

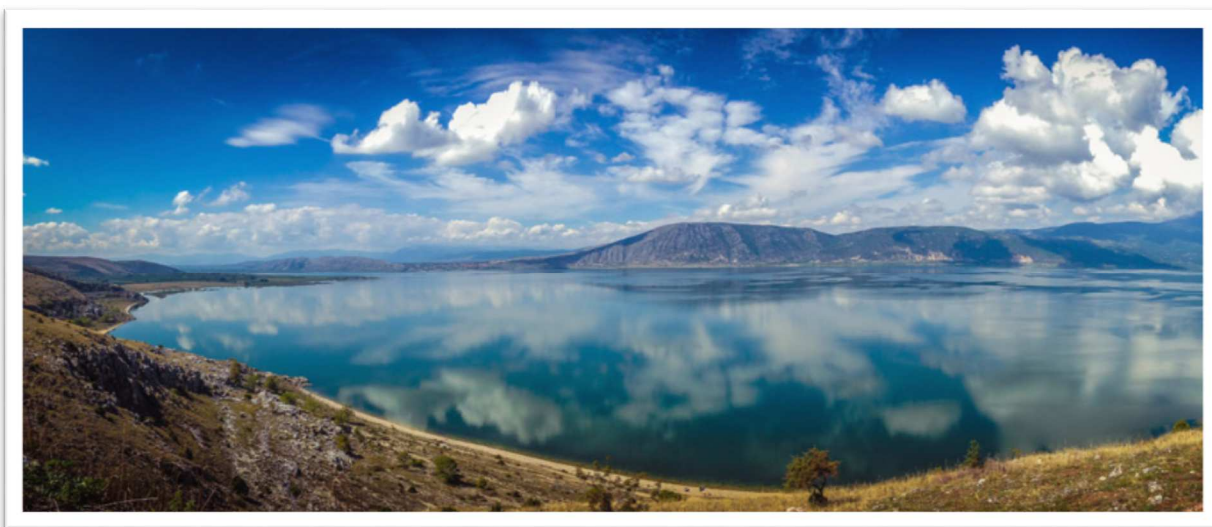
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΡΑΜΠΟΤΑΣ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ REGCM ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2019

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΡΑΜΠΟΤΑΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 4916

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ REGCM ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Μετεωρολογίας

Επιβλέπων

Επικ. Καθηγήτρια Αναγνωστοπούλου Χριστίνα

© Γεώργιος Ραμπότας, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Μετεωρολογίας, 2018
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ,
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ REGCM ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ
– Διπλωματική Εργασία

© George Rampotas, School of Geology, Dept. of Meteorology, 2018
All rights reserved.
FUTURE CALCULATION OF RAINFALL AND TEMPERATURE, STATISTICS AND
ANALYSIS, EVALUATION OF REGCM DATA FOR VEGORITIDA LAKE
– Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: https://www.grekomania.ru/images/events/sport/1455_vegoritida.jpg

Περίληψη εργασίας

Η έρευνα αυτή έγινε με σκοπό την εκτίμηση των μελλοντικών τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας στην περιοχή της Βεγορίτιδας. Τα δεδομένα προήλθαν από εννιά πραγματικούς μετεωρολογικούς σταθμούς με συνεχή καταγραφή καθ' όλη τη διάρκεια των ετών. Τα re-analysis είναι τα πραγματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν από τους σταθμούς. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε επίσης και το κλιματικό μοντέλο REG-CM χάρη στο οποίο μπορεί να σχηματιστεί μια εικόνα για την διαμόρφωση των δεδομένων αυτών στο μέλλον. Υπολογίστηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για μια συγκεκριμένη περίοδο ετών και συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα δεδομένα του κλιματικού μοντέλου REG-CM για υπολογιστεί η ακρίβεια του μοντέλου. Επίσης συγκρίθηκαν τα δεδομένα των ετών 1980-2000 με τα αντίστοιχα των 2050-2070 και βγήκαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα για την υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση των αποτελεσμάτων και πώς τελικά θα διαμορφωθεί το κλίμα εκείνη την περίοδο.

Abstract

This research was conducted to estimate future rainfall and temperature values in the Vegoritida area. The data came from nine meteorological stations with continuous recording over the years. Re-analysis is the actual data used by the stations. In the research, the REG-CM climatic model was also used to create a prediction for these data in the future. The temperature and rainfall data were calculated for a specific period of years and compared with the corresponding data of the REG-CM model to calculate the accuracy of the model. The data from 1980-2000 were also compared with those of 2050-2070 and the conclusions were calculated for the underestimation or overestimation of the results and how the climate will finally be shaped at that time.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	06
1.1 Κλίμα και κλιματολογία.....	06
1.2 Μεσογειακό κλίμα	11
1.3 Το κλίμα της Ελλάδος	14
1.4 Το κλίμα στην βεγορίτιδα.....	16
1.5 Δεδομένα	18
2. Ανάλυση δεδομένων RE-Analysis.....	20
3. Ανάλυση δεδομένων REG-CM.....	31
4. Συμπεράσματα	48

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κλίμα και Κλιματολογία

Ως **κλίμα** χαρακτηρίζεται η μέση καιρική κατάσταση που επικρατεί πάνω από μία περιοχή. Το κλίμα προκύπτει ύστερα από χρόνιες μελέτες του καιρού πάνω στην εξεταζόμενη περιοχή, με κύριους παράγοντες την θερμότητα, την κίνηση των αέριων μαζών και την υγρασία. Το κλίμα είναι ένας από τους σπουδαιότερους παράγοντες προσαρμογής της χλωρίδας και της πανίδας πάνω στη γη. Από αυτό προκύπτουν οι ζώνες βλάστησης όπως και επίσης η κατανομή των ανθρώπων αλλά και των ζώων επάνω στη γη. (Φλόκας Απόστολος, 1997)

Η **κλιματολογία** είναι η επιστήμη που μελετάει τα κλίματα και προσπαθεί να εξηγήσει την φύση τους καθώς και τις μεταβολές τους.

Σχήμα 1.1

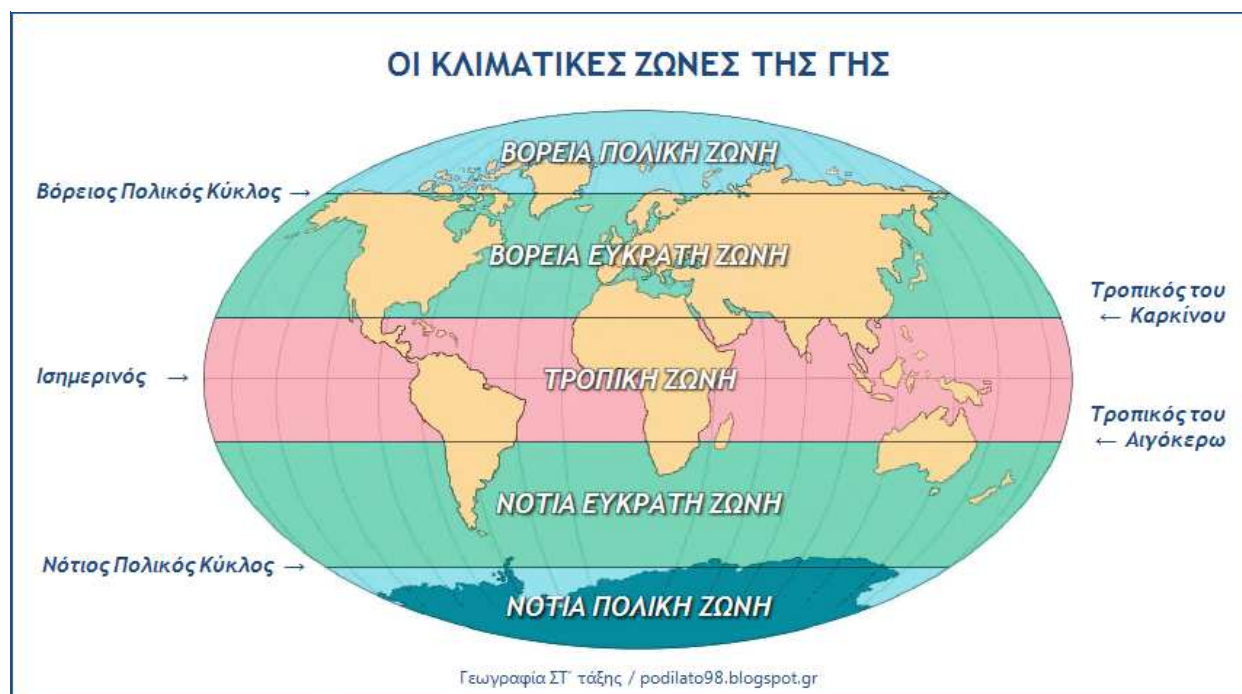


Το κλίμα στην Γη δεν είναι παντού το ίδιο. Υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες που μεταβάλλουν το κλίμα από τόπο σε τόπο. Μερικοί από αυτούς είναι :

- Γεωγραφικό μήκος και πλάτος
- Υψόμετρο
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Ανάγλυφο εδάφους
- Κατανομή στεριάς και θάλασσας
- Βαρομετρικό υψηλό ή χαμηλό
- Άνεμοι κ.α.

Σύμφωνα με τους παραπάνω παράγοντες η Γη χωρίζεται σε πέντε μεγάλες ζώνες ανάλογα με το κλίμα που επικρατεί στην κάθε μια.

- Την ισημερινή
- 2 Εύκρατες
- 2 πολικές



https://3.bp.blogspot.com/-Kr3uxwOm-v0/VHg0OXLFSFI/AAAAAAAAAajgc/2WS1k6FC_3c/s1600/podilato98-klimatikes_zones_tis_gis.PNG

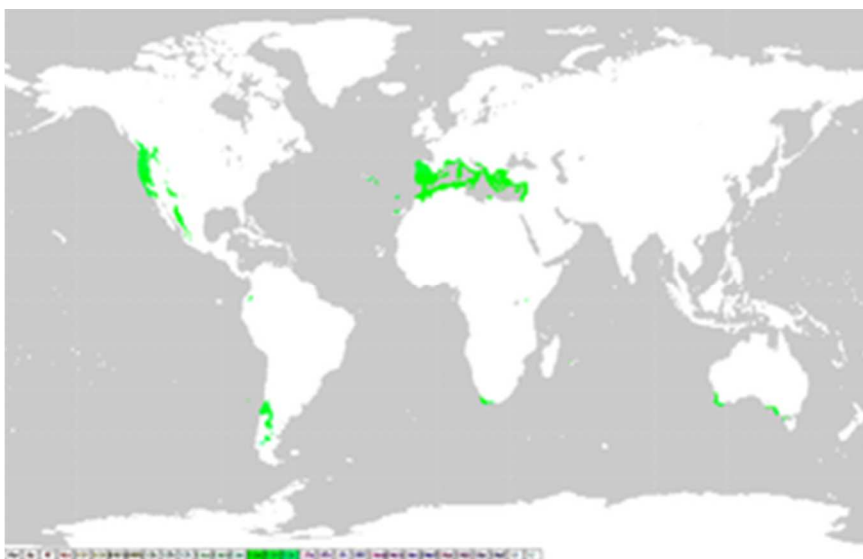
Στην τροπική ζώνη συναντάται το κατά κανόνα **τροπικό κλίμα** το οποίο παρουσιάζει υψηλές βροχοπτώσεις σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, σταθερή θερμοκρασία (27-29 βαθμούς κελσίου) και υψηλά ποσοστά υγρασίας. Το τροπικό κλίμα συναντάται σε χώρες όπως η Βραζιλία, η Κεντρική Αφρική, η Ινδονησία κ.α.

Στις περιοχές κοντά στον τροπικό του Καρκίνου στο Βόρειο ημισφαίριο και στον τροπικό του Αιγόκερω στο Νότιο παρουσιάζεται ένα άλλου είδους κλίματος, **το ξηρό**. Το κλίμα αυτό χαρακτηρίζεται για τις ελάχιστες βροχοπτώσεις του, την ελάχιστη βλάστησή του και τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και τις πολύ χαμηλές κατά την διάρκεια της νύχτας. Μερικές περιοχές που παρουσιάζουν το κλίμα αυτό είναι η βόρεια Αφρική, τα κεντρικά τμήματα της Αυστραλίας, τμήματα στην δυτική Ασία κ.α.

Στην βόρεια και νότια εύκρατη ζώνη συναντάται το επίσης πολύ χαρακτηριστικό **εύκρατο κλίμα**. Χαρακτηρίζεται από ζεστά και ξηρά καλοκαίρια με βροχερούς και κρύους χειμώνες. Παρατηρούνται δηλαδή διαφοροποιήσεις στις θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του χρόνου. Θερμοκρασίες που φτάνουν και τους 0 βαθμούς κελσίου τον χειμώνα αλλά αγγίζουν και τους 40 βαθμούς κελσίου το καλοκαίρι. Είναι το μοναδικό κλίμα που δέχεται 4 γενικευμένες διαφοροποιήσεις κατά την διάρκεια ενός έτους, με αποτέλεσμα την δημιουργία των τεσσάρων εποχών του έτους. Το εύκρατο κλίμα καταλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο μέρος της Γης με περιοχές που έχουν παρόμοια κλιματικά χαρακτηριστικά, όμως υπάρχουν ορισμένα τμήματα τα οποία παρουσιάζουν κάποιες σημαντικές διαφοροποιήσεις. Έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε η ανάγκη διαχωρισμού του εύκρατου κλίματος σε επί μέρη κλίματα για τον καλύτερο χαρακτηρισμό του ανάλογα με τις κλιματικές διαφοροποιήσεις.

- Το **μεσογειακό κλίμα** έχει προσδιοριστεί για τις περιοχές που βρίσκονται κυρίως περιφερειακά από την Μεσόγειο Θάλασσα και όχι μόνο. Χαρακτηρίζονται από ήπιους χειμώνες με σχετικά λίγες βροχές και θερμά ξηρά καλοκαίρια.

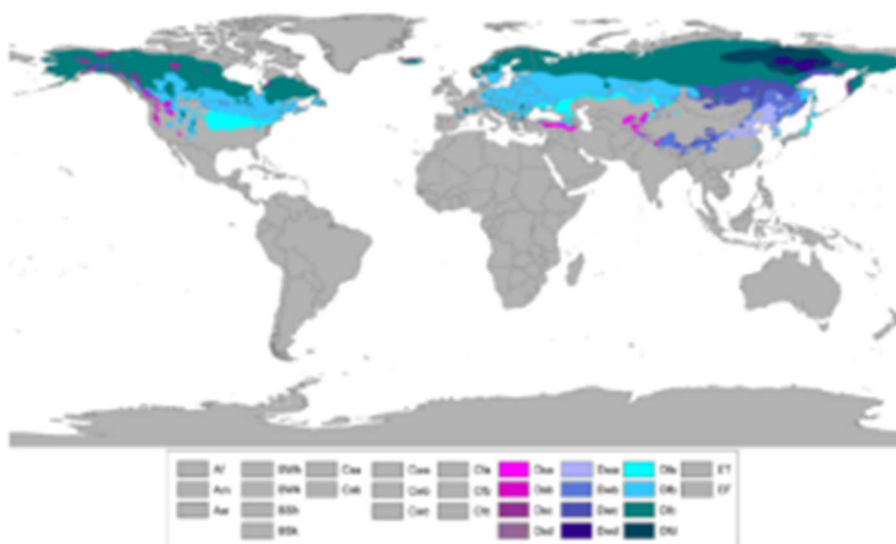
Σχήμα 1. 3



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cb/KoppenclassificationworldmapCs.png/300px-KoppenclassificationworldmapCs.png>

- Το **ηπειρωτικό κλίμα** χαρακτηρίζει τις περιοχές μέσα στην εύκρατη ζώνη που βρίσκονται μακριά από τη θάλασσα, όπως για παράδειγμα η κεντρική Ευρώπη. Το κλίμα αυτό παρουσιάζει ψυχρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια.

Σχήμα 1. 4



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/50/Koppen_World_Map_D.png/400px-Koppen_World_Map_D.png

- Το **ωκεάνιο κλίμα** είναι χαρακτηριστικό περιοχών μέσα στις εύκρατες ζώνες που έρχονται σε άμεση επαφή ωκεανούς. Κλασσικό παράδειγμα είναι η Μεγάλη Βρετανία, η Νέα Ζηλανδία κ.α. Το κλίμα αυτό παρουσιάζει ήπιους και υγρούς χειμώνες με δροσερά και υγρά καλοκαίρια.

Σχήμα 1. 5

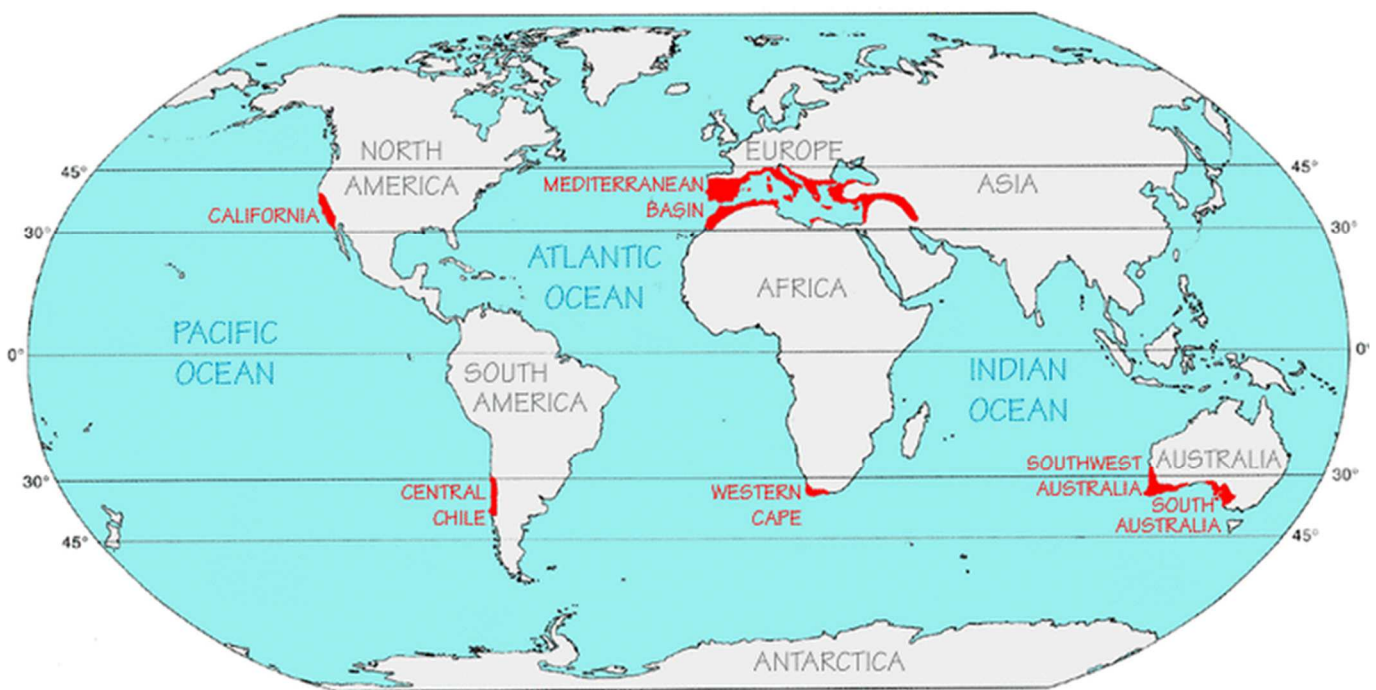


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3e/Koppen_classification_worldmap_CfbCfc.png/300px-Koppen_classification_worldmap_CfbCfc.png

- Τέλος, το **πολικό κλίμα** επικρατεί στην βόρεια και νότια πολική ζώνη. Τα πιο βασικά χαρακτηριστικά του κλίματος αυτού είναι οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, ύπαρξη μονάχα 2 εποχών (χειμώνας & καλοκαίρι) και το μοναδικό φαινόμενο κατά το οποίο η διάρκεια της μέρας είναι 6 ολόκληρους μήνες και άλλους 6 η νύχτα.

1.2 Μεσογειακό κλίμα

Σχήμα 1. 6



<http://imesogeiosmas.weebly.com/uploads/2/4/7/1/24719792/7411567.gif?869>

Τα μεσογειακά κλίματα όπως ειπώθηκε παραπάνω, χαρακτηρίζονται από ήπιους και βροχερούς χειμώνες με ξηρά και θερμά καλοκαίρια. Οι πιο συνηθισμένες αέριες μάζες που εμφανίζονται είναι οι cT, mT και cP. Τους χειμερινούς μήνες, γίνεται η μετατόπιση των αέριων μαζών προς τα νότια, με αποτέλεσμα την έντονη υφειακή δραστηριότητα και εμφάνιση ψυχρών αέριων μαζών τύπου mP και cP.

Γενικότερα οι περιοχές που βρίσκονται κοντά στην θάλασσα έχουν πιο ήπιο καλοκαίρι από τις περιοχές που βρίσκονται μακριά από αυτήν. Αυτό οφείλεται κυρίως στην θαλάσσια αύρα αλλά και λόγω της επικράτησης βόρειων ανέμων στις περιοχές αυτές.

Η πιο ασταθής εποχή του χρόνου, θεωρείται η άνοιξη. Αυτό διότι δανείζεται χαρακτηριστικά ημερών του χειμώνα αλλά και του καλοκαιριού. Στο μεσογειακό τύπου κλίματος, λόγω της μεσημβρινής κυκλοφορίας, η άνοιξη βρίσκεται σε έξαρση στις περισσότερες περιοχές.

Το φθινόπωρο από την άλλη μεριά διαρκεί συνήθως μικρό χρονικό διάστημα. Είναι η μεταβατική περίοδος μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα. Η αλλαγή των καιρικών συνθηκών γίνεται κάπως απότομα με την επικράτηση των χειμερινών χαρακτηριστικών.

Κατά την διάρκεια του χειμώνα οι άνεμοι πνέουν από τα εσωτερικότερα τμήματα των ηπείρων προς τις θάλασσες και ακτές. Συνήθως παρουσιάζονται με μορφή καταβατικών ανέμων και προκαλούν σημαντικές αλλαγές στα καιρικά φαινόμενα αλλά και στο γενικότερο κλίμα των περιοχών που πνέουν. Εξαίρεση αποτελούν όταν πνέουν πάνω από αστικές ή βιομηχανικές περιοχές, όπου συμβάλλουν στον καθαρισμό την ατμόσφαιρας από τους ρύπους και μεγαλώνουν την διάρκεια την ηλιοφάνειας. Οι χαμηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με τον παγετό που δημιουργείται κατά την διάρκεια του χειμώνα, καταστρέφουν πολλές φορές τις καλλιέργειες αλλά και την βλάστηση, όπως τα εσπεριδοειδή.

Αυτό συμβαίνει λόγω την υψηλής νυχτερινής ακτινοβολίας του εδάφους σε συνδυασμό με τις αντικυκλωνικές καταστάσεις που επικρατούν κατά την διάρκεια του χειμώνα στην ατμόσφαιρα. Παρόμοιες καταστροφές εμφανίζονται και σε βόρειες περιοχές αλλά οφείλονται στις αιφνίδιες εισροές ψυχρών αέριων μαζών.

Φαράγγι Ενιπέα



<http://static.panoramio.com/photos/original/15248140.jpg>

Το μεσογειακό κλίμα παρουσιάζει ένα μέσο ετήσιο ύψος βροχής που κυμαίνεται από 350mm έως και 1000mm. Τα νούμερα αυτά δεν αντιπροσωπεύουν όλες τις περιοχές με αυτό το κλίμα, αφού υπάρχουν σταθμοί που μέτρησαν μέσο ετήσιο ύψος 200mm αλλά και σταθμοί που μέτρησαν 2000mm. Σε γενικές γραμμές η βροχόπτωση είναι πιο έντονη στα βόρεια, ορεινά τμήματα και πιο ήπια στα νότια και παραθαλάσσια τμήματα.

