η ηφαιστειακή τέφρα εισχωρώντας στους κινητήρες δημιουργεί προβλήματα σε σημείο που το όχημα μπορεί να ακινητοποιηθεί. Σε εκείνη όμως την περίπτωση που δεν γίνεται διαφορετικά θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί λόγω της ολισθηρότητας που προκαλεί στον δρόμο η τέφρα, να έχουν ανεβασμένα τα παράθυρα, να μην κάνουν χρήση του κλιματιστικού, να ρίχνουν άφθονο νερό στους υαλοκαθαριστήρες και να χρησιμοποιούν τους προβολείς ομίχλης. Επίσης εκείνοι που ζουν σε παραθαλάσσιες περιοχές θα ήταν καλό να απομακρυνθούν και να μετακινηθούν ψηλότερα γιατί ελλοχεύει ο κίνδυνος δημιουργίας Τσουνάμι λόγω της ηφαιστειακής έκρηξης. (ΓΓΠΠ).

Κατά τη διάρκεια ή μετά την εκκένωση, οι ενέργειες της ομάδας αναζήτησης είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την αντιμετώπιση των ηφαιστειακών καταστροφών. Μερικοί άνθρωποι που ζουν ή εργάζονται σε επικίνδυνες περιοχές μπορεί να μην είναι σε θέση να εμφανιστούν σε ασφαλές σημείο συγκέντρωσης. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητο να οργανωθούν επιχειρήσεις για τον εντοπισμό τους. Επίσης μπορεί να υπάρχουν άνθρωποι οι οποίοι δεν αντιμετωπίζουν κάποιο πρόβλημα που σχετίζεται άμεσα με την ηφαιστειακή δραστηριότητα, αλλά εμμέσως να επηρεάζονται από αυτή π.χ οι ροές λάβας ή οι λασποροές μπορεί να έχουν καταστρέψει τους δρόμους, με αποτέλεσμα τον εγκλωβισμό τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ενδέχεται να χρειαστεί η από αέρος ή δια θαλάσσης αποστολή ομάδων αναγνώρισης, μόλις οι συνθήκες το επιτρέψουν, για την προμήθεια τροφίμων ή διάσωσης (UNDRO).

Τα νοσοκομεία και τα κέντρα Υγείας και πρώτων βοηθειών αποτελούν πολύ σημαντικό κομμάτι στην αντιμετώπιση αυτών των καταστροφών. Εάν είναι επανδρωμένα με ικανό αριθμό ιατρών, νοσηλευτών, τεχνολόγων και διοικητικών υπάλληλων, οι οποίοι θα υποστηρίζονται από τον ανάλογο υλικοτεχνικό εξοπλισμό τότε θα σωθούν πολλές ανθρώπινες ζωές. Τα περιστατικά τα οποία θα κληθούν να αντιμετωπίσουν λόγω της ηφαιστειακής έκρηξης θα είναι εκδορές, μώλωπες, κατάγματα αλλά και σημαντικότερα όπως είναι εγκαύματα ή αναπνευστικά προβλήματα. (UNDRO).

8.11.Μετά την ηφαιστειακή έκρηξη

Η Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας συμβουλεύει τους πολίτες να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί μετά την έκρηξη ηφαιστείου. Ως εκ τούτου, η πρώτη οδηγία είναι να παραμένουν σε εσωτερικούς χώρους, ειδικά στην περίπτωση χρόνιων αναπνευστικών ασθενειών. Η δεύτερη οδηγία είναι να συνεχίσουν να φοράνε προστατευτικά γυαλιά και μάσκες μίας χρήσης. Η τρίτη οδηγία είναι να συνεχίσουν να φοράνε μακριά ρούχα και η τέταρτη οδηγία είναι να αφαιρέσουν από τις στέγες των σπιτιών την ηφαιστειακή τέφρα. Τέλος, η πέμπτη οδηγία για την προστασία των πολιτών είναι ο καθαρισμός του εξωτερικού και του εσωτερικού των σπιτιών από την ηφαιστειακή τέφρα. Μία από τις πρώτες λειτουργίες που μπορούν να εκτελεστούν είναι ο καθαρισμός της τέφρας από τα κτήρια και τα οχήματα. Πρέπει επίσης να ληφθούν προστατευτικά μέτρα, καθώς η στάχτη είναι ιδιαίτερα γλιστερή και μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό, καθώς και να επηρεάσει αρνητικά το αναπνευστικό σύστημα. Η ξηρή τέφρα μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα από τον αέρα με πινέλο ενώ η υγρή τέφρα χρειάζεται νερό υψηλής πίεσης ή καθαρισμό με τα χέρια για να αφαιρεθεί. Για την αφαίρεση της τέφρας, είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί αποιονισμένο νερό, το οποίο όμως είναι σπάνιο σε τέτοιες περιπτώσεις (ΓΓΠΠ).

