



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΚΛΙΜΑΤΩΝ (ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ
ΚΑΤΑ ΚÖRREN-GEIGER), ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ

ΜΠΟΥΡΑΔΑΝΑΗΣ



ΧΑΝΙΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2021



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΚΛΙΜΑΤΩΝ (ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ
ΚΑΤΑ ΚÖRREN-GEIGER), ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ

ΜΠΟΥΡΑΔΑΝΑΗΣ



ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΑΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΒΟΥΛΓΑΡΑΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΜΑΝΟΥΣΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ

ΠΕΤΡΑΚΗΣ ΜΙΝΩΣ (ΑΝΑΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ)

"Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης".

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής αποτελεί ένα γεγονός, με την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας να δημιουργεί όλο και περισσότερα προβλήματα στο περιβάλλον και στον άνθρωπο. Η βασική αιτία της κλιματικής αλλαγής είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα, μέσω των αυξημένων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και της αλλαγής των χρήσεων γης. Στην παρούσα εργασία μελετάται, ιστορικά και μελλοντικά, υπό δύο σενάρια (το σενάριο χαμηλών εκπομπών - rcp2.6 και το σενάριο υψηλών εκπομπών - rcp8.5), η επίδραση της παρατηρούμενης αλλαγής στους κλιματικούς τύπους, με βάση την ταξινόμηση κλιμάτων Köppen – Geiger, των χωρών περιμετρικά της Μεσογείου. Το στατιστικό υπόβαθρο της κλιματικής ταξινόμησης, σε συνδυασμό με τα δεδομένα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για το χρονικό διάστημα 1901-2016 και 2020-2099, μέσω προγραμματισμού σε Python, αποτέλεσαν το υπόβαθρο της μελέτης. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια γενικευμένη αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων για όλες της μεσογειακές χώρες, οδηγώντας την ευρύτερη περιοχή σε πιο ξηρά, ερημικά και ημιερημικά (στεπικά) κλίματα, για το σενάριο rcp8.5, ενώ για το σενάριο rcp2.6 παρατηρήθηκε μια ελαφριά μείωση της μέσης θερμοκρασίας και μικρότερη μείωση των βροχοπτώσεων για τα πρώτα 40 χρόνια και μετέπειτα σταθεροποίηση και εξομάλυνση των μετεωρολογικών παραμέτρων για τις περισσότερες υπό μελέτη χώρες. Τα αποτελέσματα της υιοθέτησης του rcp8.5 προβλέπονται καταστροφικά για τη χλωρίδα και πανίδα της Μεσογείου, καθώς τομείς όπως η γεωργία/κτηνοτροφία, η αλιεία αλλά και οικονομικοί τομείς όπως ο τουρισμός και οι κατασκευές, θα πληγούν ανεπανόρθωτα. Ο αναγνώστης δεν χρειάζεται να κατέχει ιδιαίτερες γνώσεις κλιματολογίας, στατιστικής ή /και προγραμματισμού για να αντιληφθεί το περιεχόμενο και τη μεθοδολογία της εργασίας, αφού γίνεται πλήρης ανάπτυξη των παραπάνω και λεπτομερής επεξήγηση των απαιτούμενων γνώσεων και τύπων για την κατανόηση του θέματος. Στο παράρτημα της εργασίας παρατίθενται οι κώδικες της Python που αναπτύχθηκαν για την παρούσα εργασία.

ABSTRACT

The problem of climate change is a fact, which affects the rise of the global temperature creating more problems for the environment and for humans. The main cause of this change is human activity, which leads to rising levels of greenhouse gases in the atmosphere and the change of land uses. In this paper, it is studied, historical and future (under two scenarios, a low emissions scenario – rcp2.6 and a high emissions– rcp8.5) impacts of the observed change in the climate types, based on the climate classification of Köppen – Geiger, for the countries around Mediterranean Sea. The statistical basis of the classification in combination with temperature and rainfall data, for 1901-2016 and 2020-2099, through Python coding, were the foundation of the evaluating process. The results showed a general rise of temperature and decrease of rainfalls for the majority of the countries, leading the whole area towards drier, desert and semi desert (steppe) climates, for the rcp8.5, while rcp2.6, showed a decrease in average temperature and decrease in rainfall for the first 40 years and then stabilization and resolution of the meteorological parameters for the countries. The results in case of adopting rcp8.5, are considered as dangerous and devastating for the flora and fauna, while sectors as farming, agriculture and fishing as well as sectors like tourism and building, will be affected irreparably. The reader does not need to have deep climatology, statistics and/or programming knowledge, to fully understand the context and the methodology of the paper, as the needed knowledge and types of the above scientific domains are fully and detailedly explained, for the better understanding of the topic. Also In the annex, can be found the Python codes developed for this paper.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα δεδομένα που αντλούμε από την ΝΑΣΑ (Αμερικανική Εθνική Διοίκηση Αεροναυτικής και Διαστήματος) δείχνουν ότι, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία έχει ανέλθει κατά 1.02°C από το 1880 έως το 2020, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), είναι στα 416.56 ppm στην ατμόσφαιρα από 379.1 ppm το 2005, ενώ παράλληλα η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει κατά 3.4 mm ανά έτος, ο αρκτικός πάγος μειώνεται κατά 13.1% ανά δεκαετία και οι παγετώνες παγκοσμίως συρρικνώνονται κατά 428 δις. τόνους ανά έτος (ιστοσελίδα ΝΑΣΑ για κλιματική αλλαγή). Όλα τα παραπάνω είναι τα αποτελέσματα της σύγχρονης κλιματικής αλλαγής που ξεκίνησε το 18^ο αιώνα με τη Βιομηχανική Επανάσταση.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι που η ανθρώπινη δραστηριότητα προκάλεσε εκτόξευση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Από τη βιομηχανική επανάσταση έως και σήμερα, ο πληθυσμός του πλανήτη ολοένα αυξάνεται, οι οικονομικές δραστηριότητες και ο τρόπος ζωής του άλλαξαν επίσης, ειδικά κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, οι αλλαγές στις χρήσεις γης με την ανάπτυξη της βιομηχανίας, της αυτοκινητοβιομηχανίας και την εξέλιξη της τεχνολογίας, με ταυτόχρονη καύση σχεδόν αποκλειστικά ορυκτών καυσίμων για όλες τις παραπάνω δραστηριότητες (ακόμα και για την θέρμανση κτιρίων), οδήγησαν τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου και υδρατμών να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα, οι πολιτικές για το κλίμα, κυρίως από μεγάλες οικονομικά και βιομηχανικά χώρες, όπως οι ΗΠΑ, ο Καναδάς και η Κίνα, με την καθυστερημένη αναγνώριση του προβλήματος και με τη μη ορθή έως και την παντελή αθέτηση εφαρμογής μέτρων και των διεθνών κανονισμών και συμφωνιών, συντέλεσαν στην όξυνση του προβλήματος.

Κάποιες περιοχές του πλανήτη πλήττονται περισσότερο από άλλες, με μεγαλύτερες θερμοκρασίες και πιο έντονη εκδήλωση των επιπτώσεων με τους κινδύνους που επιφέρουν. Μια από αυτές τις περιοχές είναι η Μεσόγειος θάλασσα και οι Ευρωπαϊκές, Ασιατικές και Αφρικανικές χώρες που την περιβάλλουν να απειλούνται εξίσου σοβαρά με ένταση των φαινομένων ξηρασίας και τις απότομες εναλλαγές των καιρικών τους φαινομένων, με σοβαρό κίνδυνο μελλοντικά την πλήρη ερημοποίηση της ευρύτερης περιοχής. Η παρούσα εργασία εξετάζει το βαθμό που η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τους κλιματικούς τύπους των συγκεκριμένων χωρών, τόσο ιστορικά (1901-2016) όσο και μελλοντικά (2020-2099) και τη πιθανότητα ερημοποίησης της περιοχής.

Στα πλαίσια της μελέτης ενώθηκαν πτυχές της κλιματολογίας με την κλιματική ταξινόμηση Korpen – Geiger, της στατιστικής που περιέχει και του προγραμματισμού σε Python, ώστε να διαπιστωθούν τυχούσες αλλαγές στους τύπους κλίματος των 21 υπό μελέτη χωρών. Για το θεωρητικό υπόβαθρο κρίθηκε απαραίτητη η γενική επεξήγηση της Μεσογείου θάλασσας από τη δημιουργία της έως και τη σύγχρονη κλιματική κατάταξη, η πλήρης ανάπτυξη της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμιο και τοπικό (μεσογειακό) επίπεδο, όσο και η ανάπτυξη των κλιματικών παραγόντων που διαμορφώνουν τα κλίματα της Γης, με τις βασικές παραμέτρους της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης και των αέριων μαζών. Αναπτύχθηκε πλήρως ο κλάδος της κλιματολογίας που ασχολείται με την ταξινόμηση κλιμάτων και πιο συγκεκριμένα η κλιματική ταξινόμηση Korpen – Geiger. Επίσης στα πλαίσια της μελέτης αναπτύχθηκε μια σειρά από κώδικες και συναρτήσεις σε γλώσσα προγραμματισμού Python, μέσω των οποίων υπολογίστηκαν οι τύποι κλίματος στο παρελθόν και δύο πιθανές πορείες τους στο μέλλον, με σενάρια χαμηλών και πολύ υψηλών εκπομπών.

Τέλος, σχεδιάστηκαν τα αντίστοιχα σχεδιαγράμματα, με βάση των οποίων έγινε η οπτική απεικόνιση του αποτελέσματος και σύγκριση των αποτελεσμάτων, τόσο μεταξύ των ιστορικών όσο και μεταξύ των δυο μελλοντικών σεναρίων.

Σημαντική επιρροή για ολόκληρη την διάρθρωση και ανάπτυξη της εργασίας είναι η τελευταία έκθεση του Διεθνούς Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) του 2014. Τα αποτελέσματα δυστυχώς επιβεβαίωσαν τις προβολές για ερημοποίηση, με γενική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας για όλες τις χώρες υπό το σενάριο των πολύ υψηλών εκπομπών και μείωση του ύψους βροχής με τις περισσότερες χώρες να κινούνται προς θερμότερα κλίματα και πολλές τυπικά μεσογειακού κλίματος χώρες μεταξύ των οποίων η Ελλάδα, η Κύπρος και η Μάλτα να οδηγούνται σε πλήρη ή μερική ερημοποίηση. Ποιά επιπρόσθετα προβλήματα θα επιφέρει αυτή η αλλαγή στις μεσογειακές χώρες; Μπορεί αυτό το σενάριο να αποτραπεί; Τι πρέπει να γίνει σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο ώστε να αποφευχθεί το σενάριο ερημοποίησης και επιδείνωσης της κλιματικής αλλαγής; Αυτά είναι τα βασικά ερωτήματα που διερευνώνται ως το τέλος της μελέτης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ.Τρύφωνα Δάρα και τους γονείς μου Γρηγόρη Μπούρα και Ανδριανή Λιάπη , για την αμέριστη συμπαράσταση, υποστήριξη αλλά και υπομονή που μου έδειξαν, καθόλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Κεφάλαιο 1 – Κλιματολογία και κλιματικές ταξινομήσεις

1.1 Στοιχεία κλιματολογίας

1.1.1 Θερμοκρασία

1.1.2 Βροχόπτωση

1.1.3 Αέριες μάζες και ατμοσφαιρική πίεση

1.2 Κλιματική ταξινόμηση

1.3 Κλιματική ταξινόμηση Köppen – Geiger

1.3.1 Ανάπτυξη και γεωγραφική κατανομή των κλιματικών τύπων

Κεφάλαιο 2 – Μεσόγειος θάλασσα

2.1 Γενικά στοιχεία για τη Μεσόγειο θάλασσα και τις μεσογειακές χώρες

2.2 Σχηματισμός και εξέλιξη της Μεσογείου θάλασσας

2.3 Βασικοί παράγοντες διαμόρφωσης κλίματος Μεσογείου

Κεφάλαιο 3 - Κλιματική αλλαγή

3.1 Περιγραφή κλιματικής αλλαγής

3.2 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

3.3 Ανθρωπογενείς αιτίες κλιματικών αλλαγών

3.4 Αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής

3.4.1 Παγκόσμια περιβαλλοντικά αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής

3.4.2 Αντίκτυπος για την χλωρίδα, την πανίδα και για τον άνθρωπο

3.4.3 Επιπτώσεις στη Μεσόγειο θάλασσα

3.5 Κλιματικές προβολές, Σενάρια και κλιματικά μοντέλα

3.5.1 Σενάρια και κλιματικές προβολές

3.5.2 Σενάρια και κλιματικά μοντέλα

Κεφάλαιο 4 – Μεθοδολογία

4.1 Γενική επεξήγηση μεθοδολογίας

4.2 Τα δεδομένα

4.3 Προγραμματισμός σε Python

4.3.1 Κύρια στοιχεία προγραμματισμού και λογικά ανάπτυξης κωδίκων

4.3.2 Ανάπτυξη της κλιματικής ταξινόμησης Köppen – Geiger για Python

4.4 Επεξήγηση των κωδίκων

Μέρος 1^ο – Ιστορικά δεδομένα

Μέρος 2^ο – Μελλοντικά δεδομένα

Μέρος 3^ο – Υπολογισμός μέσων τιμών χαρακτηριστικών μεγεθών θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για ιστορικά και μελλοντικά δεδομένα

Κεφάλαιο 5 – Αποτελέσματα

5.1 Κατανόηση αποτελεσμάτων

5.2.1 Αλβανία

5.2.2 Αλγερία

5.2.3 Βοσνία και Ερζεγοβίνη

5.2.4 Κροατία

5.2.5 Κύπρος

5.2.6 Αίγυπτος

5.2.7 Γαλλία

5.2.8 Ελλάδα

5.2.9 Ισραήλ

5.2.10 Ιταλία

5.2.11 Λίβανος

5.2.12 Λιβύη

5.2.13 Μάλτα

5.2.14 Μονακό

5.2.15 Μαρόκο

5.2.16 Μαυροβούνιο

5.2.17 Σλοβενία

5.2.18 Ισπανία

5.2.19 Συρία

5.2.20 Τυνησία

5.2.21 Τουρκία

5.3 Συνολικά στατιστικά αποτελέσματα

Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα

6.1 Συνολικά συμπεράσματα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα εξωφύλλου	Μεσόγειος θάλασσα	https://www.medecc.org/climate-and-environmental-change-in-the-mediterranean-main-facts/
1.3.1.1	Στατιστικά όρια τύπου κλίματος Α, τροπικό	Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας, http://hanschen.org/koppen , https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification
1.3.1.2	Στατιστικά όρια τύπου κλίματος Β, ξηρό και ημίξηρο	Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας, http://hanschen.org/koppen , https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification
1.3.1.3	Στατιστικά όρια τύπου κλίματος C, εύκρατο	Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας, http://hanschen.org/koppen , https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification
1.3.1.4	Στατιστικά όρια τύπου κλίματος D, ηπειρωτικό	Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας, http://hanschen.org/koppen , https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification
1.3.1.5	Στατιστικά όρια τύπου κλίματος Ε, πολικό	Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας, http://hanschen.org/koppen , https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification
2.1.1	Οι χώρες της Μεσογείου	ιστοσελίδα wikipedia κάθε χώρας

3.4.1.1	Κυριότερα περιβαλλοντικά αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής κατά τον 20ο και 21ο αιώνα	https://climate.nasa.gov/ https://nsidc.org/ https://ncar.ucar.edu/
3.5.1.1	Μελλοντικά σενάρια του IPCC	Moss et al. 2010 και ar5-syr.ipcc.ch/topic_futurechange.php
3.5.2.1	Τα GCMs της παρούσας εργασίας, κέντρο/οργανισμός και ανάλυση/ακρίβεια έκαστου μοντέλου	https://www.climatechangeinaustralia.gov.au/en/overview/methodology/list-models/
5.3.1	Αποτελέσματα τύπων κλίματος των υπό μελέτη χωρών	-
5.3.2	Τάση διακύμανσης μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας και συνολικής βροχόπτωσης για τα διαστήματα μελέτης	-

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

Πίνακας εικόνων:

1.3.1	Η ερμηνεία της θέσης των συμβόλων στους κλιματικούς τύπους Köppen – Geiger, (εξαίρεση αποτελούν ο τύπος κλίματος E και H)	-
1.3.1.1	Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος Α, τροπικό	https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification
1.3.1.2	Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος Β, ερημικό	https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification
1.3.1.3	Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος C, εύκρατο	https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification
1.3.1.4	Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος D, ηπειρωτικό	https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification
1.3.1.5	Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος Ε, πολικό	https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification
2.1.1	Η θέση της Τηθύος θάλασσας και η κατανομή των ηπειρών πριν 200 εκατ. χρόνια (αριστερά) και πριν 90 εκατ. χρόνια (δεξιά)	https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-90-481-2639-2_158
2.1.2	Η Μεσόγειος κατά την κρίση αλατότητας της	https://www.researchgate.net

	Μεσσηνίου	t/figure/Palaeogeographic-reconstruction-of-the-Mediterranean-coastlines-during-the-Messinian_fig2_307567387
2.3.1	Τομή του πυθμένα της Μεσογείου θάλασσας	https://www.researchgate.net/figure/A-Map-of-the-Mediterranean-Sea-revealing-the-locations-of-the-sampling-stations-Water_fig1_334024331
2.3.2	Χάρτης τοποθεσίας/δημιουργίας των μόνιμων και ημιμόνιμων υψηλών και χαμηλών ανά τον κόσμο	https://www.researchgate.net/figure/Siberian-high-in-the-general-circulation-of-the-atmosphere-29_fig12_338327588
3.3.1	Παγκόσμιες μέσες συγκεντρώσεις των CO ₂ (πράσινο), CH ₄ (πορτοκαλί), N ₂ O(κόκκινο) για τη χρονική περίοδο 1750-2010	Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
3.3.2	Ποσοστιαία αναπαράσταση οικονομικών τομέων οι οποίοι αποτελούν τις βασικές πηγές των αερίων του θερμοκηπίου. Ηλεκτρισμός και παραγωγή θέρμανσης (25%), δάση/γεωργία (πυρκαγιές, υλοτομία, καύση και αποσύνθεση τύρφης) και άλλες χρήσεις γης (24%), βιομηχανία (21%), μέσα μεταφοράς (14%) κατασκευές/δόμηση (6.4%) και άλλες πηγές ενέργειας (9,6%). Απο τον ηλεκτρισμό και την παραγωγή θερμότητας (το 11% προέρχεται από τη βιομηχανική δραστηριότητα, το 12% από τα κτίρια/δόμηση, 1.4% από την ενέργεια, το 0.87% από δασοκομία και άλλες χρήσεις γης και το 0.3% από τα μέσα μεταφοράς.	Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
3.4.1.1	Παρατηρούμενη αύξηση της μέσης επιφανειακής ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας μέχρι το 2010	Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)].

		IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
3.4.1.2	Παρατηρούμενη αύξηση της μέσης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας 1901-2020	https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-in-dicators-sea-surface-temperature
3.4.1.3	Παρατηρούμενη αύξηση της μέσης της μέσης στάθμης της θάλασσας μέχρι το 1900-2010	Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
3.5.1.1	Αλληλουχία και σειρά προτεραιότητας των υπό εξέταση συνθηκών στη διαδικασία ανάπτυξης σεναρίων	Moss et al 2009
3.5.1.2	Σύγκριση της μελλοντικής εξέλιξης (2081-2100) υπό το σενάριο χαμηλών εκπομπών rcp2.6 (αριστερά) και πολύ υψηλών εκπομπών rcp8.5 (δεξιά) ως προς την επιφανειακή μέση θερμοκρασία, το ποσοστό αύξησης/μείωσης των βροχοπτώσεων και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, σε σχέση με το διάστημα 1986-2005	Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
3.5.2.1	Ο τρόπος διαχωρισμού της Γης για τη μελέτη της από τα GCMs	https://d32ogogmya1dw8.cloudfront.net/images/eet/envisi-ningclimatechange/gcm_grid_graphic.jpg
4.1.1	Το Data Science με τους κύκλους (στατιστική, προγραμματισμός και το πεδίο ενδιαφέροντος/μελέτης) που το συνθέτουν	https://medium.com/data-science-in-2019/what-is-data-science-87e9dc225cf9

Πίνακας διαγραμμάτων

5.2.1.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Αλβανία
---------	---

5.2.1.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Αλβανία
5.2.2.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Αλγερία
5.2.2.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Αλγερία
5.2.3.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Βοσνία και Ερζεγοβίνη
5.2.3.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Βοσνία και Ερζεγοβίνη
5.2.4.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Κροατία
5.2.4.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Κροατία
5.2.5.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Κύπρο
5.2.5.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Κύπρο
5.2.6.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Αίγυπτο
5.2.6.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Αίγυπτο
5.2.7.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά)

	για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Γαλλία
5.2.7.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Γαλλία
5.2.8.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Ελλάδα
5.2.8.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Ελλάδα
5.2.9.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Ισραήλ
5.2.9.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Ισραήλ
5.2.10.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Ιταλία
5.2.10.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Ιταλία
5.2.11.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Λίβανο
5.2.11.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Λίβανο
5.2.12.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Λιβύη
5.2.12.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη

	Λιβύη
5.2.13.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Μάλτα
5.2.13.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Μάλτα
5.2.14.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Μονακό
5.2.14.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Μονακό
5.2.15.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Μαρόκο
5.2.15.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Μαρόκο
5.2.16.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Μαυροβούνιο
5.2.16.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Μαυροβούνιο
5.2.17.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Σλοβενία
5.2.17.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Σλοβενία
5.2.18.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Ισπανία
5.2.18.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26

	έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Ισπανία
5.2.19.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Συρία
5.2.19.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Συρία
5.2.20.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Τυνησία
5.2.20.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Τυνησία
5.2.21.1	Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Τουρκία
5.2.21.2	Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Τουρκία

Κεφάλαιο 1 – Στοιχεία κλιματολογίας και κλιματικές ταξινομήσεις

1.1 Στοιχεία κλιματολογίας

Η επιστήμη η οποία μελετά το κλίμα, ονομάζεται κλιματολογία και οι βασικοί στόχοι της είναι η μελέτη των σχέσεων που ορίζουν το παγκόσμιο κλίμα, ο ορισμός και η εύρεση της ποικιλότητας του κλίματος, η μελέτη της εξέλιξης του παρελθοντικού και του σύγχρονου κλίματος και ο προσδιορισμός των παραγόντων που επηρέασαν και επηρεάζουν αυτή την εξέλιξη και η ταξινόμηση του σε συγκεκριμένες κατηγορίες με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά διακύμανσης της θερμοκρασίας και άλλων υδρομετρικών στοιχείων κάθε τύπου κλίματος. Οι σχέσεις που ορίζουν το κλίμα είναι η ανταλλαγή θερμότητας και μάζας μεταξύ της ατμόσφαιρας, του νερού (συμπεριλαμβανομένων όλων των επιφανειακών σωμάτων νερού καθώς και οποιαδήποτε πηγή νερού π.χ φυτά και υπόγειων υδάτων) και της ξηράς (συμπεριλαμβανομένης της καλυμμένης με πάγο).

Η μεμονωμένη και συνδυαστική αλληλεπίδραση των παραπάνω μαζί με άλλους παράγοντες όπως ο ήλιος, τα φυσικά οικοσυστήματα χλωρίδας, πανίδας και μικροοργανισμών, το γεωγραφικό πλάτος, το ανάγλυφο, η απόσταση από τη θάλασσα και μεγάλα σώματα νερού κ.α, τα οποία ονομάζονται κλιματικοί παράγοντες δημιουργούν ένα ευρύ φάσμα πιθανοτήτων για πιθανή εκδήλωση διάφορων καιρικών συνθηκών κατά τόπους καθώς και την ετήσια και εποχιακή διακύμανση αυτών, που μακροπρόθεσμα (τουλάχιστον 30 έτη) ορίζουν το κλίμα της περιοχής.

Ο καιρός είναι η κατάσταση της ατμόσφαιρας σε μια περιοχή του πλανήτη, που είναι αρκετά ευμετάβλητη και διαρκεί από μια μέρα έως λίγες ώρες. Οι καιρικές συνθήκες, που προέρχονται από το συνδυασμό θερμοδυναμικών και υδροδυναμικών στοιχείων της ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με τους κλιματικούς παράγοντες, διαμορφώνουν τις τιμές των μετεωρολογικών στοιχείων (θερμοκρασία, υγρασία, ποσότητα και είδος νεφών, ύψος βροχής κ.α). Τα μετεωρολογικά στοιχεία και οι καιρικές συνθήκες έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών μέσα στο οποίο κινούνται κατά την διάρκεια ενός έτους και ανάλογα με την εποχή του χρόνου.

Οι κλιματικοί παράγοντες μιας περιοχής είναι ο λόγος διαφοροποίησης του κλίματος από μέρος σε μέρος και εξαιτίας των οποίων δημιουργούνται οι ατμοσφαιρικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, οι λόγοι που διαμορφώνεται το κλίμα κάθε περιοχής αλλά και ολόκληρου του πλανήτη είναι, αρχικά η κατανομή του ενεργειακού ισοζυγίου της Γης σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Για παράδειγμα, η ηλιακή ακτινοβολία που αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέρη του ενεργειακού ισοζυγίου της γης δεν κατανέμεται σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη το ίδιο, αφού στον ισημερινό η γωνία πρόσπτωσης είναι σχεδόν κάθετη κατά το καλοκαίρι (23.5° βόρεια και νότια του ισημερινού) ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν και κινούμαστε προς τους πόλους, η κλίση της γωνίας αυξάνεται σε σημείο όπου το καλοκαίρι ο ήλιος μένει 24 ώρες το 24ωρο πάνω από τον ορίζοντα και τον χειμώνα δεν ανατέλλει καν. (πάνω και κάτω από 65.5° γεωγραφικό πλάτος).

Επίσης, πολύ σημαντικός κλιματικός παράγοντας είναι οι ωκεανοί και οι επιφανειακοί όγκοι νερού όπως ποτάμια και λίμνες, είτε πρόκειται για τα θαλάσσια ρεύματα, είτε για την απόσταση μιας περιοχής από την ακτογραμμή, είτε για τη συμμετοχή τους στον κύκλο του νερού μιας περιοχής και την τροφοδοσία της ατμόσφαιρας σε

υδρατμούς. Τα επιφανειακά ύδατα με κύριους εκπροσώπους τους ωκεανούς μέσω της διαδικασίας της εξάτμισης ορίζουν το ποσό των κατακρημνίσεων και σε συνδυασμό με τους ανέμους που πνέουν κατά τόπους ρυθμίζουν το κλίμα των παραθαλάσσιων περιοχών και της ενδοχώρας. Ακόμη, η ατμοσφαιρική κυκλοφορία είναι ένας κλιματικός παράγοντας, από τον οποίον εξαρτάται η δημιουργία και η κίνηση των αέριων μαζών και της ατμοσφαιρικής πίεσης που δημιουργεί τους κυκλώνες και αντικυκλώνες. Η περιεκτικότητα των ανέμων σε υγρασία και η φορά κίνησής τους, ευθύνονται για τη δημιουργία τυφώνων και σφοδρών καταιγίδων στους ωκεανούς μέχρι -με την απουσία τους- για την ύπαρξη μεγάλων ερήμων ανά τον κόσμο.

Οι άνεμοι σε συνδυασμό με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και υγρασία, ρυθμίζουν το κλίμα του πλανήτη. Ξεκινώντας από τις 10° βόρεια και νότια του ισημερινού, όπου πνέουν οι αληγείς άνεμοι, στις 10° με 30° βόρεια και νότια του ισημερινού, η περιεκτικότητα των ανέμων σε υδρατμούς είναι υψηλή και μεταφέροντας την υγρασία προς την στεριά, οδηγούν σε φαινόμενα όπως οι τροπικές καταιγίδες και οι μουσώνες. Οι μουσώνες δημιουργούνται συνήθως στις νοτιοανατολικές πλευρές των ηπείρων όπου οι πολύ υγροί θαλάσσιοι άνεμοι ανακόπτονται από μεγάλους ορεινούς όγκους κατά το καλοκαίρι, προκαλώντας έντονες σχεδόν πλημμυρικές βροχοπτώσεις ενώ το χειμώνα οι περιοχές αυτές πλήττονται από έντονη ξηρασία. Οι μουσώνες δεν είναι σημαντικοί μόνο για τις περιοχές που συμβαίνουν αλλά και γιατί η επιρροή τους ρυθμίζει πολλά κλίματα του πλανήτη κυρίως στα ίδια ή παραπλήσια γεωγραφικά πλάτη. Από τις 30° βόρεια και νότια του ισημερινού οι υδρατμοί μειώνεται και για αυτό σε αυτά τα γεωγραφικά πλάτη εντοπίζονται οι μεγαλύτερες έρημοι του πλανήτη, η Σαχάρα, η Αραβική έρημος και νότια οι έρημοι της Νότιας Αμερικής (Ατακάμα-Χιλή, Αλμυρή έρημος-Βολιβία), της Νότιας Αφρικής (Ναμίμπ-Καλαχάρι Ναμίμπια) και της Νότιας Αυστραλίας (κόκκινη έρημος).

Τέλος, για τη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι κλιματικοί παράγοντες της τοπογραφίας, της σύστασης του εδάφους, όπως και η απόστασή από ορεινούς όγκους και το υψόμετρο οι οποίοι καθορίζουν το κλιματικό της καθεστώς μιας περιοχής. Στην περίπτωση των ορεινών όγκων και οροσειρών, των οποίων η παρουσία εμποδίζει τους ανέμους να περάσουν,, αναγκάζοντάς τους να ανέλθουν προς τις κορυφές, όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες και υψηλότερες ατμοσφαιρικές πιέσεις, επομένως δημιουργούνται περισσότερα νέφη και περισσότερες και εντονότερες βροχοπτώσεις, ενώ από την άλλη πλευρά των οροσειρών όπου δεν φτάνουν οι υγροί άνεμοι δημιουργείται ένα άνυδρο κλίμα.

Τα μεγέθη των μετεωρολογικών στοιχείων σε μια περιοχή καταγράφονται καθημερινά από μετεωρολογικούς σταθμούς και κλιματικά κέντρα, από λεπτό σε λεπτό, για να υπολογιστούν οι μέσες τιμές τους με βάση το χρόνο (ωριαίες, ημερήσιες, μηνιαίες και ετήσιες συνήθως τιμές) και την περιοχή (από μια πόλη ή μια πεδιάδα έως μια ολόκληρη χώρα, ήπειρο ή και ολόκληρο τον πλανήτη) ώστε να αξιοποιηθούν αναλόγως με τον τομέα ενδιαφέροντος (μετεωρολογία, μελέτη του κλίματος κ.α.) για την κλιματική ταξινόμηση, δηλαδή σε ποιόν τύπο κλίματος ανήκει κάθε περιοχή μελέτης τα βασικά μετεωρολογικά δεδομένα που απαιτούνται είναι οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων (ύψος βροχής σε mm).

1.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι το σημαντικότερο μέγεθος, ειδικά κατά τη μελέτη του κλίματος, καθώς καθορίζεται από το ενεργειακό και ακτινοβολιακό ισοζύγιο του πλανήτη, που σε συνδυασμό με τους κλιματικούς παράγοντες, είναι η κύρια αιτία που διαμορφώνει όλα τα υπόλοιπα μετεωρολογικά στοιχεία. Η θερμοκρασία ως μέγεθος είναι το αποτέλεσμα της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων της ύλης και άρα του ποσού θερμικής ενέργειας (θερμότητας) που περιέχει. Στην φύση η ροή της ενέργειας όταν δύο σώματα έρθουν σε επαφή γίνεται πάντοτε από το θερμότερο (και επομένως υψηλότερης ενεργειακής στάθμης αντικείμενο) προς το ψυχρότερο (και άρα χαμηλότερης ενεργειακής στάθμης αντικείμενο) μέχρι να επέλθει θερμική/ενεργειακή ισορροπία.

Για την κατανόηση της σημαντικότητας του μεγέθους της θερμοκρασίας για το κλίμα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η εξάρτηση της θερμοκρασίας με το ποσοστό εξάτμισης, από το οποίο εξαρτώνται οι επίσης σημαντικοί παράμετροι της υγρασίας, των νεφώσεων και των κατακρημνίσεων, όπως και η ξηρασία σε μια περιοχή, αλλά και η πυκνότητα του αέρα και του νερού, τα οποία όσο περισσότερο θερμαίνονται, τόσο πιο ελαφριά (μικρότερη πυκνότητα) γίνονται και επομένως ανέρχονται και επιτρέπουν σε ψυχρότερα και επομένως βαρύτερα στρώματα (νερού ή αέρα) να κατέρχονται, δημιουργώντας έτσι την θερμοκρασιακή στρωματοποίηση της ατμόσφαιρας και των επιφανειακών υδάτων (κυρίως των ωκεανών και των λιμνών).

Σε ό,τι αφορά το κλίμα οι επαφές που το επηρεάζουν είναι μεταξύ του αέρα, του νερού και του εδάφους, σε συνδυασμό μεταξύ τους και αναλόγως των ιδιοτήτων έκαστου μέσου. Το νερό για παράδειγμα είναι διάφανο και επομένως διαπερατό ως ένα βαθμό από το ηλιακό φως, ενώ το έδαφος όχι. Αυτό συνεπάγεται ότι το έδαφος απορροφά πολύ μεγαλύτερη θερμότητα από ότι το νερό και επομένως θερμαίνεται πολύ πιο γρήγορα και επανεκπέμπει θερμότητα στον αέρα από αυτή που αντίστοιχα εκπέμπει το νερό. Επομένως, περιοχές που δεν έχουν κοντά σώματα νερού, έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες και πιο ξηρό κλίμα από παραθαλάσσιες ή παραποτάμιες περιοχές ή νησιά.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τα επίπεδα θερμοκρασίας στην επιφάνεια του πλανήτη, δηλαδή στην τροπόσφαιρα είναι η ηλιακή δραστηριότητα, η ηλιακή ακτινοβολία, η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την γήινη ατμόσφαιρα καθώς διαπερνά όλα τα στρώματά της και η τελική επιφάνεια πρόσκρουσης (νερό, έδαφος/ανάγλυφο και τύπος εδαφοκάλυψης), καθώς και η σχετική θέση του ήλιου ως προς τον ορίζοντα ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος αλλά και ημερήσια με την κίνηση του από την ανατολή ως τη δύση.

Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία αποτελείται από επικίνδυνες για την ζωή στον πλανήτη ακτινοβολίες πολύ μικρού μήκους κύματος όπως είναι οι ακτίνες γ , X , η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) και η υπέρυθρη οι οποίες σταματούν – φιλτράρονται στην ατμόσφαιρα έως το στρώμα του όζοντος, ενώ στην τροπόσφαιρα φτάνει μόνο το ορατό φάσμα, λόγω του οποίου υπάρχει το διάχυτο ουράνιο φως, η αίσθηση θερμότητας, η ορατότητα και τα χρώματα. Η τελική ακτινοβολία (το αποτέλεσμα του ακτινοβολιακού ισοζυγίου της ατμόσφαιρας) που φτάνει στο έδαφος είναι αυτή που απομένει μετά τις διαδικασίες σκέδασης (προσκρουση και διασκορπισμός ηλιακής ακτινοβολίας σε σωματίδια), ανάκλασης (από νέφη και την ίδια την ατμόσφαιρα) και απορρόφησης (από νέφη και μόρια αερίων) που συμβαίνουν στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Το έδαφος ανάλογα με τον κάλυψη που έχει (κοινό έδαφος, πέτρα, χιόνι) απορροφά διαφορετικά ποσοστά της τελικής ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ την

υπόλοιπη την ανακλά πίσω στο διάστημα. Ανάλογα με το ποσοστό που απορροφά θερμαίνεται και εκπέμπει θερμική ενέργεια με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, όπου και δεσμεύεται από τα αέρια του θερμοκηπίου και προκαλεί την αισθητή θερμότητα που συνδυασμό με τους κλιματικούς παράγοντες της περιοχής, διαμορφώνουν την ημερήσια θερμοκρασία αέρα.

1.1.2 Βροχοπτώσεις

Η Γη αποτελείται κατά 70% από νερό, το οποίο βρίσκεται στους ωκεανούς, στα ποτάμια, στις λίμνες, τα υπόγεια αποθέματα και ροές, στα φυτά και το ριζικό τους σύστημα όπως και στην ατμόσφαιρα υπο τη μορφή υδρατμών. Το νερό είναι ζωτικής σημασίας στοιχείο για το περιβάλλον και το κλίμα του πλανήτη, καθώς μέσω του υδρολογικού του κύκλου, εμπλέκεται σχεδόν σε όλες τις φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες στην τροπόσφαιρα έως και το κατώτερο μέρος της στρατόσφαιρας. Στην επιφάνεια του πλανήτη το νερό είναι υπεύθυνο για την κατανομή των εδαφών και τη διαμόρφωση του αναγλύφου. Για τη χλωρίδα και τη πανίδα του πλανήτη, εκτός από το γεγονός ότι ευθύνεται για την ύπαρξη, ανάπτυξη και εξέλιξη τους ευθύνεται και για την γεωγραφική τους επέκταση.

Το νερό στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε τρεις καταστάσεις της ύλης, την υγρή (νερό, βροχή), την αέρια (υδρατμοί) και τη στερεά (πάγος, χιόνι, χαλάζι). Στην ατμόσφαιρα όταν ο αέρας είναι κορεσμένος, δηλαδή είναι στο 100% της σχετικής υγρασίας που μπορεί να περιέχει, αρχίζει να ψύχεται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πυρήνες συμπυκνώματος, γύρω από τα οποία θα συγκεντρωθούν τα σταγονίδια υδρατμών για να σχηματίσουν συμπυκνώματα μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Η ψύξη του αέρα γίνεται με δύο τρόπους, μέσω επαφής (όταν δηλαδή έρχεται σε επαφή με άλλων θερμοκρασιακών χαρακτηριστικών επιφάνεια, στρώμα αέρα ή άλλη αέρια μάζα) ή μέσω αδιαβατικής ψύξης (όταν δηλαδή ανυψώνεται αφού έχει συναντήσει κάποιο εμπόδιο όπως για παράδειγμα έναν ορεινό όγκο).

Οι συμπυκνώσεις που δημιουργούνται χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, της μικρής κλίμακας και της μεγάλης. Στη μικρή κλίμακα συγκαταλέγονται, η δρόσος, η πάχνη και η ομίχλη. Η ομίχλη ανάλογα με τη γεωγραφική κατανομή της και τα αίτια της δημιουργίας της χωρίζεται σε ομίχλη ακτινοβολίας ή εδάφους, οριζόντιας μεταφοράς, βροχής, αρκτικού καπνού, πλαγιάς ή κλιτύος και κοιλάδας. Τα μεγάλης κλίμακας συμπυκνώματα είναι τα νέφη που κατηγοριοποιούνται με βάση το ύψος που βρίσκονται και το σχήμα τους. Σε σχέση με την απόσταση από το έδαφος τα νέφη είναι τα κατώτερα (<2000μ), τα μέσα (2-7000μ), τα ανώτερα (>6000μ) και τα κατακόρυφης ανάπτυξης, τα οποία είναι κάθετα κατά μήκος διαφόρων υψομέτρων. Σε σχέση με το σχήμα τους, τα νέφη χωρίζονται σε στρωματόμορφα ή stratulus, σε θυσανόμορφα ή cirrus, σε σωρειτόμορφα ή cumulus και σε μελάνιες.

Από τα νέφη, κυρίως τα κατακόρυφης ανάπτυξης, σε συνθήκες αστάθειας της ατμόσφαιρας προέρχονται οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, οι οποίες ανάλογα με τη φάση του νερού (υγρή, στερεή ή ενδιάμεση) που περιέχουν αντιστοιχούν σε βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις, χαλαζοπτώσεις και ενδιάμεσες καταστάσεις όπως το χιονόνερο. Οι κατακρημνίσεις είναι το μέρος του υδρολογικού κύκλου του νερού και το τελευταίο στάδιο του κύκλου που λαμβάνει χώρα στην ατμόσφαιρα μέσω του οποίου επιστρέφει το νερό στην επιφάνεια του πλανήτη. Η βροχή, το χιόνι και το χαλάζι σχετίζονται με την κακοκαιρία, υποδιαιρούνται σε πάνω από 50 υποκατηγορίες

και άλλες ονομασίες τους είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, ο υετός ή τα υδρομετέωρα.

Το μέγεθος των σταγόνων της βροχής, εξαρτάται από την αρχική τους διάσταση, τη θερμοκρασιακή κατάσταση της ατμόσφαιρας καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο περισσότερες σταγόνες εξατμίζονται μερικώς ή εντελώς, ειδικά στα κατώτερα 250-350 m. Ακόμη η ύπαρξη και η ένταση των ανέμων μπορούν να παρασύρουν και να ενώσουν σταγόνες μεταξύ τους μεγαλώνοντας έτσι το τελικό μέγεθος ή τις παρασύρουν και τις διασκορπίζουν, σε ασθενείς βροχοπτώσεις. Ανάλογα με την ένταση ενός φαινομένου η βροχόπτωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως ασθενής, μέτρια, ισχυρή και ισχυρή/πλημμυρική. Τα όρια μεταξύ των διαχωρισμών αυτών είναι στατιστικά και καθορίζονται από το ύψος βροχής ενός επεισοδίου σε έναν τόπο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το ύψος βροχής ορίζεται ως το ύψος του νερού σε mm ή cm πάνω σε οριζόντια επιφάνεια.

Οι βροχοπτώσεις είναι δύσκολο να καταγραφούν σε αντίθεση με τη θερμοκρασία, καθώς ως φαινόμενο δεν είναι παγκόσμιο αλλά τοπικό και δεν βρέχει την ίδια ποσότητα νερού με τον ίδιο τρόπο, την ίδια χρονική στιγμή. Για αυτό το λόγο πολύ σημαντικά στοιχεία είναι η ώρα έναρξης και η ώρα λήξης ενός επεισοδίου και επομένως η διάρκεια, ώστε να υπολογιστεί το ύψος βροχής. Η διάρκεια μιας βροχόπτωσης μπορεί να είναι λίγα λεπτά έως και μερικές ημέρες. Επίσης, σημαντικός παράγοντας είναι ο ρυθμός ενός επεισοδίου, που χαρακτηρίζει τη ραγδαιότητα ή αλλιώς την ένταση της βροχόπτωσης και υπολογίζεται με το ύψος βροχής σε ορισμένο χρονικό διάστημα είτε σε ωριαία είτε σε ημερήσια βάση.

Σημασία στην καταγραφή των βροχοπτώσεων έχει η βασική αιτία προέλευσης της βροχής καθώς και η διακύμανση μέσα στο έτος, για αυτό περιοχές με ίσα ύψη βροχής ετησίως δεν συνεπάγεται ότι έχουν ίδιο βροχομετρικό σύστημα, το οποίο χωρίζεται σε κατηγορίες ανάλογα με τα ιδιαίτερα και κοινά χαρακτηριστικά περιοχών που οδηγούν σε βροχοπτώσεις. Έτσι έχουμε το θαλάσσιο, το ηπειρωτικό, το μεσογειακό, το μουσωνικό, το ισημερινό και το τροπικό βροχομετρικό σύστημα.

1.1.3 Αέριες μάζες και ατμοσφαιρική πίεση

Αέρια μάζα είναι ένα μεγάλο σώμα αέρα, το οποίο παρουσιάζει όσο το δυνατόν πιο παρόμοια θερμοκρασιακά, υδρομετρικά χαρακτηριστικά και επομένως και ίδια πυκνότητα, σε όλη την οριζόντια έκτασή του. Οι αέριες μάζες δημιουργούνται σε συγκεκριμένα γεωγραφικά πλάτη και περιοχές του πλανήτη, οι οποίες ονομάζονται πηγές είτε πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας είτε πάνω από την ξηρά. Ως προς την πηγή χωρίζονται σε Αρκτικές/Ανταρκτικές(A), Πολικές(P), Τροπικές(T) και Ισημερινές(E) (οι οποίες είναι όλες υγρές-θαλάσσιες) και ως προς την επιφάνεια πάνω από την οποία δημιουργούνται σε θαλάσσιες(m) και ηπειρωτικές (c). Οι θαλάσσιες είναι υγρές και οι ηπειρωτικές ξηρές, ενώ τα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά έχουν σχέση με αυτά της επιφάνειας και του υπερκείμενου αέρα από τα οποία γεννιούνται. Κάθε περιοχή του πλανήτη κυριαρχείται μόνιμα και εποχιακά από τον συνδυασμό δύο αέριων μαζών, ανάλογα με το γεωγραφικό της πλάτος και το υψόμετρο. Η συνδυαστική δράση και κίνηση των αέριων μαζών σε συνδυασμό με την ατμοσφαιρική πίεση δημιουργούν τους αντικυκλώνες και τις υφέσεις, ελέγχοντας έτσι τις καιρικές συνθήκες και μακροπρόθεσμα το κλίμα κάθε περιοχής.

Ο καιρός σε καθημερινή βάση και οι εναλλαγές του εξαρτώνται από τα βαρομετρικά υψηλά και χαμηλά και την κατάσταση ευστάθειας ή αστάθειας της ατμόσφαιρας. Η

ατμοσφαιρική πίεση μαζί με την κίνηση των αέριων μαζών δημιουργούν τους κυκλώνες ή υφέσεις (L) και τους αντικυκλώνες (H), τα οποία σχεδιάζονται πάνω σε χάρτες ισοβαρών πιέσεων. Ο χάρτης ισοβαρών πιέσεων είναι ο σχεδιασμός ομόκεντρων κυκλικών καμπυλών που περνούν από περιοχές με την ίδια ατμοσφαιρική πίεση, η οποία μετράται σε hPa ή millibars. Το κέντρο των ισοβαρών καμπύλων χαρακτηρίζεται είτε από χαμηλή (βαρομετρικό χαμηλό) είτε από υψηλή πίεση (βαρομετρικό υψηλό) και σε κάθε μια περίπτωση έχει διαφορετικό καιρικό αποτέλεσμα. Στην περίπτωση που το κέντρο είναι βαρομετρικό χαμηλό ή αλλιώς αντικυκλώνας, οι καμπύλες προς τα έξω αυξάνονται σε πίεση, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει στο βαρομετρικό υψηλό ή αλλιώς κυκλώνας, όπου οι καμπύλες μειώνονται προς τα έξω.

Ένα βαρομετρικό χαμηλό ή αλλιώς αντικυκλώνας ή ύφεση, δημιουργείται από έναν στρόβιλο αέριων μαζών με τυπική ακτίνα 500 km, που κινείται δεξιόστροφα στο βόρειο ημισφαίριο και αριστερόστροφα στο νότιο. Οι αέριες μάζες στροβιλίζονται ανοδικά όπου ψύχονται έως ότου φτάσουν σε θερμοκρασία σημείου δρόσου, οπότε και συμπυκνώνονται σε νέφη, με αποτέλεσμα αστάθεια της ατμόσφαιρας και γενική κακοκαιρία. Μια μετωπική ύφεση είναι όταν δύο μέτωπα με διαφορετικά θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά, ένα θερμό και ένα ψυχρό, τα οποία στροβιλίζονται στο κέντρο χάρτη ισοβαρών με χαμηλή πίεση με τον θερμό αέρα να συγκλίνει προς το κέντρο και τον ψυχρό να καταλαμβάνει το υπόλοιπο τμήμα της ύφεσης.

Ένα βαρομετρικό υψηλό ή αλλιώς αντικυκλώνας, το οποίο είναι το άκρως αντίθετο ενός κυκλώνα με το κέντρο των ισοβαρών να χαρακτηρίζεται από υψηλή πίεση και του οποίου η τυπική ακτίνα είναι περίπου 1000 km. Μέσα σε αυτό το μέτωπο οι αέριες μάζες περιστρέφονται αριστερόστροφα στο βόρειο ημισφαίριο και δεξιόστροφα στο νότιο. Η μεγάλη διαφορά όμως είναι ότι σε έναν αντικυκλώνα οι αέριες μάζες αντί να ακολουθήσουν ανοδική πορεία, κινούνται προς τα κάτω, όπου λόγω αδιαβατικής συμπίεσης θερμαίνονται με αποτέλεσμα τη διάσπαση νεφών, εξαερώνοντας τους τυχόν υπάρχοντες υδρατμούς και επομένως οδηγούν σε αίθριο καιρό. (πηγή: Κλιματολογία ΑΠΘ)

1.2 Κλιματική ταξινόμηση

Για τη βέλτιστη μελέτη του κλίματος και της επίδρασης που αυτό έχει στα φυσικά οικοσυστήματα και τους ανθρώπους (οικονομία, κοινωνία, δραστηριότητες, υγεία κ.α) αναπτύχθηκε ο κλάδος της κλιματολογίας κλιματική ταξινόμηση. Η κατάταξη περιοχών με κοινά κλιματικά χαρακτηριστικά, δηλαδή παρόμοια εποχιακή διακύμανση των μετεωρολογικών τιμών, βοηθάει τόσο στην εξειδίκευση της μελέτης για κάθε τύπο κλίματος αλλά και στην παρακολούθηση της σταθερότητας ή μη ενός κλιματικού τύπου λόγω της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής. Μια κλιματική κατάταξη οδηγεί αφενός στην ταυτοποίηση περιοχών με διαφορετική κλιματική συμπεριφορά και αφετέρου δίνει την πιθανότητα εύρεσης κλιματικών ομοιοτήτων σε διαφορετικά σημεία του πλανήτη, προερχόμενα από διαφορετικά ή παρόμοια αίτια (κλιματικούς παράγοντες).

Η κλιματική ταξινόμηση έχει τις ρίζες της στην αρχαία Ελλάδα, όπου πρώτα ο Παρμενίδης (515-445 π.Χ.) και στη συνέχεια ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) διαίρεσαν τη Γη σε δύο κατεψυγμένες, δυο εύκρατες και μια διακεκαυμένη ζώνη, με τον Αριστοτέλη να ορίζει κέντρο της εύκρατης ζώνης την Αθήνα. Με το πέρασμα κάποιων αιώνων, άλλαξαν τα όρια των ζωνών και επαναοριοθετήθηκαν με βάση αστρονομικές

ζώνες και συγκεκριμένα με τους Τροπικούς Κρκίνου και Αιγόκερου, τον αρκτικό και τον ανταρκτικό κύκλο αντίστοιχα.

Η κλιματολογία σαν επιστήμη, ξεκίνησε στα τέλη του 19^{ου} έως και αρχές του 20^{ου} αιώνα. Οι πρώιμες προσπάθειες επιστημονικής κλιματικής κατάταξης έγιναν στην δεκαετία του 1870, όταν ο Γάλλος επιστήμονας De Candolle, την σύνδεσε με την επιρροή του κλίματος στη βλάστηση. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη κλιματική κατάταξη, η επιφάνεια της γης χωρίστηκε σε πέντε ζώνες βλάστησης, μια ζώνη με βλάστηση που απαιτεί υψηλή θερμοκρασία αέρα, μια ζώνη με βλάστηση που επιβιώνει με έλλειμμα υγρασίας, μια ζώνη με βλάστηση που χρειάζεται μέσες θερμοκρασίες αέρα, μια ζώνη με μικρή απαίτηση σε θερμότητα και μια ζώνη με βλάστηση που αντέχει σε αρνητικές θερμοκρασίες καθόλη τη διάρκεια του έτους.

Στην σύγχρονη εποχή, ο κλάδος της κλιματικής ταξινόμησης αναπτύχθηκε περαιτέρω, με επιστημονικά κριτήρια και στατιστικές μεθόδους έως τις μέρες μας, όπου πλέον η εξέλιξη της τεχνολογίας και η εισχώρηση των μοντέλων και του προγραμματισμού, έχει αναπτύξει ακόμη περισσότερο τον κλάδο και τις μεθόδους του. Ο βασικός στόχος όλων των μεθόδων ταξινόμησης που εφαρμόζονται σήμερα, είναι ο διαχωρισμός μιας συγκεκριμένης περιοχής σε κλιματικές ζώνες εντός των οποίων κυριαρχούν όσο το δυνατόν περισσότερο, μια κοινή και ομοιογενής αλληλουχία κλιματικών συνθηκών. Η περιοχή η οποία διαχωρίζεται μπορεί να είναι μια ήπειρος, μια χώρα, μια πόλη έως μικρότερο τμήμα όπως ένας νομός και επίσης περιοχές με κάποιο κοινό χαρακτηριστικό κλιματικό παράγοντα, όπως π.χ οι χώρες της Μεσογείου θάλασσας, οι περιοχές γύρω από την Μαύρη Θάλασσα ή την έρημο Σαχάρα ή οι χώρες που περνάει μια οροσειρά όπως οι Άλπεις κοκ. Βέβαια, ο διαχωρισμός ως προς τα όριά του, δεν είναι πάντα απόλυτος, για αυτό πολλές ζώνες μπορεί να χαρακτηρίζονται ως μεταβατικές και ταλαντεύονται μεταξύ δύο κλιματικών ζωνών (τύπων).