1.3 Το κλίμα της Ελλάδας

Σχήμα 1. 7



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Satellite_image_of_Greece_in_March_2003.jpg

Μια μεγάλη υποκατηγορία του Μεσογειακού κλίματος είναι το Ελληνικό ή ηπειρωτικό κλίμα. Τα κύρια αίτια δημιουργίας του κλίματος αυτού είναι η γεωγραφική θέση της χώρας αλλά και η αξιοθαύμαστη γεωμορφολογίας της.

Η Ελλάδα βρίσκεται στην βόρεια εύκρατη ζώνη της γης, στο ανατολικό άκρο της Μεσογείου. Είναι σε σπουδαία γεωγραφική θέση, αφού είναι το σημείο τομής τριών ηπείρων (Ευρώπη, Ασία, Αφρική).

Η συνολική έκτασή της είναι 395.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Από αυτά η αναλογία ξηράς/θάλασσας είναι 1/3. Αυτό παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του κλίματος της χώρας.

Όπως τονίστηκε παραπάνω, το ανάγλυφο του ελληνικού χώρου είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας διαμόρφωσης αυτού του ιδιαίτερου τύπου κλίματος. Εξαίρεση αποτελούν τα βόρεια τμήματα, όπου επηρεάζονται λιγότερο από το κλίμα της μεσογείου αλλά και τα νοτιότερα τμήματα όπου επηρεάζονται από τον θαλάσσιο μεσογειακό κλίμα.

Σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας εμφανίζονται πολλές ποικιλίες κλιμάτων, πάντα βέβαια στα όρια του μεσογειακού τύπου. Αυτό οφείλεται στην ιδιαίτερη τοπογραφία και στις απότομες αλλαγές υψομέτρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι και η οροσειρά την Πίνδου, όπου αποτελεί την ραχοκοκαλιά της Ελλάδας. Διαχωρίζει το ξηρό κλίμα της ανατολικής χώρας από το υγρότερο της βόρειας και δυτικής. Τόσο απότομες κλιματικές αλλαγές σε τόσο μικρή απόσταση συναντάμε σε ελάχιστες χώρες του κόσμου.

Το έτος μπορεί να χωριστεί σε 2 περιόδους, την ψυχρή και υγρή χειμερινή περίοδο η οποία διαρκεί περίπου από τα μέσα του Οκτωβρίου έως και τα τέλη Μαρτίου, και από την θερμή και ξηρή περίοδο που διαρκεί από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο. Κατά την χειμερινή περίοδο οι μήνες που παρουσιάζουν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος. Οι πιο ορεινές περιοχές παρουσιάζουν και χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις παραθαλάσσιες όπου το κλίμα είναι πιο μαλακό. Άρα λοιπόν οι χειμερινή περίοδος είναι πιο μαλακή στα νησιά απ'ότι στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Κατά την θερμότερη περίοδο ο καιρός παρουσιάζει μια μεγαλύτερη σταθερότητα. Ο ουρανός είναι σχεδόν πάντα αίθριος με μικρές και σπάνιες εξαιρέσεις βροχής, η οποία συνήθως θα έχει μεγάλη ένταση και μικρή διάρκεια. Οι μήνες με τις υψηλότερες θερμοκρασίες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Το κλίμα μετριάζεται από την δροσερή θαλάσσια αύρα που πνέει από το Αιγαίο πέλαγος. (Φλόκας Απόστολος, 1997)

1.4 Το κλίμα στην Βεγορίτιδα

Σχήμα 1. 8



<http://www.naturagraeca.com/ws/upload/lib/Oikotopoi/ygrotopoi/vegoritida/vegoritida.jpg>

Η λίμνη βρίσκεται στην βόρεια Ελλάδα, στην δυτική Μακεδονία, μεταξύ της Φλώρινας και της Έδεσσας, λίγο νοτιότερα από τα σύνορα Ελλάδας-Σκόπια.

Η βλάστηση που συναντάται στην περιοχή την Βεγορίτιδας ποικίλει. Βελανιδιές, φράξοι, χρυσοξυλιές είναι μερικά γενικά παραδείγματα. Περιφερειακά της λίμνης εμφανίζονται ιτιές και σκλήθρα. Χαρακτηριστικό της περιοχής όμως είναι η υδροχαρής βλάστηση, με διάφορα παραδείγματα όπως *Najas marina*, *Carex acuta*, *Lemna trisulca*, *Chara hispida* κ.α. Σε διάφορα σημεία της λίμνης εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά καλάμια *Phragmites australis*.

Η Βεγορίτιδα, καθώς και η γύρω περιοχή αποτελεί έναν μεγάλο βιότοπο. Φιλοξενεί πολλά είδη πουλιών, αμφίβιων και ψαριών. Συγκεκριμένα έχουν καταγραφεί 162 είδη πουλιών. Μερικά από αυτά είναι αποδημητικά, μερικά από αυτά είναι σπανιότερα είδη όπως αργυροπελεκάνοι, ροδοπελεκάνοι κ.α. και μερικά από αυτά είναι συχνότερα είδη όπως χήνες, πάπιες, κύκνοι κ.α. Τα

αμφίβια της λίμνης είναι κυρίως βάτραχοι, φρύνοι κ.α. Αξιοσημείωτα είναι και τα διάφορα θηλαστικά που εμφανίζονται, όπως αρκούδες, λύκοι, ασβοί, λαγοί, αγριόχοιροι κ.α. Τέλος στην λίμνη έχουν καταγραφτεί 20 είδη ψαριών και μερικά είναι πολύ χαρακτηριστικά της περιοχής, όπως η βαλκανική μπριάνα, το θεσσαλόσιρκο, το μαυροτσιρώνι κ.α.

Το κλίμα που επικρατεί είναι κατά βάση το Μεσογειακό, με μικρές διαφοροποιήσεις λόγω ανάγλυφου όπως υψομετρική διαφορά, η κλίση του εδάφους καθώς και προσανατολισμός του, η παρουσία διαβαθμισμένης βλάστησης κ.α.

Ο μέσος όρος βροχόπτωσης ενός έτους είναι περίπου 437 χιλιοστά. Οι μεγαλύτερες τιμές βρίσκονται τον Νοέμβριο και κατά την διάρκεια την άνοιξης. Η θερμοκρασία μεταβάλλεται ανάλογα με το υψόμετρο αλλά και το γεωγραφικό πλάτος. Σε περιοχές κοντά στην λίμνη το κλίμα είναι πιο θερμό με περισσότερη υγρασία και μακριά από αυτήν παρατηρείται μείωση στην θερμοκρασία αλλά και στην υγρασία. Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως Cfa κατά Koppen.

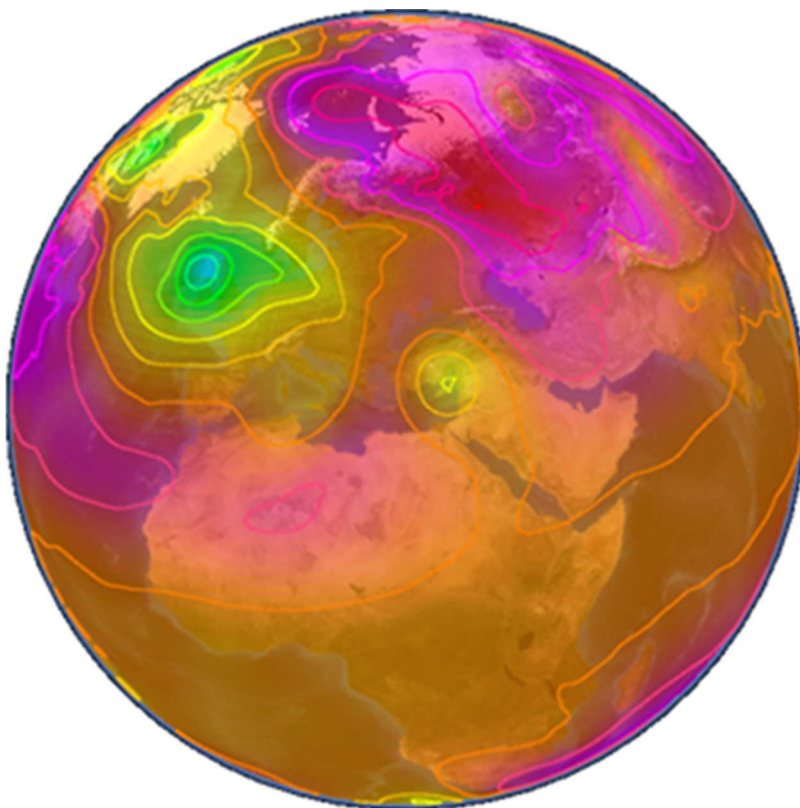
Στόχος της εργασίας

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η μελέτη την κλιματικής μεταβολής στην περιοχή της Βεγορίτιδας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το λόγο αυτό είναι πραγματικά (Re-analysis : ERA interim) και το κλιματικό μοντέλο RegCM A1B, για την πρόβλεψη των μελλοντικών κλιματικών μεταβολών.

Συγκεκριμένα υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για 2 διαφορετικά σημεία από το 1980-2000 και το κλιματικό μοντέλο περιόδου 2050-2070. Τέλος αξιολογήθηκε το κλιματικό μοντέλο σε σχέση με τα Re-Analysis δεδομένα και υπολογίστηκαν οι διαφορές τους (υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση).

1.5 Δεδομένα

Σχήμα 1. 9



<http://www.wikience.org/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/wikience-mean-sea-level-pressure-and-isobars.png>

Το European Centre for Medium – Range Weather Forecasts (ECMWF) αποτελεί έναν ανεξάρτητο κυβερνητικό οργανισμό, υποστηριζόμενο από 34 χώρες. Ο οργανισμός ιδρύθηκε το 1975 και σήμερα απασχολεί περισσότερους από 280 υπαλλήλους, από 30 χώρες. Στην επίσημη ιστοσελίδα του οργανισμού, είναι διαθέσιμα διάφορα σετ δεδομένων. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία είναι reanalysis κλιματικά δεδομένα. Μέσω των δεδομένων reanalysis, προσφέρεται η αριθμητική περιγραφή του κλίματος, συνδυάζοντας τα προγνωστικά μοντέλα που χρησιμοποιεί ο οργανισμός, και τις πραγματικές παρατηρήσεις. Τα δεδομένα reanalysis, περιγράφουν διάφορες ατμοσφαιρικές παραμέτρους, όπως θερμοκρασία αέρα, πίεση, άνεμο σε διαφορετικά υψόμετρα, αλλά και επιφανειακές παραμέτρους όπως βροχόπτωση, υγρασία εδάφους, θερμοκρασία θαλάσσιας επιφάνειας. Οι

εκτιμήσεις αφορούν το σύνολο των περιοχών της Γης και καλύπτουν ένα ευρύ χρονικό φάσμα.

Στην παρούσα μελέτη, από τα δεδομένα reanalysis, έχουν χρησιμοποιηθεί τα ERA-Interim τα οποία είναι διαθέσιμα για την χρονική περίοδο Ιανουάριος 1979 έως και σήμερα. Έχουν προέλθει από την έκδοση 2006 του IFS(Cy31r2) και η αναβάθμισή τους συνεχίζεται μέχρι και το παρόν. Τα ERA-Interim περιλαμβάνουν μια 23 τετραδιάστατη ανάλυση (4D-VAR) και το χωρικό φάσμα είναι περίπου 80 χλμ (T255 φασματικός) σε 60 κάθετα επίπεδα από την επιφάνεια μέχρι 0.1 hPa.

Το **ERA-Interim** είναι ένα μοντέλο ανάλυσης πραγματικών ατμοσφαιρικών δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο και λειτουργεί στα συστήματα της μετεωρολογίας από το 1979. Το σύστημα λαμβάνει υπόψην του τέσσερις παραμέτρους ανά 12 ώρες, σύμφωνα με τις οποίες βγαίνουν οι ημερήσιες αναλύσεις των ατμοσφαιρικών δεδομένων. Τα δεδομένα της πτυχιακής προέρχονται από re-analysis κλιματικά στοιχεία μοντέλου ERA-interim, στην περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας για την περίοδο 1980-2000 από συνολικά 12 διαφορετικούς σταθμούς. Στην εργασία αυτή εκτός από τα πραγματικά ατμοσφαιρικά δεδομένα, γίνεται αναφορά και στα μελλοντικά κλίματα που ίσως επικρατήσουν στην εξεταζόμενη περιοχή. Για να γίνει αυτό, στην κλιματολογία χρησιμοποιούνται κλιματικές προσομοιώσεις υψηλής ανάλυσης, τα λεγόμενα κλιματικά μοντέλα ή σενάρια. Τα οποία λαμβάνοντας υπόψην τα παλαιότερα και τα τρέχοντα κλίματα, μπορούν να προσδιορίσουν στο περίπου τα μελλοντικά.

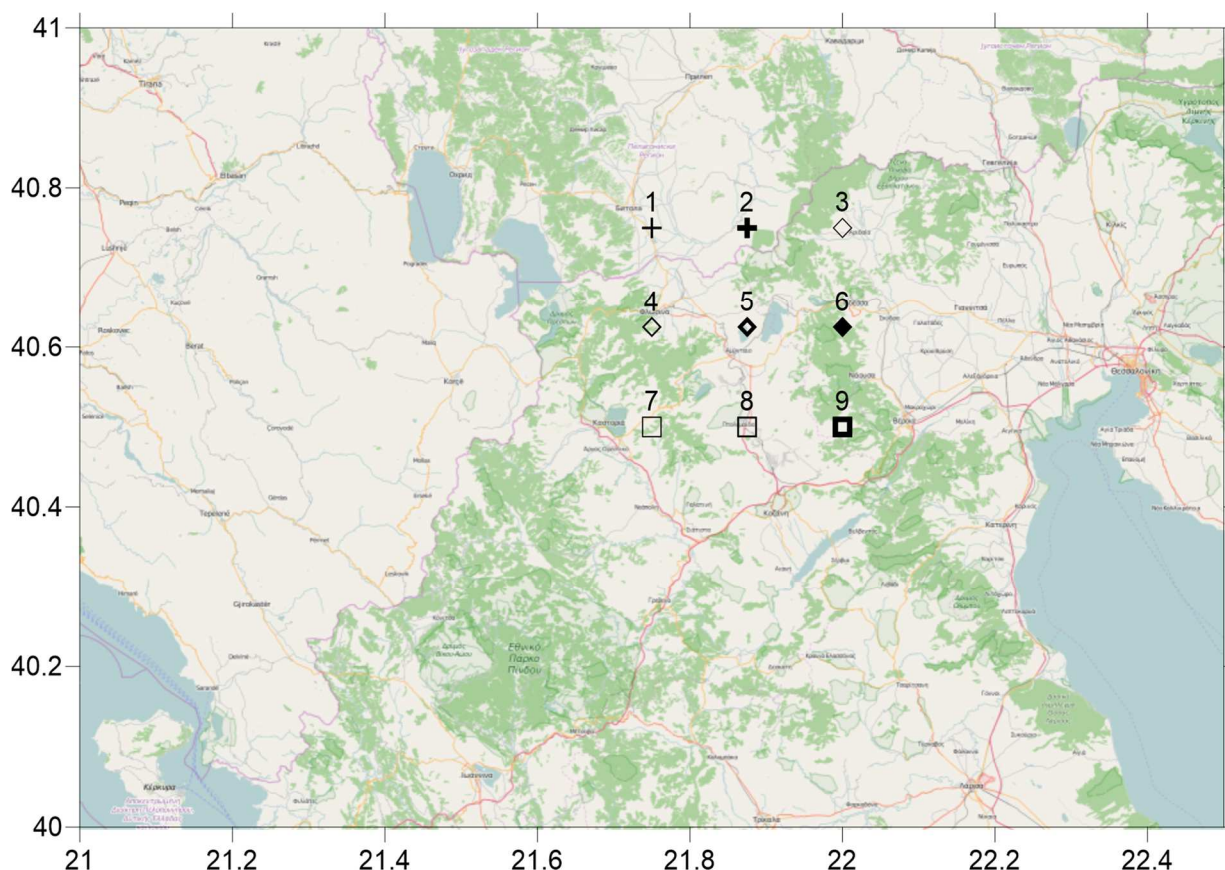
Το κλιματικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στην πτυχιακή είναι το **RegCM** (κλιματικό σενάριο A1B). Το μοντέλο RegCM δημιουργήθηκε σύμφωνα με το National Center for atmospheric research – Pennsylvania state university στα τέλη του 1980 (Dickinson et al 1989, Giorgi and Bates 1989). Το Reg-CM χρησιμοποιείται ήδη από πολλές επιστημονικές κοινότητες σε όλο τον κόσμο. Η αρχική έκδοση του μοντέλου προέρχεται από το MN4 κλιματικό μοντέλο που είναι συμπιεστό αριθμητικό πρότυπο πεπερασμένων διαφορών και υδροστατική ισορροπία και κατακόρυφες συνιστώσες. Αργότερα έγιναν

κάποιες προσθήκες και βελτιώσεις στο μοντέλο , με αποτέλεσμα το RegCM να είναι η υδροστατική έκδοση του μέσης κλίμακας μοντέλου MM5 (Jacob et al, 2007).

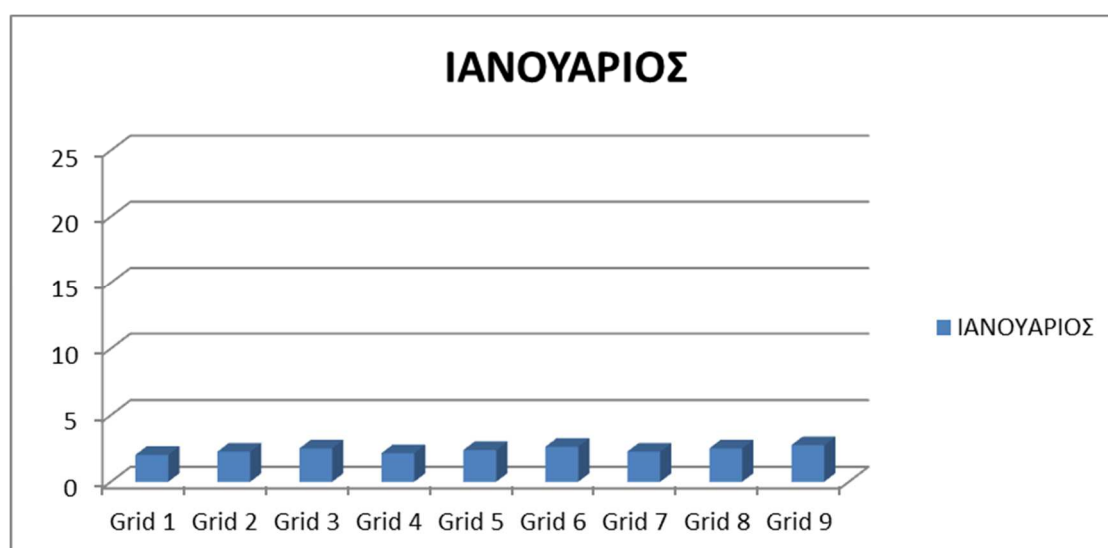
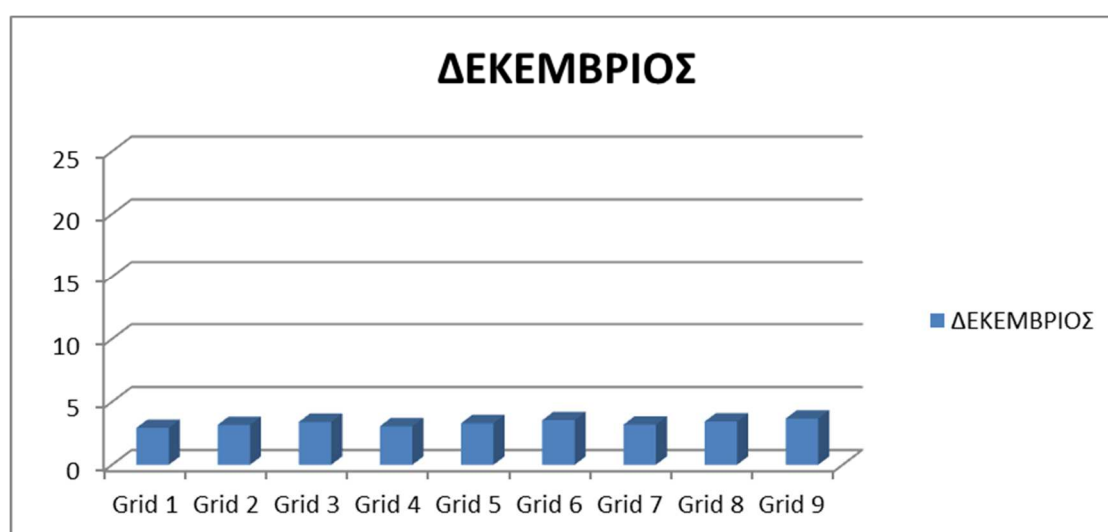
2. Ανάλυση δεδομένων RE-analysis

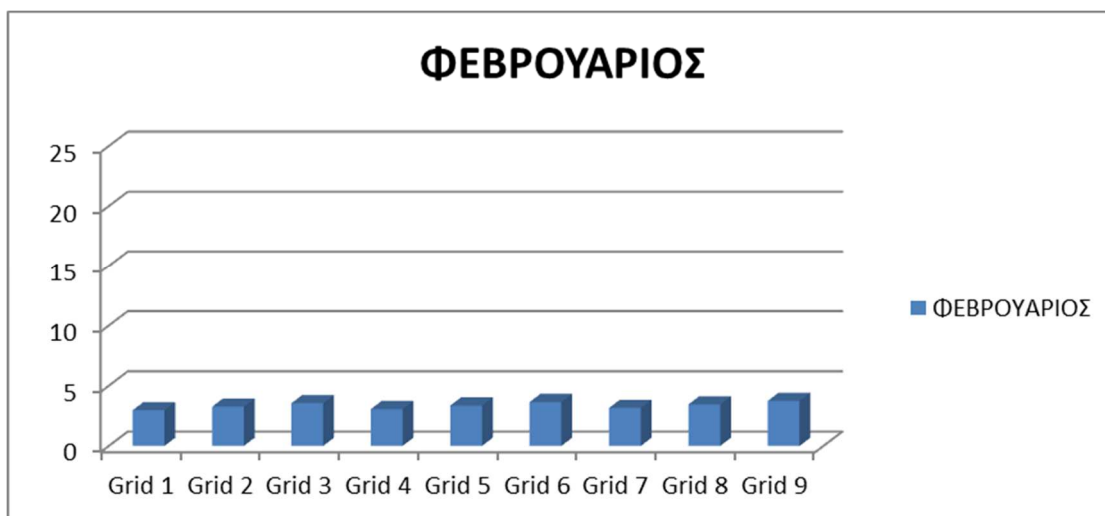
Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που βασίστηκαν πάνω σε δεδομένα RE-analysis για την περιοχή της Βεγορίτιδας κατά την περίοδο 1980 έως 2000. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν 9 κόμβοι (grids) (Σχήμα 2.1), από τα οποία έγινε και η συλλογή δεδομένων καθ'όλη τη χρονική περίοδο μελέτης.