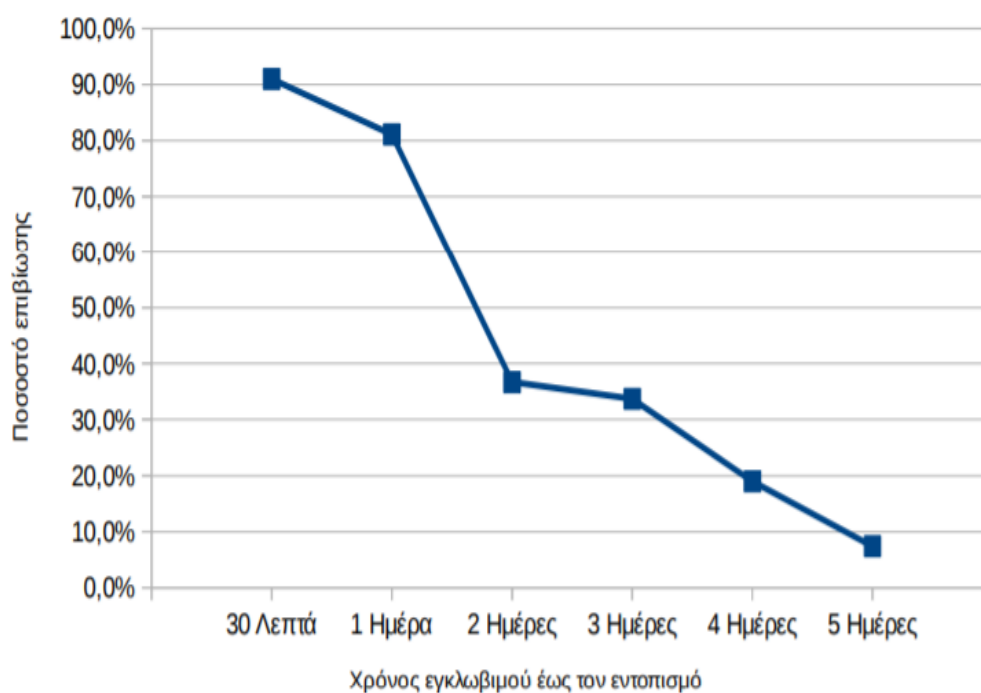
Το σύστημα παρακολούθησης θολότητας και οξύτητας του νερού πρέπει να τεθεί σε λειτουργία το συντομότερο δυνατό, έτσι ώστε όταν οι τιμές υπερβούν το επιτρεπόμενο όριο, η παροχή νερού θα διακοπεί αμέσως. Ο συχνός καθαρισμός και η αντικατάσταση των φίλτρων μπορούν να λύσουν το πρόβλημα της υψηλής θολότητας. Οι άνθρωποι στις πληγείσες περιοχές μπορούν να βράσουν το νερό πριν από τη χρήση, αλλά παρόλα αυτά, να μην είναι κατάλληλο επειδή μπορεί να περιέχει ανόργανες και οργανικές ουσίες που υπάρχουν στην τέφρα. Μετά την επαναφορά της τιμής στο κανονικό επίπεδο (CDC), μπορεί να γίνει επανεκκίνηση του δικτύου. Μετά την έκρηξη, οι αρχές θα πρέπει να είναι έτοιμες να αντιμετωπίσουν τα μετα-φαινόμενα, διότι ενδέχεται να προκύψουν πλημμύρες, κατολισθήσεις από βράχους και λάσπη, διακοπές ρεύματος και πυρκαγιές. Εδώ, πρέπει να θεωρηθεί ότι ο κίνδυνος δεν έχει περάσει, και πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα για την προστασία των πολιτών, οι οποίοι δεν θα πρέπει να είναι εφησυχασμένοι (UNDRO).

Μετά από μια έκρηξη, είναι καλύτερο να αποφύγετε την έξοδο από το σπίτι ή το καταφύγιο. Σε κάθε περίπτωση, είναι καλύτερο να διακόψετε την παροχή ρεύματος, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα τροφοδοσίας. Μετά την έκρηξη του ηφαιστείου και την απελευθέρωση τοξικών αερίων, οι πολίτες θα πρέπει να αποφεύγουν να πλησιάζουν το ηφαίστειο. Η τέφρα πρέπει να αφαιρεθεί προσεκτικά το συντομότερο δυνατόν, από τις οροφές των κτηρίων επειδή το βάρος της μπορεί να προκαλέσει την κατάρρευση τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε ευάλωτες ομάδες, όπως οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά, οι έγκυες γυναίκες και τα άτομα με ειδικές ανάγκες, και πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε άτομα με αναπνευστικές δυσκολίες. Ειδικότερα οι τελευταίοι

πρέπει να παραμείνουν σε χώρο ο οποίος θα τους προστατέψει από την πτώση της ηφαιστειακής τέφρας (ΓΓΠΠ)

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι ηφαιστειακοί σεισμοί οι οποίοι μπορεί να κάνουν την εμφάνιση τους, είτε ως πρόδρομα φαινόμενα , είτε κατά την διάρκεια, είτε και μετά από την ηφαιστειακή έκρηξη, (αν και τις περισσότερες φορές δεν είναι ιδιαίτερα ισχυροί), κάποιες φορές μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα τέτοια που να οδηγήσουν σε κατάρρευση κτηρίων και εγκλωβισμό ανθρώπων μέσα στα συντρίμια τους.. Σε αυτές τις περιπτώσεις η πιθανότητα επιβίωσης ενός παγιδευμένου ατόμου μειώνεται γρήγορα και συνεπώς είναι υψίστης σημασίας η όσο το δυνατό συντομότερο αντιμετώπιση του προβλήματος. Το σύστημα ταξινόμησης ομάδας INSARAG USAR είναι σχεδιασμένο για να διασφαλίζει ότι οι χώρες που θα βοηθήσουν σε αυτό το τομέα στέλνουν ομάδες με τις απαιτούμενες δεξιότητες και εξοπλισμό.

Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται το ποσοστό ζωντανών θυμάτων ως προς το χρόνο εντοπισμού τους. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε τα ποσά είναι αντιστρόφως ανάλογα, με αποτέλεσμα όσο ο χρόνος περνάει να μειώνονται τα ποσοστά επιβίωσης. Αυτός είναι και ο λόγος που η πρώτη μέρα μετά τον σεισμό ονομάζεται Χρυσή Ημέρα Επιβίωσης (Golden Day of Survival) (Κάκουρος, Χ. 2015)



Διάγραμμα 8 Ποσοστό ζωντανών θυμάτων ως προς το χρόνο εντοπισμού τους
Πηγή: <https://www.google.com/search?q=Golden+Day+of+Survival&sxsrf>

8.12. Ευαισθητοποίηση του κοινού

Στις μέρες μας διαθέτουμε υψηλού επιπέδου τεχνολογία, η οποία συνδυαζόμενη με την τεχνογνωσία εξειδικευμένων επιστημόνων, μπορεί να μας δώσει την δυνατότητα να εκτιμήσουμε με πολύ αποτελεσματικό τρόπο, τους κινδύνους που πηγάζουν από την δράση κάποιου ηφαιστείου. Παρατηρώντας έτσι τα πρόδρομα φαινόμενα κάποιου ηφαιστείου, είμαστε σε θέση να συλλέξουμε τέτοιες πληροφορίες, που θα μας βοηθήσουν προς την καλύτερη αντιμετώπιση των κινδύνων που μπορεί να προκληθούν από μία ηφαιστειακή έκρηξη. Παρόλα αυτά όσο έγκαιρη και έγκυρη να είναι μια πληροφορία, εάν δεν επικοινωνηθεί με τον σωστό τρόπο στις κοινωνίες, (ειδικότερα στους ανθρώπους εκείνων των κοινωνιών των οποίων οι άνθρωποι ζουν και εργάζονται σε περιοχές αυξημένου ηφαιστειακού κινδύνου) τότε τα κέρδη θα είναι ιδιαίτερα περιορισμένα.

Για αυτό το λόγο οι αρμόδιες αρχές θα πρέπει να οργανώνουν εκστρατείες ενημέρωσης (είτε σε εθνικό, είτε σε τοπικό επίπεδο) με σκοπό την ενημέρωση του γενικού πληθυσμού σχετικά με τους κινδύνους που ελλοχεύουν, υστέρη από μια ηφαιστειακή έκρηξη. Έτσι ώστε οι ενημερωμένοι πολίτες με την σειρά τους να κάνουν όλες εκείνες τις ενέργειες που απαιτούνται, οι οποίες συνδυαζόμενες με τις δράσεις της πολιτείας θα μετριάσουν τα καταστροφικά αποτελέσματα και το κυριότερο θα περιορίσουν τις ανθρώπινες απώλειες.

Αυτές οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- Οργάνωση τοπικών και διεθνών συνεδρίων με θέμα τον ηφαιστειακό κίνδυνο.
- Οργάνωση επιμορφωτικών σεμιναρίων για το ευρύ κοινό πάνω σε θέματα τα οποία αφορούν τον ηφαιστειακό κίνδυνο.
- Κατάρτιση σχεδίων έκτακτης ανάγκης από διεπιστημονικές ομάδες σε συνεργασία με τους πολίτες περιοχών που υπάρχει ο ηφαιστειακός κίνδυνος.
- Προετοιμασία φυλλαδίων, χαρτών κινδύνου video και εγχειρίδιων ενημέρωσης σε σχέση με οδηγίες για την συμπεριφορά μας, σε όλες τις φάσεις εξέλιξης της ηφαιστειακής έκρηξης, (πριν, κατά την διάρκεια και μετά).
- Ενημερώσεις των τοπικών αρχών και των κατοίκων για τους ενδεχόμενους κινδύνους από τα ηφαίστεια που βρίσκονται στην περιοχή τους.
- Διοργάνωση εκπαιδευτικών εκδρομών στα ηφαίστεια από ειδικούς επιστήμονες για την εκπαίδευση και ενημέρωση του κοινού.
- Εκπαίδευση και ενημέρωση των μαθητών στους σχολικούς χώρους σε θέματα τα οποία αφορούν τους ηφαιστειακούς κινδύνους και τους τρόπους αντιμετώπισης τους.
- Συνεργασία με τα τηλεοπτικά κανάλια και τους ραδιοφωνικούς σταθμούς. με στόχο την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών για ζητήματα που αφορούν τους ηφαιστειακούς κινδύνους.

