

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης**



**ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗ**  
**ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΤΟΥΡΙΣΜΟΥ**

Διπλωματική Εργασία Μ.Δ.Ε  
**ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Ευπραξία Γαϊτάνη**

Επιβλέπων: Επ. Καθηγητής **Εμμανουήλ Μαθιουδάκης**

XANIA, 2017

Η διατριβή αυτή εξετάστηκε με επιτυχία στις 3-7-2017 από την Εξεταστική Επιτροπή αποτελούμενη από τα μέλη

- Επ. καθηγητή Εμμανουήλ Μαθιουδάκη ( Επμβλέπων)
- Αν. καθηγητή Ανάργυρο Δελή (Συνεπιβλέπων)
- Δρ. Νικόλαο Καμπάνη

όπως αυτή ορίστηκε από την 2η/4-10-2016 Γ.Σ.Ε.Σ της Σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

## Περίληψη

Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ του παράκτιου τουρισμού και των κλιματικών συνθηκών. Επιπρόσθετα θα αναζητηθεί ο βαθμός επιρροής των κλιματικών συνθηκών στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για επιθυμητό χρόνο και σε περιοχή των διακοπών αναψυχής. Επίσης θα γίνει συλλογή πληροφοριών σχετικές με τις αναμενόμενες κλιματικές συνθήκες έως το 2050 για τη περιοχή της Κρήτης μέσω του υπολογισμού των τουριστικών δεικτών TCI και HCI και δεδομένων από περιοχικά κλιματικά μοντέλα. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκαν κλιματικά δεδομένα του περιφερειακού κλιματικού μοντέλου KNMI-RACMO2 για τη χρονική περίοδο 01/01/2011 έως 31/12/2050, όπως αυτά που εφαρμόστηκαν στο Ensemble Project. Το χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ αυτό ερευνητικό πρόγραμμα έχει στόχο την ανάπτυξη ενός συστήματος πρόβλεψης του συνόλου για την αλλαγή του κλίματος, βασισμένο στα βασικά μοντέλα παγκόσμιας και περιφερειακής γης υψηλής ανάλυσης. Το έργο αποσκοπεί στην ποσοτικοποίηση και τη μείωση της αβεβαιότητας στην εκπροσώπηση φυσικών, χημικών, βιολογικών και ανθρώπινων ανατροφοδοτήσεων στο σύστημα της Γης. Ειδικότερα η εκτίμηση του μελλοντικού κλίματος έγινε σύμφωνα με το σενάριο A1B (IPCC) του κλιματικού μοντέλου KNMI-RACMO2 για την εκτίμηση των απαραίτητων παραμέτρων που απαιτούν οι τουριστικοί δείκτες TCI και HCI. Η διακριτική ικανότητα που επιλέχθηκε για το RACMO2 είναι μεγέθους 0.25 μοιρών (25 χιλιομέτρων περίπου). Το μοντέλο RACMO 2 βασίζεται στο παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο ECHAM5-r3 (GCM), χρησιμοποιεί κατά την κατακόρυφη διεύθυνση 40 κατακόρυφα επίπεδα και εκτείνεται σε οριζόντιο πλέγμα 95 επί 85 μοιρών. Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν από το KNMI-RACMO2 είναι η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία, οι κατακρημνίσεις, η ηλιοφάνεια, η νεφοκάλυψη και ο άνεμος. Για την μελέτη των συγκεκριμένων τουριστικών περιοχών έγινε με την μέθοδο της γεωμετρικής παρεμβολής. Η μελέτη αυτή εξέτασε τις επιπτώσεις των δεικτών Tourism Climate Index (TCI) και Holiday Climate Index (HCI), οι οποίοι συνδυάζουν τις κλιματικές μεταβλητές, όπως θερμοκρασία, υγρασία κλπ., σε ενιαίους δείκτες, σχεδιασμένους για να αποτιμούν την καταλληλότητα των κλιματικών συνθηκών, ώστε να υποστηρίζονται υπαίθριες τουριστικές δραστηριότητες σε μία περιοχή. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η κλιματική αλλαγή θα οξύνει τα διαχρονικά προβλήματα του ελληνικού τουρισμού, με έμφαση στη περιοχή μελέτης που είναι το νησί της Κρήτης.

# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>2</b>
1.1	Μοντελοποίηση της Κλιματικής αλλαγής . . . . .	2
1.1.1	Οι κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο Τουρισμό . . . . .	3
1.2	Τουριστική Κλιματολογία . . . . .	4
1.3	Το Ensembles Project . . . . .	6
1.4	Περιγραφή του κλιματικού μοντέλου . . . . .	6
1.5	Περιγραφή εξισώσεων μοντέλου . . . . .	7
1.6	Αριθμητικές μέθοδοι επίλυσης . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Αριθμητικοί Δείκτες Αξιολόγησης</b>	<b>10</b>
2.1	TCI . . . . .	10
2.2	HCI . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Περιοχή Μελέτης</b>	<b>19</b>
3.1	Εφαρμογή στο νησί της Κρήτης . . . . .	19
3.2	Δημοφιλέστεροι Προορισμοί της Κρήτης . . . . .	20
3.2.1	Ηράκλειο . . . . .	20
3.2.2	Χανιά . . . . .	20
3.2.3	Ρέθυμνο . . . . .	20
3.2.4	Άγιος Νικόλαος . . . . .	21
3.2.5	Σητεία . . . . .	21
3.3	Η μέθοδος της παρεμβολής δεδομένων . . . . .	21
3.4	Τα δεδομένα του μοντέλου . . . . .	22
3.5	Αποτελέσματα στην περιοχή της Κρήτης ανα δεκαετία. . . . .	24
<b>4</b>	<b>Συμπεράσματα</b>	<b>56</b>

# Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Οι ακτίνες που δέχεται η γη από τον ήλιο. . . . .	2
2.1	Το διάγραμμα μετατροπής της θερμοκρασίας σε σχετική θερμοκρασία (ASHARE 1972). . . . .	11
3.1	Το νησί της Κρήτης . . . . .	20
3.2	Οι δημοφιλέστεροι προορισμοί της Κρήτης. . . . .	21
3.3	Η διακριτοποίηση στην περιοχή της Κρήτης ανά 25 km. . . . .	22
3.4	Η προσέγγιση της γεωγραφικής θέσης της πόλης των Χανίων ανάμεσα στους 4 κόμβους πλέγματος. . . . .	23
3.5	Η περιοχή της Κρήτης με τη κλίμακα 50 – 100. . . . .	25
3.6	TCI Ιανουάριος - 2016 HCI . . . . .	26
3.7	Φεβρουάριος - 2016 . . . . .	26
3.8	Μάρτιος - 2016 . . . . .	26
3.9	Απρίλιος - 2016 . . . . .	26
3.10	Μάιος - 2016 . . . . .	27
3.11	Ιούνιος - 2016 . . . . .	27
3.12	Ιούλιος - 2016 . . . . .	27
3.13	Αύγουστος - 2016 . . . . .	27
3.14	Σεπτέμβριος - 2016 . . . . .	28
3.15	Οκτώβριος - 2016 . . . . .	28
3.16	Νοέμβριος - 2016 . . . . .	28
3.17	Δεκέμβριος - 2016 . . . . .	28
3.18	TCI Ιανουάριος - 2026 HCI . . . . .	29
3.19	Φεβρουάριος - 2026 . . . . .	29
3.20	Μάρτιος - 2026 . . . . .	29
3.21	Απρίλιος - 2026 . . . . .	29
3.22	Μάιος - 2026 . . . . .	30
3.23	Ιούνιος - 2026 . . . . .	30
3.24	Ιούλιος - 2026 . . . . .	30
3.25	Αύγουστος - 2026 . . . . .	30
3.26	Σεπτέμβριος - 2026 . . . . .	31
3.27	Οκτώβριος - 2026 . . . . .	31
3.28	Νοέμβριος - 2026 . . . . .	31
3.29	Δεκέμβριος - 2026 . . . . .	31
3.30	TCI Ιανουάριος - 2036 HCI . . . . .	32
3.31	Φεβρουάριος - 2036 . . . . .	32
3.32	Μάρτιος - 2036 . . . . .	32
3.33	Απρίλιος - 2036 . . . . .	32
3.34	Μάιος - 2036 . . . . .	33

3.35	Ιούνιος - 2036 . . . . .	33
3.36	Ιούλιος - 2036 . . . . .	33
3.37	Αύγουστος - 2036 . . . . .	33
3.38	Σεπτέμβριος - 2036 . . . . .	34
3.39	Οκτώβριος - 2036 . . . . .	34
3.40	Νοέμβριος - 2036 . . . . .	34
3.41	Δεκέμβριος - 2036 . . . . .	34
3.42	TCI                      Ιανουάριος - 2046                      HCI . . . . .	35
3.43	Φεβρουάριος - 2046 . . . . .	35
3.44	Μάρτιος - 2046 . . . . .	35
3.45	Απρίλιος - 2046 . . . . .	35
3.46	Μάιος - 2046 . . . . .	36
3.47	Ιούνιος - 2046 . . . . .	36
3.48	Ιούλιος - 2046 . . . . .	36
3.49	Αύγουστος - 2046 . . . . .	36
3.50	Σεπτέμβριος - 2046 . . . . .	37
3.51	Οκτώβριος - 2046 . . . . .	37
3.52	Νοέμβριος - 2046 . . . . .	37
3.53	Δεκέμβριος - 2046 . . . . .	37
3.54	. . . . .	40
3.55	. . . . .	42
3.56	. . . . .	44
3.57	. . . . .	46
3.58	. . . . .	47
3.59	. . . . .	48

# Κατάλογος Πινάκων

2.1	Η βαθμονόμηση των δεικτών TCI. . . . .	11
2.2	Η βαθμονόμηση της ηλιακής ακτινοβολίας για το δείκτη TCI. . . . .	13
2.3	Η βαθμονόμηση της βροχόπτωσης για το δείκτη TCI. . . . .	13
2.4	Η βαθμονόμηση της ταχύτητας του ανέμου για το δείκτη TCI. . . . .	14
2.5	Η βαθμονόμηση της κλίμακας Μποφόρ για το δείκτη TCI. . . . .	14
2.6	Η βαθμονόμηση των δεικτών HCI . . . . .	16
2.7	Η βαθμονόμηση της νεφοκάλυψης για το δείκτη HCI . . . . .	16
2.8	Η Βαθμονόμηση της βροχόπτωσης για το δείκτη HCI . . . . .	17
2.9	Η βαθμονόμηση του ανέμου για το δείκτη HCI . . . . .	17
2.10	Η βαθμονόμηση της θερμοκρασίας για το δείκτη HCI . . . . .	18
3.1	Το αρχείο δεδομένων*.hurs.nc.gz . . . . .	24
3.2	Οι χαρακτηριστικές μεταβλητές των υπόλοιπων αρχείων. . . . .	24





## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της Επιτροπής Επίβλεψης και Εξέτασης της διατριβής αυτής, τον Επ. Καθηγητή Εμμανουήλ Μαθιουδάκη, Αν. Καθηγητή Ανάργυρο Δελή και το Διευθυντή Ερευνών Ι.Τ.Ε Δρ.Νικόλαο Καμπάνη για την επιστημονική καθοδήγηση που μου παρείχαν σε όλα τα στάδια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Επίσης, ευχαριστώ από το Εργαστήριο Παράχτιας Έρευνας του ΙΤΕ τους Δρ.Γεώργιο Αλεξανδράκη και Δρ.Γεώργιο Κοζυράκη για την πολύτιμη βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της ερευνητικής διαδικασίας.

Τέλος ευχαριστώ τα μέλη της οικογένειάς μου και ιδιαίτερα τον Γιάννη και την Μαρία για την υποστήριξη τους που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

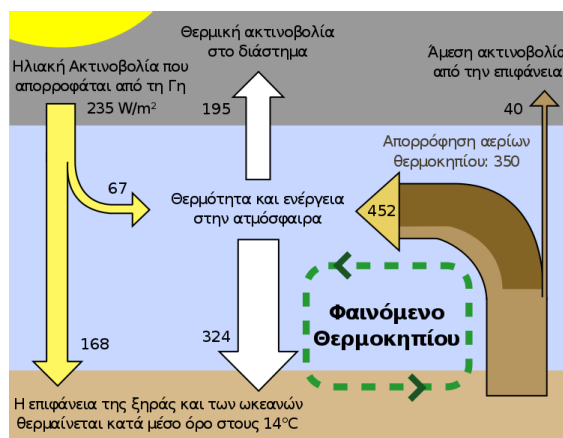
# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Μοντελοποίηση της Κλιματικής αλλαγής

Οι κλιματικές συνθήκες στη γη καθορίζονται από τη συνεχή ροή ενέργειας από τον ήλιο. Η θερμική ενέργεια του ήλιου, διαπερνά την ατμόσφαιρα της γης και θερμαίνει την επιφάνεια της. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία της επιφάνειας, η γη στέλνει, υπό τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας, θερμική ενέργεια πίσω στην ατμόσφαιρα. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας απορροφάται από αέρια Σχ. 1.1, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υδροξείδιο του αζώτου και υδρατμούς, παγιδεύοντας έτσι την ενέργεια και διατηρώντας τη μέση θερμοκρασία της γης στους  $15^{\circ}\text{C}$  περίπου. Τα συγκεκριμένα επίπεδα θερμοκρασίας είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ζωής για ανθρώπους, φυτά και ζώα. Χωρίς αυτά τα αέρια, η θερμοκρασία της γης θα έφτανε στους  $-18^{\circ}\text{C}$ , παγώνοντας τις περισσότερες μορφές ζωής, μετατρέποντας τη Γη σε ένα μη φιλικό πλανήτη για τη διατήρηση της σημερινής ζωής.

Ο πλούτος της Ελλάδας συνδέεται αναπόσπαστα με τις ιδανικές κλιματικές της συνθήκες. Το ζεστό ξηρό καλοκαιρινό κλίμα σε συνδυασμό με τα χιλιάδες χιλιόμετρα ακτογραμμών μαγνητίζουν τουρίστες από όλο τον κόσμο. Τα ζεστά καλοκαίρια, σε συνδυασμό με τους ήπιους υγρούς χειμώνες, ευνοούν την ανάπτυξη της γεωργίας που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της τοπικής οικονομίας. Κάτω από τις ίδιες κλιματικές συνθήκες, χιλιάδες δασικές εκτάσεις καλύπτουν την χώρα και φιλοξενούν μια μεγάλη βιοποικιλότητα. Εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού και της άναρχης ανάπτυξης αυτός ο φυσικός πλούτος βρίσκεται κάτω από μεγάλη πίεση. Μελέτη του ΟΗΕ παρουσιάζει ότι η Ελλάδα, όπως και ολόκληρη η Μεσόγειος συγκαταλέγεται ανάμεσα στα 18 «καυτά»



Σχήμα 1.1: Οι ακτίνες που δέχεται η γη από τον ήλιο.

σημεία του πλανήτη, τα οποία θα αντιμετωπίσουν τα μεγαλύτερα προβλήματα εξαιτίας της εντεινόμενης αλλαγής του κλίματος.

### **1.1.1 Οι κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο Τουρισμό**

Η σχέση του τουρισμού με το περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή είναι άμεση, καθώς το περιβάλλον αποτελεί το σημαντικότερο στοιχείο του ενεργητικού κάθε τουριστικής επιχείρησης. Οπότε η κλιματική αλλαγή μπορεί να μειώσει τη δημοτικότητα μιας τουριστικής περιοχής και να δημιουργήσει οικονομικά προβλήματα για τις τουριστικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον εκάστοτε τόπο. Στην περίπτωση μάλιστα, όπου τα καιρικά φαινόμενα φτάνουν σε ακραίες καταστάσεις αρκετές τουριστικές επιχειρήσεις υποχρεώνονται να παύσουν οριστικά την λειτουργία τους, καθώς, το κλίμα που επικρατεί σε έναν προορισμό αποτελεί σημαντικό παράγοντα έλξης τουριστών. Οι άμεσες επιπτώσεις στην τουριστική βιομηχανία από την αλλαγή κλίματος μπορεί να είναι είτε θετικές, όπως η επιμήκυνση της τουριστικής περιόδου λόγω αυξημένων θερμοκρασιών, είτε αρνητικές όπως η ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης πόσιμου νερού.

Η Μεσόγειος αποτελεί την πρώτη προτίμηση του ενός τρίτου των τουριστών παγκόσμια. Ο τουρισμός στην Ελλάδα, είναι μια χαρακτηριστική εποχιακή οικονομική δραστηριότητα με περίοδο αιχμής από το Μάιο έως το Σεπτέμβριο. Ετησίως, περίπου 120 εκατομμύρια τουρίστες επισκέπτονται τις μεσογειακές ακτές για λόγους αναψυχής καθώς και για να επισκεφτούν χώρους της Πολιτισμικής μας κληρονομιάς.

Λόγω της κλιματικής αλλαγής η Μεσόγειος αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα διαταραχής του κλίματος, όπως είναι η αύξηση της θερμοκρασίας, η συχνότητα και η ένταση της ξηρασίας τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες και η μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Ο τομέας του τουρισμού, εξαρτάται ως ένα μεγάλο βαθμό, από φυσικούς τουριστικούς πόρους που επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή.

#### **Αλλαγές σε φυσικούς πόρους:**

- μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων
- μείωση ενέργειας.

#### **Αλλαγές σε τουριστικούς πόρους:**

- δασικές πυρκαγιές
- αλλαγές στο τοπίο
- διάβρωση ακτών.

Ειδικότερα, η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση των βροχοπτώσεων σε μια περιοχή έχει ως αποτέλεσμα την ξηρασία και την έντονη μορφολογική αλλαγή του τοπίου. Ενώ στην αντίθετη ακραία περίπτωση, οι συνεχείς και έντονες καταρρακτώδεις βροχοπτώσεις μπορούν τελικά να προκαλέσουν διάβρωση στις ακτές. Με την υπερθέρμανση του πλανήτη τις τελευταίες δεκαετίες, τα καιρικά φαινόμενα τείνουν να ενταθούν. Πιο συγκεκριμένα, θα αυξηθούν οι κατακρημνίσεις στις περιοχές που ήδη δέχονται πολλές βροχοπτώσεις, ενώ θα μειωθούν στις ζώνες που είναι σήμερα σχετικά ξηρές. Επιπλέον, αρκετά σημαντικές είναι οι επιπτώσεις στην ανταγωνιστικότητα των τουριστικών περιοχών. Η αλλαγή στο τοπίο, δημιουργεί το φαινόμενο της μεταφοράς του τουριστικού πληθυσμού σε νέους προορισμούς με συνέπεια τη μείωση του τουρισμού των τουριστών τα ελληνικά νησιά, επειδή επηρεάζονται σημαντικά από την κλιματική αλλαγή με την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες.

Για την καταπολέμηση του συγκεκριμένου φαινομένου, το 1988 ιδρύθηκε υπό την αιγίδα του Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών. η «Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος» (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος.

Σκοπός της επιτροπής αυτής, είναι η αξιολόγηση της επιστημονικής γνωστικής βάσης και των ερευνών που διεξάγονται για τη μελέτη των κλιματικών αλλαγών. Ταυτόχρονα, η επιτροπή αξιολογεί τις συνέπειες των κλιματικών μεταβολών, που προέρχονται από ανθρώπινη δραστηριότητα, μελετώντας πιθανές πολιτικές και δράσεις, για την αντιμετώπιση των ενδεχόμενων κινδύνων. Αυτό επιτυγχάνεται συντονίζοντας επιστήμονες από ολόκληρο τον κόσμο στη δημιουργία ερευνητικών ομάδων με σκοπό τη μελέτη συγκεκριμένων προβλημάτων. Τα ερευνητικά αποτελέσματα δημοσιεύονται σε εκθέσεις, σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές που παρατηρούνται και τις πιθανές επιπτώσεις τους.

Οι εκθέσεις της IPCC αποτελούν σημείο αναφοράς για τα ζητήματα που άπτονται της παγκόσμιας θέρμανσης και βασίζονται σε επιστημονικές δημοσιεύσεις ειδικών ερευνητών.

Στοιχεία από την τελευταία έκθεση της IPCC (2014) δείχνουν ότι:

- Παρατηρείται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας σε περιοχές με υψηλά υψόμετρα.
- Από το 1980, οι χειμώνες είναι πιο θερμοί κυρίως στις υπάρχουσες δημοφιλείς τουριστικές περιοχές. Για παράδειγμα στη Σκανδιναβία, συμβαίνει αυτό ενώ τα καλοκαίρια είναι πιο καυτά σε άλλες περιοχές όπως στην Ιβηρική χερσόνησο (EEA, 2012).
- Η μέση θερμοκρασία της δεκαετίας 2002-2011 είναι κατά  $1.3^{\circ}\text{C}$  υψηλότερη των ετών 1850-1899 (HadCRUT3 Brohan et al., 2006).
- Από το 1950, τα ακραία φαινόμενα υψηλών θερμοκρασιών (καύσωνες, τροπικές νύχτες) έχουν γίνει πιο συχνά, ενώ τα επεισόδια χαμηλών θερμοκρασιών (χύματα ψύχους, παγετοί) πιο σπάνια.
- Από μία παγκόσμια ανάλυση προσομοίωσης ροών υδάτων (1948-2004) περίπου το 1/3 των μεγαλύτερων ποταμών της γης είχε μια συγκεκριμένη αυξητική τάση. Τα 45 είχαν μείωση ροής και μόνο τα 19 από αυτά αύξηση (Dai et al., 2009).
- Οι ροές των ποταμών έχουν μειωθεί στη νότια και ανατολική Ευρώπη, ενώ έχουν αυξηθεί στη βόρεια Ευρώπη (Stahl et al., 2010; Wilson et al., 2010).
- Οι περισσότερες τοπικές αλλαγές στη βροχόπτωση αιτιολογούνται είτε στην τοπική μεταβλητότητα της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας, είτε στην παγκόσμια θέρμανση (Lambert et al., 2004; Stott et al., 2010).
- Εκτιμήθηκε ότι τον 20<sup>ο</sup> αιώνα ο ανθρωπογενής παράγοντας επηρέασε σημαντικά στις αλλαγές στην παγκόσμια και τοπική βροχόπτωση (Zhang et al., 2007).
- Από το 1960 έχει παρατηρηθεί αύξηση στις ξηρές ημέρες και επιμήκυνση περιόδων ξηρασίας (Fischer et al., 2011).

## 1.2 Τουριστική Κλιματολογία

Από σχετικά πρόσφατη έκθεση της Τράπεζας της Ελλάδος προκύπτει ότι ο Τουρισμός επηρεάζεται, από πολλούς παράγοντες, με το καιρό και το κλίμα να είναι δύο από τους βασικότερους.

Η γνώση των κλιματικών παραμέτρων και η καταλληλότητά τους για τον τουρισμό και την αναψυχή

είναι βασικές πληροφορίες σχετικά με τις τουριστικές και ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Επιπλέον, η αναμενόμενη αύξηση της συχνότητας στα ακραία καιρικά φαινόμενα π.χ. στα κύματα καύσωνα δείχνει την ανάγκη προετοιμασίας για να προστατευθούν από αυτά οι τουρίστες, καθώς και οι μόνιμοι κάτοικοι (Amelung et al. 2007, IPCC 2007). Η ποσοτικοποίηση της επίδρασης του κλίματος στον τουρισμό πραγματοποιείται συνήθως με τη χρήση δεικτών. Έτσι θα ασχοληθούμε με τον δείκτη TCI (Tourism Climate Index) και τον HCI (Holiday Climate Index), τους οποίους περιγράφουμε αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.

Από τις εργασίες (de Freitas 2003, Matzarakis 2007) προκύπτουν οι σχετικές παράμετροι, οι οποίες ερμηνεύουν τις συνιστώσες του κλίματος στον τουρισμό και την αναψυχή (φυσική, θερμική και αισθητική). Οι συνιστώσες αυτές παρουσιάζονται επιγραμματικά στα παρακάτω διαγράμματα.

