



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ-ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ
ΚΑΛΤΣΑ ΧΡΗΣΤΟΥ (ΑΕΜ 3811)
ΜΕ ΘΕΜΑ
« Τ Υ Φ Ω Ν Ε Σ »



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΡΑΚΩΣΤΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΜΑΪΟΣ 2009

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

090147

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ:</u>	2
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ – ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΟΡΟΥ.....	2
1.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ – ΓΕΝΕΣΗ ΤΥΦΩΝΑ.....	3
1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΦΩΝΑ.....	6
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ:</u>	9
2.1 ΣΤΑΔΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ(ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ) ΤΥΦΩΝΩΝ.....	9
2.2 ΕΠΟΧΕΣ-ΠΕΡΙΟΔΟΙ ΕΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΝΤΑΙ.....	9
2.3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ.....	10
2.4 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΥΦΩΝΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ.....	12
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ:</u>	16
3.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΥΦΩΝΩΝ ΜΕ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.....	16
3.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ	17
3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ – ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ.....	20
3.4 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ (ΑΠΟ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΠΛΑΝΗΤΗ)-ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ.....	31
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ</u>	
4.1 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΥΦΩΝΩΝ ΑΠΟ ΕΙΔΙΚΟΥΣ.....	34
4.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ – STORMFURY....	36
ΕΠΙΛΟΓΟΣ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	40

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι φυσικές γήινες διαδικασίες που εμφανίζονται σε διάφορες περιοχές του πλανήτη και έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό μετεωρολογικές παρατηρήσεις ασυνήθιστες ή σπάνιες. Εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας της γης και της αλλαγής του κλίματος ο αριθμός τέτοιων καιρικών φαινομένων εντείνεται τα τελευταία χρόνια. Ένα καιρικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως ακραίο είτε από την ένταση του, είτε από την διάρκεια του ή και από την συχνότητα επανεμφάνισης του. Ωστόσο, πρέπει να σημειώσουμε ότι ένα ακραίο καιρικό φαινόμενο σε μια περιοχή μπορεί να είναι συνηθισμένο ή κανονικό σε μια άλλη.

Στα ακραία καιρικά φαινόμενα συγκαταλέγονται οι κυκλώνες - τυφώνες (Typhoons or Hurricanes), οι ισχυρές καταιγίδες (Thunderstorms), οι ισχυροί ανεμοστρόβιλοι (tornadoes or Wind Storms), ο καύσωνας και το πολικό ψύχος. Δεδομένου ότι τα φαινόμενα αυτά μπορεί να έχουν καταστροφικές επιδράσεις στα διάφορα οικοσυστήματα και τις κοινωνίες είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε τι προκαλεί αυτά τα γεγονότα και πως μπορούμε να τα αντιμετωπίσουμε.

Από τα παραπάνω ακραία καιρικά φαινόμενα στην παρούσα εργασία θα διερευνηθούν οι τυφώνες. Αρχικά θα αναζητηθεί η προέλευση του όρου και θα εξεταστεί ο τρόπος δημιουργίας καθώς και τα χαρακτηριστικά των τυφώνων. Στη συνέχεια θα περιγραφούν τα στάδια εξέλιξής τους και οι συνέπειες της εμφάνισής τους μέσα από παραδείγματα τυφώνων που έχουν εμφανιστεί κατά καιρούς σε διάφορες περιοχές. Επιπρόσθετα, θα εξεταστούν οι μέθοδοι και τα προγράμματα που εφαρμόζονται για την παρακολούθηση και την τροποποίηση των τυφώνων. Τέλος, θα διατυπωθούν συμπεράσματα και προτάσεις για το μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ – ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΟΡΟΥ

Για την προέλευση του όρου *τυφώνας* έχουν διατυπωθεί δύο κύριες θεωρίες. Σύμφωνα με την πρώτη, ο όρος ετυμολογικά, κατάγεται από το αρχαίο ελληνικό *τυφών* δηλαδή στρόβιλος. Η λατινική γλώσσα υιοθέτησε τον όρο τυφώνας (*typhonas*) με την έννοια του μεγάλου ανέμου. Αργότερα, οι Άραβες μετέτρεψαν τη λέξη σε *tūfān* και έτσι αυτή διέσχισε τον μουσουλμανικό κόσμο μέχρι τη Μαλαισία, όπου παρελήφθη από Πορτογάλους θαλασσοπόρους και μετετράπη σε *tufão* με τη σύγχρονη έννοια.

Κατά την άλλη θεωρία, η λέξη προέρχεται από το κινεζικό 台风 (προφέρεται *tai fung*) και την έφερε ο βενετός έμπορος Caesar Frederick μετά από ένα ταξίδι του στην Κίνα¹.

Στον τομέα της μετεωρολογίας τυφώνα ονομάζουμε τον τροπικό κυκλώνα (το ισοβαρές σύστημα ή βαρομετρικό πεδίο με χαμηλή βαρομετρική πίεση που δημιουργείται στη τροπική ζώνη, εξ ου και η ονομασία του) που σχηματίζεται στον Ειρηνικό και Ινδικό Ωκεανό και προπάντων στην Κινεζική θάλασσα.

Οι όροι *κυκλώνας* (*hurricane*) και *τυφώνας* (*typhoon*) είναι ειδικές ονομασίες για τους ισχυρούς τροπικούς κυκλώνες στους οποίους η ένταση των ανέμων ξεπερνά τους 64 κόμβους.

Κυκλώνας λοιπόν είναι ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων που σχηματίζεται πάνω από τα νερά των τροπικών ή των υποτροπικών περιοχών και αναπτύσσεται λόγω των ανοδικών κινήσεων της ατμόσφαιρας (*Helen Young, 2002*). Στο σύστημα αυτό δεν υπάρχουν μέτωπα (ψυχρά ή θερμά), η κύρια πηγή ενέργειάς του προέρχεται από την εξάτμιση του νερού των ωκεανών και η κυκλοφορία των ανέμων του είναι αντίθετη της κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

Ονομάζεται κυκλώνας στον Βόρειο Ατλαντικό, στον Νότιο Ειρηνικό ανατολικά από τον μεσημβρινό αλλαγής της ημέρας και στον Ειρηνικό ανατολικά του 160E μεσημβρινού ενώ χαρακτηρίζεται ως τυφώνας στον Νότιο Ειρηνικό, δυτικά του μεσημβρινού αλλαγής της ημέρας (*David Longshore, 2008*). Κυκλώνες έξω από τους

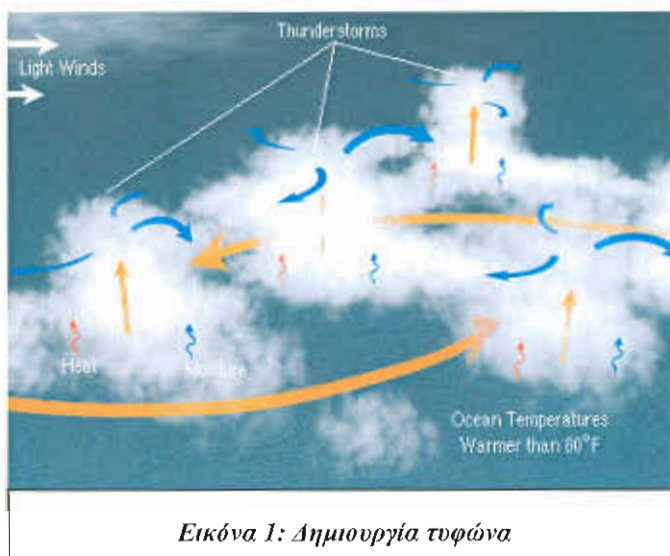
¹ <http://el.wiktionary.org/wiki/%CF%84%CF%85%CF%86%CF%8E%CE%BD%CE%B1%CF%82>

τροπικούς έχουν εμφανιστεί ακόμη και στη Μεσόγειο (με σαφώς υψηλότερες πιέσεις) και οι ευρωπαίοι μετεωρολόγοι τους χαρακτηρίζουν «μετεωρολογικές βόμβες» ή χαμηλά με χαρακτηριστικά τροπικού κυκλώνα.

1.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ – ΓΕΝΕΣΗ ΤΥΦΩΝΑ

Για τη δημιουργία τροπικού κυκλώνα (τυφώνα) απαιτείται μεγάλη αστάθεια της ατμόσφαιρας και η ύπαρξη πολύ θερμού αλλά και υγρού αέρα. Η δημιουργία του ακολουθεί την εξής πορεία (Simon Seymour, 2003): Αρχικά τα θερμά επιφανειακά νερά του ωκεανού (τουλάχιστον 26 βαθμοί Κελσίου και σε βάθος μεγαλύτερο των 50 μέτρων) τροφοδοτούν με θερμότητα και υγρασία τον αέρα της ασταθούς και χαμηλής πίεσης περιοχής, ο οποίος και αρχίζει να ανέρχεται. Στη συνέχεια, η υγρασία συμπυκνώνεται σε σταγόνες σχηματίζοντας νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης.

Οι κορυφές των νεφών αυτών ανέρχονται στην ατμόσφαιρα με ολοένα και μεγαλύτερη ταχύτητα (η κίνηση αυτή μπορεί να παρομοιαστεί με την κίνηση μιας καμινάδας η οποία απορροφά τον αέρα στο εσωτερικό της κατευθύνοντας τον προς τα πάνω). Οι καταιγίδες που δημιουργούνται, ενισχύονται από τους ασθενείς ανέμους που επικρατούν σε εκείνο το υψόμετρο.²



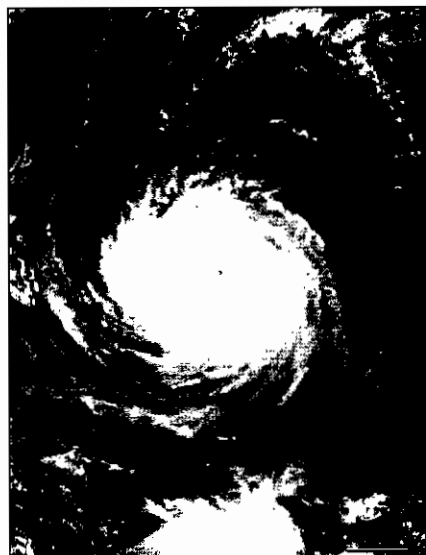
Εικόνα 1: Δημιουργία τυφώνα

Οι άνεμοι που πνέουν κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, εξαιτίας της περιστροφής της Γης παίρνουν μορφή έλικας και επιταχύνουν την κίνησή τους με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της ανοδικής κίνησης των νεφών. Με αυτόν τον τρόπο ολοένα και περισσότεροι υδρατμοί απορροφούνται και ωθούνται προς τα πάνω με νέα έκλυση θερμικής ενέργειας και περαιτέρω ενίσχυση των ανέμων.

² <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/OkosmosPouZoume.htm>

Καθώς εξελίσσεται το φαινόμενο, ενισχύεται, με τη συνεχή τροφοδότηση υδρατμών ενώ αντίθετα αρχίζει να εξασθενεί, όταν αυτό σταματήσει να συμβαίνει, δηλαδή όταν ο τυφώνας κινείται σε ψυχρά θαλάσσια νερά ή όταν διέρχεται από ηπειρωτικές περιοχές.

Όταν οι άνεμοι ξεπεράσουν τα 64 μίλια την ώρα το φαινόμενο μετατρέπεται σε τυφώνα. Επειδή όμως ο υγρός αέρας στο κέντρο του συστήματος εξατμίζεται γρήγορα, θερμαίνει την περιοχή, σχηματίζοντας το «μάτι του κυκλώνα». Το παράδοξο λοιπόν είναι ότι ενώ η ευρύτερη περιοχή πλήττεται από εξαιρετικά ισχυρούς ανέμους, γιγαντιαία κύματα και δυνατή βροχόπτωση στο κέντρο αυτής της διαταραχής υπάρχει ένα μικρό ήρεμο τμήμα χωρίς σύννεφα και υπό την πνοή μιας μικρής αύρας. Το τμήμα αυτό ονομάζεται «μάτι του κυκλώνα» και έχει διάμετρο 35 με 75 χιλιόμετρα.



Εικόνα 2 : Το "μάτι" του κυκλώνα

Παρακάτω θα επιχειρήσουμε να δώσουμε μια εικονική περιγραφή – αναπαράσταση της διαδικασίας δημιουργίας ενός τυφώνα.³

Οι τυφώνες δημιουργούνται όταν δυνατές καταιγίδες-αστραπές και σκόνη στροβιλίζονται πάνω από τα θερμά νερά ωκεανών.

Στον Ατλαντικό και τον ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό ονομάζονται κυκλώνες ενώ στον δυτικό Ειρηνικό ονομάζονται τυφώνες.

Hurricanes start when strong clusters of thunderstorms drift over warm ocean waters.

In the Atlantic and eastern Pacific they are called hurricanes, but in the western Pacific they are called typhoons.

In the Bay of Bengal and Indian Ocean they are known as cyclones.



Εικόνα 3: Δημιουργία τυφώνα -Βήμα 1ο

Ο πολύ θερμός αέρας της καταιγίδας σε συνδυασμό με την επιφάνεια του ωκεανού ξεκινά να ανέρχεται και αυτό δημιουργεί υψηλή πίεση στην επιφάνεια.

The very warm air from the storm and the ocean surface combine and begin rising.

This creates low pressure at the surface.



³

http://newsrss.bbc.co.uk/rss/newsonline_world_edition/science/nature/rss.xml

Η κίνηση των ανέμων που πνέουν από την αντίθετη κατεύθυνση προκαλούν την περιστροφή της καταιγίδας .

Ο ανερχόμενος θερμός αέρας προκαλεί τη μείωση της πίεσης στα υψηλότερα στρώματα.

Ο αέρας ανεβαίνει ολοένα και ταχύτερα για να αναπληρώσει τη χαμηλή πίεση σύροντας περισσότερο θερμό αέρα από τη θάλασσα και τραβώντας τον ψυχρότερο και ξηρότερο αέρα προς τα κάτω.

Καθώς η καταιγίδα κινείται πάνω από τον ωκεανό συλλέγει περισσότερο θερμό και υγρό αέρα. Η ένταση των ανέμων εντείνεται καθώς η μεγαλύτερη ποσότητα αέρα εγκλωβίζεται στο κέντρο όπου υπάρχει χαμηλή πίεση.

Μπορεί να χρειαστούν ώρες ή ακόμα και μέρες ώστε η περιοχή που καλύπτεται από βαθύ βαρομετρικό να μετατραπεί σε έναν πλήρως σχηματισμένο κυκλώνα.

Οι κυκλώνες αποτελούνται από ένα «μάτι» ασθενών ανέμων και χαμηλής πίεσης περιβαλλόμενο από ένα στρόβιλο ισχυρών ανέμων και έντονων καταιγίδων.

Εικόνα 4 : Δημιουργία τυφώνα - Βήμα 2ο

Trade winds blowing in opposing directions cause the storm to start spinning.

Rising warm air causes pressure to decrease at higher altitudes.



Εικόνα 5: Δημιουργία τυφώνα - Βήμα 3ο

Air rises faster and faster to fill this low pressure, in turn drawing more warm air off the sea and sucking cooler, drier air downwards.