Σχήμα 2.1



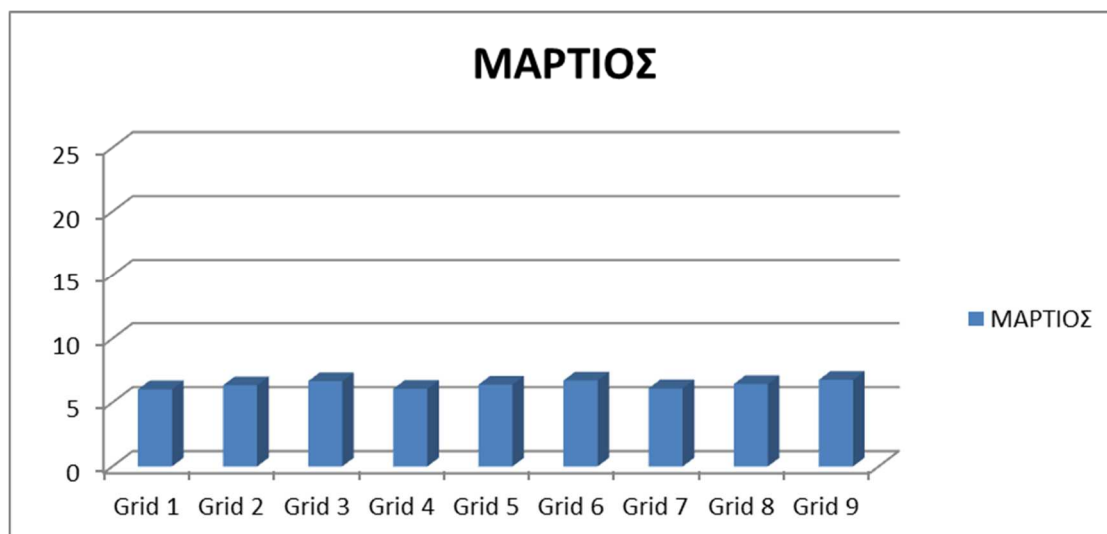
Κατά τον χειμώνα εμφανίζονται χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες, δεδομένου ότι το κλίμα είναι Μεσογειακό. Οι θερμοκρασίες του Δεκέμβριου, Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου (Σχήμα 2.2) κυμαίνονται μεταξύ 2.5°C και 3°C. Η χαμηλότερη θερμοκρασία που σημειώθηκε βρίσκεται στο Grid1 κατά την περίοδο του Ιανουαρίου με τιμή 2.02°C και η υψηλότερη βρίσκεται στο Grid9 κατά την περίοδο του Φεβρουαρίου με τιμή 3.74 °C.

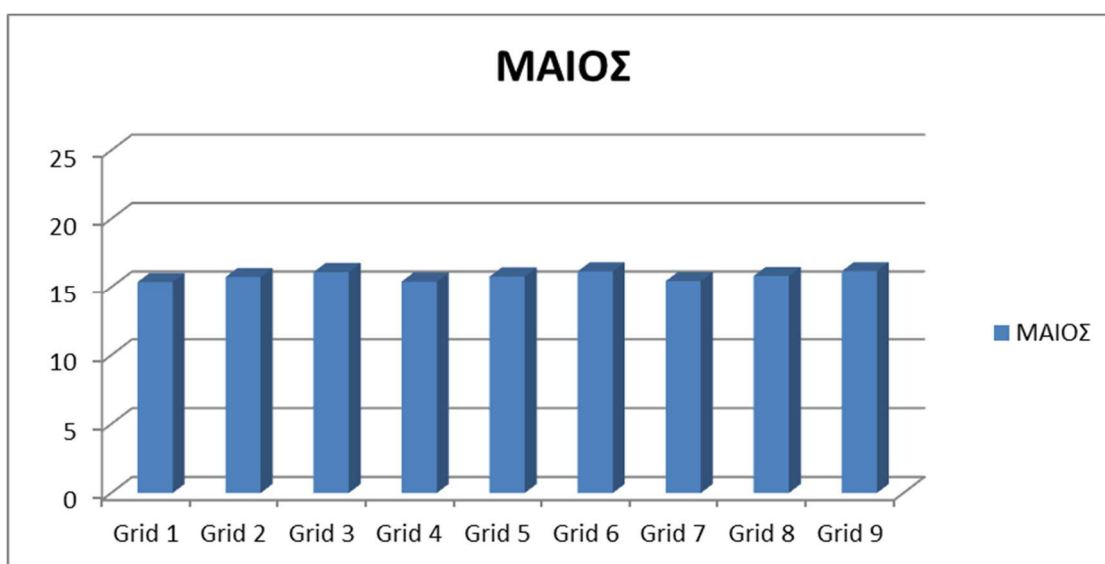
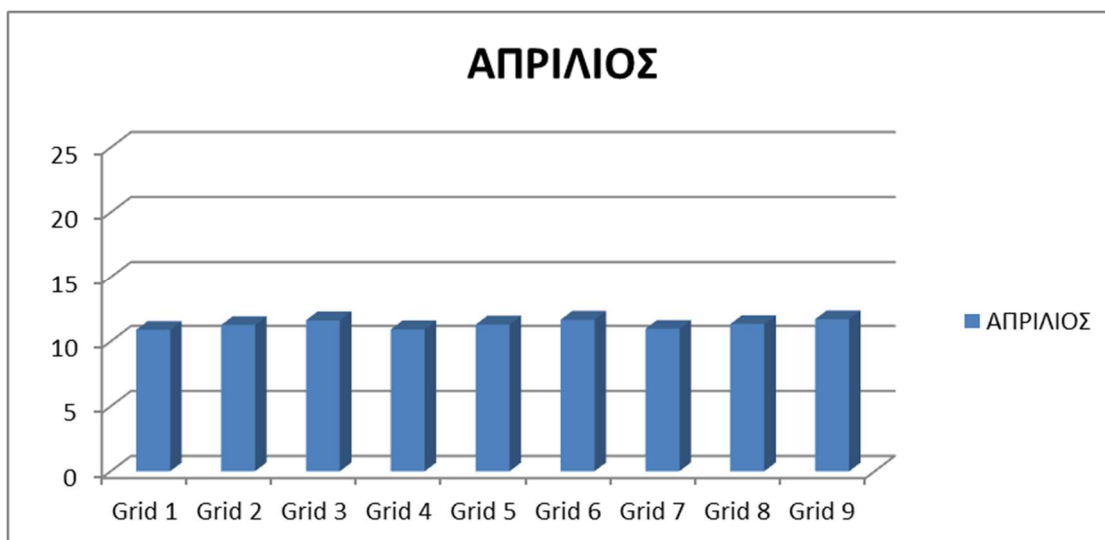




Σχήμα 2.2 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την χειμερινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

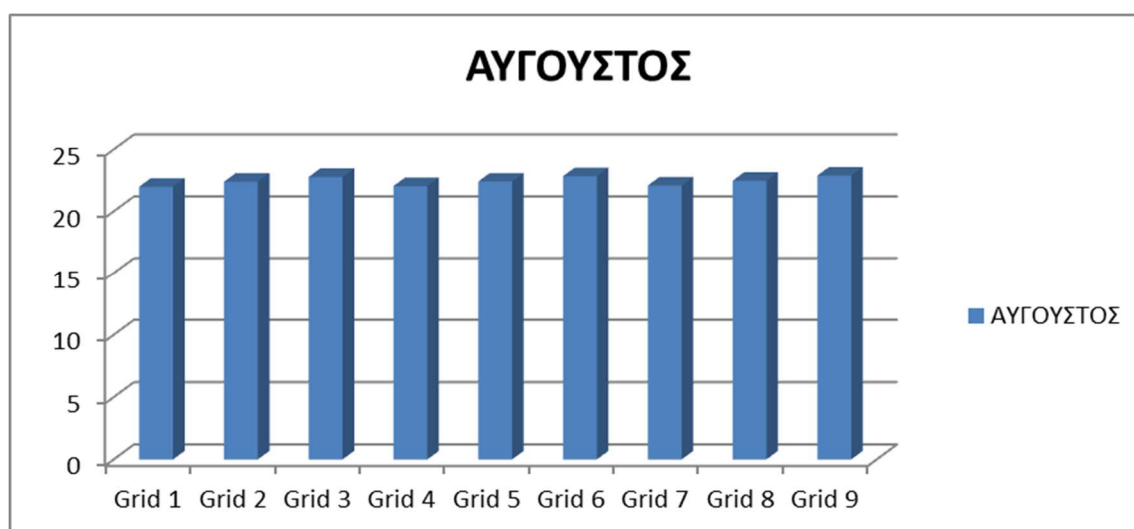
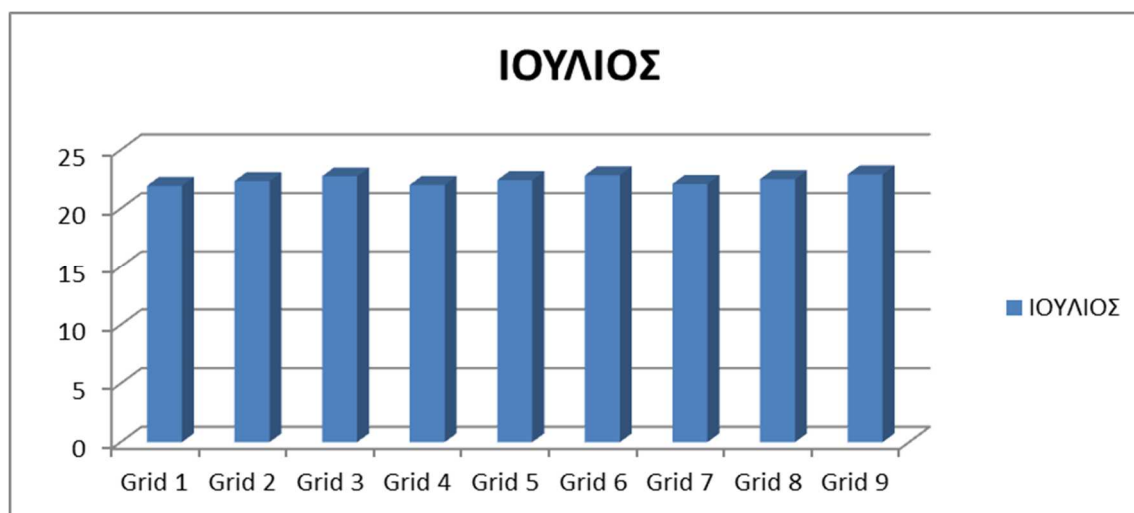
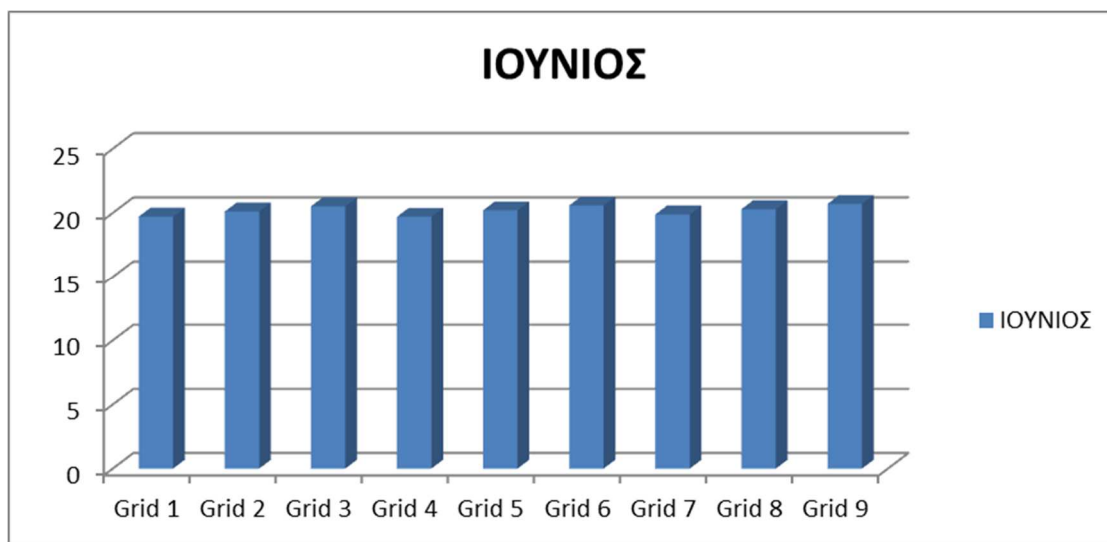
Στο Σχήμα 2.3 εμφανίζονται τα αποτελέσματα για την περίοδο της Άνοιξης. Κατά την διάρκεια της άνοιξης παρατηρείται μία σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας με την πάροδο των μηνών. Η μέση θερμοκρασία του Μαρτίου είναι στους 6.4°C βαθμούς Κελσίου, του Απριλίου είναι 11.3°C και του Μαΐου είναι 15.8°C. Και όπως είναι αναμενόμενο οι χαμηλότερες θερμοκρασίες σημειώθηκαν κατά την περίοδο του Μάρτιου με κατά μέσο όρο 6 βαθμούς Celsius και οι υψηλότερες τον Μάιο με 16.2 βαθμούς Celcius.





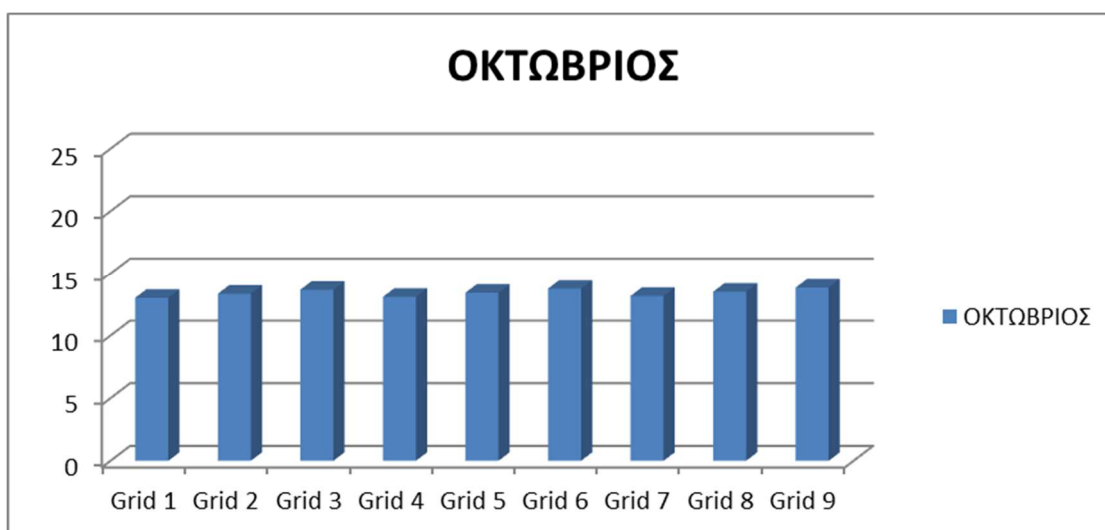
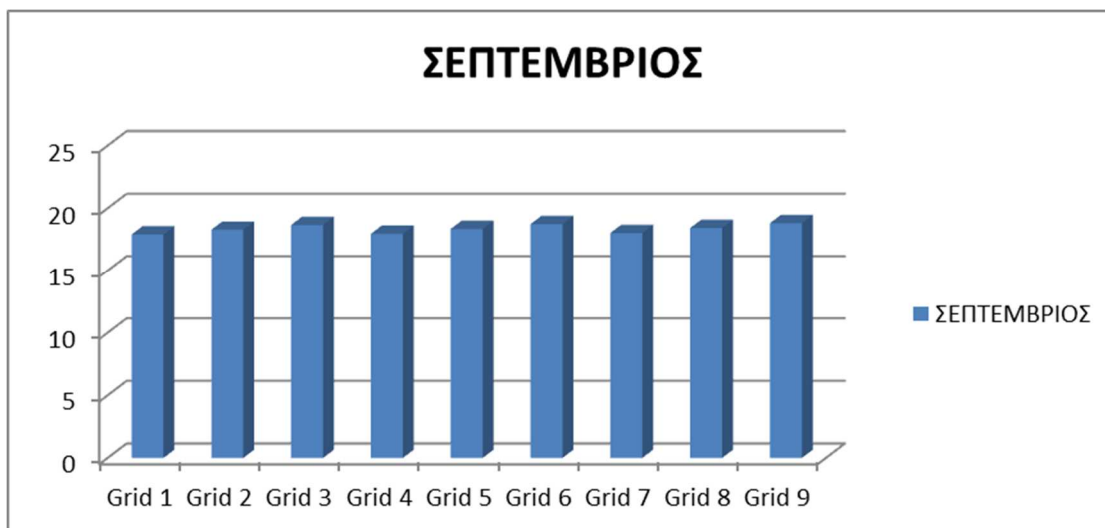
Σχήμα 2.3 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την περίοδο της άνοιξης (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

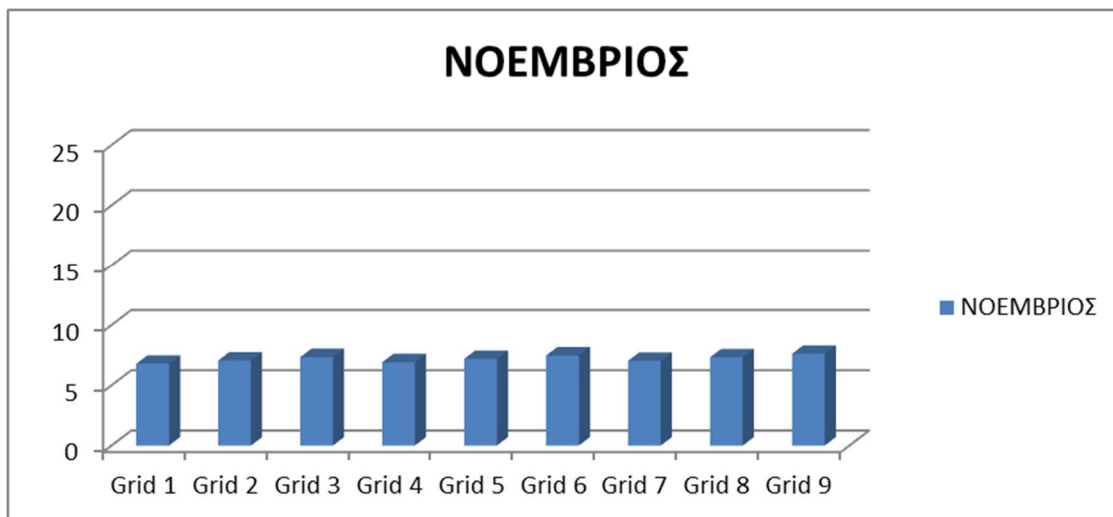
Το καλοκαίρι (Σχήμα 2.4) είναι αρκετά δροσερό στην περιοχή της Βεγορίτιδας σε σχέση με άλλες περιοχές στην υπόλοιπη Ελλάδα. Ποιο συγκεκριμένα η μέση θερμοκρασία είναι ίση με τους 21,6 βαθμούς Κελσίου. Οι ανώτερες θερμοκρασίες σημειώνονται κατά την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου. Ανάμεσα στους μήνες δεν παρουσιάζεται μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά όπως τις υπόλοιπες εποχές του χρόνου. Η διάφορα αυτή είναι 1°C με 2°C καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού.



Σχήμα 2.4 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την καλοκαιρινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

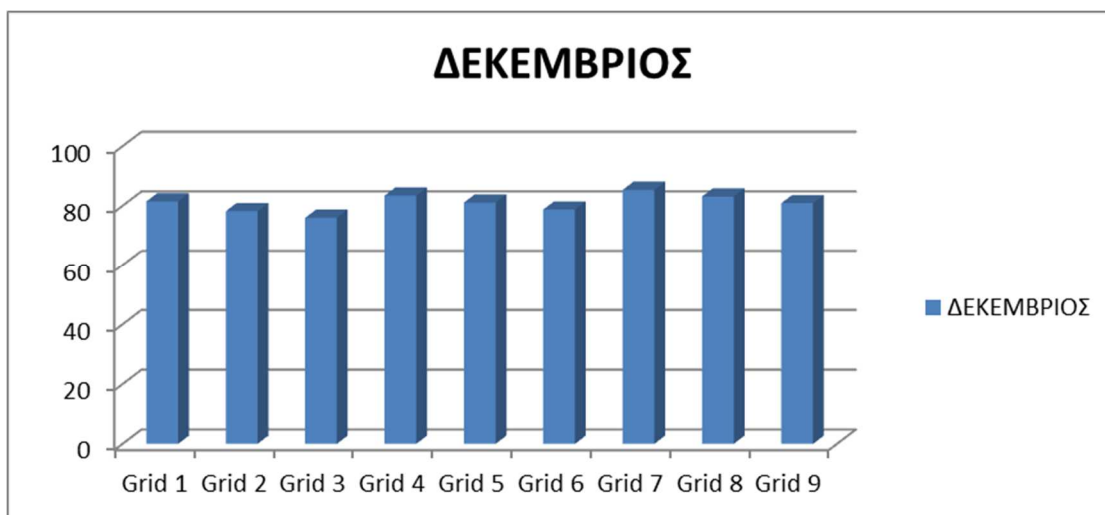
Το φθινόπωρο από την άλλη μεριά παρουσιάζει θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις σε σχέση με το καλοκαίρι (Σχήμα 2.5). Υπάρχει σημαντική πτώση της θερμοκρασίας με την πάροδο των μηνών. Η μέση θερμοκρασία του φθινοπώρου είναι 12,9°C. Η υψηλότερη θερμοκρασία βρίσκεται κατά την διάρκεια του Σεπτεμβρίου στο Grid9 με τιμή 18,8 βαθμούς Κελσίου ενώ η χαμηλότερη τον Νοέμβριο στο Grid1 με τιμή 6,7 βαθμούς Κελσίου.