Η γνώση και η εκπαίδευση των πολιτών γύρω από τα ζητήματα που αφορούν τα ηφαίστεια και τους κινδύνους που απορρέουν από αυτά, θα τους οδηγήσει στο να κάνουν τις σωστές ενέργειες σε μία περίοδο κρίσης (Λέκκας, Ε., & Ανδρεαδάκης., 2015).

8.13.Επίλογος

Όταν αναφερόμαστε στην έννοια του κινδύνου στην ουσία αναφερόμαστε σε ένα επικίνδυνο φαινόμενο, ουσία, μία ανθρώπινη δραστηριότητα ή κατάσταση που μπορεί να προκαλέσει απώλεια ζωής, τραυματισμό ή άλλες επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία, υλικές ζημιές, απώλεια των μέσων διαβίωσης και των υπηρεσιών, κοινωνική και οικονομική αναστάτωση, ή περιβαλλοντική ζημία. Ο κίνδυνος από μόνος του δεν συνεπάγεται αυτόματα και εμφάνιση καταστροφικού γεγονότος.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η εκδήλωση ενός γεγονότος όσο και δυναμική ή εντυπωσιακή είναι δεν σημαίνει ότι θα εξελιχθεί κατ'ανάγκη σε καταστροφή. Έτσι ένας σεισμός ο οποίος λαμβάνει χώρα σε μια κατοικημένη περιοχή, μπορεί ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του, να εξελιχτεί σε μεγάλη καταστροφή. Αντίθετα εάν το συμβάν εξελιχτεί σε μια έρημη και απομονωμένη περιοχή, τότε δεν μιλάμε σε καμία περίπτωση για καταστροφή. Σε οποιαδήποτε περίπτωση δεν μπορεί να μιλάμε για ύπαρξη καταστροφικού γεγονότος, χωρίς να επηρεάζεται η ανθρώπινη δραστηριότητα.

Οι επιπτώσεις της καταστροφής μπορεί να είναι υλικοτεχνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές, αλλά ακόμη και σε επίπεδο τραυματισμών η και απώλειας ανθρωπίνων ζωών. Οι απώλειες σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι τόσο εκτεταμένες, ώστε να ξεπερνούν τις δυνάμεις των κοινωνιών για να ανταπεξέλθουν μόνες τους.

Η Τρωτότητα και Ευπάθεια μιας περιοχής, στην οποία εκδηλώνεται μια καταστροφή, σε συνδυασμό με την δυνατότητα της πληγείσας περιοχής για ανάκαμψη, είναι εκείνα τα στοιχεία τα οποία θα καθορίσουν και το μέγεθος της

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις ανήκουν στις φυσικές καταστροφές και αν και προκαλούν ιδιαίτερο δέος στον άνθρωπο σε σχέση με τον τρόπο εκδήλωσής τους (Ροές λάβας, ηφαιστειακές βόμβες, Πυροκλαστική δραστηριότητα, δηλητηριώδη αέρια, λασποροές, ηφαιστειακοί σεισμοί, τσουνάμι) στην πραγματικότητα τοποθετώντας τις στην παγκόσμια κλίμακα καταστροφικών επιπτώσεων από πλευράς φυσικών καταστροφών παρατηρούμε ότι με βάση τα στοιχεία των παγκόσμιων βάσεων δεδομένων καταλαμβάνουν την τελευταία θέση, με πρώτες να απαντούμε τις καταιγίδες, σεισμούς/Tsunamis, πλημμύρες, ξηρασίες, τυφώνες ακραίες θερμοκρασίες .

Αυτό φυσικά δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να μας παραπλανεί σε σχέση με την σοβαρότητα των άμεσων ή εμμέσων καταστροφικών αποτελεσμάτων/επιπτώσεων τα οποία προκαλούνται από αυτές, Τα οποία προϊόντος του χρόνου αυξάνονται αφού όλο και μεγαλύτερος αριθμός ανθρώπων , εγκαθίσταται ή εργάζεται σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε ηφαίστεια. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι ηφαιστειακές εκρήξεις κατά τους προϊστορικούς χρόνους υπήρξαν τόσο έντονες που ολόκληρα είδη εξαφανίστηκαν από τον πλανήτη. Και εάν σήμερα συμβούν ανάλογης έντασης και μεγέθους ηφαιστειακές εκρήξεις όπως τότε, θα μιλάμε για μία τεράστια πρόκληση για την ανθρωπότητα.

Οι επιπτώσεις των ηφαιστειακών εκρήξεων χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς με τις πρώτες να έχουν άμεσα αποτελέσματα επηρεάζοντας την περιοχή που γειτνιάζει στην εκδήλωση της έκρηξης. και τις δεύτερες να προκαλούν πιο μακροπρόθεσμα προβλήματα. ή να επηρεάζουν ανθρώπους οι οποίοι βρίσκονται εκατοντάδες ή και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Οι ηφαιστειακές εκρήξεις λοιπόν αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για τον άνθρωπο άμεσα ή έμμεσα, επειδή σειρά καταστροφικών γεγονότων μπορεί να προκληθούν εξαιτίας τους, σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας (Υγεία, Οικονομία, Πολιτισμός και Περιβάλλον).