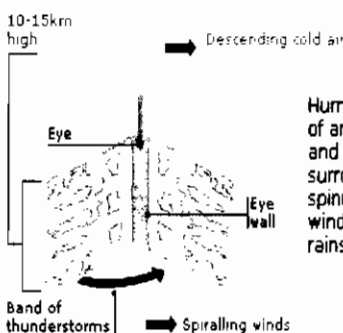
Εικόνα 6: Δημιουργία τυφώνα-Βήμα 4ο

As the storm moves over the ocean it picks up more warm, moist air. Wind speeds start to increase as more air is sucked into the low pressure centre.

It can take hours or several days for a depression to grow into a fully formed hurricane.



Εικόνα 7: Δημιουργία τυφώνα - Βήμα 5ο



Hurricanes are made up of an eye of calm winds and low pressure surrounded by a spinning vortex of high winds and heavy rainstorms.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι για την εκδήλωση ενός τροπικού κυκλώνα – τυφώνα απαραίτητες είναι οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας πρέπει να είναι τουλάχιστον 26 βαθμοί Κελσίου (80 βαθμοί F) και σε βάθος μεγαλύτερο των 50 μέτρων.
2. Μεγάλη πτώση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα καθ' ύψος.
3. Αυξημένα ποσά υγρασίας στη μέση τροπόσφαιρα (στα 5 km).
4. Απόσταση τουλάχιστον 500 km από τον Ισημερινό.
5. Να μην υπάρχουν μεγάλες διαφορές της έντασης του ανέμου καθ' ύψος (wind shear) και οι διαφορές αυτές να είναι μικρότερες των 20 kts.
6. Η πίεση στο μάτι του κυκλώνα να είναι μικρότερη από 980 mbar.⁴

Ακόμη όμως και αν υπάρχουν όλες οι επιφανειακές συνθήκες για να σχηματιστεί τυφώνας (θερμά νερά, σύγκλιση ανέμων κ.α.) υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να μη σχηματιστεί τυφώνας.

1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΦΩΝΑ

Οι περισσότεροι τυφώνες σχηματίζονται πάνω από τον θερμό Β. Ατλαντικό και τον ΒΑ. Ειρηνικό ωκεανό. Η μέση διάμετρος των τυφώνων φθάνει τα 550 χμ.

Οι άνεμοι των τροπικών κυκλώνων πνέουν από τη περιφέρεια προς το κέντρο, στο μεν βόρειο ημισφαίριο αντίθετα της φοράς των δεικτών του ωρολογίου, ενώ στο νότιο σύμφωνα με αυτή.

Η διάμετρος των τροπικών κυκλώνων είναι συνήθως μικρότερη των 500 μιλίων (800 χλμ.) σε αντίθεση με τις υφέσεις που φθάνουν συνήθως τα 1000 μίλια (1800 χλμ.) Η ταχύτητά τους υπερβαίνει πολλές φορές τα 130 χλμ. την ώρα

Συμβαίνει τακτικά οι τροπικοί κυκλώνες να συνοδεύονται με πυκνή νέφωση, καταρρακτώδεις βροχές και καταιγίδες. Οι κακοκαιρίες αυτές μπορεί να είναι μεγάλης έντασης, αλλά όμως μικρότερης σχετικά έκτασης των υφέσεων.

Η μέση ταχύτητα μετατόπισης των κυκλώνων είναι περίπου 10 κόμβοι και σπάνια 15. Ειδικότερα μετά τη καμπή τους η ταχύτητά τους αυξάνει στους 20 με 25 κόμβους. Πολύ σπάνια είναι η ταχύτητα των 40 κόμβων που έχει όμως παρατηρηθεί

⁴ <http://www.physics4u.gr/favicon.ico>

ως μέγιστη. Πολλές φορές τα ΜΜΕ αναφέρουν ταχύτητα μετατόπισης την ταχύτητα περιστροφής με συνέπεια τη σύγχυση.

Τόσο οι τυφώνες όσο και οι κυκλώνες δεν μπορούν να «διασχίσουν» τον ισημερινό, λόγω του ότι η περιστροφή της Γης τους απομακρύνει προς μία κατεύθυνση μακριά από τον ισημερινό.

Ιδιαίτερης σημασίας όροι αναφορικά με την τροχιά των τυφώνων είναι οι ακόλουθοι:

- **Τροχιά** (του κυκλώνα), (path): Ονομάζεται η κατεύθυνση προς την οποία μετατοπίζεται το κέντρο του κυκλώνα. Το δυτικότερο σημείο τροχιάς που μετατοπίζεται ο τροπικός κυκλώνας πριν να αλλάξει κατεύθυνση ονομάζεται **Σημείο καμπής ή ανακαμπύλωσης** (vertex ή cod).
- **Επικίνδυνο ημικύκλιο** (dangerous semi-circle) Ονομάζεται στο Βόρειο ημισφαίριο το δεξιό ημικύκλιο του κυκλώνα (σε σχέση με τη τροχιά του), ενώ στο Νότιο ημισφαίριο το αριστερό. Είναι πάντα το αντίθετο προς τον Ισημερινό. Η πλευρά αυτή είναι και η περισσότερο επικίνδυνη.
- **Επικίνδυνο τεταρτοκύκλιο** (dangerous quadrant): Ονομάζεται το προπορευόμενο τμήμα του επικίνδυνου ημικυκλίου στο οποίο οι άνεμοι πνέουν προς τη πλευρά της τροχιάς. Αποτελεί το πιο επικίνδυνο τμήμα του κυκλώνα.
- **Ίχνος** (του κυκλώνα), (track): Ονομάζεται η ακολουθία των θέσεων της μετατόπισης του κυκλώνα.
- **Πεδίο διαταραχής ή πεδίο διατάραξης** (storm field): Ονομάζεται η οριζόντια περιοχή (έκταση) όπου εκτυλίσσονται φαινόμενα της διαταραχής που τα συνοδεύουν.
- **Πηγή διαταραχής** (source region): Ονομάζεται η περιοχή στην οποία παρουσιάστηκε για πρώτη φορά η ατμοσφαιρική διαταραχή (ο κυκλώνας).
- **Οφθαλμός διαταραχής, κοινώς μάτι του κυκλώνα** (eye of the storm): είναι το κεντρικό τμήμα ενός τυφώνα γύρω από το οποίο ο τυφώνας περιστρέφεται. Το μάτι ενός τυφώνα κατά μέσο όρο έχει διάμετρο από 20 έως 50 χμ. Στο μάτι του τυφώνα οι άνεμοι είναι ασθενείς και τα νέφη διαλύονται. Η επιφανειακή πίεση του αέρα είναι πολύ χαμηλή (965 mb).

Ο δακτύλιος που περιβάλλει το μάτι του τυφώνα ονομάζεται τείχος του ματιού. Χαρακτηρίζεται από έντονες καταιγίδες οι οποίες περιστρέφονται γύρω από το κέντρο του τυφώνα και απέχουν από την επιφάνεια της θάλασσας περί τα 15 χμ. Μέσα στο τείχος του ματιού συναντάμε τις ισχυρότερες βροχοπτώσεις και ανέμους μέσης ταχύτητας 15 χλμ. Επεκτείνοντας την ανατομία ενός τυφώνα, εκτός από το μάτι διακρίνουμε τις ζώνες βροχόπτωσης (rainbands) και την περιοχή-τοίχο (eyewall) μεταξύ ματιού και ζωνών βροχόπτωσης. Ο αέρας κινείται ελικοειδώς χαμηλά αριστερόστροφα ενώ στις πάνω περιοχές δεξιόστροφα. Στο καθεαυτό κέντρο βέβαια, όπως ήδη αναφέραμε ο αέρας βυθίζεται σχηματίζοντας το μάτι. Οι ζώνες βροχόπτωσης εκτείνονται σε εκατοντάδες χιλιόμετρα από το κέντρο. Δηλαδή ένας τυφώνας μπορεί να εκτείνεται σε περιοχή που φτάνει ή ξεπερνά τα 1000 χιλιόμετρα, ενώ η ζωή του διαρκεί περισσότερο από δύο εβδομάδες πάνω απ' τον ωκεανό και μπορεί να ταξιδέψει σε ολόκληρη την ακτή του Ατλαντικού. Πάντως η έκταση που καταλαμβάνει δεν είναι ασφαλές κριτήριο για την ένταση ενός τυφώνα. Ως προς την ταχύτητα και την διαδρομή που ακολουθεί ο τυφώνας εξαρτάται από τις περίπλοκες αλληλεπιδράσεις του ωκεανού με την ατμόσφαιρα καθώς και τις αλληλεπιδράσεις με άλλα καιρικά συστήματα που υπάρχουν στην περιοχή. Αυτή η περιπλοκότητα καθιστά δύσκολη την πρόβλεψη των δύο αυτών παραμέτρων. Η ταχύτητα μετακινήσεώς του πάντως είναι της τάξεως των πολλών δεκάδων χιλιομέτρων την ώρα.

- **Γωνία σύγκλισης** (angle of indraught): Είναι η γωνία η οποία σχηματίζεται από τη διεύθυνση του ανέμου και τέμνει τις ισοβαρείς καμπύλες.
- **Στρόβιλος** (vortex): Ονομάζεται η κεντρική περιοχή του κυκλώνα όπου παρατηρείται άπνοια, και η μικρότερη πίεση με συνέπεια να υφίσταται θαλασσοταραχή χωρίς άνεμο.
- **Γραμμή αυλώνος** (trough line): Ονομάζεται η κάθετη γραμμή στη τροχιά στο μάτι του κυκλώνα. Η γραμμή αυτή διαχωρίζει τη περιοχή πτώσης και ανόδου της βαρομετρικής πίεσης στον κυκλώνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.1 ΣΤΑΔΙΑ ΕΞΕΛΙΞΗΣ(ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ) ΤΥΦΩΝΩΝ

Ένας τυφώνας καθώς εξελίσσεται ακολουθεί τα εξής στάδια που μπορούμε να πούμε ότι αποτελούν τον κύκλο της ζωής του:

1. **Το στάδιο του σχηματισμού:** Σύννεφα σχηματίζονται πάνω από τον ωκεανό μεταξύ 5 και 15 μοιρών γεωγραφικού πλάτους από τον Ισημερινό.
2. **Το στάδιο της ανωριμότητας:** Αν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές τα σύννεφα συγκεντρώνονται και αρχίζουν να περιστρέφονται σύμφωνα με τη φορά του ρολογιού γύρω από περιοχή χαμηλής πίεσης. Οι άνεμοι αρχίζουν να ενισχύονται.
3. **Το στάδιο της ωριμότητας:** Ο κυκλώνας φτάνει στα ανώτερα επίπεδα έντασης και καταστροφικής δύναμης.
4. **Το στάδιο της παρακμής:** Η δύναμη του κυκλώνα μειώνεται όταν μετακινείται πάνω από ξηρά ή από ψυχρά νερά. Στο στάδιο αυτό οι άνεμοι εξασθενούν γρήγορα ενώ το μάτι του κυκλώνα και οι σχηματισμοί των νεφών εξαφανίζονται.

Ανάλογα του σταδίου εξέλιξης στο οποίο βρίσκονται οι τροπικοί κυκλώνες διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Τροπική διαταραχή:**μάζα καταιγίδων με ασθενή κυκλοφορία ανέμων.
- **Τροπική ύφεση(tropical depression):** η τροπική διαταραχή μετατρέπεται σε τροπική ύφεση όταν η ταχύτητα των ανέμων αυξάνεται και αποκτά τιμές 20-35 κόμβους.
- **Τροπική καταιγίδα ή θύελλα (tropical storm):** όταν οι άνεμοι γίνονται ακόμη πιο ισχυροί (35-64 κόμβοι) η τροπική ύφεση μετατρέπεται σε τροπική καταιγίδα.
- **Τυφώνας:** όταν οι άνεμοι ξεπεράσουν τους 64 κόμβους η τροπική καταιγίδα μετατρέπεται σε τυφώνα.

2.2 ΕΠΟΧΕΣ-ΠΕΡΙΟΔΟΙ ΕΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΝΤΑΙ

Οι τροπικοί κυκλώνες ως φαινόμενα σχηματίζονται κυρίως κατά τους θερινούς και φθινοπωρινούς μήνες. Σπάνια εμφανίζονται στο βόρειο ημισφαίριο από

Νοέμβριο μέχρι Ιούνιο και στο νότιο από μέσα Μαΐου μέχρι Νοέμβριο. Η επίσημη περίοδος εμφάνισης των τυφώνων είναι από την 1η Ιουνίου έως την 30η Νοεμβρίου. Οι μήνες με τη βαρύτερη δράση, παραδοσιακά, έχουν θεωρηθεί ο Αύγουστος και ο Σεπτέμβριος.⁵

Στην Ιαπωνία οι τυφώνες μπορεί να εμφανίζονται οποιοδήποτε μήνα με μεγαλύτερη συχνότητα την περίοδο μεταξύ Μαΐου και Νοέμβριο και υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο. Από τα μέχρι τώρα στοιχεία της ιαπωνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας, 28 τυφώνες, είναι μια μέση ετήσια τιμή του αριθμού των τυφώνων που παρουσιάζονται κυρίως στις δυτικές ακτές της Ιαπωνίας.

Στην Αραβική θάλασσα όμως συμβαίνουν πιθανότερα στην εναλλαγή των Μουσώνων δηλαδή από Οκτώβριο μέχρι Νοέμβριο και από Μαΐο μέχρι Ιούνιο. Πάντως σημειώνεται ότι στη περιοχή αυτή εμφανίζονται κατ' έτος 1 έως 2 κυκλώνες.

2.3 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ

Γενικότερα οι τροπικοί κυκλώνες αρχίζουν να εκδηλώνονται κατά γενικό κανόνα στη λεγόμενη ζώνη των Ισημερινών νηνεμιών λεγόμενοι διεθνώς "ντόλντραμς", (*doldrums*), πρόκειται για τη ζώνη μεταξύ των γεωγραφικών παραλλήλων 7° και 15° τόσο σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος όσο και σε νότιο. Οι κυκλώνες που επηρεάζουν τις περιοχές Ειρηνικού, Βορείου Ατλαντικού και νοτίου Ινδικού εντοπίζονται στην αρχή στο δυτικό τμήμα τους. Εν τούτοις υπάρχουν και εξαιρέσεις.

Οι τροπικοί κυκλώνες στο βόρειο ημισφαίριο κινούνται κατ' αρχή δυτικά - βορειοδυτικά και στη συνέχεια στρέφονται σε ανάδρομη φορά δηλαδή σε βόρειους και βορειοανατολικούς. Αντίθετα, στο νότιο ημισφαίριο αρχικά κινούνται δυτικά, νοτιοδυτικά και στη συνέχεια στρέφονται σε ορθή φορά δηλαδή σε νότιους, νοτιοανατολικούς. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις συμβαίνει "διπλή ανακαμπύλωση" της τροχιάς δηλαδή ένας κυκλώνας του νοτίου ημισφαιρίου ενώ κινείται προς δυτικά, νοτιοδυτικά και στρέφεται φυσιολογικά προς νότια, νοτιοανατολικά αυτός συνεχίζει να στρέφεται ανατολικά, βορειοανατολικά και βόρεια με τελική κατεύθυνση δυτικά, βορειοδυτικά. Αυτή η τροχιά ονομάζεται

⁵ <http://www.citypress.gr/index.html>

"τροχιά μετά κόμβου". Άλλες φορές οι τροπικοί κυκλώνες κινούνται τελείως ακανόνιστα δημιουργώντας περίεργες ανακαμπυλώσεις.