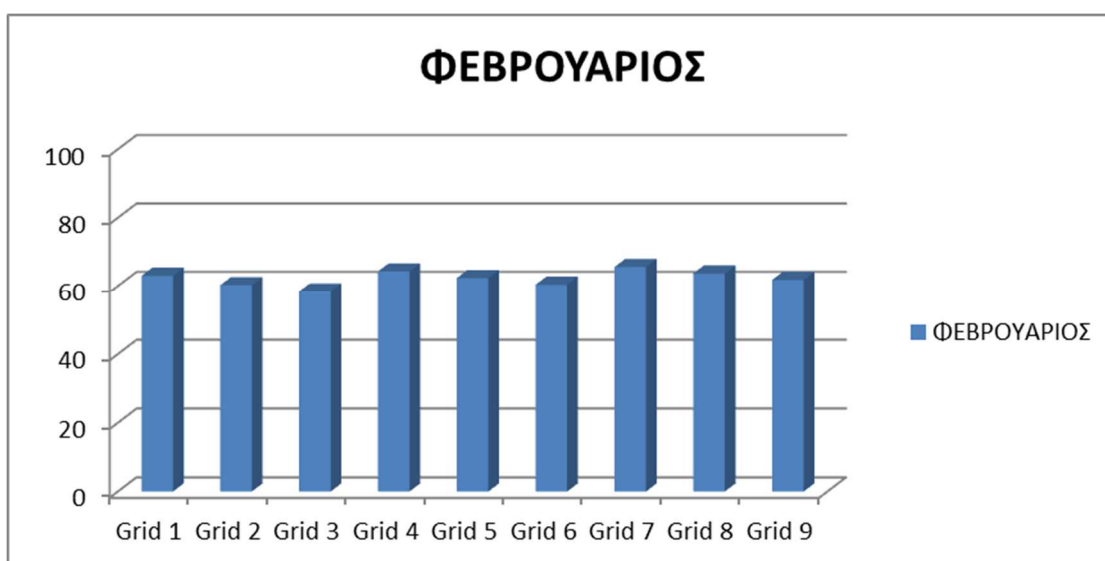
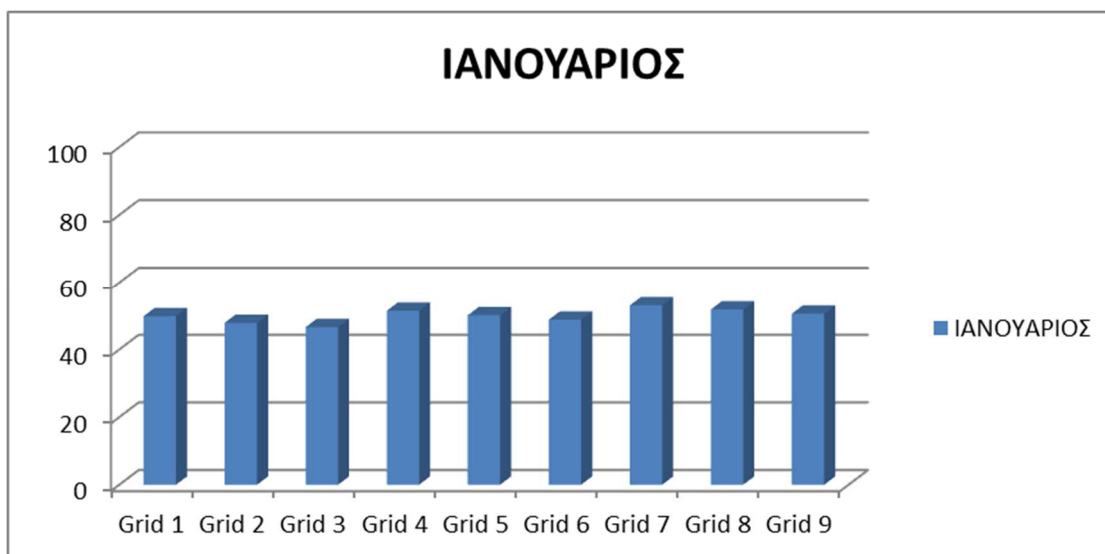




Σχήμα 2.5 Μηνιαίες θερμοκρασίες την φθινοπωρινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

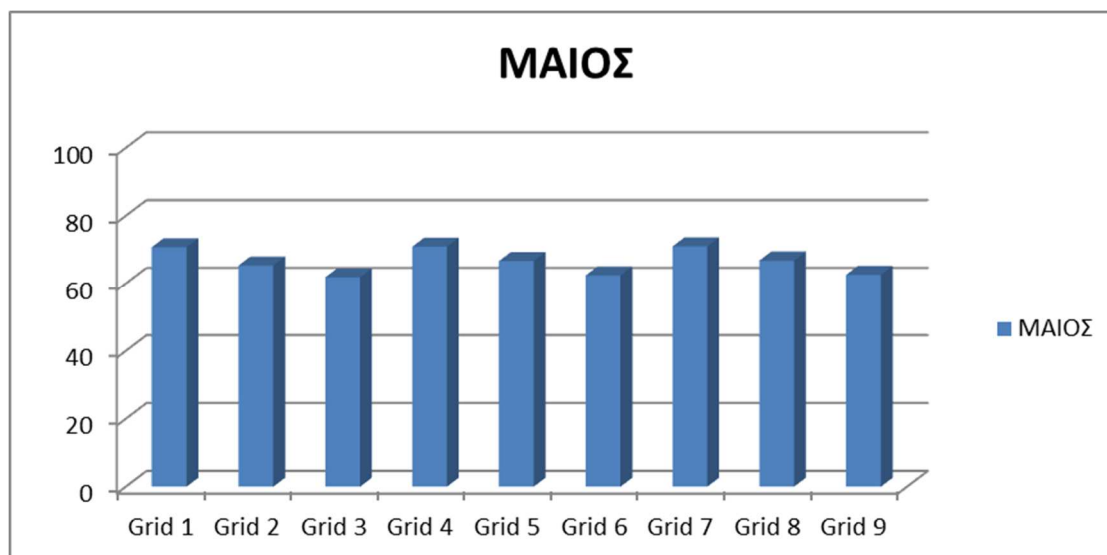
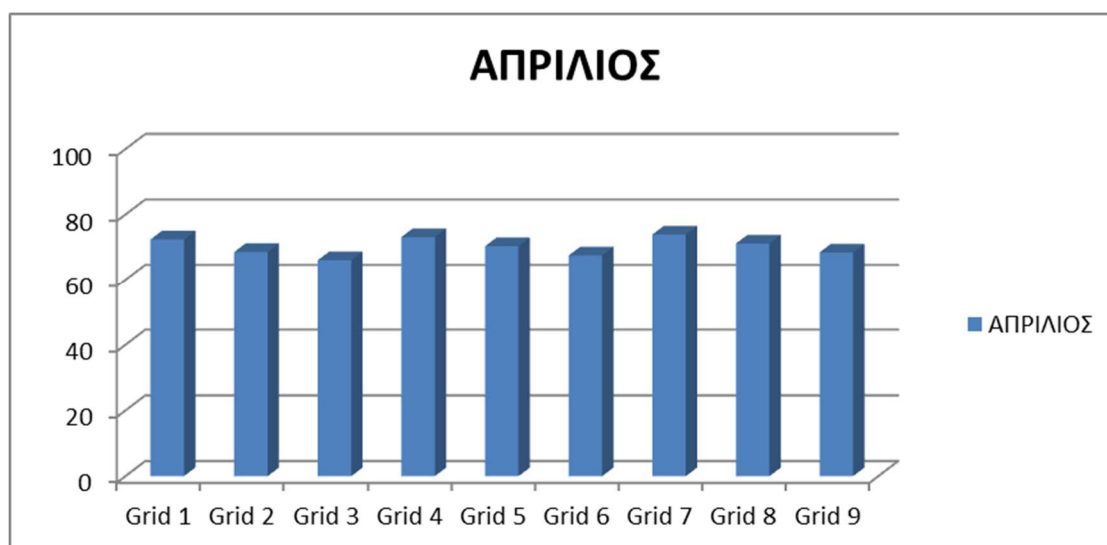
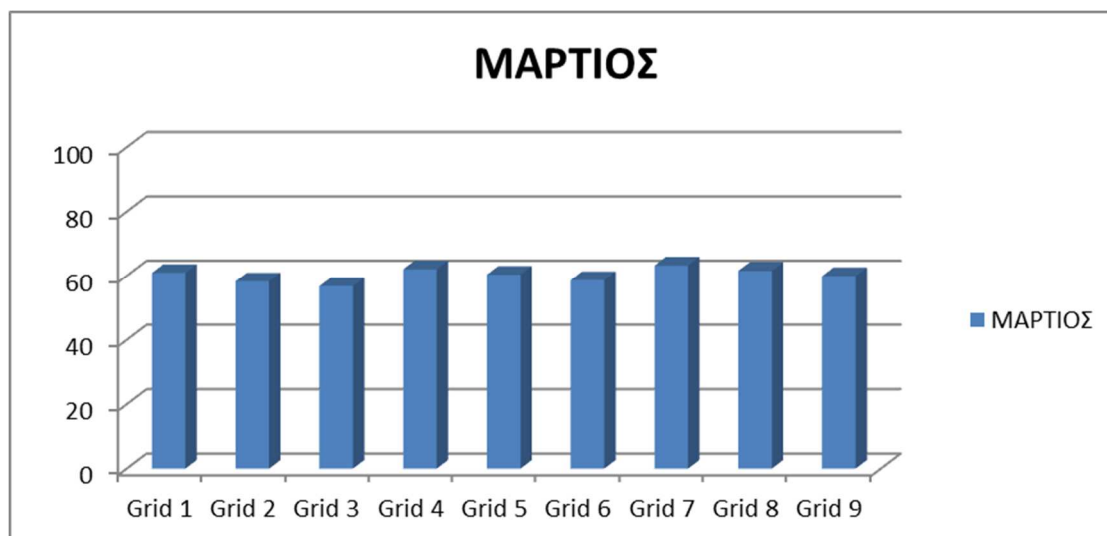
Εκτός από την μελέτη της μέσης θερμοκρασίας σε εποχιακή βάση, πραγματοποιήθηκε μελέτη της βροχόπτωσης για τους ίδιους κόμβους (Grids), για όλη την διάρκεια μελέτης (1981-2000). Κατά την διάρκεια του χειμώνα (Σχήμα 2.6) η βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 46,6mm και 85,3mm. Οι μεγαλύτερες τιμές σημειώνονται κατά την περίοδο του Δεκεμβρίου και η χαμηλότερες κατά την περίοδο του Ιανουαρίου. Κατά μέσο όρο τα χιλιοστά βροχής κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι 64,3mm.





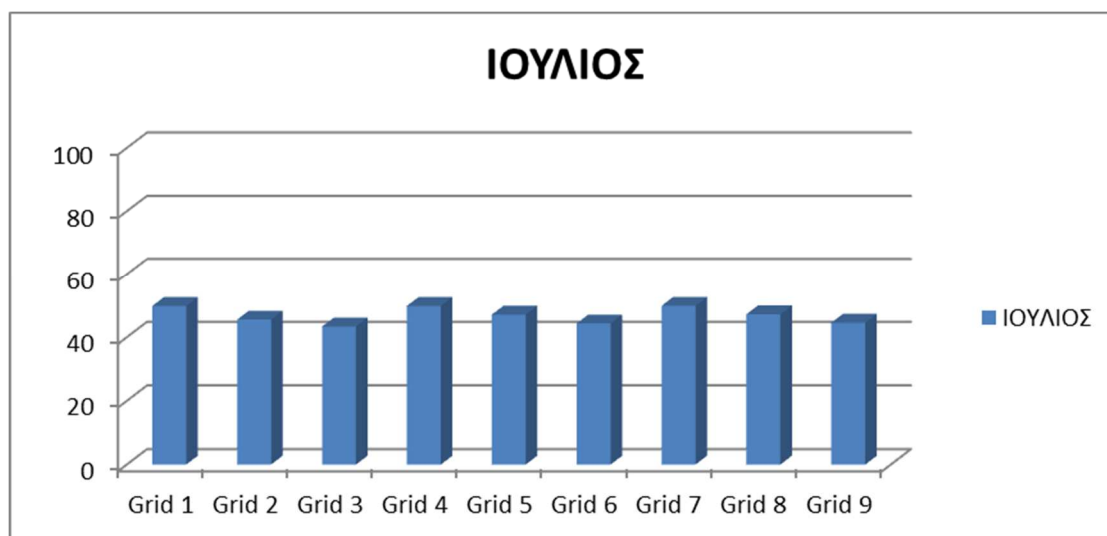
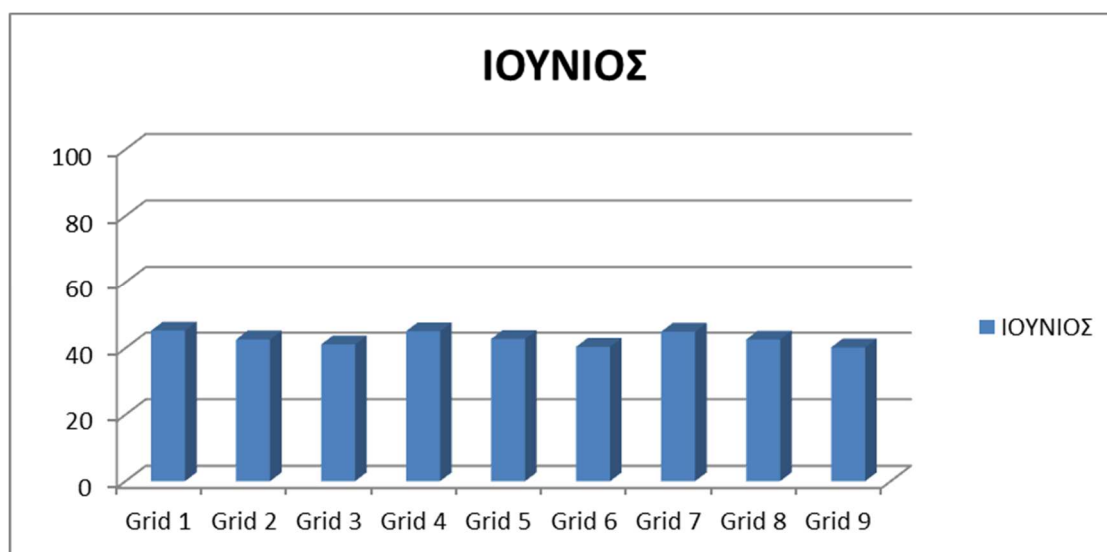
Σχήμα 2.6 Μηνιαία βροχόπτωση για την χειμερινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

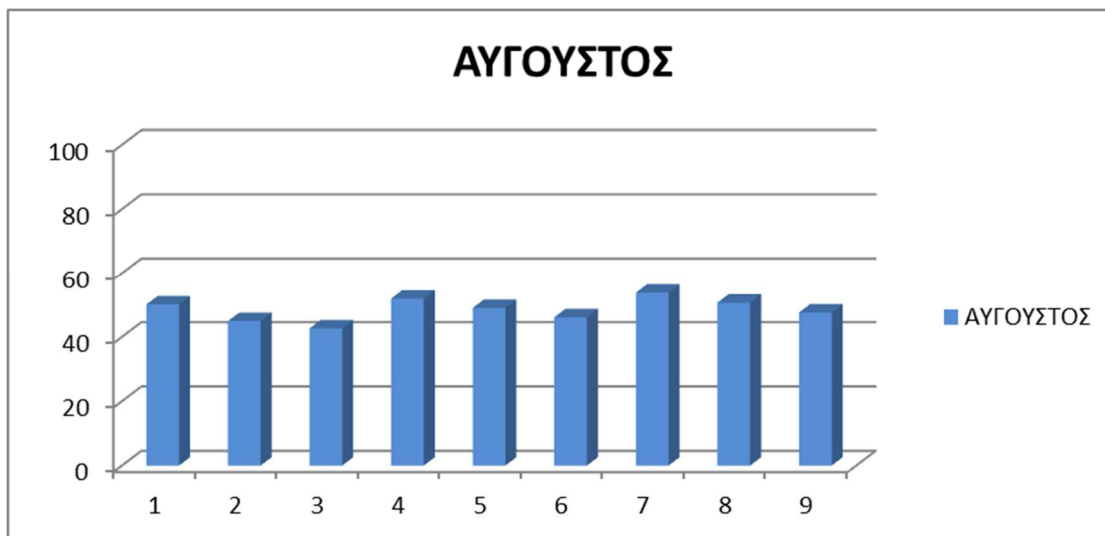
Για την περίοδο της άνοιξης παρατηρείται ότι σε όλη την περίοδο μελέτης, τα χιλιοστά βροχόπτωσης είναι πολύ κοντά μεταξύ τους (Σχήμα 2.7). Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρούνται κατά την διάρκεια του Μαρτίου με 60 χιλιοστά και οι μεγαλύτερες κατά την διάρκεια του Απριλίου με 73,8 χιλιοστά. Οι τιμές είναι πάρα πολύ κοντά όπως βλέπουμε και κάτω στα διαγράμματα.



Σχήμα 2.7 Μηνιαία βροχόπτωση για την περίοδο της άνοιξης (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

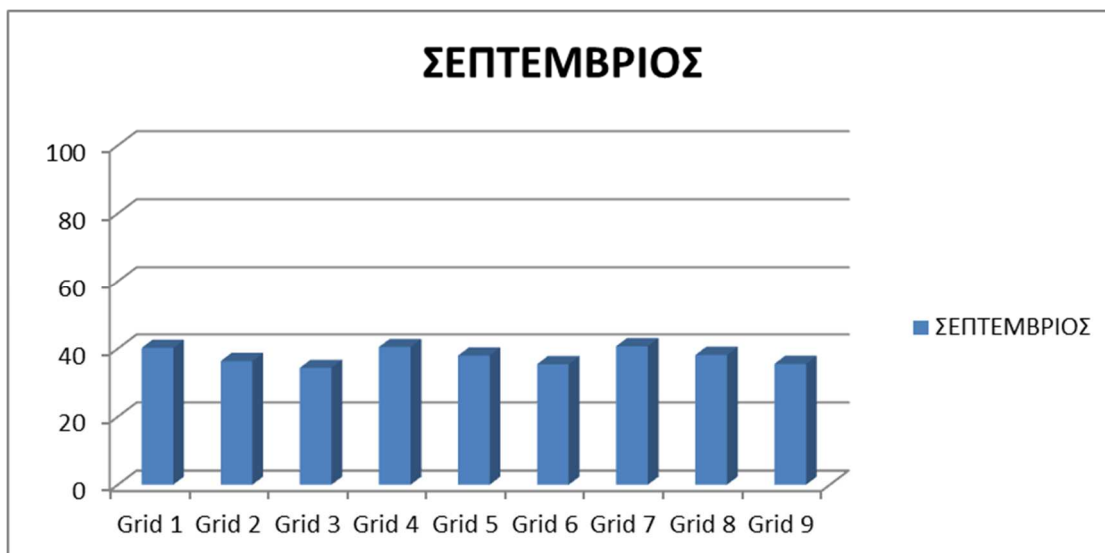
Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (Σχήμα 2.8) παρατηρείται μια αισθητή ελάττωση της βροχόπτωσης της περιοχής. Οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 40 και 50 χιλιοστών , δηλαδή 20 χιλιοστά πιο κάτω από τις αντίστοιχες τιμές της άνοιξης. Η χαμηλότερη τιμή σημειώνεται τον Ιούνιο στο Grid6 με 40,2 χιλιοστά και η υψηλότερη τον Αύγουστο στο Grid7 με 53,7 χιλιοστά.

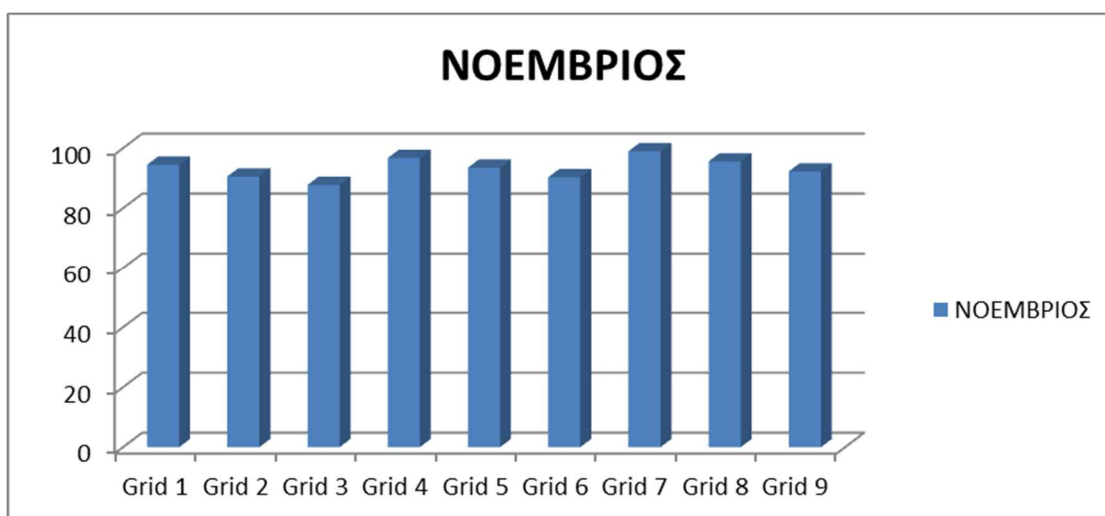
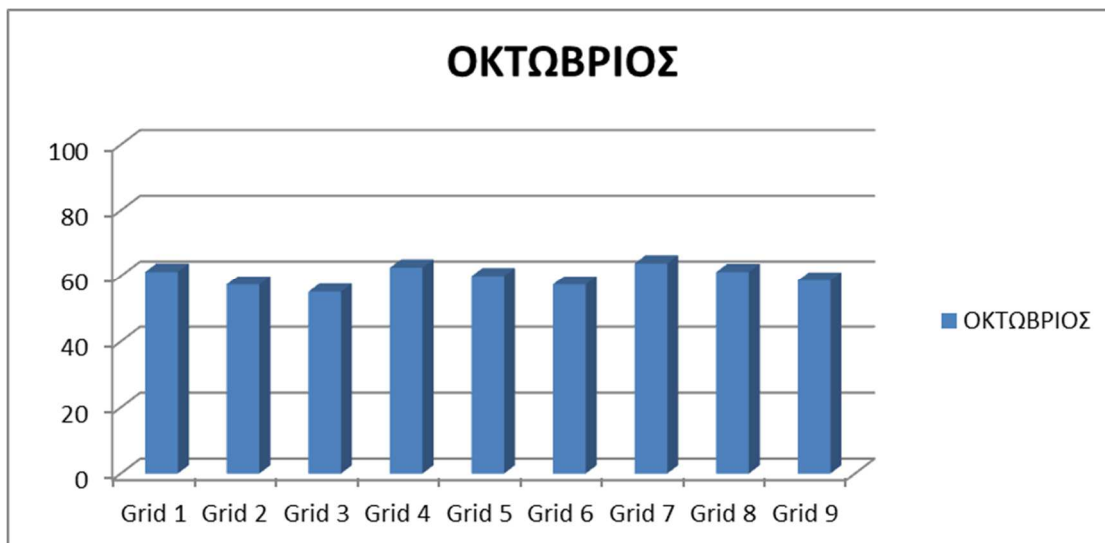




Σχήμα 2.8 Μηνιαία βροχόπτωση για την καλοκαιρινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

Τέλος κατά την περίοδο του φθινοπώρου παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της βροχόπτωσης με το πέρασμα των μηνών. Οι περισσότερες βροχοπτώσεις σημειώνονται κατά τον Νοέμβριο και οι λιγότερες τον Σεπτέμβριο. Κατά μέσο όρο το ύψος της βροχόπτωσης στην διάρκεια του φθινοπώρου ανέρχεται στα 63,5 χιλιοστά (Σχήμα 2.9).