Από τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε ότι η γνώση και βαθειά κατανόηση για τον τρόπο που εκδηλώνεται η ηφαιστειακή δραστηριότητα (μηχανισμός ηφαιστειακής έκρηξης, τύποι ηφαιστείων, ηφαιστειακών εκρήξεων, πυροκλαστικά προϊόντα κ.α) είναι νευραλγικής σημασίας για να μπορέσουμε να οργανώσουμε σχέδια δράσης, για την αντιμετώπιση των καταστροφικών αποτελεσμάτων τους.

Για να αναχαιτίσουμε λοιπόν τις αρνητικές συνέπειες των ηφαιστειακών εκρήξεων θα πρέπει να:

- Προβλέψουμε την ηφαιστειακή δραστηριότητα, μελετώντας το ιστορικό εκρηκτικότητας του ηφαιστείου και τις τρέχουσες συνθήκες του.
- Παρακολουθώντας την εξέλιξη των πρόδρομων φαινομένων που δίνει συνήθως πριν από την εκδήλωση μιας έκρηξης (χρησιμοποιώντας επίγεια η διαστημικά μέσα για την παρατήρηση του).
- Με βάση τα στοιχεία που έχουμε στην διάθεση μας θα πρέπει έπειτα από συνεργασία των υπεύθυνων κρατικών φορέων και των επιστημόνων, να καταρτιστούν σχέδια που θα καθορίζουν τα επίπεδα κινδύνου (ηφαιστειακή χωροθέτηση –ζωνοποίηση) και να σχεδιαστούν δράσεις για την προστασία και εκκένωση των πολιτών από τις επικίνδυνες περιοχές (σε όλες τις φάσεις της ηφαιστειακής έκρηξης, πριν ,μετά και κατά την διάρκεια).
- Θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τους κατάλληλους πόρους για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που θα προκύψουν, όπως μονάδες εγκαυμάτων στα νοσοκομεία με το κατάλληλο προσωπικό και ιατροτεχνολογικό εξοπλισμό ,ομοίως πνευμονολογικών κλινικών, ή κατάλληλα εκπαιδευμένες ομάδες διάσωσης που θα δράσουν είτε κατά την διάρκεια είτε μετά από την έκρηξη.
- Βασική προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία όλων των παραπάνω είναι η συστηματική εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση του μαζικού πληθυσμού, έτσι ώστε σε ενδεχόμενη ηφαιστειακή έκρηξη να ξέρει πώς να κινηθεί και να συνεργαστεί με τις αρμόδιες αρχές.

Θα πρέπει να γίνει κατανοητό από όλους μας ότι δεν μπορούμε να σταματήσουμε την φύση και τον τρόπο με τον οποίο εκφράζεται, αλλά πρέπει να τρέφουμε βαθύ σεβασμό για αυτή ,και να προσπαθούμε συνυπάρξουμε μαζί της με τρόπο που δεν την προκαλεί και ταυτόχρονα μας προστατεύει.

Βιβλιογραφία

1. Afp, T., & Barr, G.-. (1998). W Eekly E Pidemiological R Ecord. Free Radical Biology & Medicine, 52(16), 113–120.
2. Amani, F., Ahari, S. S., Barzegari, S., Hassanlouei, B., Sadrkibir, M., & Farzaneh, E. (2015). Analysis of relationships between altitude and distance from volcano with Stomach Cancer incidence using a geographic information system. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 16(16), 6889–6894. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2015.16.16.6889>
3. American Geophysical Union, (1992), Volcanism and climate change, AGU Special Report, American Geophysical Union, Washington, DC.
4. Ανδρεαδάκης Ε., Λέκκας Ε., (2015), Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Διαχείριση Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων, Μάθημα Α-01 «Εισαγωγή στη Θεωρία της Διαχείρισης Καταστροφών και Κρίσεων», Αθήνα
5. Baxter 2017 ,, Jenkins, S., Seswandhana, R., Komorowski, J.C., Dunn, K., Purser, D., Voight, B., Shelley, I. (2017). Human survival in volcanic eruptions: Thermal injuries in pyroclastic surges, their causes, prognosis and emergency management. Burns. Aug;43(5):1051-1069.
6. Blong, R. J., Grasso, P., Jenkins, S. F., Magill, C. R., Wilson, T. M., McMullan, K., & Kandlbauer, J. (2017). Estimating building vulnerability to volcanic ash fall for insurance and other purposes. Journal of Applied Volcanology, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s13617-017-0054-9>
7. Bohle, H.G., Downing, T.E. & Watts, M.J. (1994). Climate change and social vulnerability: the sociology and geography of food insecurity. Global Environmental Change, 4, 37-48
8. Brown, S.K., Crosweller, H.S., Sparks, R.S.J., Cottrell, E., Deligne, N.I., Guerrero, N.O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S.C., Siebert, L., Takarada, S., 2014. Characterisation of the quaternary eruption record: analysis of the large magnitude explosive volcanic eruptions(LaMEVE) database. J. Appl. Volcanol. 3, 5.
9. Burton, M., Allard, P., Muré, F., & La Spina, A. (2007). Magmatic gas composition reveals the source depth of slug-driven strombolian explosive activity. Science (New York, N.Y.), 317(5835), 227–230. <https://doi.org/10.1126/science.1141900>
10. Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. Progress in Human Geography, 20(4), 529–539. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>