Γενικότερα μπορούμε να πούμε ότι οι περιοχές στις οποίες παρατηρείται η εμφάνιση τυφώνων είναι:

- Ο Ατλαντικός ωκεανός, ο Κόλπος του Μεξικού και η θάλασσα της Καραϊβικής. Καθίσταται φανερό πως στο νότιο Ατλαντικό δεν παρατηρούνται τροπικοί κυκλώνες. Οι προς τα βόρεια κινούμενοι τυφώνες του Ατλαντικού ωκεανού και για τα ίδια Γ.Π. έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους αντίστοιχους τυφώνες του Α. Ειρηνικού ωκεανού. Το παραπάνω οφείλεται στα θερμότερα νερά του Ατλαντικού ωκεανού.
- Ο Βορειοανατολικός Ειρηνικός ωκεανός (από το Μεξικό ως τον μεσημβρινό αλλαγής της ώρας). Στη δυτική ακτή του Μεξικού δημιουργούνται κάθε έτος οκτώ τυφώνες.
- Ο Βορειοδυτικός Ειρηνικός και η θάλασσα της Νότιας Κίνας. Από τα νησιά της Χαβάης περνούν πολλοί τυφώνες του Ειρηνικού ωκεανού, καθώς και τροπικές καταιγίδες. Οι συγκεκριμένοι τυφώνες συνήθως είναι μικρής εντάσεως και ως εκ τούτου δεν είναι καταστροφικοί. Επιπρόσθετα, οι περισσότεροι τυφώνες που δημιουργούνται στον Β. Ατλαντικό ωκεανό απομακρύνονται από τις παράκτιες περιοχές και δεν εισχωρούν στην ενδοχώρα των Η.Π.Α.
- Ο Βόρειος Ινδικός ωκεανός, ο Κόλπος της Βεγγάλης και στην Αραβική θάλασσα. Εκεί ονομάζονται κυρίως κυκλώνες.
- Ο Νότιος Ινδικός ωκεανός (από την Αφρική ως τον 100 ανατολικό μεσημβρινό).
- Ο Νότιος Ινδικός ωκεανός/Αυστραλία (από τον 100 ως τον 142 ανατολικό μεσημβρινό).
- Η περιοχή της Αυστραλίας, του Νοτιοδυτικού Ειρηνικού (από τον 142 ανατολικό ως τον 120 δυτικό μεσημβρινό)⁶.

Η μεγάλη διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ της ζεστής Σαχάρας και της σχετικά ψυχρότερης θαλάσσιας περιοχής του Κόλπου της Γουινέας δημιουργεί κυματισμούς στην ατμόσφαιρα στην περιοχή του Πράσινου Ακρωτηρίου, οι οποίοι ταξιδεύουν μαζί με τους αληγείς ανέμους από τα ανατολικά προς τα δυτικά, με

⁶ <http://www.physics4u.gr/news/2005/scnews2118.html>

κατεύθυνση προς την Καραϊβική. Κάθε χρόνο από τον Μάιο ως και τον Οκτώβριο και με περίοδο τεσσάρων ημερών δημιουργούνται περίπου 60 τέτοιοι κυματισμοί, από τους οποίους το πολύ πέντε εξελίσσονται σε τροπικούς κυκλώνες (μέσος όρος δύο).

Στο σημείο αυτό θεωρούμε χρήσιμο να αναφερθούμε στο τρόπο με τον οποίο παίρνει ένα όνομα κάθε τυφώνας που εμφανίζεται σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και σε συγκεκριμένη γεωγραφική θέση. Η πρώτη χρήση ονομασίας ενός κυκλώνα έγινε από αυστραλούς μετεωρολόγους στις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Μέχρι και τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο οι Αμερικανοί μετεωρολόγοι συνήθιζαν να δίνουν γυναικεία ονόματα. Από το 1950 ως το 1952 οι κυκλώνες του Βόρειου Ατλαντικού πήραν ονόματα από το φωνητικό αλφάβητο (Able-Baker-Charlie...) αλλά από το 1953 ως το 1979 ξαναχρησιμοποιήθηκαν γυναικεία ονόματα. Από το 1979 ο WHO (Διεθνής Μετεωρολογικός Οργανισμός) και η NWS (Αμερικανική Μετεωρολογική Υπηρεσία) έδωσαν μεικτές ονομασίες. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν πλέον διαφοροποιήσεις. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι στους ασιατικούς κυκλώνες από το 2000 και μετά χρησιμοποιούνται ονόματα λουλουδιών, ζώων, πουλιών κ.ά., ενώ στον Νότιο Ινδικό ωκεανό δεν γίνεται χρήση ονομάτων. Στην Αυστραλία από το 1975 δίδονται ανδρικά και γυναικεία ονόματα. Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι ονόματα κυκλώνων που προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές δεν ξαναχρησιμοποιούνται, προφανώς για να μη δημιουργείται σύγχυση ή ακόμη να μη γίνεται σύγκριση με τις καταστροφές που είχαν προκληθεί κατά το παρελθόν.

2.4 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΥΦΩΝΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Οι τυφώνες ταξινομούνται συνήθως σε 5 κατηγορίες (κατ' άλλους σε 4 ή 6), ανάλογα με τις ταχύτητες των ανέμων που τους συνοδεύουν, με την κατηγορία 1 να έχει τους ασθενέστερους ανέμους (74-95 μίλια την ώρα) και την κατηγορία 5 τους ισχυρότερους (πάνω από 155 μίλια την ώρα). Όταν η ταχύτητα των ανέμων ξεπερνά τα 39 μίλια την ώρα στον κυκλώνα αποδίδουν ένα όνομα που περιλαμβάνεται σε καταλόγους ονομάτων που συντάσσει διεθνές συνέδριο μετεωρολόγων. Οι κατάλογοι αυτοί εναλλάσσουν θηλυκά και αρσενικά ονόματα.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, πριν από το σχηματισμό του τυφώνα προηγούνται πάντα ατμοσφαιρικές διαταραχές πάνω από θερμά νερά, πού οφείλονται σε τροπικά κύματα πού έρχονται από τις ακτές της Αφρικής και στην σύγκρουση ανέμων πού πνέουν από αντίθετες κατευθύνσεις και προσδίδουν περιστροφική και ανοδική κίνηση στον αέρα. Αλλά και ψυχρά μέτωπα υπό ορισμένες προϋποθέσεις μπορούν να προκαλέσουν τυφώνα.

Παρακάτω ακολουθεί ένας πρώτος πίνακας σχετικά με τη διαβάθμιση της έντασης και της ταχύτητας του ανέμου μέχρι τη διαμόρφωση ενός τυφώνα.

 Ένταση: 1-3 Δύναμη: Ελαφρά αύρα Ταχύτητα: 4-24 χλμ./ώρα Αποτέλεσμα: Κινούνται τα κλαδιά των δέντρων.	 Ένταση: 4-5 Δύναμη: Μέτριος άνεμος Ταχύτητα: 25-46 χλμ./ώρα Αποτέλεσμα: Κινούνται τα μικρά δέντρα.	 Ένταση: 6-7 Δύναμη: Ισχυρός άνεμος Ταχύτητα: 47-74 χλμ./ώρα Αποτέλεσμα: Κινούνται τα μεγάλα δέντρα.
 Ένταση: 8-9 Δύναμη: Θύελλα Ταχύτητα: 75-110 χλμ./ώρα Αποτέλεσμα: Παρασύρονται κε-	 Ένταση: 10-11 Δύναμη: Καταιγίδα Ταχύτητα: 111-150 χλμ./ώρα Αποτέλεσμα: Μεγάλες ζημιές.	 Ένταση: 12 Δύναμη: Τυφώνας Ταχύτητα: Πάνω από 150 χλμ./ώρα Αποτέλεσμα: Τεράστιες κατα-

Εικ.9 : Διαβάθμιση έντασης και ταχύτητας ανέμου με τα αντίστοιχα αποτελέσματα

Με βάση την ιαπωνική μετεωρολογική υπηρεσία, οι τυφώνες διακρίνονται στις παρακάτω 4 κατηγορίες ανάλογα με την ένταση (ταχύτητα) των ανέμων:

- 1^η κατηγορία: τυφώνας τύπου I (απλός τυφώνας) με ταχύτητα 63 έως 117 χιλιόμετρα την ώρα.
- 2^η κατηγορία: τυφώνας τύπου II (ισχυρός τυφώνας) με ταχύτητα 118 έως 157 χιλιόμετρα την ώρα.
- 3^η κατηγορία: τυφώνας τύπου III (πολύ ισχυρός τυφώνας) με ταχύτητα 157 έως 194 χιλιόμετρα την ώρα.
- 4^η κατηγορία: τυφώνας τύπου IV (καταστροφικός τυφώνας) με ταχύτητα περισσότερο από 194 χιλιόμετρα την ώρα.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας της κλίμακας Saffir-Simmon που εφαρμόζεται κυρίως στις Η.Π.Α:

Αριθμός κλίμακας	Κεντρική πίεση(mb)	Άνεμοι(κόμβοι)	Ύψος κυμάτων καταιγίδας(m)	Ζημιές
1	Μεγαλύτερη ή ίση με 980	64-82	1,5	Κυρίως σε δέντρα και τραχύσπια
2	965-979	83-95	2,0-2,5	Μερικά δέντρα ξεριζώνονται, καταστρέφονται τραχύσπια, ζημιές σε στέγες σπιτιών
3	945-964	96-113	2,5-4,0	Μεγάλα δέντρα σωριάζονται, μερικές κατασκευές καταστρέφονται σε μικρά κτήρια
4	920-944	114-135	4,0-5,5	Μεγάλες ζημιές σε στέγες, παράθυρα, θύρες. Ολοκληρωτική καταστροφή των τραχύσπιων, η ενδοχώρα πλημμυρίζει σε ακτίνα 10 χμ.
5	Μικρότερη από 920	Μεγαλύτερη από 135	Πάνω από 5,5	Εκτεταμένες ζημιές σε παράθυρα θύρες στέγες. Ζημιές σε βιομηχανικά κτήρια. Τα μικρά σπία σωριάζονται. Μεγάλες καταστροφές στους χαμηλότερους ορόφους των μεγάλων κτηρίων

Κλίμακα Saffir-Simpson για τις καταστροφές που προκαλούνται από τυφώνες.

7

⁷http://4.bp.blogspot.com/_sRIeN7_ZfCw/SNpdaJrTqTI/AAAAAAAAAbU/UUCpAEDTZwA/s1600/typhoons%2Bdis.JPG alt="[typhoons+dis.JPG]" border=0

Στη συνέχεια θα δώσουμε έναν ακόμη πίνακα ο οποίος δίνει μεγαλύτερη έμφαση στις καταστροφές που παρατηρούνται ανάλογα με την ένταση των ανέμων που επικρατούν.

Κατηγορία	Ορισμοί - Συμβάντα
1	Άνεμοι : 74-95 μίλια την ώρα Καμία ζημιά στις οικοδομές. Πρωταρχικές ζημιές σε μη στερεωμένα κινητά σπίτια, θάμνους και δένδρα Επίσης μικροπλημμύρες σε παράκτιες περιοχές με μικρές ζημιές.
2	Άνεμοι: 96-110 μίλια την ώρα Ζημιές σε υλικά οροφών, πόρτες και παράθυρα. Σημαντικές ζημιές σε βλάστηση κινητά σπίτια κλπ Ζημιές από πλημμύρες σε αποβάθρες.
3	Άνεμοι: 111-130 μίλια την ώρα Μερικές ζημιές στη δομή μικρών κατοικιών και βοηθητικές εγκαταστάσεις. Η πλημμύρα κοντά στην ακτή καταστρέφει μικρές κατασκευές και τα επιπλέοντα συντρίμμια καταστρέφουν μεγαλύτερες. Μπορεί δε να είναι εκτεταμένη και στην ενδοχώρα.
4	Άνεμοι: 131-155 μίλια την ώρα Περισσότερες ζημιές με πιθανές καταρρεύσεις μικρών κατοικιών. Μεγαλύτερες καταστροφές στις παραλίες. Πλημμύρες εκτεταμένες.
5	Άνεμοι: 155 μίλια την ώρα και πάνω Πλήρεις καταστροφές σε κατοικίες και βιομηχανικά κτίρια. Μεγάλες καταστροφές από πλημμύρες κυρίως σε χαμηλά σπίτια. Η εκκένωση περιοχών είναι πολύ πιθανή.-
Εικ. 10 : Άνεμοι και καταστροφές που προκαλούν	

Στις ΗΠΑ οι τυφώνες έχουν ταξινομηθεί σε πέντε κατηγορίες σύμφωνα με την κλίμακα Saffir-Simpon (από 1 ως 5) ανάλογα με την ένταση των φαινομένων που τους συνοδεύουν. Τα τελευταία 100 χρόνια έχουν σημειωθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες μόνο τρεις τυφώνες μεγέθους 5 βαθμών της κλίμακας Σαφίρ Σίμπσον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΥΦΩΝΩΝ ΜΕ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Πρόσφατες επιστημονικές μελέτες έχουν δείξει ότι η ένταση των τυφώνων επηρεάζεται σημαντικά από την κλιματική μεταβολή και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι αρχικά πιστευόταν. Έχει διαπιστωθεί μάλιστα ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη σχετίζεται με την ένταση και την μεγέθυνση των τυφώνων που παρουσιάζονται σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Στο σημείο αυτό βέβαια πρέπει να επισημάνουμε ότι κάθε περιοχή στην οποία παρουσιάζονται τυφώνες έχει τις δικές τις ιδιορρυθμίες οπότε δύσκολα μπορούμε να γενικεύσουμε κάποιες παραμέτρους. Εξάλλου ενδέχεται να υπάρξουν και απρόβλεπτα φαινόμενα τα οποία θα επηρεάσουν διαφορετικά την ένταση των τυφώνων σε διαφορετικούς ωκεανούς (*Πιερ Σαμουέλ, 1992*).

Η παγκόσμια άνοδος της θερμοκρασίας εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου αναμένεται να επιφέρει περισσότερους και ισχυρότερους τροπικούς κυκλώνες, σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη που δημοσιεύεται στην επιστημονική επιθεώρηση *Nature*. Η άνοδος σχεδόν κατά 1 βαθμό Κελσίου στις θάλασσες των τροπικών περιοχών όπου γεννιούνται οι κυκλώνες μπορεί να οδηγήσει σε μια άνοδο σχεδόν κατά ένα τρίτο στον αριθμό αυτών των ισχυρών καταστρεπτικών καταιγίδων, σύμφωνα με τη μελέτη.

Πολλοί επιστήμονες αποδίδουν τη συχνότητα και την ένταση των τυφώνων στην απρόσμενα υψηλή θερμοκρασία των υδάτων του Ατλαντικού σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο (*Kristin Dow, 2008*). Η πρώτη απάντηση που θα δίναμε ως υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ορισμένοι Αμερικανοί μετεωρολόγοι θεωρούν ως υπεύθυνες τις ζώνες του ωκεανού, που διοχετεύουν θερμά ύδατα από τον Ισημερινό στους Πόλους. Οι ίδιοι επιμένουν ότι οι κλιματολογικές μεταβολές, που έχουν προκληθεί από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις, είναι περιφερειακό ζήτημα. Διότι, συνεχίζουν να εξηγούν, κάθε δύο ή τρεις δεκαετίες, η ταχύτητα της «ζώνης» επιταχύνεται και θερμαίνει τις τροπικές θάλασσες.

