

# **Ελ Νίνιο – Νότια Κύμανση**

## **(El Nino - Southern Oscillation)**

Σταυρίδης Γεώργιος, Φωτοπούλου Σπυριδούλα

## Περιεχόμενα

1.	Ελ Νίνιο – Νότια Κύμανση (El Nino- Southern Oscillation- ENSO) .....	6
1.1	Τι είναι το Ελ Νίνιο – Νότια Κύμανση (ENSO) .....	6
1.2	Φάσεις του Ελ Νίνιο – Νότιας Κύμανσης .....	7
2.	Επιπτώσεις Ελ Νίνιο – Νότιας Κύμανσης .....	12
2.1	Επιπτώσεις σε θαλάσσια οικοσυστήματα .....	12
2.1.1	Περιοχή ανάβλυσης του ρεύματος Humboldt .....	12
2.1.2	Αντίδραση ψαριών .....	13
2.1.3	Λεύκανση των κοραλλιών .....	13
2.2	Επιπτώσεις σε χερσαία οικοσυστήματα .....	14
2.2.1	Έρημοι .....	14
2.2.2	Επιπτώσεις στα τροπικά δάση .....	15
2.2.3	Φυσικές καταστροφές .....	15
2.3	Επιπτώσεις στην οικονομία .....	16
2.3.1	Επιπτώσεις στην αλιεία .....	16
2.3.2	Επιπτώσεις στην παραγωγή φοινικέλαιου .....	16
2.3.3	Επιπτώσεις στην βιομηχανία γκουανό (Guano) .....	17
2.4	Επιπτώσεις στην υγεία .....	18
2.4.1	Ελονοσία .....	20
2.4.2	Δάγκειος πυρετός .....	21
2.4.3	Κίτρινος πυρετός .....	22
2.4.4	Χολέρα .....	22
2.5	Περιοχές που επηρεάζονται .....	23
2.5.1	Περιοχές που επηρεάζονται από την θερμή φάση του ENSO (Ελ Νίνιο) .....	23
2.5.2	Περιοχές που επηρεάζονται από την ψυχρή φάση του ENSO (Λα Νίνα) .....	24
3.	Επιπτώσεις του φαινομένου ENSO ανά περιοχή .....	26
3.1	Επιπτώσεις παγκοσμίως .....	26
3.2	Επιπτώσεις στους τροπικούς Ωκεανούς και στον Βόρειο Ειρηνικό .....	29
3.3	Επιπτώσεις του ENKK σε Ευρώπη, Ανατολική Μεσόγειο και Ελλάδα .....	30
4.	Ιστορικό του φαινομένου .....	31
5.	Συχνότητα του Ελ Νίνιο – Νότιας Κύμανσης (ENSO) .....	34

6.	Δείκτες και κατηγορίες Ελ Νίνιο.....	37
6.1	Δείκτης SOI .....	37
6.2	Λοιποί δείκτες και κατηγορίες Ελ Νίνιο .....	38
7.	Ο Δείκτης ENSO και η μεταβλητότητα του κλίματος στη Μεσόγειο .....	42
8.	Βιβλιογραφία .....	45
8.1	Ξένη Βιβλιογραφία .....	45
8.2	Ελληνική Βιβλιογραφία .....	49
9.	Ιστοσελίδες .....	50

## Κατάλογος εικόνων

**Εικόνα 1:** Κανονικές συνθήκες θαλάσσιων ρευμάτων, θερμοκρασίας και διεύθυνσης ανέμων στην περιοχή του Νότιου Ειρηνικού.

**Εικόνα 2:** Προφίλ της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ της τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και της θερμοκρασίας της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε κανονικές συνθήκες. Με κόκκινο είναι οι 30 °C και με μπλε οι 8 °C.

**Εικόνα 3:** Φάση El Niño, κατά την οποία τα θερμά ύδατα του Δυτικού Ειρηνικού, μετακινούνται προς τον ανατολικά, με αποτέλεσμα τα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά των βαθύτερων υδάτων δεν μπορούν να αναβληθούν στον Ανατολικό Ειρηνικό.

**Εικόνα 4:** Προφίλ της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ της τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και της θερμοκρασίας της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες El Niño. Με κόκκινο είναι οι 30 °C και με μπλε οι 8 °C.

**Εικόνα 5:** Φάση La Niña, κατά την οποία τα θερμά ύδατα μεταφέρονται ακόμα πιο δυτικά απ' ότι συνήθως.

**Εικόνα 6:** Προφίλ της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ της τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και της θερμοκρασίας της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες La Niña. Με κόκκινο είναι οι 30 °C και με μπλε οι 8 °C.

**Εικόνα 7:** Ο Μεγάλος Κορμοράνος της οικογένειας *Phalacrocorax carbo*, το θαλασσοπούλι *Gannet*, της οικογένειας *Morus Bassanus* και ο Θαλάσσιος Πελεκάνος, της οικογένειας *Pelecanidae*.

**Εικόνα 8:** *Aedes aegypti* και *Aedes albopictus*.

**Εικόνα 9:** Επιπτώσεις El Niño σε παγκόσμια κλίμακα κατά τις περιόδους Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου (άνω) και Ιουνίου-Αυγούστου (κάτω).

**Εικόνα 10:** Επιπτώσεις La Niña σε παγκόσμια κλίμακα κατά τις περιόδους Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου (άνω) και Ιουνίου-Αυγούστου (κάτω).

**Εικόνα 11:** Οι τέσσερις φάσεις του El Niño.

**Εικόνα 12:** Oceanic Niño Index - ONI (°C): Εξέλιξη από 1950. Η πιο πρόσφατη τιμή του ONI (Δεκέμβριος 2009 – Φεβρουάριος 2010) είναι +1.7°C.

## **Κατάλογος γραφημάτων**

**Γράφημα 1:** Διακύμανση ENSO τα τελευταία 150 χρόνια.

# 1. ΕΛ Νίνιο – Νότια Κύμανση (El Niño- Southern Oscillation- ENSO)

## 1.1 Τι είναι το ΕΛ Νίνιο – Νότια Κύμανση (ENSO)

Ο όρος ΕΛ Νίνιο (El Niño) προορίζεται για εξαιρετικά ισχυρές και παρατεταμένες θερμές περιόδους των νερών του ανατολικού Ειρηνικού, που έχουν συνέπειες για το παγκόσμιο κλίμα. Αυτός ο κύκλος της θέρμανσης (και ψύξης) αντανακλάται στενά από τις αποκλίσεις στη πίεση του αέρα στον Ανατολικό και Δυτικό Ειρηνικό, ενώ η Νότια Κύμανση (Southern Oscillation) ανακαλύφθηκε στις αρχές του τρέχοντος αιώνα, από τον Sir Gilbert Walker (Walker, 1936). Ο Walker παρατήρησε ότι όταν η πίεση αυξάνεται στα ανατολικά του Ειρηνικού, πέφτει συνήθως στα δυτικά. Ο Walker καινοτόμησε με τη χρήση των στατιστικών μεθόδων για τη σύνδεση των ανωμαλιών του καιρού με την Νότια Κύμανση, συμπεριλαμβανομένων των ασιατικών μουσώνων, και ήταν ένας από τους πρώτους που διερεύνησε τη δυνατότητα των εποχιακών προβλέψεων (Walker, 1936). Ο ίδιος μάλιστα έπλασε τον όρο αυτό, που σημαίνει Νότια Κύμανση, και τον απέδωσε στην "τραμπάλα" αυτή των βαρομετρικών του Ειρηνικού (Wang and Fiedler, 2007). Πρόκειται για ένα στάσιμο κύμα, μία μάζα αέρα που ταλαντεύεται κατά μήκος της Γραμμής Αλλαγής Ημερομηνίας<sup>1</sup> στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Το ENSO είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο προκύπτει από συνδυασμό αλληλεπιδράσεων μεταξύ της ατμόσφαιρας και των ωκεανών στον τροπικό Ειρηνικό ωκεανό ( π.χ. Trenberth, 2003, Chen and Mark, 2007, Wang et al, 2007, Duan et al., 2009).

Ήταν μόλις στη δεκαετία του 1960, όταν έγινε η σύνδεση μεταξύ της ατμοσφαιρικής Νότιας Κύμανσης και του ωκεάνιου ΕΛ Νίνιο, που τώρα αναφέρονται ως ΕΛ Νίνιο Νότια Κύμανση (ENSO). Τα δύο άκρα του ENSO είναι το ΕΛ Νίνιο (ζεστή εκδήλωση) και η Λα Νίνα (La Niña) (κρύα εκδήλωση). Η ορολογία του ΕΛ Νίνιο είναι συχνά

---

<sup>1</sup> Γραμμής Αλλαγής Ημερομηνίας: Νοτιή γραμμή εκατέρωθεν της οποίας οι περιοχές διαφέρουν κατά 24 ώρες, από το ένα μέρος αυτής της γραμμής τα ρολόγια δείχνουν 12 ώρες μπροστά από την ώρα Γκρήνουιτς και από το άλλο 12 ώρες πίσω και περνάει από το μέσον περίπου του Ειρηνικού ωκεανού.

μπερδεμένη. Ο όρος Ελ Νίνιο χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει όλες τις πτυχές του φαινομένου ENSO.

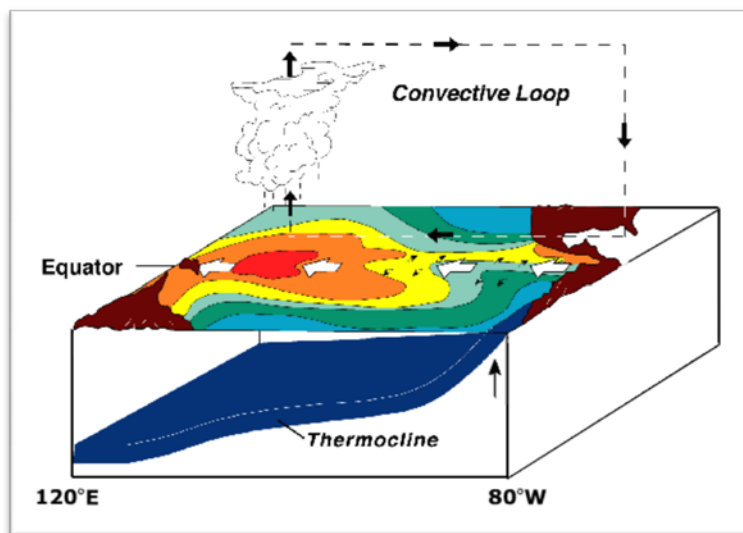
Παγκόσμιες κλιματικές ανωμαλίες που σχετίζονται με την Λα Νίνα είναι εν γένει λιγότερο σημαντικές και σε ορισμένες περιοχές τείνουν να είναι οι αντίθετες από αυτές που συνδέονται με το Ελ Νίνιο. Η μετάβαση από Ελ Νίνιο σε Λα Νίνα τείνει να είναι αρκετά γρήγορη, ενώ η μετάβαση από το Λα Νίνα σε Ελ Νίνιο τείνει να είναι πιο σταδιακή (Kousky and Higgins, 2007).

## 1.2 Φάσεις του Ελ Νίνιο – Νότιας Κύμανσης

Το ENNK συμβαίνει κατά μέσο όρο κάθε 4-5 χρόνια, αλλά κατά τη διάρκεια μιας περιόδου που ποικίλλει από τρία έως επτά έτη (Trenberth, 2003, Hanley et al., 2003, Kousky and Higgins, 2007, Duan et al., 2009, Sarachik, 2010). Επίσης η διάρκεια ενός επεισοδίου Ελ Νίνιο χαρακτηριστικά είναι από 8 - 10 μήνες. Όταν το Ελ Νίνιο ή το Λα Νίνα διαρκεί έως 5 μήνες τότε λέγεται ότι επικρατούν συνθήκες Ελ Νίνιο ή Λα Νίνα, ενώ όταν η διάρκεια του φαινομένου ξεπερνά τους 5 μήνες λέγεται ότι εκδηλώνεται επεισόδιο Ελ Νίνιο ή Λα Νίνα (Kousky and Higgins, 2007).

**Κανονικές Συνθήκες:** Οι κανονικές συνθήκες του Ειρηνικού ωκεανού καθορίζονται από την αλληλεπίδραση χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας και του ωκεανού. Όπως είναι γνωστό τα θερμότερα νερά του ωκεανού είναι τα επιφανειακά, αφού αυτά θερμαίνονται κατ' ευθείαν απ' τον ήλιο, διατηρούνται δε στην επιφάνεια αφού είναι ελαφρύτερα (αραιότερα) απ' τα ψυχρά που κατανέμονται βαθύτερα. Έτσι έχουμε την δημιουργία της θερμοκλινοῦς ζώνης που αποτελεί το όριο μεταξύ των ψυχρών βαθέων υδάτων και επιφανειακού στρώματος των καλά αναμειγμένων θερμών υδάτων (Dijkstra, 2006). Κανονικά η θερμοκλινή είναι βαθιά (150 m) στον δυτικό τροπικό Ειρηνικό ωκεανό και το επίπεδο της θάλασσας είναι υψηλό εξαιτίας των ανατολικών ανέμων. Στον ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό στον Ισημερινό, η θερμοκλινή είναι πολύ ρηχή (50 m) και το επίπεδο της θάλασσας είναι σχετικά χαμηλό (Trenberth, 2003, Clarke, 2008, Sarachik et al., 2010). Στην ατμόσφαιρα

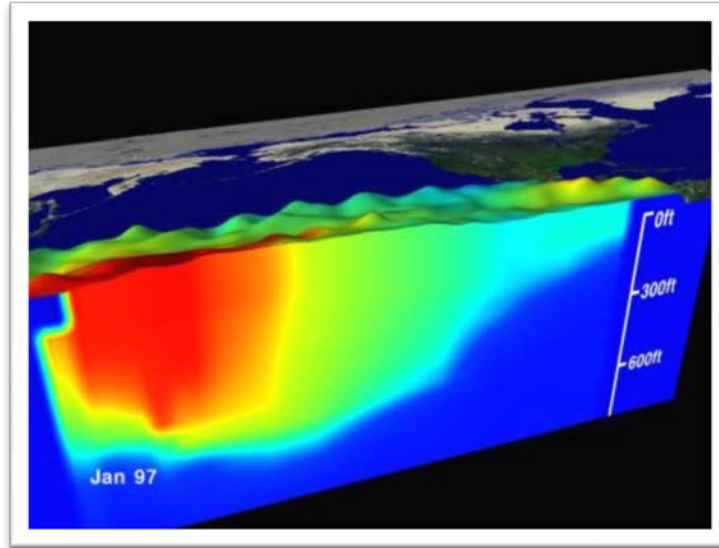
πάλι οι περιοχές κοντά στον Ισημερινό κυριαρχούνται απ' τους περίφημους αληγείς ανέμους που πνέουν σταθερά προς τα δυτικά. Καθώς οι αληγείς άνεμοι πνέουν πάνω από τον Ειρηνικό ωκεανό ωθούν τα επιφανειακά ζεστά νερά προς τα δυτικά, από την Ν. Αμερική προς την Ινδονησία. Αυτό προκαλεί ανύψωση της στάθμης στον δυτικό ωκεανό και ταπείνωση στον ανατολικό δημιουργώντας μια υψομετρική διαφορά αρκετών εκατοστών. Τα ζεστά νερά του ανατολικού Ειρηνικού που εκτοπίζονται από τους αληγείς ανέμους, αναπληρώνονται με ψυχρότερα νερά που αναβλύζουν δημιουργώντας το φαινόμενο της ανάβλυσης (upwelling) κατά μήκος των ακτών της Ν. Αμερικής. Επειδή μάλιστα τα ψυχρότερα αυτά νερά είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και ευνοούν την θαλάσσια μικροζωή (φυτοπλαγκτόν), η διεργασία αυτή κάνει τις ακτές του Περού και του Εκουαδόρ αλιευτικούς παραδείσους (ψαρότοποι), ενώ η ατμόσφαιρα υπεράνω αυτών είναι σταθερή και οι βροχοπτώσεις ελάχιστες (Clarke, 2008, Sarachik et al., 2010). Παράλληλα, ο δυτικός Ειρηνικός με τις θερμές υδάτινες μάζες («θερμή λίμνη») τροφοδοτεί με θερμότητα τόσο τα μεγαλύτερα πλάτη μέσω ωκεάνιων ρευμάτων, όσο και την ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης, αποσταθεροποιώντας την τελευταία και οδηγώντας στην εκδήλωση καταιγίδων. Αυτή η κατάσταση αποτελεί τις κανονικές συνθήκες και αναπαριστάται στις Εικόνες 1 και 2.