11. Davis, U. ο. (2008). Volcanic Eruption Of 1600 Caused Global Disruption. (Ανάκτηση 6-1-2020, από <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/04/080423135236.htm>).
12. de Silva, Shanaka L. (June 1998). "Global influence of the AD 1600 eruption of Huaynaputina, Peru". *Nature*. **393** (6684): 455–458. [Bibcode:1998Natur.393..455D](#). [doi:10.1038/30948](#). [ISSN 1476-4687](#).
13. Διεθνές Συνέδριο για την Εκπαίδευση και το Περιβάλλον. 1972 (16-21 Οκτωβρίου): Γαλλία, (στο Aix-en-Provence) http://dipe.pie.sch.gr/ypperpi/genika/istoriko_plaisio_pe.htm
14. Duntas, L.H., Doumas, C. (2009). The 'rings of fire' and thyroid cancer. *Hormones* (Athens). 2009 Oct-Dec;8(4):249-53.
15. Durand, M., Florkowski, C., George, P., Walmsley, T., Weinstein, P., & Cole, J. (2004). Elevated trace element output in urine following acute volcanic gas exposure. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 134(1–2), 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.01.007>
16. Feibel, C.S., 1999. Tephrostratigraphy and geological context in paleoanthropology. *Evolutionary Anthropology* 8 (3), 87e100.
17. Fishwick, D., Bradshaw, L.M., D'Souza, W., Town, I., Armstrong, R., Pearce, N., Crane, J., 1997. Chronic bronchitis, shortness of breath, and airway obstruction by occupation in New Zealand. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 156, 1440–1446
18. Floor, G.H., Iglesias, M., Román-Ross, G., Corvini, P.F., Lenz, M. (2011). Selenium speciation in acidic environmental samples: application to acid rain-soil interaction at Mount Etna volcano. *Chemosphere*. Sep;84(11):1664-70.
19. Gathorne-Hardy, F. J., & Harcourt-Smith, W. E. H. (2003). The super-eruption of Toba, did it cause a human bottleneck? *Journal of Human Evolution*, 45(3), 227–230. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(03\)00105-2](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(03)00105-2)
20. Gislason, S. R., Hassenkam, T., Nedel, S., Bovet, N., Eiriksdottir, E. S., Alfredsson, H. A., Hem, C. P., Balogh, Z. I., Dideriksen, K., Oskarsson, N., Sigfusson, B., Larsen, G., & Stipp, S. L. S. (2011). Characterization of Eyjafjallajökull volcanic ash particles and a protocol for rapid risk assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(18), 7307–7312. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015053108>
21. Gutscher, M.-A. (2005). Destruction of Atlantis by a great earthquake and tsunami? A geological analysis of the Spartel Bank hypothesis. *Geology*. Ανακτήθηκε από <http://geology.gsapubs.org/content/33/8/685.abstract>

22. Hanlon M. (2010). How we could ALL be victims of the volcano... and why we must hope for rain to get rid of the ash, Daily Mail.
23. Hansell A., Horwell C., Oppenheimer C. (2006). The health hazards of volcanoes and geothermal areas. *Occupational & Environmental Medicine*. 63:2. pp 149-156.
24. (Heggie, T. W. 2009). Geotourism and volcanoes: Health hazards facing tourists at volcanic and geothermal destinations. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 7(5), 257–261. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2009.06.002>
25. Herbarth, O., Fritz, G., Krumbiegel, P., Diez, U., Franck, U., & Richter, M. (2001). Effect of sulfur dioxide and particulate pollutants on bronchitis in children - A risk analysis. *Environmental Toxicology*, 16(3), 269–276. <https://doi.org/10.1002/tox.1033>
26. Hoblitt, M. S. (1987). Volcanic Hazards with Regard to Siting Nuclear-Power Plants in the Pacific Northwest. USGS Open-File Report.
27. James K. Mitchell (1988) Confronting Natural Disasters: An International Decade for Natural Hazard Reduction U.S. National Research Council, Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 30:2, 25-29, DOI: 10.1080/00139157.1988.9930878
28. Irasema A., (2002), Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, *Geomorphology* 47, p. 107-124
29. Izdebski, Adam; Mordechai, Lee; White, Sam (1 June 2018). "The Social Burden of Resilience: A Historical Perspective". *Human Ecology*. 46 (3): 298. doi:10.1007/s10745-018-0002-2. ISSN 1572-9915. PMC 6015616. PMID 29997408.
30. Καρύμπαλης, Ε. (2014). Σημειώσεις, Φυσικές Διεργασίες Κίνδυνοι και Καταστροφές, Ηφαιστειότητα.
31. Kirmayer, L. J. (2010). Culture and Mental Health in Haiti: A Literature Review 2010 Department of Mental Health and Substance Abuse Mental Health, Disabilities and Rehabilitation Unit. Geneva: WHO.
32. Κισκύρας Δ. (1993). Η Ελληνική Γεωλογική Εταιρία τα τελευταία 40 χρόνια και η συμβολή των Ελλήνων Γεωλόγων στην αναπτυξιακή προσπάθεια της χώρας. Ειδικές δημοσιεύσεις της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, 2, 17-29
33. Κυριακόπουλος, Κ. (2014). Ηφαιστειολογία. ΕΚΠΑ, Αθήνα.