Για κάθε περιοχή, τα μετεωρολογικά δεδομένα μελετούνται σε βάθος χρόνου (τουλάχιστον 30 έτη), οπότε στο σύνολο ο όγκος δεδομένων γίνεται τεράστιος και επομένως μεγαλώνει η δυσκολία στο να συμβαδίσουν η υψηλή ακρίβεια ανάλυσης και η λεπτομερής περιγραφή όλων των τύπων κλίματος. Για μια πλήρη και λεπτομερή μελέτη για να υπάρχει υψηλή ομοιομορφία των κλιματικών στοιχείων πρέπει να ληφθούν υπόψη η επιρροή στον καιρό του ήλιου και της σελήνης (κυρίως για παλίρροιες), επομένως και του ισοζυγίου ακτινοβολίας, τη μορφή και την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας, άλλοι γεωγραφικοί παράγοντες, ο υδρολογικός κύκλος και φυσικά το αποτέλεσμα του συνδυασμού όλων των παραπάνω στα φυσικά οικοσυστήματα των υπό μελέτη περιοχών. Όπως γίνεται κατανοητό η δυσκολία και η πολυπλοκότητα των ιδιαίτερων γνωρισμάτων κάθε περιοχής αυξάνονται αρκετά, οπότε για τη διευκόλυνση της κλιματικής ταξινόμησης, θα πρέπει εξ αρχής να οριστεί ο σκοπός για τον οποίον γίνεται, όπως επίσης να διασφαλιστεί η διαθεσιμότητα των κλιματικών στοιχείων, να οριστεί συγκεκριμένη μεθοδολογία και να συμπεριληφθεί η εκάστοτε γεωγραφία, η οποία θα μπορούσε να φέρει αποκλίσεις στο αναμενόμενο αποτέλεσμα.

Οι κλιματικές κατατάξεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις γενετικές και τις περιγραφικές ταξινομήσεις. Οι γενετικές βασίζονται στις αιτίες γένεσης του κλίματος και των διαφοροποιήσεων αυτού πάνω στον πλανήτη, είτε στηριζόμενες σε φυσικούς νόμους σχηματισμού του κλίματος όπως οι αέριες μάζες είτε βασισμένες στα ενεργειακά ισοζύγια της Γης, όπως της επιφανειακής θερμότητας ή της ακτινοβολίας (πιο γνωστή ταξινόμηση βάση ακτινοβολιακού ισοζυγίου είναι του W.H.

Terjung-1970-). Οι περιγραφικές μέθοδοι ταξινόμησης κλίματος, αναπτύσσονται με τυπικά κριτήρια, σε αντίθεση με τα κριτήρια των γενετικών κατατάξεων. Αναπτύχθηκε κυρίως, λόγω της ανάγκης διάφορων άλλων επιστημών και τομέων οικονομικής δραστηριότητας, όπως η γεωργία, η αλιεία, η κατασκευαστική βιομηχανία, η δημόσια υγεία κ.α. για τη βελτιστοποίηση του τομέα τους.

Οι περιγραφικές κατατάξεις μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες. Η πρώτη περιλαμβάνει εμπειρικές κατατάξεις που αναπτύχθηκαν με βάση ορισμένα κριτήρια χρησιμοποιώντας δεδομένα μετεωρολογικών παρατηρήσεων σε συνδυασμό με τη βλάστηση κάθε περιοχής, (π.χ. κλιματική κατάταξη Köppen) ενώ η δεύτερη κατηγορία είναι οι γεωγραφικές, οι οποίες χαρακτηρίζουν τον κλιματικό τύπο με βάση χαρακτηριστικά όπως το ανάγλυφο, ο τύπος εδάφους ή η βοτανολογία μιας περιοχής, τα οποία χαρακτηριστικά προκύπτουν από το κλίμα. Η μέθοδος για να αναπτυχθούν οι περιγραφικές κατατάξεις, είναι αρχικά ο προσδιορισμός των βασικών διαφορών μεταξύ περιοχών σε σχέση με τον τομέα ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια, θα πρέπει να αναπτυχθούν οι δείκτες (π.χ. στατιστικά όρια ή τύποι από θερμοκρασιακά και υδρομετρικά χαρακτηριστικά κ.α.) οι οποίοι θα είναι αυτοί που θα χαρακτηρίζουν το κλίμα και θα μπορούν να εξηγούν επαρκώς τις παρατηρούμενες διαφορές ανά περιοχή. Τέλος, ο σχεδιασμός ενός συστήματος κατάταξης (συνήθως με βάση τη στατιστική επιστήμη) πάνω σε αυτούς τους δείκτες.

1.3 Κλιματική ταξινόμηση Köppen – Geiger

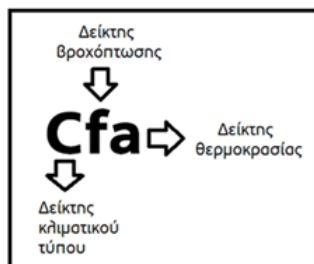
Από τις περιγραφικές μεθόδους κλιματικής ταξινόμησης, η πιο εύχρηστη, απλή και ευρέως διαδεδομένη είναι η ταξινόμηση Köppen – Geiger, η οποία αναπτύχθηκε από τον Γερμανό-ρωσικής καταγωγής κλιματολόγο Wladimir Köppen (1846-1940) το 1884 και τροποποιήθηκε στη συνέχεια τόσο από τον ίδιο, το 1918 και το 1936, όσο και από τον κλιματολόγο Rudolf Geiger.

Η ταξινόμηση Köppen-Geiger είναι πιο αναλυτική από άλλες περιγραφικές μεθόδους, επειδή ο Köppen συνδύασε την επιστήμη της κλιματολογίας με την εμπειρία του ως βοτανολόγος και επομένως τις στατιστικές μεθόδους, όρια και δείκτες με το ρόλο και τον τύπο βλάστησης κάθε περιοχής. Έτσι, διευκόλυνε τη μελέτη του κλίματος στο παρόν αλλά και την μελλοντική του εξέλιξη, μέσω της προβλεπόμενης εξέλιξης της βλάστησης εντός ενός κλιματικού τύπου. Επίσης, συνδύασε τις εμπειρικές σχέσεις κλίματος-βλάστησης, με τη διακύμανση της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης, με αποτελεσματικό τρόπο και συμπεριέλαβε κλιματικές συνθήκες για να χαρτογραφήσει και τη μελλοντική μακροπρόθεσμη εξέλιξη και να τη συσχετίσει με συνθήκες οικοσυστημάτων.

Παρά τα θετικά της στοιχεία, η αρχική κατάταξη του Köppen είχε κάποιες αδυναμίες, όπως ότι κάποιες κλιματικές ομάδες ήταν πολύ μεγάλες όπως για παράδειγμα ο Μεσογειακός τύπος C και μερικώς ελλειπής. Μια από τις σημαντικότερες μεταγενέστερες τροποποιήσεις της μεθόδου ήταν αυτή του Trewartha (μέσα του 1960 έως τη δεκαετία του 1980), ο οποίος όρισε πιο στενά και σαφή όρια για τους μεγάλους κλιματικούς τύπους και πρόσθεσε τον τύπο H για κλίματα σε υψόμετρο μεγαλύτερο από 1500 m.

Στην κλιματική ταξινόμηση Köppen, αρχικά υπήρχαν πέντε βασικές κατηγορίες κλιματικών τύπων βασισμένες στις φυτικές διαπλάσεις της Γης. Αυτές είναι το ισημερινό-τροπικό βροχερό δάσος, η σαβάνα και η στέπα, η έρημος, τα δάση των κωνοφόρων και των φυλλοβόλων και η τούνδρα. Ως βασικά στοιχεία για τις φυτικές

διαπλάσεις αλλά και την ανάπτυξή τους γεωγραφικά είναι οι επικρατούσες συνθήκες ανά περιοχή των μέσων μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων.



Εικόνα 1.3.1 Η ερμηνεία της θέσης των συμβόλων στους κλιματικούς τύπους Köppen – Geiger, (εξαιρέση αποτελούν ο τύπος κλίματος E και H)

Η τελική μορφή της κλιματικής ταξινόμησης Köppen – Geiger, αποτελείται από τρεις ομάδες γραμμάτων, που ο συνδυασμός τους ανά δύο ή και των τριών, αποδίδουν τον τύπο κλίματος, με κάθε γράμμα να αντιπροσωπεύει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Η πρώτη ομάδα συμπεριλαμβάνει τα σύμβολα A, B, C, D, E και H, τα οποία αντιπροσωπεύουν τα γενικά θερμοκρασιακά και υγρομετρικά χαρακτηριστικά, ή αλλιώς την αρχική συνθήκη που ισχύει ώστε ένα κλίμα να ανήκει στον συγκεκριμένο τύπο και έχει πάντα σχέση και με το γεωγραφικό πλάτος από το οποίο εξαρτάται η γεωγραφική κατανομή τους. Για παράδειγμα, τα A αντιστοιχούν σε τροπικά κλίματα και η αρχική τους συνθήκη είναι η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα να είναι μεγαλύτερη ή ίση με 18°C και

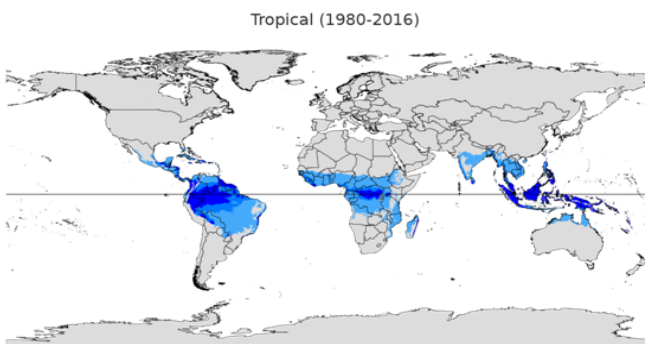
εντοπίζεται $0-10^{\circ}$ βόρεια και νότια του ισημερινού, είναι πρακτικά αδύνατο ένα τροπικό κλίμα να επικρατεί σε πολικά γεωγραφικά πλάτη ή σε εύκρατα $30-45^{\circ}$ γεωγραφικό πλάτος. Από αυτές τις ομάδες γραμμάτων μόνο το B αντιπροσωπεύει ξηρά κλίματα (όπου υπερισχύει η εξάτμιση της βροχόπτωσης), ενώ όλα τα υπόλοιπα αναφέρονται σε υγρά κλίματα. Τα κλίματα τύπου H, είναι σπάνια και αντιπροσωπεύουν όσα έχουν μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα μικρότερη ή ίση με 10°C αλλά αυτή σε σχέση με το υψόμετρο (πάνω από 1500 m).

Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τα σύμβολα f,m,w,s,W,S τα οποία δείχνουν μοτίβα βροχόπτωσης, δηλαδή ποιά εποχή είναι υγρότερη ή ξηρότερη ή αν η βροχή ισοκατανέμεται μέσα στο έτος. Επίσης τα F και T για το τύπο κλίματος E που αντιπροσωπεύουν ειδικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Τέλος, η τρίτη ομάδα είναι τα σύμβολα a,b,c,d,h και k τα οποία αναφέρονται σε ειδικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στην κατάταξη Köppen-Geiger είναι η μέση ετήσια θερμοκρασία (T) σε $^{\circ}\text{C}$, η συνολική ετήσια βροχόπτωση σε mm ή cm (R) και το κατώφλι βροχόπτωσης για ερημικά κλίματα (Pth). (Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας)

1.3.1 Ανάπτυξη και γεωγραφική κατανομή των κλιματικών τύπων

A - Τροπικό	Μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα $\geq 18^{\circ}\text{C}$	
	f	Βροχή ξηρότερου μήνα τουλάχιστον 60 mm
	m	Βροχή ξηρότερου μήνα $< 60\text{ mm}$ αλλά $\geq 10-(R/25)$
	w	Βροχή ξηρότερου μήνα $< 10-(R/25)$

Πίνακας 1.3.1.1 Στατιστικά όρια για τον τύπο κλίματος A, τροπικό



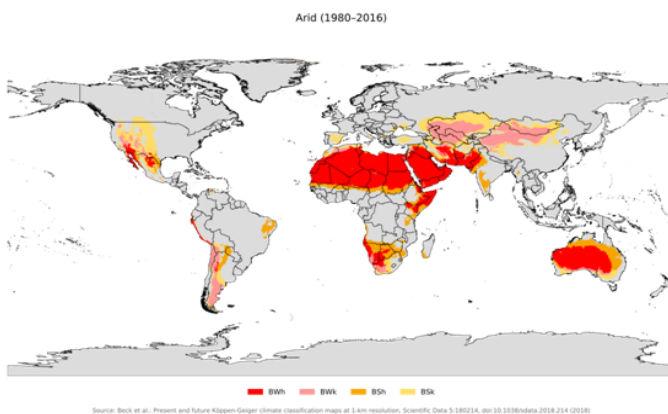
Εικόνα 1.3.1.1 Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος A, τροπικό

Τα τροπικά κλίματα (A) τα οποία εντοπίζονται $0-20^{\circ}$ περίπου βόρεια και νότια του ισημερινού, χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα υγρά τροπικά κλίμα ζούγκλας ή μουσωνικά τροπικά κλίμα (Am) και στα τροπικά κλίματα τύπου σαβάνας (Af, Aw). Και στις δύο κατηγορίες οι μέσες μηνιαίες τιμές της

θερμοκρασίας είναι υψηλότερες από 18°C ενώ το ύψος βροχής είναι πολύ υψηλό, το οποίο φτάνει τα 2000 mm ανά έτος και σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις μέχρι και τα 15m, μειώνεται βαθμιαία όσο κινούμαστε προς υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη. Λόγω της ετήσιας υψηλής θερμοκρασίας, σε αυτές τις περιοχές δεν υπάρχει εναλλαγή εποχών, ενώ οι ξηρασία στις περιόδους που μειώνονται οι βροχές είναι πολύ έντονη, με διάρκεια έως και 7 μήνες, ειδικά για τα κλίματα σαβάνας. Τα κλίματα σαβάνας χωρίζονται σε υγρά τροπικά κλίματα σαβάνας και ξηρά τροπικά κλίματα σαβάνας, διαχωρισμός ο οποίος αντιστοιχεί στην σύγκριση μεταξύ τους ως προς τα ύψη βροχής και αποτελούν μεταβατικές κλιματικές ζώνες μεταξύ των τροπικών κοντά στον ισημερινό και των ξηρών και ημίξηρων (BW,BS) κλιμάτων της υποτροπικής ζώνης.

B- Ερημικό	<p>Αν τουλάχιστον το 70% της ετήσιας βροχόπτωσης λαμβάνει χώρα κατά τους 6 θερμότερους μήνες αλλά $R < 2T + 28 = P_{th}$ αλλιώς, Αν τουλάχιστον το 70% της ετήσιας βροχόπτωσης λαμβάνει χώρα κατά τους 6 ψυχρότερους μήνες αλλά $R < 2T = P_{th}$ Αν σε καμία από τις δύο περιπτώσεις το ποσό της βροχής δεν υπερβαίνει το 70% της ετήσιας βροχόπτωσης, ισχύει η σχέση $R < 2T + 14 = P_{th}$</p>	
	W	Αν το Ετήσια βροχόπτωση $R < 0.5 \cdot P_{th}$
	S	Αν το $0.5 P_{th} < R < P_{th}$
	h	Μέση ετήσια θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη ή ίση από 18° C
	k	Μέση ετήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη από 18° C

Πίνακας 1.3.1.2 Στατιστικά όρια κλιματικού τύπου B, ξηρά και ημίξηρα κλίματα



Εικόνα 1.3.1.2 Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος B, ερημικό

Τα ξηρά (BW) και ημίξηρα (BS) κλίματα, δηλαδή τα κλίματα ερήμου και στέπας, εντοπίζονται σε γεωγραφικό πλάτος 20-35° βόρεια και νότια του ισημερινού, που αντιστοιχεί στην υποτροπική ζώνη. Σε αυτούς τους τύπους κλίματος η μικρή περιεκτικότητα σε υγρασία των θαλάσσιων ανέμων μαζί με τα μικρά ετήσια ύψη βροχής αλλά και οι υψηλές θερμοκρασίες συντελούν στο γεγονός ότι η εξάτμιση υπερσχύει της βροχόπτωσης. Ως αποτέλεσμα αυτού του

γεγονότος, τα ερημικά τοπία αποτελούνται από αμμώδες έδαφος και θρύμματα υπερθερμασμένων πετρωμάτων, ελλιπή βλάστηση εκτός περιστασιακά από κακτοειδή φυτά τα οποία αποθηκεύουν νερό στο φύλλωμα και σε πολύ βαθύ ριζικό σύστημα και οι μεγάλης ταχύτητας άνεμοι γνωστοί για τις έντονες ανεμοθύελλες που προκαλούν, είναι τα κυριότερα φυσικά χαρακτηριστικά τους. Ο διαχωρισμός μεταξύ ερήμων και στέπας είναι η μεταξύ τους σύγκριση ως προς την ξηρότητα, καθώς τα κλίματα στέπας είναι ημι-άγονα με μεγαλύτερα συγκριτικά ετήσια ύψη βροχής και

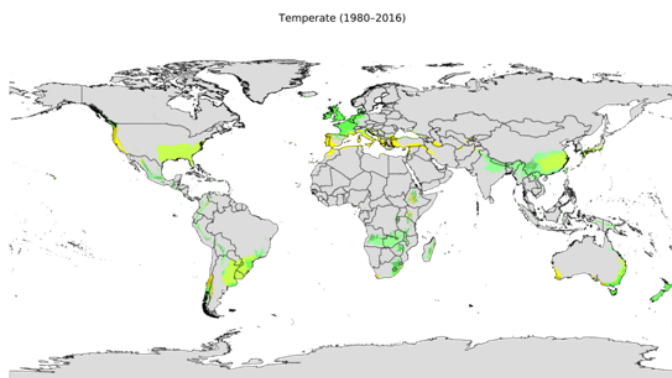
αποτελούν μεταβατικές ζώνες μεταξύ των υποτροπικών ερήμων και των εύκρατων κλιμάτων.