#### Αισθητική:

- Ηλιοφάνεια
  - Ορατότητα
  - Ομίχλη
- } → Ελκυστικότητα - Διασκέδαση

#### Φυσική:

- Άνεμος
  - Βροχή
  - Χιόνι
  - Πάγος
  - Ακραίος καιρός
  - Ατμοσφαιρική ρύπανση
  - UV ακτινοβολία
  - Οσμές
  - Ηχορρύπανση
- } → Ενόχληση - Κίνδυνος - Δραστηριότητα

#### Θερμική:

- Επίδραση
  - Θερμοκρασία του αέρα
  - Υγρασία
  - Άνεμος
  - Ηλιακή και γήινη ακτινοβολία
  - Μεταβολισμός
  - Δραστηριότητα
  - Ενδυμασία
- } → Θερμική άνεση - Επιβάρυνση

Σε αυτό το σημείο αξίζει να τονίσουμε ότι για την ανάπτυξη και την μελέτη του δικού μας μοντέλου έχουμε χρησιμοποιήσει ορισμένες μόνο από τις παραπάνω παραμέτρους, όπως για παράδειγμα την θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία, τον άνεμο, την ηλιοφάνεια και την βροχή.

### 1.3 To Ensembles Project

Το Ensemble project ήταν ένα ολοκληρωμένο ερευνητικό έργο χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ για την ανάπτυξη ενός συστήματος πρόβλεψης της αλλαγής του κλίματος, βασισμένο στα κυριότερα Ευρωπαϊκά μοντέλα παγκόσμιου και περιφερειακού εδάφους υψηλής ανάλυσης. Ειδικότερα δημιουργήθηκαν σύνολα δεδομένων για την Ευρώπη, ώστε να παράγουν για πρώτη φορά μια αντικειμενική πιθανολογική εκτίμηση της αβεβαιότητας στο μελλοντικό κλίμα από την εποχιακή έως και τη μεγαλύτερη χρονική περίοδο μελέτης.

Το έργο αποσκοπούσε στην ποσοτικοποίηση και τη μείωση της αβεβαιότητας στην εκπροσώπηση φυσικών, χημικών, βιολογικών και ανθρώπινων ανατροφοδοτήσεων στο σύστημα της Γης (συμπεριλαμβανομένων των προβλημάτων των υδάτινων πόρων, της χρήσης γης και της ποιότητας του αέρα καθώς και των ανατροφοδοτήσεων του κύκλου του άνθρακα).

Μέσω του ENSEMBLES μεγιστοποιήθηκε η εκμετάλλευση των δεδομένων συνδέοντας τα αποτελέσματα του συστήματος πρόβλεψης του συνόλου με μια σειρά εφαρμογών, όπως η γεωργία, η υγεία, η ενέργεια, οι υδάτινοι πόροι, η ασφάλεια και η διαχείριση του κινδύνου από καιρικά φαινόμενα.

Περισσότεροι από 70 εταίροι από ιδρύματα σε ολόκληρη την Ευρώπη συνέβαλαν στο έργο αυτό.

Μέσα από αυτό το έργο επιλέξαμε το κατάλληλοτερο κλιματικό μοντέλο για την εκτίμηση των απαραίτητων παραμέτρων που απαιτούν τα τουριστικά μοντέλα TCI και HCI.

### 1.4 Περιγραφή του κλιματικού μοντέλου

Το κλιματικό μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε είναι ερευνητικό αποτέλεσμα από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα ENSEMBLES. Η εκτίμηση του μελλοντικού κλίματος έγινε υπό το σενάριο A1B (IPCC) και όλα περιέχουν δεδομένα μέχρι 31-12-2100.

Το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε στην μελέτη για τη χρονική περίοδο 1/01/2011 έως 31/12/2050 είναι τα δεδομένα του περιφερειακού κλιματικού μοντέλου KNMI-RACMO2. Με διακριτική ικανότητα 0.25 μοιρών ή 25 χιλιομέτρων περίπου, το οποίο αναπτύχθηκε στο Μετεωρολογικό Ινστιτούτο της Ολλανδίας (KNMI). Το περιφερειακό κλιματικό μοντέλο RACMO2 (Meijgaard et al. 2008) βασίζεται στο παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο ECHAM5-r3 (GCM), χρησιμοποιεί κατά την κατακόρυφη διεύθυνση 40 κατακόρυφα επίπεδα και εκτείνεται σε οριζόντιο πλέγμα 95 × 85 μοιρών (γεωγραφικού πλάτους-γεωγραφικού μήκους). Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους δείκτες, αφορούν σε χρονοσειρές ημερήσιων τιμών :

1. της θερμοκρασίας,
2. της υγρασίας,
3. των κατακρημνίσεων,
4. της ηλιοφάνειας,
5. της νεφοκάλυψης,
6. και του αέρα.

Παράλληλα πραγματοποιήθηκε ένας βασικός έλεγχος αξιοπιστίας των δεδομένων του μοντέλου, όπου υπήρχαν διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα σταθμών. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα μοντέλα πρόβλεψης κλίματος εμπεριέχουν κάποιο ποσοστό αβεβαιότητας, που πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη στις εκτιμήσεις των κλιματικών παραμέτρων. Ειδικά για τον χώρο της Ελλάδας, η γεωγραφία και η επίδραση της θάλασσας επηρεάζουν σημαντικά το κλίμα και δεν παραμετροποιούνται με ακρίβεια από τα κλιματικά μοντέλα.

## 1.5 Περιγραφή εξισώσεων μοντέλου

Οι εξισώσεις μοντελοποίησης του φυσικού φαινομένου αποτυπώνονται στη συνέχεια για μια γενική πίεση εδάφους που βασίζεται στη κάθετη συντεταγμένη  $\eta(p, p_g)$  όπου:

$$\eta(0, p_g) = 0 \text{ και } \eta(p_g, p_g) = 1 .$$

Η διατύπωση αντιστοιχεί στο υβριδικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε στο ECMWF και βασίζεται στο σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων  $(\lambda, \theta)$ .

### Εξισώσεις Ανέμου:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = (f + \xi)\nu - \dot{\eta} \frac{\partial u}{\partial \eta} - \frac{1}{h_x} (R_d T_\nu \frac{\partial \ln p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (\phi + E + P_u + K_u))$$

$$\frac{\partial \nu}{\partial t} = -(f + \xi)u - \dot{\eta} \frac{\partial \nu}{\partial \eta} - \frac{1}{h_y} (R_d T_\nu \frac{\partial \ln p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} (\phi + E) + P_\nu + K_\nu)$$

όπου  $u, \nu$  είναι οι συνιστώσες της ταχύτητας του ανέμου για την οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση, αντίστοιχα, και  $t$  ο χρόνος. Η μεταβλητή  $f$  συμβολίζει την παράμετρο του Coriolis και  $\xi$  τον σχετικό στροβιλισμό, όπου  $\xi = \frac{1}{h_x h_y} (\frac{\partial}{\partial x} (h_y \nu) - \frac{\partial}{\partial y} (h_x u))$ . Η μεταβλητή  $\eta$  υποδηλώνει μια σταθερά  $A/p_0 + B$  και η μεταβλητή  $\dot{\eta}$  ισούται με τη χρονική πρώτη παράγωγο  $\frac{d\eta}{dt}$ .

Με την μεταβλητή  $R_d$  συμβολίζεται η σταθερά αερίου για τον ξηρό αέρα και με  $T_\nu$  η θερμοκρασία σύμφωνα με τη σχέση  $T_\nu = ((1 + 1/\epsilon - 1)q)T$ .

Η πίεση συμβολίζεται με  $p$  και με  $\phi$  το γεωδυναμικό.

Τέλος με  $E$  συμβολίζεται η κινητική ενέργεια όπου  $E = \frac{1}{2}(u^2 + \nu^2)$ ,  $P$  το δυναμικό και  $K$  ο συντελεστής διάχυσης.

### Εξίσωση Θερμοκρασίας:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{u}{h_x} \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\nu}{h_y} \frac{\partial T}{\partial y} - \dot{\eta} \frac{\partial T}{\partial \eta} + \frac{k T_\nu \omega}{(1 + (\delta - 1)q)p} + P_T + K_T$$

λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασία  $T$ , η ταχύτητα του ανέμου  $u$  και  $\nu$ , οι μεταβλητές  $\eta, \dot{\eta}, T_\nu, P_T, K_T$ , όπως αναφερθήκαμε και παραπάνω καθώς και η μεταβλητή  $q$  υγρασίας και η μεταβλητή  $\delta$ , όπου ισούται με τον λόγο  $\frac{c_{p\nu}}{c_{pd}}$ .

- Η κάθετη πίεση υπολογίζεται από τη σχέση  $\omega = \frac{\partial p_g}{\partial t} + \int_\eta^1 \nabla (\vec{V}_h \frac{\partial p}{\partial \eta}) d\eta + \vec{V}_h \nabla p$

### Εξίσωση Υγρασίας:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\frac{u}{h_x} \frac{\partial q}{\partial x} - \frac{\nu}{h_x} \frac{\partial q}{\partial y} - \dot{\eta} \frac{\partial q}{\partial \eta} + P_q + K_q$$

όπου για το  $\eta$  ισχύει ότι

$$\dot{\eta} \frac{\partial p}{\partial \eta} = (1 - \frac{\partial p}{\partial p_s}) \frac{\partial p_q}{\partial t} + \int_{\eta}^1 \nabla (\vec{h} \frac{\partial p}{\partial \eta}) d\eta$$

### Εξίσωση βροχόπτωσης

$$\frac{\partial q_i}{\partial t} = -\frac{u \partial q_i}{h_x \partial x} - \frac{\nu \partial q_i}{h_x \partial y} + P q_i$$

### Εξίσωση Ηλιοφάνειας

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{g}{c_p} \frac{c F_{cl}}{\partial p},$$

όπου  $g$  η βαρυτική επιτάχυνση

### Εξισώσεις Νεφοκάλυψης

$$\frac{\partial T}{\partial t} = A_T + \xi(T_c - T) - \frac{L}{C_p} \xi H_m$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \xi H(q_c - q) + \xi H_m$$

$$\frac{\partial m}{\partial t} = A_m + \frac{C_p}{L} \xi H_m - G_p$$

Η συνιστώσα  $H$  υποδηλώνει μια λειτουργία που ασχολείται με την κατανομή των διαθέσιμων ατμών μεταξύ της συμπύκνωσης και της υγρασίας και δίνεται από τον τύπο :  $H = (1 - U)^{pm}$ .

Η παράμετρος  $A$  υποδηλώνει τις τάσεις από όλες τις διαδικασίες εκτός από τη συμπύκνωση. Η εξάτμιση του σύννεφου έχει παραμετροποιηθεί από την μεταβλητή  $\xi H_m$ , όπου με  $m$  συμβολίζεται το σύννεφο νερού.



## 1.6 Αριθμητικές μέθοδοι επίλυσης

Το λογισμικό KNMI-RACMO2 βασίζεται στη μοντελοποίηση φυσικών καταστάσεων από το λογισμικό ECMWF, το οποίο για τη μοντελοποίηση καιρικών φαινομένων ενσωματώνει το λογισμικό πρόγνωσης καιρού HIRLAM.

Έτσι ο βασικός πυρήνας μοντελοποίησης της πρόγνωσης καιρού είναι αυτός του λογισμικού HIRLAM, όπως αναπτύχθηκε τα τελευταία 27 χρόνια από μετεωρολογικά ιδρύματα Δανίας, Φιλανδίας, Γαλλίας, και Ισπανίας. Το μοντέλο αυτό ανήκει στα συστήματα περιορισμένης έκτασης βραχυπρόθεσμης πρόγνωσης καιρού και οι φυσικές παράμετροι του προβλήματος μοντελοποιούνται στις διαφορικές εξισώσεις που παρουσιάστηκαν στη προηγούμενη ενότητα.

Για την αριθμητική επίλυση των διαφορικών με χρονική παράμετρο εφαρμόζεται ένα semi-Lagrangian σχήμα, ενώ η χωρική διακριτοποίηση βασίζεται σε σχήματα πεπερασμένων διαφορών δεύτερης τάξης. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το λογισμικό ECMWF υπάρχουν στο <http://ecmwf.int>, ενώ για το προγνωστικό μοντέλου καιρού HIRLAM στο <http://hirlam.org/index.php/hirlam-documentation>

## Κεφάλαιο 2

# Αριθμητικοί Δείκτες Αξιολόγησης

### 2.1 TCI

Η πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης ενός αριθμητικού δείκτη για την αξιολόγηση του κλίματος για τον τουρισμό αποτέλεσε ο δείκτης TCI (Tourism Climate Index). Ο δείκτης TCI διαμορφώθηκε από τον Mieczkowski (1985) ως ένα σύνθετο μέτρο συστήματος αξιολόγησης των κλιματικών στοιχείων που είναι περισσότερα συναφή με την ποιότητα της τουριστικής εμπειρίας για τον 'μέσο' τουρίστα και τη συνηθέστερη τουριστική δραστηριότητα, τα αξιοθέατα και την αναψυχή. Ο Mieczkowski βασίστηκε σε προηγούμενες έρευνες σχετικά με τις κλιματικές ταξινομήσεις για τον τουρισμό και της αναψυχής (Heurtier 1968, Crowe 1976) και τις τουριστικές δραστηριότητες (Burnet 1963, Dammann 1964, Hofer 1967, Heurtier 1968, Danilova 1973, and Kandror et al. 1974).

Ο δείκτης TCI χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του παγκόσμιου κλίματος για γενικές τουριστικές δραστηριότητες με την ενσωμάτωση κλιματικών μεταβλητών σε έναν ενιαίο δείκτη. Χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό επτά παραμέτρων, τρεις από τους οποίους είναι τελείως ανεξάρτητες και δύο από αυτές βασίζονται σε ένα βιοκλιματικό συνδυασμό.

Ο TCI περιλαμβάνει: τον υποδείκτη άνεσης κατά τη διάρκεια της ημέρας (daytime comfort index, CID), που αποτελείται από τη μέση μέγιστη θερμοκρασία του αέρα και τη μέση ελάχιστη σχετική υγρασία. Επίσης διαθέτει και τον υποδείκτη ημερήσιας άνεσης (daily comfort index, CIA), που αποτελείται από τη μέση θερμοκρασία και τη μέση σχετική υγρασία, το ύψος των βροχοπτώσεων, την ημερήσια ηλιοφάνεια και τη μέση ταχύτητα του ανέμου, σύμφωνα με τη σχέση

$$TCI = 2 \times [4 \times (CID) + CIA + 2 \times (precipitation) + 2 \times (sunshine) + wind] \text{ eq : TCI} \quad (2.1)$$

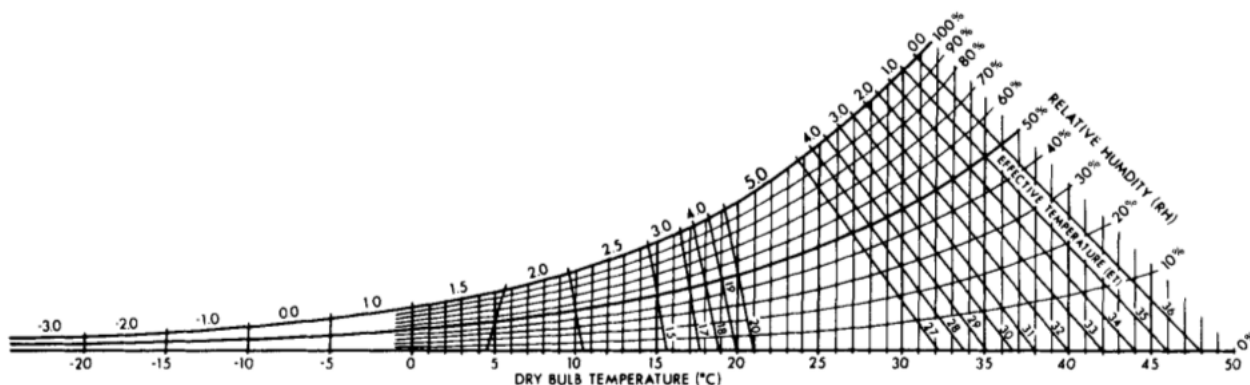
Οι τιμές των παραμέτρων αυτών δεν εισέρχονται στην διαμόρφωση του δείκτη αυτούσιες, αλλά αφού οι συνεχόμενες μεταβλητές μετατραπούν σε μία κλίμακα διακριτών τιμών με άριστα το 5 (για τιμές των παραμέτρων που αποτυπώνουν τις καλύτερες τουριστικές συνθήκες) και ελάχιστο το -3. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται η κατάταξη των συνεχών τιμών των παραμέτρων αυτών σε μια κλίμακα από -3 έως 5. Για την Ελλάδα καμία από τις παραμέτρους που εισέρχονται στον υπολογισμό του TCI δεν διαθέτει αρνητικές τιμές σε κανένα από τα εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα. Το μεγαλύτερο βάρος δίνεται στον δείκτη άνεσης κατά τη διάρκεια της ημέρας (40 %), γιατί οι τουρίστες είναι πιο δραστήριοι κατά την διάρκεια της ημέρας. Στις μεταβλητές της ηλιοφάνειας και των βροχοπτώσεων δίνεται το δεύτερο μεγαλύτερο βάρος (20 % για το καθένα), ενώ ο ημερήσιος δείκτης άνεσης και ο άνεμος αντιστοιχούν στο υπόλοιπο 10 %, αντίστοιχα. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει ο TCI είναι το 100. Οι τιμές του TCI που είναι μεγαλύτερες του 80 θεωρούνται εξαιρετικές, ενώ οι τιμές μεταξύ 60 και 79 θεωρούνται από καλές έως πολύ καλές. Οι χαμηλότερες τιμές ανάμεσα στο 40 και το 59 είναι αποδεκτές, αλλά τιμές μικρότερες του 40 υποδεικνύουν κακές ή δύσκολες συνθήκες για τον τουρισμό, όπως εμφανίζει ο Πίνακας 2.1.

Στο Σχήμα 2.1 απεικονίζεται το διάγραμμα μεταβολής της απόλυτης (ξηρής) θερμοκρασίας σε

Βαθμολογία TCI	
Βαθμολογία	Περιγραφική βαθμολογία
90-100	Ιδανικό
80-89	Εξαιρετικό
70-79	Πολύ καλό
60-69	Καλό
50-59	Αποδεκτό
40-49	Οριακό
30-39	Ανεπιθύμητο
20-29	Αρκετά ανεπιθύμητο
10-19	Εξαιρετικά ανεπιθύμητο
0-9	Αδύνατο

Πίνακας 2.1: Η βαθμονόμηση των δεικτών TCI.

σχετική θερμοκρασία επηρεασμένη από τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία έχει εντονότερη μεταβολή σε συνδυασμό με υψηλότερα ποσοστά υγρασίας, για παράδειγμα, οι  $40^{\circ} C$  (απόλυτης θερμοκρασίας) σε συνδυασμό με 50% υγρασία μετατρέπονται σε  $32^{\circ} C$  (σχετικής θερμοκρασίας), οι οποίοι αντιστοιχούν σε 0 μονάδες του βαθμονομικού συστήματος.



Σχήμα 2.1: Το διάγραμμα μετατροπής της θερμοκρασίας σε σχετική θερμοκρασία (ASHARE 1972).

Μια διαφορετική προσέγγιση του υπολογισμού της σχετικής θερμοκρασίας με την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης που διεξήχθη από τον Lans P. Rothfus και περιγράφεται σε ένα τεχνικό προσάρτημα της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (NWS) 1990 (SR 90-23). Η εξίσωση παλινδρόμησης του Rothfus μπορεί να γραφεί στη μορφή:

$$\begin{aligned}
HI = & - 42.379 + 2.04901523 \cdot T + 10.14333127 \cdot RH - 0.22475541 \cdot T \cdot RH - \\
& - 0.00683783 \cdot T^2 - 0.05481717 \cdot RH^2 + 0.00122874 \cdot T^2 \cdot RH + \\
& + 0.00085282 \cdot T \cdot RH^2 - 0.00000199 \cdot T^2 \cdot RH^2
\end{aligned} \tag{2.2}$$

όπου  $T$  είναι η θερμοκρασία σε βαθμούς φαρενάιτ  $F$  και  $RH$  είναι το ποσοστό της σχετικής υγρασίας. Ο δείκτης  $HI$  είναι ο δείκτης θερμότητας που εκφράζεται ως σχετική θερμοκρασία σε βαθμούς  $F$ . Εάν η τιμή  $RH$  είναι μικρότερη από 13% και η θερμοκρασία είναι μεταξύ 80 και 112 βαθμών  $F$ , τότε η ακόλουθη ρύθμιση πρέπει να χρησιμοποιηθεί στο δείκτη  $HI$ :

$$adjustment = \frac{13 - RH}{4} \cdot \frac{\sqrt{17 - |T - 95|}}{17} \tag{2.3}$$

Από την άλλη πλευρά, εάν η τιμή  $RH$  είναι μεγαλύτερη από 85% και η θερμοκρασία είναι μεταξύ 80 και 87 βαθμών  $F$ , τότε η ακόλουθη ρύθμιση εφαρμόζεται στο  $HI$ :

$$adjustment = \frac{RH - 85}{10} \cdot \frac{87 - T}{5} \tag{2.4}$$

Η παλινδρόμηση τύπου Rothfus den είναι επιτυχής, όταν ο συνδυασμός της θερμοκρασίας και της υγρασίας δημιουργούν μια τιμή σχετικής θερμοκρασίας κάτω από 80 βαθμούς  $F$ . Στις περιπτώσεις αυτές, για τον υπολογισμό των τιμών εφαρμόζεται ο απλούστερος τύπος του Steadman:

$$HI = 0.5 \cdot T + 61 + [(T - 68) \cdot 1.2] + (RH \cdot 0.094). \tag{2.5}$$

Η ηλιοφάνεια αποτελεί έναν από τους πιο θετικούς και καθοριστικούς παράγοντες για την τουριστική κλιματική άνεση και για δεδομένη την περιορισμένη έκθεση στον ήλιο, αυτή θα έχει πολλά οφέλη για την υγεία. Επίσης είναι απαραίτητη για την ηλιοθεραπεία καθώς αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την τουριστική εμπειρία. Η επιλογή ενός κατάλληλου μέτρου της ηλιοφάνειας είναι από τη συλλογή των μέσων μηνιαίων ωρών της ανά μέρα θέτοντας την ως μεταβλητή κλιματικής ακτινοβολίας. Η βαθμονόμηση της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.2.

Για την εισαγωγή της βροχόπτωσης στον δείκτη  $TCI$  επιλέχθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές της σε  $mm$  όπου κυμαίνονται από (0-150), όπως εμφανίζονται στον Πίνακα 2.3, ενώ για τις τιμές άνω των 150  $mm$  θεωρούμε τιμή -1 για κάθε επιπλέον 60  $mm$ . Το βαθμονομικό σύστημα της βροχόπτωσης αντικατροπτίζει το προοδευτικό μειονέκτημα της τουριστικής δραστηριότητας σε σχέση με την αύξηση των καταχρημνίσεων.

Στον Πίνακα 2.5 παρουσιάζεται το βαθμονομικό σύστημα της ταχύτητας του ανέμου σε χιλιόμετρα ανά ώρα. Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η βαθμονόμηση, μετατρέπουμε τον Πίνακα 2.5 σε πίνακα με κλίμακα Beaufort.

Μεταβλητή ηλιακής ακτινοβολίας	
Τιμές	Μέσες μηνιαίες ώρες ηλιοφάνειας ανά μέρα
5.0	10 ώρες ή περισσότερες
4.5	9 ώρες - 9 ώρες 59 λεπτά
4.0	8 ώρες - 8 ώρες 59 λεπτά
3.5	7 ώρες - 7 ώρες 59 λεπτά
3.0	6 ώρες - 6 ώρες 59 λεπτά
2.5	5 ώρες - 5 ώρες 59 λεπτά
2.0	4 ώρες - 4 ώρες 59 λεπτά
1.5	3 ώρες - 3 ώρες 59 λεπτά
1.0	2 ώρες - 2 ώρες 59 λεπτά
0.5	1 ώρα - 1 ώρα 59 λεπτά
0.0	λιγότερο από 1 ώρα

Πίνακας 2.2: Η βαθμονόμηση της ηλιακής ακτινοβολίας για το δείκτη TCI.

Μεταβλητή βροχόπτωσης	
Τιμές	Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης
5.0	0.0-14.9 mm
4.5	15.0-29.9 mm
4.0	30.0-44.9 mm
3.5	45.0-59.9mm
3.0	60.0-74.9 mm
2.5	75.0-89.9mm
2.0	90.0-104.9 mm
1.5	105.0-119.9 mm
1.0	120.0-134.9 mm
0.5	135.0-149.9 mm
0.0	150.0 mm

Πίνακας 2.3: Η βαθμονόμηση της βροχόπτωσης για το δείκτη TCI.

Άνεμος	
Τιμές	Ταχύτητα Ανέμου ( $km/h$ )
5.0	2.88
4.5	2.88 - 5.75
4.0	5.76 - 9.03
3.5	9.04 - 12.23
3.0	12.24 - 19.79
2.5	19.80 - 24.29
2.0	24.30 - 28.79
1.0	28.80 - 38.52
0.0	38.52

Table 2.4: Η βαθμονόμηση της ταχύτητας του ανέμου για το δείκτη TCI.