34. Κυριακόπουλος, Κ. (2017). Ηφαίστεια και Ηφαιστειακός. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Διαχείριση Περιβάλλοντος Καταστροφών και κρίσεων
35. Latter, J. H. (1981). Tsunamis of volcanic origin: Summary of causes, with particular reference to Krakatoa, 1883. *Bulletin Volcanologique*, 44(3), 467–490. <https://doi.org/10.1007/BF02600578>
36. Λέκκας Ε. και Ανδρεαδάκης Ε. (2015), Γεωδυναμικές Καταστροφές, ΕΚΠΑ
37. Λέκκας Σπύρος & Δερμιτζακης Μιχαήλ (2010). ΔΙΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΗ ΓΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ (1st ed.). ΑΘΗΝΑ.
38. Λέκκας, Ε. (2000). Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές, Access Press, Αθήνα
39. Lee, Harry F.; Zhang, David D.; Fei, Jie (2016). "1600 AD Huaynarputina Eruption (Peru), Abrupt Cooling, and Epidemics in China and Korea". *Advances in Meteorology*. 2016: 1–12. doi:10.1155/2016/3217038.
40. MCKENZIE, D. Plate Tectonics of the Mediterranean Region. *Nature* 226, 239–243 (1970). <https://doi.org/10.1038/226239a0>
41. McNutt, S.R., 1996. Seismic monitoring and eruption forecasting of volcanoes: a review of the state-of-the-art and case histories. In: Scarpa, R., Tilling, R. (Eds.), *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards*. Springer, Berlin, pp. 99-146
42. McNutt S.R.; Williams E. (2010). Volcanic lightning: global observations and constraints on source mechanisms. *Bulletin of Volcanology*. 72. pp 1153
43. Meng, Z., Qin, G., Zhang, B., Geng, H., Bai, Q., Bai, W., & Liu, C. (2003). Oxidative damage of sulfur dioxide inhalation on lungs and hearts of mice. *Environmental Research*, 93(3), 285–292. [https://doi.org/10.1016/S0013-9351\(03\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0013-9351(03)00045-8)
44. Miles, M.G., Grainger, R.G., Highwood, E.J. (2004). Volcanic Aerosols: The significance of volcanic eruption strength and frequency for climate. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 130 (602): 2361–2376
45. Μουζάκης, Γ. (2017). Τεχνολογικές Και Natech Καταστροφές. 70.
46. Newhall, C.G. and Self, S. (1982) The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate for explosive magnitude for historic volcanism. *J. Geophys. Res.* 87 : 1231-1238
47. Oudin, A., Carlsen, H. K., Forsberg, B., & Johansson, C. (2013). Volcanic ash and daily mortality in Sweden after the Icelandic volcano eruption of may 2011. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12),6909-6919. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126909>

48. Pareschi, M. T., Cavarra, L., Favalli, M., Giannini, F., & Meriggi, A. (2000). GIS and volcanic risk management. *Natural Hazards*, 21(2–3), 361–379. <https://doi.org/10.1023/a:1008016304797>
49. Παπασταύρου, Α., Γούπος, Θ., 2007 Φυσικό περιβάλλον University Studio Press Θεσσαλονίκη 2007
50. Pelling, M. (2003) ,The Vulnerability of Cities: Natural disasters and social resilience", Earthscan Publication Ltd, London.
51. Piřa, J., Adamčik, F., Korba, P., & Antořko, M. (2014). Safety Hazard and Risk in Slovak Aviation Regulations. *Nase More*, 61(1–2), 27–30.
52. Riede, F. (2016). Volcanic activity and human society. *Quaternary International*, 394, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.090>
53. Riede, F. (2019). Doing palaeo-social volcanology: Developing a framework for systematically investigating the impacts of past volcanic eruptions on human societies using archaeological datasets. *Quaternary International*, 499, 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.027>
54. Robock A. (2000). Volcanic eruptions and climate. *Reviews of Geophysics* 38:2. pp 191-219
55. Rosewell, A., Clark, G., Mabong, P., Ropa, B., Posanai, E., Man, N. W. Y., Dutta, S. R., Wickramasinghe, W., Qi, L., Ng, J. C., Mola, G., Zwi, A. B., & MacIntyre, C. R. (2013). Concurrent outbreaks of cholera and peripheral neuropathy associated with high mortality among persons internally displaced by a volcanic eruption. *PloS One*, 8(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072566>
56. Saldaña - Zorrilla, S. O. (2008). Stakeholders' views in reducing rural vulnerability to natural disasters in Southern Mexico: Hazard exposure and coping and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 18(4), 583–597. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.09.004>
57. Σαπουντζάκη, Κ. (Επιμελήτης) (2007), « Το αύριο εν κινδύνω: Φυσικές και Τεχνολογικές καταστροφές στην Ευρώπη και την Ελλάδα». Αθήνα: Gutenberg
58. Schmid, R. (1981). Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments. *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie, Monatshefte*, July 1980, 190–196. <https://doi.org/10.1007/bf01822152>
59. Schimmelmann, Arndt; Zhao, Meixun; Harvey, Colin C.; Lange, Carina B. (20 January 2017). "A Large California Flood and Correlative Global Climatic