Τα ξηρά (ερημικά) κλίματα της τροπικής και υποτροπικής ζώνης, με θερμά χαρακτηριστικά (h) και ψυχρότερα (k) θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά, εντοπίζονται στη Μεσόγειο στις χώρες της Βόρειας Αφρικής, της νοτιοανατολικής Ιβηρικής χερσονήσου και τμηματικά στη Μέση Ανατολή (Συρία, Λίβανος). Τα BWk είναι πιο σπάνια στη Μεσόγειο, έχουν μικρότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τα BSh, βρίσκονται κυρίως σε υψόμετρο μακριά από τη θάλασσα με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα την έρημο Γκόμπι στη Μογγολία. Αντίστοιχα, τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα BWh, είναι η έρημος Σαχάρα, η Λιβυκή έρημος, η συριακή, αλλά και τμήματα του Μεξικό των ΗΠΑ και η Μεγάλη Βικτώρια στην Αυστραλία.

Τα ημίξηρα θερμά (στεπικά) κλίματα τοποθετούνται κυρίως στις 20-30° βόρεια και νότια του ισημερινού, μεταξύ Aw,Am (σαβάνας) και BWh (ξηρών κλιμάτων) και ανάμεσα σε BWh κλίματα και υγρά υποτροπικά κλίματα τύπου Cs κυρίως. Περιοχές στη Μεσόγειο με στεπτικό θερμό κλίμα έχουν η νοτιοανατολική Ισπανία, τμήματα της Ιταλίας, της Ελλάδας, της Μάλτας και της Κύπρου. Τα ημίξηρα κρύα (BSk, στεπικά) κλίματα εντοπίζονται σε υψόμετρα κοντά σε μεσογειακά και ηπειρωτικά υγρά κλίματα και κυρίως στις ενδοχώρες μακριά από τη θάλασσα. Τα καλοκαίρια τους είναι θερμά και ξηρά, λιγότερο έντονα από τα BSh καλοκαίρια αλλά οι χειμώνες τους είναι πιο ψυχροί και ξηροί.

C- Εύκρατο	Μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα $\geq 18^{\circ}\text{C}$ αλλά ο ψυχρότερος $-4 \leq T \leq 18^{\circ}\text{C}$		
	s	Η βροχή ξηρότερου μήνα $< 40\text{mm}$ και του 1/3 του υγρότερου χειμερινού μήνα και βροχή ξηρότερου θερινού μήνα είναι μικρότερη από βροχή ξηρότερου χειμερινού μήνα	
	w	Η βροχή ξηρότερου μήνα $< 1/10$ της βροχής υγρότερου θερινού μήνα και βροχή του ξηρότερου χειμερινού μήνα είναι μικρότερη από βροχή του υγρότερου θερινού μήνα	
	f	Η βροχή του ξηρότερου μήνα $> 40\text{mm}$	
		a	Μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα $> 22^{\circ}\text{C}$
		b	Μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα $< 22^{\circ}\text{C}$ αλλά τουλάχιστον 4 μήνες με μέση θερμοκρασία $> 10^{\circ}\text{C}$
		c	Μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα $< 22^{\circ}\text{C}$ αλλά τουλάχιστον 1-3 μήνες με μέση θερμοκρασία $> 10^{\circ}\text{C}$

1.3.1.3 Στατιστικά όρια κλιματικού τύπου C, εύκρατο



Εικόνα 1.3.1.3 Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος C, εύκρατο

Μια από τις δύο μεγαλύτερες ομάδες τύπου κλίματος της ταξινόμησης είναι οι μεσογειακοί τύποι (C) της υποτροπικής και εύκρατης ζώνης, τα οποία εντοπίζονται στις 20-40° περίπου βόρεια και νότια του ισημερινού. Τα μεσογειακά κλίματα χωρίζονται σε τυπικά μεσογειακά (Cs), τα οποία

επικρατούν στη Μεσόγειο θάλασσα, με τα χαρακτηριστικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και τους σχετικά ήπιους, υγρούς χειμώνες. Η δεύτερη κατηγορία είναι τα υγρά υποτροπικά ή εύκρατα κλίματα υπό την επίδραση των μουσώνων (Cw), με ηπιότερο καλοκαίρι από τα Cs αλλά μακρύτερο σε διάρκεια, υγρότερο και ξηρότερο χειμώνα. Τέλος τα υγρά εύκρατα κλίματα (Cf) τα οποία διαχωρίζονται από τα Cw λόγω της υψηλής υγρασίας καθ'όλη τη διάρκεια του έτους.

Τα υγρά υποτροπικά κλίματα εντοπίζονται στις 25-40° γεωγραφικό πλάτος νοτιοανατολικά των ηπείρων, χαρακτηρίζονται από υψηλό ύψος βροχής, που είτε προέρχεται από τη μουσωνική δράση και προκαλεί και χειμερινή ξηρασία (Cw) είτε έχει υγρές όλες της εποχές του (Cf). Το α στο τέλος του τύπου, υποδηλώνει ότι και για τους δύο τύπους κλίματος η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι μεγαλύτερη από 18°C. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι οι καθημερινές σύντομες καταιγίδες και θερμός αέρας κυρίως κατά τις μεσημβρινές ώρες. Χαρακτηριστικές πόλεις με αυτούς τους τύπους κλίματος είναι το Μιλάνο, η Μπολόνια και η Βερόνα στην Ιταλία, αλλά και οι ακτές της βόρειας Αδριατικής, η πόλη Σπλιτ της Κροατίας και η Κοζάνη στη βόρεια Ελλάδα.

Τα Cfb συνήθως εντοπίζονται στις δυτικές ακτές των ηπείρων, σε γεωγραφικά πλάτη μεταξύ 40-60° βόρεια και νότια του ισημερινού, συνοριακά με τα τυπικά μεσογειακά κλίματα στην Ευρώπη, ενώ σε σπάνιες περιπτώσεις και απομονωμένες υπάρχει μέχρι και στις 68° βόρεια στη Νορβηγία. Εδώ μεγάλο ρόλο στη διαμόρφωση του κλίματος διαδραματίζει ο ωκεανός με τα ψυχρά θαλάσσια αέρια ρεύματα που φέρνει προς τα παράλια. Συγκρινόμενα με άλλα κλίματα ίδιου γεωγραφικού πλάτους, έχουν πιο ήπιους χειμώνες, με χαρακτηριστικούς συννεφιασμένους ουρανούς και μεγάλη υγρασία. Επίσης εντοπίζονται σε σχετικό υψόμετρο σε σχέση με τη θάλασσα και τα παράλια και χωρίς αυτό θα εντάσσονταν στην κατηγορία των υγρών υποτροπικών και τροπικών τύπων. Ονομάζονται κλίματα υψομέτρου (highlands).

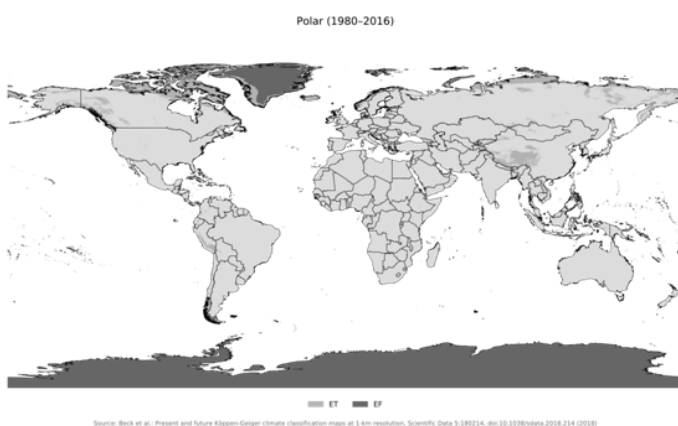
Τα Cfc είναι τα υποπολικά θαλάσσια, τα οποία έχουν προσανατολισμό προς τους πόλους και βρίσκονται είτε κοντά είτε σε υψόμετρο κοντά στα εύκρατα θαλάσσια κλίματα. Ακόμη, βρίσκονται και σε κάποιες πολύ λεπτές ζώνες παράκτια στις δυτικές πλευρές των ηπείρων και σε νησιά με ακτές σε υψόμετρο όπως οι νήσοι Φερόες. Τα Cwb, είναι τα αντίστοιχα με το Cfb, όμως λόγω της μουσωνικής επιρροής, έχουν ξηρούς χειμώνες και πολύ βροχερά καλοκαίρια. Τέλος τα Cwc, είναι από τα πιο σπάνια είδη κλίματος και από τα πιο απομονωμένα, τα οποία βρίσκονται κυρίως στις Άνδεις σε περιοχές της Βολιβίας και του Περού. Είναι τα αντίστοιχα των υποπολικών ψυχρών κλιμάτων, όπου η μουσωνική δράση τα καθιστά ξηρά τον χειμώνα και υγρά το καλοκαίρι, βρίσκονται δε σε μεγάλο υψόμετρο συνοριακά με Cwb κλίματα.

Τα μεσογειακά τυπικά κλίματα (Cs) τοποθετούνται σε γεωγραφικά πλάτη 25-40° βόρεια και νότια του ισημερινού στις δυτικές πλευρές των ηπείρων. Το Csa είναι το γνωστό και πιο κοινό μεταξύ τους κλίμα, με θερμά, ξηρά καλοκαίρια και σχετικά ήπιους, υγρούς χειμώνες, με σπάνιες χιονοπτώσεις, αλλά έντονα κατά καιρούς επεισόδια παγετού. Σε γενικές γραμμές είναι παρόμοια με τα ξηρά και ημίξηρα κλίματα της υποτροπικής ζώνης, μόνο που η παρουσία της θάλασσας, τα κάνει ηπιότερα και πιο γόνιμα για καλλιέργειες και βλάστηση. Η μεσογειακή Ισπανία, η Ελλάδα στα παράλια της, και κάποια τμήματα της Καλιφόρνιας, ΗΠΑ, όπως και δυτικά τμήματα της Νότιας Αμερικής, της νοτιοδυτικής Αφρικής και της Αυστραλίας (π.χ Περθ), έχουν τέτοιο τύπο κλίματος.

δροσερά καλοκαίρια ενώ για όλη τη διάρκεια του έτους οι μέρες χωρίς πάγο είναι λιγότερες από 150. Η δεύτερη διαφορά τους είναι ότι όσο θερμοκρασιακά κινούμαστε σε χαμηλότερα επίπεδα και όσο το γεωγραφικό πλάτος μεγαλώνει υπάρχουν τα κλίματα τάιγκας, με τα χαρακτηριστικά δάση κωνοφόρων και τα κλίματα τούντρας έναν μεταβατικό τύπο κλίματος ανάμεσα στα ηπειρωτικά και τα πολικά κλίματα, τα οποία είναι μεγάλες άγονες και άκρως ψυχρές πεδινές περιοχές, με χαμηλή σκόρπια βλάστηση από θαμνόφυτα, τοποθετημένες αμέσως μετά τα δάση στο κλίμα τάιγκας. Οι Dfd περιοχές είναι μεταβατικές ζώνες τούνδρας σχεδόν ταυτόσημες με τα ET κλίματα τούνδρας, που εντοπίζονται κυρίως στη βόρεια Σιβηρία.

E- Πολικό	Μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα $\leq 10^{\circ}\text{C}$	
	T	Μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα $10 \leq T \leq 0^{\circ}\text{C}$
	F	Μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα $< 0^{\circ}\text{C}$

1.3.1.5 Στατιστικά όρια κλιματικού τύπου E, πολικό



Εικόνα 1.3.1.5 Γεωγραφική κατανομή τύπου κλίματος E, πολικό

Τέλος, στα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη βρίσκονται τα πολικά κλίματα (E), δηλαδή στην Αρκτική, στην Ανταρκτική και στη Γροιλανδία, οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας όλη τη χρονιά δεν ξεπερνούν τους 0°C , με χαρακτηριστική μόνιμη κάλυψη από πάγο, παντελή έλλειψη βλάστησης. Ειδική κατηγορία κλιμάτων αποτελούν τα κλίματα υψομέτρου (H) τα οποία βρίσκονται σε ύψος πάνω από 1500 m και για αυτό το λόγο έχουν ιδιαίτερα

χαρακτηριστικά. Ότι γίνεται στο επίπεδο της θάλασσας από άποψη κλίματος, τροποποιείται και εντατικοποιείται από άποψη μετεωρολογικών παραμέτρων, όσο μεγαλώνει το υψόμετρο. Δεν αλλάζει παρόλ'αυτά χαρακτήρα δηλαδή ένα μεσογειακό κλίμα στο επίπεδο της θάλασσας δεν γίνεται ηπειρωτικό, αλλά ο ειδικός τύπος H. Εντοπίζεται στις μεγαλύτερες οροσειρές του κόσμου και χαρακτηριστικά όπως οι βροχοπτώσεις εξαρτώνται από το υψόμετρο, ενώ το μόνιμο χιόνι εξαρτάται από το υψόμετρο, την κλίση του εδάφους, τον προσανατολισμό και επομένως τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων και τους ανέμους.

(https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification, Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας)

Κεφάλαιο 2 – Μεσόγειος θάλασσα

2.1 Γενικά στοιχεία για τη Μεσόγειο θάλασσα και τις μεσογειακές χώρες

Η Μεσόγειος θάλασσα είναι η εσωτερική θάλασσα μεταξύ της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής, τοποθετημένη από τις 31 έως τις 45° 10' γεωγραφικό πλάτος, με μέγιστο πλάτος τα 1700 km, και στους μεσημβρινούς από τις 5° 21' έως τις 36° 10', με μήκος 3700 km. Η συνολική της έκταση είναι 2500000 km², εκπροσωπώντας το 0,7% της παγκόσμιας θαλάσσιας έκτασης. Περιμετρικά στη λεκάνη της έχουν ακτογραμμή 21 χώρες των τριών ηπείρων, ενώ επηρεάζει ως προς το κλίμα πολύ περισσότερες (που δεν έχουν μεσογειακή ακτογραμμή) συμπεριλαμβανομένων της Πορτογαλίας, της Ανδόρας, της Ελβετίας, του Κόσοβο, της Βουλγαρίας, της Βόρειας Μακεδονίας, της Ιορδανίας κ.α. Εκτός από τις 21 χώρες που περιβάλλουν τη Μεσόγειο θάλασσα, 2 περιοχές ελέγχονται διοικητικά από την Αγγλία (Γιβραλτάρ, Ακρωτήρι και Δεκέλεια-τμήμα της Τουρκίας)(δεν βρέθηκαν δεδομένα για τη μελέτη τους, ενώ επιπρόσθετα θα έπρεπε να μελετηθεί και η Λωρίδα της Γάζας (Παλαιστίνη) δεν βρέθηκαν δεδομένα για αυτή).