**Εικόνα 1:** Κανονικές συνθήκες θαλάσσιων ρευμάτων, θερμοκρασίας θαλάσσης και διεύθυνσης ανέμων στην περιοχή του Νότιου Ειρηνικού.

(Πηγή: <http://www.pmel.noaa.gov>)



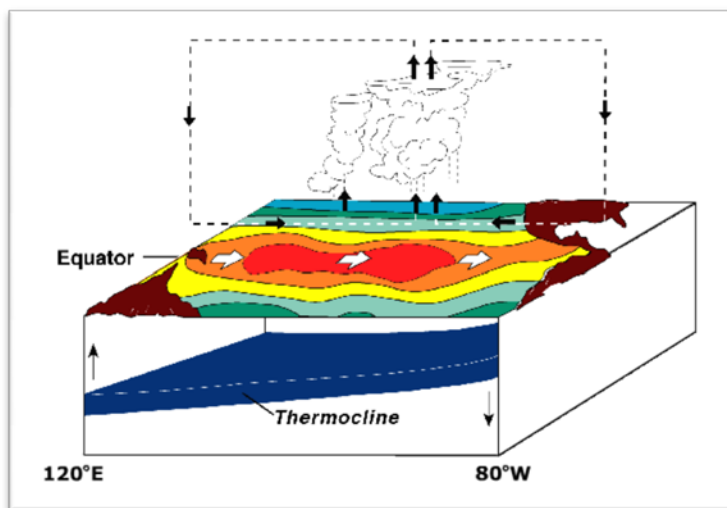


**Εικόνα 2:** Προφίλ της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ της τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και της θερμοκρασίας της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε κανονικές συνθήκες. Με κόκκινο είναι οι 30 °C και με μπλε οι 8 °C.

(Πηγή: [NASA Goddard Space Flight Center](http://www.nasa.gov))

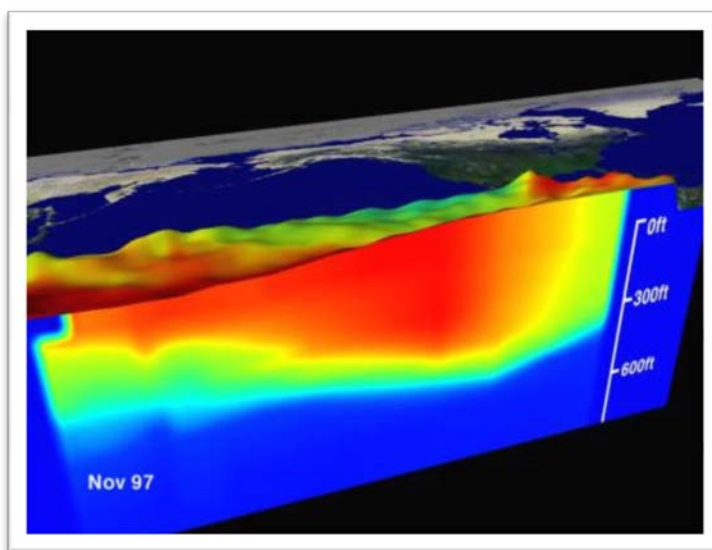
**Φάση Ελ Νίνιο:** Οι συνθήκες του Ελ Νίνιο αντικατοπτρίζουν μια χαλάρωση του συστήματος που συνδέει τους ανέμους, τα ωκεάνια ρεύματα και τις θερμοκρασίες του νερού. Κατά τη διάρκεια μιας φάσης Ελ Νίνιο, η κυκλοφορία Walker ουσιαστικά δεν λειτουργεί και τα ζεστά νερά καλύπτουν όλο ή τον περισσότερο τροπικό Ειρηνικό. Επιπρόσθετα, εξασθενεί την ανάβλυση στα ανοικτά των ακτών της Νοτίου Αμερικής. Κατά τη διάρκεια της φάσης του Ελ Νίνιο, ο δείκτης της Νότιας Κύμανσης είναι αρνητικός, που σημαίνει ότι υπάρχει μικρή διαφορά στην ατμοσφαιρική πίεση μεταξύ της Ταϊτής και της πόλης του Ντάργουιν. Κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνιο τόσο οι χειμώνες, όσο και οι θύελλες εμφανίζονται πιο νότια από το κανονικό. Το Ελ Νίνιο ξεκινά όταν οι ανατολικοί άνεμοι, οι οποίοι συνήθως πνέουν από την ανατολή προς τη δύση στον Ειρηνικό, αποδυναμώνονται. Η ζώνη βροχής μετατοπίζεται σημαντικά προς τα ανατολικά στον κεντρικό Ειρηνικό προκαλώντας μια παρατεταμένη ξηρή περίοδο στην Ινδονησία, τις Φιλιππίνες και τη βόρεια Αυστραλία. Ο Ειρηνικός ωκεανός είναι θερμότερος κατά μήκος της δυτικής ακτής της Νότιας Αμερικής. Η παράκτια ανάβλυση κατά μήκος αυτής της ακτής μειώνεται και τα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, κρύα νερά από τον βαθύ ωκεανό δεν εμφανίζονται πλέον στην επιφάνεια

της θάλασσας. Λόγω της έλλειψης θρεπτικών ουσιών, μειώνεται η παραγωγή πλαγκτόν. Αυτό έχει επιπτώσεις πιο ψηλά στην τροφική αλυσίδα, τόσο για τα ψάρια, όσο και για τους πληθυσμούς των θαλάσσιων πτηνών. Οι Εικόνες 3 και 4 αναπαριστούν την φάση Ελ Νίνιο .



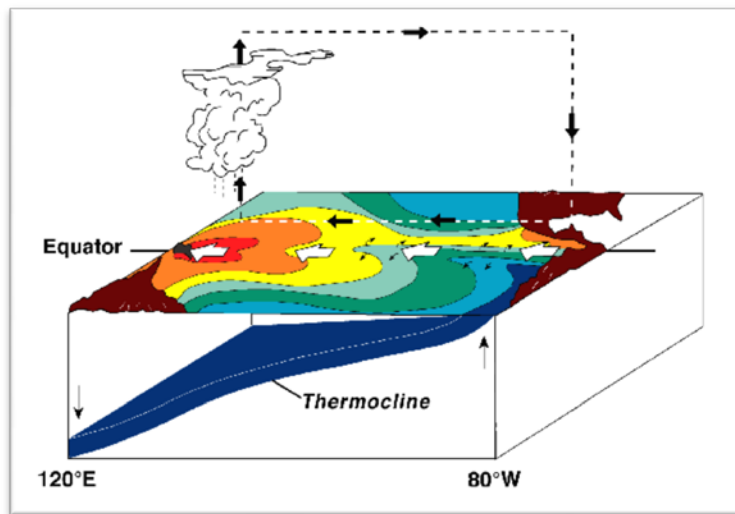
**Εικόνα 3:** Φάση Ελ Νίνιο, κατά την οποία τα θερμά ύδατα του Δυτικού Ειρηνικού, μετακινούνται προς τον ανατολικά, με αποτέλεσμα τα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά των βαθύτερων υδάτων να μην μπορούν να αναβλύσουν στον Ανατολικό Ειρηνικό.

(Πηγή: <http://www.pmel.noaa.gov>)



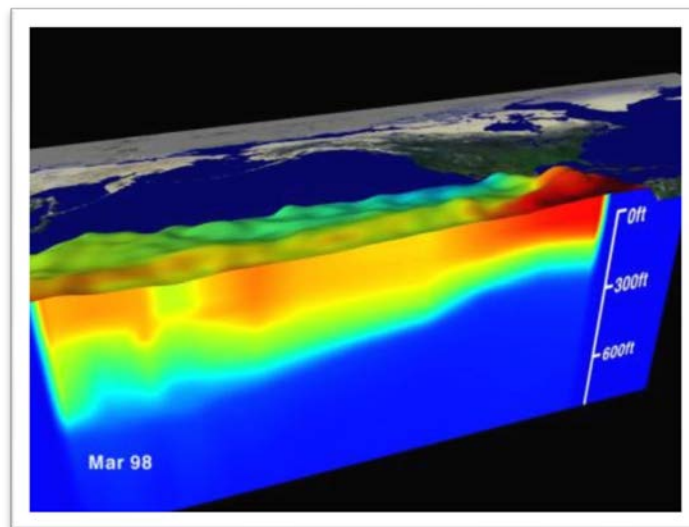
**Εικόνα 4:** Προφίλ της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ της τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και της θερμοκρασίας της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες Ελ Νίνιο. Με κόκκινο είναι οι 30 °C και με μπλε οι 8 °C.

(Πηγή: [NASA Goddard Space Flight Center](http://www.nasa.gov))



**Εικόνα 5:** Φάση La Niña, κατά την οποία τα θερμά ύδατα μεταφέρονται ακόμα πιο δυτικά απ’ ότι συνήθως.

(Πηγή: <http://www.pmel.noaa.gov>)



**Εικόνα 6:** Προφίλ της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, προφίλ της τοπογραφίας της θάλασσας, καθώς και της θερμοκρασίας της θάλασσας στο Νότιο Ειρηνικό, σε συνθήκες La Niña. Με κόκκινο είναι οι 30 °C και με μπλε οι 8 °C.

(Πηγή: [NASA Goddard Space Flight Center](http://www.nasa.gov))

## **2. Επιπτώσεις Ελ Νίνιο – Νότιας Κύμανσης**

### **2.1 Επιπτώσεις σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

#### **2.1.1 Περιοχή ανάβλυσσης του ρεύματος Humboldt**

Η κρύα περιοχή ανάβλυσσης του ρεύματος Humboldt, είναι μια από τις πλουσιότερες θαλάσσιες περιοχές του κόσμου όσον αφορά τα θαλάσσια είδη (Leth et al., 2003). Ο λόγος για τη μεγάλη παραγωγή αυτού του οικονομικού τμήματος του Περού, της Χιλή, και των νήσων Γκαλαπάγκος, είναι ότι τα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά βαθιά νερά, μεταφέρονται πίσω, σε επίπεδα κοντά στην επιφάνεια (euphotic zone), όπου το πλαγκτόν τροφοδοτείται από αυτά τα θρεπτικά συστατικά. Η σημαντικότερη κινητήρια δύναμη για την ψυχρή αυτή ανάβλυση, είναι οι νοτιοανατολικοί άνεμοι.

Η μεταφορά Ekman<sup>2</sup> ωθεί την επιφάνεια του ζεστού νερού προς τη Δύση, κάνοντας χώρο για το κρύο νερό από το βάθος. Συνήθως στο βάθος των 40 μέτρων υπάρχει το θερμοκλινές. Αυτό είναι το σύνορο μεταξύ των θρεπτικών συστατικών που συνήθως είναι φτωχά στα ζεστά επιφανειακά νερά με αυτών που είναι πλούσια στα βαθιά κρύα νερά. Κάποτε ήταν αποδεκτό, ότι σε μια εκδήλωση Ελ Νίνιο, η κρύα ανάβλυση θα έπαυε, λόγω της μικρής θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας. Αλλά ο κύριος λόγος για αυτή την θέρμανση είναι η μείωση της θερμοκλινούς μακριά από τα όρια της ανάβλυσσης. Αυτό συμβαίνει, όταν τα κύματα Kelvin επικαλύπτουν τα επιφανειακά ύδατα και σπρώχνουν προς τα κάτω το θερμοκλινές υπό 80m. Έτσι μόνο φτωχά σε θρεπτικά συστατικά στοιχεία, νερά έρχονται προς τα πάνω, αλλάζοντας εντελώς τη βάση διατροφής των οργανισμών στην περιοχή.

---

<sup>2</sup>Μεταφορά Ekman: Όταν ο άνεμος φυσά στην επιφάνεια του νερού μετακινεί αρχικά τα επιφανειακά του στρώματα. Λόγω όμως της τριβής των στρωμάτων του νερού μεταξύ τους, υπάρχει τελικά κίνηση και στα βαθύτερα στρώματα, με μικρότερη όμως ταχύτητα και ελαφρώς διαφορετική κατεύθυνση. Με αυτόν το μηχανισμό δημιουργείται το σπινάλ του Eckman, δηλαδή μια ελικοειδής κίνηση της μάζας του νερού.

### **2.1.2 Αντίδραση ψαριών**

Όταν αντιμετωπίζουν τα ζεστά νερά του Ελ Νίνιο, οι πληθυσμοί των ψαριών στα ανοικτά των ακτών του Περού προσπαθούν να περάσουν σε ψυχρότερες περιοχές. Κάποια επιστρέφουν πίσω στην πρώτη κρύα και πλούσια σε θρεπτικά συστατικά περιοχή ανάβλυσης κοντά στην ακτή, αλλά με την περαιτέρω μείωση της θερμοκλινούς, είναι παγιδευμένα στα ζεστά και φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία νερά και είτε αλιεύονται είτε πεθαίνουν από την πείνα ή την θερμότητα. Κάποια προσπαθούν να προχωρήσουν βαθύτερα όπου το νερό είναι πιο κρύο, αλλά μετά βίας υπάρχουν οποιεσδήποτε θρεπτικές ουσίες. Και μερικά μεταβαίνουν στα Νότια, μένοντας κοντά στις ακτές της Χιλής βοηθώντας έτσι κατά συνέπεια την τοπική αλιευτική βιομηχανία. Η μείωση των πληθυσμών των ψαριών στην περιοχή του Περού έρχεται με την εισβολή των τροπικών ψαριών στην περιοχή, τα οποία ευνοούνται από τα θερμότερα νερά. Μερικά ψάρια που είναι εγγενή στην Καλιφόρνια, εμφανίστηκαν κοντά στο Όρεγκον και την πολιτεία της Ουάσιγκτον, κάποια ακόμη και στην Αλάσκα (Leth et al., 2003).

### **2.1.3 Λεύκανση των κοραλλιών**

Παρά το γεγονός ότι λιγότερο από το 1% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από κοραλλιογενείς υφάλους, αυτοί μπορούν να θεωρηθούν ως τα τροπικά δάση των ωκεανών. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι παρέχουν στέγαση περίπου για τα τρία τέταρτα του θαλάσσιου πληθυσμού των ψαριών. Τα κοράλλια ζουν σε μια συμβιωτική σχέση με μικρούς πολύποδες, οι οποίοι δίνουν στα κοράλλια τα όμορφα χρώματα τους και τα εφοδιάζουν με θρεπτικές ουσίες που απαιτούνται για την αύξηση τους. Καθώς η θερμοκρασία του νερού έχει ισχυρό αντίκτυπο στις κοραλλιογενείς υφάλους, είναι φυσικό το Ελ Νίνιο το οποίο επιδρά στην άνοδο της θερμοκρασίας, να έχει καταστροφικές συνέπειες για αυτά τα οικοσύστημα. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού, οι πολύποδες αφήνουν τα κοράλλια, ψάχνοντας για πιο δροσερό νερό. Το κοράλλι έχει μείνει μόνο με τη δομή του ασβεστόλιθου, που συνήθως είναι λευκός, γι' αυτό τον λόγο η επίδραση αυτή

ονομάζεται λεύκανση. Μετά από σύντομο χρονικό διάστημα όμως, άλλοι πολύποδες, πιο ανθεκτικοί σε ζεστά νερά έρχονται στην περιοχή και συμβιώνουν με τα κοράλλια, δίνοντας τους μια πράσινη ή καφετιά εμφάνιση. Καθώς όμως αυτοί οι νέοι πολύποδες δεν αποτελούν ικανοποιητική διατροφή για τα περισσότερα ψάρια των υφάλων, τα ψάρια μειώνονται δραστικά (Leth et al., 2003).