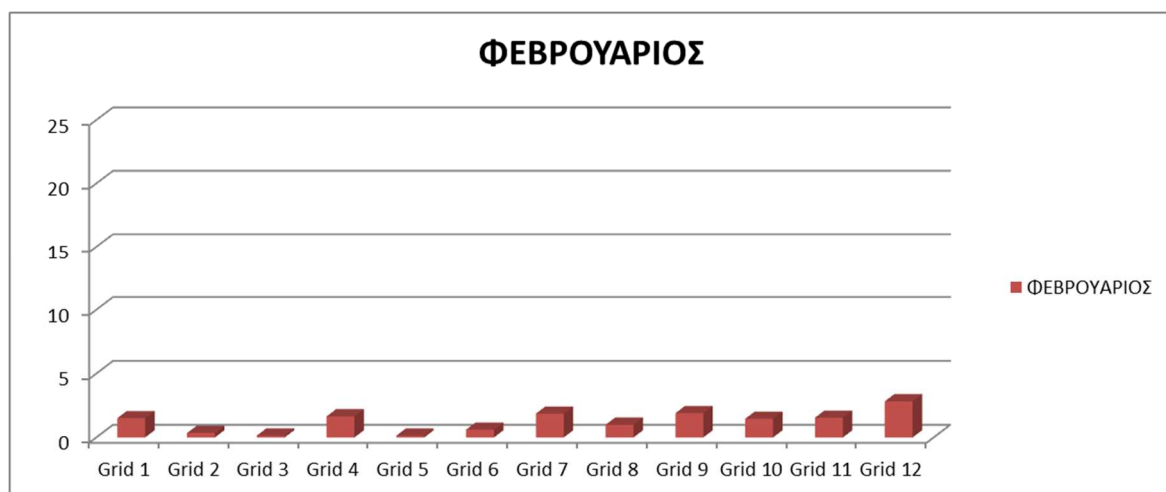
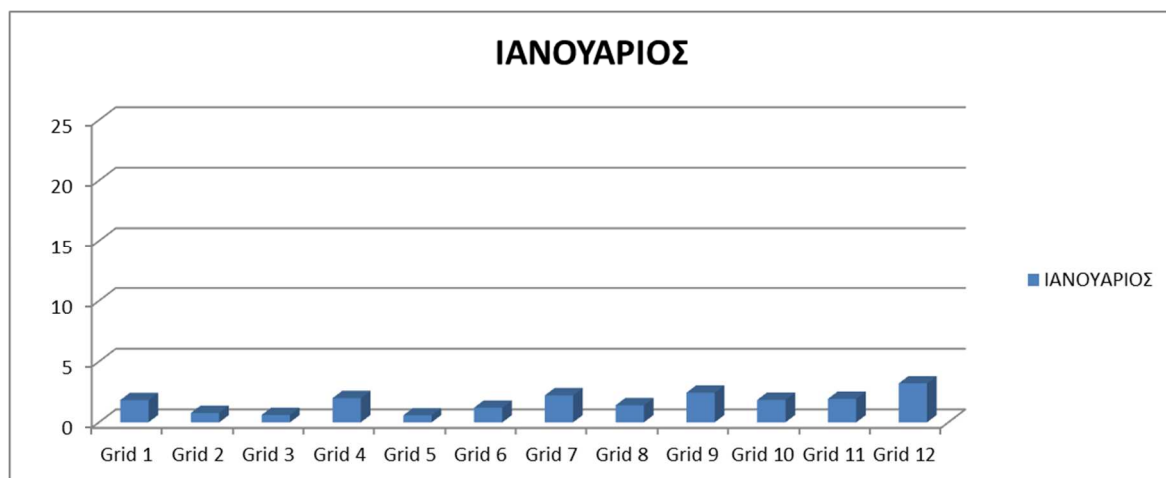
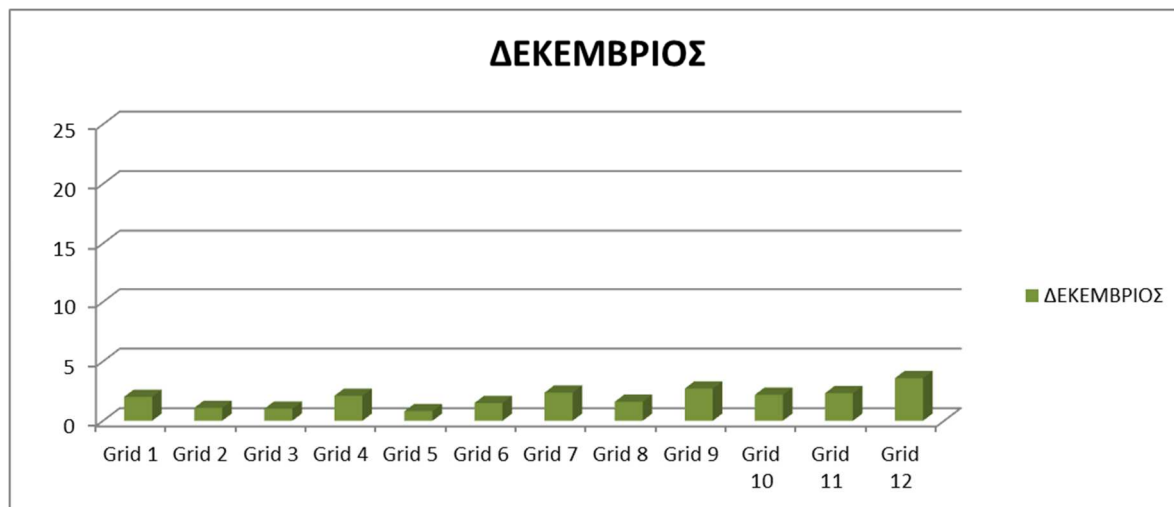


Σχήμα 2.9 Μηνιαία βροχόπτωση για την φθινοπωρινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου RE-analysis

3.Ανάλυση δεδομένων RegCM

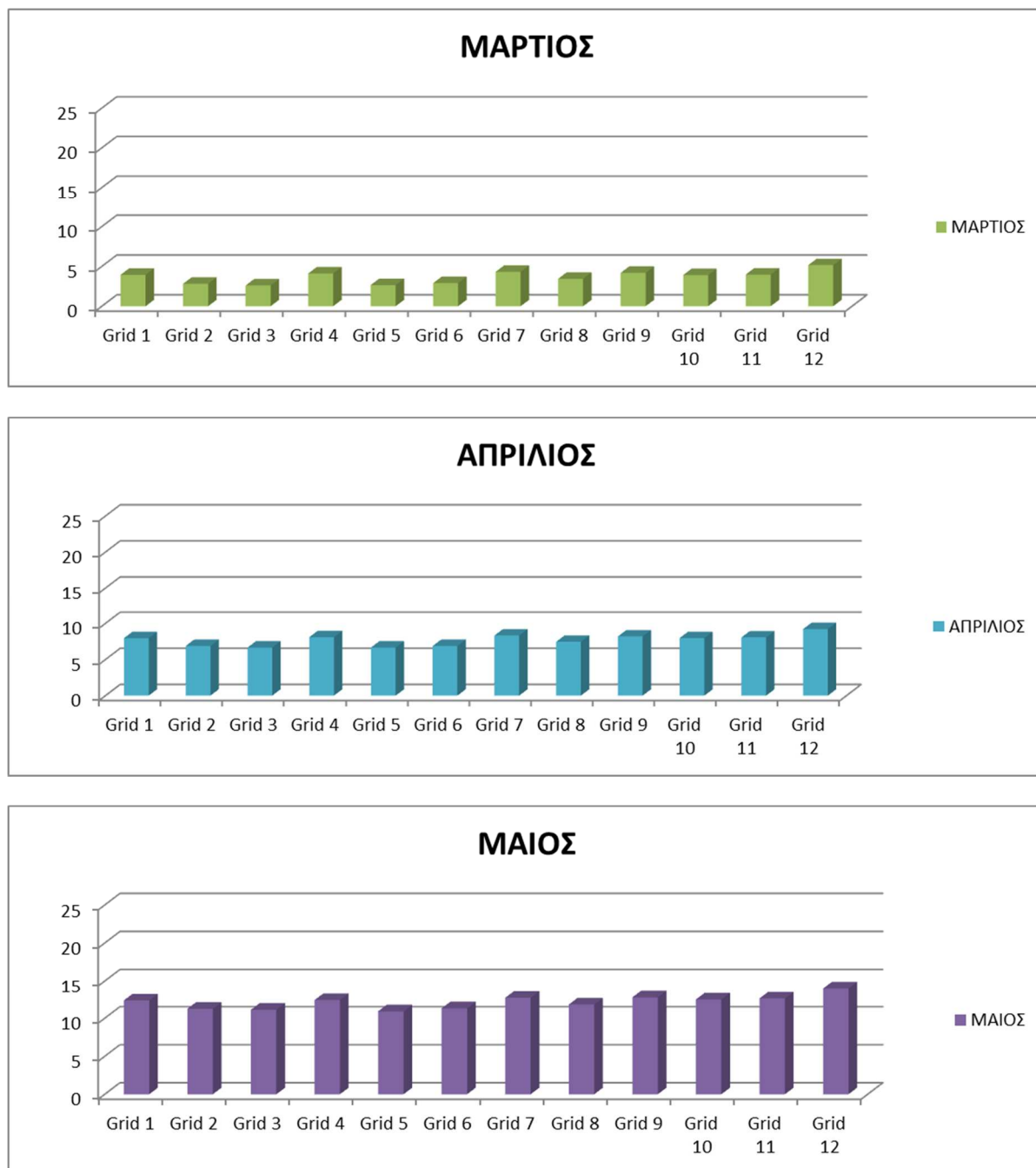
Παρακάτω θα αναλυθούν τα δεδομένα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας του κλιματικού μοντέλου RegCM για 12 κόμβους που επιλέχθηκαν κατά την περίοδο 1980-2000.

Την περίοδο του χειμώνα παρατηρούνται θερμοκρασίες χαμηλές για μεσογειακού τύπου κλίμα. Πιο συγκεκριμένα οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 0,1 °C έως και 3,2 °C. Σε γενικές γραμμές δεν παρατηρούνται μεγάλες αλλαγές στις θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του χειμώνα.



Σχήμα 3.1 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την χειμερινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

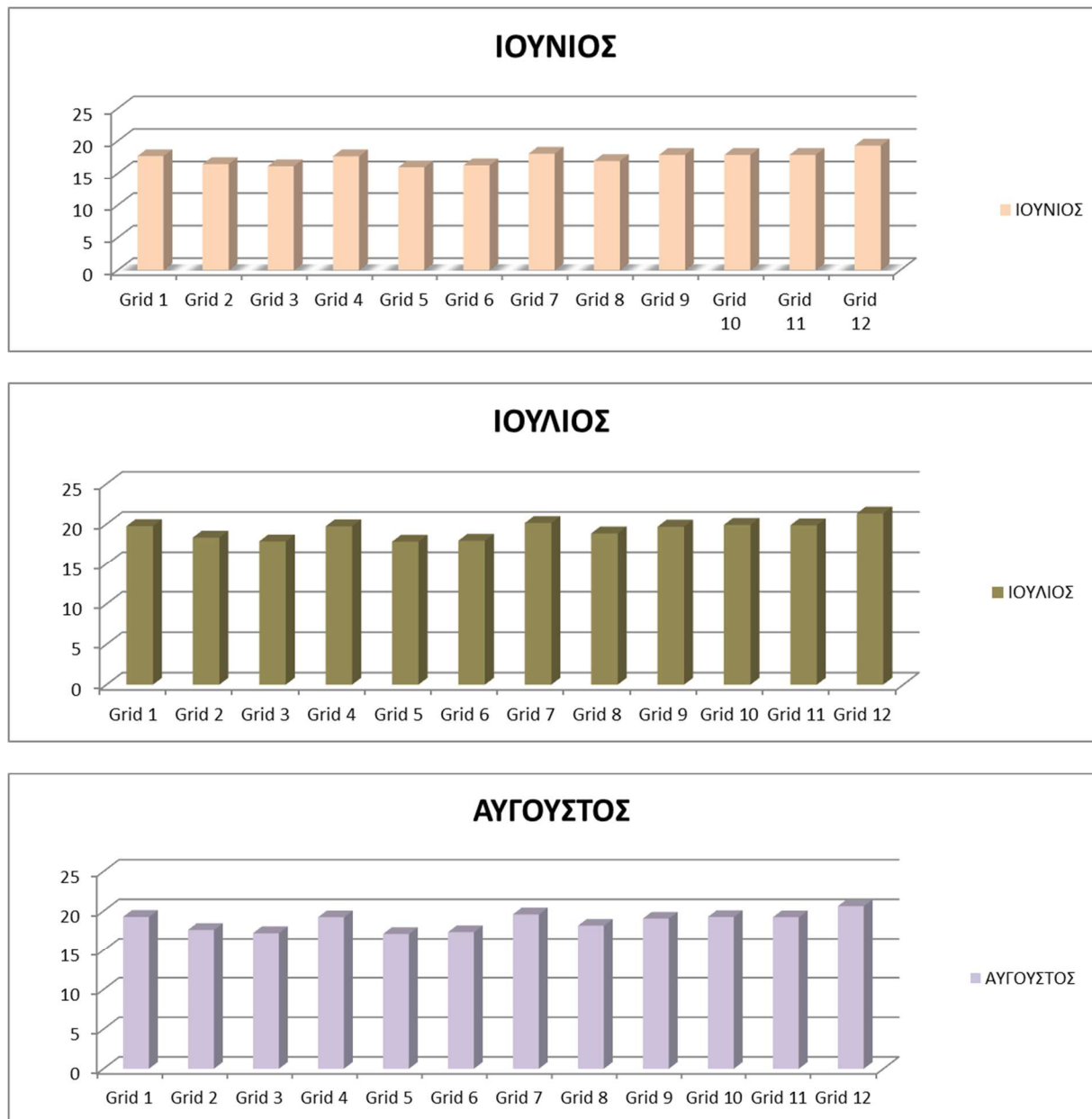
Κατά την περίοδο της άνοιξης η θερμοκρασία αυξάνεται σταδιακά από τον Μάρτιο έως και τον Μάιο. Μέχρι και τον Απρίλιο οι θερμοκρασίες δεν ξεπερνάνε τους 10 βαθμούς αλλά κατά τον Μάιο κυμαίνεται στους 12°C.



Σχήμα 3.2 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την περίοδο της άνοιξης (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

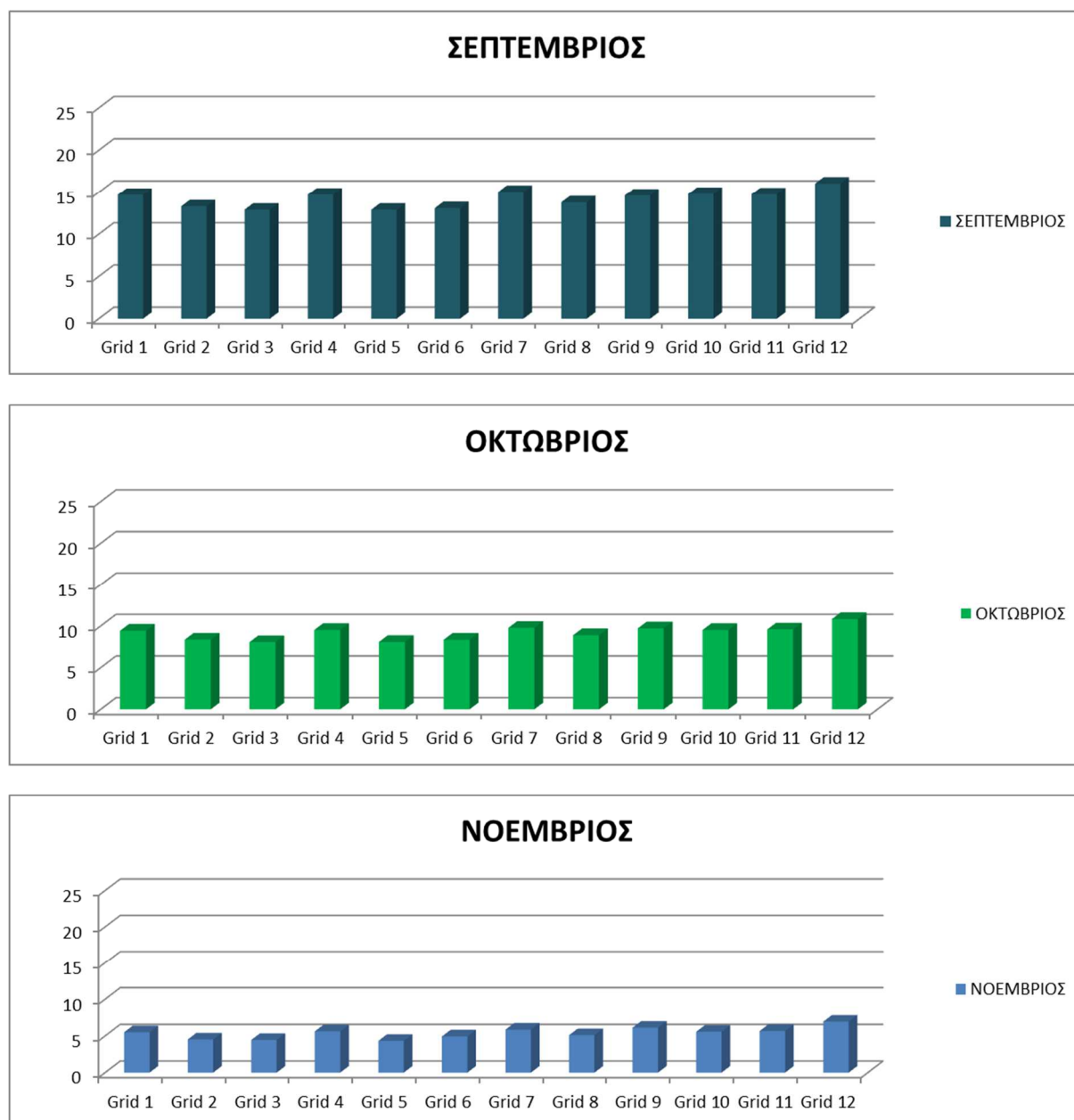
Το καλοκαίρι παρατηρείται μια αύξηση της θερμοκρασίας σε σχέση με την άνοιξη. Συγκεκριμένα τον Ιούνιο παρατηρούνται θερμοκρασίες περίπου 17°C.

Και κατά την διάρκεια του Ιουλίου-Αυγούστου οι θερμοκρασίες κυμαίνονται στους 19 °C. Σχετικά χαμηλές για τους θερμότερους μήνες του καλοκαιριού σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα.



Σχήμα 3.3 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την περίοδο του καλοκαιριού (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

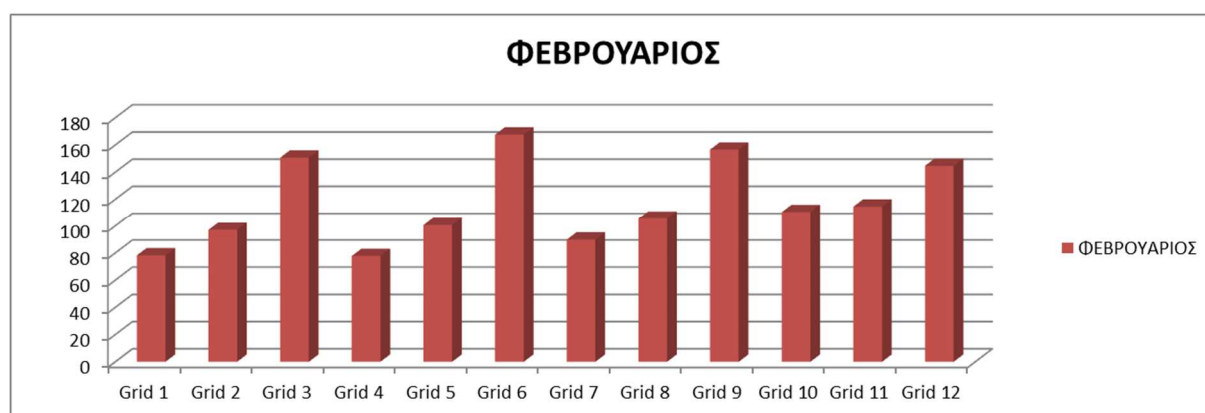
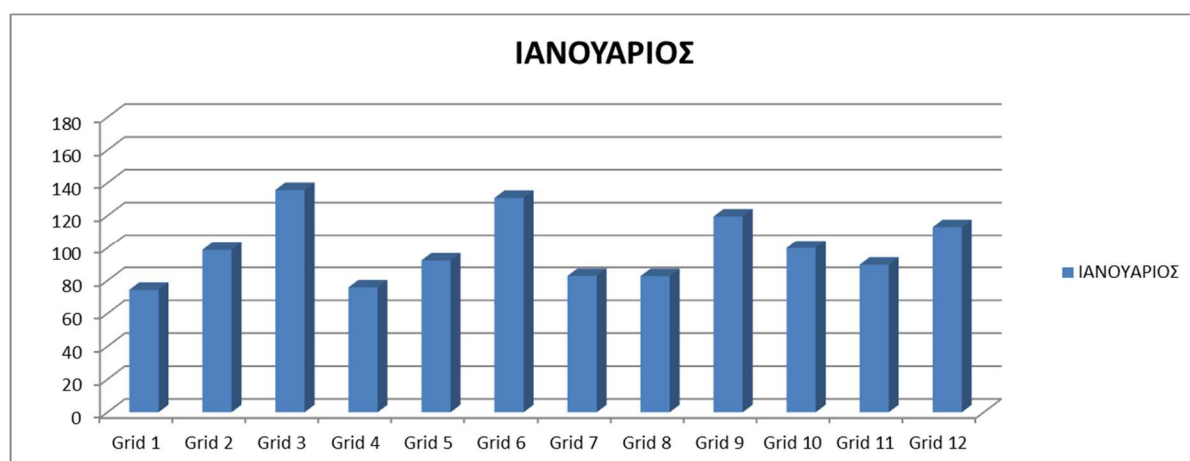
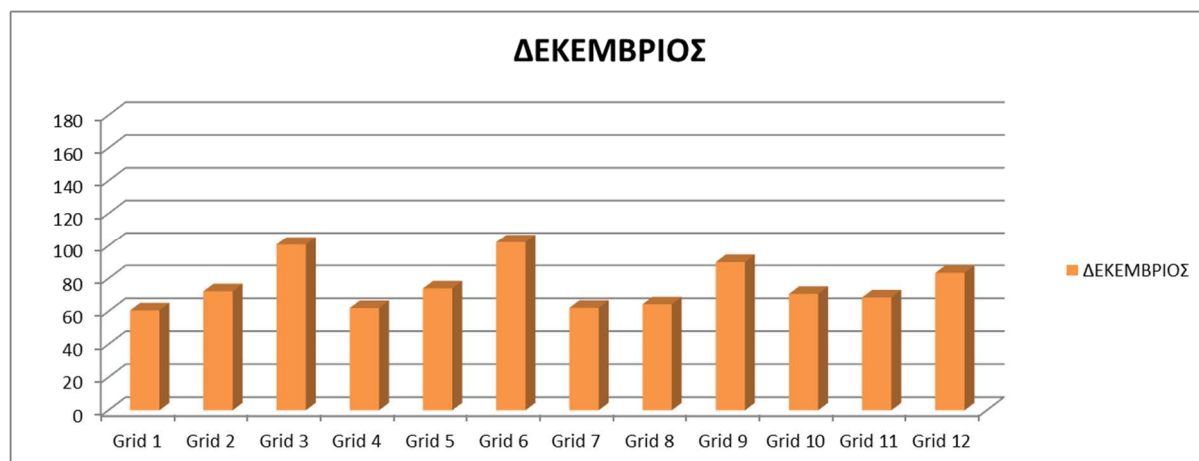
Το φθινόπωρο παρουσιάζει εμφανή μείωση στις θερμοκρασίες κατά το πέρας του. Ο Σεπτέμβριος παρουσιάζει θερμοκρασίες περίπου 13°C - 14°C, ο Οκτώβριος 8°C-9°C και ο Νοέμβριος 4°C - 5°C.