Η ευρύτερη περιοχή έχει χαρακτηριστικό κλίμα, το οποίο ονομάζεται με την ευρεία έννοια μεσογειακό κλίμα και η επιρροή του στις χώρες της νότιας Ευρώπης, δυτικής Ασίας και βόρειας Αφρικής έχει αποτυπωθεί για τις ιδιαιτερότητες του, μέσω των καλλιεργειών που ευδοκιμούν στην περιοχή (αμπέλι, εσπεριδοειδή, ελιά), που χαρακτηρίζουν τη μεσογειακή διατροφή και επίσης μεγάλο μέρος της οικονομίας των χωρών αυτών. Επίσης είναι ιδιαίτερη η μεσογειακή χλωρίδα και πανίδα, με πολυποίκιλια θαλάσσια και ηπειρωτικά οικοσυστήματα συμπεριλαμβανομένων σπάνιων θηλαστικών (μεταξύ πολλών η χελώνα καρέτα καρέτα ,η φώκια μονάχους μονάχους, η καφέ αρκούδα κ.α) , φυτών και ψαριών. Με βάση το κλίμα, οικονομικά οι περισσότερες χώρες της μεσογειακής λεκάνης, στηρίζονται ακόμη σε τομείς όπως η αλιεία/ιχθυοκαλλιέργεια, η δασοκομία, ο τουρισμός, η ενέργεια και εμπόριο/μεταφορές. Επίσης, η οικονομία της Μεσογείου είναι σημαντικό κομμάτι της παγκόσμιας οικονομίας ειδικά στους παραπάνω τομείς, με χώρες όπως η Ισπανία(13^η), η Ιταλία(8^η) και η Γαλλία(6^η) με Ακαθάριστα Εθνικά Προϊόντα (ΑΕΠ) μεταξύ των μεγαλύτερων στον κόσμο. (η παραπάνω κατάταξη είναι για το έτος 2021 όπως δημοσιεύτηκε στο world population review, <https://worldpopulationreview.com/countries/countries-by-gdp>)

Χώρα	Ονομασία και κωδικός χώρας (ISO3) στα αγγλικά	Πληθυσμός	Έκταση	Ακτογραμμή	ΑΕΠ
Ισπανία	Spain, ESP	46.745.216	505990	7268 (συνολική)	1,450 τρις
Γαλλία	France, FRC	65.426.179	551.695	2057	2,938 τρις

Μονακό	Monaco, MC O	39.511	2,02	4,1	7,185 δις
Ιταλία	Italy, ITA	60.367.477	301.340	9226	2,106 τρις
Σλοβενία	Slovenia, SVN	2.078.724	20.271	41	56
Κροατία	Croatia, HRV	4.081.651	56.594	5,664	63,172
Βοσνία και Ερζεγοβίνη	Bosnia and Herzegovina , BIH	3.263.466	51.129	23	21,953
Μαυροβούνιο	Republic of Montenegro, MNE	628.053	13.812	293,5	4,9
Αλβανία	Albania, ALB	2.872.933	28.748	649	16,753
Ελλάδα	Greece, GRC	10.370.744	131.957	15147	194,376
Τουρκία	Turkey, TUR	85.042.738	783.356	8140 (συνολική)	794,530
Κύπρος	Cyprus, CYP	1.215.584	9.251	671	24,996
Συρία	Syria, SYR	18.275.702	185.180	212	24,6
Λίβανος	Lebanon, LBN	6.072.071	10.452	294	18
Ισραήλ	Israel, ISR	8,789.774	20.770	205	410,501
Αίγυπτος	Egypt, EGY	104.258.327	1.010.408	5891	362
Λιβύη	Libya, LBY	6.958.532	1.759.541	2025	21,805
Τυνησία	Tunisia, TUN	11.754.806	163.610	1917	44,192
Αλγερία	Algeria, DZA	44.616.624	2.381.741	1557	151,459
Μαρόκο	Morocco, MAR	37.344.795	710.850	2009(συνολι κή)	122,458
Μάλτα	Malta, MLT	442.784	316	198	15,134

Πίνακας 2.1 1 Οι χώρες της Μεσογειακής λεκάνης και τα βασικά στοιχεία τους

Η Μεσόγειος θάλασσα επικοινωνεί με τον Ατλαντικό ωκεανό στα δυτικά μέσω του πορθμού του Γιβραλτάρ, με τον Ινδικό ωκεανό στα νοτιοανατολικά μέσω της διώρυγας του Σουέζ και της Ερυθράς θάλασσας και με τον Εύξεινο Πόντο στα

βορειοανατολικά μέσω της Προποντίδας και του Ελλήσποντου. Η κομβική της θέση επηρέασε ιστορικά και συνεχίζει να επηρεάζει, οικονομικά, πολιτιστικά και κοινωνικά τους ανθρώπους που ζουν γύρω από τη μεσογειακή λεκάνη και το σύνολο των τριων ηπείρων όσο και κλιματικά την ευρύτερη περιοχή.

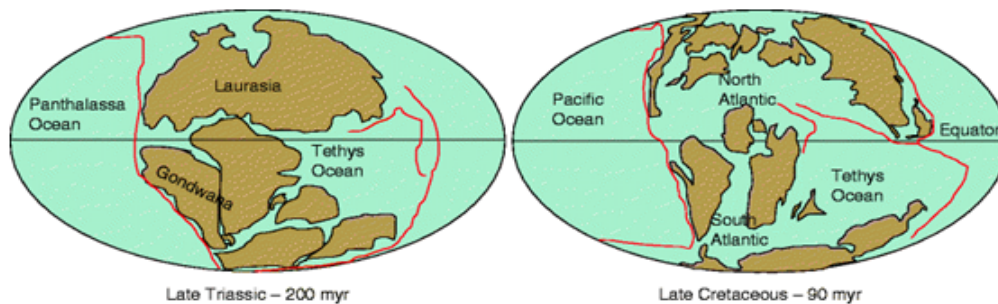
Ο σχηματισμός της Μεσογείου πριν περίπου 15 εκατ. χρόνια αλλά και η μεταγενέστερη κατανομή εδαφών και θάλασσας στο σύνολο, όρισαν τους παράγοντες που ακόμη και σήμερα ορίζουν τη διακύμανση του καιρού ανά εποχή και επομένως σε μακροπρόθεσμη βάση το μεσογειακό κλίμα. Δευτερευόντως, αλλά εξίσου σημαντικό ρόλο για κάθε μια από τις 21 χώρες της λεκάνης, διαδραματίζουν οι παράγοντες της ορογένεσης, καθώς η τεκτονική κινητικότητα στην περιοχή είναι έντονη (τεκτονική πλάκα της Ασίας και της Ευρώπης), οπότε όρισαν και επιπλέον βασικούς παράγοντες όπως το ανάγλυφο και τον τύπο εδάφους κάθε χώρας, την ηφαιστειακή δραστηριότητα, η οποία είναι έντονη στην Μεσόγειο, τη ροή και εκβολή μεγάλων ποταμών όπως ο Νείλος, ο Δούναβης κ.α, τους μεγάλους ορεινούς όγκους και οροσειρές όπως οι Άλπεις και τα Πυρηναία όρη, που ορίζουν τοπικά κάποιοι και ευρύτερα κάποιοι άλλοι τη διακύμανση των κλιματικών τύπων στην έκταση της Μεσογείου αλλά και εντός των μεσογειακών χωρών ξεχωριστά.

(<https://www.britannica.com/place/Mediterranean-Sea>)

2.2 Σχηματισμός και εξέλιξη

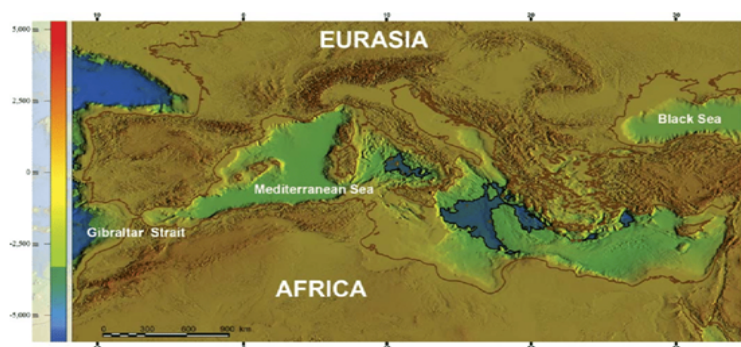
Υπάρχουν αρκετές θεωρίες για την προέλευση και το σχηματισμό της Μεσογείου θάλασσας και σίγουρα παράγοντες όπως η κίνηση των τεκτονικών πλακών, η ορογένεση και η ηφαιστειακή δραστηριότητα συντέλεσαν θεμελιωδώς στη διαδικασία σχηματισμού της σημερινής της μορφής. Η επικρατέστερη θεωρία είναι ότι προέρχεται από τη θάλασσα της Τηθύος η οποία βρισκόταν ανατολικά της Παγγαίας πριν 200 εκατ. χρόνια κατά την Τριασική περίοδο, όταν υπάρχουν δύο υπερήπειροι, βόρεια η Λαυρασία (Β.Αμερική, Ευρώπη, Αρκτική και μεγάλο μέρος της Ασίας) και νότια η Γκοντβάνα (Ν.Αμερική, Αφρική, Αραβική χερσόνησος, Ινδία, Αυστραλία και Ανταρκτική). Με τον διαχωρισμό τους και την σταδιακή απομάκρυνση τους, η θάλασσα της Τηθύος εισχώρησε ενδιάμεσα από τις δύο ηπείρους δημιουργώντας σταδιακά την Νέα Τηθύ θάλασσα.

Η διάσπαση και μετακίνηση προς το βορρά της πρώιμης Αφρικής και Αραβικής Χερσονήσου, πριν 15 εκατ. χρόνια, άρχισε να κλείνει την Νέα Τηθύ θάλασσα και τελικά με τη σύγκρουση των δύο ηπείρων να την εσωκλείει, ενώ παράλληλα η ταυτόχρονη δημιουργία των Άλπεων συντελεί στην αύξηση του μεγέθους και την εμβάθυνση της και οι παγκόσμιες αλλαγές στην κατανομή των ωκεανών, μετέβαλαν εντελώς τα θαλάσσια ρεύματα οδηγώντας στην ψύξη του κλίματος. Για τα επόμενα περίπου 4-5 εκατομμύρια χρόνια, μεταξύ Ατλαντικού και πρώιμης Μεσογείου υπήρχαν διάφορα ανοίγματα, όπως ο διάδρομος Betic στη Νότια Ισπανία και ο διάδρομος Rifian στο Βόρειο Μαρόκο, τα οποία έκλεισαν πριν 11,6-7,3 εκατ. χρόνια όταν και δημιουργήθηκε το Γιβραλτάρ (σαν λωρίδα γης αρχικά), το κλείσιμο των οποίων οδήγησε στην μικρής έντασης Τορτόνια κρίση αλατότητας.



Εικόνα 2.1.1 Η θέση της Τηθύος θάλασσας και η κατανομή των ηπείρων πριν 200 εκατ.χρόνια (αριστερά) και πριν 90 εκατ.χρόνια (δεξιά)

Κατά τις κρίσεις αλατότητας λόγω της μικρής ή και μηδενικής επαφής της Μεσογείου με τον Ατλαντικό μέρος του νερού εξατμιζόταν, η περιεκτικότητα του νερού σε αλάτι ήταν υψηλή και επομένως η ευρύτερη περιοχή αντιμετώπιζε διάφορα προβλήματα ως το κλίμα. Η μεγαλύτερη κρίση αλατότητας συνέβει πριν 5,9-6 εκατ. χρόνια στην αρχή της Πλειόκαινου περιόδου, όταν όλα τα ανοίγματα έκλεισαν και μέσα σε μια χιλιετία περίπου, σχεδόν όλο το νερό της Μεσογείου εξατμίστηκε, οδηγώντας τον στεγνό πλέον πυθμένα και την ευρύτερη περιοχή σε ερημοποίηση με θερμοκρασίες έως και 70-80°C και στη διαμόρφωση της σύστασης του εδάφους και διαφόρων πετρωμάτων και σχηματισμών από άλας και ασβέστιο. Η κρίση αλατότητας της Μεσσηνίου, όπως ονομάζεται, διήρκεσε για περίπου μισό εκατομμύριο χρόνια και έληξε πριν 5,33 εκατ.έτη, όταν για λόγους που δεν είναι γνωστοί έσπασε το στενό του Γιβραλτάρ, προκαλώντας μια από τις μεγαλύτερες πλημμύρες στην ιστορία, την Zanclean πλημμύρα, η οποία γέμισε την μεσογειακή λεκάνη σε διάστημα μερικών μηνών έως δύο ετών. Υπολογίζεται ότι η ορμή των νερών του Ατλαντικού καθώς εισχώρησαν από το στενό του Γιβραλτάρ ήταν χιλιαπλάσιας ταχύτητας από αυτή του Αμαζονίου ποταμού.



Εικόνα 2.1.2 Η Μεσόγειος κατά την κρίση αλατότητας της Μεσσηνίου

Από τότε ορίστηκαν και οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν το μεσογειακό κλίμα, όπως οι διακυμάνσεις των μουσώνων, άλλες παράμετροι λόγω της ηλιακής κυκλικής κίνησης και οι ταλαντώσεις των ωκεανών. Μέχρι και σήμερα, παράγοντες όπως η μουσωνική δραστηριότητα στην Αφρική και την Ασία, η ξηρή ζώνη της Αφρικής, οι αέριες μάζες από την κεντρική και βόρεια Ευρώπη όπως και το σύστημα υψηλών

πίεσεων της Σιβηρίας και κυρίως οι ταλαντώσεις του Β.Ατλαντικού και του Ινδικού ωκεανού, ρυθμίζουν το κλίμα και τις εποχιακές διακυμάνσεις στη Μεσόγειο.

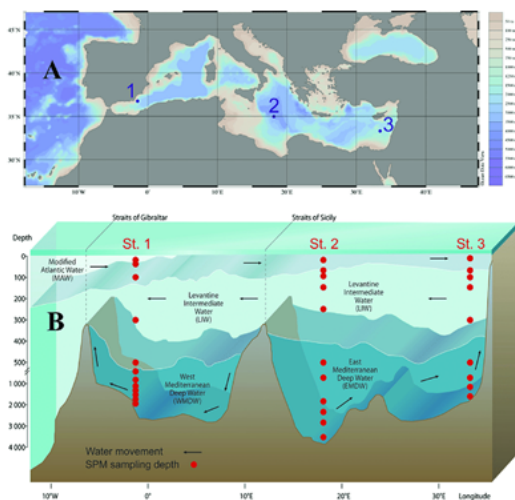
Κατά το ανώτερο Ολόκαινο και για τα τελευταία 300.000 χρόνια γεωλογικά θαλάσσια ευρήματα στη Μεσόγειο υποδεικνύουν και τη διακύμανση των θερμοκρασιών στο ανατολικό και δυτικό τμήμα της λεκάνης, με τιμές που κυμαίνονται από 9 έως 21° C για τα δυτικά και 17 με 25° C για τα ανατολικά νερά. Η αρχή της Ολόκαινου περιόδου που διανύουμε ακόμη, συνέπεσε με αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας στο βόρειο ημισφαίριο, η οποία συνέβαλε στη μετακίνηση των μουσώνων προς τα πάνω και την περιοδική κορύφωση πάνω από τη Μεσόγειο, του αφρικανικού καλοκαιρινού μουσώνα.

Πιο συγκεκριμένα, την τελευταία μισή χιλιετία όταν η ταλάντωση του Β.Ατλαντικού ωκεανού έχει αρνητικό δείκτη δημιουργούνται υφέσεις και υγρές συνθήκες στην περιοχή ενώ ο θετικός δείκτης της ταλάντωσης έχει ως αποτέλεσμα έντονους δυτικούς ανέμους και αντικυκλώνες, με ξηρές και θερμές συνθήκες ως επακόλουθο. Η μουσωνική δραστηριότητα είναι σημαντική επειδή μέσω του Νείλου και άλλων ποταμών που εκβάλλουν στην ανατολική Μεσόγειο, ανατροφοδοτείται το θαλάσσιο σύστημα με εισροή γλυκού νερού, που ρυθμίζει τη θερμοκρασία των υδάτων και κατεβάζει τα υψηλά ποσοστά περιεκτικότητας του νερού σε αλάτι. Οι πιο σημαντικοί κλιματικοί και γεωγραφικοί παράγοντες σήμερα, που διαμορφώνουν το κλίμα, είναι το γεωγραφικό πλάτος, το ανάγλυφο, το υψόμετρο, η κατανομή ξηράς και θάλασσας, όπως και η αλληλεπίδραση μεταξύ τους, η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, η απόσταση μιας περιοχής από τη θάλασσα και άλλες μικρότερης εμβέλειας διεργασίες.

2.3 Βασικοί παράγοντες διαμόρφωσης σύγχρονου μεσογειακού κλίματος

Το ιδιαίτερο κλίμα της μεσογειακής λεκάνης είναι αποτέλεσμα των παραγόντων που διαμορφώνει η διακύμανση πέντε βασικών μετεωρολογικών στοιχείων, που είναι η θερμοκρασία της θάλασσας, η θερμοκρασία του αέρα, οι βροχοπτώσεις, η ατμοσφαιρική πίεση και η ατμοσφαιρική κυκλοφορία. Αυτοί με τη σειρά τους εξαρτώνται αφενός από τα ξεχωριστά στοιχεία κάθε ηπείρου και αφετέρου από την αλληλεπίδραση της λεκάνης με τους εφαιπόμενους ωκεανούς και θάλασσες. Ακόμη, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και το ποικίλο ανάγλυφο, υψόμετρο και τοπογραφία, όσο και οι μεγάλες οροσειρές και οι εκβολές μεγάλων ποταμών (Νείλος, Δούναβης, Πάδος κ.α) περιμετρικά της Μεσογείου. Με βάση τον κάθε έναν από τους παραπάνω μετεωρολογικούς παράγοντες, ειδικότερα τη θερμοκρασία θάλασσας, αέρα και την ατμοσφαιρική πίεση, διαχωρίζεται και η ευρύτερη μεσογειακή περιοχή σε υποπεριοχές, ανάλογα με τη σχετική ομοιομορφία στη διακύμανση τους αλλά και τις κοινές αιτίες προέλευσης έκαστου παράγοντα.

Αρχικά, η μορφολογία του πυθμένα της θάλασσας, ειδικά στο στενό του Γιβραλταρ και ανάμεσα στην Σικελία και την Λιβύη, με δύο μεγάλες ανυψώσεις, διαχωρίζει τη Μεσόγειο από τον Ατλαντικό, ελέγχοντας τα ρεύματα εισόδου και εξόδου και την ανατολική από τη δυτική Μεσόγειο, σε τρία διακριτά θαλάσσια συστήματα με διαφορετική θερμοκρασιακή διαβάθμιση και επίπεδα αλατότητας το καθένα. Σημαντική για τη θερμοκρασιακή κατάσταση της Μεσογείου είναι η ανύψωση πυθμένα στο Γιβραλτάρ, με το υψηλότερο σημείο της να απέχει μόλις 300 m από την επιφάνεια, ενώ από την πλευρά του Ατλαντικού το βάθος φτάνει αμέσως μετά τα 4 km και από την πλευρά της Μεσογείου τα 2,5-3 km. Επομένως από την πλευρά του ωκεανού τα θερμά ανώτερα στρώματα εισέρχονται στη λεκάνη ενώ τα ψυχρά πυκνότερα, καθιζάνουν μη μπορώντας να ξεπεράσουν την ανύψωση. Ταυτόχρονα



2.3.1 Τομή του πυθμένα της Μεσογείου θάλασσας

Θερμότερα χειμερινά θερμοκρασιακά πλαίσια. Λόγω της θερμοκρασιακής αυτής υπεροχής τον χειμώνα η Μεσόγειος γίνεται ‘μαγνήτης’ υφέσεων με αποτέλεσμα έντονες βροχοπτώσεις σε όλη της επικράτεια (με κορύφωση στην ανατολική) και συνθήκες κακοκαιρίας.