## **2.2 Επιπτώσεις σε χερσαία οικοσυστήματα**

### **2.2.1 Έρημοι**

Η μικρή λωρίδα ερήμου κατά μήκος της ακτής, που εκτείνεται από τα βόρεια του Περού έως την βόρειο Χιλή, δηλαδή η Περουβιανή έρημος και η έρημος Ατακάμα, προκαλείται από το κρύο ρεύμα Humboldt, που ρέει προς τα βόρεια. Το ρεύμα αναπτύσσει ομίχλη στη δυτική άκρη της οροσειράς, την λεγόμενη Λομάς (Lomas). Αυτή η περιοχή αντιμετωπίζει έντονες βροχοπτώσεις σε μια εκδήλωση Ελ Νίνιο. Τα αίτια είναι οι υψηλές θερμοκρασίες του νερού και του αέρα, που οδηγούν σε σύννεφα και βροχές. Στον Ισημερινό και την Κολομβία, το ύψος των βροχοπτώσεων μπορεί να αυξηθεί 3 έως 20 φορές. Στις ερήμους κοντά στην ακτή υπάρχουν λιγότερες βροχές, ενώ οι ξηρές κοίτες των ποταμών, ξαφνικά μετατρέπονται σε ταχεία ποτάμια, που μετά την φάση του Ελ Νίνιο διατηρούν ποσότητες γλυκού νερού μέχρι και 2 χρόνια, πριν τελικά ξεραθούν και πάλι. Ακόμη και για τις περιφέρειες που λαμβάνουν μόνο μερικά εκατοστά βροχής, η μετατροπή του σε πράσινες περιοχές είναι ιδιαίτερα γρήγορη. Στην περιοχή κοντά στη Λίμα, η βλάστηση της Λομάς, που συνήθως είναι περίπου 5%, βρέθηκε να φθάνει ακόμα και το 89%. Από την άλλη πλευρά, στις νότιες περιοχές των Άνδεων (Βολιβία, Χιλή), η ακραία ξηρασία οδηγεί σε συρρίκνωση της βλάστησης, αναγκάζοντας τα βοοειδή να κινηθούν προς τον βορρά, προκαλώντας την μείωση της βλάστησης εκεί (Leth et al., 2003).

### **2.2.2 Επιπτώσεις στα τροπικά δάση**

Ένα παράδειγμα της ξηρασίας που προκαλείται από το Ελ Νίνιο είναι ο κεντρικός Παναμάς. Το τροπικό δάσος που υπάρχει στην περιοχή, αντιμετωπίζει μια ξηρή περίοδο κάθε χρόνο από το Δεκέμβριο μέχρι τον Απρίλιο, αλλά αυτή η περίοδος, την χρονιά 1982/83, διήρκεσε πολύ περισσότερο. Αυτή η ξηρασία ήταν η πιο σοβαρή τα τελευταία 190 χρόνια. Το μέσο ύψος της βροχής μειώθηκε από 787 χιλιοστά σε 121 χιλιοστά, και η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε περίπου 3 °C. Αυτό είχε τεράστιες επιπτώσεις στη χλωρίδα. Η θνησιμότητα των δέντρων ήταν 5 φορές υψηλότερη από το κανονικό. Το 1985 ο κεντρικός Παναμάς κατάφερε επιτέλους να ανακάμψει από αυτή την παρατεταμένη ξηρασία. Ακόμη πιο σοβαρή ήταν η ξηρασία στο Βόρνεο, προς το Δυτικό Ειρηνικό, όπου τα τροπικά δάση κατά κανόνα δεν έχουν να αντιμετωπίσουν μια ξηρή περίοδο. Η θνησιμότητα των δέντρων ήταν περίπου 25% και οι πυρκαγιές αφάνισαν το 90% των θάμνων. Η ανάκαμψη διήρκεσε περισσότερο χρονικό διάστημα (Leth et al., 2003).

### **2.2.3 Φυσικές καταστροφές**

Οι αιτίες για τις διάφορες φυσικές καταστροφές που συνδέονται με το Ελ Νίνιο, όπως πλημμύρες, κατολισθήσεις, τσουνάμι, κ.λπ. είναι οι ασυνήθιστες υψηλές ποσότητες βροχής. Ο λόγος για αυτές τις ισχυρές βροχοπτώσεις είναι η περιοχή με χαμηλή πίεση του αέρα πάνω από την Ινδονησιακή – Αυστραλιανή περιοχή, που αλλάζει κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνιο προς την Ανατολή, προκαλώντας βροχοπτώσεις στο Νοτιοανατολικό Ειρηνικό. Οι Άνδεις αποτρέπουν την εξάπλωση των σύννεφων βροχής στα ανατολικά, αναγκάζοντας τους να κινηθούν κάτω στην μικρή λωρίδα ανάμεσα στα βουνά και τη θάλασσα. Το έδαφος εκεί δεν επαρκεί για αυτό το ύψος των υδάτων, με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε σε πλημμύρες. Ολόκληρη η συγκομιδή καταστρέφεται, ωθώντας την οικονομία σε πτώση. Οι πλημμύρες που χύνονται στον ωκεανό, διατηρούν το ήδη υψηλό επίπεδο του νερού, γκρεμίζοντας ό, τι υπήρχε άθικτο στην ακτή, όπως λιμάνια και αποβάθρες. Το Ελ Νίνιο του αιώνα (1982-1983) κατέστρεψε κτίρια, βιομηχανικούς στρατώνες,

δρόμους, μερικές φορές ακόμα και ολόκληρα χωριά, σκοτώνοντας πάρα πολλούς ανθρώπους (Leth et al., 2003).

## **2.3 Επιπτώσεις στην οικονομία**

### **2.3.1 Επιπτώσεις στην αλιεία**

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν μεγάλες περιφερειακές διαφορές όσον αφορά τις επιπτώσεις του Ελ Νίνιο σχετικά με την βιομηχανία της αλιείας, ως επί το πλείστον αυτές είναι αρνητικές. Κατά μήκος ολόκληρης της ακτής της Νότιας Αμερικής, η αλιευτικές βιομηχανίες μειώνονται μαζικά. Μόνο η Χιλή είναι ευνοείται, διότι τα κοπάδια των ψαριών που προέρχονται από το Περού, ταξιδεύουν Νότια πριν αποδεκατιστούν, είτε από το ζεστό νερό είτε από τον αλιευτικό κλάδο. Παρά την ολοκληρωτική σχεδόν εξαφάνιση του πληθυσμού των ψαριών, η εξομάλυνση δεν παίρνει πάνω από ένα χρόνο. Για παράδειγμα, το 1983, δεν υπήρχαν σχεδόν καθόλου διαφορές στον πληθυσμό αλιείας σε σχέση με την κατάσταση πριν από το Ελ Νίνιο του αιώνα (1982 - 1983). Από το Ελ Νίνιο του 1982/83, γνωρίζουμε ότι το Ελ Νίνιο μπορεί επίσης να έχει θετικές συνέπειες για ορισμένους κλάδους του τομέα της αλιείας. Αυτό συμβαίνει λόγω της εξάπλωσης των τροπικών και υποτροπικών ψαριών, που επεκτείνουν το χώρο τους για αρκετά πλάτη προς τον Βορρά και τον Νότο. Το 1982/83 ο κλάδος της αλιείας προσαρμόστηκε αργά, λίγο πριν από το τέλος του Ελ Νίνιο, αλλά επιτυχώς (Leth et al., 2003).

### **2.3.2 Επιπτώσεις στην παραγωγή φοινικέλαιου**

Οι μεγαλύτερες χώρες σε παραγωγή φοινικέλαιου παγκοσμίως, είναι η Ινδονησία και η Μαλαισία, οι οποίες μαζί παράγουν πάνω από το 80% των παγκόσμιων αναγκών σε κατανάλωση φοινικέλαιου. Η περίοδος των βροχοπτώσεων, η οποία στις περιοχές αυτές αρχίζει συνήθως τον Απρίλιο, είναι μικρότερη ή ακόμη και ανύπαρκτη κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης Ελ Νίνιο, με αποτέλεσμα βαριές ξηρασίες που εμποδίζουν



την ανάπτυξη των φοινίκων. Δεδομένου ότι οι επιδράσεις της καταπόνησης που προκαλεί η έλλειψη νερού είναι μεγάλες, η πραγματική έκταση της καταστροφής εμφανίζεται μετά από δύομιση χρόνια ή και αργότερα. Σε συνθήκες Ελ Νίνιο κατά το παρελθόν, οι αποδόσεις μειώθηκαν περίπου κατά 20 έως 25%, λόγω των μικρότερων σε μέγεθος φρούτων (Leth et al., 2003).

### **2.3.3 Επιπτώσεις στην βιομηχανία γκουανό (Guano)**

Πιθανώς το πιο ευδιάκριτο φαινόμενο κατά μήκος της ακτογραμμής Περού –Χιλής, είναι το γκουανό, οι τεράστιες ποσότητες περιπτώματων δηλαδή στην περιοχή αυτή από νυχτερίδες, θαλασσοπούλια και φώκιες. Αυτά χρησιμοποιούνται ως φυσικό λίπασμα από την εποχή των Ίνκας, καθώς είναι πλούσια σε άζωτο και φώσφορο. Κυρίως υπεύθυνα για την παραγωγή γκουανό είναι τρία διαφορετικά είδη πουλιών, ο μεγάλος κορμοράνος, ο θαλάσσιο πελεκάνος, καθώς επίσης και το θαλασσοπούλι Γκάνετ (Gannet) (Εικόνα 7).

Αυτά τα πουλιά, εξαρτώνται άμεσα από τον πληθυσμό των ψαριών στην κοντινή θάλασσα. Κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνιο την χρονιά 1982/83, τα ενήλικα πτηνά είχαν θνησιμότητα 58%, ενώ η δημιουργία απογόνων απέτυχε εντελώς. Επιστημονικά υπολογίστηκε ότι για κάθε 4 μέτρα της ακτής του Περού, υπήρχε και ένα νεκρό πουλί. Η μαζική εξόντωση των τριών αυτών πουλιών, είχε τεράστιες αρνητικές επιπτώσεις στην γεωργία του Περού, η οποία εξαρτάται από τα περιπτώματα τους (Leth et al., 2003).



**Εικόνα 7:** Ο μεγάλος κορμοράνος της οικογένειας *Phalacrocorax carbo* (εικόνα του Andreas Trete), το θαλασσοπούλι Gannet (εικόνα του Al Wilson), της οικογένειας *Morus Bassanus* και ο θαλάσσιος πελεκάνος, της οικογένειας *Pelecanidae* (δεξιόστροφα).

(Πηγή:<http://commons.wikimedia.org>)

## 2.4 Επιπτώσεις στην υγεία

Είναι τα ακραία καιρικά φαινόμενα τα οποία έχουν τις πιο καταστροφικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ευημερία (Epstein et al., 1998). Καταιγίδες, τυφώνες και πλημμύρες σκοτώνουν πολλές χιλιάδες ανθρώπους κάθε χρόνο. Ωστόσο, η μη καταστροφικές καιρικές συνθήκες μπορούν επίσης να έχουν ποικίλες και σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Konats et al., 1999). Για παράδειγμα, έχουν μελετηθεί οι σχέσεις μεταξύ των βροχοπτώσεων, της αφθονίας των κουνουπιών και των κρουσμάτων ελονοσίας. Οι δεσμοί μεταξύ του κλίματος, του καιρού και των

ασθενειών, επίσης φαίνεται από την εποχικότητα που εμφανίζουν πολλές ασθένειες και από την κατανομή των ασθενειών που μεταδίδονται από τους ψυχρόαιμους φορείς. Η επιδημιολογία είναι ο κύριος επιστημονικός κλάδος που μελετά πώς μια νόσος σχετίζεται με τον καιρό και το κλίμα. Οι πρόσφατες πρόοδοι στην κατανόηση του ENSO καθώς και η απειλή της παγκόσμιας αλλαγής του κλίματος, έχουν κάνει τον τομέα αυτό αντικείμενο έρευνας. Υπάρχουν πολλά πιθανά οφέλη για τη δημόσια υγεία από την εν λόγω έρευνα, ειδικότερα στη πρόβλεψη της κατανομής των ασθενειών και στην διαχρονική ένταση της νόσου. Διάφοροι παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση της αιτιώδους συνάφειας μεταξύ του Ελ Νίνιο και των αλλαγών στην ανθρώπινη υγεία. Τα αποδεικτικά στοιχεία πρέπει να εξεταστούν σε σχέση με τους εξής παράγοντες:

1. Κλιματολογικά στοιχεία των κατάλληλων τηλεσυνδέσεων ή άμεσα αποτελέσματα του ENSO στην περιοχή ενδιαφέροντος, π.χ. ανωμαλίες βροχοπτώσης ή θερμοκρασίας.
2. Βιολογικά στοιχεία που αποδεικνύουν ότι οι ασθένειες έχουν ένα αξιόπιστο βιολογικό δεσμό με καιρικές εκθέσεις (βροχοπτώσεις, ατμοσφαιρική θερμοκρασία επιφάνειας, θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας), π.χ. μελέτες στον τομέα των φορέων της νόσου που εξετάζουν την αφθονία τους σε σχέση με τον κύκλο ENSO.
3. **Επιδημιολογικά** στοιχεία:
  - Στατιστικές αναλύσεις για να αποδειχθεί η συχνότητα εμφάνισης ασθενειών ή επιδημιών που μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου ανάλογα με τον κύκλο του ENSO. Αυτό απαιτεί μια μακροχρόνια (π.χ. 20 χρόνια), σειρά δεδομένων, λόγω του μικρού αριθμού των εκδηλώσεων του ENSO. Οι εν λόγω αναλύσεις θα πρέπει να αποδείξουν ότι η συχνότητα εμφάνισης της νόσου ή των επιδημιών μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου ανάλογα με τον καιρού (π.χ. βροχοπτώσεις) που σχετίζεται με το ENSO.
  - Οι αναλύσεις πρέπει να λαμβάνουν υπόψη πιθανούς παράγοντες σύγχυσης κατά τη χρονική περίοδο που μπορούν να εξηγήσουν την παρατηρούμενη

σχέση, για παράδειγμα, αλλαγές στη χρήση γης που μπορεί να επηρεάσουν την αφθονία του φορέα. Οι παράγοντες αυτοί σύγχυσης είναι απίθανο να ποικίλλουν συμπτωματικά με τον κύκλο ENSO για μεγάλες χρονικές περιόδους και ως εκ τούτου η πιθανότητα οι παράγοντες αυτοί που εξηγούν την παρατηρούμενη σχέση είναι μεγαλύτερη για μικρά χρονικά διαστήματα.

- Αλλαγές τις ευπάθειας του πληθυσμού στη μεταβλητότητα του κλίματος. Π.χ. αλλαγές στις υποδομές της δημόσιας υγείας, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στον έλεγχο των φορέων, μπορεί να αλλάξει την τρωτότητα και κατά συνέπεια να αυξήσει ή να μειώσει το μέγεθος της σχέσης. Και πάλι, αυτό πιθανόν να είναι σημαντικό για την μελέτη της ερμηνείας του φαινομένου εκδήλωσης.

Μερικές ασθένειες που σχετίζονται με το φαινόμενο του ENSO περιγράφονται στις ακόλουθες ενότητες (Konats, 1999).