Σχήμα 3.4 Μηνιαίες θερμοκρασίες την περίοδο του φθινοπώρου (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

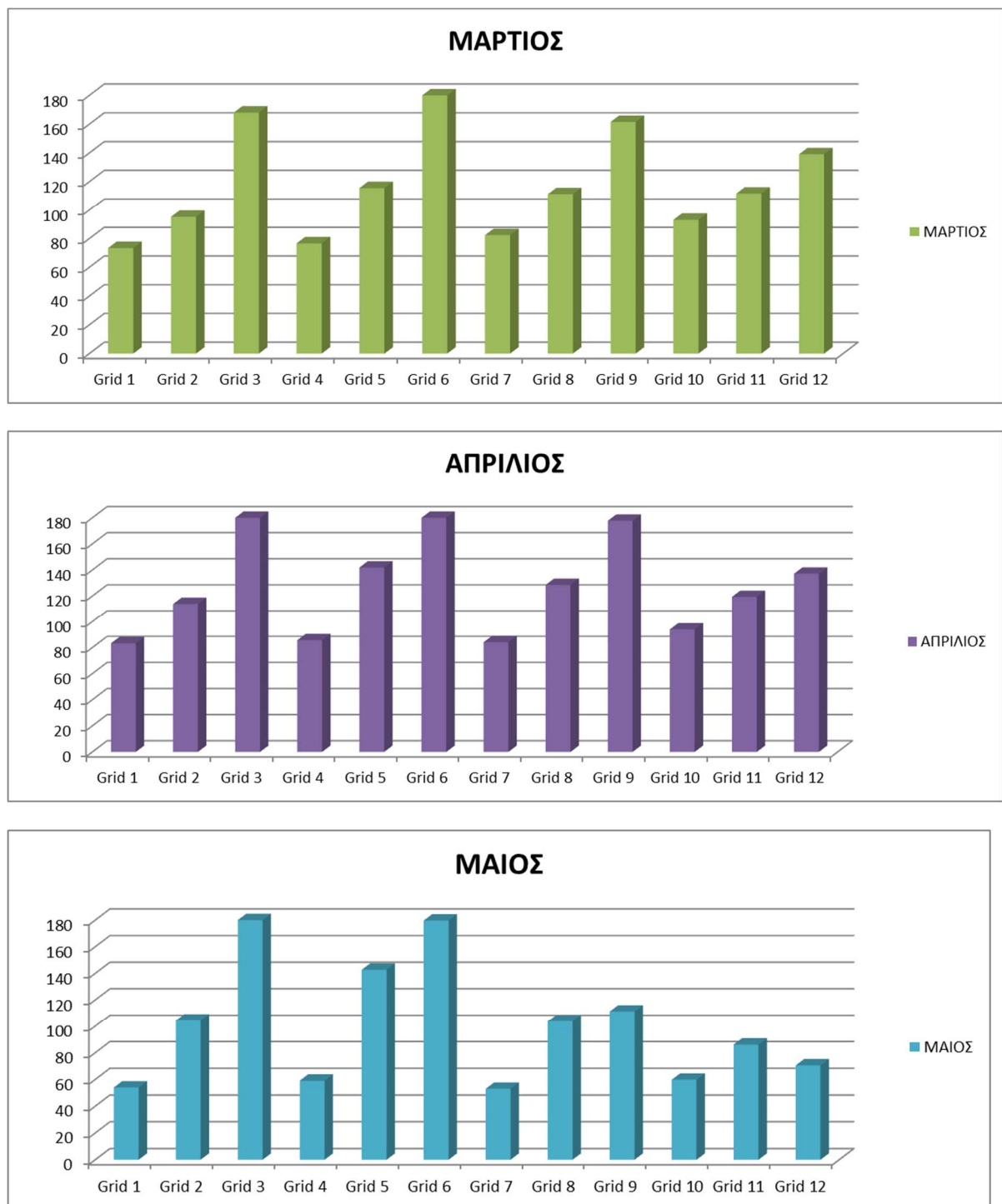
Η βροχόπτωση κατά την διάρκεια του χειμώνα δεν είναι σταθερή, συγκεκριμένα τον Δεκέμβριο βρίσκεται στα 75,98 mm. Τον Ιανουάριο παρατηρείται μια εμφανής αύξηση στην βροχόπτωση σε 99,64 mm. Και τέλος

τον Φεβρουάριο φτάνει τα 116,12 mm. Άρα παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση κατά το πέρας των μηνών. Οι κόμβοι 3, 6, 9, 12 παρουσιάζουν μεγαλύτερα νούμερα βροχόπτωσης από τους υπόλοιπους σταθμούς, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα.



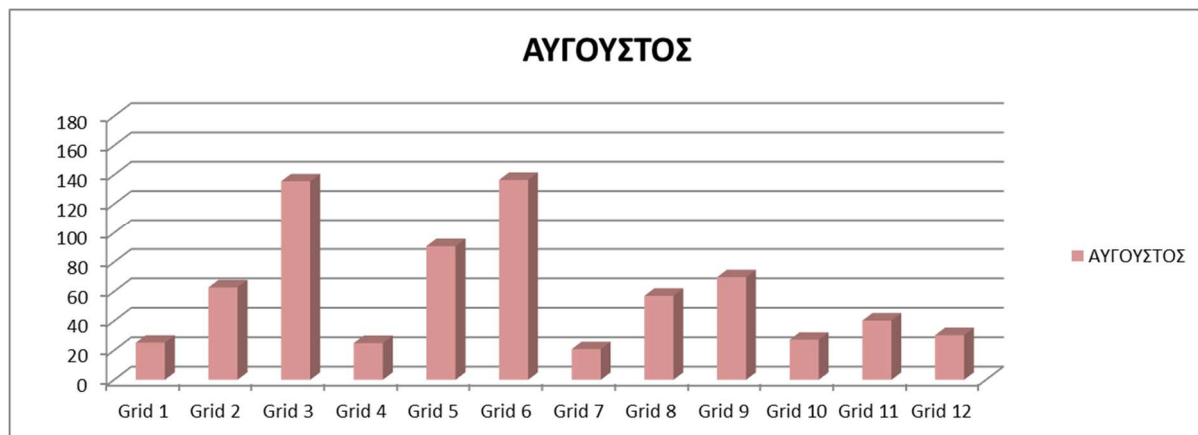
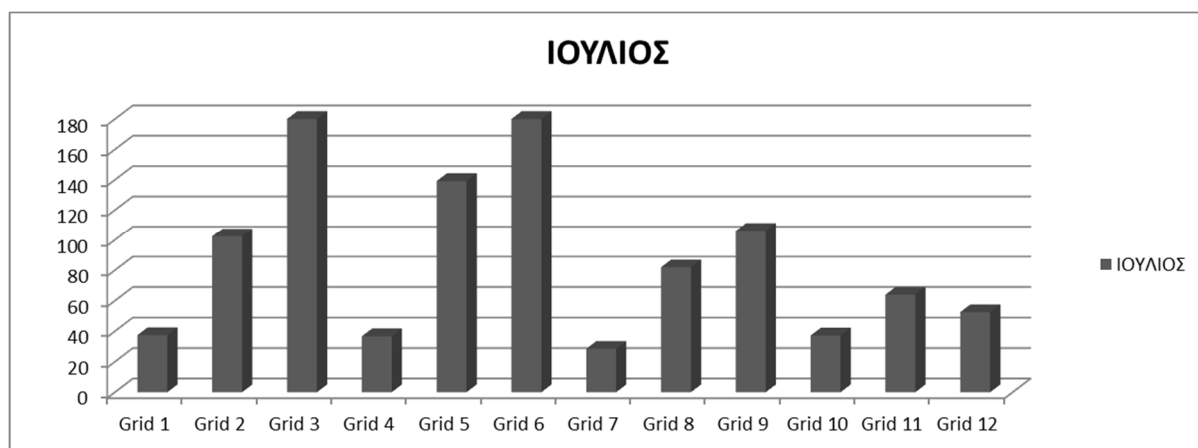
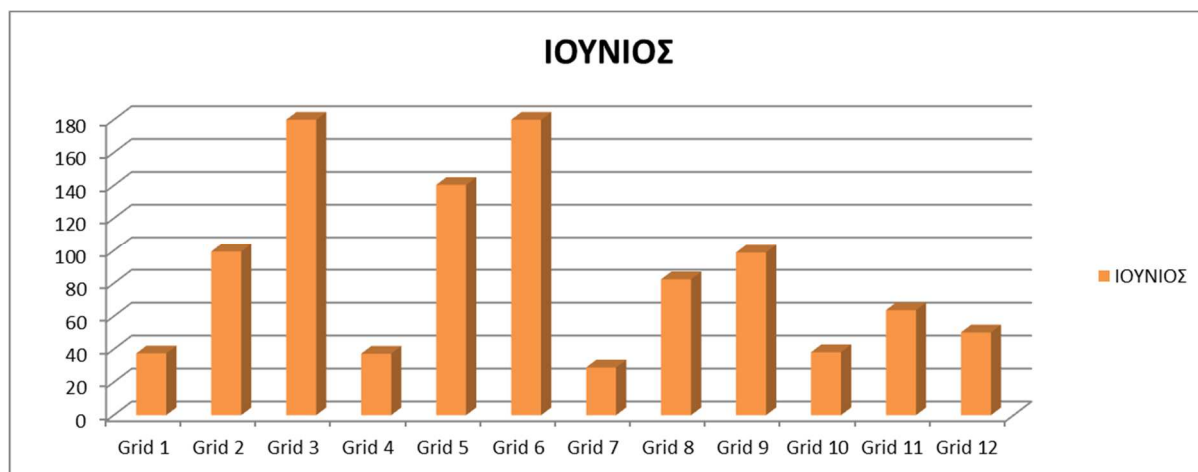
Σχήμα 3.5 Μηνιαία βροχόπτωση την περίοδο του χειμώνα (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

Το φθινόπωρο παρουσιάζει σχετικά σταθερή βροχόπτωση καθ'όλη τη διάρκεια του. Ο Απρίλιος μόνο ξεχωρίζει με λίγο πιο ανεβασμένες τιμές σε σχέση με τον Μάρτιο και τον Μάιο.



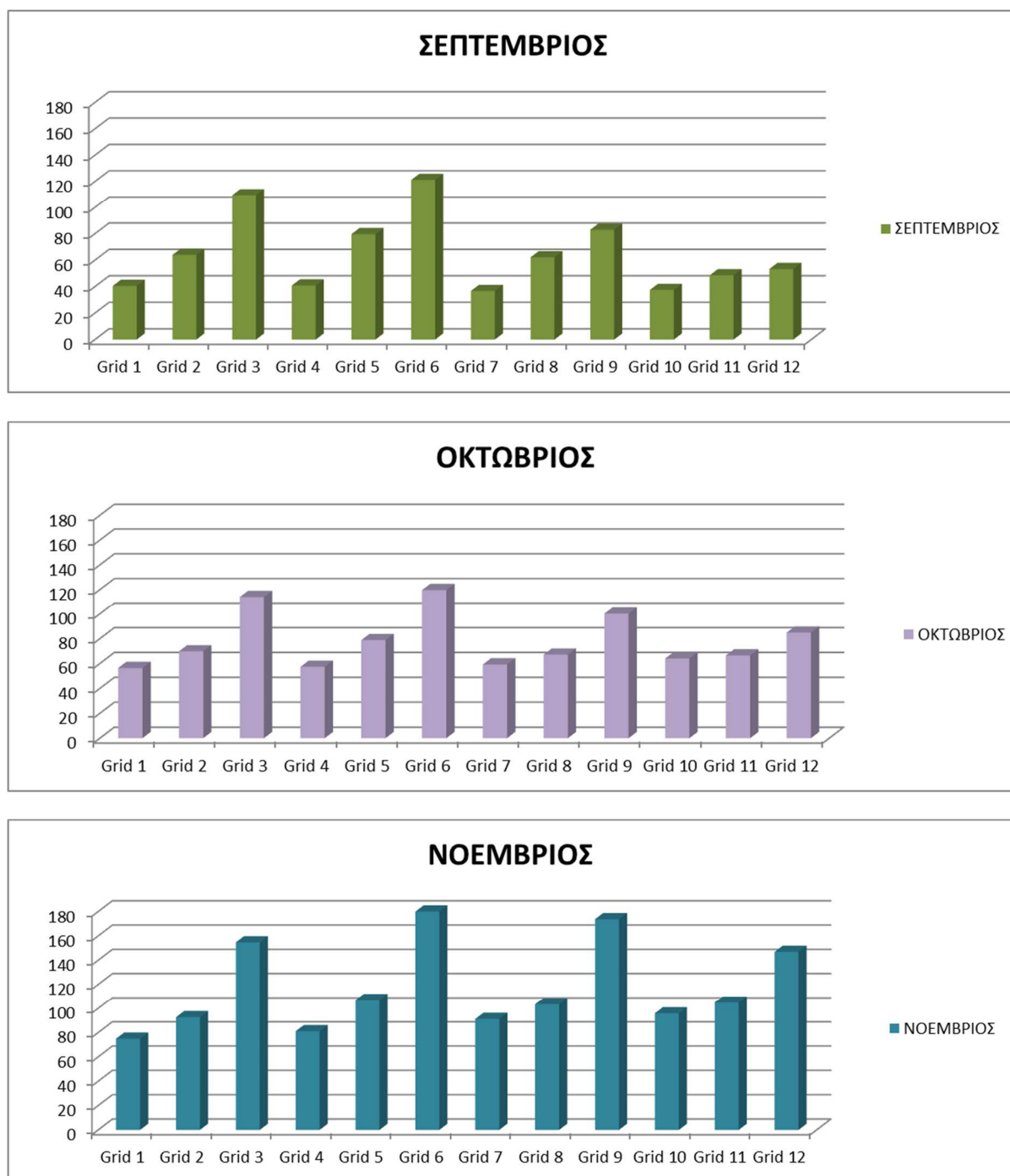
Σχήμα 3.6 Μηνιαία βροχόπτωση την περίοδο της άνοιξης (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

Με την έναρξη του καλοκαιριού παρατηρείται μια εμφανή μείωση στα χιλιοστά βροχόπτωσης. Από 101,32mm που είχε ο Μάιος ελαττώθηκαν σε 89,94mm. Τον Ιούλιο παρατηρείται μια μικρή αύξηση στη βροχόπτωση και τον Αύγουστο μια σημαντική ελάττωση από τα 93,02mm στα 60,14mm. Οι κόμβοι 3,6,9 συνεχίζουν τα έχουν τις μεγαλύτερες τιμές.



Σχήμα 3.7 Μηνιαία βροχόπτωση για την καλοκαιρινή περίοδο (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

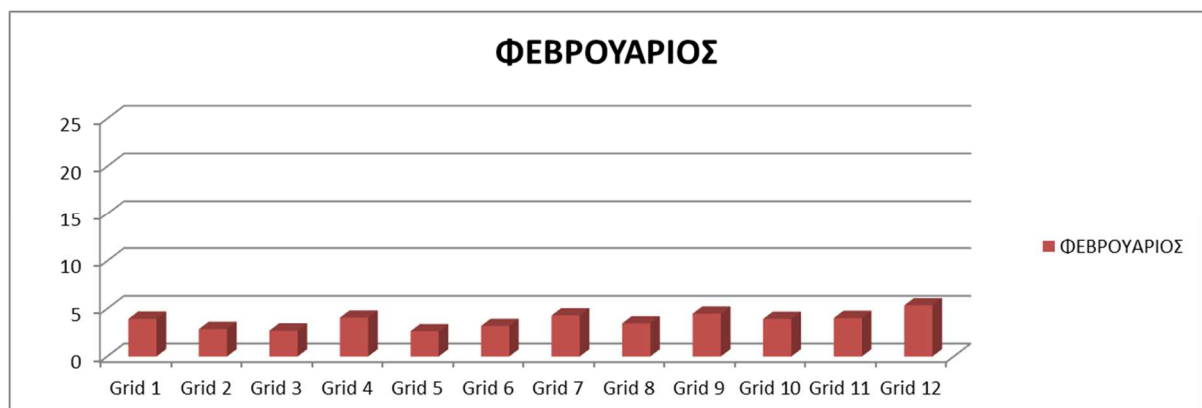
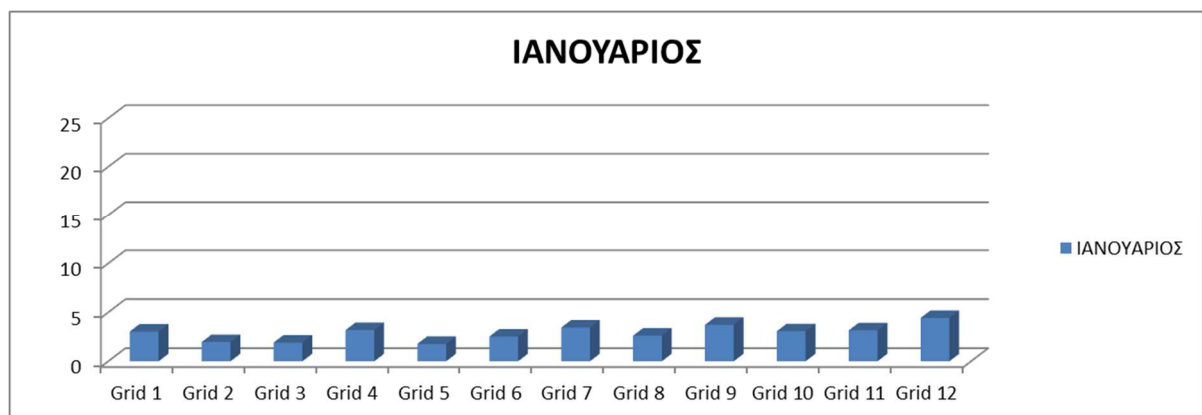
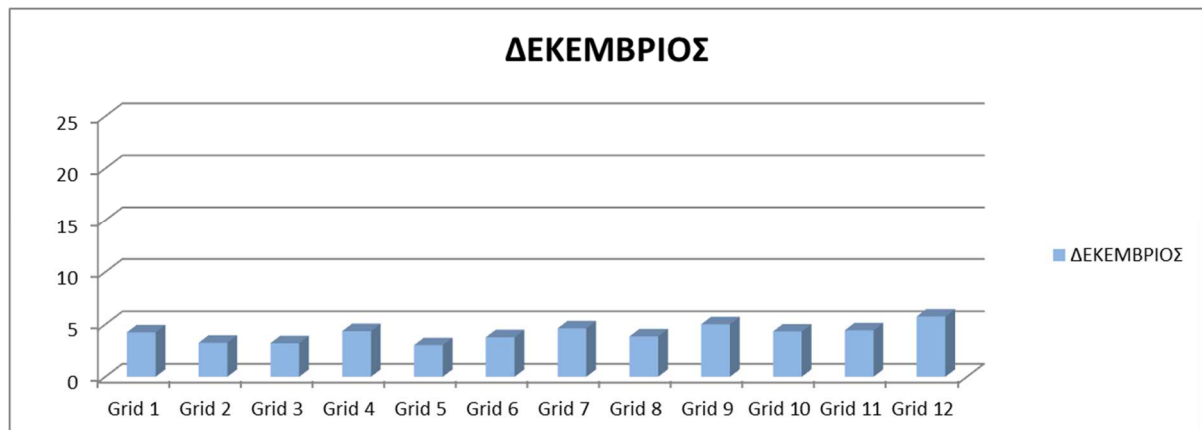
Τελικά με την είσοδο του φθινόπωρου φαίνεται η σταδιακή αύξηση της βροχόπτωσης . Ο Σεπτέμβριος έχει κατά μέσο όρο 64,79mm, ο Οκτώβριος 78,10mm και ο Νοέμβριος 117,26mm.



Σχήμα 3.8 Μηνιαία βροχόπτωση για την περίοδο του φθινοπώρου (1980-2000) του μοντέλου REG-CM

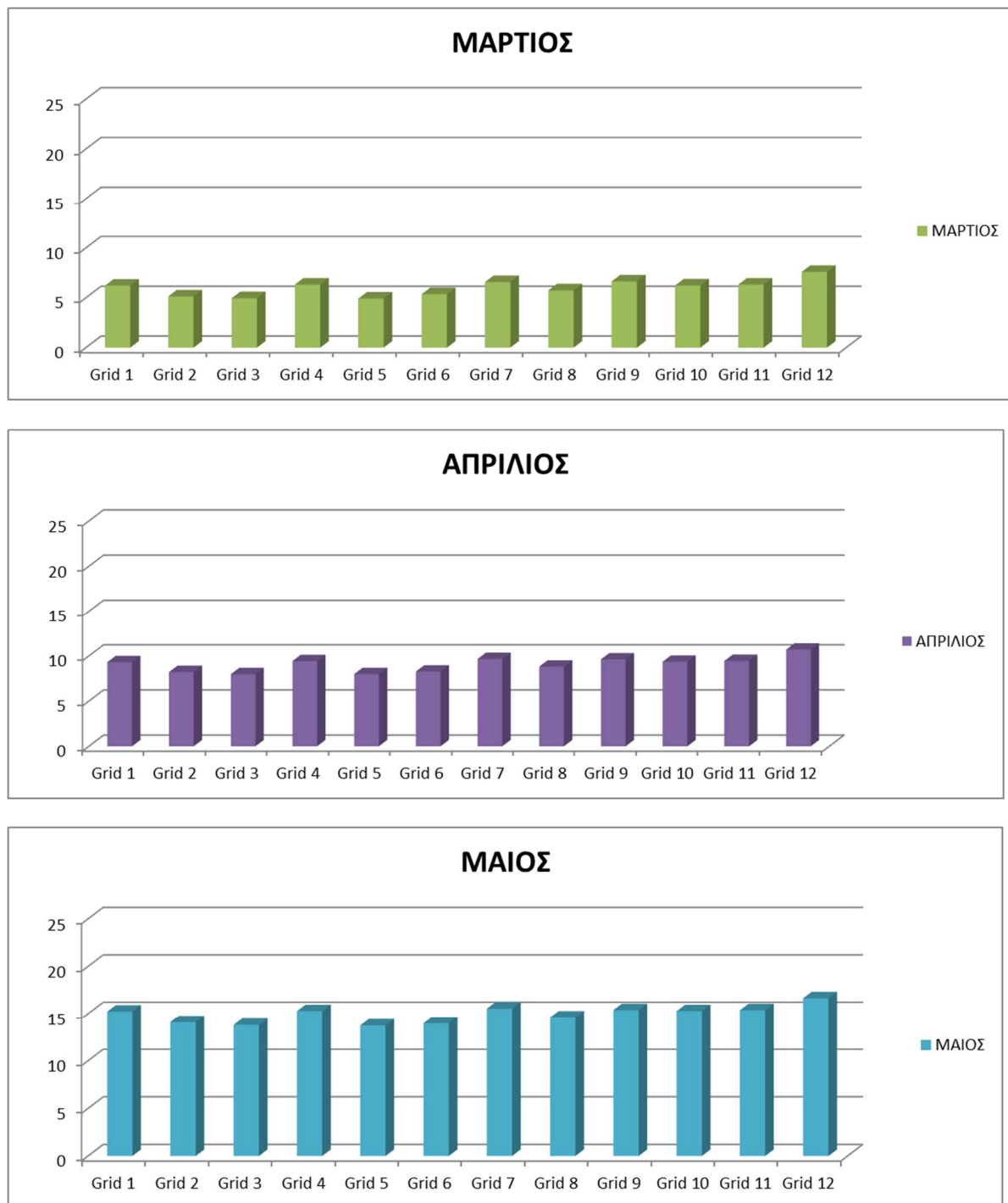
Στην συνέχεια θα αναλυθούν δεδομένα για τις χρονιές 2050 έως 2070. Αυτό γίνεται με την βοήθεια του κλιματικού μοντέλου RegCM.

Ξεκινώντας με το χειμώνα , παρατηρούνται αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες για μεσογειακό κλίμα αλλά σε σχέση με τις θερμοκρασίες του 1980-2000 είναι ελαφρώς αυξημένες. Ο μέσος όρος του χειμώνα κυμαίνεται στους 3,6°C.