Αλλά η γενικώς παραδεκτή ερμηνεία για τις θεομηνίες στηρίζεται στο ότι η αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλει τις ατμοσφαιρικές συνθήκες γύρω από την Αφρική, όπου γεννιούνται τα μεγάλα μέτωπα των καταιγίδων. Σύμφωνα με ερευνητές, η υπερθέρμανση του Ατλαντικού άρχισε πριν από λίγα χρόνια και

ενδέχεται να διαρκέσει κάποιες δεκαετίες, γεννώντας μεγάλο αριθμό τυφώνων.

Σύμφωνα με πόρισμα Αμερικανών επιστημόνων, η πρόσφατη εμφάνιση των αλληπάλληλων τυφώνων στην κεντρική Αμερική, οφείλεται στις κλιματολογικές αλλαγές του πλανήτη και ειδικότερα στην υπερθέρμανση των υδάτων του Ατλαντικού Ωκεανού. Η υπερθέρμανση της Γης έχει οδηγήσει στην αύξηση των θερμών ρευμάτων στους ωκεανούς του πλανήτη, τα οποία είναι και υπεύθυνα για τον σχηματισμό των τυφώνων. Η επιστημονική ομάδα που επιστράτευσε η αμερικανική Γερουσία υπογράμμισε ότι "Ακόμα και η παραμικρή αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεάνιων ρευμάτων, π.χ. ενός βαθμού Κελσίου, είναι ικανή να οδηγήσει στην αύξηση της εμφάνισης των τυφώνων", όπως δήλωσε χαρακτηριστικά ο επικεφαλής των Αμερικανών επιστημόνων, και γνωστός καθηγητής μετεωρολογίας, Νταν Καγιάν.

Οι Αμερικανοί επιστήμονες τόνισαν ότι το 2003 και το 2004 εμφανίστηκαν περισσότεροι τυφώνες από ποτέ και έκρουσαν τον κώδωνα του κινδύνου για την κατάσταση που θα δημιουργηθεί μελλοντικά. "Στο μέλλον, η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας δεν θα προκαλέσει μόνο σφοδρότερους τυφώνες, αλλά και μεγαλύτερες καταιγίδες και ανεμοθύελλες", προσέθεσε ο καθηγητής Καγιάν. Ακόμα πιο ανησυχητική από την πρόβλεψη των επιστημόνων είναι η εγκληματική απάθεια των Αμερικανών πολιτικών, που αρνούνται να αναλάβουν δράση για τη μείωση των αερίων ρύπων που προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας.⁸

3.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ

Σήμερα με τη τεχνολογία που υφίσταται, η πρόβλεψη προσέγγισης ενός τροπικού κυκλώνα γίνεται από δίκτυο μετεωρολογικών δορυφόρων που τους παρακολουθούν από τη στιγμή της δημιουργίας τους, καταγράφοντας όλα τα χαρακτηριστικά τους τα οποία αναμεταδίδονται κυρίως από μεγάλους παράκτιους μετεωρολογικούς σταθμούς στα δελτία καιρού. Έχουν οργανωθεί Εθνικά Κέντρα Τυφώνων με αποστολή την επισήμανση, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των τυφώνων. Οι μετεωρολόγοι καταβάλλουν έντονη προσπάθεια να χαρτογραφήσουν την πορεία κάθε τυφώνα και να προειδοποιήσουν όσους βρίσκονται στο διάβα του. Οι προειδοποιήσεις αυτές πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερες διότι τα αναγκαία μέτρα προστασίας στοιχίζουν αρκετά. Με το πέρασμα των χρόνων βέβαια

⁸ [http://lgrpe.pel.sch.gr/modules.php?op=modload&name=News&";](http://lgrpe.pel.sch.gr/modules.php?op=modload&name=News&)

οι ειδικοί είναι σε θέση να αξιολογήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα δεδομένα καταλλήγοντας σε ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Στη σημερινή εποχή, η ανάγκη για έγκυρες προβλέψεις του φαινομένου των τυφώνων είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Έχει πολλαπλασιαστεί ο αριθμός των ανθρώπων που κατοικούν σε παραθαλάσσιες περιοχές και ως εκ τούτου βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο, ενώ η πλειοψηφία των ειδικών συμφωνεί ότι η δραστηριότητα των τυφώνων θα αυξηθεί δραστικά τις επόμενες δεκαετίες.

Για το λόγο αυτό όλες οι πληροφορίες που συλλέγονται με τα μέσα παρακολούθησης των τυφώνων οδηγούνται σε μεγάλους υπολογιστές και κατασκευάζονται μαθηματικά μοντέλα εξομοίωσης του τυφώνα, για περαιτέρω μελέτη αυτών με σκοπό, όχι μόνο την αύξηση των επιστημονικών γνώσεων, αλλά και για πρακτικότερους σκοπούς, όπως η πρόβλεψη της γέννησης και της πορείας αυτών. Οι ειδικοί στην πρόγνωση του καιρού έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν τυφώνες σε υπολογιστές με ειδικούς προσομοιωτές για το γήινο κλίμα. Τα υψηλής ανάλυσης μοντέλα αυτών των προσομοιωτών είναι σε θέση να προβλέψουν με ποιο τρόπο θα εξελιχθούν οι τυφώνες έστω για λίγες ημέρες. Η τεράστια υπολογιστική ισχύς του προσομοιωτή της γης σημαίνει ότι μπορεί να μιμηθεί κάποιες χρονιές του κλίματος, που είναι ζωτικής σημασίας για την πρόβλεψη της επίδρασης της παγκόσμιας θέρμανσης στον καιρό μας. Ο ισχυρότερος υπερυπολογιστής αυτού του είδους σε παγκόσμιο επίπεδο βρίσκεται στην Yokohama της Ιαπωνίας.

Σύμφωνα με τους επιστήμονες τα αποτελέσματα των προγραμμάτων αυτών είναι εντυπωσιακά και αυτό διότι ενώ τα περισσότερα μοντέλα του κλίματος διαιρούν τη Γη σε μεγάλα τμήματα διαστάσεων εκατοντάδες χιλιομέτρων, ο ισχυρότατος Προσομοιωτής της Γης (Earth Simulator) μπορεί να τρέξει μοντέλα με τη Γη χωρισμένη σε πολύ μικρά τμήματα, όπως 10 km. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το παγκόσμιο μοντέλο μπορεί να συμπεριλάβει μικρής κλίμακας μετεωρολογικά φαινόμενα, όπως οι τροπικές καταιγίδες. Για παράδειγμα, αν ενσωματωθούν οι τυφώνες στα μοντέλα, οι επιστήμονες θα είναι σε θέση να προβλέψουν το αν οι θύελλες που προκαλούνται από τους τυφώνες θα γίνουν συχνότερες με την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Επιπρόσθετα, επιστήμονες ανά τον κόσμο είναι έτοιμοι να υλοποιήσουν πρόγραμμα σύμφωνα με το οποίο θα τοποθετηθεί ένα "δαχτυλίδι" δορυφόρων γύρω από τη Γη, το οποίο θα έχει τη δυνατότητα να αποτυπώσει οποιαδήποτε φυσική ή προερχόμενη από τον άνθρωπο καταστροφή οπουδήποτε στον κόσμο και

οποιαδήποτε στιγμή. Ο "Αστερισμός Ελέγχου Καταστροφών" έχει ήδη στο ενεργητικό του 4 δορυφόρους σε τροχιά που ανήκουν στη Βρετανία, στην Τουρκία, την Αλγερία και τη Νιγηρία. Κάθε δορυφόρος έχει 6 φακούς που μπορούν να συλλαμβάνουν εικόνες στο έδαφος σε απόσταση 600 χιλιομέτρων. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει τις υψηλής ανάλυσης δορυφορικές φωτογραφίες που λαμβάνει σε χάρτες, οι οποίοι στη συνέχεια θα διανέμονται άμεσα σε οργανώσεις όπως τον Ερυθρό Σταυρό και τους Γιατρούς Χωρίς Σύνορα προκειμένου να προβαίνουν σε άμεση επέμβαση βοήθειας. Είναι σημαντικό, ότι οι πληροφορίες, με τη μορφή χαρτών, θα φτάνουν στους κατάλληλους ανθρώπους πολύ γρήγορα.

Μια αμερικανική και μια ισραηλινή εταιρεία πειραματίζονται με μεθόδους αλλαγής της πορείας των τυφώνων και κυκλώνων. Επειδή το κέντρο του τυφώνα είναι πολύ ψυχρό οι επιστήμονες εκτιμούν πως αν ρίξουμε επάνω του κάποιο μαύρο υλικό όπως η καρβουνόσκονη ή τρίματα από ελαστικά αυτοκινήτων η θερμότητα θα αυξηθεί μειώνοντας την έντασή του και μετατοπίζοντας την πορεία του. Δυστυχώς όμως, εκτός από τα τεχνικά προβλήματα οι εταιρείες αντιμετωπίζουν και νομικά θέματα καθώς μια αλλαγή πορείας σε άλλες περιοχές θα προκαλέσει καταστροφές σε αυτές και φυσικά θα προκληθεί τυφώνας αγωγών για αποζημιώσεις από τους αδικώς πληγέντες.⁹

Μπορούμε πάντως να επισημάνουμε κάποιες εμπειρικές παρατηρήσεις που μπορούν να αποτελέσουν προειδοποιητικά σημεία προσέγγισης τροπικού κυκλώνα όπως:

1. Παρατηρούμενη αποθαλασσία που δεν δικαιολογείται από τον υφιστάμενο άνεμο ή άλλη αιτία. Γενικά η διεύθυνση κίνησής της αποθαλασσίας προδίδει και το κέντρο του κυκλώνα.
2. Παρατηρούμενη ανωμαλία της ημερήσιας μεταβολής του βαρομέτρου. Στα τροπικά πλάτη κάθε μεταβολή μεγαλύτερη των 5 मिलिपार्स πρέπει να κρίνεται ύποπτη.
3. Η εμφάνιση στον ουρανό θυσανόμορφων νεφών κατά ζώνες αποτελεί κυρίαρχο προειδοποιητικό σημείο.
4. Αύξηση της έντασης και μεταβολή της διεύθυνσης των υφισταμένων ανέμων σε συνδυασμό με τις αλλαγές των βαρομετρικών ενδείξεων αποτελεί προειδοποιητικό σημείο προσέγγισης τροπικού κυκλώνα.

⁹ www.eeei.gr/blogimg/242_typhoon.jpg

5. Τέλος όταν η ορατότητα είναι εξαιρετικά μεγάλη η δε ατμόσφαιρα καθίσταται πνιγνή αποτελεί επίσης προειδοποιητικό σημείο πως κάποιος τροπικός κυκλώνας δεν είναι πολύ μακριά.¹⁰

3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ **–ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ**

Οι περιοχές που πλήττονται από τυφώνες υφίστανται τις συνέπειες της δράσης αυτών που εκδηλώνεται με θύελλες, ισχυρούς ανέμους, χειμαρρώδεις βροχοπτώσεις με πλημμύρες και ανεμοστρόβιλους. Τα αποτελέσματα βέβαια είναι εκτεταμένες καταστροφές σε περιουσιακά στοιχεία αλλά και ανθρώπινες απώλειες ανάλογα με την κατηγορία του τυφώνα αλλά και με την περιοχή που τον υφίσταται, αφού ελευθερώνεται ενέργεια ισοδύναμη με την έκρηξη πολλών ατομικών βομβών. Οι περισσότερες ανθρώπινες απώλειες οφείλονται στην τεράστια ποσότητα υδάτων που επιπίπτουν στις παράκτιες περιοχές ωθούμενες από τους ανέμους.

Ο **τυφώνας Κατρίνα** (2005) ήταν ένας από τους πιο θανατηφόρους, στην ιστορία των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Ο τυφώνας αυτός σχηματίστηκε πάνω από τις Μπαχάμες στις 23 Αυγούστου 2005 και διέσχισε τη νότια Φλόριντα ως μέτριας έντασης (κατηγορίας 1) προκαλώντας θανάτους και ορισμένες πλημμύρες πριν να ενισχυθεί στον Κόλπο του Μεξικού (*Jim Reed, Mike Theiss, 2005*). Κατόπιν εξασθένησε για λίγο όμως στη συνέχεια στις 29 Αυγούστου έπληξε τη νοτιοανατολική Λουιζιάνα ως καταιγίδα κατηγορίας 3. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την πρόκληση σοβαρών καταστροφών κατά μήκος της ακτής του Κόλπου από την κεντρική Φλόριντα ως το Τέξας λόγω της διόγκωσης της καταιγίδας. Οι πιο σοβαρές



Εικ 11: Τυφώνας Κατρίνα

¹⁰ <http://el.wikipedia.org>

απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και υλικές ζημιές σημειώθηκαν στη Νέα Ορλεάνη και τη Λουϊζιάνα που πλημμύρισαν. Το 80% της επιφάνειας της πόλης πλημμύρισε και τα νερά παρέμειναν στην περιοχή για πολλές εβδομάδες. Τουλάχιστον 1.836 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους κατά την επέλαση του τυφώνα και τις μετέπειτα πλημμύρες, με αποτέλεσμα ο τυφώνας αυτός να αποκαλείται ο πιο θανατηφόρος στις ΗΠΑ από το 1928. Οι περιοχές που επηρεάστηκαν ήταν οι Μπαχάμες, η Νότια Φλόριντα, η Κούβα, η Νέα Ορλεάνη, η περιοχή του Μισισσιππή, η Λουϊζιάνα και η Αλαμπάμα. Η υψηλότερη ταχύτητα των ανέμων που σημειώθηκε ήταν 172mph (280km/h). Ο οικονομολόγος και σύμβουλος κρίσεων Randall Bell στο βιβλίο του αναφέρει ότι, ο τυφώνας Κατρίνα το 2005 ήταν η μεγαλύτερη φυσική καταστροφή στην ιστορία των Ηνωμένων Πολιτειών. Μάλιστα οι προκαταρκτικές εκτιμήσεις ζημιών έφταναν στο ποσό των \$ 100 δισ. Ευρώ.

Οι οικονομικές επιπτώσεις του τυφώνα ήταν ιδιαίτερα εκτεταμένες. Η Κατρίνα προκάλεσε τη βλάβη ή την καταστροφή 30 εξόδων πετρελαίου και προκάλεσε το κλείσιμο εννέα διυλιστηρίων. Η συνολική διακοπή της παραγωγής πετρελαίου από τον Κόλπο του Μεξικού κατά τη διάρκεια των έξι μηνών μετά Κατρίνα ήταν περίπου το 24% της ετήσιας παραγωγής και η διακοπή στην παραγωγή φυσικού αερίου για την ίδια περίοδο ήταν περίπου 18%. Επηρεάστηκε επίσης σε σημαντικό βαθμό η δασική βιομηχανία στο Μισισσιππή διότι καταστράφηκαν 1,3 εκατομμύρια στρέμματα (5.300 km^2) των δασικών εκτάσεων. Οι συνολικές απώλειες για τη δασική βιομηχανία από Κατρίνα υπολογίζονται περίπου σε 5 δισεκατομμύρια δολάρια. Εξάλλου, εκατοντάδες χιλιάδες



Εικ 12: Ενίσχυση τυφώνα Κατρίνα στον Κόλπο του Μεξικού



Εικ 13: Μόνο οι στέγες των σπιτιών έμειναν πάνω από το νερό σε περιοχές της Λουιζιάνα μετά το πέρασμα του τυφώνα Κατρίνα

κατοίκους έμειναν άνεργοι.