#### **2.4.1 Ελονοσία**

Η ελονοσία είναι η πιο σημαντική από τις μεταδιδόμενες νόσους, ενώ εκτιμάται ότι 2,4 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε περιφέρειες όπου επιδημεί η ελονοσία. Κάθε χρόνο, 300.000 με 500.000.000 νέες περιπτώσεις εμφανίζονται και πάνω από ένα εκατομμύριο παιδιά πεθαίνουν. Η μετάδοση της ελονοσίας εξαρτάται από τις καιρικές και κλιματικές συνθήκες. Πράγματι, οι φορείς μετάδοσης της νόσου, είναι πιθανό να επηρεάζονται από τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές (WHO/ WMO /UNEP, 1996, McMichael et al, 1996). Οι αλλαγές του κλίματος είναι πιθανό να επηρεάσουν την μετάδοση σε πολλές περιοχές. Στην επιδημιολογία της ελονοσίας υπάρχουν έρημοι και ορεινές περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις και η θερμοκρασία, αντίστοιχα, αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους για τη μετάδοση της νόσου (Bouma, 1995). Στις περιοχές αυτές των ορεινών περιοχών, όπως τα Ιμαλάια, οι υψηλότερες θερμοκρασίες συνδέονται με το El Niño ιδιαίτερα κατά τους μήνες του φθινοπώρου και του χειμώνα και μπορεί να οδηγήσουν στην μετάδοση της ελονοσίας σε μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη των περιοχών της Ασίας.

### 2.4.2 Δάγκειος πυρετός

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ασθένεια έχει αναζωπυρωθεί σε όλο τον κόσμο, γεγονός που οφείλεται σε παράγοντες που περιλαμβάνουν: αναποτελεσματικό φορέα παρακολούθησης της νόσου, ακατάλληλες δημόσιες υποδομές υγείας, αύξηση του πληθυσμού, απρογραμμάτιστες και ανεξέλεγκτες τάσεις αστικοποίησης και αύξηση των αεροπορικών ταξιδιών (Rigau-Pérez et al., 1998). Ο κύριος φορέας του Δάγκειου είναι τα εξημερωμένα κουνούπια της οικογένειας *Aedes aegypti* (Εικόνα 8) που πολλαπλασιάζονται στα αστικά περιβάλλοντα σε τεχνητά δοχεία που κατακρατούν νερό.



**Εικόνα 8:** *Aedes aegypti* (αριστερά) και *Aedes albopictus* (δεξιά) (εικόνα του James Gathany/CDC)

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

Ο Δάγκειος πυρετός μεταδίδεται επίσης μέσω του *Aedes albopictus* (Εικόνα 8) του οποίου η προσαρμογή είναι ανάλογη σε αστικά περιβάλλοντα. Η συχνότητα του Δάγκειου πυρετού είναι εποχιακή και συνδέεται συνήθως με το θερμότερο και πιο υγρό καιρό. Υπάρχουν κάποια στοιχεία που δείχνουν ότι οι αυξημένες βροχοπτώσεις σε πολλές περιοχές μπορούν να επηρεάσουν την πυκνότητα του ιού, αλλά και την δυναμικότητα της μετάδοσης (Foo et al., 1985). Το ENSO μπορεί επίσης να λειτουργήσει έμμεσα ως τέτοιος παράγοντας, προκαλώντας αλλαγές στις συνηθισμένες πρακτικές αποθήκευσης νερού και επιφέροντας διακοπή στον ομαλό εφοδιασμό. Πολλές χώρες στην Ασία παρουσίασαν ασυνήθιστα υψηλά επίπεδα

Δάγκειου πυρετού το 1998, ορισμένα από τα οποία μπορούν να αποδοθούν σε εκδηλώσεις Ελ Νίνιο που σχετίζονται με την κακοκαιρία (WHO, 1998b). Επιδημίες Δάγκειου σε νησιά του Νότιου Ειρηνικού ήταν θετικά με τον δείκτη της Νότιας Ταλάντωσης (SOI), ο οποίος αποτελεί παράμετρο του φαινομένου του ENSO (Hales et al., 1996).

### **2.4.3 Κίτρινος πυρετός**

Ο κίτρινος πυρετός εμφανίζεται σε τροπικές περιοχές της Νότιας Αμερικής και της Αφρικής. Διατηρείται σε έναν κύκλο μετάδοσης, που αφορά τα δάση τα οποία αποτελούν την κατοικία κουνουπιών και πιθήκων. Το εύρος του ποσοστού θανάτου κυμαίνεται από 5% σε περισσότερο από 50% σε κατάσταση επιδημίας. Ο κίτρινος πυρετός έχει εκριζωθεί από τη Βόρεια Αμερική και την Ασία. Ωστόσο, και στις νότιες ΗΠΑ το επεισόδιο Ελ Νίνιο του 1978 συνδέεται με την εμφάνιση κίτρινου πυρετού (Díaz and McCabe, 1999). Ήταν ένα από τα πιο σοβαρά κρούσματα στις ΗΠΑ, με περίπου 20.000 νεκρούς και 100.000 περιπτώσεις. Το 1877 – 78 η εκδήλωση του Ελ Νίνιο ήταν μία από τις ισχυρότερες στα χρονικά. Όλες οι αναφερόμενες πανδημίες κίτρινου πυρετού μεταξύ 1880 και 1890 άρχισαν την χρόνια με τα χαρακτηριστικά του Ελ Νίνιο (Bouma, αδημοσίευτο). Προκαταρκτικές έρευνες έχουν δείξει ότι ο μέσος αριθμός των ετήσιων εστιών επιδημίας στη Δυτική Αφρική μεταξύ 1950 – 1988 διπλασιάστηκε κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης του Ελ Νίνιο ή το επόμενο έτος (έτη 0, 1) (Bouma, αδημοσίευτα στοιχεία).

### **2.4.4 Χολέρα**

Η ερευνητική προσοχή έχει επικεντρωθεί πρόσφατα και στη σχέση της χολέρας και του ENSO, διότι διαπιστώθηκαν ότι αρκετά κρούσματα εμφανίστηκαν το 1997, ύστερα από δυνατές βροχοπτώσεις. Οι χώρες στην ανατολική Αφρική που είχαν πληγεί σοβαρά, εμφάνισαν μεγάλες επιδημίες χολέρας (WHO, 1998a).

Κρούσματα αναφέρθηκαν επίσης στο Περού, τη Νικαράγουα και την Ονδούρα (WHO, 1998c). Ωστόσο, ο συνολικός αριθμός των περιπτώσεων χολέρας που αναφέρθηκαν στον WHO το 1997, σε παγκόσμιο επίπεδο και ανά περιφέρεια, ήταν παρόμοιος με εκείνον του 1996. Οι χώρες που παρουσίασαν αύξηση των κρουσμάτων χολέρας το 1997 βρίσκονταν σε κίνδυνο αύξησης της χολέρας κατά τα επόμενα έτη.

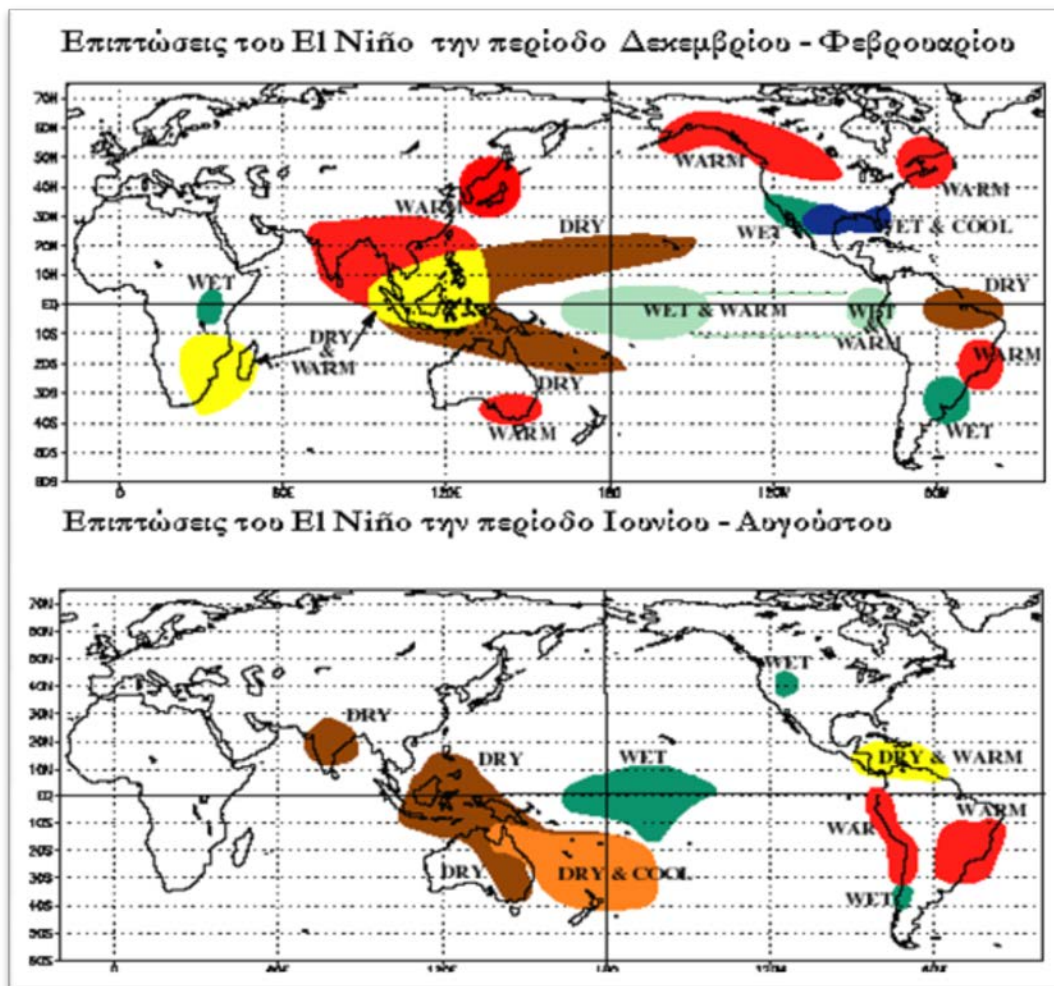
Μια σχέση είχε επίσης βρεθεί μεταξύ των περιπτώσεων χολέρας στο Μπανγκλαντές και της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας στον Κόλπο της Βεγγάλης (Colwell, 1996). Οι εκδηλώσεις του Ελ Νίνιο αύξησαν την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας σε ολόκληρο τον κόσμο, με πιθανό αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης της νόσου πολύ πέρα από ενδημικές περιοχές. Οι υψηλές τιμές της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST) κατά τη διάρκεια της Ελ Νίνιο το 1992 μπορεί να έχουν συμβάλει στην εξάπλωση της χολέρας στη Νότια Αμερική. Τα αποδεικτικά στοιχεία πάντως για τη σύνδεση μεταξύ της χολέρας και της θαλάσσιας επιφανειακής θερμοκρασίας είναι περιορισμένα.

## **2.5 Περιοχές που επηρεάζονται**

### **2.5.1 Περιοχές που επηρεάζονται από την θερμή φάση του ENSO (Ελ Νίνιο)**

Οι περιοχές που επηρεάζονται από την θερμή φάση του ENSO φαίνονται στην Εικόνα 9 και αφορούν κυρίως περιοχές της Νότιας Αμερικής όπως το Περού, την Χιλή, την Βολιβία, την Κολομβία και την Αργεντινή. Επιπρόσθετα όπως είναι φανερό επηρεάζονται οι περιοχές της Νοτιοανατολικής Ασίας και της Αυστραλίας καθώς επίσης και της Βορείου Αμερικής. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι επιπτώσεις του φαινομένου Ελ Νίνιο έχουν παγκόσμιο χαρακτήρα και αφορούν ακόμα και την χώρα μας, όπως θα δούμε παρακάτω.

Με κόκκινο χρώμα στην εικόνα απεικονίζονται οι περιοχές όπου το κλίμα λόγω της φάσης του Ελ Νίνιο είναι θερμό, με μπλε το υγρό και ψυχρό κλίμα, με καφέ το ξηρό κλίμα, με κίτρινο το ξηρό και θερμό κλίμα, ενώ τέλος με πράσινο οι περιοχές όπου το κλίμα είναι υγρό.



**Εικόνα 9:** Επιπτώσεις Ελ Νίνιο σε παγκόσμια κλίμακα κατά τις περιόδους Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου (άνω) και Ιουνίου-Αυγούστου (κάτω).

(Πηγή:<http://commons.wikimedia.org>)

### 2.5.2 Περιοχές που επηρεάζονται από την ψυχρή φάση του ENSO (La Niña)

Αντιστοίχως, στην Εικόνα 10 παρουσιάζονται οι ίδιες περιοχές που πλήττονται από το φαινόμενο ENSO, αυτή την φορά εκδηλωμένο στην ψυχρή του φάση (La Niña).





### **3. Επιπτώσεις του φαινομένου ENSO ανά περιοχή**

#### **3.1 Επιπτώσεις παγκοσμίως**

Το φαινόμενο Ελ Νίνιο προκαλεί σημαντικές κλιματικές ανωμαλίες σε όλο τον πλανήτη. Κατά τη διάρκειά του, παρατηρείται ανωμαλία στην κίνηση των ατμοσφαιρικών και ωκεάνιων ρευμάτων στον Τροπικό Ειρηνικό ωκεανό και ο συνεχής «διάλογος» μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας στην περιοχή του Ειρηνικού ωκεανού, έχει πολλαπλές επιπτώσεις στις κλιματικές συνθήκες ακόμη και σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές του πλανήτη (NOAA). Το Ελ Νίνιο σχηματίζεται όταν σταθεροί άνεμοι που πνέουν προς τα δυτικά εξασθενούν και αλλάζουν κατεύθυνση. Αυτή η αλλαγή πορείας προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων θερμών υδάτινων μαζών, που κανονικά βρίσκονται κοντά στην Αυστραλία, προς τα ανατολικά κατά μήκος του Ισημερινού μέχρι τις ακτές της Νότιας Αμερικής, οι οποίες επηρεάζουν την υγρασία στην ατμόσφαιρα όπου σχηματίζονται σύννεφα βροχής και αλλάζουν την κίνηση των ατμοσφαιρικών συστημάτων σε όλο τον κόσμο.

Μεταξύ των συνεπειών είναι οι αυξημένες βροχοπτώσεις σε όλη τη νότια βαθμίδα των ΗΠΑ και στο Περού, οι οποίες έχουν προκαλέσει καταστροφικές πλημμύρες, και ξηρασία στο Δυτικό Ειρηνικό και μερικές φορές συνδέονται με καταστροφικές πυρκαγιές στην Αυστραλία. Η παρακολούθηση των συνθηκών στον τροπικό Ειρηνικό θεωρείται απαραίτητη για την πρόβλεψη των βραχυπρόθεσμων (μερικούς μήνες έως 1 έτος) κλιματικών διακυμάνσεων (NOAA). Οι συνέπειες του Ελ Νίνιο στη Νότια Αμερική είναι άμεσες και ισχυρότερες από τη Βόρεια Αμερική. Το φαινόμενο συνδέεται με ζεστούς και πολύ υγρούς μήνες (Απρίλιος- Οκτώβριος), προκαλώντας κατά μήκος των ακτών του Περού και του Εκουαδόρ μεγάλες πλημμύρες όταν το φαινόμενο είναι ισχυρό ή ακραίο (University of Illinois, 2010). Η Νότια Βραζιλία και η βόρεια Αργεντινή έχουν πιο υγρό κλίμα απ' ό,τι σε κανονικές συνθήκες, κυρίως κατά τη διάρκεια της άνοιξης και στις αρχές του καλοκαιριού. Η Κεντρική Χιλή έχει ηπιότερο χειμώνα με μεγάλες βροχοπτώσεις και στο Περού-Βολιβία μερικές φορές παρατηρούνται ασυνήθιστα γεγονότα χιονόπτωσης το χειμώνα. Πιο ξηρό και θερμό κλίμα εμφανίζεται σε περιοχές της λεκάνης του ποταμού Αμαζονίου, στην Κολομβία και στην Κεντρική Αμερική. Τα καλοκαίρια κατά την περίοδο Ελ Νίνιο είναι

κατά μέσο όρο πιο υγρά στα Βορειοδυτικά και στις ορεινές περιοχές των Η.Π.Α.. Το Ελ Νίνιο συνδέεται με την καταστολή τυφώνων και έκανε την περίοδο των τυφώνων του 2009 την λιγότερο δραστήρια σε διάστημα δώδεκα χρόνων (NOAA).