Ένας ακόμη διαχωρισμός της ευρύτερης περιοχής γίνεται σε σχέση με τη διακύμανση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος παρουσιάζει διαφορές λόγω του διαφορετικού αναγλύφου, τοπογραφίας και υψόμετρου των περιοχών αυτών, όπως και λόγω της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και της φοράς των ανέμων. Η φορά των ανέμων αλλάζει τα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά και την περιεκτικότητα υγρασίας που περιέχει κάθε άνεμος. Για παράδειγμα, ένας αέρας από την Αφρική κινούμενος βόρεια είναι θερμός και ξηρός, ενώ οι βόρειοι ευρωπαϊκοί άνεμοι που κινούνται προς τον νότο είναι ψυχρότεροι και πιο υγροί.

Από τις τέσσερις υποπεριοχές βάσει θερμοκρασίας αέρα, πρώτη είναι η ανατολική Μεσόγειος μαζί με μικρά τμήματα των παραλίων του Μαρόκο και βόρεια του Γιβραλτάρ, εκτός από τη παραθαλάσσια ζώνη της Αιγύπτου, όπου ο συνδυασμός της θερμής χειμερινής θάλασσας με τη επιρροή του Ατλαντικού ωκεανού δυτικά και του μεσογειακού μετώπου ανατολικά πάνω από τη Μέση Ανατολή, ελέγχουν το χειμώνα την περιοχή, με έντονες βροχοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ το καλοκαίρι οι θερμοί και ξηροί άνεμοι της Αφρικής μαζί με το χαμηλό υψόμετρο των περιοχών αυτών οδηγούν σε θερμές συνθήκες, με μια ηπιότητα και μικρές ετήσιες διακυμάνσεις.

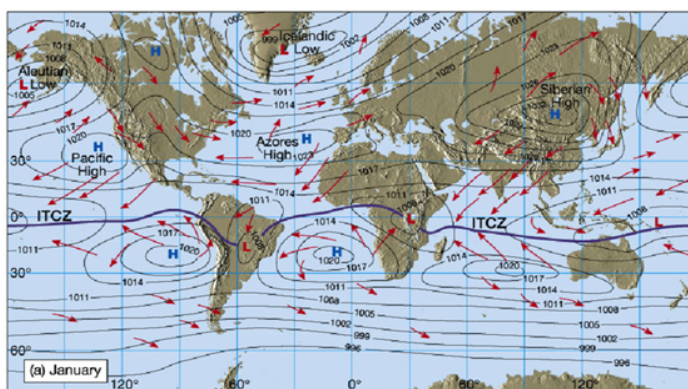
Η δεύτερη ομάδα είναι το υπόλοιπο δυτικό τμήμα μαζί με τα παράλια της Αιγύπτου και το νότιο Ισραήλ, όπου είναι η ακτίνα επιρροής των παραπλήσιων ωκεανών για όλη τη διάρκεια της χρονιάς. Οι θερμοκρασίες είναι μέσες ενώ το ετήσιο θερμομετρικό εύρος (ΕΘΕ) είναι μικρό. Η τρίτη υποπεριοχή είναι το βόρειο τμήμα της Μεσογείου, όπου οι παράγοντες του υψόμετρου καθώς και η μεγάλη απόσταση από τη θάλασσα συντελούν σε μεγάλο ΕΘΕ, με υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι και πολύ ψυχρές συνθήκες τον χειμώνα σε σχέση και με τις παραπάνω υποπεριοχές. Τέλος, τα νότια Βαλκάνια, η βόρεια Ελλάδα, τμήματα της Μικράς Ασίας και της Μέσης Ανατολής, όπως και πολύ μικρά τμήματα στην οροσειρά του Άτλαντα, έχουν το μεγαλύτερο ΕΘΕ

από την πλευρά της Μεσογείου, τα ψυχρότερα νερά κινούνται προς τον Ατλαντικό για να αντικαταστήσουν τα θερμά που εισέρχονται.

Η παραπάνω διαδικασία καθιστά τη Μεσόγειο τη θερμότερη θάλασσα συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιμετρικά της, με θερμοκρασίες που κυμαίνονται έως και μέχρι 17 με 20°C στην ανατολική πλευρά της κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τον υπόλοιπο χρόνο, τα θερμά ανώτερα στρώμα που σταδιακά ψύχονται γίνονται πυκνότερα, όμως λόγω των μη ακραίων χαμηλών τιμών και της μικρής σχετικά διάρκειας του ψύχους καθιζάνουν μέχρι ένα σημείο και έτσι διατηρείται, σε χαμηλότερα από το καλοκαίρι, αλλά

λόγω αποκλειστικά του υψομέτρου τους και αποτελούν την τέταρτη υποπεριοχή της Μεσογείου.

Η ρύθμιση του βαρομετρικού πεδίου και των ατμοσφαιρικών πιέσεων ρυθμίζεται από την ατμοσφαιρική κυκλοφορία, την κίνηση μόνιμων και ημιμόνιμων (εποχιακών) κέντρων πίεσης από την Ασία, την βορειότερη Ευρώπη, τον Ατλαντικό ωκεανό και την Αφρική, τα οποία ορίζουν τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες καθ'όλη διάρκεια της χρονιάς. Με τις συνθήκες καλοκαιρίας συνδέονται η μετακίνηση προς την Ανατολή του ημι-μόνιμου υποτροπικού αντικυκλώνα των Αζορών ή αλλιώς Βορειοατλαντικού αντικυκλώνα και της μετακίνησης προς την δύση του ημιμόνιμου συστήματος χαμηλών πιέσεων της νοτιοδυτικής Ασίας, ενώ για τις βροχοπτώσεις και την κακοκαιρία ευθύνεται η νότια εξάπλωση του Σιβηρικού αντικυκλώνα. Τέλος, η νότια εξάπλωση ευρωπαϊκών αντικυκλώνων και υφέσεων καθ'όλη τη διάρκεια της χρονιάς, ευθύνονται για συνθήκες καλοκαιρίας και κακοκαιρίας αντίστοιχα.



Εικόνα 2.3.2 Χάρτης τοποθεσίας/δημιουργίας των μόνιμων και ημιμόνιμων υψηλών και χαμηλών ανά τον κόσμο

Ο ημιμόνιμος αντικυκλώνας υποτροπικός των Αζορών είναι μια ζώνη υψηλών πιέσεων που σχηματίζονται πάνω από το αρχιπέλαγος των Αζορών και είναι υπεύθυνο για τη ξηρότητα στη νότια Ευρώπη και τη βόρεια Αφρική το καλοκαίρι, καθώς επίσης και για την ύπαρξη της ερήμου Σαχάρας. Ο Σιβηρικός αντικυκλώνας, ο οποίος σχηματίζεται τέλη Αυγούστου πάνω από τη λίμνη Βαϊκάλη

στη Σιβηρία, είναι μια αεροσυλλογή ψυχρών και πυκνών ανέμων. Κατα τους φθινοπωρινούς μήνες μεγαλώνει σε ένταση και έκταση και κορυφώνεται τους χειμερινούς, με μεγάλες πιέσεις στο κέντρο του και θερμοκρασίες που φτάνουν έως και -40°C . Είναι ουσιαστικά ένα ημιμόνιμο υψηλό, που επηρεάζει έως και τη νότια Ασία και Ευρώπη και που κατακλύζει έως και τη νότια Ιταλία, με ψυχρούς ανέμους. Τέλος, το ημιμόνιμο σύστημα χαμηλών πιέσεων της νοτιοδυτικής Ασίας, επιφέρει συνθήκες ακραίας ξηρασίας στις ερήμους και θερμές συνθήκες στη Μεσόγειο τους θερινούς μήνες.

Όλες οι παραπάνω συνθήκες δημιουργούν από το Νοέμβριο έως τον Απρίλιο έντονες βροχοπτώσεις, με τις κλειστές ισοβαρείς καμπύλες πίεσης να προσανατολίζονται βορειοδυτικά και νοτιοανατολικά από τη Γαλλία έως το Ισραήλ, ενώ τον υπόλοιπο χρόνο λόγω του συνδυασμού του αντικυκλώνα των Αζορών ή /και με ευρωπαϊκούς αντικυκλώνες, οδηγούν τη ευρύτερη περιοχή σε ηπιότητα με τη μεγαλύτερη σταθερότητα να εκδηλώνεται στην ανατολική Μεσόγειο. Οι βροχοπτώσεις επίσης σχετίζονται και με τους μεγάλους ρυθμούς εξάτμισης των επιφανειακών υδάτων της θερμής μεσογειακής θάλασσας, μαζί με τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές πιέσεις και την ύπαρξη και απόσταση μεγάλων ορεινών όγκων, οι οποίοι ανακόπτουν τους υγρούς θαλάσσιους ανέμους, προκαλώντας μεγάλο ύψος βροχής για τις περιοχές κοντά τους. (Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας)

Κεφάλαιο 3 - Κλιματική αλλαγή

3.1 Περιγραφή κλιματικής αλλαγής

Με τον όρο 'κλιματική αλλαγή' αναφερόμαστε σε οποιαδήποτε μεταβολή των φυσιολογικών συνθηκών του κλίματος και του τρόπου που αυτό εκδηλώνεται, μέσω των καιρικών φαινομένων, που μπορεί να ταυτοποιηθεί για παράδειγμα με στατιστικά τεστ και επιμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα. (<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>) Πιο συγκεκριμένα, το χρονικό διάστημα συνήθως αναφέρεται σε δεκαετίες και πάνω, αλλά επίσημα ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (ΠΜΟ), ορίζει τα τριάντα έτη ως ενδεικτικό χρονικό διάστημα για την διαπίστωση κλιματικών αλλαγών. Ο παραπάνω ορισμός είναι από το Διακυβερνητικό Πάνελ για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), ο οποίος είναι ο φορέας που συστάθηκε το 1988, υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) και του ΠΜΟ, του οποίου στόχος είναι η μελέτη της σύγχρονης κλιματικής αλλαγής, ώστε να βοηθήσει τα κράτη να κατανοήσουν και να προσαρμοστούν, με λήψη μέτρων, στον περιορισμό των επιπτώσεων. Η τελευταία έκθεση του IPCC εκδόθηκε το 2014 και αποτελεί βίβλο για την κλιματική αλλαγή, τόσο στο παρόν όσο και με σενάρια για τη μελλοντική εξέλιξη αυτής.

Η Γη έχει περάσει από πολλούς κύκλους κλιματικών αλλαγών από τη δημιουργία της 4.5 δις εκατ. χρόνια πριν έως και σήμερα. Οι αιτίες των κλιματικών αλλαγών, είναι ποικίλες και για διαφορετικούς λόγους πυροδοτούν μηχανισμούς για την μακροπρόθεσμη αλλαγή του κλίματος, είτε τοπικά όπως είναι το φαινόμενο Ελ Νίνιο/α νότια ταλάντωση που λαμβάνει χώρα στον Ειρηνικό ωκεανό ή ένα ενεργό ηφαίστειο και/ή η έκρηξη αυτού, είτε σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως είναι μικρές αλλαγές στον άξονα της Γης, η ηλιακή δραστηριότητα και η ανθρώπινη δραστηριότητα. Η σύγχρονη κλιματική αλλαγή, η οποία είναι η ταχύτερη συγκριτικά με όλες τις προγενέστερες, που οφείλονταν κυρίως σε μικρές αλλαγές στον άξονα της Γης (πιθανότατα), όπως έχει αποδειχθεί οφείλεται αποκλειστικά στην ανθρώπινη δραστηριότητα. (<https://climate.nasa.gov/evidence/>)

Η διαφορά προγενέστερων κλιματικών αλλαγών με τη σύγχρονη, είναι αφενός ότι η σύγχρονη οφείλεται με 98% πιθανότητα αποκλειστικά στην ανθρώπινη δραστηριότητα και στις χρήσεις γης (έκθεση 2014 IPCC), αφετέρου στον ρυθμό που αυτή εξελίσσεται, όπως υποδηλώνουν και στοιχεία μελετών της ΝΑΣΑ, από στατιστικές μελέτες, δορυφορικές παρατηρήσεις αλλά και από παλαιολιθικά ευρήματα. Τα ευρήματα αυτά προέρχονται από δακτυλίους μεγάλων δέντρων, κοραλλιογενείς υφάλους, ιζήματα ωκεανών και ιζηματογενή πετρώματα, τα οποία συγκριτικά δείχνουν ότι ο ρυθμός θέρμανσης του πλανήτη είναι δέκα φορές ταχύτερος από αυτόν, στις μεταβατικές περιόδους από τις εποχές των παγετώνων όπως επίσης και το γεγονός ότι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), αυξάνεται διακόσιες πενήντα φορές πιο γρήγορα από όταν προερχόταν από φυσικές πηγές μετά την τελευταία εποχή των παγετώνων.

Τα αέρια του θερμοκηπίου, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) κ.α. μικρότερης επιρροής αέρια, είναι υπεύθυνα για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Λόγω της αυξημένης τους συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα, δυναμώνουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, μέσω της ικανότητάς τους να δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία (υπό τη μορφή καθαρής θερμικής ενέργειας) και επομένως να αυξάνουν τη θερμοκρασία των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας. Κάποια από αυτά τα αέρια έχουν υψηλή ικανότητα

απορρόφησης ακτινοβολίας ή εμφανίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις, ενώ άλλα έχουν πολύ χαμηλότερη ικανότητα απορρόφησης ακτινοβολίας και συναντώνται σε μικροποσότητες. Για αυτό το λόγο το IPCC όρισε μια μονάδα, την ακτινοβολιακή ένταση (radiative forcing, σε Watt/m^2) ως μονάδα μέτρησης της επίδρασης ενός αερίου του θερμοκηπίου ή οποιουδήποτε άλλου κλιματικού παράγοντα, ο οποίος υπολογίζει πόση ενεργειακή ισορροπία διαταράσσεται από έναν κλιματικό ή χημικό παράγοντα στην ατμόσφαιρα.

Τα δεδομένα που αντλούμε από την ΝΑΣΑ (Αμερικανική Εθνική Διοίκηση Αεροναυτικής και Διαστήματος) δείχνουν ότι, η παγκόσμια θερμοκρασία έχει ανέλθει κατά 1.02°C από το 1880 έως το 2020, η συγκέντρωση του CO_2 είναι στα 416.56 ppm στην ατμόσφαιρα από 379.1 ppm το 2005, ενώ παράλληλα η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει κατά 3.4 mm ανά έτος, ο αρκτικός πάγος μειώνεται κατά 13.1% ανά δεκαετία και οι παγετώνες παγκοσμίως συρρικνώνονται κατά 428 δις. τόνους ανά χρονιά. (ιστοσελίδα ΝΑΣΑ για κλιματική αλλαγή). Παράλληλα η Μεσόγειος βιώνει μεγαλύτερη συγκριτικά με την παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της σε περίπου 2°C , ενώ τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι δασικές πυρκαγιές ολοένα απειλούν περαιτέρω την κλιματική ευστάθεια της λεκάνης. (<https://climate.nasa.gov/>)

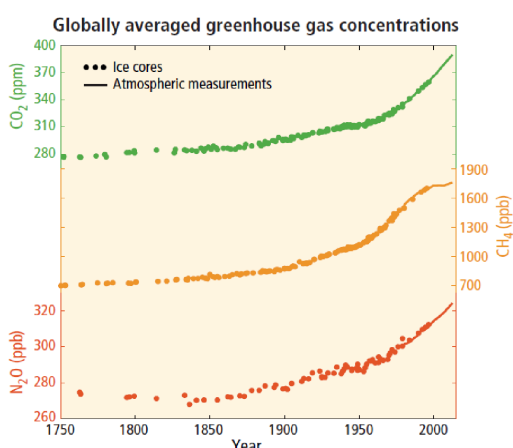
3.2 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ο πρώτος που παρατήρησε το CO_2 ως στοιχείο ήταν ο Joseph Baptista van Helmot, φλαμανδός αλχημιστής, το 1640, ο οποίος επειδή κατάλαβε ότι παραγόταν από την καύση ξύλου, το ονόμασε 'πνεύμα του ξύλου'. Το 1754 ο Joseph Black, φοιτητής ιατρικής, παρατήρησε και άλλες πηγές CO_2 όπως η ανθρώπινη εκπνοή, ο ζυμομύκητας ψωμιού, η αποσύνθεση της οργανικής ύλης και του ανθρώπινου σώματος. Το έτος 1760 αποτελεί χρονιά ορόσημο αφού πραγματοποιείται η Βιομηχανική επανάσταση, που θα αλλάξει την κλιματική ιστορία και εξέλιξη μέχρι και τις μέρες μας. Στα μέσα του 19ου αιώνα, ο Joseph Fourier, διαπίστωσε ότι με το μέγεθος που έχει η Γη και την απόστασή της από τον ήλιο, θα έπρεπε να είναι ψυχρότερη, οπότε κάτι στην ατμόσφαιρα του πλανήτη λειτουργεί ως θερμομονωτικό υλικό. Αυτό το 'υλικό', το 1856, ο Eunice Foote, ανακάλυψε ότι αποτελούν το ατμοσφαιρικό CO_2 και οι υδρατμοί.