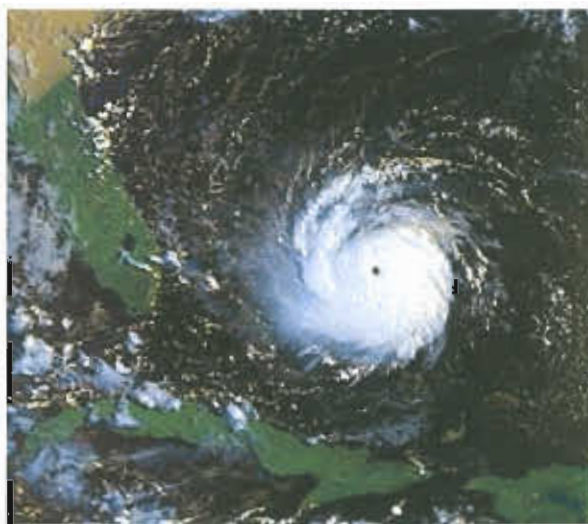
Ο τυφώνας Κατρίνα είχε όμως σημαντικό αντίκτυπο και στο περιβάλλον. Η καταιγίδα προκάλεσε σημαντικές διαβρώσεις στις παραλίες και σε ορισμένες περιπτώσεις κατέστρεψε εντελώς κάποιες παράκτιες περιοχές. Επιπρόσθετα, χάθηκαν εδάφη που χρησίμευαν ως γόνιμο έδαφος για τα θαλάσσια θηλαστικά, τους καφέ πελεκάνους, τις θαλάσσιες χελώνες και τα ψάρια, καθώς και για τα μεταναστευτικά είδη, όπως οι πάπιες. Η Κατρίνα προκάλεσε ακόμη το αναγκαστικό κλείσιμο του 16^{ου} Εθνικού Καταφυγίου Άγριων Ειδών.



Εικ 14: Πλημμύρες σε Νέα Ορλεάνη

Τέλος, στο πλαίσιο της εκκαθάρισης στη Νέα Ορλεάνη τα νερά που πλημμύρισαν την πόλη αντλήθηκαν προς τη λίμνη Pontchartrain, μια διαδικασία που πήρε 43 ημέρες για να ολοκληρωθεί. Αυτά τα υπολειμματικά ύδατα περιείχαν ένα μίγμα αποχετευτικών υδάτων, βακτηρίων, βαρέων μετάλλων, φυτοφαρμάκων, τοξικών χημικών ουσιών και περίπου 6,5 εκατομμύρια γαλόνια πετρελαίου, το οποίο πυροδότησε φόβους της επιστημονικής κοινότητας για μαζικό αριθμό θανάτων ψαριών.

Ο τυφώνας Άντριου είναι η δεύτερη πιο ισχυρή, και η τελευταία από τους τρεις κατηγορίας 5 τυφώνες που έγιναν στις ΗΠΑ προκαλώντας 65 θανάτους. Το 1992 λοιπόν ο Andrew έπληξε τις βορειοδυτικές Μπαχάμες, τη Νότια Φλόριντα στο Homestead (νότια του Μαϊάμι), και τη νοτιοδυτική Λουϊζιάνα τον Αύγουστο. Ο τυφώνας



Εικ 15 :Τυφώνας Andrew πλησιάζει τις Μπαχάμες και τη Φλόριντα ως τυφώνας κατηγορίας 5

αυτός προκάλεσε μεγάλες οικονομικές καταστροφές. Συγκεκριμένα οι ζημιές υπολογίζονται σε \$ 26,5 δις (\$ 38,1 δισ. το 2006). Οι μεγαλύτερες ζημιές

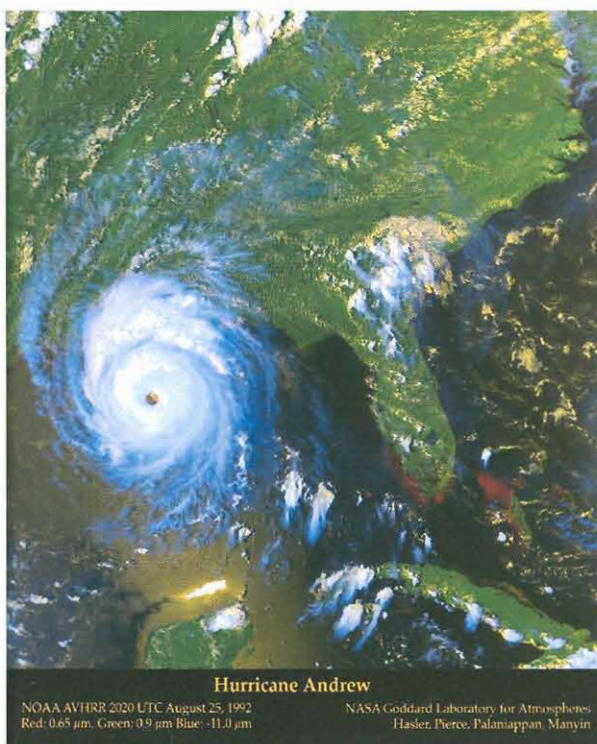
παρατηρήθηκαν στη νότια Φλόριντα. Ο Andrew ήταν η μεγαλύτερη σε κόστος φυσική καταστροφή στην ιστορία των Η.Π.Α μέχρι ξεπεραστεί από τον τυφώνα «Κατρίνα» το 2005. Ήταν επίσης η πρώτη από τις δύο μεγαλύτερες καταιγίδες κατηγορίας 4 που έπληξαν τις Η.Π.Α εκείνη τη χρονιά. Ο τυφώνας Iniki στον Κεντρικό Ειρηνικό χτύπησε τη Χαβάη μια-δυο εβδομάδες αργότερα.

¹¹Μέσα από Εκθέσεις ιδιωτικών βαρόμετρων αποδείχθηκε ότι η κεντρική πίεση του Andrew, σε ξηρά κοντά στο HOMESTEAD,

Florida, ήταν 27,23 ίντσες (922 hPa). Εκείνη την εποχή, αυτή ήταν η τρίτη χαμηλότερη πίεση που έχει καταγραφεί για τυφώνα που έπληξε την ξηρά στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (τώρα είναι τέταρτη, μετά τον τυφώνα Κατρίνα το 2005. Δυστυχώς υπήρξε πρόβλημα με τη μέτρηση των ανέμων του τυφώνα Άντριου λόγω της καταστροφής ή βλάβης των οργάνων μέτρησης.

Στις Μπαχάμες ο τυφώνας Άντριου, ως τυφώνας κατηγορίας 5, προκάλεσε σημαντικές πλημμύρες και άφησε πίσω του έξι νεκρούς και ζημιές \$ 250 εκατ.

Στη Φλόριντα ο τυφώνας προκάλεσε καταιγίδα αναπτυσσόμενη κατά 17 πόδια (5.5 μέτρα). Μάλιστα καταγράφηκε παλιρροϊκό κύμα 16.9 ποδιών (5.2 μέτρα) κατά μήκος της ακτογραμμής. Η καταστροφή ήταν σχετικά μικρή επειδή η κατεύθυνση του



Εικ 16: Τυφώνας «Άντριου»



Εικ 17: Συνέπειες του τυφώνα Andrew στο Homestead της Φλόριντα

¹¹ Εικ 13 & 17: «Πλανήτης Γη. Η δύναμη της φύσης. Οι καλύτερες φωτογραφίες του κόσμου», ΤΑ ΝΕΑ, 2007.

τυφώνα δεν ήταν στραμμένη προς το Μαϊάμι. Οι βροχοπτώσεις ήταν περιορισμένες στη Νοτιοανατολική Φλόριντα διότι ο τυφώνας κινούνταν με υψηλές ταχύτητες. Σε αντίθεση με την πλειονότητα των τυφώνων, η συντριπτική πλειονότητα των ζημιών στη Φλόριντα οφείλεται στους ανέμους. Μόνο στον τομέα της Γεωργίας οι απώλειες ήταν \$ 1,04 δις. Σε κάποιες περιοχές όπως για παράδειγμα στο Dade County το 90% των σπιτιών υπέστη σημαντικές ζημιές στην οροφή ενώ επίσης 117.000 καταστράφηκαν ή είχαν μεγάλες ζημιές. Τέλος, από τους ανέμους καταστράφηκε και ένας σταθμός παραγωγής πυρηνικών.

Ο τυφώνας Φράνσις ήταν ο τρίτος μεγαλύτερος τυφώνας του 2004 στον Ατλαντικό. Αποτελούνταν από ένα σύστημα που διέσχισε την ανοικτή θάλασσα του Ατλαντικού από τα μέσα έως τα τέλη Αυγούστου και κινήθηκε βόρεια στις Μικρές Αντίλλες, αφού παράλληλα ενισχυόταν. Οι ζώνες που έπληξε ήταν το Πουέρτο Ρίκο, οι Βρετανικές Παρθένες Νήσοι ενώ πέρασε βόρεια και από τη



Εικ 18 :Δορυφορική εικόνα του τυφώνα Φράνσις

θάλασσα της Καραϊβικής (Rick Schwartz, Al Karr, 2007). Η μέγιστη ταχύτητα της καταιγίδας που παρατηρήθηκε είναι 145 μίλια ανά ώρα (233 χλμ / ώρα), και κατατάσσεται στην κατηγορία 4 της κλίμακας τυφώνων Saffir-Simpson . Το μάτι του κυκλώνα πέρασε πάνω από το νησί San Salvador και πολύ κοντά στο νησί Cat στις Μπαχάμες. Ο τυφώνας Φράνσις επηρέασε και τον τομέα της γεωργίας καθώς οδήγησε στην σχεδόν πλήρη καταστροφή της οικονομίας της. Συνολικά, εξαιτίας του τυφώνα αυτού χάθηκαν 49 ζωές ενώ οι ζημιές ανήλθαν σε € 12 δις. ευρώ (2004).

Ο τυφώνας Ιβάν συγκαταλέγεται στους πέντε μεγαλύτερους στην ιστορία των θεομηνιών. Μέχρι τώρα έχουν καταμετρηθεί έως τώρα στην Καραϊβική και στις νότιες Πολιτείες των ΗΠΑ δεκαέξι τυφώνες που προκάλεσαν ανυπολόγιστες καταστροφές. Ενώ οι νεκροί ξεπέρασαν τους 120, χιλιάδες άτομα έμειναν χωρίς στέγη, οι δε συνολικές ζημιές ανέρχονται σε δεκάδες δισ. δολάρια. Επί μία εβδομάδα ο αμερικανικός Νότος, η Φλόριντα, η Αλαμπάμα, η Λουϊζιάνα έζησαν στους τρελούς

ρυθμούς του Ιβάν, που προσέλαβε διαστάσεις ανάλογες με την έκταση του Τέξας και μετέτρεψε τη Νέα Ορλεάνη σε πόλη - φάντασμα, αφού δύο εκατομμύρια κάτοικοι την εγκατέλειψαν με κατεύθυνση την ενδοχώρα, για να γλιτώσουν από την οργή του τυφώνα.

Μπορούμε να συνοψίσουμε τους σημαντικότερους και ισχυρότερους τυφώνες που παρουσιάστηκαν στις ΗΠΑ στους ακόλουθους:



Εικ 19 :Δορυφορική εικόνα του τυφώνα Ιβάν

- **Αύγουστος 1955:** Ο *τυφώνας Νταϊάν* έπληξε την Ακτή Βόρειας Καρολίνας με απολογισμό 184 θύματα και 832 εκατ. δολάρια.
- **Ιούνιος 1957:** Ο *τυφώνας Όντρεϊ*, «χτύπησε» στα σύνορα Τέξας-Λουϊζιάνα, αφήνοντας πίσω του 390 θύματα και υλικές ζημιές ύψους 150 εκατ. δολαρίων.
- **Σεπτέμβριος 1960:** Η Φλόριντα βρέθηκε στο δρόμο του *τυφώνα Ντόνα*, ο οποίος άφησε πίσω του 50 θύματα και υλικές ζημιές 387 εκατομμυρίων δολαρίων.
- **Αύγουστος 1969:** Ο *τυφώνας Καμίλ* πέρασε από την Ακτή Μισισιπή, προκαλώντας υλικές ζημιές 1,42 δισ. δολαρίων και 256 θύματα.
- **Ιούνιος 1972:** Ο *τυφώνας Άγκνες* έπληξε την Ακτή της Φλόριντας και άφησε πίσω του 122 θύματα και υλικές ζημιές 2,1 δισ. δολάρια.
- **Αύγουστος 1983:** Ο *τυφώνας Αλίσια* έπληξε το Γκάλβεστον Άϊλαντ του Τέξας, προκαλώντας 21 θύματα και υλικές ζημιές 2 δισ. δολαρίων.
- **Αύγουστος 1992:** Η Νότια Φλόριντα χτυπήθηκε από τον *τυφώνα Αντρίου*, με αποτέλεσμα μετά το πέρασμά του να μετρά 65 θύματα και υλικές ζημιές 26,5 δισ. δολαρίων.
- **Οκτώβριος 1995:** Ο *τυφώνας Οπάλ* «χτύπησε» την Πενσακόλα Μπιτς στη Φλόριντα, προκαλώντας υλικές ζημιές 3 δισ. δολάρια και 9 θύματα.
- **Σεπτέμβριος 1999:** Ο *τυφώνας Φλόιντ* χτύπησε το Ακρωτήριο Φίαρ στη Βόρεια Καρολίνα, προκαλώντας υλικές ζημιές 3-6 δισ. δολαρίων και 56 θύματα.

- **Αύγουστος 2004: Ο τυφώνας Τσάρλι** έπληξε το Καπτίβα Άϊλαντ στη Φλόριντα, προκαλώντας 10 θύματα και υλικές ζημιές 15 δισ. δολαρίων.
- **Σεπτέμβριος 2004: Ο τυφώνας Ιβάν**, έπληξε την Αλαμπάμα προκαλώντας υλικές ζημιές 14,2 δισ. δολαρίων και 25 θύματα. Στις 5 Σεπτεμβρίου του 2004 ο τυφώνας Φράνσις έπληξε το Στούαρτ στη Φλόριντα προκαλώντας 7 θύματα και υλικές ζημιές 8,9 δισ. δολαρίων. Η ίδια περιοχή «χτυπήθηκε» και πάλι από τον τυφώνα Τζίνι στις 26 Σεπτεμβρίου 2004, με αποτέλεσμα την πρόκληση υλικών ζημιών 6,9 δισ. δολαρίων και 6 θυμάτων.¹²

Η αναδρομή σε στατιστικές καταγραφές και στοιχεία την εικοσαετία 1940-1960 είναι διαφωτιστική. Στη δεκαετία του '60 οι τυφώνες ήταν σύννηθες κακό στην Καραϊβική. Έπειτα επήλθε μια σχετική ηρεμία. Τότε ο πληθυσμός στην πολιτεία της Φλόριντα κατοίκησε τις ακτές. Τώρα, μάλλον θα πρέπει να συνηθίσει στην αβεβαιότητα, στις αναγκαστικές μετακινήσεις και στον κίνδυνο.