Η Κεντρική Ευρώπη, η Νότια Κίνα, η Χιλή, η Αργεντινή, η Βραζιλία, η Ουρουγουάη και τα νησιά του Κεντρικού Τροπικού Ειρηνικού πλήττονται από πλημμύρες. Η Κεντρική Αφρική, η Αυστραλία, η Ινδονησία, η Βόρεια Κίνα, η Ταϊλάνδη, αλλά και τμήματα της Νότιας Αμερικής αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα ξηρασίας. Κατά τη διάρκεια του αντίστοιχου φαινομένου από το 1982- 1983 παρατηρήθηκαν τυφώνες στην Ταϊτή και τη Χαβάη (University of Illinois, 2010), ενώ από το 1991 ως το 1994 σημειώθηκε μεγάλος αριθμός τυφώνων στον Ατλαντικό, την Καραϊβική και τον Κόλπο του Μεξικού .

Οι επιπτώσεις του Ελ Νίνιο στην οικονομία είναι δυσμενείς για πολλά κράτη καθώς χάνουν μεγάλα τμήματα της αγροτικής τους παραγωγής (Holmgren et al., 2001). Στη λεκάνη του Ειρηνικού, μειώνεται η περίοδος των καλλιεργειών. Ετήσιες καλλιέργειες, κυρίως ρύζι, καλαμπόκι και φασόλια, δεν μπορούν να αναπτυχθούν σωστά. Η έλλειψη βροχόπτωσης μειώνει τη διαθεσιμότητα νερού, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την άρδευση και την υδατοκαλλιέργεια. Πιο ξηρές εποχές και μεγαλύτερες σε διάρκεια αυξάνουν τον κίνδυνο των δασικών πυρκαγιών, καθώς, εκτεταμένες πυρκαγιές κατά τη διάρκεια των περιόδων Ελ Νίνιο έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην πανίδα και στους δασικούς πόρους. Η υψηλή θερμοκρασία της θάλασσας στην ακτή του Ειρηνικού προκαλεί μετανάστευση των θαλάσσιων ειδών, τα οποία αναζητούν ψυχρότερα κλίματα, προκαλώντας σοβαρές απώλειες στην αλιεία. Στην Καραϊβική, η αυξημένη συχνότητα των βροχοπτώσεων που παρατηρήθηκε τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1998 στις περισσότερες από τις παράκτιες περιοχές προκάλεσε ζημιές στις οδικές υποδομές, μείωση της παραγωγής και της εξαγωγής μπανάνας και αύξηση του κινδύνου μετάδοσης ασθενειών, όπως ο δάγκειος πυρετός και η ελονοσία, που προαναφέρονται στο κεφάλαιο 2 (Ramirez, 2002).

Ισχυροί άνεμοι και έντονες βροχοπτώσεις εξαιτίας του Ελ Νίνιο το '82 είχαν ως αποτέλεσμα 2.000 νεκρούς από τις καταστροφές πλημμυρίζοντας ακόμα και την

έρημο της Αριζόνας. Ενώ την ίδια δεκαετία εκτιμάται ότι παγκοσμίως επέφερε κόστος 8 δισεκατομμύρια δολάρια (NASA).

Στο φαινόμενο Λα Νίνα που ακολουθεί συνήθως μετά το φαινόμενο Ελ Νίνιο, οι αληγείς ανατολικοί άνεμοι ισχυροποιούνται πολύ και ωθούν τα θερμά επιφανειακά νερά προς την Ασία. Τα νέφη καταιγίδας μετακομίζουν προς το δυτικό τροπικό Ειρηνικό ωκεανό, έτσι οι βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του φαινομένου είναι έντονες στη Νοτιοανατολική Ασία. Τότε, ψυχρά ρεύματα στις δυτικές ακτές της Αμερικής αναδύονται (ενώ στο φαινόμενο Ελ Νίνιο είναι σε βάθος 45 m μέσα στη θάλασσα), οι θρεπτικές ουσίες και συνακόλουθα τα ψάρια αυξάνουν, αλλά καθώς μειώνονται οι υδρατμοί, μειώνονται κι οι βροχές στην περιοχή (NASA).

Τα περισσότερα έτη, οι συνήθεις αληγείς άνεμοι στο τροπικό Ειρηνικό φυσούν από την Ανατολή προς την Δύση, δηλαδή από τη Νότια Αμερική προς την Ινδονησία, ωθώντας τα θερμά επιφανειακά νερά προς την Ασία. Ο αέρας ωθεί τόσο πολύ νερό δυτικά που το επίπεδο της θάλασσης κοντά στην Ινδονησία είναι συνήθως 45 εκατοστά υψηλότερο από ό,τι είναι κοντά στο Μεξικό. Με την εμφάνιση του Ελ Νίνιο και του Λα Νίνα παρατηρείται αλλαγή της εποχικής θερμοκρασίας και του ρυθμού των βροχοπτώσεων σε πολλές διαφορετικές περιοχές του κόσμου, ακόμα και σε περιοχές που είναι απομακρυσμένες από τον Ισημερινό Ειρηνικό ωκεανό. Αυτές οι αλλαγές είναι γνωστές ως τηλεσυνδέσεις (teleconnections). Τηλεσυνδέσεις προκύπτουν λόγω των βροχοπτώσεων οι οποίες σχετίζονται με τις θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας στις τροπικές περιοχές και επηρεάζουν το μέσο άνεμο στην ατμόσφαιρα. Στους τροπικούς, ο αέρας που ανεβαίνει για το σχηματισμό των νεφών και της βροχόπτωσης σε συγκεκριμένο τόπο πρέπει να κατέβει κάπου αλλού (ό,τι ανεβαίνει πρέπει να κατέβει). Έτσι μια τροπική περιοχή που είναι σταθερά υγρή, για παράδειγμα, μπορεί να οδηγήσει σε μια άλλη περιοχή που είναι μόνιμα ξηρή. Οι μεταβολές στις τροπικές βροχοπτώσεις και ανέμους μπορούν επίσης να επηρεάσουν τις περιοχές εκτός των τροπικών, μεταβάλλοντας τα επικρατούντα μοτίβα ανέμου που κυκλοφορούν σε όλη την υδρόγειο. Σε αρκετά τμήματα των τροπικών, και σε ορισμένες περιοχές εκτός των τροπικών, αυτές οι εποχιακές μεταβολές διαδέχονται από τη μία Ελ Νίνιο και Λα Νίνα περίοδο την επόμενη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ωστόσο, ότι δεν συνυπάρχουν δύο Ελ Νίνιο ή Λα Νίνα περίοδοι και ότι οι εποχιακές

αλλαγές θερμοκρασίας και τα βροχοπτώσεων που σχετίζονται με αυτά μπορεί να διαφέρουν από το ένα γεγονός στο άλλο. Έτσι, όταν ένα φαινόμενο Ελ Νίνιο ή Λα Νίνα αναπτύσσεται, δεν εγγυάται ότι οι περιοχές οι οποίες συνήθως επηρεάζονται από αυτές θα επηρεαστούν, παρά μόνο ότι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ότι το φαινόμενο αυτό θα εκδηλωθεί (IRI, 2007).

### **3.2 Επιπτώσεις στους τροπικούς Ωκεανούς και στον Βόρειο Ειρηνικό**

1. Οι σχέσεις μεταξύ των φαινομένων Ελ Νίνιο και των ανωμαλιών της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST anomalies) στους τροπικούς ωκεανούς και στο Βόρειο Ειρηνικό είναι σχετικά καλά κατανοητές σήμερα και συχνά αναφέρονται ως «ατμοσφαιρική γέφυρα». Όσο για την τροπικό Ατλαντικό, έχουν προταθεί ως πιθανές αιτίες για τη γέφυρα, η αποδυνάμωση στην εναλλαγή των ανέμων (μια αλλαγή στην κυκλοφορία Atlantic Walker) και η μείωση στη ροή λανθάνουσας θερμότητας, αλλά το αποτέλεσμα μπορεί επίσης να λειτουργήσει έμμεσα, μέσω μιας «εξωτροπικής» (extratropical) μεταβολής της κυκλοφορίας. Να σημειωθεί ότι στην Ισημερινή και την Τροπική ζώνη η ατμοσφαιρική κυκλοφορία κάτω από κανονικές συνθήκες είναι γνωστή σαν Ισημερινή κυκλοφορία Walker. Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί ως εξής: Αέρας ανυψώνεται κατακόρυφα επάνω από το δυτικό Ειρηνικό εξαιτίας της θέρμανσης του από τα θερμά ύδατα σχηματίζοντας πλήθος νεφών και καταιγίδων και δημιουργώντας ένα επιφανειακό κέντρο χαμηλών πιέσεων. Στον ανατολικό Ειρηνικό που βρίσκεται σε επαφή με την ψυχρή θάλασσα, ο αέρας ψύχεται και εκτελεί καθοδική κίνηση. Η κατάσταση αυτή δημιουργεί ανατολικά υψηλές πιέσεις και δραματική μείωση των βροχοπτώσεων (η περιοχή είναι από τις ξηρότερες του πλανήτη). Τα δύο αυτά κέντρα πίεσης διαμορφώνουν τελικά κλειστή κυκλοφορία του αέρα με επιφανειακούς ανέμους να πνέουν από τα ανατολικά προς τα δυτικά, να ανέρχονται και να επιστρέφουν ως δυτικοί άνεμοι στην ανώτερη τροπόσφαιρα για να κατέλθουν τελικά στις ακτές της Ν. Αμερικής (βλ. εικ.3).

2. Η «ατμοσφαιρική γέφυρα» προς τον Βόρειο Ειρηνικό λειτουργεί μέσω αλλαγών στον τροπικό κλάδο των κυψελίδων της κυκλοφορίας Hadley, με ανώμαλη σύγκλιση και απόκλιση στην ανώτερη τροπόσφαιρα. Αυτή η διαδικασία μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή κυμάτων Rossby, τα οποία στη συνέχεια διαδίδονται προς τους πόλους και προς την ανατολή και αλληλεπιδρούν με την εξωτροπική κυκλοφορία. Το χαμηλό βαρομετρικό των Αλεούτιων Νήσων επιτείνεται, οδηγώντας σε ψύξη του κεντρικού Βόρειου Ειρηνικού και σε αύξηση της θερμοκρασίας κατά μήκος της ακτής της Αλάσκας. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της στάσιμης συνιστώσας της ροής και των καιρικών συστημάτων καθώς και η «εξωτροπική» αλληλεπίδραση μεταξύ ατμόσφαιρας και θάλασσας μπορούν περαιτέρω να τροποποιήσουν τον καιρό. Εν τούτοις, η καθαρή επίδραση αυτών των διαδικασιών είναι λιγότερο καλά εδραιωμένη. Κάποιες προσομοιώσεις προτείνουν ότι οι SST αλλαγές που οδηγούνται από το εντεταμένο χαμηλό των Αλεούτιων Νήσων τείνουν να ενισχύσουν την ατμοσφαιρική κυκλοφορία που τις προκάλεσε, ενώ άλλες μελέτες προτείνουν μια μετριασμένη επίδραση (Bronnimann, 2007).

### **3.3 Επιπτώσεις του ENKK σε Ευρώπη, Ανατολική Μεσόγειο και Ελλάδα**

Οι επιπτώσεις του φαινομένου ENSO στην Ευρώπη δεν είναι σαφείς (Bronnimann, 2007). Η Ευρώπη μπορεί να μην επηρεάζεται τόσο όσο μέρη άλλων ηπείρων-ωστόσο, παρότι είναι μακριά από τον Ειρηνικό ωκεανό δέχεται ορισμένες επιρροές από το ENSO (Bartholy and Pongracz, 2006). Υπάρχουν κάποια στοιχεία ότι ένα φαινόμενο Ελ Νίνιο μπορεί να προκαλέσει έναν υγρότερο, πιο νεφελώδη χειμώνα στη βόρεια Ευρώπη και έναν ηπιότερο, ξηρότερο χειμώνα στην περιοχή της Μεσογείου. Ο χειμώνας Ελ Νίνιο του 2006/2007 ήταν ασυνήθιστα ήπιος στο Ηνωμένο Βασίλειο και τη Δυτική Ευρώπη και οι Άλπεις κατέγραψαν πολύ λίγη κάλυψη χιονιού εκείνη την εποχή (Bronnimann, 2007).

Έχει παρατηρηθεί ότι κάθε γεγονός Ελ Νίνιο συνοδεύεται από κάπως διαφορετικές ανωμαλίες κυκλοφορίας πάνω από το χώρο του Βόρειου Ατλαντικού και της Ευρώπης. Η μεταβλητότητα του φαινομένου είναι αρκετά μεγάλη. Ένα κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα για πολλούς χειμώνες Ελ Νίνιο είναι η χαμηλή θερμοκρασία στη Βορειοανατολική Ευρώπη και οι ανωμαλίες στο ύψος της ισοβαρούς των 500 hPa δυτικά της Γαλλίας. Η βροχόπτωση παρουσιάζει συχνά μια μείωση πάνω από τη Βόρεια Ευρώπη και μια αύξηση στη Μεσόγειο, αλλά η θέση αυτής της τελευταίας μεταβολής ποικίλλει. Οι επιπτώσεις του ENSO είναι αντίθετες στις αρχές του χειμώνα από αυτές που εμφανίζονται στα τέλη του χειμώνα, ενώ την άνοιξη οι διαφορές που παρατηρούνται είναι μικρότερες. Μια αδύναμη και θερμή πολική δίνη πάνω από την Αρκτική στρατόσφαιρα εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνιο, ενώ το αντίθετο παρατηρείται κατά το φαινόμενο Λα Νίνα. Το ENSO επηρεάζει και το μεσογειακό χειμερινό κλίμα. Κατά τη διάρκεια των γεγονότων Ελ Νίνιο η διαδρομή των κυκλώνων πάνω από τη Μεσόγειο είναι μετατοπισμένη βόρεια, γεγονός που έχει επιπτώσεις στην βροχόπτωση. Λιγότερη βροχόπτωση παρατηρήθηκε στη ΝΔ Ευρώπη καθώς επίσης και στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας κατά τη διάρκεια των ψυχρών γεγονότων (La Niña) αλλά περισσότερη βροχόπτωση στις ίδιες περιοχές κατά τη διάρκεια των θερμών γεγονότων (El Niño). Η θερμοκρασία στην Τουρκία στα τέλη του χειμώνα βρέθηκε να είναι υψηλή κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνιο και χαμηλή κατά τη διάρκεια του La Niña. Επιπλέον βρέθηκε μια αύξηση (μείωση) της βροχόπτωσης στη βορειοδυτική (νότια) Τουρκία κατά τη διάρκεια των γεγονότων Ελ Νίνιο (Bronnimann, 2007). Όσον αφορά την Ελλάδα, παραμένει ανεπηρέαστη από την παρουσία του φαινομένου Ελ Νίνιο ή του Λα Νίνα.

#### **4. Ιστορικό του φαινομένου**

Το Ελ Νίνιο, δεν είναι νέο φαινόμενο. Ελ Νίνιο σημειώνονται για χιλιετίες και τα μεμονωμένα γεγονότα έχουν περιγραφεί πίσω στο παρελθόν περίπου στο 1500 (Quinn et al., 1987, Whetton and Rutherford, 1994).