Άνεμος	
Τιμές	Μποφόρ
5.0	1
4.5	2
4.0	2
3.5	2
3.0	3
2.5	4
2.0	4
1.0	5
0.0	6

Table 2.5: Η βαθμονόμηση της κλίμακας Μποφόρ για το δείκτη TCI.

## 2.2 HCI

Οι κλιματικές αλλαγές θα επηρεάσουν άμεσα τον τουριστικό τομέα στην διάρκεια και στην ποιότητα των τουριστικών περιόδων στην περιοχή της Κρήτης.

Η τελευταία έκθεση αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Ομάδας για την αλλαγή του κλίματος (IPCC) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι μετά το 2050, η τουριστική δραστηριότητα προβλέπεται να μειωθεί στη Νότια Ευρώπη και θα υπάρξει αύξηση της Βόρειας και της Ηπειρωτικής Ευρώπης. Ωστόσο, όπως αποδεικνύεται από την IPCC, ο δείκτης TCI εφαρμόστηκε ευρέως για την εκτίμηση της μελλοντικής κλιματικής επάρκειας των προορισμών, τόσο στην Ευρώπη, όσο και παγκοσμίως. Παρά την ευρεία εφαρμογή ο δείκτης TCI, έχει υποβληθεί σε τέσσερις βασικές ελλείψεις που περιλαμβάνουν:

1. το υποκειμενικό σύστημα διαβάθμισης και στάθμισης των κλιματικών μεταβλητών,
2. την παράβλεψη της επιρροής των φυσικών κλιματικών παραμέτρων (π.χ. βροχή, άνεμος),
3. τη χαμηλή χρονική ανάλυση του κλίματος. Τα μηνιαία δεδομένα έχουν περιορισμένη σημασία για τη λήψη αποφάσεων τουριστών και,
4. την αγνόηση των ποικίλων κλιματολογικών απαιτήσεων μεγάλων τομέων τουρισμού και τύπων προορισμού (όπως παραλίας και χιονοδρομικά κέντρα).

Για να ξεπεραστούν οι προαναφερθέντες περιορισμοί του TCI, χρειάστηκε να αναπτυχθεί ένας ακόμο δείκτης. Αυτός ονομάζεται δείκτης (HCI) Holiday Climate Index (Beach specifications) και εφαρμόζεται για την ακριβέστερη αξιολόγηση της κλιματικής καταλληλότητας των προορισμών τουρισμού.

Μια σημαντική πρόοδος του HCI είναι ότι η μεταβλητή βαθμολογία και το σύστημα στάθμισης των συστατικών στοιχείων βασίζονται στην αυξανόμενη βιβλιογραφία των κλιματικών συνθηκών των τουριστών δηλαδή στις προτιμήσεις κατά την τελευταία δεκαετία. Ο δείκτης HCI έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με προτιμήσεις και έχει πιστοποιηθεί εμπειρικά από την τουριστική αγορά που έχουν ληφθεί από τα τελευταία δέκα χρόνια.

Ο δείκτης HCI ενσωματώνει και τις τρεις πτυχές του κλίματος που είναι σημαντικές για τις δραστηριότητες αναψυχής, οι οποίες αναφέρονται στους παρακάτω τρεις δείκτες :

- το δείκτη της θερμικής άνεσης (TC) κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου αποτελεί ένα δείκτη με συνδυασμό της μέγιστης θερμοκρασίας και της μέσης σχετικής υγρασίας,
- τον δείκτη της νεφοκάλυψης (A%)
- και τον δείκτη (Πρεσιπιτατιον), όπου είναι συνδυασμός των κατακρημνήσεων και της ταχύτητας του ανέμου.

Οπότε η τελική μορφή του δείκτη HCI είναι:

$$HCI = 4 \times (TC) + 2 \times (A) + (3 \times (precipitation) + wind) \quad (2.6)$$

Κάθε παράμετρος αξιολογείται, με βάση ενός συγκεκριμένου συντελεστή βαρύτητας. Η μέγιστη τιμή του δείκτη HCI είναι το 100 και κάθε παράγοντας μπορεί να φθάσει το 10. Οι τιμές του HCI που είναι μεγαλύτερες του 80 είναι εξαιρετικές, ενώ οι τιμές μεταξύ 60 και 79 θεωρούνται από καλές έως πολύ καλές. Οι χαμηλότερες τιμές μεταξύ 40-59 είναι αποδεκτές, αλλά τιμές μικρότερες του 40 θεωρούνται ως και επικίνδυνες, όπως εμφανίζει ο Πίνακας 2.6.

Για να τονίσουμε τη διαφορετικότητα του δείκτη HCI σε σχέση με τον δείκτη TCI, αρκεί για παράδειγμα να παρατηρήσουμε ότι η βαθμονόμηση της νεφοκάλυψης δεν αυξάνεται γραμμικά. Πιο συγκεκριμένα, η υψηλότερη τιμή της παραμέτρου συγκεντρώνεται όταν έχουμε ένα μικρό ποσοστό νεφοκάλυψης, ενώ για μηδενική νεφοκάλυψη η τιμή της παραμέτρου συγκεντρώνεται κοντά στο 8.5. Ο Πίνακας 2.7 εμφανίζει τα δεδομένα αυτά.

Βαθμολογία HCI	
Βαθμολογία	Περιγραφική βαθμολογία
90-100	Ιδανικό
80-89	Εξαιρετικό
70-79	Πολύ καλό
60-69	Καλό
50-59	Αποδεκτό
40-49	Οριακό
30-39	Μη αποδεκτό
20-29	Μη αποδεκτό
10-19	Μη αποδεκτό
9-0	Επικίνδυνο

Πίνακας 2.6: Η βαθμονόμηση των δεικτών HCI

Κλίμακα Νεφοκάλυψης	
Τιμές	Νεφοκάλυψη(%)
10	11 - 20
	1 - 10
9	21 - 30
	0
8	31 - 40
7	41 - 50
6	51 - 60
5	61 - 70
4	71 - 80
3	81 - 90
2	90 - -99
1	100

Πίνακας 2.7: Η βαθμονόμηση της νεφοκάλυψης για το δείκτη HCI



Κλίμακα Βροχόπτωσης	
Τιμές	Βροχόπτωση ανά ημέρα (mm)
10	0.00
9	3.00
8	31 - 40
7	41 - 50
6	51 - 60
5	61 - 70
4	71 - 80
3	81 - 90
2	90 - 99
1	100

Πίνακας 2.8: Η Βαθμονόμηση της βροχόπτωσης για το δείκτη HCI

Κλίμακα Ανέμου	
Τιμές	Ταχύτητα Ανέμου (km/h)
10	1-9
9	10-19
8.5	0
8	20-29
6	30-39
5	61 - 70
3	40-49
0	50-70
-10	>70

Πίνακας 2.9: Η βαθμονόμηση του ανέμου για το δείκτη HCI

Σχετική Θερμοκρασία	
Τιμές	(°C)
0	$\geq 39$
2	37-39
4	35-36
5	33-34
6	31-32
7	29-30
8	27-28
9	26
10	23-25
9	20-22
7	18-19
6	15-17
5	11-14
4	7-10
3	0-6
2	-1-5
1	$\leq -6$

Πίνακας 2.10: Η βαθμονόμηση της θερμοκρασίας για το δείκτη HCI

Η μετατροπή της θερμοκρασίας σε σχετική θερμοκρασία έχει περιγραφεί αναλυτικά στην προηγούμενη παράγραφο, οπότε ο Πίνακας 2.10 περιγράφει μόνο τη βαθμονόμηση του δείκτη.

## Κεφάλαιο 3

# Περιοχή Μελέτης

### 3.1 Εφαρμογή στο νησί της Κρήτης

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το πέμπτο μεγαλύτερο της Μεσογείου. Βρίσκεται στο νότιο άκρο του Αιγαίου πελάγους και καλύπτει μια περιοχή 8.336 τετραγωνικά χιλιόμετρα ποσοστό 6,3 % της συνολικής έκτασης της Ελλάδας. Ο μόνιμος πληθυσμός είναι περίπου 623.000 κατοίκους. Έχει μήκος 260 χιλιόμετρα και μεταβαλλόμενο πλάτος από μέγιστο 60 χιλιομέτρων σε ελάχιστο 12 χιλιόμετρα. όπου το 15 % της έκτασης της να καλύπτεται από αμμουδιές. Οι ορεινοί όγκοι, καταλαμβάνουν το 48 % του εδάφους της, ενώ μεταξύ τους δημιουργούνται εύφορες πεδιάδες, που απαρτίζουν το 23 % των εδάφων της και το υπόλοιπο 29 % να είναι ημιορεινό.

Οι ακτές του νησιού έχουν μήκος 1.306 χλμ. με ποσοστό που αποτελεί το 7.8 % της χώρας.

Το κλίμα της Κρήτης χαρακτηρίζεται ως εύκρατο μεσογειακό, από ήπιους, βροχερούς χειμώνες και ζεστό ξηρό καλοκαίρι. Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην παράκτια ζώνη και τις ορεινές περιοχές, όπως και στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στη δυτική και την ανατολική περιοχή του νησιού.

Τα βουνά της Κρήτης σχηματίζουν ένα φυσικό ανατολικό/δυτικό “τείχος”, που συγκρατεί τους βόρειους ανέμους και περιορίζει τα σύννεφα που σαρώνουν το Αιγαίο.

Στη παράκτια ζώνη επικρατεί ξηρό καλοκαίρι με ήπιο χειμώνα, με τη βροχερή περίοδο να αρχίζει στα τέλη Οκτωβρίου και να διαρκεί έως το Μάρτιο ή ακόμη και τον Απρίλιο. Οι χιονοπτώσεις είναι εξαιρετικά σπάνιες στην παράκτια ζώνη του νησιού, ειδικά στο ανατολικό τμήμα του.

Το ανατολικό τμήμα (περιοχή της Σητείας), της Κρήτης έχει πιο ξηρό και ζεστό κλίμα από το δυτικό (περιφέρεια Χανίων), γεγονός που είναι εμφανές και στη χλωρίδα. Ένα φαινόμενο που παρατηρείται στη νότια και στη βόρεια ακτή της Κρήτης είναι ότι η πρώτη έχει υψηλότερες θερμοκρασίες και μεγαλύτερο ποσοστό ξηρότητας σε σχέση με την δεύτερη. Επιπλέον παρατηρείται ότι ο νομός Χανίων έχει περισσότερη βλάστηση σε σχέση με τον νομό Λασιθίου που βρίσκεται ανατολικά.

Γενικά, ένα βασικό χαρακτηριστικό του τοπικού κλίματος είναι ότι οι αποκλίσεις από περιοχή σε περιοχή είναι μεγάλες.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται στους 25 με 30 °C και το χειμώνα στους 10 με 15 °C. Οι νότιες ακτές είναι θερμότερες το χειμώνα, αλλά και το καλοκαίρι σε σχέση με τη βόρεια πλευρά του νησιού. Όσο αφορά τις βροχοπτώσεις, είναι χαμηλές στα χαμηλά υψόμετρα και σχεδόν εξαφανίζονται στην διάρκεια του καλοκαιριού. Η τουριστική βιομηχανία αποτελεί καθοριστικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη της Κρήτης. Τις τελευταίες δεκαετίες το 40 % του τοπικού πληθυσμού ασχολείται έμμεσα ή άμεσα με την τουριστική βιομηχανία.

Η τουριστική ανάπτυξη στην Κρήτη ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1960, όταν η Ελλάδα ήταν πόλος έλξης κυρίως για τα φυσικά και τα πολιτιστικά της αξιοθέατα. Μέχρι το 1981 ο αριθμός των κλινών τριπλασιάστηκε.

Σήμερα η Κρήτη αποτελεί έναν από τους πιο αναπτυγμένους τουριστικούς προορισμούς στη Με-



Σχήμα 3.1: Το νησί της Κρήτης

σόγειο και προσελκύει ετησίως περίπου 2,8 εκατομμύρια τουριστικούς επισκέπτες.

## 3.2 Δημοφιλέστεροι Προορισμοί της Κρήτης

### 3.2.1 Ηράκλειο

Το Ηράκλειο είναι η μεγαλύτερη πόλη της Κρήτης και διαθέτει το μεγαλύτερο λιμένα και αεροδρόμιο του νησιού. Είναι η πρωτεύουσα του νησιού και η τέταρτη πολυπληθέστερη πόλη της Ελλάδος με πληθυσμό 173.993 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Εκτός την γεωργία και το εμπόριο που αποτελούν δύο από τους σημαντικότερους οικονομικούς τομείς της πόλης, το Ηράκλειο διαθέτει έντονη τουριστική δραστηριότητα. Σε αυτά συμβάλουν, το αεροδρόμιο Νίκος Καζαντζάκης και το λιμάνι στα οποία παρουσιάζεται μεγάλη κίνηση επιβατών και εμπορευμάτων. Η μέση θερμοκρασία της πόλης κυμένεται από τους 12.1° έως τους 25.2° C.

### 3.2.2 Χανιά

Τα Χανιά είναι παραλιακή πόλη στο Βορειοδυτικό τμήμα της Κρήτης και καταλαμβάνει έκταση περίπου δεκατριών τετραγωνικών χιλιομέτρων. Ο δήμος Χανίων αριθμεί 108.642 κατοίκους (απογραφή 2011) και είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη μετά το Ηράκλειο. Τα Χανιά είναι προσβάσιμα από το αεροδρόμιο Δασκαλογιάννης και από το λιμάνι της Σούδας. Η πόλη έχει τοπικό μεσογειακό κλίμα το οποίο είναι ζεστό και ξηρό τα καλοκαίρια και ήπιο τους χειμώνες. Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από τους 11.6° έως τους 26.5° C.

### 3.2.3 Ρέθυμνο

Το Ρέθυμνο έχει πληθυσμό 34.300 κατοίκους (απογραφή 2011) και είναι η τρίτη μεγαλύτερη πόλη του νησιού. Εμφανίζει μεγάλη τουριστική κίνηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και η οικονομία της πόλης της στηρίζεται κυρίως σε αυτήν μαζί με την γεωργία. Το Ρέθυμνο δεν διαθέτει αεροδρόμιο

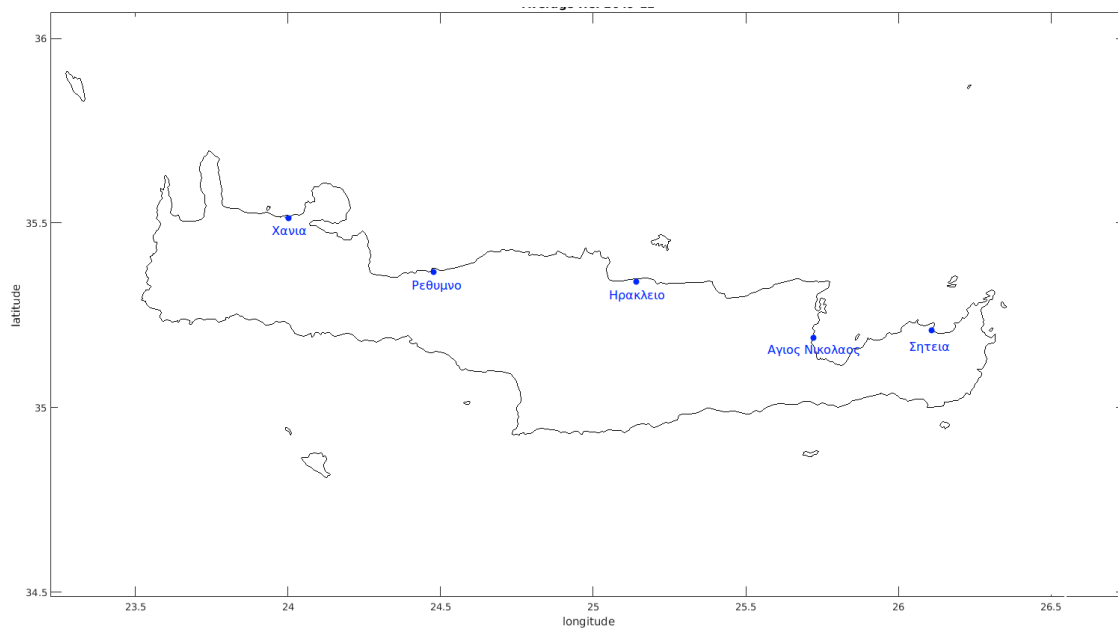
αλλά μόνο ένα μικρό λιμάνι, οπότε είναι προσβάσιμο μέσω του Ηρακλείου ή Χανίων. Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από τους  $12.8^{\circ}$  έως τους  $26.9^{\circ} C$ .

### 3.2.4 Άγιος Νικόλαος

Ο Άγιος Νικόλαος είναι η πρωτεύουσα του ανατολικότερου νομού Λασιθίου και βρίσκεται στη βόρεια ακτογραμμή της Κρήτης. Οι μόνιμοι κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι 11.421. Η οικονομία της περιοχής βασίζεται κυρίως στον τουρισμό και την κτηνοτροφία. Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από τους  $13.3^{\circ}$  έως τους  $31.4^{\circ} C$ .

### 3.2.5 Σητεία

Η Σητεία βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νομού 70 χλμ. ανατολικά του Αγίου Νικολάου Λασιθίου. Ο πληθυσμός της πόλης ανέρχεται στους 9.912 κατοίκους και η οικονομία της στηρίζεται κατά βάση στην πρωτογενή αγροτική παραγωγή, στη βιοτεχνία, το εμπόριο και τον τουρισμό. Το αεροδρόμιο της Σητείας μπορεί να φιλοξενήσει μόνο μικρού και μεσαίου μεγέθους αεροπλάνα. Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από τους  $5.2^{\circ}$  έως τους  $25.2^{\circ} C$ .

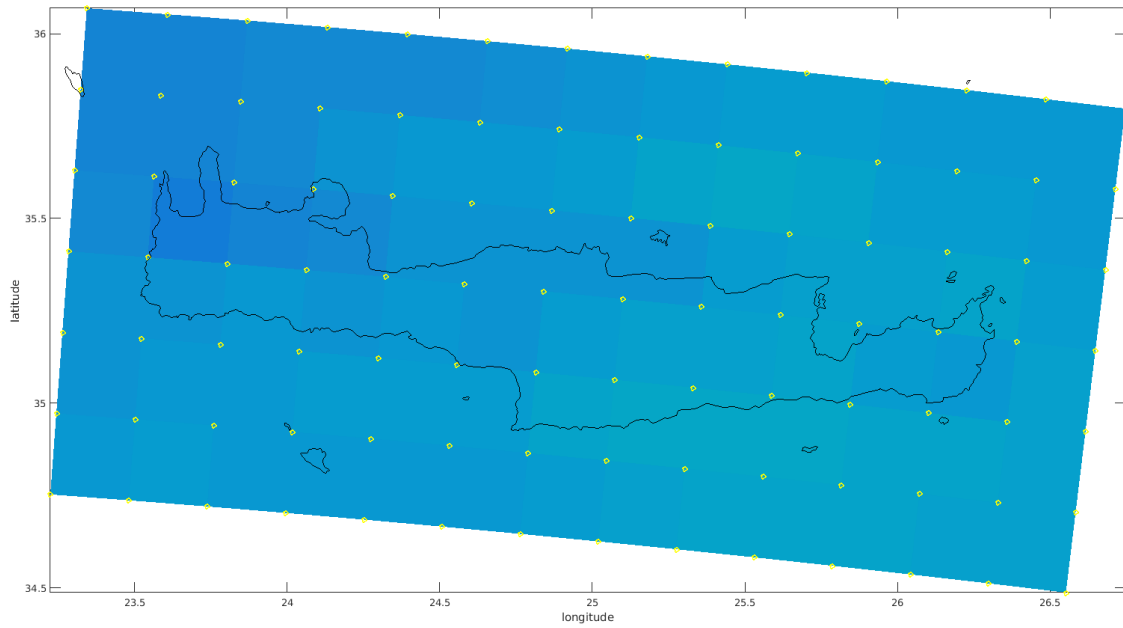


Σχήμα 3.2: Οι δημοφιλέστεροι προορισμοί της Κρήτης.

## 3.3 Η μέθοδος της παρεμβολής δεδομένων

Για την διερεύνηση του κλίματος της περιοχής έρευνας, επιλέχθηκαν 5 σημεία του πλέγματος διακριτοποίησης, τα οποία καλύπτουν το κέντρο των πόλεων Ηρακλείου, Ρεθύμνου, Χανίων, Αγίου Νικολάου και Σητείας με χωρική ανάλυση  $25 \times 25 km^2$ . Οι συντεταγμένες τους και η τοποθεσία τους εμφανίζονται στο σχήμα 3.3. Είναι λογικό τα σημεία πλέγματος να μην εφαρμόζουν ακριβώς στην περιοχή έρευνας, γι' αυτό και εφαρμόστηκε μια μέθοδος παρεμβολής μεταξύ των κόμβων που περιέχουν το ζητούμενο σημείο. Έτσι οι τιμές των αντίστοιχων μετεωρολογικών παραμέτρων των

κόμβων αυτών αθροίζονται με ένα κατάλληλο βάρος. Ειδικότερα ας θεωρήσουμε μια τυχαία πόλη



Σχήμα 3.3: Η διακριτοποίηση στην περιοχή της Κρήτης ανά 25 km.

που περιέχεται σε 4 κόμβους, όπως για παράδειγμα στο Σχ. 3.4, όπου εμφανίζεται η πόλη των Χανίων ανάμεσα στους κόμβους 1, 2, 3 και 4. Αρχικά ορίζουμε με  $d_1, d_2, d_3$  και  $d_4$  τις αποστάσεις σε  $km$  της πόλης  $\Pi$  από τους κόμβους 1, 2, 3 και 4 αντίστοιχα.

Εάν θεωρήσουμε ότι στους κόμβους 1 έως 4 το αποτέλεσμα του δείκτη (TCI ή HCI) είναι  $I_1, I_2, I_3$  και  $I_4$  τότε η τιμή του δείκτη  $I_{\Pi}$  για την πόλη  $\Pi$  θα υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο παρεμβολής:

$$I_{\Pi} = \frac{\sum_{j=1}^4 \frac{I_j}{d_j}}{\sum_{j=1}^4 \frac{1}{d_j}} \quad (3.1)$$

### 3.4 Τα δεδομένα του μοντέλου

Το αριθμητικό μοντέλο χρησιμοποιεί βελτιωμένες παραμετροποιήσεις ροής μάζας και παραμετροποιήσεις φυσικής και πρόγνωσης νεφών κατά Tiedtke(1989), καθώς και τις εξισώσεις Tessel για την προσομοίωση των επιφανειακών και επιεδάφινων διεργασιών, συμπεριλαμβανομένων τεσσάρων επιπέδων εδάφους (τόσο για την υγρασία όσο και για τη θερμοκρασία εδάφους) και της θερμοκρασίας εδάφους. Τα αρχεία του μοντέλου είναι διαθέσιμα στον ιστότοπο:

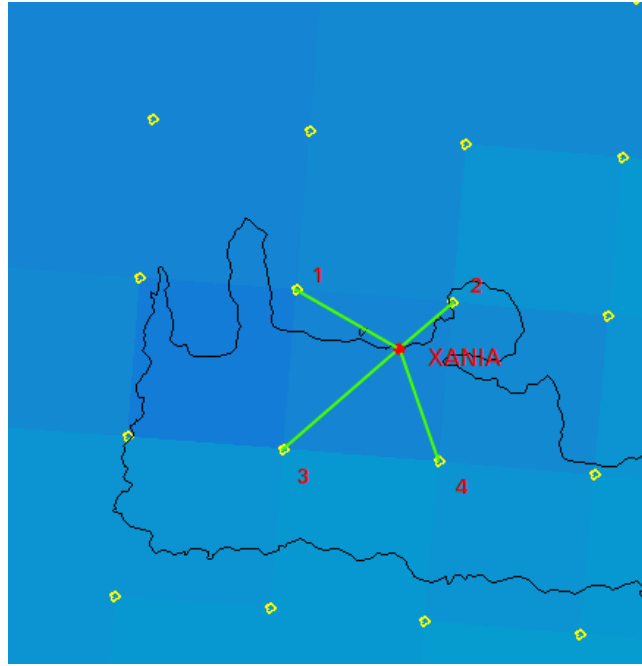
$$\text{http} : // \text{ensemblesrt3.dmi.dk} \quad (3.2)$$

και στο φάκελο

$$\text{Index of /data/A1B/KNMI/DM} \quad (3.3)$$

Πιο συγκεκριμένα, τα αρχεία δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα:

1. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_hurs.nc.gz*
2. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_hursmin.nc.gz*



Σχήμα 3.4: Η προσέγγιση της γεωγραφικής θέσης της πόλης των Χανίων ανάμεσα στους 4 κόμβους πλέγματος.

3. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_wss.nc.gz*
4. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_pr.nc.gz*
5. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_sund.nc.gz*
6. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_clt.nc.gz*
7. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_tas.nc.gz*
8. *KNMI – RACMO2\_A1B\_ECHAM5 – r3\_DM\_25km\_XXXX – YYYY\_tasmax.nc.gz*

όπου  $XXXX - YYYY = 2011 - 2020, 2021 - 2030, 2031 - 2040, 2041 - 2050$ , δηλαδή 40 αρχεία συνολικά (8 ανά δεκαετία).

Τα διανύσματα *rotated\_pole, rlon, lon, rlat, lat, height, time, time\_bnds* περιέχονται ακριβώς ίδια και στα υπόλοιπα αρχεία, ενώ το μοναδικό ξεχωριστό διάνυσμα κάθε αρχείου είναι το τελευταίο. Οπότε όλα τα ξεχωριστά διανύσματα των υπόλοιπων αρχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.1: Το αρχείο δεδομένων\*.hurs.nc.gz

Μεταβλητές	Μονάδες	Διαστάσεις
<i>rotated_pole</i> (περιστρ. συντεταγμ.)	<i>grid_mapping</i>	$1 \times 1$
<i>rlon</i> (μήκος πλέγματος)	μοίρες	$170 \times 1$
<i>lon</i> (μήκος)	μοίρες ανατ.	$170 \times 190$
<i>rlat</i> (πλάτος πλέγματος)	μοίρες	$190 \times 1$
<i>lat</i> (πλάτος)	μοίρες βόρεια	$170 \times 190$
<i>height</i> ( ύψος )	<i>m</i>	$1 \times 1$
<i>time</i> (χρόνος)	<i>days</i>	$3653 \times 1$
<i>time_bnds</i> (χρόνος)	<i>days</i>	$2 \times 3653$

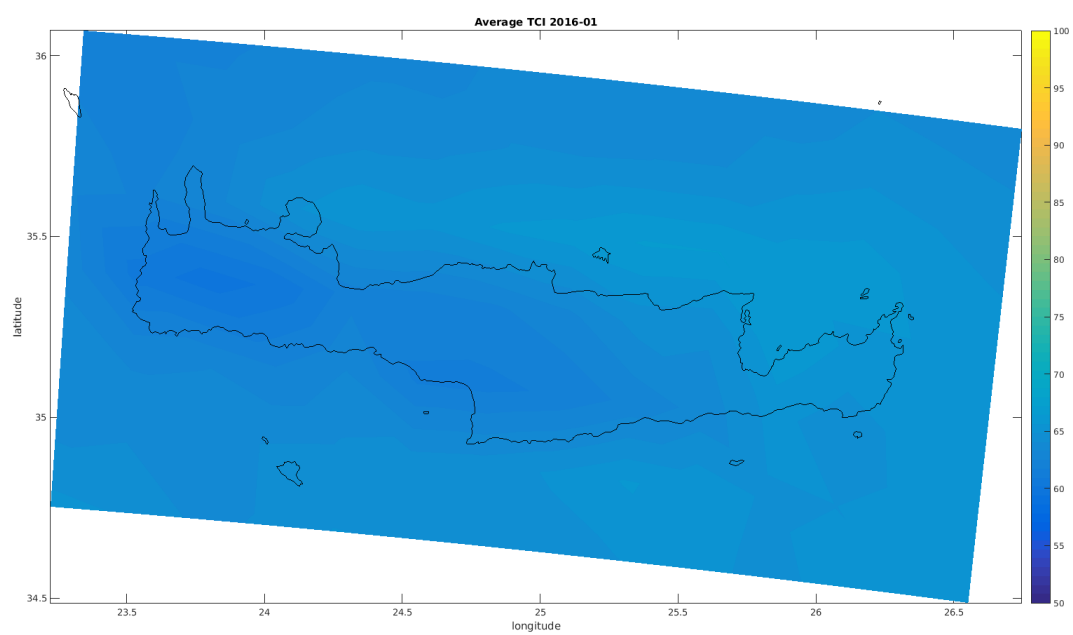
Πίνακας 3.2: Οι χαρακτηριστικές μεταβλητές των υπόλοιπων αρχείων.

Μεταβλητές	Μονάδες	Διαστάσεις
<i>hurs</i> (υγρασία)	%	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$
<i>hursmin</i> (ελάχιστη υγρασία)	%	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$
<i>tas</i> (μέση θερμοκρασία)	$^{\circ}C$	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$
<i>tasmax</i> (μέγιστη θερμοκρασία)	$^{\circ}C$	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$
<i>clt</i> (νεφοχάλυψη )	%	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$
<i>wss</i> ( ταχύτητα ανέμου)	<i>Km/h</i>	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$
<i>pr</i> (κατακρημνίσεις)	<i>mm</i>	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$
<i>sund</i> (ηλιοφάνεια )	hours	$170 \times 190 \times 1 \times 3653$

### 3.5 Αποτελέσματα στην περιοχή της Κρήτης ανα δεκαετία.

Σε μια ενιαία κλίμακα [50-100] παραθέτουμε παρακάτω τα γραφήματα και των δύο δεικτών TCI και HCI ανά δέκα χρόνια για όλη την περιοχή της Κρήτης. Ο λόγος που περιορίσαμε την κλίμακα ήταν ότι δεν παρατηρούμε μεταβολές κάτω της τιμής του 50 και ανα δεκαετία παρουσιάζονται μεγαλύτερες μεταβολές των δεικτών σε σχέση με τη σύγκριση ανά χρόνο.



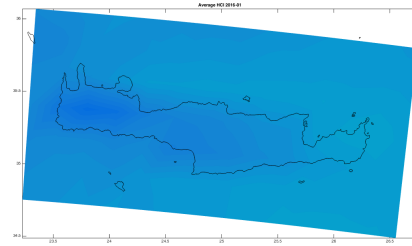
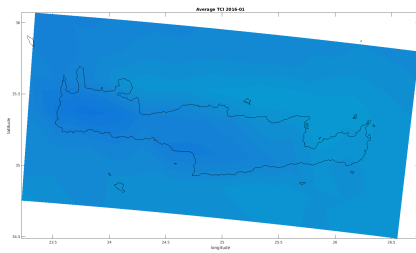


Σχήμα 3.5: Η περιοχή της Κρήτης με τη κλίμακα 50 – 100.

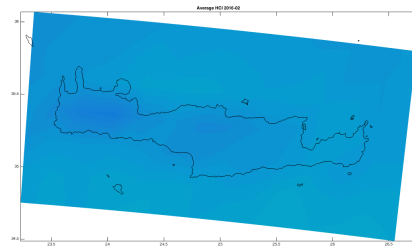
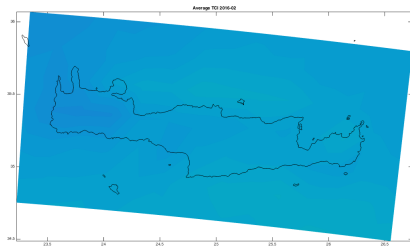
TCI

Ιανουάριος - 2016

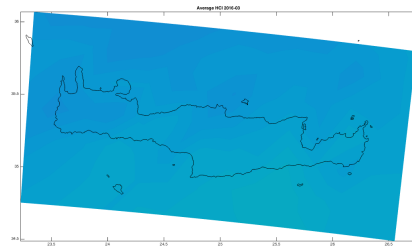
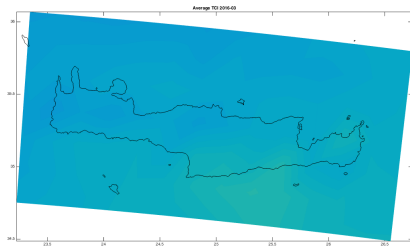
HCI



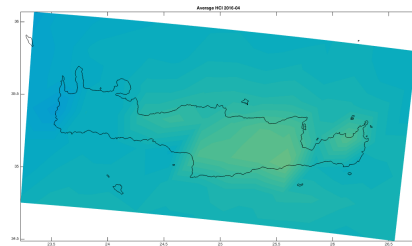
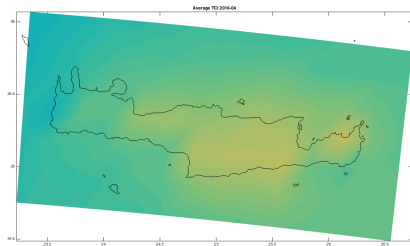
Φεβρουάριος - 2016



Μάρτιος - 2016

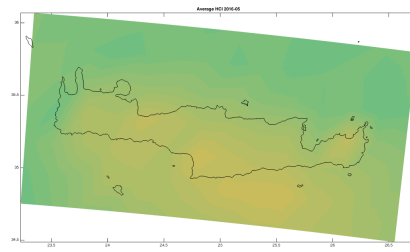
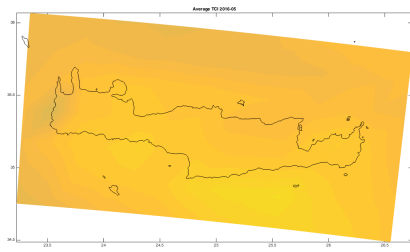


Απρίλιος - 2016

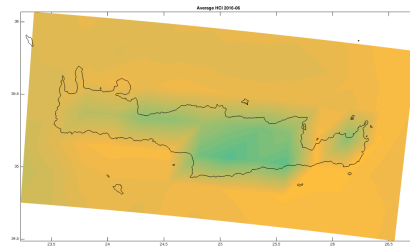
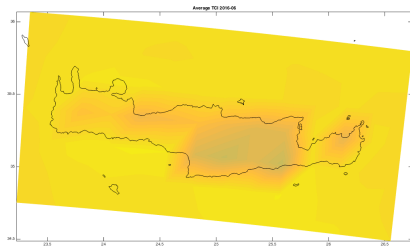


Παρατηρούμε ότι και για τους δύο δείκτες υπάρχει έντονη ομοιογένεια για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο, καθώς προκύπτει ελάχιστη διαφοροποίηση των γραφημάτων. Ενώ για τον μήνα Απρίλιο ο δείκτης TCI μεταβάλλεται εντονότερα σε σχέση με το δείκτη HCI. Το νότιο Ηράκλειο είναι η περιοχή η οποία εμφανίζει εντονότερη αρχική δραστηριότητα και στους δύο δείκτες, ενώ η υπόλοιπη Κρήτη έχει περισσότερο ομοιογενείς διακυμάνσεις.

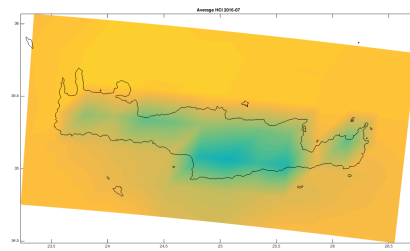
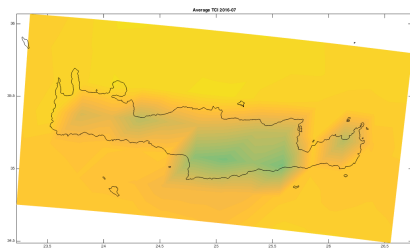
### Μάιος - 2016



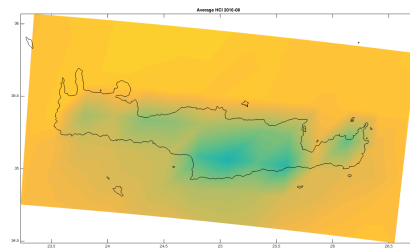
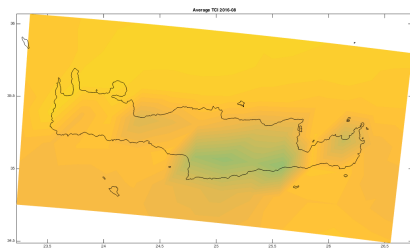
### Ιούνιος - 2016



### Ιούλιος - 2016

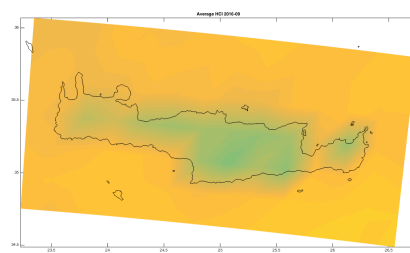
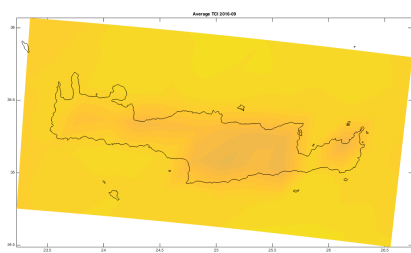


### Αύγουστος - 2016

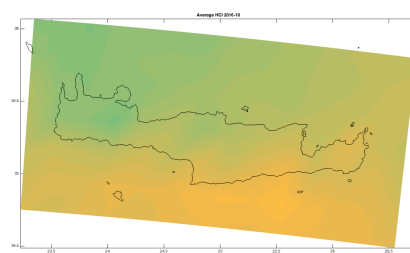
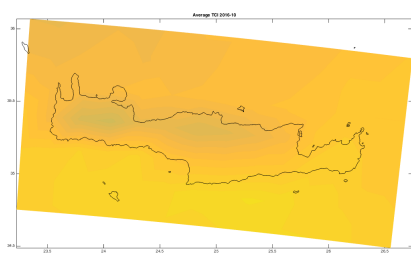


Παρατηρούμε ότι για τους Νομούς Χανίων, Ρεθύμνου και Λασιθίου ο δείκτης TCI δίνει ιδανικές τιμές σχεδόν σε όλες τις περιοχές ενώ εμφανίζει μια μικρή μείωση στο νότιο Ηράκλειο ιδιαίτερα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Για τον δείκτη HCI οι τιμές είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με αυτές του TCI.

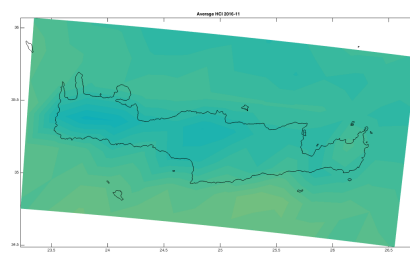
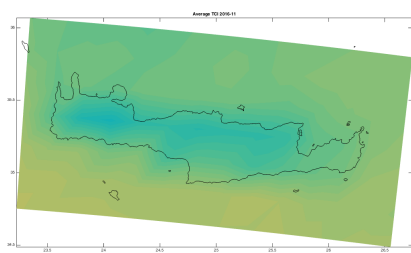
### Σεπτέμβριος - 2016



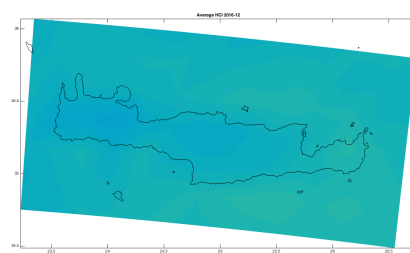
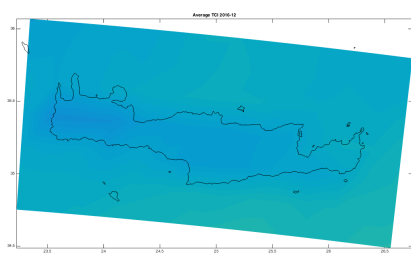
### Οκτώβριος - 2016



### Νοέμβριος - 2016



### Δεκέμβριος - 2016

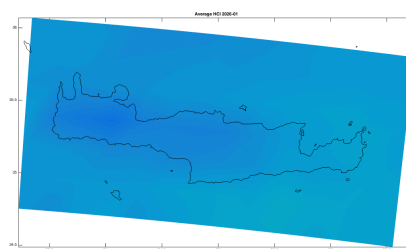
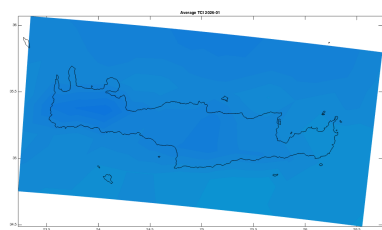


Παρόμοιες μεταβολές μέχρι και τον μήνα Οκτώβριο (καλοκαιρινή περίοδος) έχουμε και για τους δύο δείκτες. Για τον μήνα Νοέμβριο παρατηρούμε μια εντονότερη αλλαγή και για τους δύο δείκτες σε όλη την έκταση της Κρήτης.

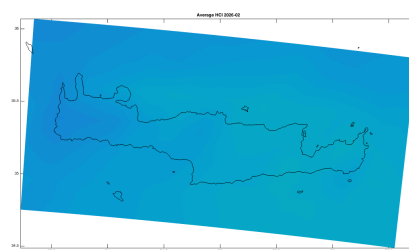
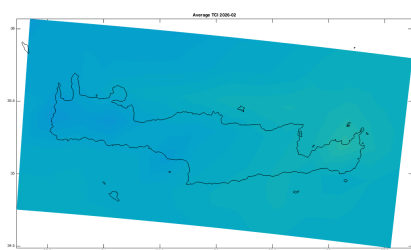
TCI

Ιανουάριος - 2026

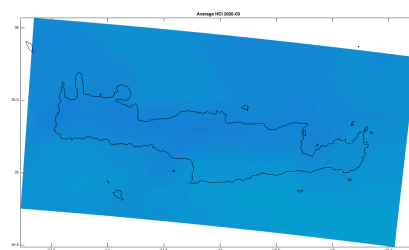
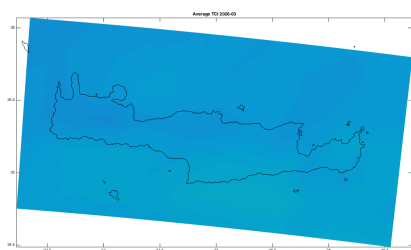
HCI



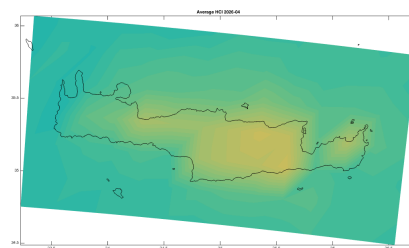
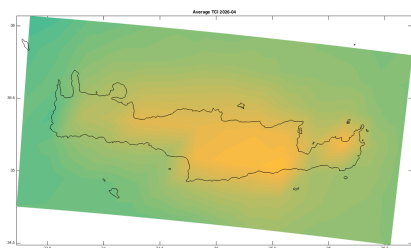
Φεβρουάριος - 2026



Μάρτιος - 2026

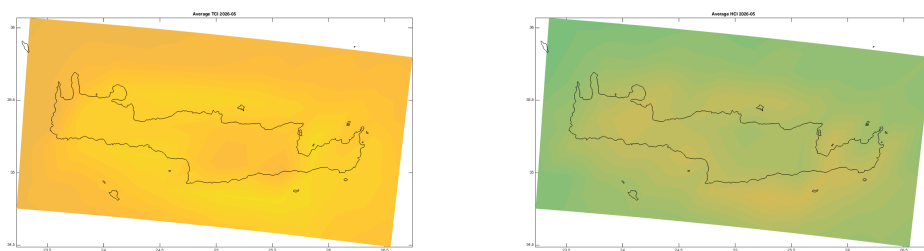


Απρίλιος - 2026

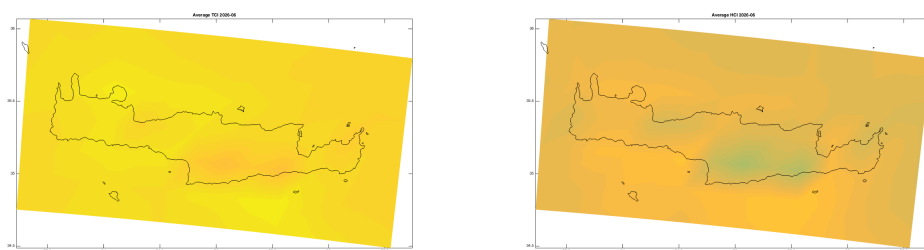


Παρατηρούμε ότι και για τους δύο δείκτες υπάρχει ομοιογένεια για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο σε σχέση με το έτος 2016 καθώς προκύπτει ότι έχουν ελάχιστη μεταβολή σύμφωνα με τα παραπάνω γραφήματα. Από τον μήνα Απρίλιο ο δείκτης TCI μεταβάλλεται εντονότερα σχεδόν σε όλη την έκταση της Κρήτης με άνοδο του δείκτη TCI από πολύ καλό σε εξαιρετικό. Το ίδιο παρατηρούμε και για τον δεύτερο δείκτη.

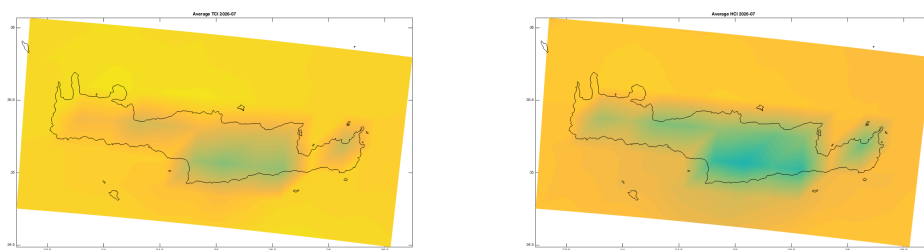
### Μάιος - 2026



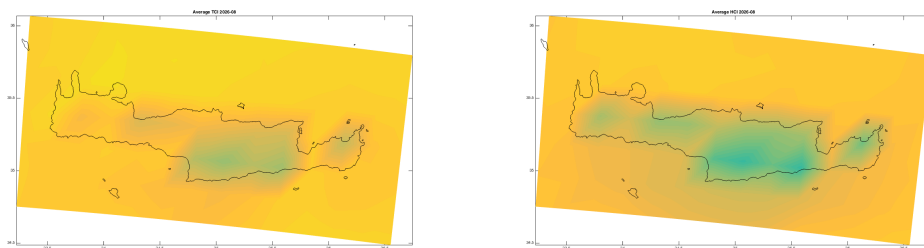
### Ιούνιος - 2026



### Ιούλιος - 2026

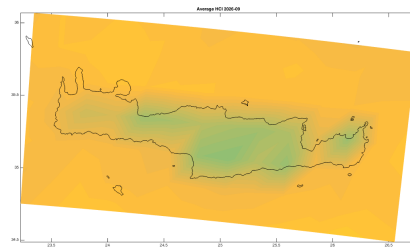
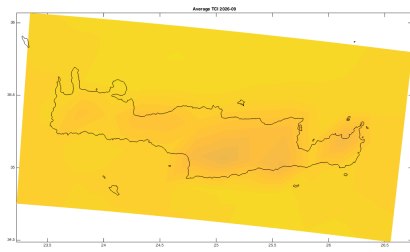


### Αύγουστος - 2026

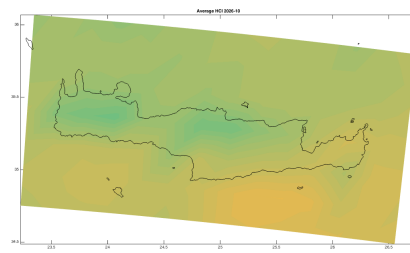
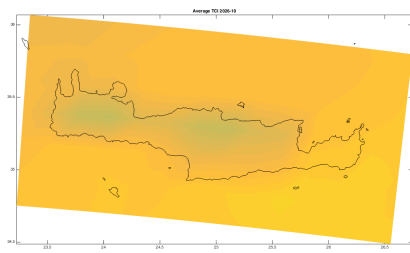


Όσο αναφορά τους καλοκαιρινούς μήνες από Μάιο έως Αύγουστο ο δείκτης TCI κυμαίνεται από 85 μέχρι και 100 σε πολλές περιοχές του νησιού με εντονότερη διαφορά στη περιοχή των Χανίων, όπου έχει την καλύτερη δυνατή τιμή. Αντίθετα ο δείκτης HCI παρουσιάζει πτώση την περίοδο Μαΐου με Αύγουστο σε σχέση με τον δείκτη TCI αλλά άνοδο σε σχέση με το έτος 2016 ειδικότερα τον μήνα Ιούνιο.