Από τα μέχρι τώρα στοιχεία της ιαπωνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας, 28 τυφώνες, είναι μια μέση ετήσια τιμή του αριθμού των τυφώνων που παρουσιάζονται κυρίως στις δυτικές ακτές της Ιαπωνίας. Οι ισχυρότεροι τυφώνες στην τελευταία εκατονταετία με τους περισσότερους θανάτους ανθρώπων στην Ιαπωνία ήταν:

- **21 Σεπτεμβρίου 1934: Τυφώνας Muroti** με 3.034 θανάτους,
- **17 Σεπτεμβρίου 1945: Τυφώνας Makurazaki** με 3.756 θανάτους,
- **26 Σεπτεμβρίου 1954: Τυφώνας Toyamaru** με 1.761 θανάτους,
- **26 Σεπτεμβρίου 1959: Τυφώνας Isewan (Vera)** με 5.098 θανάτους.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται 5 ακραία καιρικά φαινόμενα της περιόδου 1970-2001 που παρουσίασαν το μεγαλύτερο οικονομικό κόστος και 5 επίσης ακραία καιρικά φαινόμενα με τα περισσότερα θύματα. Όπως φαίνεται το μεγαλύτερο κόστος από τα ακραία καιρικά φαινόμενα παρατηρήθηκε σε ανεπτυγμένες χώρες, ενώ τα περισσότερα θύματα σε αναπτυσσόμενες χώρες. Επιπρόσθετα, σημαντική είναι η παρατήρηση ότι το μεγάλο οικονομικό κόστος δε συμβαδίζει απαραίτητα με πολλά θύματα από τα ακραία καιρικά φαινόμενα.

¹² <http://news.pathfinder.gr>

Πίνακας Τα 5 ακραία καιρικά φαινόμενα της περιόδου 1970-2001 που παρουσίασαν το μεγαλύτερο οικονομικό κόστος [28]

Σειρά	Θύματα ¹	Κόστος ασφάλισης ²	Ημερομηνία	Γεγονός	Χώρα
1	38	20.185	23.08.1992	Τυφώνας Andrew	ΗΠΑ, Μπαχάμες
2	51	7.338	27.09.1991	Τυφώνας Mireille	Ιαπωνία
3	95	6.221	25.01.1990	Καταιγίδα (Winterstorm) Daria	Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο
4	80	6.164	25.12.1999	Καταιγίδα (Winterstorm) Lothar	Γαλλία, Ελβετία
5	61	5.990	15.09.1989	Τυφώνας Hugo	Πουέρτο Ρίκο, ΗΠΑ



Πίνακας Τα 5 ακραία καιρικά φαινόμενα της περιόδου 1970-2001 που παρουσίασαν το μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων [28]

Σειρά	Θύματα ¹	Κόστος ασφάλισης ²	Ημερομηνία	Γεγονός	Χώρα
1	300.000	N/a	14.11.1970	Καταιγίδα και Πλημμύρα	Μπαγκλαντές
2	138.000	3	29.04.1991	Τροπικός Κυκλώνας Gorgy	Μπαγκλαντές
3	15.000	106	29.10.1999	Κυκλώνας Ο5B	Ινδία (Orissa), Μπαγκλαντές
4	15.000	N/a	1.09.1978	Πλημμύρα επακόλουθη μουσώνα	Βόρεια Ινδία
5	10.800	N/a	31.10.1971	Πλημμύρα	Ινδία (Orissa), Κόλπος του Bengal

¹ Νεκροί και αγνοούμενοι

² Σε δολάρια ΗΠΑ, σε τιμές 2001

Στη συνέχεια θα παραθέσουμε στατιστικά στοιχεία που αφορούν ειδικότερα τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής:

Πίνακας 3: Οι πιο έντονοι τυφώνες στις Η.Π.Α (Η ένταση μετρείται αποκλειστικά και μόνο από την κεντρική πίεση)

A/A	Τυφώνας	Χρονολογία	Πίεση στην ξηρά
1	Labor day	1935	892 mbar (hPa)
2	Camille	1969	909 mbar (hPa)
3	Katrina	2005	920 mbar (hPa)
4	Andrew	1992	922 mbar (hPa)
5	Indianola'	1886	925 mbar (hPa)
6	Florida keys	1919	927 mbar (hPa)
7	Okeechobee	1928	929 mbar (hPa)
8	Donna	1960	930 mbar (hPa)
9	Carla	1961	931 mbar (hPa)
10	Hugo	1989	934 mbar (hPa)

Πίνακας 4: Οι τυφώνες με το μεγαλύτερο κόστος στις Η.Π.Α (Ατλαντικός)

Το κόστος αναφέρεται στη συνολική εκτιμώμενη ζημία ιδιοκτησίας

Κατάταξη	Τυφώνας	Χρονολογία	Κόστος
1	Katrina	2005	\$ 89,6 δισ
2	Andrew	1992	\$ 40,7 δισ.
3	Ike	2008	\$ 24,0 δισ.
4	Wilma	2005	\$ 22,7 δισ.
5	Charley	2004	\$ 18,6 δισ.

Πηγή: Εθνικό Κέντρο Τυφώνων¹³

Επιπλέον μερικά σημαντικά στατιστικά στοιχεία που αξίζει να αναφέρουμε είναι:

Ρεκόρ χαμηλότερης ατμοσφαιρικής πίεσης είχε ο τυφώνας Tip που εμφανίστηκε στις 12 Οκτωβρίου 1979 στον Βορειοδυτικό Ειρηνικό ωκεανό με κέντρο 870 mb και με μέση ένταση ανέμου 165 kts.

Η γρηγορότερη και μεγαλύτερη ανάπτυξη παρουσιάστηκε τον Σεπτέμβριο του 1983 με τον τυφώνα Forest, όπου η πίεση στο κέντρο του έπεσε κατά 100 mb μέσα σε 24 ώρες (από 976 σε 876 mb).

Η μεγαλύτερη ένταση βροχόπτωσης σε έναν κυκλώνα παρουσιάστηκε το 1966 στα νησιά Reunion (*Ned Halley, 2001*)

¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Andrew

Το έτος 2004 είχε εκτιμηθεί ως έτος θεομηνιών στην Καραϊβική, αλλά τα όσα συνέβησαν υπερέβησαν τους υπολογισμούς. Αντί των 12 τυφώνων που ανέμεναν οι επιστήμονες, καταμετρήθηκαν 16.

Στο σημείο αυτό θα συνεχίσουμε την περιγραφή των σημαντικότερων τυφώνων που έχουν παρατηρηθεί επεκτείνοντας τη μελέτη μας σε περιοχές εκτός των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής.

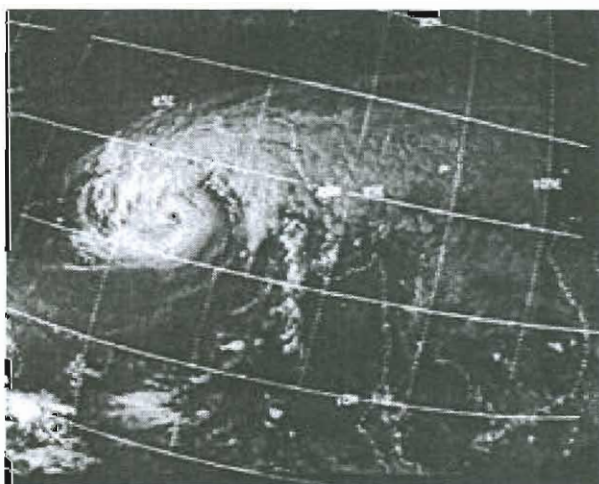
Σε παγκόσμια κλίμακα ο πλέον καταστροφικός κυκλώνας σε ανθρώπινες ζωές παρουσιάστηκε στο ανατολικό Πακιστάν, το σημερινό Μπανγκλαντές στις 12 Νοεμβρίου 1970. Ο κυκλώνας Bhola ήταν ο πιο θανατηφόρος τυφώνας που έχει καταγραφεί ποτέ με τελικό απολογισμό το

θάνατο 500.000 ανθρώπων κυρίως ως αποτέλεσμα της πλημμύρας στα χαμηλού υψόμετρου νησιά του Δέλτα του Γάγγη. Οι ισχυροί άνεμοι χτύπησαν την περιοχή με 115 μίλια/ώρα (185km/h) και η δύναμη της θύελλας καταγράφηκε να έχει φθάσει στη κατηγορία 3 στην κλίμακα των τυφώνων. Εντούτοις, οι νεκροί δεν είναι όλοι από τον τυφώνα αλλά από τα επακόλουθα. Οι περισσότεροι από εκείνους που έχασαν τη ζωή τους κατά τη διάρκεια αυτής της φυσικής καταστροφής σκοτώθηκαν λόγω του κύματος θύελλας που έφερε με τη σειρά του δυνατή βροχή και προκάλεσε πλημμύρα σε πολλές περιοχές. Εκτιμάται ότι το 90% του πληθυσμού είχε επίγνωση του κυκλώνα που θα έπληττε την περιοχή, αλλά μόνο περίπου το 1% αναζήτησε καταφύγιο.

Η συνολική ζημία από την καταστροφή εκτιμήθηκε σε \$ 86,4 εκατ. το 1970 (480 εκατ. \$ 2009). Οι επιζώντες ισχυρίζονταν ότι περίπου το 85% των νοικοκυριών στην περιοχή καταστράφηκαν ή



Εικ.20 : Διαδρομή που ακολούθησε ο τυφώνας «Μπόλα»



Εικ.21 : Τυφώνας «Μπόλα»

υπέστησαν σοβαρές βλάβες. Επιπλέον, περίπου το 65% της αλιευτικής ικανότητας της παράκτιας περιοχής καταστράφηκε από την καταιγίδα, σε μια περιοχή όπου το 80% των πρωτεϊνών που καταναλώνονται προέρχονταν από ψάρια. Εξίσου σοβαρές ήταν οι απώλειες και στη γεωργία. Ο τυφώνας Μπόλα δεν ήταν όμως ο πιο ισχυρός στη συγκεκριμένη περιοχή. Η ίδια περιοχή επλήγη ξανά το 1991 με 138.000 νεκρούς.¹⁴



Εικ. 22 : Διαδρομή που ακολούθησε ο τυφώνας «Ναργκίς»

Το 2008, η Ασία ήταν και πάλι η ήπειρος που επηρεάστηκε από τις χειρότερες καταστροφές σε ό,τι αφορά τις ανθρώπινες απώλειες. Ο κυκλώνας Ναργκίς προκάλεσε τη χειρότερη φυσική καταστροφή στην ιστορία της Βιρμανίας (επίσημως γνωστή ως Μιανμάρ). Ο τυφώνας αυτός, ο οποίος ήταν κατηγορίας 4, έπληξε τη χώρα προκαλώντας τεράστιες καταστροφές καταστροφής και τουλάχιστον 146.000 θανάτους με χιλιάδες ανθρώπους να εξακολουθούν να αγνοούνται. Οι ταχύτητες των ανέμων ήταν 165km/h (105 μίλια/ώρα) 3 λεπτών διατηρούμενων και 215 km/h (135 μίλια/ώρα) ενός λεπτού διατηρούμενων. Η χαμηλότερη πίεση που καταγράφηκε ήταν 962 hPa (mbar. Τέλος το οικονομικό κόστος από την επέλαση του τυφώνα υπολογίστηκε σε 10 δις \$. Πολλές χώρες ενδιαφέρθηκαν μέσω της έκκλησης των Ηνωμένων Εθνών και συνέβαλαν στην ανασυγκρότηση της περιοχής και στη βοήθεια των πληγέντων. Μεταξύ των χωρών



Εικ 23. : Τυφώνας «Ναργκίς»

¹⁴ <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/OkosmosPouZoume.htm>

αυτών ήταν και η Ελλάδα η οποία προσέφερε 200.000\$, ιατρική και ανθρωπιστική βοήθεια.¹⁵

Τέλος, ο τυφώνας Φουνγκ-Γουόνγκ άρχισε να πλήττει την Ταϊβάν, προκαλώντας διακοπές ρεύματος και πλημμύρες σ' ορισμένες περιοχές της χώρας, διαταράσσοντας τις εναέριες και χερσαίες μεταφορές. Με κατεύθυνση από τα βορειοδυτικά, ο τυφώνας άρχισε να πλήττει τη χώρα, με ανέμους ταχύτητας 144 έως 180 χλμ/ ώρα. Οι δυνατοί άνεμοι κι οι ραγδαίες βροχοπτώσεις, που συνόδευαν τον τυφώνα, ανάγκασαν περίπου 25 πόλεις στ' ανατολικά και νοτιοανατολικά να διατάξουν το κλείσιμο των σχολείων και των καταστημάτων, την αναστολή των σιδηροδρομικών δρομολογίων και την αναβολή ή την καθυστέρηση αεροπορικών πτήσεων. Τις μεγαλύτερες επιπτώσεις από την επέλαση του Φουνγκ-Γουόνγκ δοκίμασε η μεγαλύτερη πόλη στ' ανατολικά Χουαλιέν, στην οποία 40.000 νοικοκυριά έμειναν χωρίς ηλεκτρικό, ενώ οι κάτοικοι του προαστίου Μειλούν αναγκάστηκαν να εκκενώσουν τα σπίτια τους καθώς τα νερά από τις πλημμύρες έφθαναν έως το στήθος των ανθρώπων.

3.4 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ (ΑΠΟ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΠΛΑΝΗΤΗ)-ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

Σύμφωνα με επιστημονικές μελέτες, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει στο μέλλον σημαντικά τη συχνότητα, το εύρος και την τοποθεσία εκδήλωσης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Ειδικότερα, θα εμφανιστούν περισσότερα κύματα καύσωνα και λιγότερες περίοδοι παγετώνων, ενώ εντονότερες βροχοπτώσεις θα οδηγήσουν σε αυξημένες πλημμύρες μερικές περιοχές (Αλ Γκορ, 2007).

Στην Ελλάδα, οι έρευνες έχουν δείξει ότι όταν έχουμε εμφάνιση ισχυρού φαινομένου El Nino την άνοιξη η μέση θερμοκρασία του αέρα ανεβαίνει και η περιοχή της Μεσογείου έχει πιο πολλές βροχοπτώσεις. Στο Αιγαίο πέλαγος, λένε οι μετεωρολόγοι μας, τα μελέμια αναμένονται με μικρότερη συχνότητα και με μικρότερη ένταση λόγω της επίδρασης της Νότιας κύμανσης στα βαρομετρικά πεδία του Ιράκ και της Ινδίας. Με εξαίρεση τις αλλαγές στη συχνότητα και ένταση στα μελέμια, το El Nino συνέβαλε στην εμφάνιση ηπιότερου χειμώνα και άνοιξης στην

¹⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone_Nargis

Ελλάδα και μάλιστα συνοδεύτηκε από αύξηση του στρώματος του όζοντος, παρέχοντας έτσι μεγαλύτερη προστασία από τις UV ακτίνες του Ήλιου. Έτσι στην Ελλάδα δεν ήταν η εμφάνιση του, καταστροφική όπως σε άλλες χώρες.