Υπάρχουν στο Περού αρχεία, περίπου από το 1525, που μας πληροφορούν για τις συνέπειες του φαινομένου. Οι ερευνητές έχουν βρει γεωλογικές αποδείξεις στις

παραθαλάσσιες περιοχές του Περού για το φαινόμενο Ελ Νίνιο πριν από 13.000 χρόνια. Το 1793, στις Ινδίες πέθαναν 600.000 άτομα από τις μεγάλες ξηρασίες που έφερε εκεί το Ελ Νίνιο. Στον ανατολικό Ειρηνικό η μέση θερμοκρασία, που ήταν 23 °C, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1957- 1958 παρατηρήθηκε μια επιπλέον αύξηση 3 °C (Dijkstra, 2006). Ο υπόλοιπος κόσμος άρχισε να στρέφει την προσοχή του στο Ελ Νίνιο μετά την απρόβλεπτη καταστροφή του 1982-83 (Wang et al., 2007), με μεγάλο αντίκτυπο στις καιρικές συνθήκες. Οι κλιματολόγοι έκαναν προσπάθειες να το κατανοήσουν και να βρουν τρόπους πρόβλεψης και αντιμετώπισης. Το 1985 ξεκίνησαν διεθνή προγράμματα στην περιοχή του Ειρηνικού. Το πρόγραμμα ήταν η ανάπτυξη από 70 παρατεταγμένες σημαδούρες (πρόγραμμα ΤΑΩ-Τροπικός, Ατμόσφαιρα, Ωκεανός). Ταυτόχρονα, μια διαφορετική προσπάθεια στη μοντελοποίηση έδωσε μια ιεράρχηση των μοντέλων που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση, την προσομοίωση και την πρόβλεψη (Dijkstra, 2006). Αργότερα ο δορυφόρος Topex/Poseidon, ξεκίνησε το 1992 να περιστρέφεται γύρω από τη Γη σε ύψος 830 μιλίων μετρώντας την ανύψωση της επιφάνειας της θάλασσας και παρέχοντας πληροφορίες για τη κυκλοφορία του Ειρηνικού ωκεανού και τα κύματα Kelvin και Rossby, τα οποία ταξιδεύουν σε ολόκληρο τον ωκεανό. Χάρη στη σημαδούρες ΤΑΩ, τον δορυφόρο Topex και άλλα εργαλεία, οι κλιματολόγοι έχουν τώρα ενδείξεις που τους προειδοποιούν για τις περιοδικές και αναπόφευκτες αφίξεις των δύο ακραίων καιρικών φαινομένων (Wang and Fiedler, 2007).

Το 1994 είχαν ολοκληρωθεί τα συστήματα παρακολούθησης με σημαδούρες, με τα οποία μετρούσαν την θερμοκρασία του νερού από την επιφάνεια έως και 500 μέτρα βάθος, τους ανέμους και την θερμοκρασία του αέρα. Τα στοιχεία που μαζεύονται από τις σημαδούρες στέλνονται μέσω δορυφόρων στα περιβαλλοντικά εργαστήρια και σε διάφορα ερευνητικά πλοία. Τα πλοία αυτά βοηθούν στην παρακολούθηση του ανώτερου Ωκεανού και της χαμηλής ατμόσφαιρας. Παρόλα αυτά οι προβλέψεις της μεταβλητότητας της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας ήταν φτωχές κατά τη διάρκεια της περιόδου 1990-1994, με ορισμένες αξιοσημείωτες παραλείψεις από όλα τα δυναμικά και στατιστικά μοντέλα (Wang and Fiedler, 1999).

Το 1997-98 αποτελεί ορόσημο στην έρευνα του ENSO, γιατί έγινε πρόβλεψη έξι μήνες πριν, δίνοντας έτσι χρόνο στους απειλούμενους πληθυσμούς να



προετοιμαστούν. Το National Center of Atmospheric Research στις ΗΠΑ, έκανε το πρώτο ανακοινωθέν για πιθανό κτύπημα του Ελ Νίνιο τον Απρίλιο του 1996 και ένα μήνα αργότερα ακολούθησαν η Αυστραλία και η Ιαπωνία. Έτσι στο Νότιο Περού χρησιμοποίησαν τις προβλέψεις ώστε οι αγρότες και οι ψαράδες να επωφεληθούν από τα φαινόμενα που συνοδεύουν το φαινόμενο. Ο ΟΗΕ έστειλε βοήθεια στις φτωχές χώρες της Αφρικής, συσσωρεύτηκαν τρόφιμα και νερό κι έτσι σώθηκαν χιλιάδες άτομα. Πολλές χώρες επίσης προετοιμάστηκαν για ξηρασία και φωτιές, ενώ πληθυσμοί στην Παπούα- Νέα Γουινέα που απειλήθηκαν από ξηρασία και κρύο σώθηκαν από την πείνα μετά από βοήθεια των πλουσιότερων κρατών.

Τα πιο αξιοσημείωτα επεισόδια Ελ Νίνιο που έχουν καταγραφεί είναι στις περιόδους 1790-93, 1828, 1876-78, 1891, 1925-26, 1972-73, 1982-83, και 1997-98. Τα πλέον πρόσφατα εκδηλώθηκαν κατά τα έτη 1986-1987, 1991-1992, 1993, 1994, 1997-1998, 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007 και 2009-2010 (Kousky and Higgins, 2007, Wang and Fiedler, 2007). Σήμερα, είναι γνωστό ότι η εμφάνιση του ENSO δεν παρουσιάζεται με την ίδια ομαλότητα και με την ίδια διάρκεια. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 1990-1994 είναι ένα παράδειγμα. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας αποτελεί πρωτοφανή καταγραφή. Ο δυτικός Ειρηνικός ωκεανός ήταν ανώμαλα ζεστός για το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου και υπήρξαν δύο θερμές φάσεις της ENSO πολύ κοντά η μία στην άλλη και μια άλλη ανεπτυγμένη στο τέλος του 1994 (Wang et al., 1999). Από το 1970 η συχνότητα και η διάρκεια ενός επεισοδίου Ελ Νίνιο έχει αυξηθεί και αυτό πιθανώς οφείλεται στην αλλαγή της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας του Ειρηνικού ωκεανού. Σε ότι αφορά τα πιο πρόσφατα γεγονότα του Λα Νίνα υπήρξε ένα ισχυρό επεισόδιο κατά τη διάρκεια του 1988-1989. Επεισόδια Λα Νίνα επίσης πραγματοποιήθηκαν το 1904, 1908, 1910, 1916, 1924, 1928, 1938, 1950, 1955, 1964, 1970, 1973, 1975, 1988, 1995, το 1998-2000, και ένα μικρότερο το 2000-2001. Πρόσφατα, ένα περιστατικό Ελ Νίνιο άρχισε το Σεπτέμβριο του 2006 και διάρκεσε έως τις αρχές του 2007. Από τον Ιούνιο του 2007 τα στοιχεία έδειξαν ένα μέτριο γεγονός Λα Νίνα που ενισχύεται στις αρχές του 2008 και που αποδυναμώνεται μέχρι τις αρχές του 2009. Το Λα Νίνα του 2007-2008 ήταν το ισχυρότερο μετά από το La Niña του 1988-1989. Σύμφωνα με το National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) των Η.Π.Α., οι

συνθήκες του Ελ Νίνιο που επικρατούσαν στον Ισημερινό Ειρηνικό ωκεανό από το Ιούνιο 2009 κορυφώθηκαν τον Ιανουάριο-Φεβρουάριο 2010.

## **5. Συχνότητα του Ελ Νίνιο – Νότιας Κύμανσης (ENSO)**

Το πρώτο επεισόδιο Ελ Νίνιο καταγράφηκε επίσημα το 1877. Κατά τη χρονιά 1877-1878 σοβαρή ξηρασία έπληξε το μεγαλύτερο μέρος της Κίνας. Ταυτόχρονα, στην Ινδία περισσότεροι από 8.000.000 θάνατοι αποδόθηκαν στο λοιμό που προκλήθηκε από την ξηρασία. Από ξηρασίες επίσης επλήγησαν η Βορειοανατολική Βραζιλία, η Β. Αφρική, τα νησιά Φίτζι, η Αυστραλία και η Ινδονησία. Αντίθετα, στη δυτική ακτή της Β. Αμερικής και στην Ταϊτή οι πλημμύρες και οι έντονες βροχοπτώσεις κόστισαν τη ζωή σε εκατοντάδες ανθρώπους. Πολύ έντονα επεισόδια Ελ Νίνιο συνέβησαν κατά το πρώτο τέταρτο του 20ου αιώνα, ενώ πιο ασθενή κατά το δεύτερο. Μετά το 1950 τα επεισόδια Ελ Νίνιο και Λα Νίνα εντάθηκαν. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η ατμόσφαιρα είναι ευαίσθητη στις αλλαγές της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας και ο ωκεανός προσαρμόζεται ταχέως στις αλλαγές των ανέμων (Chang and Zebiak, 2003).

Στις αρχές του 1960, η αλληλεπίδραση μεταξύ ωκεανού και ατμόσφαιρας ονομάστηκε Ελ Νίνιο– Νότια Κύμανση (ENSO) από τους Hendrik Berlage και Jacob Bjerknes (Bjerknes, 1969), οι οποίοι υποστήριξαν ξεχωριστά ότι τα δύο φαινόμενα (η εξασθένιση των ανέμων και η χωρική και χρονική μεταβλητότητα του πεδίου υψηλών πιέσεων) σχετίζονται (Halpert and Ropelewski, 1992).

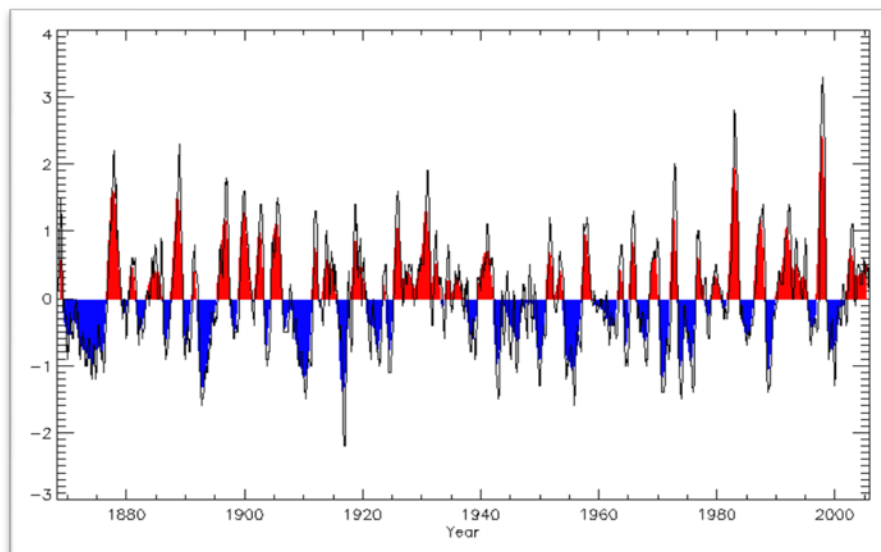
Δεν υπάρχουν δύο όμοιες Ελ Νίνιο εκδηλώσεις, αλλά οι περισσότερες φαίνεται να ακολουθούν ένα γενικό πρότυπο (Kovats et al., 1999). Ο κύκλος ζωής του Ελ Νίνιο σύμφωνα με τον Nicholls (1987) και τον Glantz (1996a) περιγράφεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Κύκλος ζωής του Ελ Νίνιο (σύμφωνα με τον Nicholls, 1987 και τον Glantz, 1996a).

<b>Φάσεις του Ελ Νίνιο</b>	<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Χρονιά</b>
<b>Πρόδρομη Φάση</b>	Η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας (SST) επιστρέφει στο φυσιολογικό, οι ανατολικοί άνεμοι εμπορίου αποδυναμώνονται, η ανάβλυση μειώνεται με αποτέλεσμα η SST να αρχίζει να αυξάνεται.	-1
<b>Φάση Εκδηλώσης</b>	Εξακολουθεί η εποχιακή αύξηση της θερμοκρασίας κατά μήκος των ακτών του Περού τον μήνα Απρίλιο ή Μάιο.	0
<b>Φάση Ανάπτυξης και Ωρίμανσης</b>	Η SST συνεχίζει να αυξάνεται, ενώ επίκεινται αλλαγές στον δείκτη της Νότιας Ταλάντωσης (SO), όπως πτώση πίεσης στη Ταϊτή και αύξηση στο Ντάργουιν.	0
<b>Φάση Αποσύνθεσης</b>	Η SST μειώνεται, ενώ αυξάνεται η παράκτια ανάβλυση και ενισχύονται οι Ανατολικοί άνεμοι.	1

Οι εκδηλώσεις συνήθως διαρκούν για 12 έως 18 μήνες, και συμβαίνουν κάθε 2 έως 7 έτη. Ορισμένες αλλαγές στη συχνότητα έχουν αναφερθεί τα τελευταία 200 χρόνια. Οι εκδηλώσεις ποικίλλουν σε συχνότητα, χρόνο έναρξης, διάρκεια και ένταση. Οι επιστήμονες περιγράφουν μερικές φορές τα γεγονότα ως εξής: πολύ αδύναμα, αδύναμα, μέτρια, έντονα και πολύ ισχυρά, ανάλογα με τις επιπτώσεις τους (Glantz, 1996a). Τα εντονότερα γεγονότα μεταξύ των πρόσφατων γεγονότων Ελ Νίνιο συνέβησαν τα έτη 1983 και 1992, όπου ακολούθησαν σημαντικές ηφαιστειακές εκρήξεις (El Chichon το 1982 και Pinatubo το 1991). Ισχυρή μεταβλητότητα εμφανίζεται επίσης και όταν δεν υπάρχουν ηφαιστειακές εκρήξεις. Το μέγεθος και η σημασία των εκδηλώσεων μπορούν να οριστούν χρησιμοποιώντας τιμές των παραμέτρων του ENSO, όπως οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST) ή η γεωγραφική περιοχή που καλύπτεται από την «πισίνα» με ζεστό

νερό στον Ειρηνικό ωκεανό. Πολύ ισχυρά γεγονότα μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της θερμοκρασίας έως και 3,5 °C πάνω από τον μέσο όρο στον ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό, με τοπική αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι και 9 °C (Webster and Palmer, 1997). Στο Γράφημα 1 παρουσιάζεται η διακύμανση του φαινομένου ENNK για τα τελευταία 150 χρόνια.



**Γράφημα 1:** Διακύμανση του ENSO τα τελευταία 150 χρόνια (με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται το φαινόμενο ENSO στην φάση του Ελ Νίνιο)

(Πηγή: <http://commons.wikimedia.org>)

Στο γράφημα με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται το φαινόμενο ENSO στην φάση του Ελ Νίνιο, ενώ με μπλε χρώμα απεικονίζεται η φάση της Λα Νίνα. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι από την περίοδο πριν το 1880 έως και λίγο μετά το 1900 είχαμε δυνατές εκδηλώσεις Ελ Νίνιο, κάτι που επέφερε μακροχρόνια περίοδο πείνας στην περιοχή τις Ινδίας και Ινδονησίας. Από την άλλη, λίγο μετά το 1920 έως και περίπου τα μέσα της δεκαετίας του 50' οι εκδηλώσεις του Ελ Νίνιο ήταν πιο ήπιες, για να καταλήξουμε και πάλι στην περίοδο από 1980 έως και σήμερα, όπου και πάλι έχουμε δυνατές εκδηλώσεις Ελ Νίνιο.