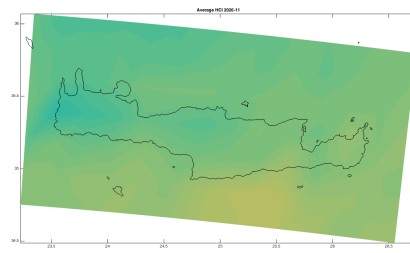
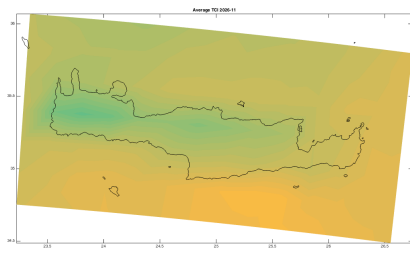
### Σεπτέμβριος - 2026



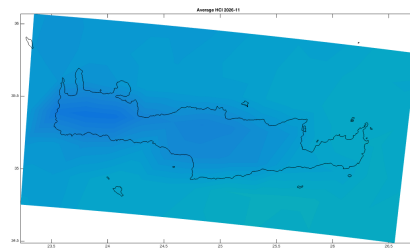
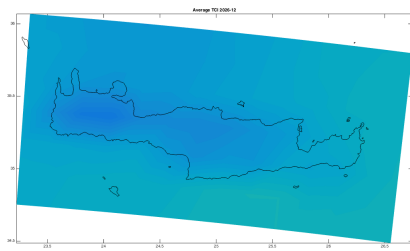
### Οκτώβριος - 2026



### Νοέμβριος - 2026



### Δεκέμβριος - 2026

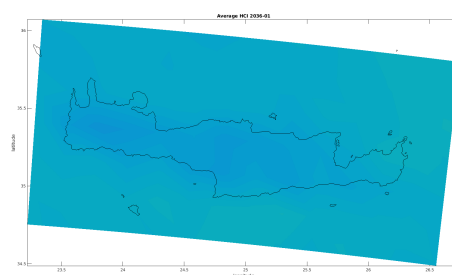
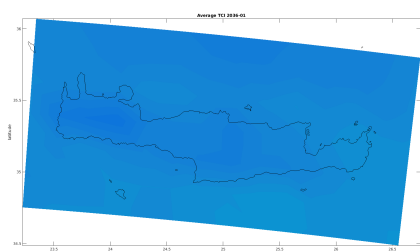


Παρόμοιες μεταβολές μέχρι και τον μήνα Οκτώβριο έχουμε και για τους δύο δείκτες. Ωστόσο, από τον μήνα Νοέμβριο παρατηρούμε μια εντονότερη αλλαγή και για τους δύο δείκτες σε όλη την έκταση της Κρήτης. Με τον TCI να κυμαίνεται 10 μονάδες υψηλότερα από το έτος 2016, ενώ ο HCI να μειώνεται.

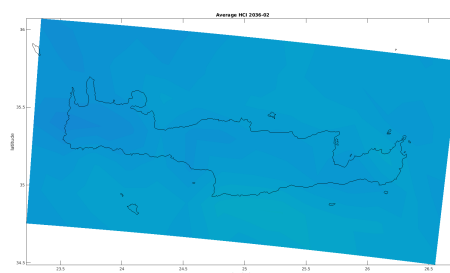
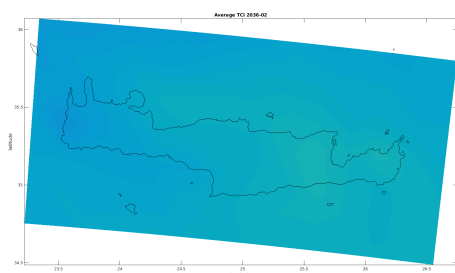
TCI

Ιανουάριος - 2036

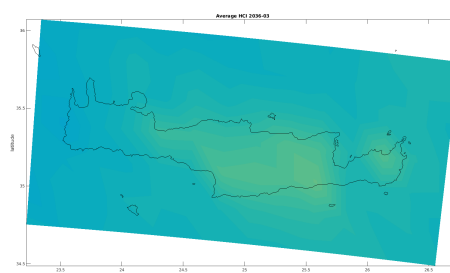
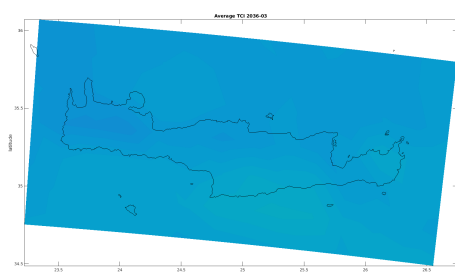
HCI



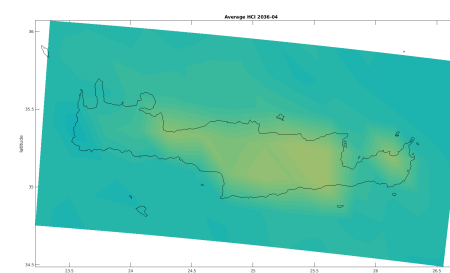
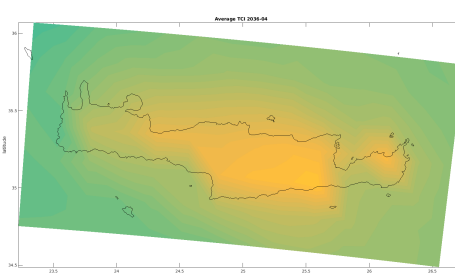
Φεβρουάριος - 2036



Μάρτιος - 2036



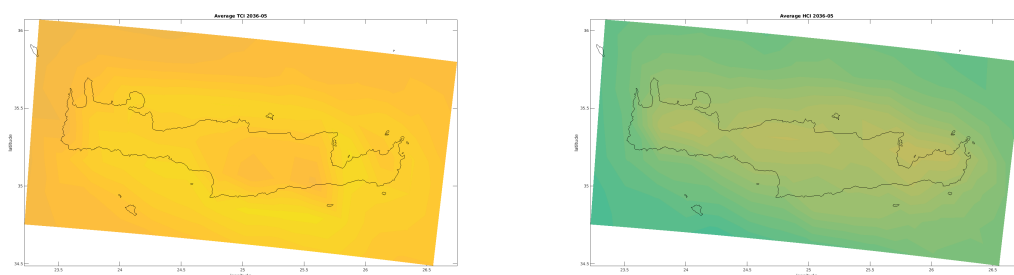
Απρίλιος - 2036



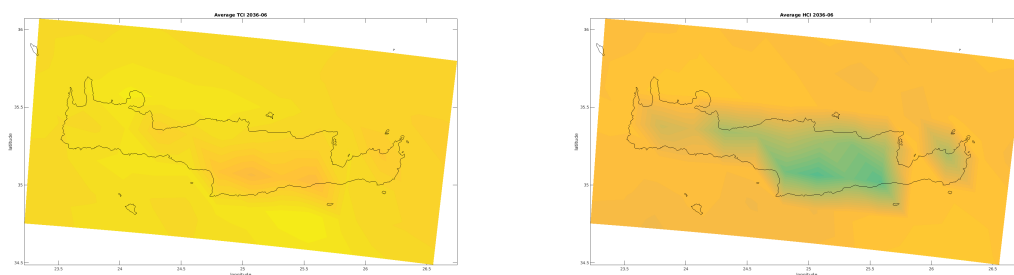
Παρατηρούμε ότι και για τους δύο δείκτες υπάρχει έντονη ομοιογένεια για τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο, καθώς φαίνεται ελάχιστη μεταβολή των γραφημάτων. Τον μήνα Απρίλιο ο δείκτης TCI μεταβάλλεται εντονότερα σε σχέση με το δείκτη HCI ειδικότερα στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Το νότιο Ηράκλειο είναι η περιοχή η οποία εμφανίζει εντονότερη αρχική δραστηριότητα και στους δύο δείκτες, ενώ η υπόλοιπη Κρήτη έχει περισσότερο ομοιογενείς διακυμάνσεις.



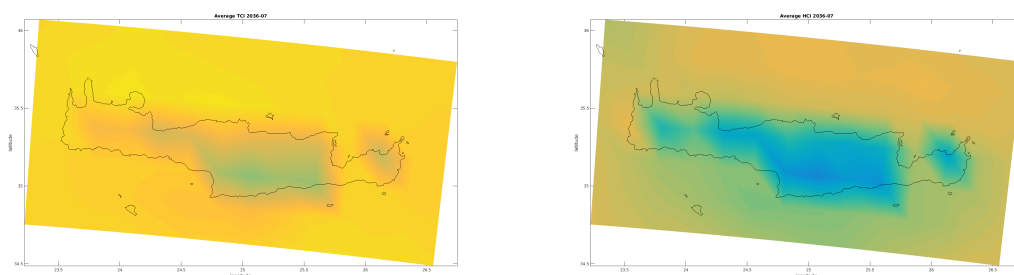
### Μάιος - 2036



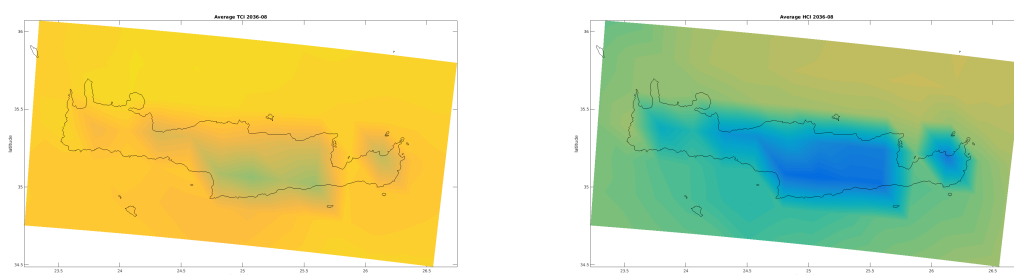
### Ιούνιος - 2036



### Ιούλιος - 2036

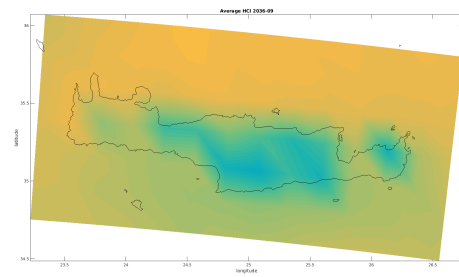
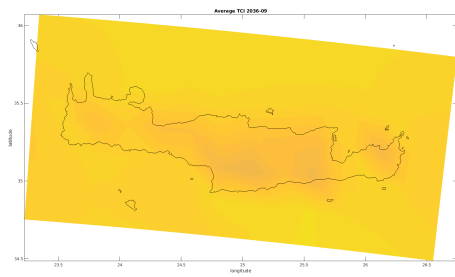


### Αύγουστος - 2036

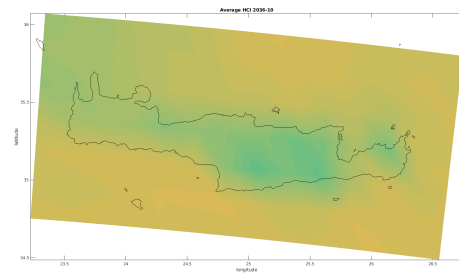
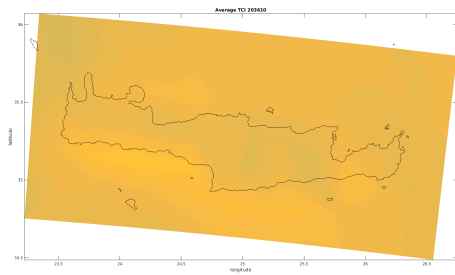


Παρατηρούμε ότι για τους Νομούς Χανίων, Ρεθύμνου και Λασιθίου ο δείκτης TCI διαθέτει ιδανικές τιμές σχεδόν σε όλες τις περιοχές, ενώ εμφανίζει μια μικρή μείωση στο νότιο Ηράκλειο ιδιαίτερα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Για τον δείκτη HCI οι τιμές είναι πολύ χαμηλότερες σε σχέση με αυτές του TCI με τον δείκτη να πλησιάζει στο αποδεκτό κλίμα για τον τουρισμό.

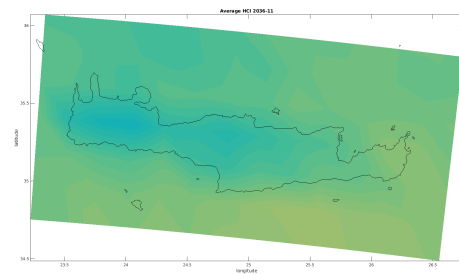
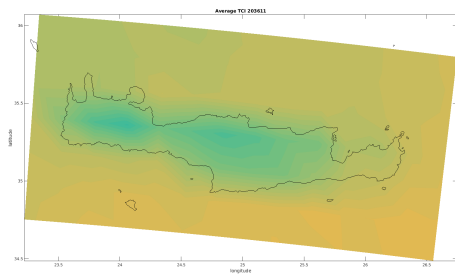
### Σεπτέμβριος - 2036



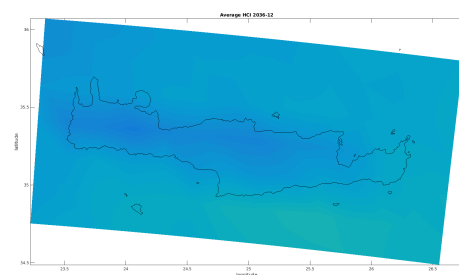
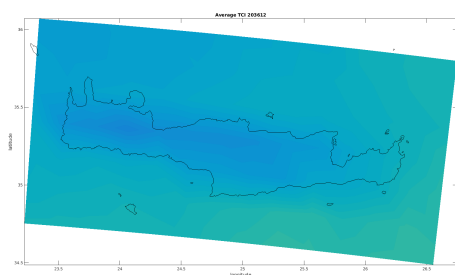
### Οκτώβριος - 2036



### Νοέμβριος - 2036



### Δεκέμβριος - 2036

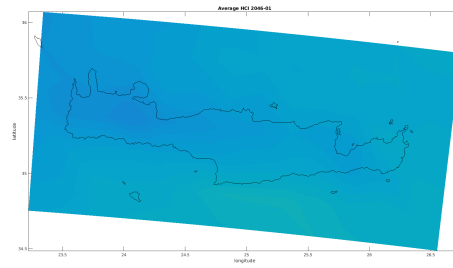
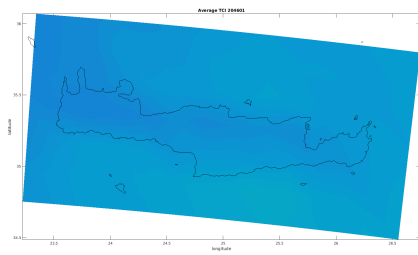


Για το έτος 2036 ο δείκτης TCI παρουσιάζει ελάχιστες μεταβολές με την προηγούμενη δεκαετία. Αντίθετα ο δείκτης HCI εμφανίζει διαφορές μεγαλύτερες κατά το μήνα Σεπτέμβριο στη κεντρική Κρήτη, αλλά και στο δυτικό κομμάτι του νησιού τον μήνα Νοέμβριο.

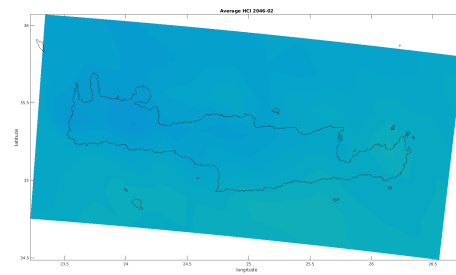
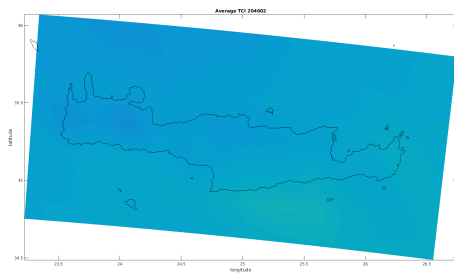
TCI

Ιανουάριος - 2046

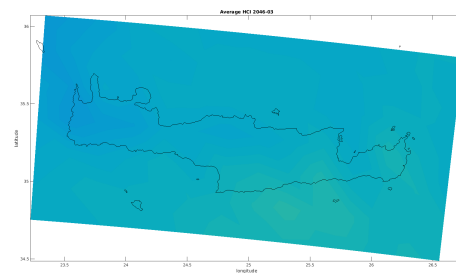
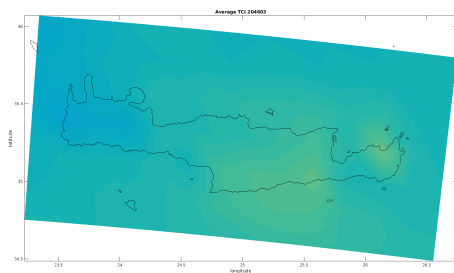
HCI



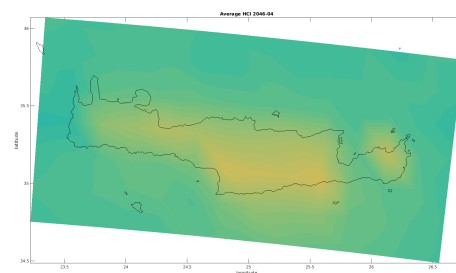
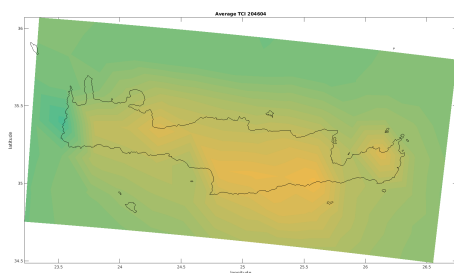
Φεβρουάριος - 2046



Μάρτιος - 2046

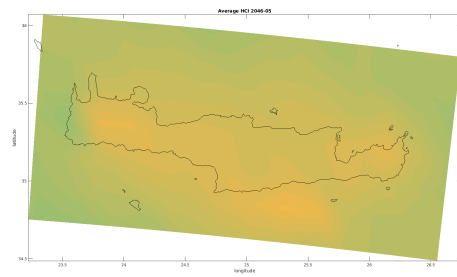
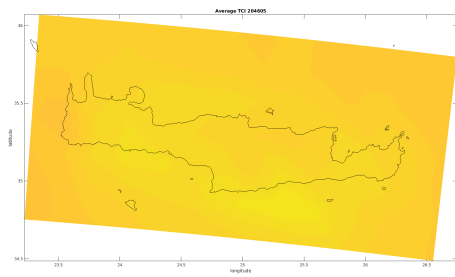


Απρίλιος - 2046

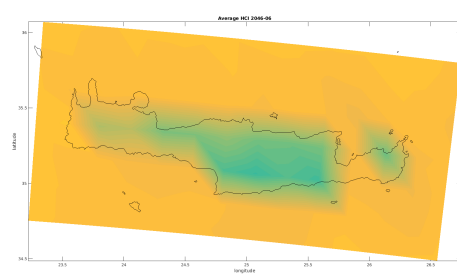
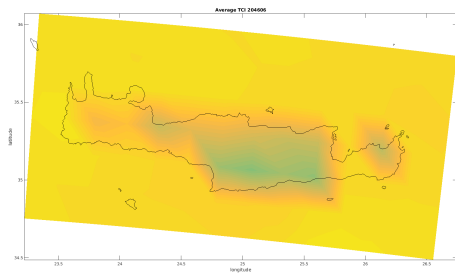


Για το έτος 2046 ο δείκτης TCI δεν εμφανίζει σημαντικές μεταβολές σε σχέση με προηγούμενα έτη την περίοδο Ιανουάριο έως και Απρίλιο, ομοίως και ο δεύτερος δείκτης.

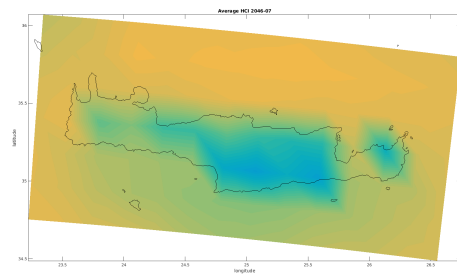
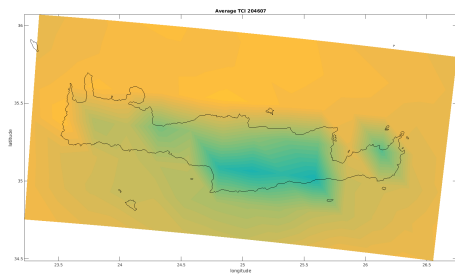
### Μάιος - 2046



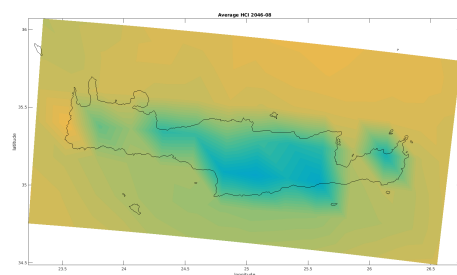
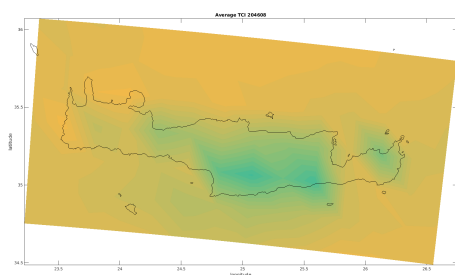
### Ιούνιος - 2046



### Ιούλιος - 2046

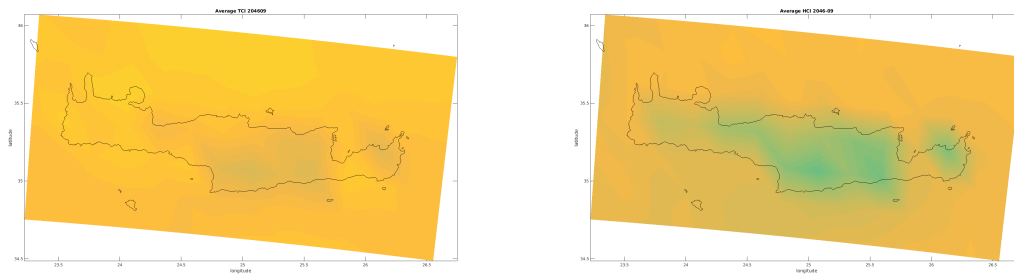


### Αύγουστος - 2046

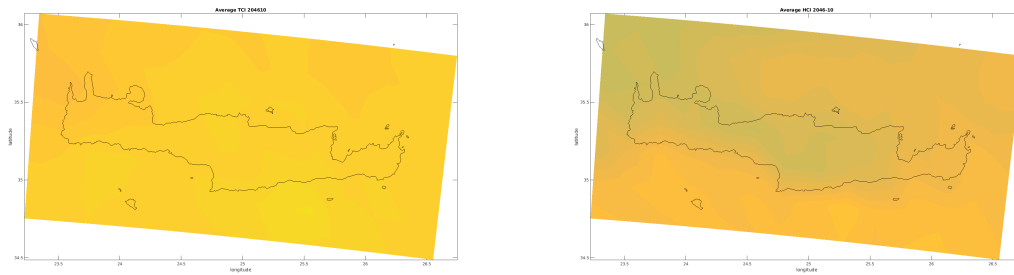


Την περίοδο Μαΐο έως και Αύγουστο θα παρατηρήσουμε την εντονότερη αλλαγή και των δύο δεικτών με αρκετά μεγάλη πτώση και τους 4 μήνες ειδικότερα στη κεντρική περιοχή της Κρήτης.