Όσον αφορά γενικότερα τη Μεσόγειο, Γερμανοί επιστήμονες προειδοποιούν ότι αν συνεχιστεί η ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων (που οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να παρουσιαστούν τυφώνες και σε αυτή την περιοχή. Μια νέα μελέτη του Ινστιτούτου Μετεωρολογίας του Αμβούργου, προβλέπει ότι αν η μέση θερμοκρασία των υδάτων της Μεσογείου ανέβει άλλους τρεις βαθμούς Κελσίου, θα είναι δυνατή η δημιουργία τυφώνων. Πάντως οι μέχρι τώρα ενδείξεις -όσον αφορά την αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων- δεν είναι ιδιαίτερα αισιόδοξες, καθώς από τη δεκαετία του 1970 μέχρι σήμερα έχει παρατηρηθεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας των υδάτων του Ατλαντικού και της Μεσογείου, κατά 0,6 βαθμούς Κελσίου.

Όπως έχει ήδη παρατηρηθεί, καθοριστικοί παράγοντες για τον σχηματισμό ενός τυφώνα είναι τα θερμά θαλάσσια ύδατα και η αστάθεια της ατμόσφαιρας, χαρακτηριστικά που εντοπίζονται κυρίως στους μεγάλους ωκεανούς.

Πιστεύεται μάλιστα πως οι τυφώνες της Μεσογείου θα είναι όμοιοι με τους τροπικούς κυκλώνες που πλήττουν μέχρι σήμερα τον βόρειο Ατλαντικό και τον βόρειο Ειρηνικό.

Σύμφωνα με τον Μιγκέλ Άνχελ Γκέρνερ, του Πανεπιστημίου της Καστίλλης - Λα Μάντσα στο Τολέδο της Ισπανίας, τα περισσότερα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η ένταση των καταιγίδων θα αυξηθεί, ενώ σε συνδυασμό με την προβλεπόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας, κάτι τέτοιο θα μπορούσε να ήταν καταστροφικό για πολλές παράκτιες περιοχές.

Η επιστημονική κοινότητα κρούει τον κώδωνα του κινδύνου, αφού σύμφωνα με τα πορίσματα της έκθεσης του ΟΗΕ για το κλίμα η θερμοκρασία θα αυξηθεί από 1,8 μέχρι 4 βαθμούς Κελσίου μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα. Οι φόβοι των επιστημόνων για κυκλώνες στη Μεσόγειο εντείνονται από το γεγονός ότι ολοένα και περισσότεροι τυφώνες έχουν αρχίσει να εμφανίζονται και να πλήττουν περιοχές όπου μέχρι σήμερα δεν είχε παρατηρηθεί παρόμοια δραστηριότητα. Χαρακτηριστικά παράδειγμα αποτελεί ο τυφώνας Βινς, που σχηματίστηκε το 2005 κοντά στις νήσους Μαδέρα και σάρωσε τις ακτές της Ισπανίας.

Ωστόσο, κάποιοι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι σύμφωνα με τους υπολογισμούς τους, θα υπάρξει «μέτρια αύξηση» της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Τα ευρήματα αυτής της νέας μελέτης, που δημοσιεύονται στην επιστημονική επιθεώρηση Nature Geoscience, έρχονται σε αντίθεση με τα προηγούμενες έρευνες που προβλέπουν πλήθυνση των τυφώνων καθώς ο πλανήτης θερμαίνεται. Σύμφωνα με τον επικεφαλής Tom Knutson, αν και προβλέπονται λιγότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, αυτές οι καταιγίδες θα είναι πιο ισχυρές.

Το Νοέμβριο του 2006, η παγκόσμια κοινότητα των ερευνητών τροπικών κυκλώνων συγκεντρώθηκαν για να συζητήσουν τις επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας στη συχνότητα και ένταση των κυκλώνων. Ωστόσο, οι ερευνητές δεν κατόρθωσαν να καταλήξουν σε ασφαλή συμπεράσματα εξαιτίας των αντιφατικών ενδείξεων. Ένας από τους λόγους αυτής της αβεβαιότητας είναι και οι αλλαγές στις μεθόδους παρατήρησης των τυφώνων, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ένα αξιόπιστο αρχείο καταγεγραμμένων περιστατικών παρά μόνο για τα τελευταία 35 χρόνια.

Είναι γεγονός ότι η εμφάνιση τυφώνων στην κλειστή λεκάνη της Μεσογείου θα αποτελούσε ισχυρότατο πλήγμα για τα δημοφιλή παραλιακά τουριστικά θέρετρα. Δεν είναι όμως ακόμα σίγουρο ποια τμήματα της Μεσογείου θα πληγούν περισσότερο, αν όντως δημιουργηθούν τυφώνες στη περιοχή. Υπάρχει βέβαια ακόμα χρόνος για να αποτραπεί αυτό το τρομακτικό σενάριο, με την προϋπόθεση ότι θα γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες για να μειωθούν οι εκπομπές αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με τη θεωρία της «θερμικής μηχανής» του Πανεπιστημίου της Φλόριντα οι θερμότερες θάλασσες παρέχουν περισσότερα ακατέργαστα θερμικά καύσιμα που οδηγούν στον σχηματισμό των κυκλώνων..

Οι επιστήμονες υπολογίζουν ότι η άνοδος κατά ένα βαθμό Κελσίου στην επιφάνεια της θάλασσας οδηγεί σε μια αύξηση από 13 σε 17, ή κατά 31%, στον αριθμό κυκλώνων που εκδηλώνονται κάθε χρόνο και που περιέρχονται στην κατηγορία «ισχυροί».

Στην τέταρτη έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), που εκπονήθηκε από κορυφαίους επιστήμονες, αναφερόταν ότι από το 1906 ως το 2005 οι παγκόσμιες θερμοκρασίες στην επιφάνεια της θάλασσας είχαν αυξηθεί κατά 0,74 βαθμούς Κελσίου, μια άνοδος που καταγράφηκε κυρίως στις τελευταίες δεκαετίες του αιώνα.

Στην ίδια έκθεση έχει εκτιμηθεί ότι από το 2100 θα υπήρχε άνοδος της θερμοκρασίας μεταξύ 1,8 και 4 βαθμών Κελσίου. Εντούτοις, αυτοί οι αριθμοί δεν μπορούν να βρουν άμεση εφαρμογή στους ωκεανούς εξαιτίας των διαφορών στα βάθη της θάλασσας, του αντίκτυπου της κυκλοφορίας των ωκεάνιων ρευμάτων και του μεγάλου χρόνου που απαιτείται προκειμένου να θερμανθεί η τεράστια μάζα των ωκεανών. Στη μελέτη προστίθεται ότι η ένταση των κυκλώνων διαμορφώνεται και από άλλους παράγοντες, όπως τις αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία ή την κατάσταση του συστήματος Ελ Νίνιο, παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο που διαμορφώνει τη θέρμανση των ωκεανών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4.1 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΥΦΩΝΩΝ ΑΠΟ ΕΙΔΙΚΟΥΣ

Οι τυφώνες παρακολουθούνται με διάφορα μέσα, όπως γεωστατικούς δορυφόρους, πλοία, αεροπλάνα, ραδιοβολίδες, ραντάρ και με επίγειους σταθμούς παρατήρησης. Μπορεί να υπάρχουν πολλά και αξιόπιστα μέσα για την παρακολούθηση και την πρόβλεψη των καιρικών φαινομένων, μαζί με τις αυξημένες ικανότητες των ερευνητών αλλά υπάρχει ακόμα αβεβαιότητα. Η γνώση που κατακτήθηκε από τη χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να εισχωρούν στο μάτι του κυκλώνα και από τις αναλύσεις των υπερσύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι βέβαια ανεκτίμητη. Οι προβλέψεις μπορεί να βελτιώνονται μεν, αλλά οι δυνάμεις που καθορίζουν την πορεία και την ισχύ του φαινομένου παραμένουν άλυτο μυστήριο. Κάποιες φορές μάλιστα έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο να προκαλούνται εκρήξεις πανικού σε κατοίκους απειλούμενων περιοχών λόγω των διαρκώς μεταβαλλόμενων προβλέψεων των ειδικών.

Παλαιότερα, η μέτρηση της έντασης των τυφώνων γινόταν κυρίως με αεροπλάνα, που ονομάζονταν κυνηγοί τυφώνων, τα οποία πραγματοποιούσαν πτήσεις στο μέσο της καταιγίδας μετρώντας την ταχύτητα των ανέμων. Η πρώτη οργανωμένη πτήση μέσα σε τυφώνα έγινε από το σμήναρχο Joseph Duckworth της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ το 1944, με σκοπό την παρακολούθηση ενός τυφώνα που έπληξε τις επόμενες ημέρες το Τέξας. Η μέθοδος αυτή έχει ένα αρκετά μεγάλο κόστος (τα αεροπλάνα κοστίζουν περίπου 100 εκατομμύρια δολάρια το καθένα και κάθε πτήση φτάνει τα 50 χιλιάδες δολάρια).

Με την ανακάλυψη των μετεωρολογικών δορυφόρων, από τη δεκαετία του 1960, οι μετεωρολόγοι έχουν πλέον στη διάθεση τους ένα μέσο παρατήρησης των τυφώνων πριν αυτοί πλησιάσουν μια κατοικημένη περιοχή. Οι εξελίξεις στην αεροναυτική αλλά και τη μετεωρολογία έχουν επιτρέψει την κατασκευή αεροσκαφών που μπορούν να εισέλθουν μέσα στον τυφώνα και, με τη βοήθεια δεκάδων ειδικών μετεωρολογικών οργάνων για εναέριες μετρήσεις να περιγράψουν όσο καλύτερα γίνεται το εσωτερικό του. Μάλιστα η Μετεωρολογική Υπηρεσία των ΗΠΑ διαθέτει από το 1997 τρία πλήρως εξοπλισμένα μετεωρολογικά αεροσκάφη (δυο ελικοφόρα Lockheed p-3 για χαμηλότερες πτήσεις και ένα τζετ Gulfstream IV για μετρήσεις σε μεγάλο ύψος) τα οποία χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των τυφώνων στον Κόλπο του Μεξικού από τον Ιούνιο μέχρι τα τέλη Νοεμβρίου κάθε χρόνου. Τα ελικοφόρα Lockheed εισέρχονται στα χαμηλά και μεσαία στρώματα των τυφώνων και με τη βοήθεια των μετεωρολογικών τους ραντάρ (ένα στο κάτω μέρος της ατράκτου και ένα δεύτερο στο πίσω μέρος του αεροσκάφους), πραγματοποιούν μετρήσεις του ανέμου, της πίεσης και της θερμοκρασίας μέσα στον τυφώνα αλλά και στην περιοχή γύρω από αυτόν. Με αυτά τα δυο μετεωρολογικά ραντάρ ουσιαστικά «ακτινογραφούν» το εσωτερικό των τυφώνων, αποκαλύπτοντας στους επιστήμονες τις περιοχές ή ζώνες του τυφώνα όπου σημειώνονται τα πιο έντονα φαινόμενα, όπως ισχυρά ανοδικά και καθοδικά ρεύματα, ισχυρές βροχοπτώσεις και φυσικά τις περιοχές με τους ισχυρότερους ανέμους. Επιτρέπουν επίσης τον ακριβή εντοπισμό του κέντρου του τυφώνα, του γνωστού ματιού. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις των ραντάρ των αεροσκαφών θεωρούνται από τους μετεωρολόγους εξαιρετικής σημασίας όσο ο τυφώνας βρίσκεται μακριά από τις ακτές και εκτός της ακτίνας μέτρησης των επίγειων μετεωρολογικών ραντάρ.

Επιπρόσθετα, ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της πτήσης ρίχνονται μικρές μετρητικές συσκευές, οι οποίες, πέφτοντας από το ύψος που βρίσκεται το αεροπλάνο μέχρι το έδαφος, μετρούν σε διάφορα ύψη τη μεταβολή της θερμοκρασίας, της πίεσης, της υγρασίας και του ανέμου. Λίγο πριν η συσκευή πέσει στην θάλασσα στέλνει την τελευταία και πιο χρήσιμη μέτρηση που είναι η πίεση στο κέντρο του τυφώνα. Η πληροφορία αυτή βοηθάει τους μετεωρολόγους να εκτιμήσουν το αν ο τυφώνας ενισχύεται ή εξασθενεί. Παρ' όλο που είναι αρκετά επικίνδυνο να εκτελούνται πτήσεις μέσα σε τυφώνες, τα ειδικά αεροσκάφη και η πολύχρονη εμπειρία των πιλότων έχουν αποτελέσματα να μην έχει σημειωθεί

κανένα ατύχημα τα τελευταία 30 χρόνια. Το τελευταίο ατύχημα ήταν το 1974, όταν ένα C-130 της Αμερικανικής αεροπορίας με εξαμελές πλήρωμα έπεσε κατά την διάρκεια αναγνωριστικής πτήσης στη Νότια Κινεζική Θάλασσα, κοντά στον τυφώνα «Bess». Από τότε χιλιάδες ώρες πτήσεων έχουν γίνει μέσα στους τυφώνες της Καραϊβικής και του κόλπου του Μεξικού από τους κυνηγούς τυφώνων, που δεν διστάζουν να μπουν μέσα στο «θηρίο» για να το μελετήσουν όσο καλύτερα μπορούν.¹⁶

Τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια των πτήσεων χρησιμοποιούνται εκ των υστέρων από δεκάδες άλλους μετεωρολόγους σε όλο τον κόσμο που μελετούν τον τρόπο δημιουργίας και εξέλιξης των τυφώνων..

Παρόλο που οι μετεωρολογικοί δορυφόροι έχουν εξελιχθεί σημαντικά, μόνο οι επιτόπιες μετρήσεις με αεροσκάφη μπορούν να δώσουν μια λεπτομερή περιγραφή της έντασης των φαινομένων μέσα σε ένα τυφώνα. Οι επιστήμονες έχουν υπολογίσει ότι τα τελευταία 7 χρόνια το σφάλμα στην πρόγνωση των περιοχών που θα πληγούν την επόμενη ημέρα από έναν τυφώνα έχει ελαττωθεί από τα 700 στα 250 χιλιόμετρα, μια βελτίωση που μπορεί να σώσει χιλιάδες ζωές και η οποία οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις αναγνωριστικές πτήσεις των μετεωρολογικών ανασκαφών .

Μία νέα μέθοδος για την μέτρηση της έντασης των τυφώνων που έχει εφευρεθεί από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) με πολύ μικρότερο κόστος είναι η τοποθέτηση μικροφώνων μέσα στο νερό στην πορεία του τυφώνα. Οι ερευνητές ισχυρίζονται μετρώντας τον ήχο που παράγει στον ωκεανό η καταιγίδα μπορούν να υπολογίσουν την ταχύτητα του ανέμου (υπάρχει σχεδόν τέλεια σχέση μεταξύ της δύναμης του ανέμου και της δύναμης του παραγόμενου θορύβου).¹⁷

4.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΥΦΩΝΩΝ - STORMFURY

Σε πολλές περιοχές του πλανήτη, γίνονται επεμβάσεις μεγάλης κλίμακας στον καιρό για να προστατευτούν ανθρώπινες ζωές και περιουσίες.