## 6. Δείκτες και κατηγορίες Ελ Νίνιο

### 6.1 Δείκτης SOI

Για τον χαρακτηρισμό του ENSO, χρησιμοποιείται μια ποικιλία δεικτών καθώς επηρεάζει τόσα πολλά στοιχεία του κλιματικού συστήματος ατμόσφαιρας-ωκεανών. Ένας από τους δείκτες που χρησιμοποιείται ευρέως είναι ο Δείκτης της Νότιας Κύμανσης (Southern Oscillation Index, SOI), ο οποίος περιγράφει την ατμοσφαιρική κυκλοφορία στον τροπικό Α. Ειρηνικό ωκεανό σε σχέση με το παγκόσμιας κλιματικής σημασίας φαινόμενο ENSO. Ο Δείκτης SOI ορίζεται ως η κανονικοποιημένη διαφορά πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας μεταξύ της Ταϊτής, (Γαλλική Πολυνησία) και του Ντάργουιν, (Αυστραλία) και είναι ένα μέτρο της δύναμης των ανέμων (trade winds), οι οποίοι έχουν κατεύθυνση από περιοχές με υψηλή πίεση σε περιοχές με χαμηλή πίεση (Sarachik et al., 2010). Υψηλό SOI, δηλαδή μεγάλη διαφορά πίεσης, σχετίζεται με ισχυρότερους ανέμους από το κανονικό και συνθήκες La Niña. Χαμηλό SOI, δηλαδή μικρότερη διαφορά πίεσης, συσχετίζεται με πιο αδύναμους ανέμους από τους συνήθεις και συνθήκες Ελ Νίνιο (Trenberth, 2003, Turner, 2004, Dijkstra, 2006, Kousky and Higgins, 2007). Οι όροι ENSO και κύκλος του ENSO χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το πλήρες φάσμα των παρατηρούμενων παραλλαγών στο δείκτη SOI, συμπεριλαμβανομένων των γεγονότων τόσο του Ελ Νίνιο και La Niña.

Ο δείκτης SOI υπολογίζεται από τις μηνιαίες ή εποχιακές διακυμάνσεις της διαφοράς της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ Ταϊτής και Ντάργουιν. Υπάρχουν μερικές διαφορετικές μέθοδοι για τον υπολογισμό του SOI. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε από την Αυστραλιανή Μετεωρολογική Υπηρεσία είναι η Troup SOI που είναι η κανονικοποιημένη μεταβολή της μέσης διαφοράς πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας (Mean Sea Level Pressure - MSLP) μεταξύ Ταϊτής και Ντάργουιν. Υπολογίζεται ως εξής:

$$SOI = 10 * \frac{[Pdiff - Pdiffav]}{SD(Pdiff)}$$

Όπου,

$P_{diff}$  = (μέσος όρος της MSLP στη Ταϊτή για τον μήνα) - (μέση μηνιαία τιμή MSLP στο Δαρβίνο για τον μήνα),

$P_{diff_{av}}$  = μακροπρόθεσμος μέσος όρος του  $P_{diff}$  για τον εν λόγω μήνα, και

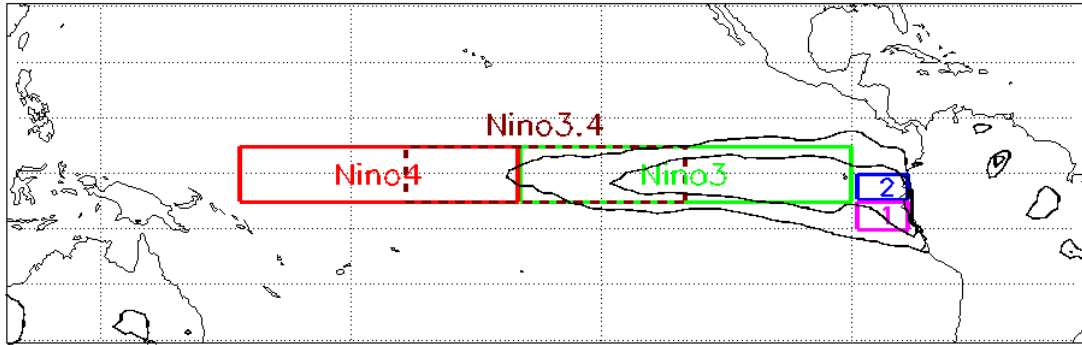
$SD(P_{diff})$  = μακροπρόθεσμη τυπική απόκλιση του  $P_{diff}$  για τον εν λόγω μήνα.

Ο πολλαπλασιασμός επί 10 είναι μια σύμβαση. Με τη χρήση αυτής της σύμβασης, οι σειρές SOI από περίπου -35 σε περίπου +35 μπορούν να προσφερθούν ως ακέραιοι αριθμοί. Ο δείκτης SOI συνήθως υπολογίζεται σε μηνιαία βάση, ενίοτε όμως χρησιμοποιούνται τιμές για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους όπως ένα έτος. Ημερήσιες ή εβδομαδιαίες τιμές του SOI δεν μεταφέρουν πολλές χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του κλίματος. Ημερήσιες τιμές ειδικότερα μπορεί να κυμαίνονται αισθητά, λόγω των καθημερινών καιρικών συνθηκών, και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για τέτοιες αναλύσεις.

## 6.2 Λοιποί δείκτες και κατηγορίες Ελ Νίνιο

Δείκτες που βασίζονται στη μεταβολή (anomaly) της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (ή, συχνότερα, στο μακροπρόθεσμο μέσο όρο των SST) είναι εκείνοι που λαμβάνονται με την απλή λήψη της μέσης τιμής πάνω από κάποια καθορισμένη περιοχή του ωκεανού. Υπάρχουν πολλές περιοχές του τροπικού Ειρηνικού ωκεανού που έχουν ήδη επισημανθεί ως σημαντικές για την παρακολούθηση και τον εντοπισμό των Ελ Νίνιο και Λα Νίνα.

Επειδή η έκταση της τροπικής ζώνης του Ειρηνικού ωκεανού είναι τεράστια και επειδή η συμπεριφορά του Ελ Νίνιο δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη αυτή την περιοχή κατά την ίδια χρονική στιγμή, οι επιστήμονες που μελετούν το φαινόμενο το έχουν χωρίσει γεωγραφικά στις παρακάτω κατηγορίες (Εικόνα 11):



**Εικόνα 11:** Οι τέσσερις φάσεις του Ελ Νίνιο (βλ. και 6.2).

(Πηγή: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Enso-index-map.png>)

1. **NIÑO 1-2.** Αυτό καλύπτει την περιοχή που εκτείνεται από 0° έως 10° Νότια του Ισημερινού και από 80° έως 90° Δυτικού πλάτους. Είναι η περιοχή που συνήθως θερμαίνεται πρώτα όταν αναπτύσσεται ένα Ελ Νίνιο.
2. **NIÑO 3.** Με ζώνη δράσης τις 150° έως 90° Δυτικού γεωγραφικού μήκους και 5° Νότιο έως 5° Βόρειο γεωγραφικό πλάτος. Η περιοχή του τροπικού Ειρηνικού που έχει τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα στη SST στις χρονοσειρές του Ελ Νίνιο.
3. **NIÑO 3-4,** που καλύπτει την περιοχή που εκτείνεται ανάμεσα στους παραλλήλους 5° Νότιο έως 5° Βόρειο γεωγραφικό πλάτος και στους μεσημβρινούς 120° έως 170° Δυτικού μήκους. Η περιοχή που έχει μεγάλη μεταβλητότητα στις χρονοσειρές του Ελ Νίνιο, και είναι πιο κοντά (από ότι η NIÑO3) προς την περιοχή όπου οι αλλαγές στην τοπική θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας είναι σημαντικές για τη μετατόπιση των βροχοπτώσεων μιας μεγάλης περιοχής που συνήθως βρίσκεται στο δυτικό Ειρηνικό.
4. **NIÑO 4,** που εμφανίζεται στην περιοχή που ορίζουν οι παράλληλοι 5° Νότιο και 5° Βόρειο γεωγραφικό πλάτος και οι μεσημβρινοί 160° Ανατολικού και 150° Δυτικού μήκους. Η περιοχή όπου οι μεταβολές στη SST οδηγεί σε τιμές

περίπου των 27,5 °C, η οποία εκτιμάται ότι είναι ένα σημαντικό κατώφλι στην παραγωγή των βροχοπτώσεων (Hanley et al., 2003).

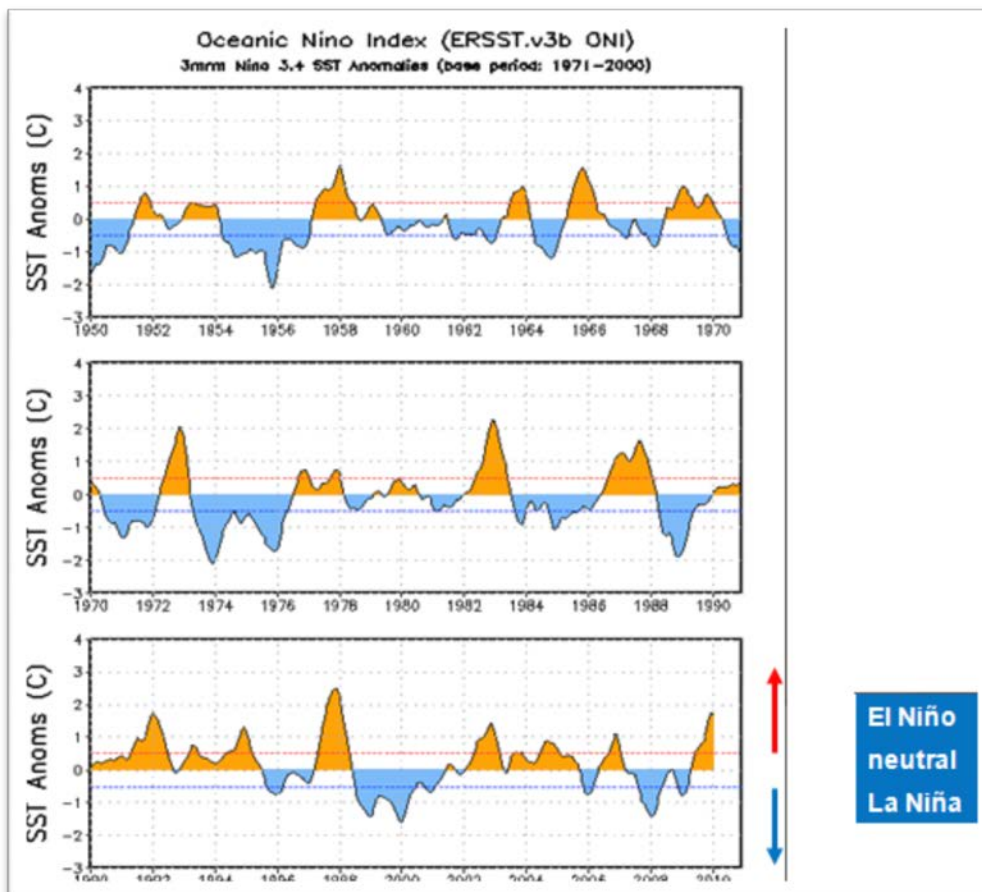
Παρόλα αυτά, οι περιοχές αυτές επελέγησαν εν μέρει για λόγους ευκολίας λαμβάνοντας υπόψη τις τροχιές πλοίων από τα οποία προήλθαν τα δεδομένα της SST. Η φάση NIÑO1-2 αντικατοπτρίζει την παράκτια SST στη Νότια Αμερική, όπου το ENSO έχει μεγάλες οικονομικές επιπτώσεις. NIÑO3 και NIÑO4 είναι μεγαλύτερες περιφέρειες που βρίσκονται στον ανατολικό και κεντρικό Ειρηνικό στη ζώνη του Ισημερινού, αντίστοιχα (Barnston et al., 1997). Σε ότι αφορά στην ευρύτερη παγκόσμια κλιματική μεταβλητότητα, η περιοχή NIÑO3-4 προτιμάται γενικά, επειδή η διακύμανση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας στην περιοχή αυτή έχει την ισχυρότερη επίδραση στην μετατόπιση των βροχοπτώσεων στο δυτικό Ειρηνικό.

Οι Barnston et al. (1997) και ο Turner (2004) στη μελέτη που πραγματοποίησαν σχετικά με τη σημασία των διαφόρων περιοχών στην ισημερινή ζώνη του Ειρηνικού σε σχέση με τον κύκλο του ENSO, διαπιστώνουν ότι ο δείκτης των μεταβολών (anomalies) της SST στην περιοχή NIÑO3.4 είναι ιδιαίτερα κατάλληλος ως ένας γενικός δείκτης SST της κατάστασης του κύκλου ENSO. Κάθε περιοχή NIÑO αντιπροσωπεύεται και από τον αντίστοιχο δείκτη. Σε μια χρονοσειρά, όταν ο δείκτης NIÑO3 είναι υψηλός για μια περίοδο τότε αυτή χαρακτηρίζεται ως Ελ Νίνιο και όταν ο δείκτης είναι χαμηλός τότε η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται La Νίνα (Dijkstra, 2006). Για να οριστεί ποσοτικά το Ελ Νίνιο απαιτείται ο δείκτης NIÑO3 να είναι μεγαλύτερος από +0.5°C για 5 μήνες τουλάχιστον (Wang et al., 1999). Γενικά περίοδοι με υψηλό δείκτη NIÑO3 έχουν χαμηλό δείκτη SOI (Dijkstra, 2006). Συμφωνά με τους Hanley et al. (2003) οι δείκτες SOI, NIÑO3-4 και NIÑO4 είναι σχεδόν εξίσου ευαίσθητοι στα επεισόδια Ελ Νίνιο και πιο ευαίσθητοι από ό,τι οι δείκτες NIÑO1+2 και NIÑO3. Ο δείκτης NIÑO1-2 έχει μεγάλη απόκριση στα επεισόδια La Niña.

Το Climate Prediction Center (CPC) του NOAA ανέπτυξε έναν άλλο δείκτη, το Oceanic Niño Index ή ONI, ο οποίος αποτελεί το κυριότερο μέτρο για την παρακολούθηση, την αξιολόγηση και την πρόβλεψη του ENSO. Το CPC έχει



προσδιορίζει τη μέση μηνιαία θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας στην περιοχή ΝΙΝΟ3.4 από το μέσο όρο των μετρήσεων που έχουν συλλεχτεί εκεί για 30 χρόνια (1971-2000). Η διαφορά που παρατηρείται από τη μέση θερμοκρασία στην περιοχή αυτή - είτε πιο ζεστό είτε πιο δροσερό - χρησιμοποιείται για να υποδείξει την τρέχουσα φάση του ENSO. Για να φιλτραριστεί η μεταβλητότητα/ διακύμανση από μήνα σε μήνα, η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας στην περιοχή ΝΙΝΟ3.4 υπολογίζεται για κάθε μήνα, και στη συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος όρος με τις τιμές από τον προηγούμενο και τον επόμενο μήνα. Αυτή η κυλιόμενη μέση τιμή των τριών μηνών συγκρίνεται με τη μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας για τους τρεις μήνες κατά τη διάρκεια 1971 - 2000. Η απόκλιση του μέσου όρου των τριών μηνών από το μέσο όρο των 30 χρόνων είναι το ONI (Kousky and Higgins, 2007).



**Εικόνα 12:** Oceanic Niño Index - ONI (°C): Εξέλιξη από το 1950. Η πιο πρόσφατη τιμή του ONI (Δεκέμβριος 2009 – Φεβρουάριος 2010) είναι +1.7°C.  
(Πηγή: [www.cpc.noaa.gov](http://www.cpc.noaa.gov))

Για παρακολούθηση και πρόβλεψη των συνθηκών ENSO σε πραγματικό χρόνο, ο NOAA θεωρεί ότι επικρατούν συνθήκες Ελ Νίνιο όταν το Oceanic Niño Index είναι τουλάχιστον 0.5. Με άλλα λόγια, οι συνθήκες Ελ Νίνιο υπάρχουν όταν ο μέσος όρος των τριών μηνών της SST στην περιοχή του ΝΙΝΟ3.4 είναι τουλάχιστον 0.5 °C πάνω από τον κλιματολογικό μέσο όρο του 1971- 2000. Αντίστοιχα, συνθήκες Λα Νίνα επικρατούν όταν ο ONI είναι μικρότερος από -0.5 (Kousky and Higgins, 2007). Κάθε φορά που ο ONI κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και -0.5, οι συνθήκες του ENSO είναι ουδέτερες (Εικόνα 12).

Τέλος, τα επεισόδια μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες και να χαρακτηριστούν με βάση την τιμή της απόκλισης της SST ως αδύναμα (με 0.5-0.9°C SST anomaly), μέτρια (1.0- 1.4 °C) και δυνατά ( $\geq 1.5^{\circ}\text{C}$ ) (Hanley et al., 2003).