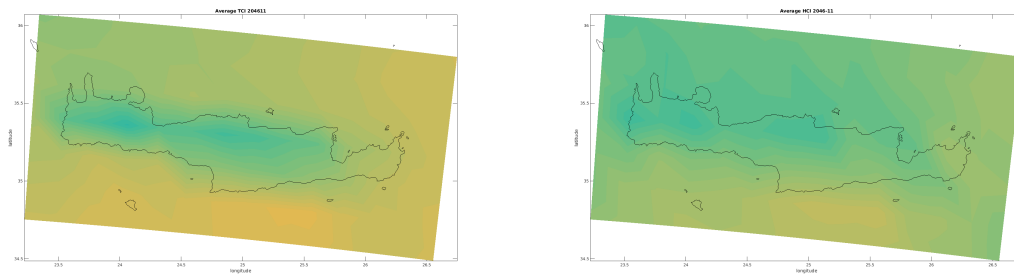
### Σεπτέμβριος - 2046



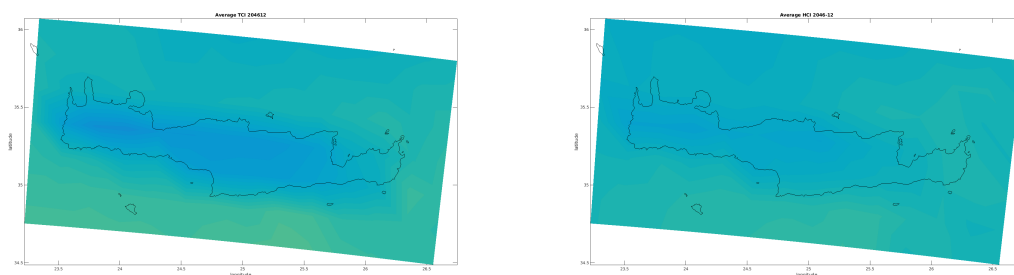
### Οκτώβριος - 2046



### Νοέμβριος - 2046



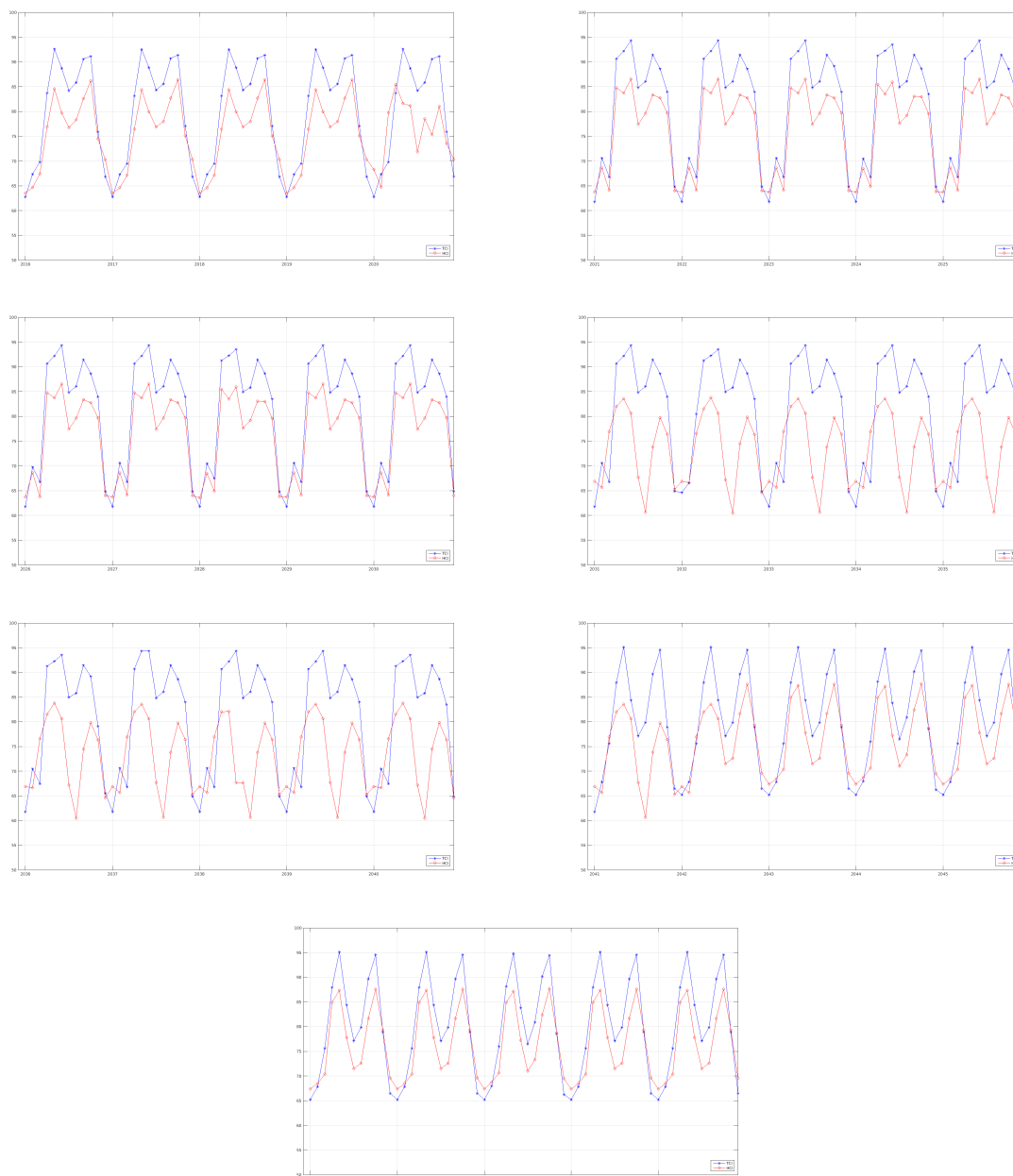
### Δεκέμβριος - 2046



Αντίθετα τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο οι δείκτες αποκτούν υψηλότερη τιμή στη κλίμακα σε σχέση με την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ για τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο οι μεταβολές είναι αμελητέες σε σχέση και με τα άλλα έτη που έχουν παρουσιαστεί.

Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του δείκτη TCI παρατηρούμε ότι κατά τον Ιανουάριο του έτους 2016 εμφανίζονται τιμές οι οποίες κυμαίνονται από 55-70. Σε όλο το μήκος του νησιού οι τιμές είναι από 65 έως 70 με το ΝΔ (νοτιοδυτικό) τμήμα της να διαθέτει την μικρότερη τιμή 55.

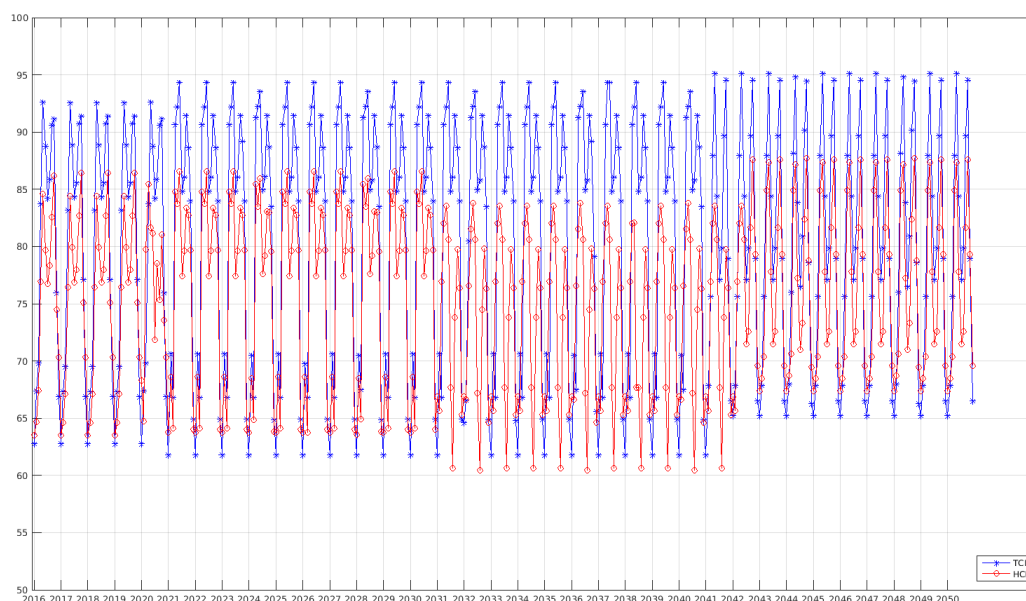
## Σύγκριση διακύμανσης δεικτών περιοχής Ηρακλείου



Παραπάνω παρουσιάζονται οι δείκτες TCI και HCI για την περιοχή του Ηρακλείου ανά 5-έτη για την χρονική περίοδο 2016-20150. Για την περίοδο 2016 -2025 η μεταβολή των τιμών των δεικτών είναι αμελητέα. Το έτος 2026 παρατηρείται μεταβολή στο BK (βόρειο κεντρικό) και NK(νότιο κεντρικό) τμήμα της Κρήτης με τιμές να μειώνονται στο 55-60. Μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται στην ΝΑ Κρήτη (ευρύτερη περιοχή της Ιεράπετρας) 65-75 και αντίστοιχες τιμές 55-70 με τον Ιανουάριο του 2016 στο ΝΔ (περιοχή Χανίων).

Τον Ιανουάριο του 2036 και τον Ιανουάριο 2046 το δυτικό και το ανατολικό τμήμα του νησιού παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ των 65-70. Ιδιαίτερη μεταβολή παρουσιάζεται στο NK όπου το 2036 οι τιμές είναι 55-60 ενώ, το 2046 παρουσιάζει μέγιστη τιμή το 75. Παρόμοιες τιμές του δείκτη TCI παρατηρούμε και τους υπόλοιπους χειμερινούς μήνες. Εντονότερη

### Διακύμανση δεικτών TCI και HCI για την περιοχή Ηρακλείου:



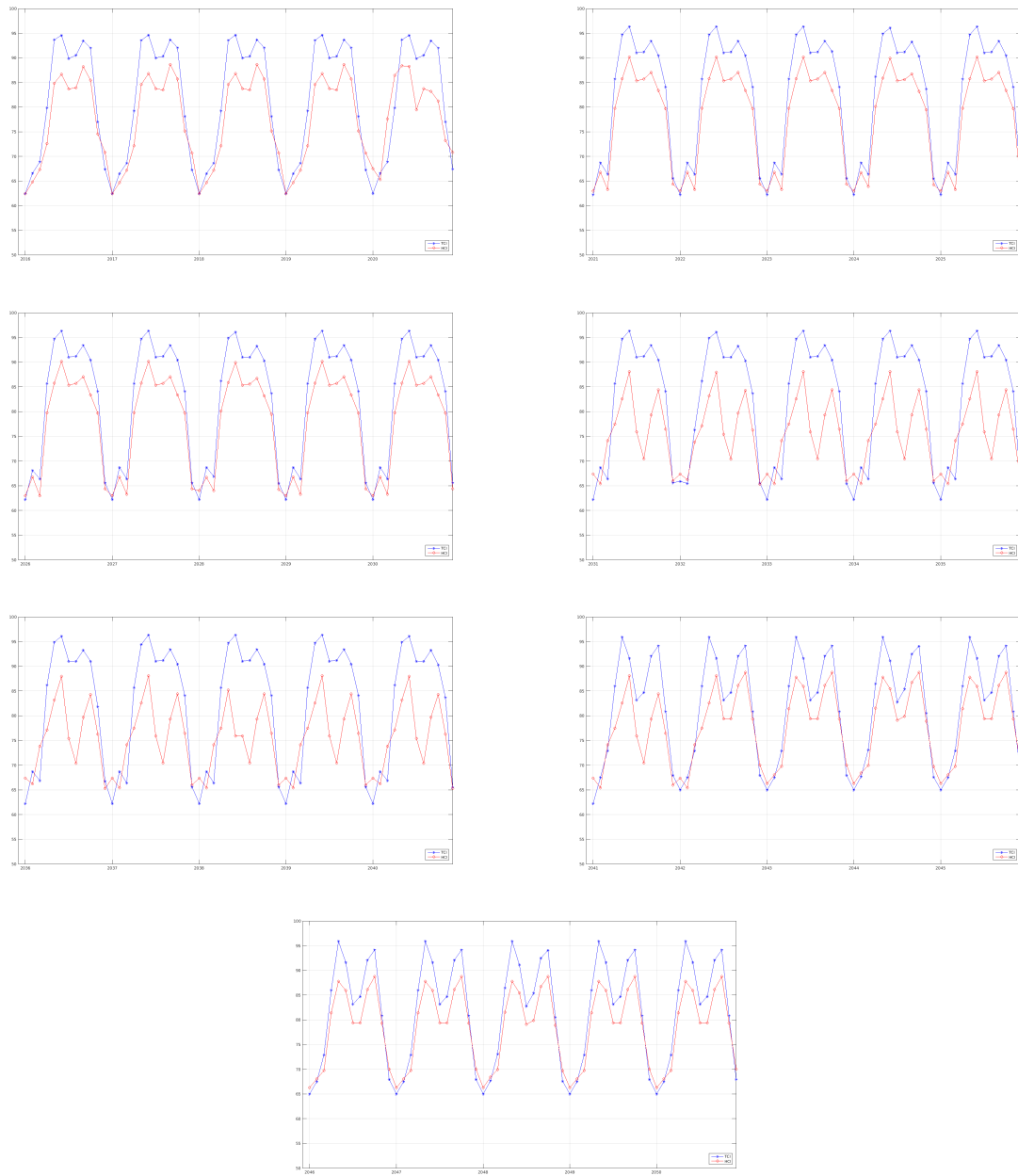
αλλαγή των τιμών του δείκτη εμφανίζεται την άνοιξη και την καλοκαιρινή περίοδο, όπου οι τιμές μεταβάλλονται ραγδαία και εμφανίζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις από μήνα σε μήνα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας.

Για τον μήνα Απρίλιο του έτους 2016 εμφανίζονται τιμές, οι οποίες κυμαίνονται από 70-90. Μεγαλύτερες τιμές (90-95) εμφανίζονται στην κεντρική Κρήτη, ενώ οι τιμές του δείκτη είναι για την βόρεια ακτή είναι 80-90 και 85-90 για τη νότια Κρήτη. Μικρότερες τιμές 70-85 εμφανίζει στο δυτικό τμήμα της Κρήτης με τιμές 70-80 για το ΒΔ και 75-85 για το ΝΔ. Για το χρονικό διάστημα 2016-2026 παρατηρούμε τις μεγαλύτερες τιμές στο κεντρικό τμήμα της Κρήτης 90-95, αλλά και στο ΒΑ τμήμα (περιοχή Σητείας), αντίστοιχα.

Ακολουθούν συγκριτικά διαγράμματα των δεικτών του TCI (μπλε γραμμή) και του HCI (κόκκινη γραμμή) για το νομό του Ηρακλείου. Τον μήνα Ιανουάριο, παρουσιάζεται η χαμηλότερη τιμή και μέχρι τον Μάιο υπάρχει ανοδική πορεία με το TCI να έχει μέγιστη τιμή στο 92 και το HCI μέγιστη στο 82. Τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο υπάρχει μικρή πτώση και στους δύο δείκτες που φτάνει την τιμή 87 και 81 για τους δείκτες TCI και του HCI αντίστοιχα, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας σε σχέση με την υγρασία (σχήμα 5.4). Έπειτα, τους επόμενους 3 μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο ακολουθεί μικρή αύξηση των τιμών με μέγιστη γύρω στο 91 για το TCI και 84 για το HCI. Τέλος, για τους μήνες Οκτώβριο έως Δεκέμβριο υπάρχει μεγάλη πτώση των τιμών που οφείλεται στα υψηλά ποσοστά υγρασίας και βροχοπτώσεων. Τα παρακάτω αποτελέσματα συμπίπτουν με την τουριστική περίοδο στην περιοχή του Ηρακλείου, όπου οι επισκέπτες στο νομό είναι περισσότεροι τους καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς. Παρόμοια εικόνα, εμφανίζουν και τα υπόλοιπα έτη μέχρι το 2019. Τους τελευταίους μήνες του 2019 υπάρχει μικρή διαφοροποίηση με τους δείκτες. Ο TCI δεν ακολουθεί το ίδιο μοτίβο και εμφανίζει περισσότερα από ένα ελάχιστα. Τη συγκεκριμένη χρονιά η θερμοκρασία σε σύγκριση με την υγρασία και τις

Σχήμα 3.54:

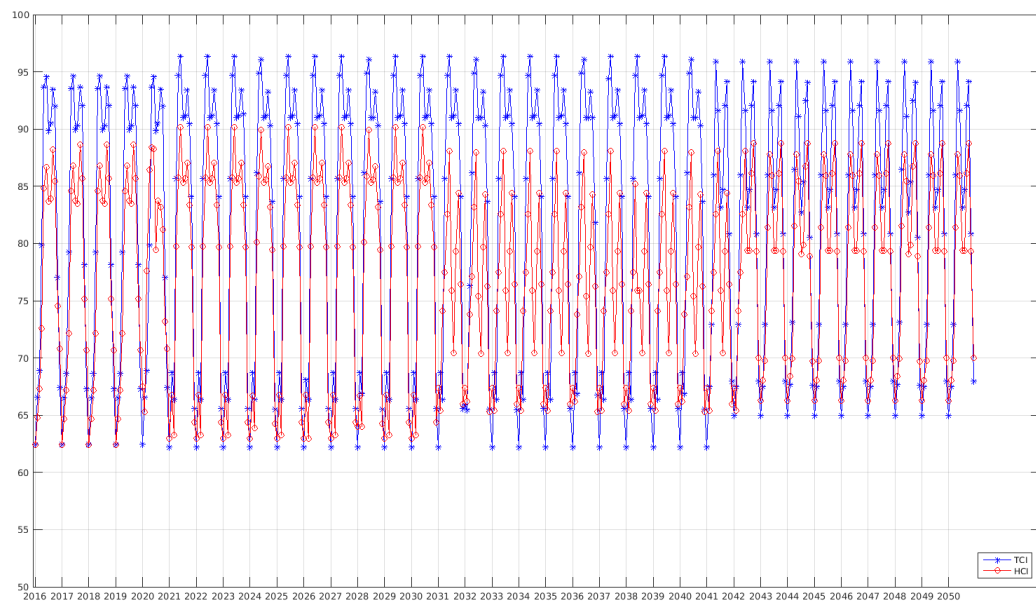
Σύγκριση διακύμανσης των δεικτών TCI και HCI για την περιοχή Ρεθύμνου



βροχοπτώσεις δημιουργούν συχνές αυξομειώσεις του HCI, ειδικότερα τους μήνες από Μάρτιο έως Σεπτέμβριο που κυμαίνονται μεταξύ 78 και 85.

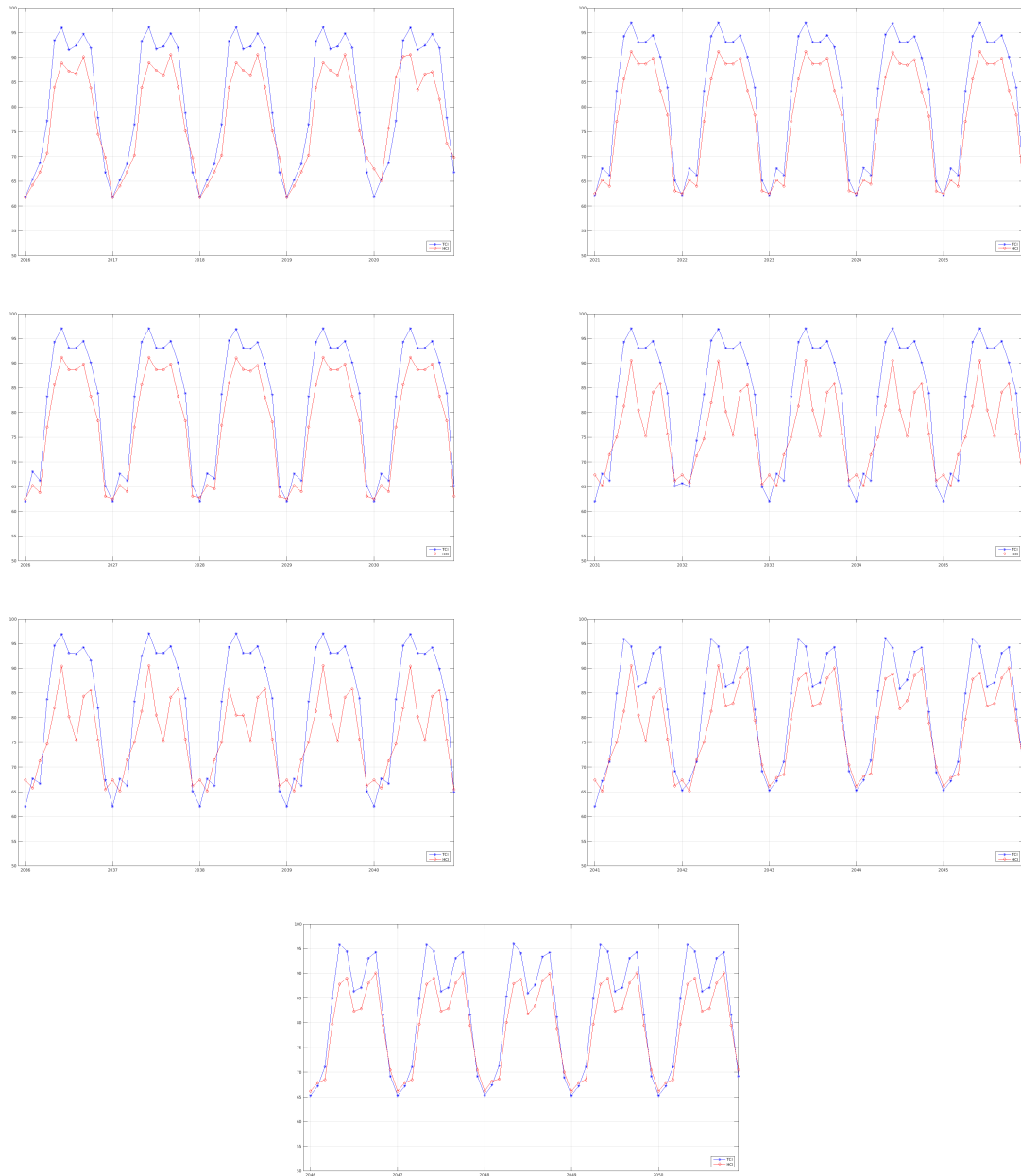


### Σύγκριση διακύμανσης των δεικτών TCI και HCI για την περιοχή Ρεθύμνου

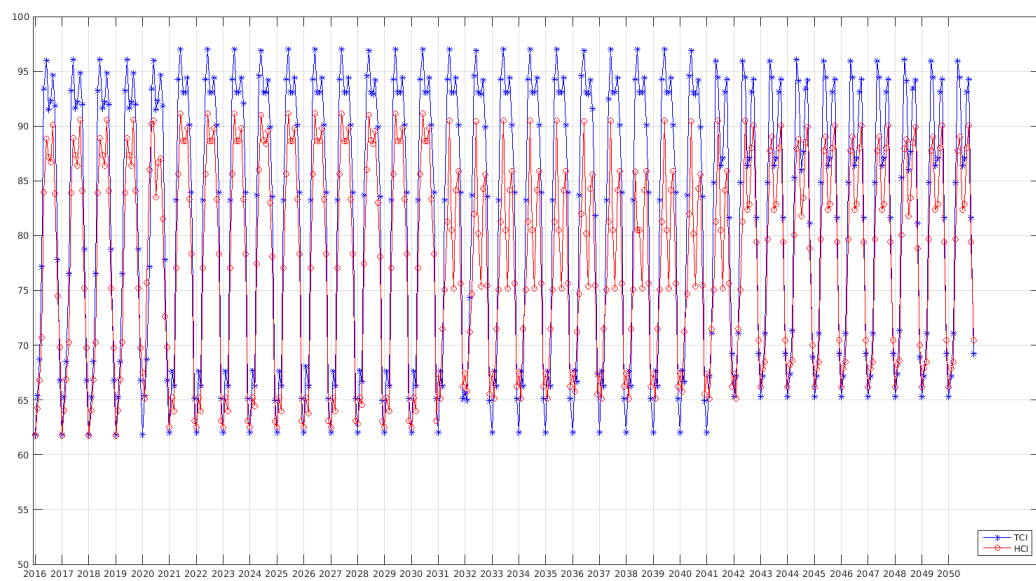


Σχήμα 3.55:

Σύγκριση διακύμανσης δεικτών TCI και HCI για την περιοχή των Χανίων

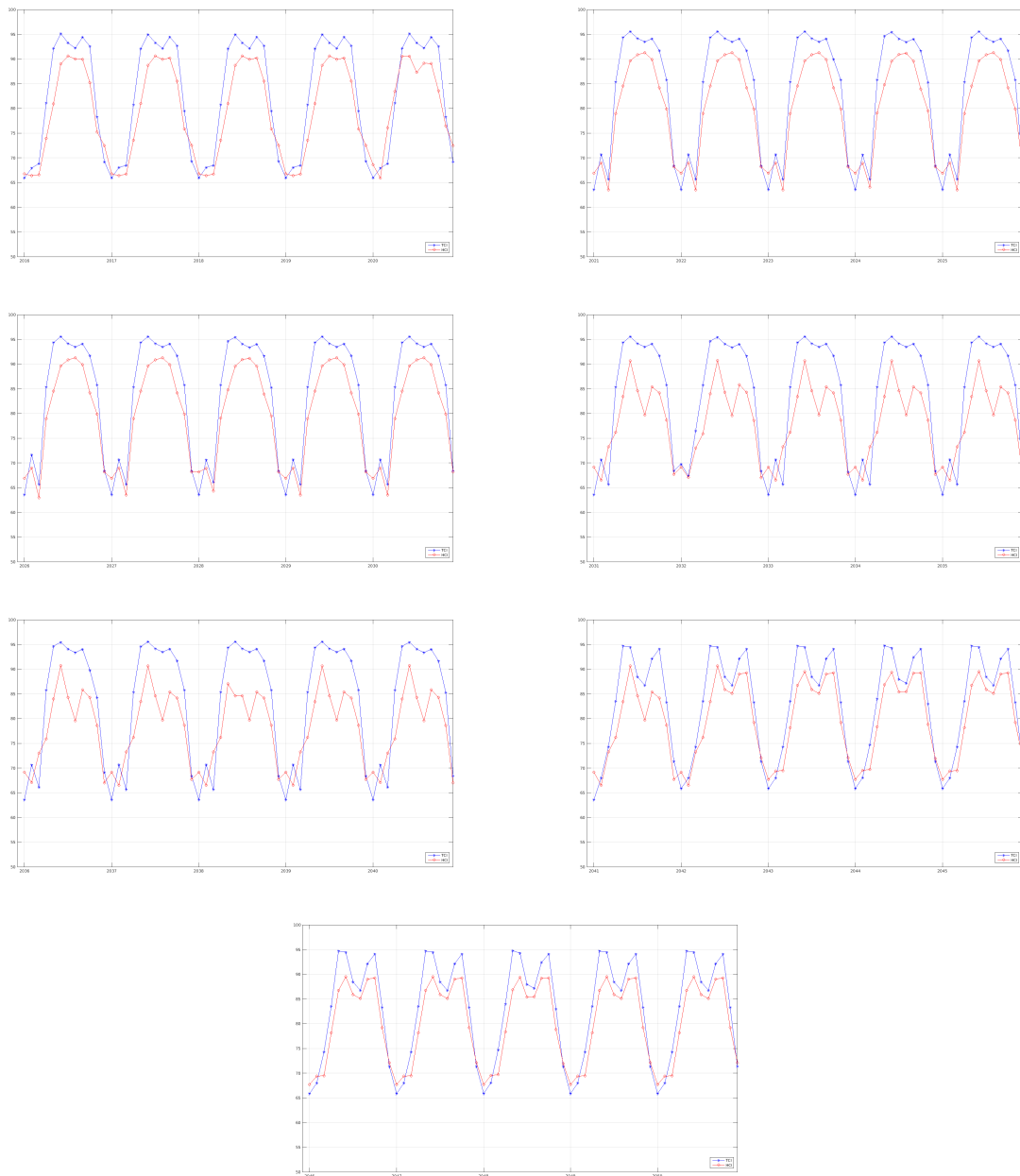


Σύγκριση διακύμανσης των δεικτών TCI και HCI για την περιοχή των Χανίων:

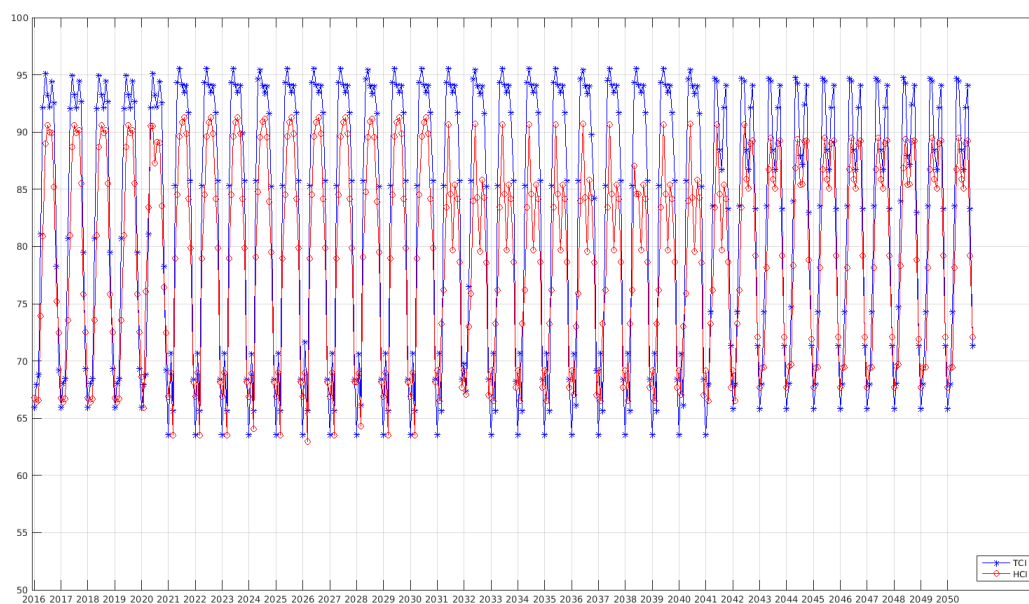


Σχήμα 3.56:

Σύγκριση διακύμανσης των δεικτών TCI και HCI της περιοχής Αγίου Νικολάου

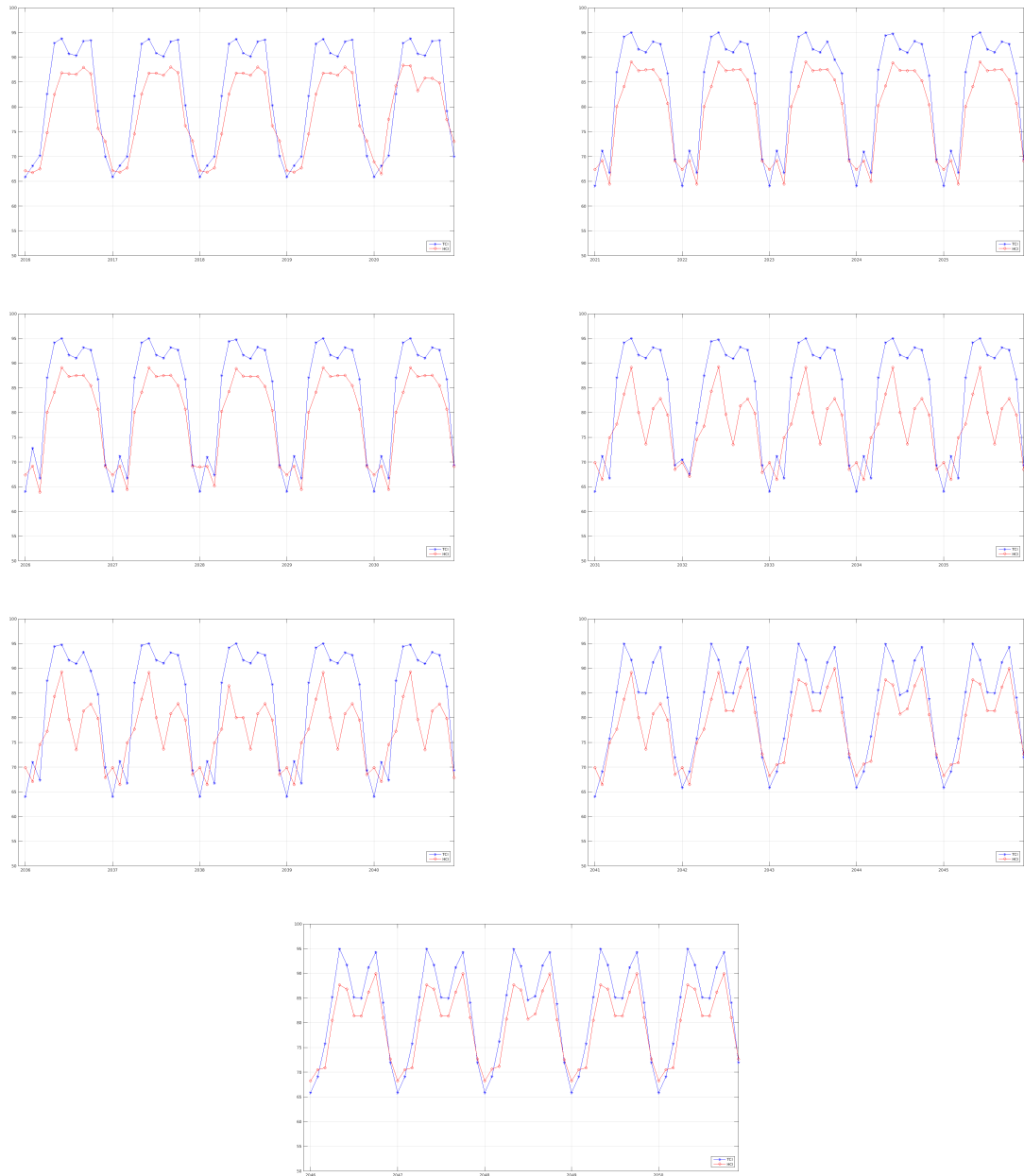


Σύγκριση διακύμανσης των δεικτών TCI και HCI της περιοχής Αγίου Νικολάου



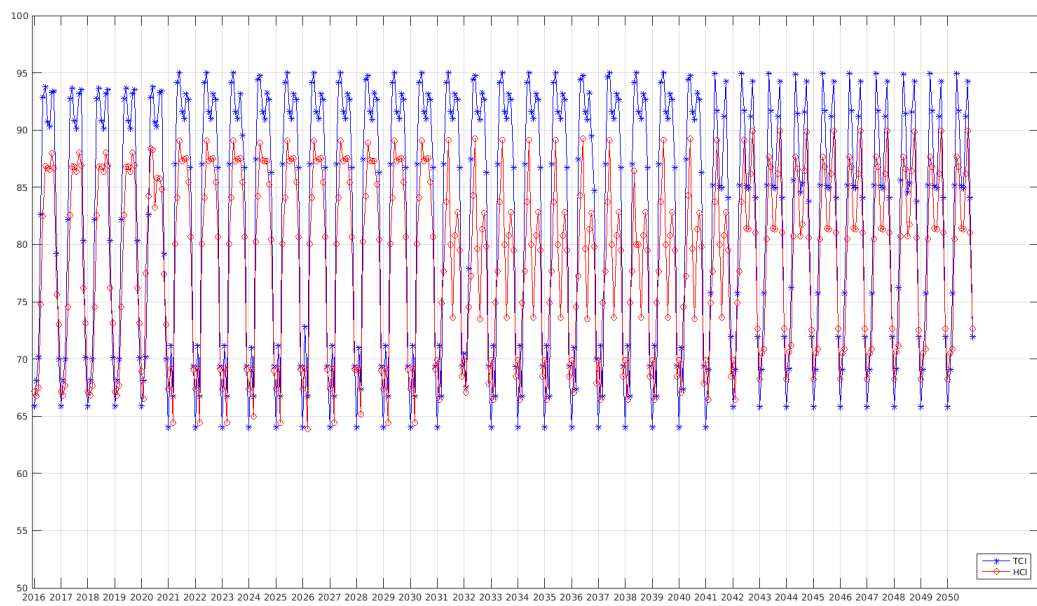
Σχήμα 3.57:

Σύγκριση διακύμανσης των δεικτών TCI και HCI περιοχή Σητείας



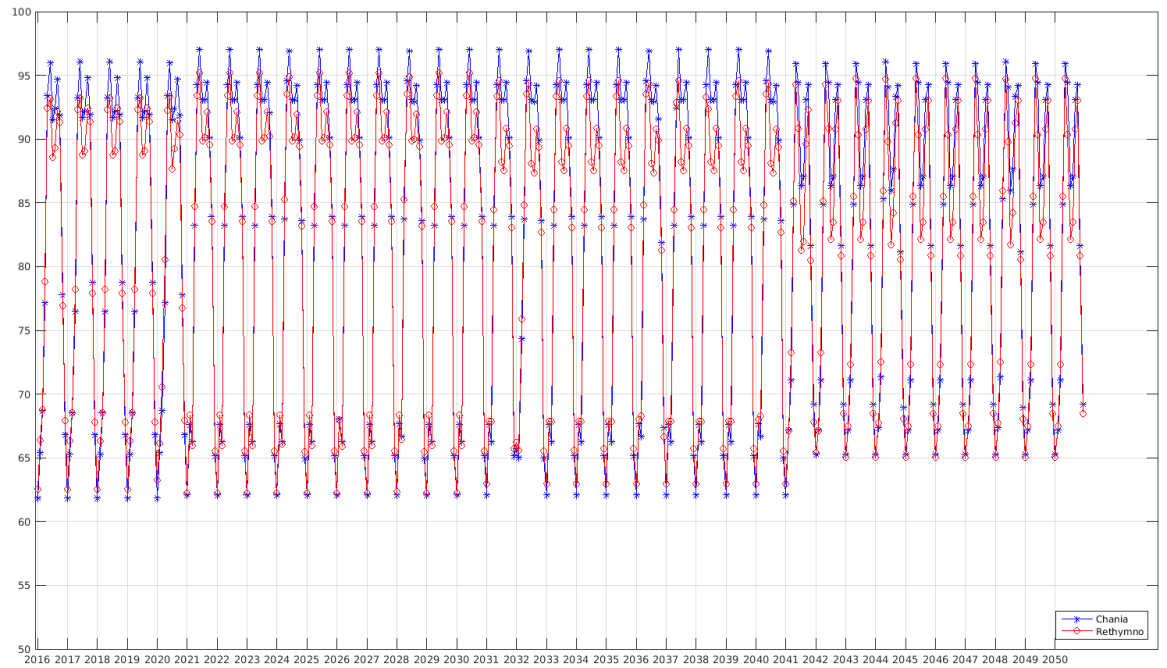
Σχήμα 3.58:

Σύγκριση διακύμανσης των δεικτών TCI και HCI για την περιοχή Σητείας:

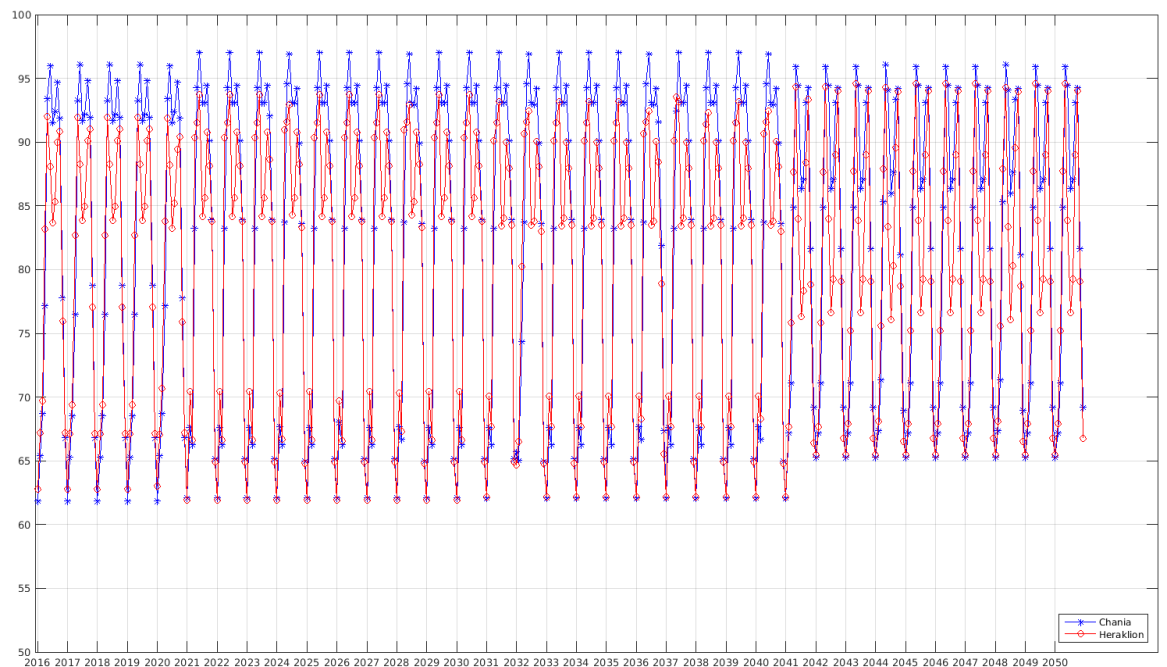


Σχήμα 3.59:

Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη TCI για τις περιοχές Χανίων - Ηρακλείου

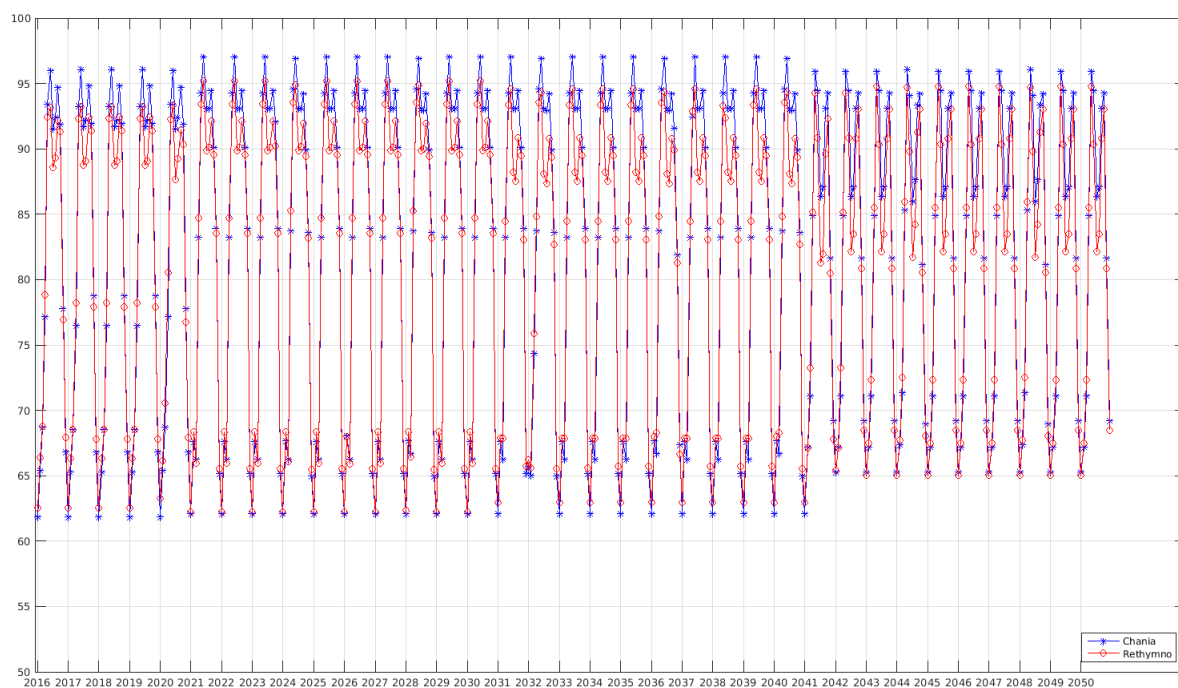


Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη HCI για τις περιοχές Χανίων - Ηρακλείου

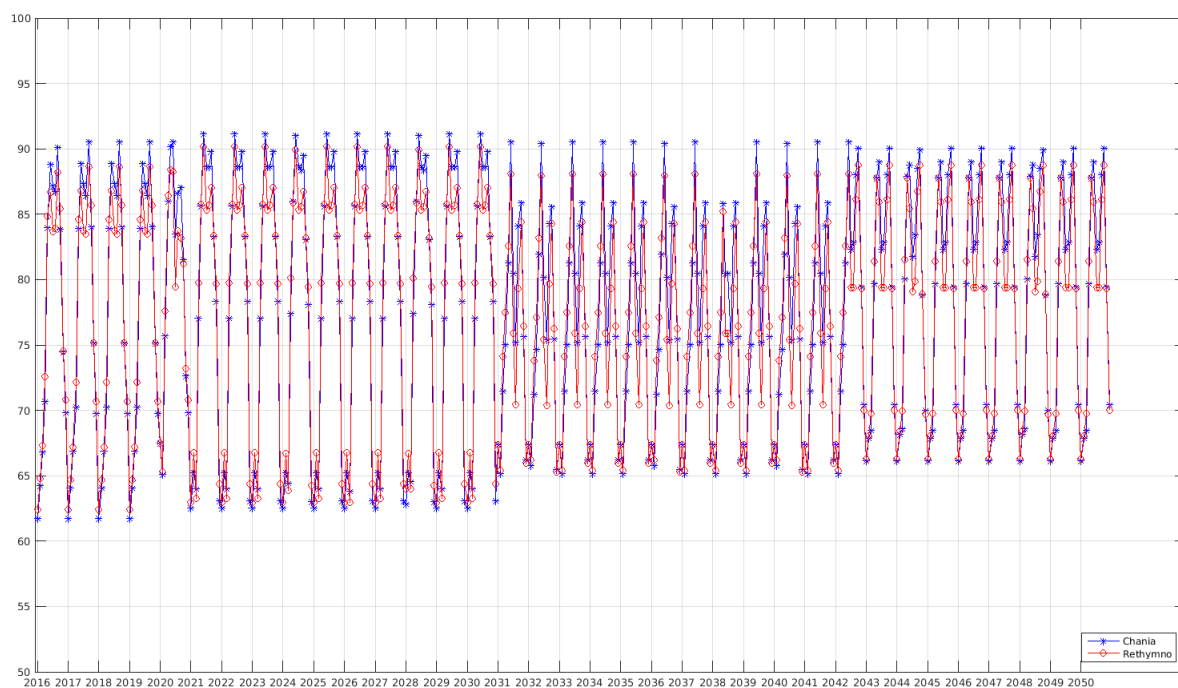




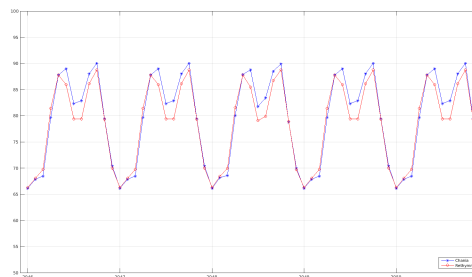
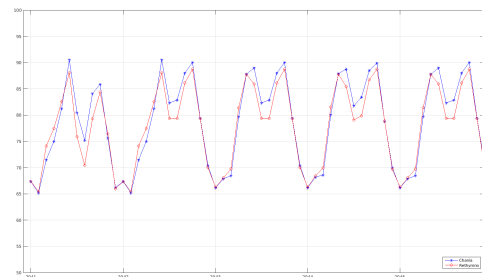
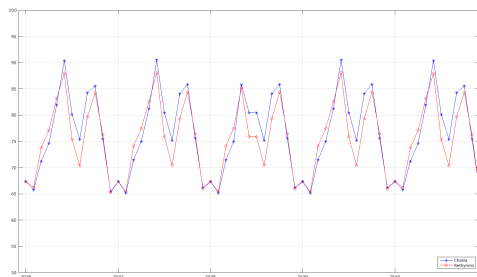
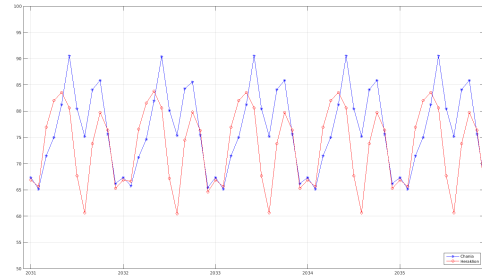
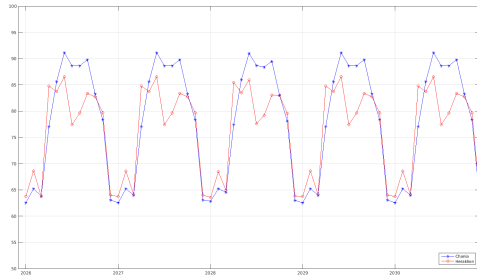
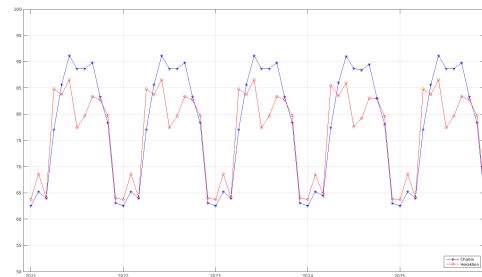
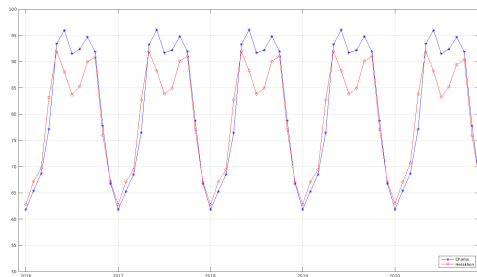
### Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη TCI για τις περιοχές Χανίων - Ρεθύμνου