Ο αμερικανικός στρατός έκανε πειράματα και δοκιμές πάνω στον έλεγχο των κεραυνών και των καταιγίδων με τα προγράμματα Skyfire και Stormfury. Ο πιο απειλητικός και πιο αμφιλεγόμενος τύπος ελέγχου του καιρού αποτελεί ο έλεγχος των καταιγίδων, που έχει ως στόχο την υποστήριξη των

¹⁶ <http://users.otenet.gr/%7Eelykeio3/today/doriforoi.files/filelist.xml>

¹⁷ <http://www.digitalnews.gr/modules/mynews/item.php?itemid=838>

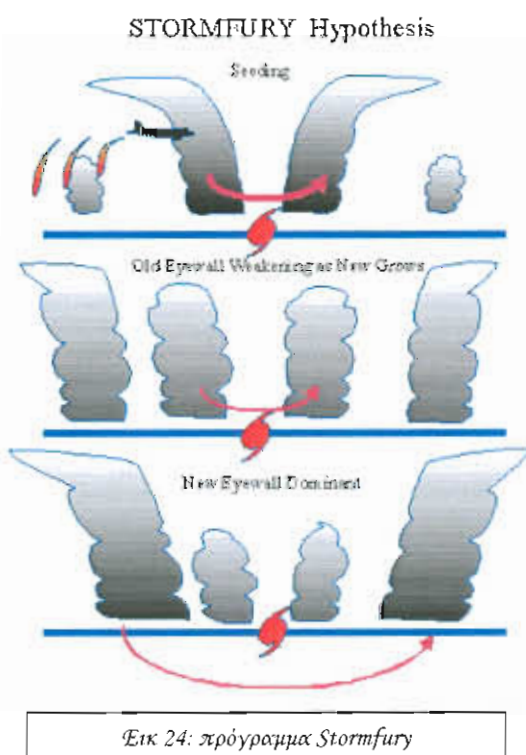
στρατιωτικών επιχειρήσεων. Όλοι γνωρίζουμε πως οι ζημιές που προκαλούνται από τις καταιγίδες είναι τρομακτικές. Για παράδειγμα, μια τροπική καταιγίδα εκλύει ενέργεια ισοδύναμη με 10.000 φορές την ενέργεια μιας βόμβας υδρογόνου ισχύος ενός μεγατόνου! Ο τυφώνας Άντριου που έπληξε το 1992 τη Φλόριντα των ΗΠΑ ως καταιγίδα, προκάλεσε ζημιές αξίας 15-30 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Και να σκεφθεί κανείς ότι καθημερινά ξεσπούν στον πλανήτη μας κατά μέσο όρο 45.000 καταιγίδες!

Ο στόχος των επιστημόνων είναι η αποδυνάμωση των τυφώνων και η αλλαγή της πορείας τους έτσι ώστε να μην πλήττονται κατοικημένες περιοχές. Κάτι τέτοιο βέβαια είναι αρκετά δύσκολο και απαιτεί χρονοβόρες έρευνες και προσπάθειες.

Σύμφωνα με τον ειδικό μετεωρολόγο Matthew Kelsch από το Εθνικό Κέντρο Ατμοσφαιρικών Ερευνών στο Boulder του Κολοράντο "Θα ήταν σαν να προσπαθούσαμε να μετακινήσουμε ένα αυτοκίνητο με φυσοκάλαμο. Ο όγκος της ενέργειας ενός τυφώνα είναι πολύ μεγαλύτερος από οτιδήποτε με το οποίο θα μπορούσαμε να τον χτυπήσουμε."¹⁸

Η επιχείρηση Stormfury ήταν ένα φιλόδοξο πειραματικό ερευνητικό πρόγραμμα με σκοπό την τροποποίηση ενός τυφώνα που πραγματοποιήθηκε μεταξύ 1961 και 1983. Οι πρώτες πρακτικές δοκιμές έγιναν το 1961 πάνω στον τυφώνα Esther, με τη βοήθεια στρατιωτικού αεροσκάφους που απελευθέρωσε κρυστάλλους ιωδιούχου αργύρου. Το αποτέλεσμα αυτής της επιχείρησης ήταν η μείωση της έντασης των ανέμων του τυφώνα κατά 10-30%. Στα επόμενα χρόνια ακολούθησαν και άλλες παρόμοιες επιχειρήσεις πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είχε ως εξής: Οι ερευνητές με τη βοήθεια αεροσκαφών ψέκασαν με ιωδιούχο άργυρο, μια ουσία που λειτουργεί σαν παγωμένος πυρήνας, τα σύννεφα γύρω από το μάτι του



¹⁸ <http://www.physics4u.gr/favicon.ico>

κυκλώνα. Στόχος ήταν η δημιουργία ενός νέου δακτυλίου νεφών γύρω από τον τεχνητό παγωμένο πυρήνα. Αυτός ο νέος δακτύλιος ουσιαστικά δημιουργούσε ένα νέο κέντρο τυφώνα.. Ο τροποποιημένος τυφώνας θα περιστρεφόταν πιο αργά και θα ήταν λιγότερο επικίνδυνος. Ανάλογα πειράματα επαναλήφθηκαν το 1963, το 1969 και το 1971.

Εντούτοις, για να είναι επιτυχής η "σπορά" των σύννεφων, έπρεπε να περιέχουν ικανοποιητική ποσότητα υπερ-ψηγμένου νερού που παραμένει υγρό, ακόμη κι αν βρίσκεται σε θερμοκρασία κάτω από τους 0 βαθμούς Κελσίου. Οι σταγόνες της βροχής διαμορφώνονται όταν συνδυάζονται οι τεχνητοί πυρήνες με το πολύ παγωμένο νερό. Όμως, οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι οι τυφώνες περιέχουν πολύ πιο λίγο παγωμένο νερό απ' ό,τι τα σύννεφα άλλου είδους θυελλών. Έτσι, η σπορά κατέστη αναξιόπιστη.

Επιπλέον, όλοι οι τυφώνες αναπτύσσονται και διαλύονται από μόνοι τους διαμορφώνοντας ακόμη και νέα σύννεφα που αποκαλούνται "ομόκεντροι κύκλοι στο μάτι του τυφώνα". Το γεγονός αυτό κατέστησε αδύνατο να προσδιοριστεί εάν οι μειώσεις των εντάσεων των τυφώνων ήταν το αποτέλεσμα της ανθρώπινης επέμβασης.

Οι επιχειρήσεις Stormfury είχαν σε αρκετές περιπτώσεις θετικά αποτελέσματα με μείωση της έντασης των τυφώνων έως και 30%. Οι επιστήμονες όμως αμφισβήτησαν αυτά τα ελπιδοφόρα αποτελέσματα στα μέσα της δεκαετίας του '80, επειδή παρατηρήσεις στους τυφώνες που δεν τροποποιήθηκαν έδειξαν τα εξής:

1. Η σπορά των νεφών είχε λίγες προοπτικές επιτυχίας επειδή οι τυφώνες περιείχαν πάρα πολύ φυσικό πάγο και επίσης λίγο υπέρψυχρο νερό.
2. Τα όποια θετικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σπορά του ιωδιούχου αργύρου στη δεκαετία του '60 προήλθαν από την ανικανότητα να γίνουν διακρίσεις μεταξύ των αναμενόμενων αποτελεσμάτων λόγω της ανθρώπινης επέμβασης και της φυσικής συμπεριφοράς των τυφώνων.

Τελικά οι επιχειρήσεις αυτές εγκαταλείφθηκαν στη δεκαετία του 1980 αν και είχαν κοστίσει τεράστια ποσά. Από τότε μέχρι και σήμερα, και άλλες μέθοδοι έχουν προταθεί για την αποδυνάμωση των τυφώνων. Τέτοιες μέθοδοι περιλαμβάνουν την ψύξη των τροπικών ωκεανών με παγόβουνα και τον ραντισμό των τυφώνων με μικρά σωματίδια ή φιλμ πάνω από την επιφάνεια των ωκεανών, με σκοπό να εμποδίσουμε τους τυφώνες να κάνουν χρήση της θερμότητας των ωκεανών. Κάποιος μάλιστα πρότεινε τη χρήση κάποιου πυρηνικού όπλου για την καταστροφή τους.

Σύμφωνα με το κέντρο ατμοσφαιρικών ερευνών, η θερμική ενέργεια που ελευθερώνει ένας τυφώνας ισοδυναμεί με 50-200 τρισεκατομμύρια βατ ή περίπου με την ίδια ποσότητα ενέργειας που ελευθερώνεται από την έκρηξη μιας ατομικής βόμβας 10 μεγατόνων κάθε 20 λεπτά! ^{19, 20}

¹⁹ http://news.pathfinder.gr/periscopio/hurricane_seed.html

²⁰ <http://www.chiosnews.com/cn26920051032590.asp>

ΕΠΙΛΟΓΟΣ:

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι καταστροφές που προκαλούν οι τυφώνες και οι συνέπειές τους αποτελούν μια σοβαρότατη προειδοποίηση για τις επιπτώσεις από την αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος. Η μία διάσταση της καταστροφής είναι ο απολογισμός των θυμάτων και των ζημιών. Από την άλλη μεριά όμως υπάρχει μια άλλη διάσταση η οποία πρέπει να απασχολήσει σοβαρά την παγκόσμια κοινότητα και αυτή αφορά τις κοινωνικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνέπειες. Είναι φανερό ότι στη σημερινή εποχή οι αποφάσεις των πολιτικών ηγετών δεν λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τις προειδοποιήσεις των επιστημόνων, τις εκκλήσεις και τις πρωτοβουλίες ευαισθητοποιημένων κοινωνικών φορέων. Η καταστροφή στις νότιες πολιτείες των ΗΠΑ αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο κρούει τον κώδωνα του κινδύνου.

Οι επιστήμονες επισημαίνουν ότι οι κλιματικές αλλαγές θα έχουν καταστροφικές επιπτώσεις για τον πλανήτη και την ανθρωπότητα αν δεν αναλάβουμε δράση τώρα. Τα συμπεράσματα στα οποία έχουν καταλήξει δείχνουν ότι αν δε μειωθούν δραματικά οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η μέση πλανητική θερμοκρασία μπορεί να αυξηθεί κατά $1,1^{\circ}\text{C}$ – $6,4^{\circ}\text{C}$ έως το 2095. Η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας αναμένεται να προκαλέσει περισσότερους καύσωνες, ξηρασίες και πλημμύρες, όπως επίσης ισχυρότερους τυφώνες, λιώσιμο των πάγων και αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν όλες αυτές τις δυσοίωνες προβλέψεις απαιτούνται το συντομότερο άμεσες ή έμμεσες ενέργειες όλων των φορέων για την αναστροφή του κλίματος με σεβασμό στο περιβάλλον. Όλοι (διεθνείς οργανισμοί, κυβερνήσεις, οικονομικοί παράγοντες αλλά και πολίτες), πρέπει να αναλάβουμε τις προσωπικές και συλλογικές μας ευθύνες, για την προστασία του μέλλοντος των παιδιών μας και του πλανήτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΗ)

1. «Αναφορά στα ακραία καιρικά φαινόμενα στα αποτελέσματα και στα αίτια εμφάνισης των», Εργασία ΤΕΙ Ηρακλείου.
2. Ned Halley, «Μαθαίνω τα πάντα για τις καταστροφές Φυσικές, ιστορικές, περιβαλλοντικές, μελλοντικές», Modern Times, 2001
3. Kristin Dow, «Άτλας των κλιματικών αλλαγών Χαρτογραφώντας τη μεγαλύτερη παγκόσμια πρόκληση», Εκδόσεις Polaris, 2008
4. Πιερ Σαμουέλ, «Το φαινόμενο του θερμοκηπίου», Εναλλακτικές εκδόσεις, Οικολογική Σκέψη Ι, 1992.
5. Φίλιπ Τόμσον, Ρόμπερτ Ο' Μπράιαν, «Ο καιρός», Επιστημονική βιβλιοθήκη Life, 1977 Time Inc.
6. «Πλανήτης Γη. Η δύναμη της φύσης. Οι καλύτερες φωτογραφίες του κόσμου», ΤΑ ΝΕΑ, 2007.
7. Αλ Γκορ, «Μια ενοχλητική αλήθεια. Το παγκόσμιο πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη και τι μπορούμε να κάνουμε για αυτό», Αθήνα 2007.
8. Helen Young, «Οργισμένη φύση Από τις χιονοστιβάδες έως τους κυκλώνες», Εκδόσεις Σαββάλας, 2002
9. David Longshore, «*Encyclopedia of Hurricanes, Typhoons, and Cyclones*», Facts on File, Incorporated, 2008
10. Jim Reed, Mike Theiss, «*Hurricane Katrina: Through the Eyes of Storm Chasers*», Farcountry Press, October 2005
11. Bryan Norcross, «*Hurricane Almanac: The Essential Guide to Storms Past, Present, and Future*», St. Martin's Griffin; Revised and Updated edition, 2007
12. Rick Schwartz, Al Karr, «*Hurricanes and the Middle Atlantic States*», Blue Diamond Books, 2007
13. Simon Seymour, «*Hurricanes*», Smithsonian, 2003

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ)

1. <http://www.livepedia.gr/favicon.ico>
2. <http://www.meteoclub.gr/prognoseis/archive-forecast/594>
3. <http://el.wiktionary.org/wiki/%CF%84%CF%85%CF%86%CF%8E%CE%BD%CE%B1%CF%82>
4. <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/OkosmosPouZoume.htm>
5. http://newsrss.bbc.co.uk/rss/newsonline_world_edition/science/nature/rss.xml
6. <http://www.physics4u.gr/favicon.ico>
7. <http://www.nasa.gov/home/index.html>
8. <http://www.physics4u.gr/news/2004/scnews1563.html>
9. <http://www.citypress.gr/index.html>
10. <http://www.physics4u.gr/news/2005/scnews2118.html>
11. [http://4.bp.blogspot.com/_sRIeN7_ZfCw/SNpdaJrTqTI/AAAAAAAAAbU/UUpAEDTZwA/s1600/typhoons%2Bdis.JPG" alt="\[typhoons+dis.JPG\]" border=0](http://4.bp.blogspot.com/_sRIeN7_ZfCw/SNpdaJrTqTI/AAAAAAAAAbU/UUpAEDTZwA/s1600/typhoons%2Bdis.JPG)
12. <http://1grpe.pel.sch.gr/modules.php?op=modload&name=News&>
13. www.eeei.gr/blogimg/242_typhoon.jpg
14. <http://el.wikipedia.org>
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Andrew
16. <http://users.att.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/OkosmosPouZoume.htm>
17. http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone_Nargis
18. <http://users.otenet.gr/%7Elykeio3/today/doriforoi.files/filelist.xml>
19. <http://www.digitalnews.gr/modules/mynews/item.php?itemid=838>
20. <http://www.physics4u.gr/favicon.ico>
21. http://news.pathfinder.gr/periscopio/hurricane_seed.html
22. <http://www.chiosnews.com/cn26920051032590.asp>
23. <http://www.w3.org/1999/xhtml>
24. <http://mankap.blogspot.com/2008/09/cyclones-typhoons.html>
25. <http://www.focusmag.gr>
26. http://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon_Nina
27. http://en.wikipedia.org/wiki/1970_Bhola_cyclone
28. <http://portal.kathimerini.gr>
29. <http://www.w3.org/1999/xhtml>

30. <http://nrdisaster.blogspot.com>

31. <http://1grpe.pel.sch.gr/index.php>