## **7. Ο Δείκτης ENSO και η μεταβλητότητα του κλίματος στη Μεσόγειο**

Τα φαινόμενα Ελ Νίνιο και Λα Νίνα Νότια Κύμανση λαμβάνουν χώρα στον τροπικό Ειρηνικό ωκεανό και οι επιπτώσεις τους είναι πιο άμεσες και ορατές στο Νότιο ημισφαίριο. Ωστόσο ο ENSO επηρεάζει περιοχές του πλανήτη αρκετά μακριά από τις ακτές του Ειρηνικού (π.χ. Βόρεια Αφρική) και γενικά θεωρείται ως το σημαντικότερο φαινόμενο που συνδέεται με τη μεταβλητότητα του κλίματος σε όλο σχεδόν τον πλανήτη (Hurrell, 1996). Πολυάριθμες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με την επίδραση του ENSO πάνω στο κλίμα της Μεσογείου, δηλαδή κατά πόσο εξαπλώνονται μέχρι τη λεκάνη της Μεσογείου, οι διάφορες ατμοσφαιρικές αναταραχές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια του φαινομένου και αν ισχύει κάτι τέτοιο, αν αυτό συμβαίνει με κάποια χρονική υστέρηση. Τα αποτελέσματα ήταν αντικρουόμενα.

Οι Huang et al. (1998), οι Trenberth et al. (1998) και οι Pozo-Vázquez et al. (2001) υποστήριξαν στις μελέτες τους ότι μόνο κατά τη διάρκεια ενός έντονου επεισοδίου Ελ

Niño είναι πιθανό να βρεθεί επιρροή του ENSO στο Βόρειο Ατλαντικό και στην Ευρώπη. Επίσης, κατά τους Pozo-Vázquez et al. (2001) η διασπορά του φαινομένου σε μακρινά γεωγραφικά μήκη συμβαίνει με χρονική υστέρηση 3 μηνών. Κατά τους Fraedrich και Müller (1992), η περιοχή της Δυτικής και Νοτιοδυτικής Ευρώπης μέχρι τη Μαύρη θάλασσα είχε λιγότερες βροχές κατά τη διάρκεια των ψυχρών επεισοδίων, ενώ το ίδιο διαπίστωσαν για την ανατολική Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης και της Τουρκίας, κατά τη διάρκεια των θερμών επεισοδίων. Ο Rocha (1999) βρήκε ασθενή συσχέτιση μεταξύ του ENSO και της βροχόπτωσης στην Ιβηρική χερσόνησο κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Ο Kadioğlu et al. (1999) υποστηρίζουν ότι κατά τις χρονιές Ελ Νίνιο δημιουργούνται περιοχές χαμηλού βαρομετρικού στη νότια Τουρκία και υψηλού βαρομετρικού στη βορειοδυτική. Επίσης, λόγω του γεγονότος ότι οι κυκλώνες κινούνται προς τα βόρεια, το Ελ Νίνιο ίσως μπορεί να θεωρηθεί αιτία της μείωσης των βροχοπτώσεων στη Νοτιοδυτική Τουρκία (Kadioğlu et al., 1999). Για την ακρίβεια, βρέθηκε ότι το Ελ Νίνιο ευθύνεται για το 6% της μεταβλητότητας της βροχόπτωσης στη Νότια Τουρκία. Η μείωση της βροχόπτωσης του Δεκεμβρίου στη συγκεκριμένη περιοχή είναι αρκετά κρίσιμη και μπορεί να οδηγήσει σε ξηρασία εφόσον οι βροχοπτώσεις του Δεκεμβρίου συμβάλλουν σε ποσοστό 15-25% στο ετήσιο ύψος. Οι Price et al. (1998) διαπίστωσαν θετική συσχέτιση ανάμεσα στο Ελ Νίνιο και τη βροχόπτωση στο Ισραήλ για τα τελευταία 20 με 25 χρόνια, κάτι που παύει να ισχύει τα παλαιότερα έτη. Τα συμπεράσματά τους συμφωνούν με αυτά των Kadioğlu et al. (1999). Η αιτία που η συσχέτιση αυτή διαπιστώνεται μόνο τα τελευταία 25 χρόνια πιθανόν να είναι το γεγονός ότι η συχνότητα και η ένταση των επεισοδίων Ελ Νίνιο έχει αυξηθεί σε σχέση με τα επεισόδια Λα Νίνα από τα μέσα του 1970 (Trenberth και Hoar, 1997, Rajagopalan et al., 1997). Η αιτία αυτών των μεταβολών αποτελεί αντικείμενο μελέτης και διερεύνησης. Οι Quadrelli et al. (2001) και Diaz et al. (2001), που μελέτησαν την περίοδο 1948-2000, δε βρήκαν καμία σημαντική συσχέτιση μεταξύ της χειμερινής (Ιανουάριος-Φεβρουάριος-Μάρτιος) βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας της Μεσογείου και του δείκτη ENSO. Οι Rodó et al. (1997) και οι Ward et al. (1999) διαπίστωσαν χαμηλότερες του κανονικού ατμοσφαιρικές πιέσεις από τη Βόρεια Θάλασσα μέχρι τη Β. Αίγυπτο, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, της Ιταλίας, των Βαλκανίων και της Δυτικής Τουρκίας, κατά τη διάρκεια θερμών

επεισοδίων κατά τους μήνες Μάρτιο-Μάιο. Υψηλότερες ατμοσφαιρικές πιέσεις διαπιστώθηκαν από τους Moron και Ward (1998) στον κεντρικό Ατλαντικό, τη δυτική και νότια Μεσόγειο (Ισπανία, Πορτογαλία, Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία, Λιβύη). Επίσης οι Moron και Ward (1998) διαπίστωσαν μειωμένη εαρινή βροχόπτωση στη Ν. Ελλάδα (Κρήτη) και στη Ιταλία.

Διαπιστώνεται η ποικιλία των ευρημάτων στο θέμα αυτό καθώς και το γεγονός ότι ο κάθε ερευνητής έχει επικεντρώσει την έρευνά του σε διαφορετικές χρονικές περιόδους καθώς και σε διαφορετική περίοδο του έτους (Ιακωβίδου, 2010).

## 8. Βιβλιογραφία

### 8.1 Ξένα Βιβλιογραφία

Barnston, A., G., Chelliah, M., and Goldenberg, S., B., (1997). Documentation of a highly ENSO-related SST region in the equatorial Pacific. *Atmos.–Ocean*, 35, 367-383.

Bartholy, J., and Pongracz, R., (2006). Regional effects of ENSO in Central/Eastern Europe. *Advances in Geosciences*, 6, 133-137.

Bjerknes, J., P., (1969), Atmospheric teleconnections from the equatorial, Pacific, *Monthly Weather Review*, 97, 163–172.

Bouma, M., J., Sondorp, H., J., and Van der Kaay, H., J., (1994), Health and climate change. *Lancet*, 343, 302.

Bouma, M., J., Kovats, S., Goubet, S., A., Cox, J., and Haines, (1997a), A Global assessment of El Niño's disaster burden. *Lancet*, 350, 1435–1438.

Bouma, M.,J, Poveda, G., Rojas, W., Chavasse, D., Quinones, M., Cox, J., and Patz., J., (1997b), Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Niño Southern Oscillation. *Tropical Medicine and International Health*, 2, 1122–1127.

Bronnimann, S., (2007). Impact of El Niño – Southern Oscillation on European climate. *Rev. Geophys*, 45, RG3003, doi:10.1029/2006RG000199.

Chen, D., Cane, M., A., (2007). El Niño prediction and predictability. *Journal of Computational Physics*, 227, 3625-3640.

Clarke, A., J., (2008), *An Introduction to the Dynamics of El Niño and the Southern Oscillation*. Department of Oceanography Florida State University Tallahassee, FL, USA: Elsevier.

Colwell RR (1996) Global climate and infectious disease: the cholera paradigm. *Science*, 274, 2025–2031.

- Diaz, H., and McCabe, G.J., (1999), A possible connection between the 1878 yellow fever epidemic in the southern United States and the 1877–78 El Niño episode. *Bulletin of the American Meteorological Association*, 80, 21–27.
- Diaz, H., F., Hoerling, M., P., and Eischeid, J., K., (2001), ENSO variability, Teleconnections and climate change, *Int. J. Climatology*, 21, 1845-1862.
- Dijkstra, H., A., (2006). The ENSO phenomenon: theory and mechanisms. *Advances in Geosciences*, 6, 3-15.
- Duan, W., Xue, F., Mu, M. (2009). Investigating a nonlinear characteristic of El Nino events by conditional nonlinear optimal perturbation. *Atmospheric Research*, 94, 10-18.
- Fraedrich, K., and Müller, K., (1992), Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes, *Int. J. Climatology*, 12, 25-31.
- Foo, L.,C., Lim, T.,W., and Fang R., (1985), Rainfall, abundance of *Aedes aegypti* and dengue infection in Selangor, Malaysia. *South East Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 16, 560–568.
- Glantz, M.,H., (1996a), *Currents of Change: El Niño's Impact on Climate and Society*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hales, S., Weinstein, P., and Woodward, A., (1996), Dengue fever epidemics in the South Pacific: driven by El Niño Southern Oscillation?, *Lancet*, 348, 1664–1665.
- Halpert, S., M., Ropelewski, F., Ch., (1992), *Surface Temperature Patterns Associated with the Southern Oscillation*, Climate Analysis Centre, NMC/ NWS/ NOAA, Washington, D.C.
- Hanley, D., Bourassa, M.,A., O'Brien, J., J., Smith, S., R., and Spade, E., R., (2003). A Quantitative Evaluation of ENSO Indices. *Journal of Climate*, 16, 1248-1258.
- Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., Gutierrez, J., and Mohren, G., (2001). El Nino effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(2), 89-94.

Huang, J., Higuchi, K., and Shabbar, A., (1998), The relationship between the North Atlantic Oscillation and the El-Niño Southern Oscillation, *Geophys. Res. Lett.*, 25(14), 2707-2710, 1998

Hurrell, J., W., (1996), Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperatures, *Geophysical Research Letters*, 23(6), 665-668,

Kadioğlu, M., Y., Tulunay, Borhan, Y., Variability of Turkish precipitation compared to El Niño events, *Geophys. Res. Lett.*, 26(11), 1597-1600, 1999

Kousky, V., E., and Higgins, R., W., (2007). An Alert Classification System for Monitoring and Assessing the ENSO Cycle. *Weather and Forecasting*, 22(2), 353-371.

Kovats, R., S., Bouma, J., M., Haines, A., El Niño and Health, World Health Organization, Sustainable Development and Healthy Environments, Protection of the Human Environment, Task Force on Climate and Health, Geneva, 1999.

Leth, U., Locher, M., Popovits, C., (2003), El Nino: A phenomenon with global ecological effects, *Okologieseminar ,WS 03 / 04*, 224.323, Ecology.

Moron, V., and Ward, M., N., (1998), ENSO teleconnections with climate variability in the European and African sectors, *Weather*, 53, 287-295.

Nicholls, N. (1987), ENSO and rainfall variability, *Journal of Climate*, 1: 418-421.

Pozo-Vázquez, D., Esteban-Parra, M., J., Rodrigo, F., S., and Castro-Diez, Y., (2001), The association between ENSO and winter atmospheric circulation and temperature in the North Atlantic Region, *J. Climate*, 14(16), 3408-3420.

Price, C., Stone, L., Huppert, A., Rajagopalan, B., and Alpert P., (1998), A possible link between El Nino and precipitation in Israel, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 3963–3966.

Quadrelli, R., Pavan, V., and Molteni, F., (2001), Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies, *Clim. Dyn.*, 17(5-6), 457-466.

Quinn, W., H, Neal V., T., Antenez de Mayolo S., E., (1987) El Niño occurrences of the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research*, 92, 449–461.

Rajagopalan, B., Lall, U., and Cane. M., A., (1997), Anomalous ENSO occurrences, an alternative view, *J. Climate*, 10(9), 2351-2357.

Ramirez, P., (2002). ENSO Preparedness in Central America, Preparing for El Niño: Advancing Regional Plans and Interregional Communication, Workshop Proceedings, The International research Institute for Climate prediction, Columbia University, Palisades, New York, USA, April 29 - May 2, 2002.

Rigau-Pérez ,J.,G., Clark, G., G., Gubler, D., J., (1998), Dengue and dengue haemorrhagic fever. *Lancet*, 352, 971–977.

Rocha, A., (1999), Low frequency variability of seasonal rainfall over the Iberian Peninsula and ENSO, *Int. J. Climatology*, 19, 889-901.

Rodó, X., Baert, E., and Comin, F., A., (1997), Variations in seasonal rainfall in southern Europe during the present century: Relationship with the North Atlantic Oscillation and the El Niño– Southern Oscillation, *Clim. Dyn.*, 13, 275–284.

Sarachik, E., S., and Cane, M., A., (2010). *The El Niño Southern Oscillation Phenomenon*. New York: United States of America by Cambridge University Press.

Trenberth, K., E., (2003). El Niño Southern Oscillation (ENSO). *Encyclopedia of Ocean Sciences*, , 815-827.

Trenberth, K., E., and Hoar, T., J., El Niño and climate change, *Geophys. Res. Lett.*, 24(23), 3057-3060, 1997.

Turner, J., (2004). The EL Niño- Southern Oscillation and Antarctica. *International Journal of Climatology*, 24, 1-31.

Walker, G.,T., (1936), *Seasonal Weather and its Prediction*. Smithsonian Institute Annual Report, 1935, pp. 117– 138.

Wang, H., Zhang, R., Cole, J., and Chavez, F., (1999). El Niño and the related phenomenon Southern Oscillation (ENSO): The largest signal in interannual climate variation. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 96, 11071-11072.



Wang, C., Fiedler, P., C., (2007). ENSO variability and the eastern tropical Pacific: A review, *Progress in Oceanography*, 69, 239-266.

Ward, M., N., Lamb, P., J., Portis, D., H., Hamly, M., El., and Sebbari, R., Climate variability in North Africa, In: Navarra, A. (Ed.), *Beyond El Niño: Decadal variability in the climate system*, Springer-Verlag, 119-140, 1999.

Webster, P.,J., and Palmer, T.,N., (1997). The past and future of El Niño. *Nature*, 390, 562–564.

WHO, World Health Organization, (1998a), El Niño and its health impacts. *Weekly Epidemiological Record*, 73, 148–152.

WHO, World Health Organization, (1998c) Cholera in 1997. *Weekly Epidemiological Record*, 73, 201–208.

## **8.2 Ελληνική Βιβλιογραφία**

Ιακωβίδου, Εμ., (2010), Αναζήτηση συσχέτισης μεταξύ κλιματικών δεικτών μακράς κλίμακας και μετεωρολογικής ξηρασίας στην Ελλάδα, Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

## 9. Ιστοσελίδες

IRI (2007), The International Research Institute for Climate and Society, <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/globalimpact/overview/overview.html>

NASA, National Aeronautics and Space Administration, [NASA Goddard Space Flight Center](#)

NASA, <http://topex-www.jpl.nasa.gov/education/classactivities/onlinetutorial/tutorial3/financialimpacts/>

NASA, <http://topex-www.jpl.nasa.gov/science/elninopdo/>

NOAA, National Weather Service, Climate Prediction Center, [www.cpc.noaa.gov](http://www.cpc.noaa.gov)

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, <http://www.pmel.noaa.gov>

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, El Nino Theme Page, TAO, [http://www.pmel.noaa.gov/tao/el\\_nino/el\\_nino\\_story.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/el_nino_story.html)

University of Illinois, Atmospheric Consequences of El Nino, [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/%28Gh%29/guides/mtr/el\\_n/atms.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/%28Gh%29/guides/mtr/el_n/atms.rxml)

Wikimedia Commons, <http://commons.wikimedia.org>

Wikimedia Commons, <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Enso-index-map.png>

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)