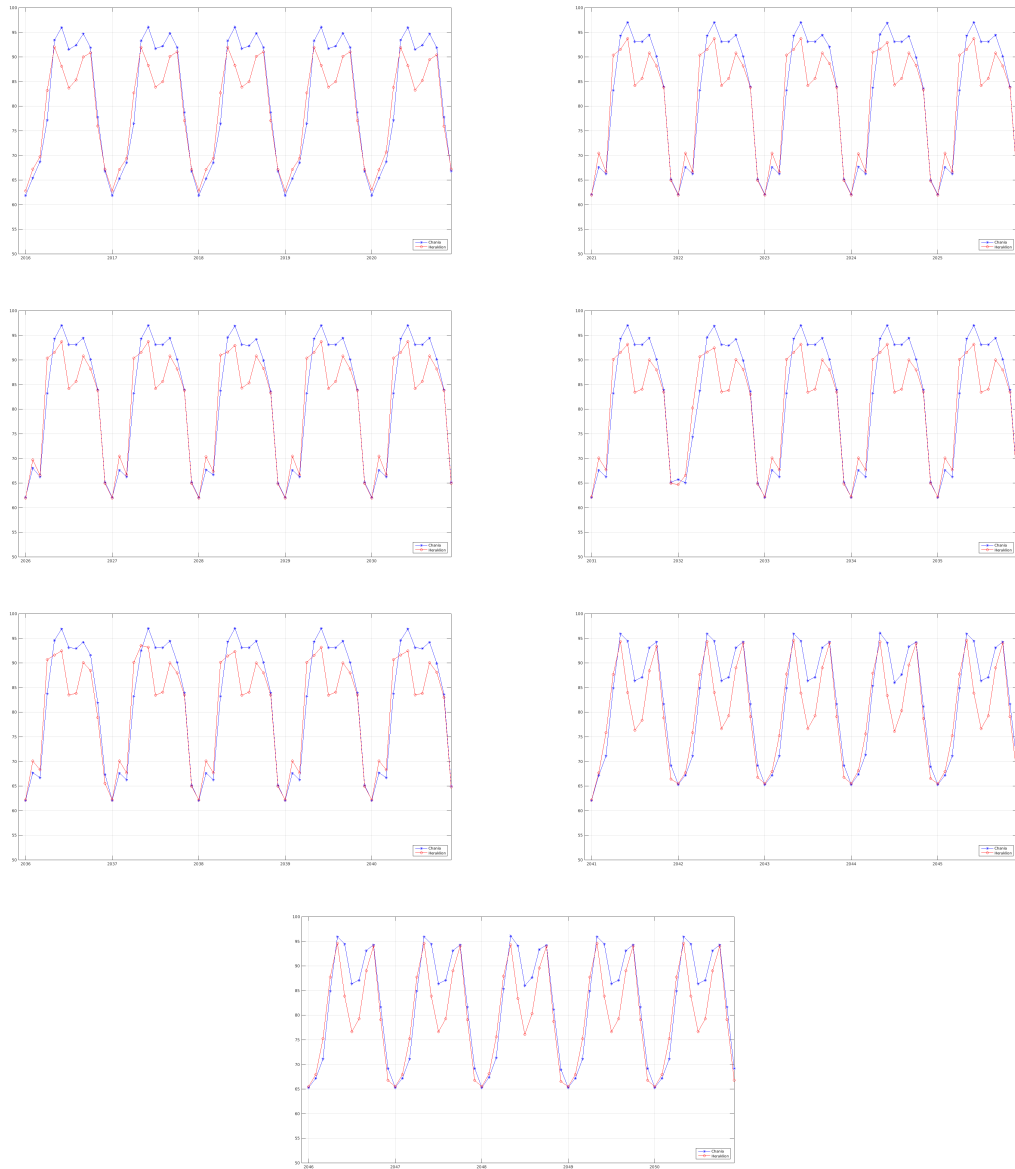
### Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη HCI για τις περιοχές Χανίων - Ρεθύμνου



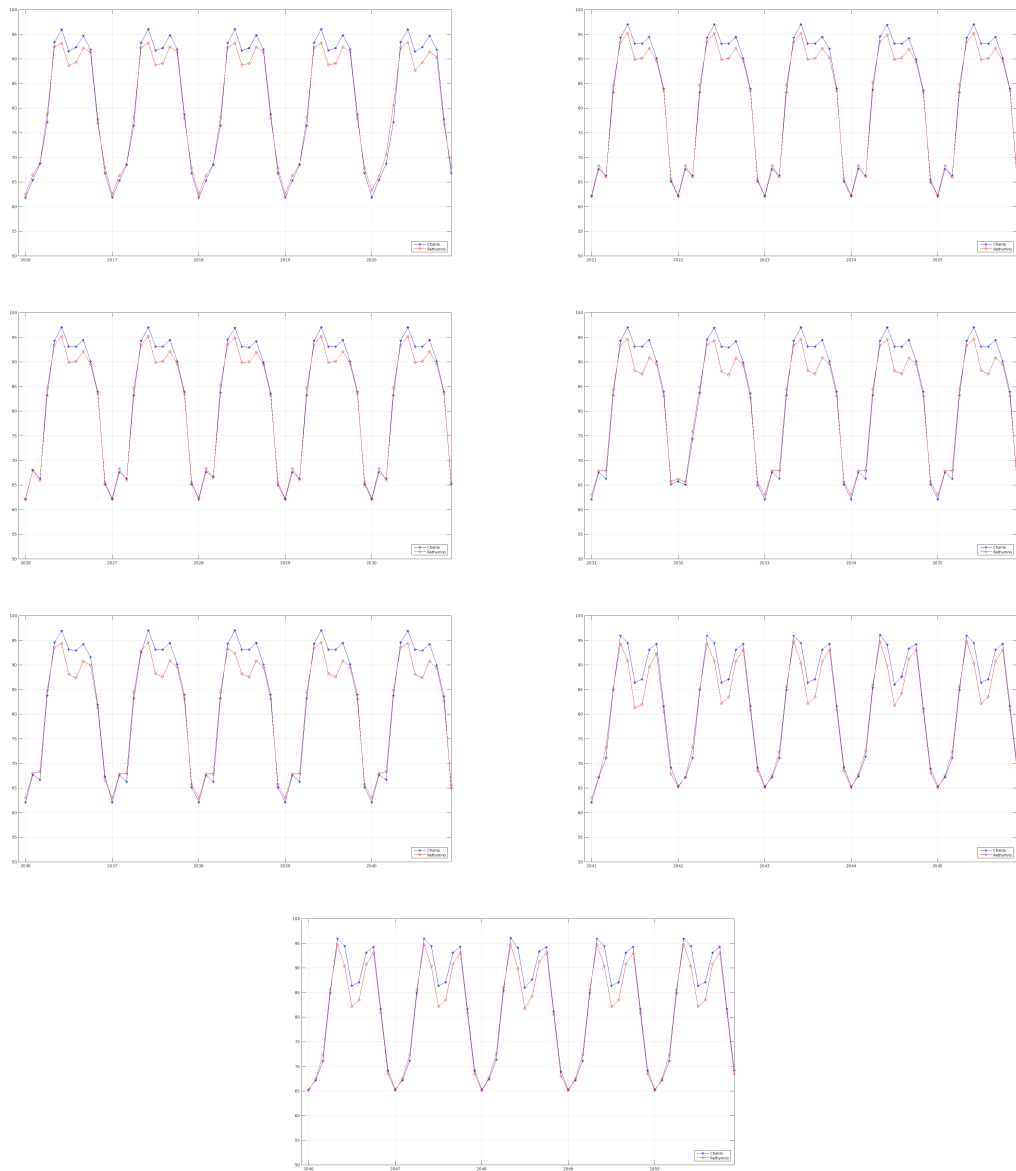
## Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη HCI για τις περιοχές Χανίων- Ηρακλείου



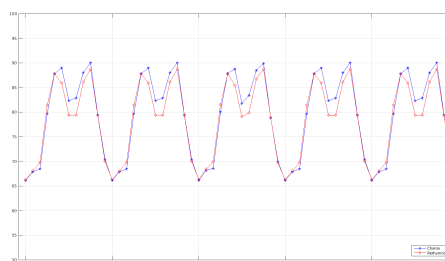
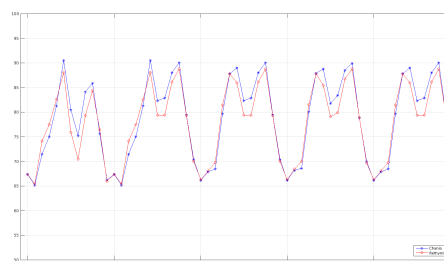
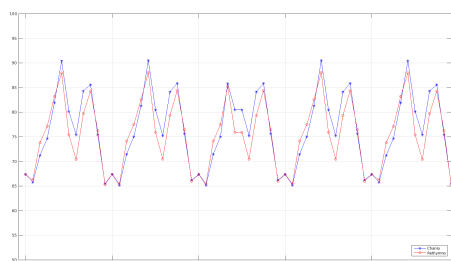
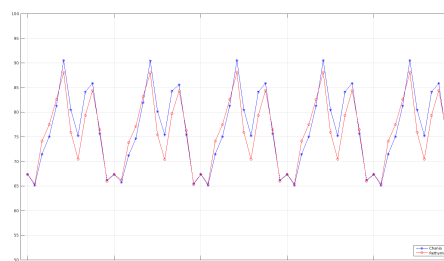
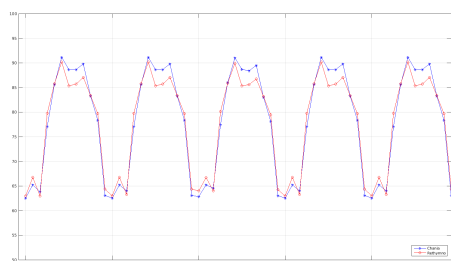
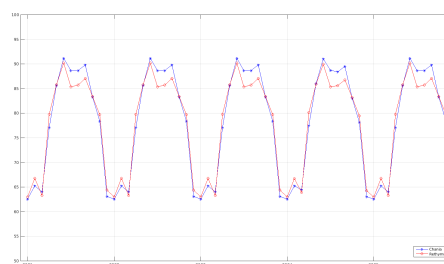
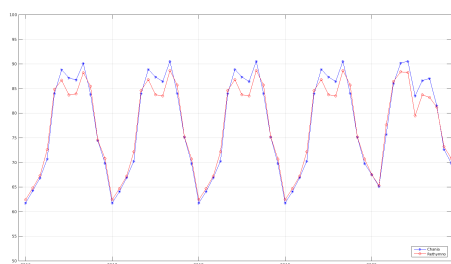
## Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη TCI για τις περιοχές Χανίων- Ηρακλείου



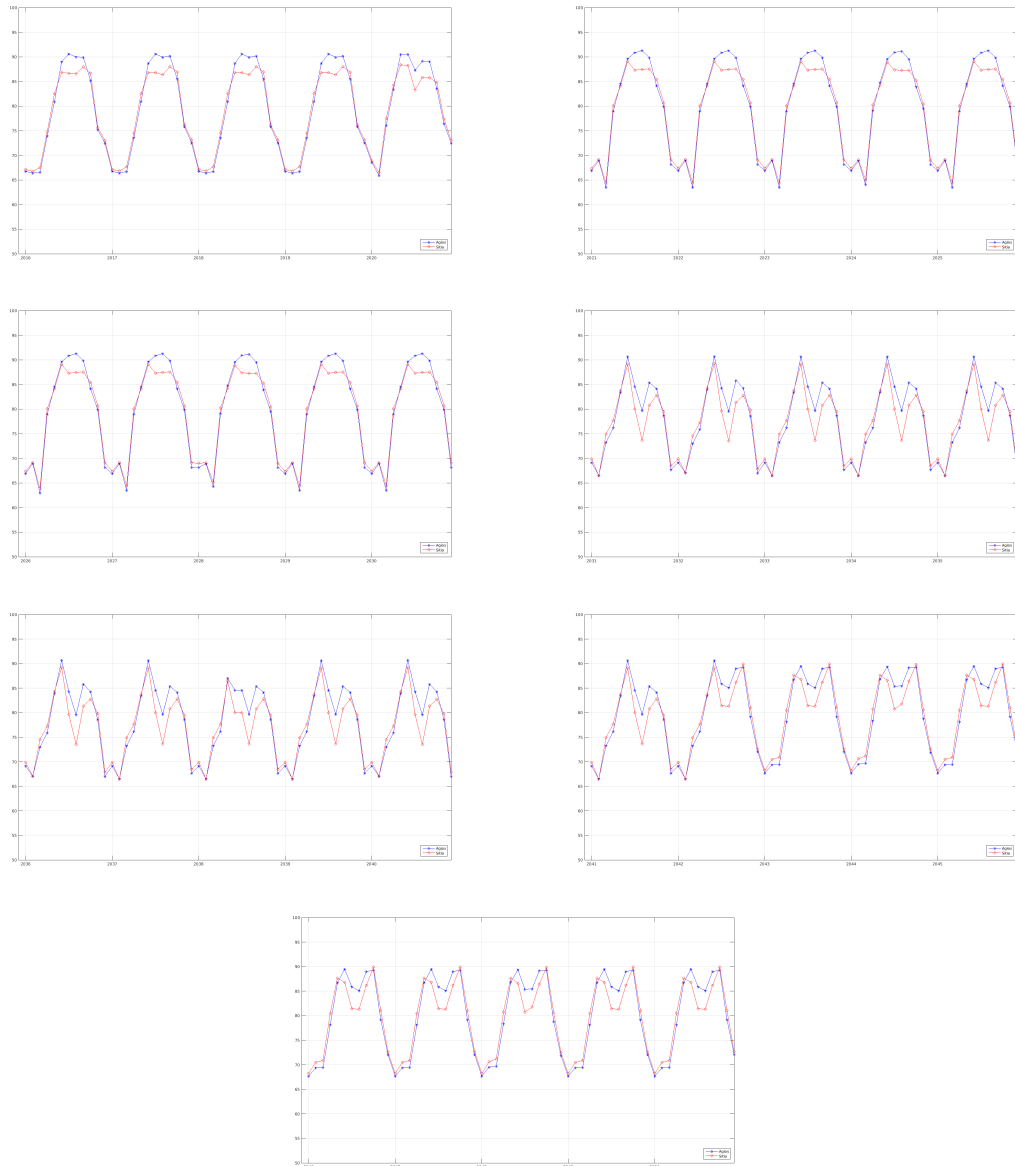
## Σύγκριση διαχύμανσης του δείκτη TCI για τις περιοχές Χανίων- Ρεθύμνου



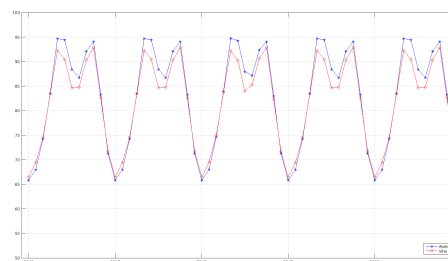
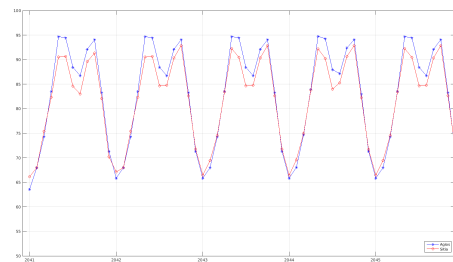
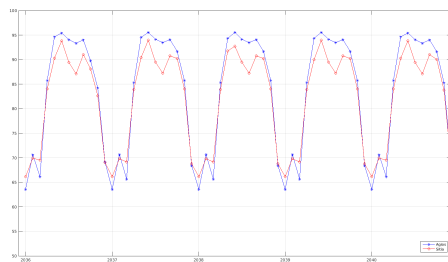
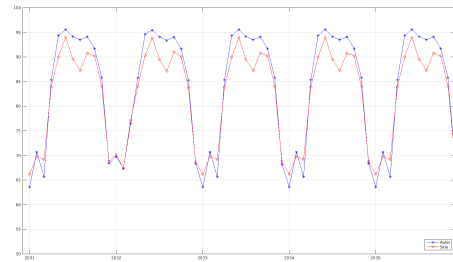
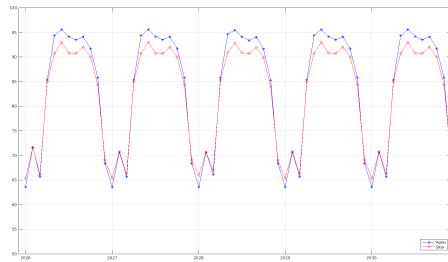
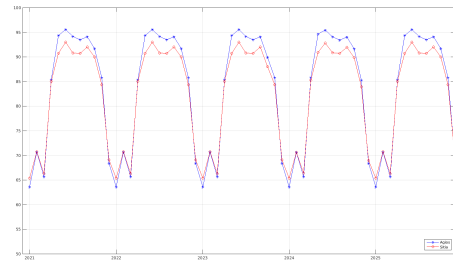
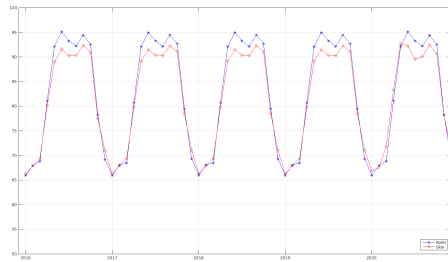
## Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη HCI για τις περιοχές Χανίων- Ρεθύμνου



## Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη HCI για τις περιοχές Άγιου Νικολάου-Σητείας



## Σύγκριση διακύμανσης του δείκτη TCI για τις περιοχές Άγιου Νικολάου-Σητείας



## Κεφάλαιο 4

# Συμπεράσματα

Ο Τουρισμός αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της ελληνικής οικονομίας, λόγω της υψηλής συμμετοχής του στο ΑΕΠ της χώρας. Όμως, ο Ελληνικός Τουρισμός παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα με κυριότερα τον εποχικό και γεωγραφικό συγκεντρωτισμό του προσφερόμενου προϊόντος και την πολύ αργή προσαρμογή στις νέες συνθήκες, τόσο από την πλευρά της ζήτησης όσο και του περιφερειακού ανταγωνισμού. Η παρούσα μελέτη έχει παράξει ενδιαφέροντα αποτελέσματα, τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό της τουριστικής ανάπτυξης του νησιού της Κρήτης. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη της παρούσας εργασίας είναι:

- Οι τιμές των δεικτών TCI και HCI της ακραίας /πολύ ισχυρής / ισχυρής ψυχρής καταπόνησης απουσιάζουν για την πλειοψηφία των περιοχών της Κρήτης.
- Οι δείκτες εμφανίζουν μείωση του εύρους τους ως το 2050 και οι διαφορές μεταξύ των νοτίων και των βορείων ακτών γίνονται εντονότερες μετά από αυτό το χρονικό διάστημα.
- Οι άνεμοι μελτεμιών εμποδίζονται από τις οροσειρές κατά μήκος του νησιού και έτσι οι νότιες παράκτιες περιοχές βιώνουν μεγαλύτερες περιόδους με χαμηλότερες τιμές TCI και HCI.
- Σε ετήσια βάση η Κρήτη φαίνεται να βγαίνει κλιματικά ωφελημένη όσο αφορά τις τιμές του δείκτη τουριστικής ευφορίας TCI. Η εποχική και περιφερειακή ανάλυση των τιμών του δείκτη επισημαίνει σημαντική επιδείνωση των κλιματικών παραμέτρων που επηρεάζουν τουριστικές ροές σε κρίσιμους τουριστικούς προορισμούς.
- Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν την αναγκαιότητα ανάληψης πρωτοβουλιών με σκοπό τη μείωση της εποχικότητας και τη διασπορά του τουριστικού προϊόντος σε μεγαλύτερο χρονικό πλαίσιο.
- Οι στόχοι αυτοί μπορούν να επιτευχθούν με τη σωστή διαχείριση και διοίκηση των τουριστικών μονάδων με την χρήση σύγχρονων εργαλείων (κλιματικά μοντέλα, περιβαλλοντικοί δείκτες ) αλλά και με την παραγωγή υπηρεσιών κάτω από μακροχρόνιο στρατηγικό σχεδιασμό των τουριστικών μονάδων.
- Σε επίπεδο περιφέρειας η ανάδειξη των φυσικών χαρακτηριστικών της Κρήτης, η προώθηση ήπιων και εναλλακτικών μορφών τουρισμού και η έμφαση στην προέλευση νέων στοχευμένων ομάδων τουριστών μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην ανάπτυξη του τουρισμού σε συνδυασμό με μέτρα μετριασμού του περιβαλλοντικού αποτυπώματος λειτουργίας των τουριστικών μονάδων θα είχε σημαντική βοήθεια προς αυτή τη κατεύθυνση.



Αυτή η ερευνητική εργασία με την προσομοίωση της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή της Κρήτης προσφέρει την εικόνα των επόμενων δεκαετιών. Η πληροφορία αυτή έχει μεγάλη σημασία στις αποφάσεις του σχεδιασμού ανάπτυξης της τουριστικής βιομηχανίας, διότι προβλέπονται οι μελλοντικές καταστάσεις που επηρεάζουν το τουριστικό προϊόν. Έτσι η αξιοποίηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων θα βοηθήσει στη σωστή προετοιμασία έναντι πιθανών κινδύνων , αλλά και στη κατεύθυνση της βέλτιστης ανάπτυξης του τουρισμού στο νησί της Κρήτης.

# Βιβλιογραφία

- [1] Meijgaard, E. van, L.H. van Uft, W.J. van de Berg, F.C. Bosveld, B.J.J.M. van den Hurk, G. Lenderink, A.P. Siebesma- *The KNMI regional atmospheric climate model RACMO, version 2.1*. KNMI Technical Report 302, 43 pp. Available from KNMI, Post bus 201, 3730 AE, De Bilt, The Netherlands
- [2] Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής- *Οι περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα*, Τεχνική Έκθεση, Τράπεζα της Ελλάδας
- [3] Z. Mieczkowski- *The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism 1985* The Canadian Geographer - Le Geographe canadien, vol 29, pp. 220-233
- [4] D. Scott, M. Rutt, B. Amelung, M. Tang- *An Inter-Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe*, Atmosphere, vol 7, Issue 6.
- [5] J. M. Hamilton, D. J. Maddison, R. S.J. Tol- *Climate change and international tourism: A simulation study* Global Environmental Change, vol 15, Issue 3, pp. 253-266.
- [6] Mantao Tang- *Comparing the 'Tourism Climate Index' and 'Holiday Climate Index' in Major European Urban Destinations*, Master Thesis, Waterloo Ontario Canada, 2013
- [7] E. Kallen- *HIRLAM DOCUMENTATION MANUAL*, system 2.5 june 1996
- [8] C.D.Hewitt, D.J.Griggs- *Ensembles-Based Predictions of Climate Changes and Their Impacts (ENSEMBLES)*, ENSEMBLES Technical Report No. 1
- [9] R. Morgan, E. Gatell, R. Junyent, A. Micallef, E. Ozhan , A.T.Williams- *An improved user-based beach climate index*, Journal of Coastal Conservation, vol 6, pp. 41, 2000.
- [10] A. Matzarakis, C.R. de Freitas- *Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation* , Report of a Workshop Held at Porto Carras, Neos Marmaras, Halkidiki, Greece, 5 -10 October 2001.
- [11] Yuksel Guclu- *The determination of sea tourism season with respect to climatical conditions on the black sea region of Turkey*, Sakarya University, Faculty of Education, Department of Social Studies Education, 54300, Hendek / Sakarya, Turkey
- [12] Amelung, B. and Moreno, A. (2009)- *Impacts of Climate Change in Tourism in Europe*, PESETA- Tourism Study, JRC Scientific and Technical Reports, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Seville. Retrieved June 3, 2012 from <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC55392.pdf>.
- [13] Amelung, B. and Viner, D. (2006) - *Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climatic Index*. Journal of Sustainable Tourism.

- [14] Becker, S. (1998)- *Beach Comfort Index – A New Approach to Evaluate the Thermal Conditions of Beach Holiday Resorts Using a South African Example*. GeoJournal.
- [15] Bigano, A., Hamilton, J.M. and Tol, R.S.J. (2006)- *The Impact of Climate on Holiday Destination Choice* Climatic Change.
- [16] ENSEMBLES (2009) *ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts at Seasonal, Decadal and Centennial Timescales* ENSEMBLES Project Office, Exeter, UK. Retrieved June 23, 2012 from [http : //ensembles – eu.metoffice.com/docs/Ensembles\\_final\\_report\\_Nov09.pdf](http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf).
- [17] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007b)-  
*Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- [18] Matzarakis, A. (2001) *Climate and Bioclimate Information for Tourism in Greece* Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation. December 2001.