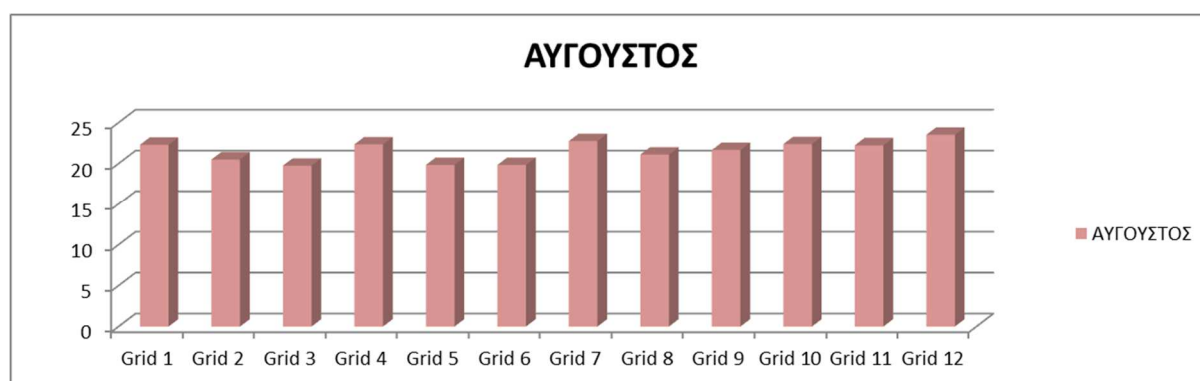
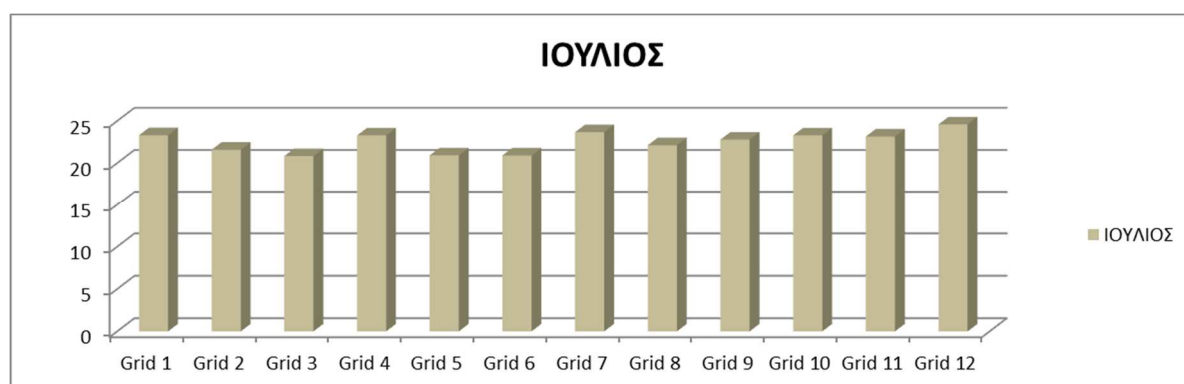
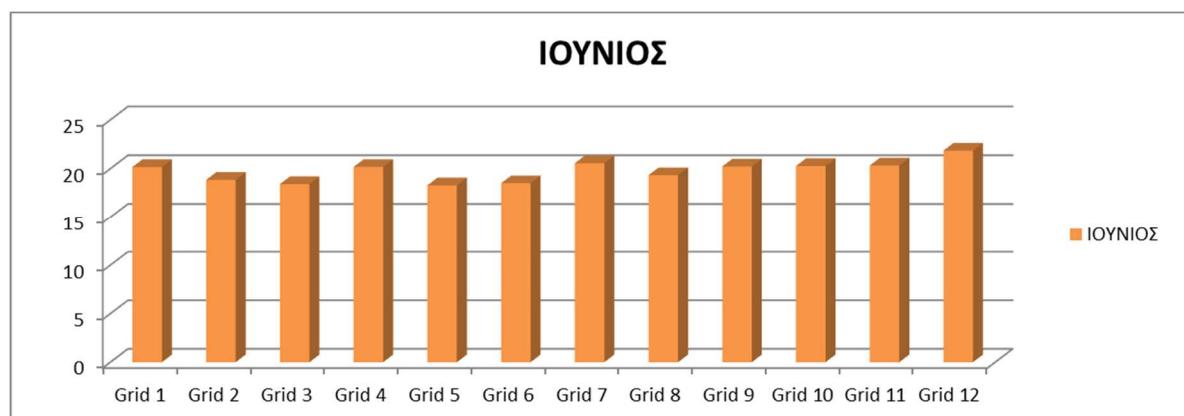
Σχήμα 3.9 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την χειμερινή περίοδο (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

Κατά την διάρκεια της άνοιξης παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας με το πέρας των μηνών. Πιο συγκεκριμένα κατά τον Μάρτιο η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 6°C, τον Απρίλιο στους 9°C και τέλος τον Μάιο στους 14,9°C.



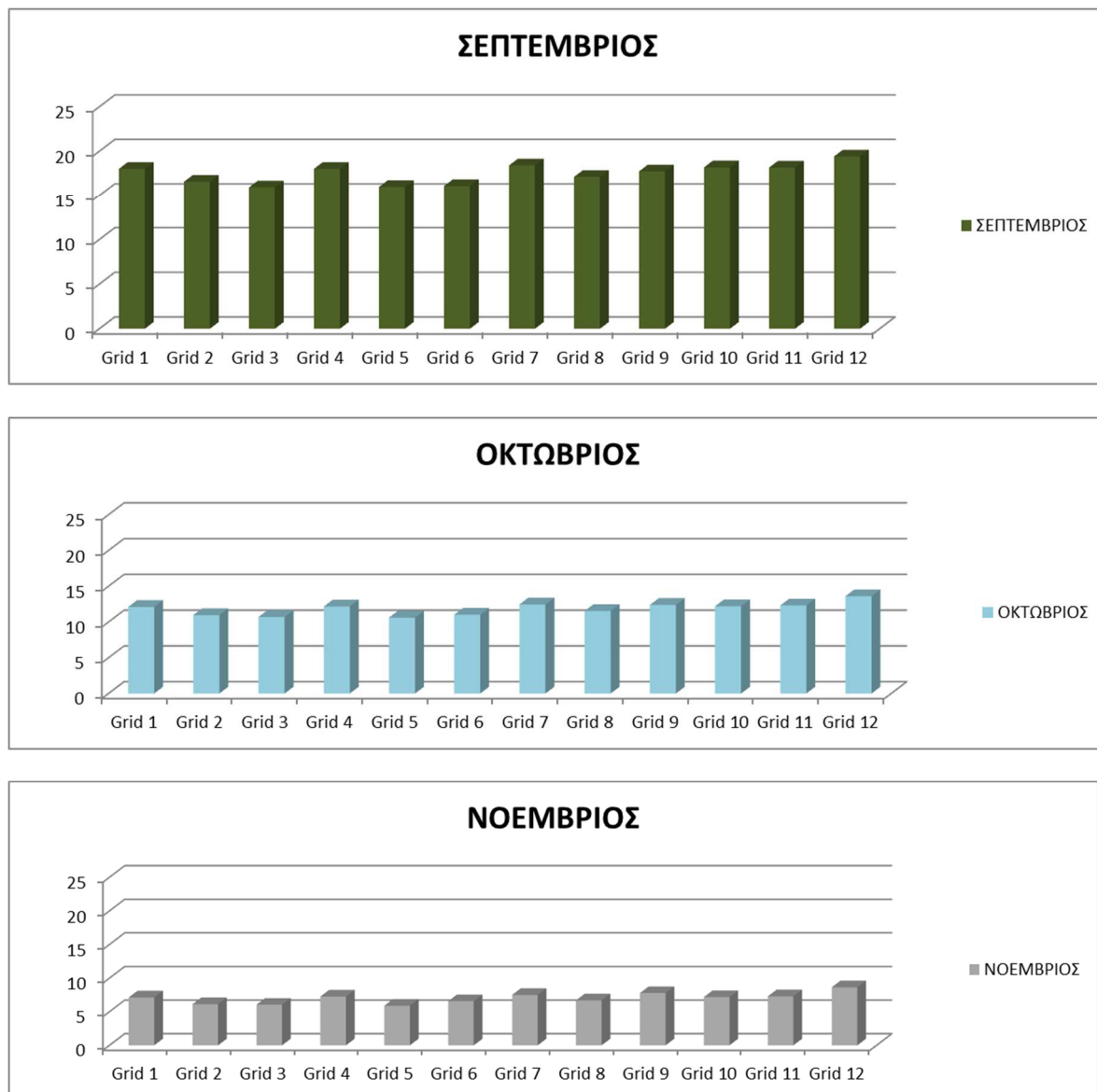
Σχήμα 3.10 Μηνιαίες θερμοκρασίες για την περίοδο της άνοιξης (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

Με την έναρξη του καλοκαιριού αισθητά μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Η μέση θερμοκρασία του καλοκαιριού είναι 21,2°C, με σταδιακή αύξηση από την έναρξή του έως και το τέλος του.



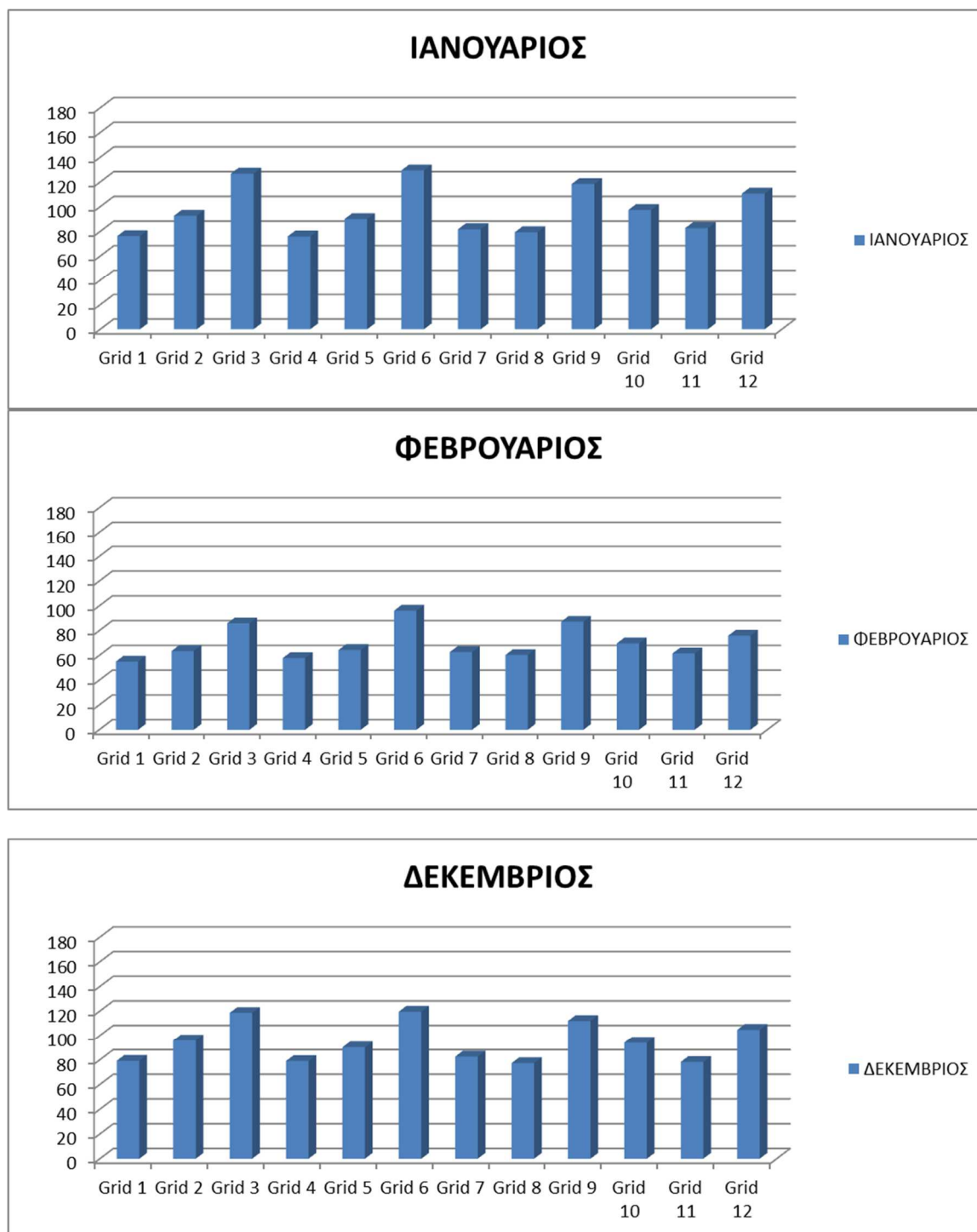
Σχήμα 3.11 Μηνιαίες θερμοκρασίες την περίοδο του καλοκαιριού (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

Και τελικά με την έναρξή του το φθινόπωρο ξανά ελαττώνει την θερμοκρασία. Ο Σεπτέμβριος κυμαίνεται στους 17,4°C, ο Οκτώβριος στους 11,8°C και ο Νοέμβριος στους 7. Κατά μέσο όρο το φθινόπωρο έχει 12,1°C. Λίγο θερμότερο δηλαδή από τα έτη 1980-2000.



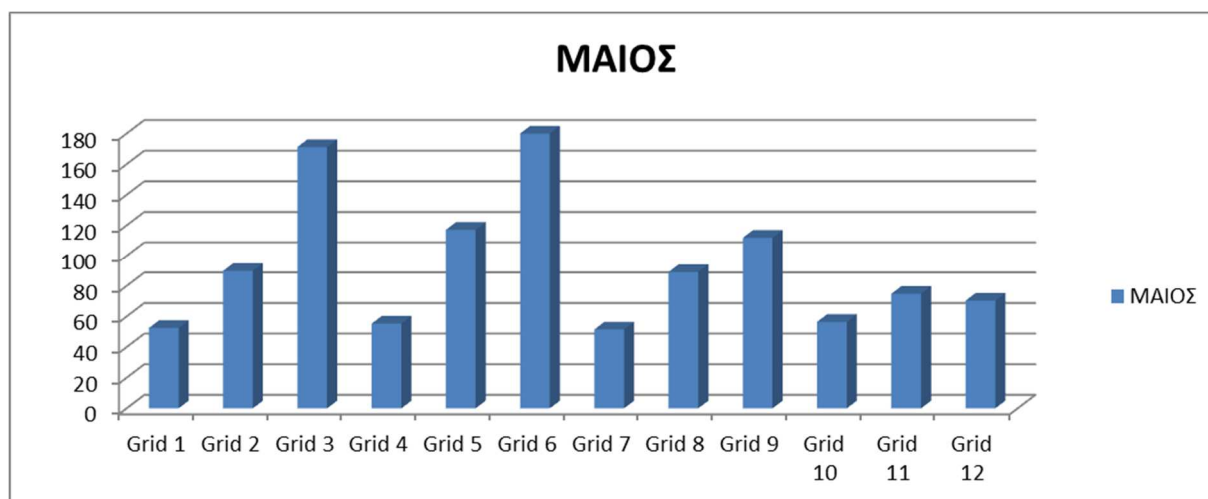
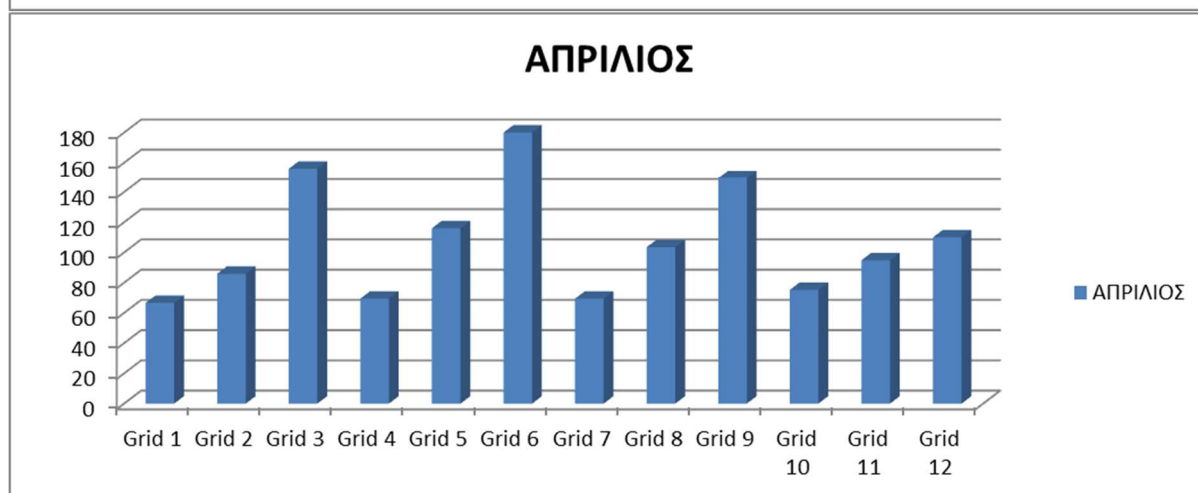
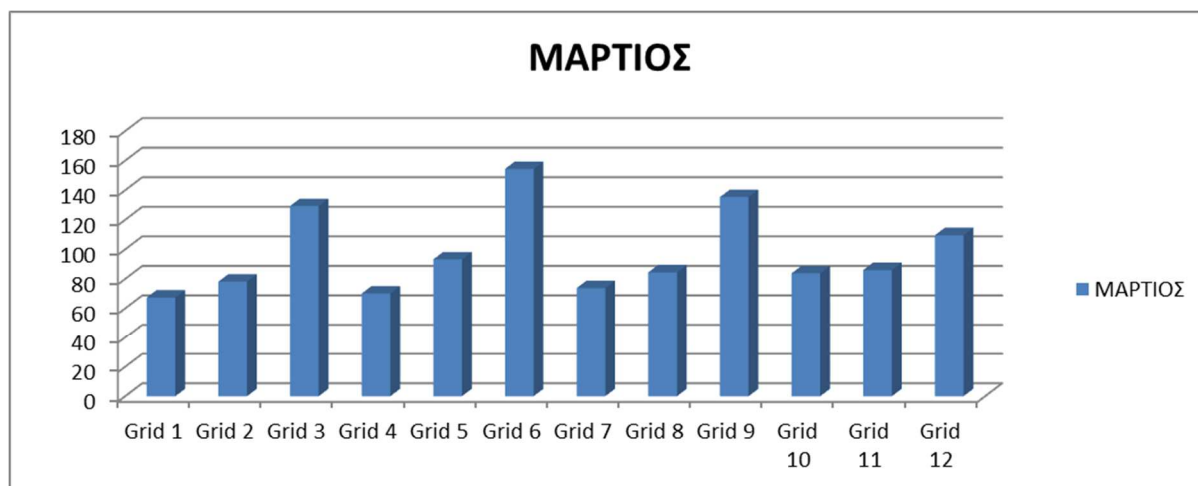
Σχήμα 3.12 Μηνιαίες θερμοκρασίες την φθινοπωρινή περίοδο (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

Οι βροχοπτώσεις του χειμώνα κατά την περίοδο 2050-2070 φαίνονται να είναι ελαφρώς μειωμένες από τις αντίστοιχες του χειμώνα κατά τα έτη 1980-2000. Συγκεκριμένα ο Δεκέμβριος κυμαίνεται στα 94,2 mm ο Ιανουάριος στα 96,7 mm και ο Φεβρουάριος στα 70,1 mm.



Σχήμα 3.13 Μηνιαία βροχόπτωση την χειμερινή περίοδο (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

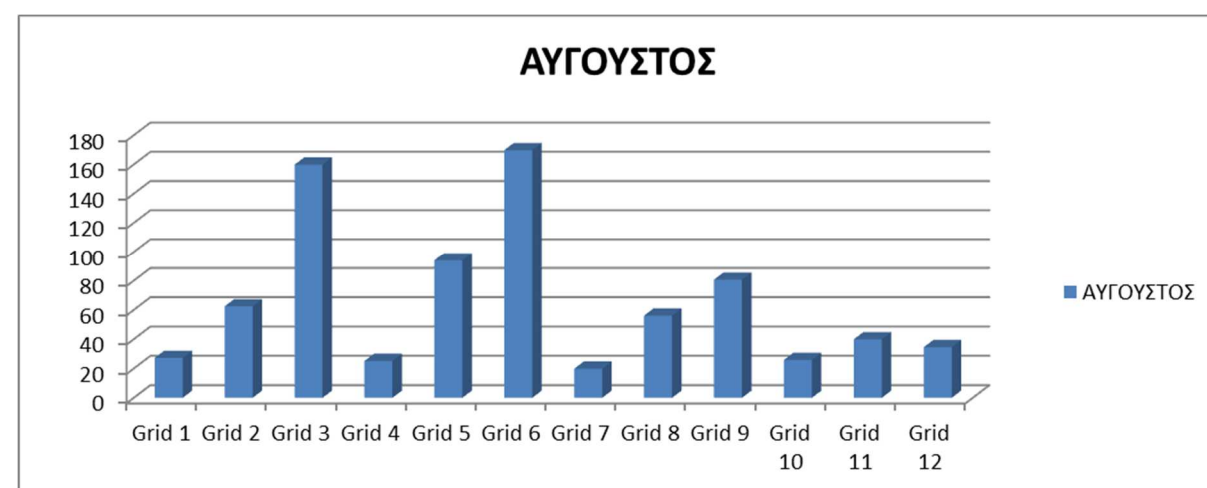
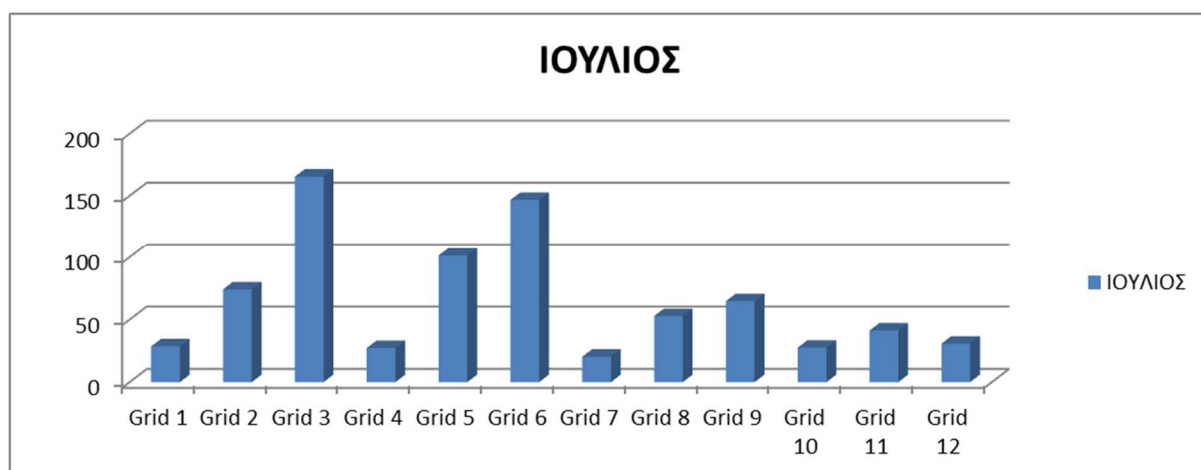
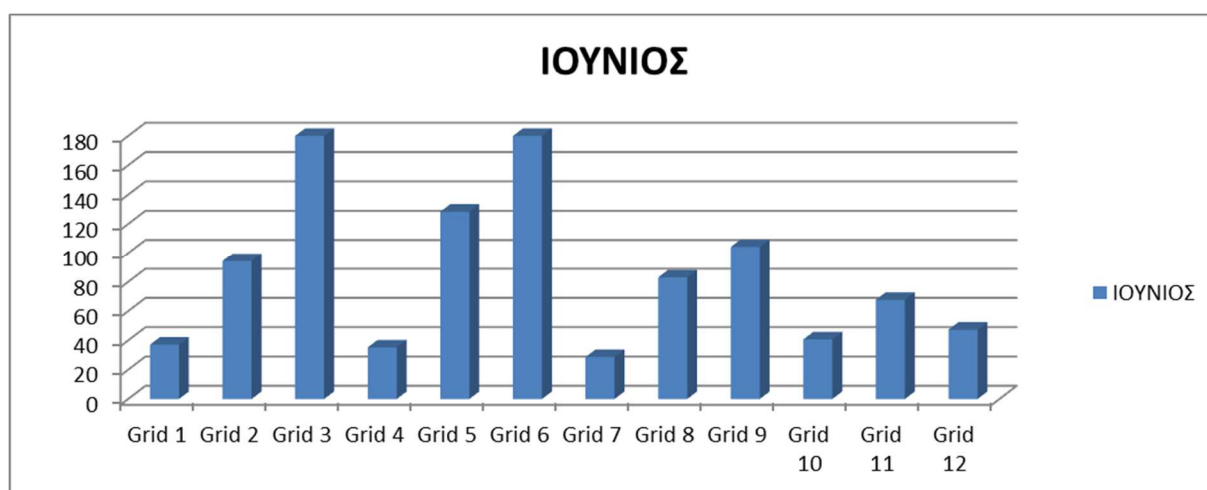
Με την είσοδο της άνοιξης παρατηρείται μια μείωση στην βροχόπτωση σε σχέση με τον χειμώνα αλλά αξιοσημείωτη είναι η αλλαγή στο grid 3 το οποίο είναι το μοναδικό σημείο που η βροχόπτωση αυξάνεται με το πέρας των μηνών. Ο μέσος όρος βροχόπτωσης κατά την περίοδο της άνοιξης είναι στα 99,28 mm.