- Events 400 Years Ago". *Quaternary Research*. 49 (1): 51–61. doi:10.1006/qres.1997.1937.
60. Self, S., 2006. The effects and consequences of very large explosive volcanic eruptions. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 364 (1845), 2073e2097.
61. Sifakas, N. M., Vermeire, P., Pride, N. B., Paoletti, P., Gibson, J., Howard, P., Yernault, J. C., Decramer, M., Higenbottam, T., Postma, D. S., & Rees, J. (1995). Optimal assessment and management of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *European Respiratory Journal*, 8(8), 1398–1420. <https://doi.org/10.1183/09031936.95.08081398>
62. Small, C., Naumann, T., 2001. The global distribution of human population and recent volcanism. *Environmental Hazards* 3 (3/4), 93e109.
63. Taghizadeh, Z., Khoshnam Rad, M., Montazeri, A., 2017. Basic educational needs of midwifery students for taking the role of an assistance in disaster situations: A cross-sectional study in Iran. *Nurse Educ. Today* 51, 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.01.010>
64. Trevisanato, S.I. (2006). Treatments for burns in the London Medical Papyrus show the first seven biblical plagues of Egypt are coherent with Santorini's volcanic fallout. *Med Hypotheses* 66(1):193-6
65. Trevisanato, S.I. (2012) Medical papyri show the effects of the Santorini eruption heavily influenced the development of ancient medicine. *Am J Disaster Med. Winter*;7(1):73-80.
66. van der Meijde, M., van der Lee, S., & Giardini, D. (2003). Crustal structure beneath broad-band seismic stations in the Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 152(3), 729–739. <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2003.01871.x>
67. UNISDR. (2010). United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Secretariat Evaluation. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, February, 92. https://www.unisdr.org/files/12659_UNISDRevaluation2009finalreport.pdf
68. Wallace-Hadrill, A. (2011). The monumental centre of Herculaneum: In search of the identities of the public buildings. *Journal of Roman Archaeology*, 24, 121-160. doi:10.1017/S1047759400003330
69. Walker, G.P.L. (1980) The Taupo pumice: product of the most powerful known (ultraplinian) eruption? *J.Volcanol. Geotherm. Res.* 8 :69-94

70. Wilhite, D. A. (2000). Chapter1 Drought as a Natural Hazard. *Drought: A Global Assessment*, 1, 3–18.
71. Williams, H. and McBirney, A.R. 1979: *Volcanology*. San Francisco: Freeman, Cooper and Company. 397 pp.. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. <https://doi.org/10.1177/030913338100500318>
72. Williams G., (2012). *Volcanic Ash: More Than Just A Science Project*. *Geology and Human Health*.
73. World Health Organization, Report of the First Meeting of the Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group; WHO: Geneva, Switzerland, 2010; pp. 1–40.
74. Yang Z., Ning L., Wenxiang W., Jidong W., Peijun S., (2014), Local Spatial and Temporal Factors Influencing Population and Societal Vulnerability to Natural Disasters, *Risk Analysis*, Vol.: 34, No.:4
75. Yokoyama, I. (1988). Seismic energy releases from volcanoes. *Bulletin of Volcanology*, 50(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/BF01047504>
76. Zeballos, J.L., Meli, R., Vilchis, A., Barrios, L. (1996) The effects of volcanoes on health: preparedness in Mexico *World Health Stat Q.* 49(3-4):204-8.
77. Zobin, V. M. (2001). Seismic hazard of volcanic activity. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 112(1–4), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(01\)00230-X](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(01)00230-X)

Διαδικτυακές αναφορές

1. United States International Trade Commission
<https://www.usitc.gov/>
2. British Broadcasting Corporation – BBC
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8634147.stm>
3. IUGS - International Union of Geological Sciences
<https://www.iugs.org/>
4. British Airways Flight 9
https://en.wikipedia.org/wiki/British_Airways_Flight_9
5. Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group (LERG)
<https://www.who.int/zoonoses/diseases/lerg/en/>
6. Natural Disasters 2019
<https://reliefweb.int/report/world/natural-disasters-2019>
7. Oregon State University
<http://volcano.oregonstate.edu/how-do-volcanoes-affect-plants-and-animals>
8. Pan American Health Organization
https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=list&slug=2010-9408&Itemid=270&lang=en
9. Servicio Geológico Nacional. Mapa Geológico de Nicaragua. 1965. Available online:
<https://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>
10. WHO World Health Organization
<https://www.who.int/>
11. The United Nations Disaster Relief Coordinator
<https://www.cambridge.org/core/journals/prehospital-and-disaster-medicine/article/abs/united-nations-disaster-relief-coordinator-undro/AD109162B5CCDF07251DDE2311B4D4A1>
12. Office for the Coordination of Humanitarian Affairs
<https://www.unocha.org/>
13. Μέτρα αντιμετώπισης του κινδύνου διασποράς του κορωνοϊού (COVID-19) έχει
<https://geetha.mil.gr/>