Σχήμα 3.14 Μηνιαία βροχόπτωση την περίοδο της άνοιξης (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

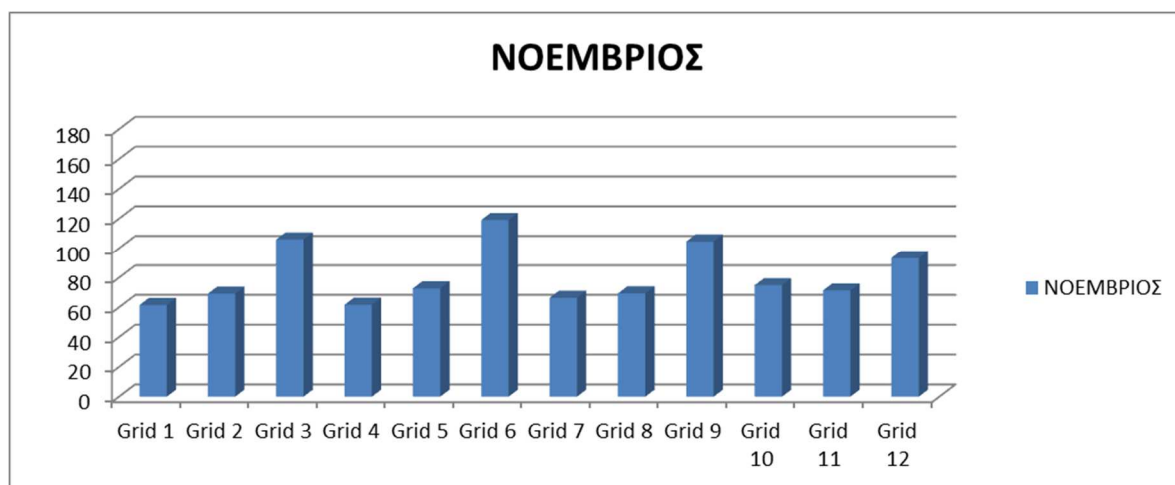
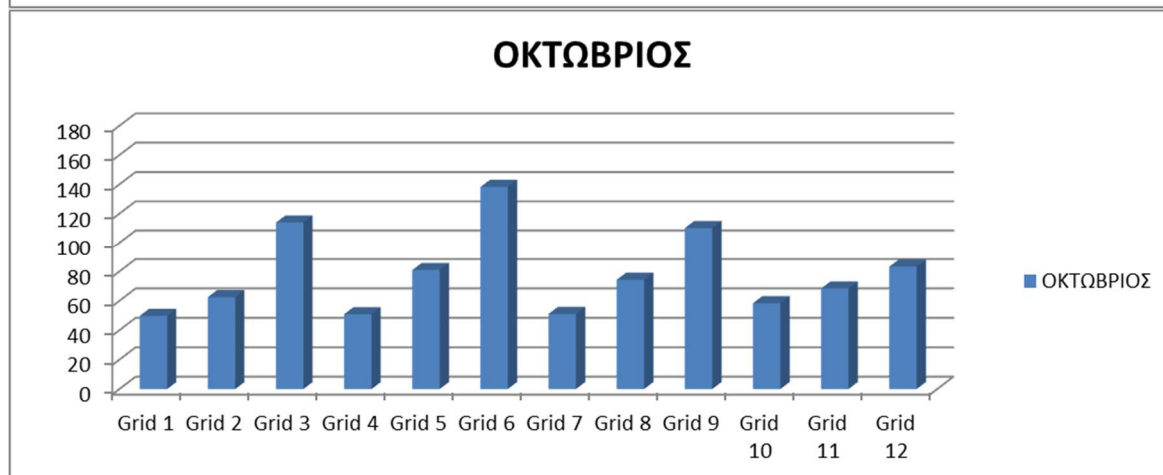
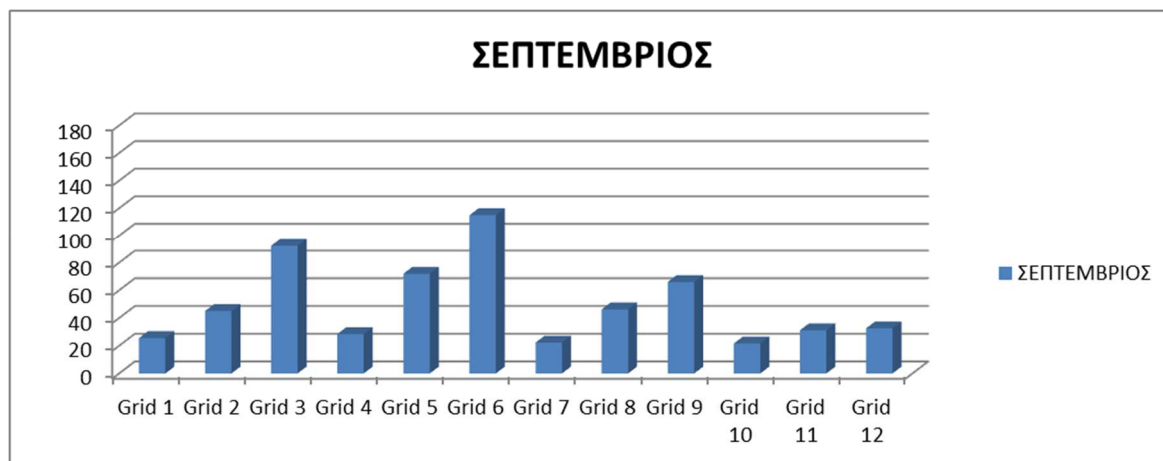
Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού οι βροχοπτώσεις έχουν μειωθεί σε σχέση με την άνοιξη αλλά και συγκριτικά με το αντίστοιχο καλοκαίρι του 1980-2000.

Και πάλι όμως αξιοσημείωτο είναι το σημείο στον σταθμό 3, το οποίο και πάλι διατηρεί πολύ υψηλά νούμερα βροχόπτωσης. Τον Ιούνιο μάλιστα σημειώνεται και το μεγαλύτερο ποσό βροχόπτωσης όλης της χρονιάς.



Σχήμα 3.15 Μηνιαία βροχόπτωση την περίοδο του καλοκαιριού (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

Τέλος με την είσοδο του το φθινόπωρο, αυξάνει τις βροχοπτώσεις σε όλα τα σημεία καταμέτρησης, σταδιακά με το πέρας των μηνών. Ο μέσος όρος βροχόπτωσης του φθινοπώρου είναι 69,74mm. Αρκετά χαμηλότερος από αυτόν του 1980-2000.



Σχήμα 3.16 Μηνιαία βροχόπτωση την φθινοπωρινή περίοδο (2050-2070) του μοντέλου REG-CM

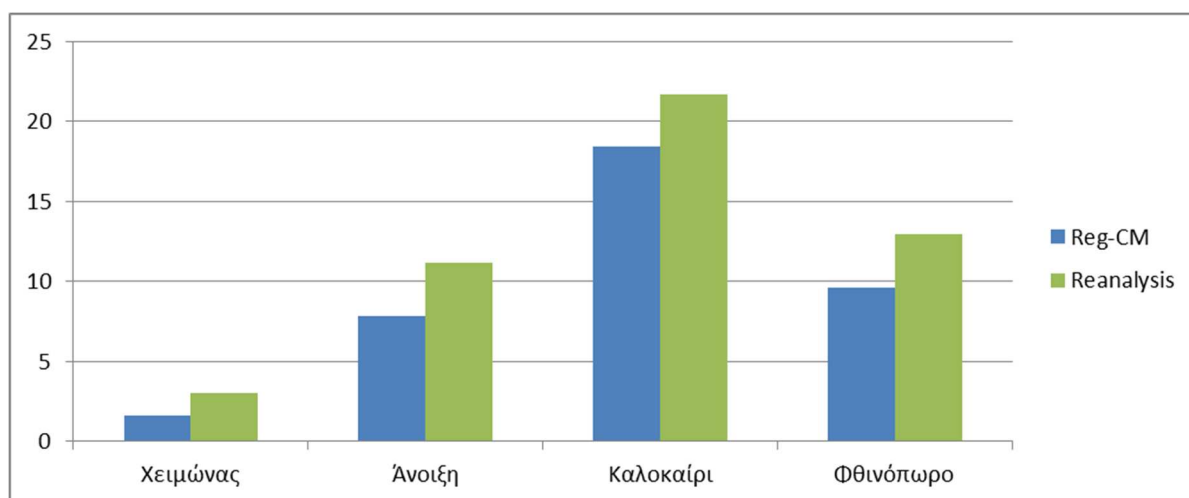
4. Συμπεράσματα

Η έρευνα αυτή έγινε με σκοπό την εκτίμηση των μελλοντικών τιμών βροχόπτωσης αλλά και θερμοκρασίας στην περιοχή της Βεγορίτιδας που βρίσκεται στην ανατολική Μακεδονία. Τα δεδομένα προήλθαν από εννιά πραγματικούς μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται εγκατεστημένοι περιμετρικά της λίμνης αλλά και πολύ κοντά σε αυτή, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο ακριβή δεδομένα για την κατάσταση του καιρού αλλά και την διαμόρφωση του κλίματος της περιοχής γενικότερα. Επίσης χρησιμοποιήθηκε και το κλιματικό μοντέλο RegCM, το οποίο μπορεί να εκτιμήσει την διαμόρφωση των καιρικών φαινομένων καθώς και του κλίματος στο μέλλον.

Στην εργασία αυτή έγινε η εποχιακή ανάλυση των δεδομένων όλων των σταθμών reanalysis, παρέχοντάς μας κάποια πολύ χρήσιμα δεδομένα, που θα συγκριθούν στη συνέχεια με τα δεδομένα του RegCM.

Η ανάλυση αυτή χρησιμοποίησε δεδομένα ετών από το 1980 έως και το 2000. Συγκεκριμένα η μέση θερμοκρασία του κάθε χειμώνα αυτών των ετών ήταν $3,01^{\circ}\text{C}$, της άνοιξης ήταν $11,16^{\circ}\text{C}$, του καλοκαιριού $21,68^{\circ}\text{C}$ και του φθινοπώρου $12,98^{\circ}\text{C}$.

Η αντίστοιχη ανάλυση από το RegCM μοντέλο έδωσε μέση θερμοκρασία του κάθε χειμώνα στους $1,61^{\circ}\text{C}$, της άνοιξης $7,83^{\circ}\text{C}$, του καλοκαιριού $18,4^{\circ}\text{C}$ και του φθινοπώρου $9,59^{\circ}\text{C}$.

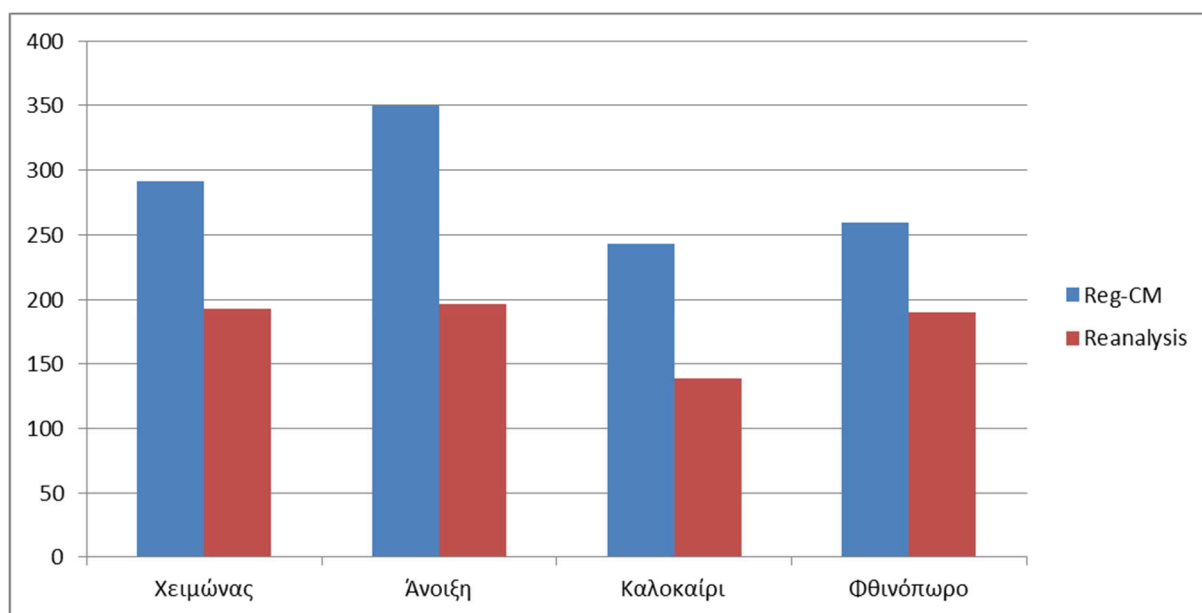


Σχήμα 4.1 Σύγκριση θερμοκρασιών των μοντέλων REG-CM και Reanalysis για την περίοδο 1980-2000

Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι το κλιματικό μοντέλο RegCM υποεκτιμά την θερμοκρασία σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα. Αυτή η συγκεκριμένη πληροφορία θα χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση και αξιολόγηση των μελλοντικών δεδομένων.

Για τα ίδια έτη μετρήθηκε και η βροχόπτωση. Τα Reanalysis δεδομένα έδωσαν μέση τιμή βροχόπτωσης του χειμώνα 193,15 mm, της άνοιξης 196,87 mm, του καλοκαιριού 138,13 mm και του φθινοπώρου 190,75 mm.

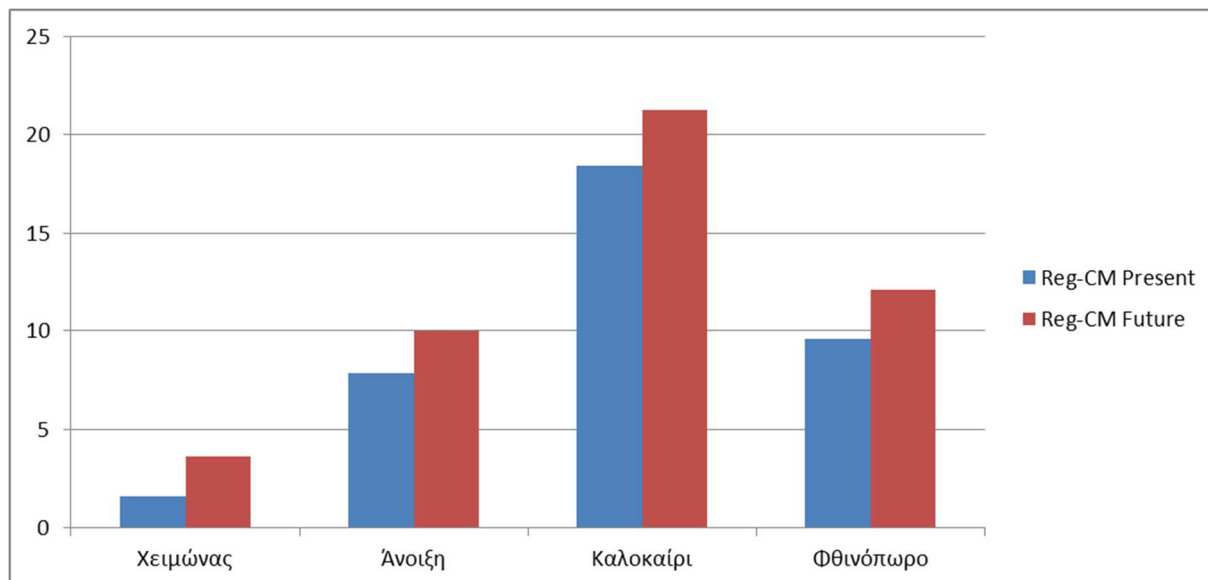
Τα RegCM έδωσαν μέση τιμή χειμώνα 291,74 mm , άνοιξης 350,30 mm , καλοκαιριού 243,11 mm και φθινοπώρου 260,16 mm.



Σχήμα 4.2 Σύγκριση βροχόπτωσης των μοντέλων για την περίοδο 1980-2000

Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι το RegCM μοντέλο υπερεκτιμάει τις τιμές βροχόπτωσης σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα των σταθμών Reanalysis αφού οι τιμές του μοντέλου είναι αισθητά μεγαλύτερες των πραγματικών.

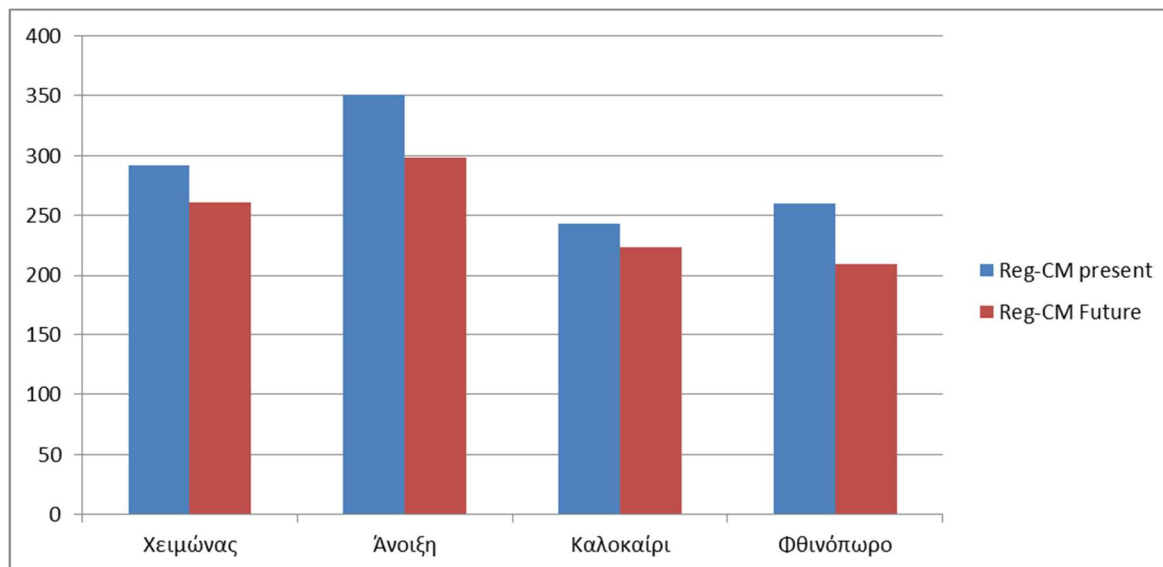
Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι τιμές του μοντέλου RegCM για τα έτη 2050-2070 σύμφωνα με τις μετρήσεις των προηγούμενων ετών. Οι μέσες τιμές θερμοκρασιών του χειμώνα ήταν 3,6°C, της άνοιξης 9,98°C, του καλοκαιριού 21,27°C και του φθινοπώρου 12,1°C.



Σχήμα 4.3 Σύγκριση θερμοκρασιών του παρόν και του μέλλοντος του μοντέλου REG-CM

Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται η σύγκριση θερμοκρασιών μεταξύ των δεδομένων του ίδιου μοντέλου τις χρονιές 1980-2000 και 2050-2070. Οι θερμοκρασίες στο μέλλον είναι αρκετά υψηλότερες, συγκεκριμένα του χειμώνα είναι 2°C υψηλότερες, της άνοιξης είναι 2°C, του καλοκαιριού 3°C, και 3°C. αυτές οι τιμές όμως κρίνονται και με βάση την διαφορά που είχαν τα δεδομένα του RegCM με τα Reanalysis, άρα οι πραγματικές θερμοκρασίες ενδέχεται να είναι μεγαλύτερες από τις τιμές του κλιματικού μοντέλου.

Οι τιμές της βροχόπτωσης του χειμώνα έδειξαν 261,01mm, της άνοιξης 297,86 mm, του καλοκαιριού 223,25 mm και του φθινόπωρου 209,23 mm.



Σχήμα 4.4 Σύγκριση της βροχόπτωσης του παρόν και του μέλλοντος του μοντέλου REG-CM

Στο διάγραμμα αυτό βλέπουμε μείωση των χιλιοστών βροχόπτωσης στο μέλλον σε σχέση με το παρόν. Αναλυτικότερα ο χειμώνας βρίσκεται 30 mm χαμηλότερα, η άνοιξη 53 mm, το καλοκαίρι 10 mm και το φθινόπωρο 51 mm. Σε μια τόσο μικρή χρονική περίοδο διαμόρφωσης κλίματος τα νούμερα θεωρούνται αρκετά μεγάλα.

Τελικά συνοψίζοντας παρατηρείται η άνοδος της θερμοκρασίας και μείωση της βροχόπτωσης κατά τα έτη 2050-2070, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο RegCM. Τα νούμερα δεν μπορούν να είναι ακριβή καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις το μοντέλο υπερεκτιμά ή υποεκτιμά τα πραγματικά δεδομένα, αλλά δεν παύει να δείχνει την γενικότερη διαμόρφωση του κλίματος σύμφωνα με τις πραγματικές μέχρι τώρα μετρήσεις.

Βιβλιογραφία

Διαδικτυακές πηγές:

<http://www.naturagraeca.com/ws/upload/lib/Oikotopoi/ygrotopoi/vegoritida/vegoritida.jpg>

<http://www.naturagraeca.com/ws/>

<http://www.wikience.org/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/wikience-mean-sea-level-pressure-and-isobars.png>

<http://www.wikience.org/>

<http://vegoritida.gr/whereis.htm>

https://www.touristorama.com/afierwma_sti_limni_begoritida-01046

Ελληνική βιβλιογραφία:

Γεωργία Κ. Λαζόγλου, 2015. Περιοχική μελέτη της επίδρασης των κλιματικών αλλαγών στην ελληνική αμπελουργία. Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας.

Κονδυλία Κ. Βελίκου, 2012. Μελέτη του φαινομένου του παγετού στην ελληνική περιοχή: Μελλοντικές εκτιμήσεις με τη χρήση των δυναμικών περιοχικών μοντέλων του ENSEMBLES. Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας.

Φλόκας Απόστολος, 1997 Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Τ.Ι.Μακρογιάννης, Χ.Σ. Σαχσαμανογλου, 2004, Μαθήματα

Γενικής μετεωρολογίας

Βαβρίτσα Μαργαρίτα- Στεφανία, 2014. Αξιολόγηση θερμοκρασίας
κλιματικής προσομοίωσης για την περιοχή της ευρώπης. Διπλωματική
εργασία, Τμήμα Φυσικής

Koupidis, Kleanthis & Bratsas, Charalampos & Karampatakis, Sotiris &
Martzopoulou, Anastasia & Antoniou, Ioannis. (2016). Fiscal Knowledge
discovery in Municipalities of Athens and Thessaloniki via Linked Open
Data. 171-176. 10.1109/SMAP.2016.7753405.

Aifadopoulou, Georgia & Bratsas, Charalampos & Koupidis, Kleanthis &
Chatzopoulou, Aikaterini & Salanova, Josep-Maria & Tzenos, Panagiotis.
(2019). Short-Term Prediction of the Traffic Status in Urban Places Using
Neural Network Models: Proceedings of 4th Conference on Sustainable
Urban Mobility (CSUM2018), 24 - 25 May, Skiathos Island, Greece.
10.1007/978-3-030-02305-8_22.