Ο φυσικός John Tyndall, κατά τη δεκαετία του 1860 διαπίστωσε το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου δηλώνοντας ότι έστω και μικρές αλλαγές στην ατμόσφαιρα, θα μπορούσαν να προκαλέσουν κλιματικές αλλαγές. Στα τέλη του 19ου αιώνα, δημοσιεύεται η σημαντική μελέτη του Svante Arrhenius, που υπογράμμιζε ότι μικρές αλλαγές στα επίπεδα του CO_2 μπορούν να επηρεάσουν την παγκόσμια μέση επιφανειακή θερμοκρασία εξαιτίας του φαινομένου. Η μελέτη και κατανόηση του φαινομένου και σύνδεση του με την κλιματική αλλαγή συνεχίστηκε ακάθεκτα τον 20ο αιώνα με σημαντικότερες χρονιές το 1938 όταν ο Guy Callendar συνδέει το CO_2 με την υπερθέρμανση του πλανήτη, το 1941 όταν πρωτοδημοσιεύτηκε η μελέτη του Milutin Milankovitch η οποία συνδέει μικροαλλαγές του άξονα της Γης με την εποχή των παγετώνων, το 1956 με τη 'Θεωρία του CO_2 της Κλιματικής Αλλαγής' του από τον Gilbert Plass και το 1957 όταν ο Roger Revelle μαζί με τον Hans Suess, διαπιστώνουν ότι το ανθρωπογενώς παραγόμενο CO_2 κυρίως από τη βιομηχανική δραστηριότητα συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα. (<https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/history-climate-science-research>)

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία, εξαιτίας της οποίας θερμαίνεται η κατώτερη ατμόσφαιρα και διατηρείται η θερμοκρασία στην τροπόσφαιρα έως την επιφάνεια της Γης. Λόγω της δομής της η ατμόσφαιρα επιτρέπει μόνο στο ορατό φάσμα του φωτός να φτάσει στην επιφάνεια του πλανήτη, η οποία απορροφά μέρος της ακτινοβολίας και την εκπέμπει πίσω προς το διάστημα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι υδρατμοί και τα αέρια του θερμοκηπίου δεσμεύουν την υπέρυθρη ακτινοβολία, υπό μορφή καθαρής θερμικής ενέργειας αυξάνοντας έτσι τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη. Ο κύκλος του φαινομένου ολοκληρώνεται με την επαναεκπομπή μέρους της δεσμευμένης υπέρυθρης ακτινοβολίας προς την επιφάνεια. Η σημαντικότητα ύπαρξης του φαινομένου, φαίνεται στο γεγονός ότι σε περίπτωση απουσίας του, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία θα ήταν -18°C . Το αντίστοιχο φαινόμενο στον πλανήτη Αφροδίτη οδηγεί σε μέση θερμοκρασία που φτάνει τους 450°C , εξαιτίας των υπερβολικά υψηλών συγκεντρώσεων του CO_2 . (NASA)

3.3 Ανθρωπογενείς αιτίες κλιματικών αλλαγών



Εικόνα 3.3.1 Παγκόσμιες μέσες συγκεντρώσεις των CO_2 (πράσινο), CH_4 (πορτοκαλί), N_2O (κόκκινο) για τη χρονική περίοδο 1750-2010

Η παραγωγή των αερίων του θερμοκηπίου προέρχεται και από φυσικές πηγές και διαρκεί από εκατοντάδες έως χιλιάδες χρόνια. Οι φυσικές πηγές είναι η τεκτονική δραστηριότητα, το έδαφος με τις διάφορες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτό, η βλάστηση, μέσω της αναπνοής των φυτών, οι υδροβιότοποι που είναι υπεύθυνοι κυρίως για απελευθέρωση μεθανίου στην ατμόσφαιρα, και οι ωκεανοί μέσω των επιφανειακών διεργασιών, του φυτοπλαγκτόν, αλλά και των ιζημάτων του πυθμένα. Επίσης, υπάρχουν και σπάνιες περιπτώσεις καύσης στην ατμόσφαιρα, όπως για παράδειγμα από πρόκληση φωτιάς/πυρκαγιάς εξαιτίας κεραυνών, που

μπορούν να απελευθερώσουν κυρίως επιπρόσθετο CO_2 . Οι διαδικασίες δημιουργίας μαζί με τους μηχανισμούς απομάκρυνσης των αερίων από την ατμόσφαιρα ονομάζονται κύκλοι, με πιο γνωστούς τους κύκλους του νερού και του άνθρακα. Οι φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες απομάκρυνσης των αερίων από την ατμόσφαιρα, αποκαλούνται δεξαμενές.

Βαρύνουσας σημασίας αέριο του θερμοκηπίου αποτελούν οι υδρατμοί, αν και η επίδραση τους στην υπερθέρμανση του πλανήτη διαφέρει κατά πολύ από αυτήν των υπολοίπων αερίων. Η παρουσία υδρατμών στην ατμόσφαιρα δεν μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά με την θερμοκρασία αέρα. Αποτελεί δείκτη της κλιματικής αλλαγής σε αντίθεση με το να παγιδεύει την εισερχόμενη ή εκπεμπόμενη ακτινοβολία όπως δηλαδή συμπεριφέρονται τα υπόλοιπα αέρια.

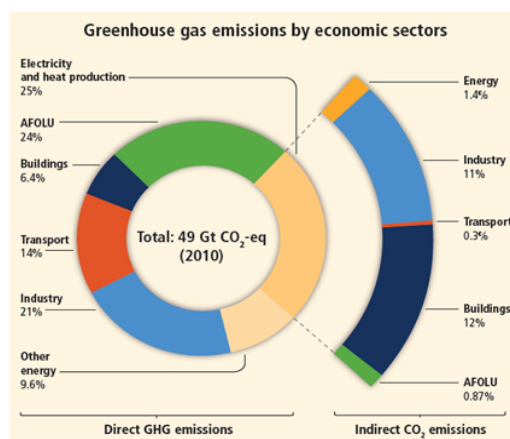
Όταν η επιφανειακή θερμοκρασία της Γης ανεβαίνει και επομένως ο ρυθμός εξάτμισης αυξάνεται η ποσότητα των υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Μεγάλη συγκέντρωση νερού στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι ικανά να απορροφήσουν την υπέρυθρη ακτινοβολία και να την επανεκπέμπουν πίσω στην επιφάνεια της Γης. Επίσης, οι υδρατμοί είναι ο πρωταρχικός παράγοντας για το

σχηματισμό νεφών και κατακρημνίσεων. Αυξημένη ποσότητα νερού συνεπάγεται και μεγαλύτερο αριθμό και ένταση βροχοπτώσεων.

Το κυριότερο και πιο πολυσυζητημένο αέριο του θερμοκηπίου είναι το CO₂, καθώς είναι το πιο εύκολο να παραχθεί μέσω οποιασδήποτε καύσης, έχει την μεγαλύτερη συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, έχει το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής που μπορεί να φτάσει και εκατοντάδες χρόνια και συναντάται σε μεγαλύτερη ποσότητα συγκριτικά με τα υπόλοιπα αέρια. Σύμφωνα, με την επίσημη ιστοσελίδα της ΝΑΣΑ, τα τελευταία 171 χρόνια η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί κατά 48% σε σχέση με τα επίπεδα αυτού πριν την Βιομηχανική Επανάσταση, δηλαδή από περίπου 185-280 ppm σε 417 ppm (μέτρηση Ιουλίου 2021).

Οι φυσικές πηγές του CO₂ συμπεριλαμβάνουν τα ηφαίστεια, την καύση, την αποσύνθεση της οργανικής ύλης και τις αερόβιες διεργασίες μικροοργανισμών. Η ανθρώπινη δραστηριότητα, συνεισφέρει στην παραγωγή περίπου 7 Gt ανά έτος, κυρίως μέσω της καταστροφής των δασών, την παραγωγή τσιμέντου, την καύση ορυκτών καυσίμων και την χρήση της γης. Η απομάκρυνση από την ατμόσφαιρα, γίνεται κυρίως μέσω της χερσαίας βλάστησης, της θαλάσσιας βλάστησης και του φυτοπλαγκτόν, καθώς κατά την φωτοσύνθεση τα φυτά απορροφούν CO₂ και απελευθερώνουν οξυγόνο, όπως και διαφόρων θαλάσσιων οργανισμών, οι οποίοι κατασκευάζουν τους σκελετούς τους και άλλες δομές, συνθέτοντας ανθρακικά όπως το CaCO₃.

Η συνολική ακτινοβολική ένταση του CO₂ είναι 1,66 Watt/m² και η σχέση της με τη συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα είναι λογαριθμική. Αυτό σημαίνει ότι για διπλή συγκέντρωση CO₂ η επιφανειακή θερμοκρασία θα αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό και επομένως με τους σημερινούς ρυθμούς παραγωγής του αερίου, σε περίπου 30 χρόνια, η συγκέντρωση θα έχει διπλασιαστεί σε 550 ppm, το οποίο συνεπάγεται αύξηση κατά 2-5° C, από την προβιομηχανική εποχή.



Εικόνα 3.3.2 Ποσοστιαία αναπαράσταση οικονομικών τομέων οι οποίοι αποτελούν τις βασικές πηγές των αερίων του θερμοκηπίου. Ηλεκτρισμός και παραγωγή θερμότητας (25%), δάση/γεωργία (πυρκαγιές, υλοτομία, καύση και αποσύνθεση τύρφης) και άλλες χρήσεις γης (24%), βιομηχανία (21%), μέσα μεταφοράς (14%) κατασκευές/δόμηση (6.4%) και άλλες πηγές ενέργειας (9,6%). Από τον ηλεκτρισμό και την παραγωγή θερμότητας (το 11% προέρχεται από τη βιομηχανική δραστηριότητα, το 12% από τα κτίρια/δόμηση, 1.4% από την ενέργεια, το 0.87% από δασοκομία και άλλες χρήσεις γης και το 0.3% από τα μέσα μεταφοράς

Το μεθάνιο (CH_4) επίσης είναι ένα από τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου και θεωρείται περισσότερο επικίνδυνο για την υπερθέρμανση του πλανήτη ακόμα και από το CO_2 . Αυτό συμβαίνει διότι, έχει μεγαλύτερη ακτινοβολιακή ένταση ανά μόριο και το εύρος της ακτινοβολίας που απορροφά είναι μεγαλύτερο. Το γεγονός που το καθιστά τρίτο σε σειρά είναι ότι η συγκέντρωσή του είναι πολύ μικρότερη (μετριέται σε ppb έναντι των ppm του CO_2) και ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα είναι 10 χρόνια (έναντι των εκατοντάδων ετών του CO_2) .

Οι φυσικές πηγές CH_4 είναι οι βάλτοι στις τροπικές και βόρειες περιοχές, βακτήρια του εδάφους που τρέφονται με οργανική ύλη και καταναλώνονται από τερμίτες, τα ηφαίστεια, οι διαρροές από τον θαλάσσιο, πλούσιο σε οργανικά ιζήματα, πυθμένα και οι υδάτινης μορφής πηγές που βρίσκονται εγκλωβισμένες σε υφαλοκρηπίδες και στρώματα πολικού πάγου. Η κυριότερη δεξαμενή CH_4 είναι η ίδια η ατμόσφαιρα, μέσα στην οποία αντιδρά με υδροξύλια (OH^-) και σχηματίζει CO_2 και νερό και στο ύψος της στρατόσφαιρας καίγεται. Μεγάλη δεξαμενή είναι και το έδαφος όπου οξειδώνεται από βακτήρια.

Οι πηγές CH_4 λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, είναι οι καλλιέργειες ρυζιού, η καύση κάρβουνου και φυσικού αερίου, η καύση βιομάζας και η αποδόμηση της οργανικής ύλης σε χωματερές. Πριν την Βιομηχανική Επανάσταση, η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα ήταν 700 ppb, πλέον ξεπερνά τα 1867 ppb. Σε αντίθεση με το CO_2 , δεν μπορεί να προβλεφθεί η μελλοντική του τάση, λόγω του ότι δεν έχουν κατανοηθεί ακόμα οι κλιματικές αντιδράσεις που σχετίζονται με τις εκπομπές CH_4 .

Το επιφανειακό όζον (O_3) διαφέρει από το O_3 της στρατόσφαιρας του οποίου είναι διαφορετικός ο ρόλος στην παγκόσμια ισορροπία της ακτινοβολίας. Στην προκειμένη περίπτωση, οφείλεται κυρίως στη ρύπανση του αέρα. Η κυριότερη φυσική πηγή του είναι η καθίζηση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Η βασική ανθρωπογενής πηγή είναι οι φωτοχημικές αντιδράσεις του άκρως επικίνδυνου μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στις πόλεις και το φωτοχημικό νέφος. Η συγκέντρωσή του O_3 υπολογίζεται σε 10 ppb, ενώ η καθαρή ακτινοβολιακή του ένταση είναι 0.35 Watt/m^2 . Για τον άνθρωπο πέραν του ότι συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι επικίνδυνο για την υγεία και μπορεί να προκαλέσει καταστροφή σε καλλιέργειες όπως η πατάτα.

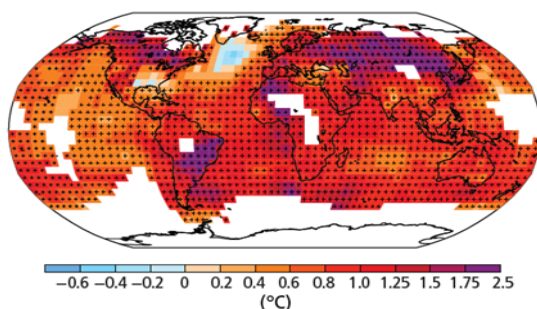
Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) είναι επίσης ένα πολύ επικίνδυνο αέριο του θερμοκηπίου, το οποίο παράγεται από τη χρήση εμπορικών και οργανικών λιπασμάτων, την καύση ορυκτών καυσίμων, την παραγωγή νιτρικού οξέος και την καύση βιομάζας. Η ακτινοβολιακή του ένταση είναι 0.16 Watt/m^2 . Θεωρείται μικρότερης κλίμακας αέριο του θερμοκηπίου, διότι βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα εξαιτίας φυσικών και βιολογικών διεργασιών στο έδαφος και στο νερό που το απομακρύνουν.

Άλλα αέρια του θερμοκηπίου θεωρούνται και οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), οι οποίοι χρησιμοποιούνταν παλαιότερα σε προωθητικά σπρέι και αντικαταστάθηκαν από τους υδροχλωράνθρακες (HFCs) αφού διαπιστώθηκε η συνεισφορά τους στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος και κατ'επέκταση στη δημιουργία της τρύπας του όζοντος. Παρά την αντικατάστασή τους και οι υδροχλωράνθρακες όπως όλα τα φθοριούχα αέρια θεωρούνται αέρια του θερμοκηπίου και προέρχονται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη βιομηχανική δραστηριότητα.

3.4 Αποτελέσματα κλιματικής αλλαγής

3.4.1 Παγκόσμια περιβαλλοντικά αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής

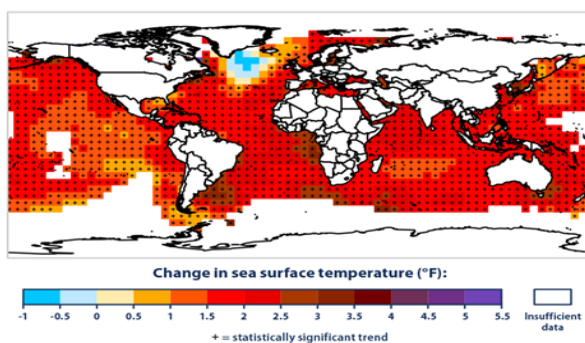
Η άνοδος της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας έχει υπολογιστεί από παρατηρήσεις και καταγραφές της επιφανειακής ατμοσφαιρικής και θαλάσσιας θερμοκρασίας, από πλοία, αισθητήρες στη θάλασσα (σημαδούρες) και δορυφόρους. Είναι η πρωταρχική αιτία από την οποία γεννιούνται τα περισσότερα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής. Δεύτερη αιτία είναι τα υψηλά ατμοσφαιρικά επίπεδα CO₂ που οδηγούν κυρίως σε οξίνιση των ωκεανών που απορροφούν μέρος του. Στην έκθεση του IPCC του 2014 αναφέρεται ότι οι τελευταίες τρεις δεκαετίες είναι οι θερμότερες από το 1850 μέχρι το 2012, ενώ η περίοδος 1983-2012, παραμένει η θερμότερη τα τελευταία 1400 χρόνια στο βόρειο ημισφαίριο.



Εικόνα 3.4.1.1 Παρατηρούμενη αύξηση της μέσης επιφανειακής ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας μέχρι το 1901-2010

Οι μελέτες που έχουν διεξαχθεί καταδεικνύουν μια ανοδική παγκόσμια τάση της θερμοκρασίας. Αυτό ως γεγονός δεν συνεπάγεται ότι αναγκαστικά κάθε χρονιά θα είναι θερμότερη από την προηγούμενη αλλά το ότι κάποια έτη θα παρουσιάζουν μεγαλύτερη διαφορά από τα προηγούμενα. Τα έξι θερμότερα έτη έχουν καταγραφεί από το 2014 έως και σήμερα, με το 2016 και το 2020 να σημειώνονται ως τα θερμότερα όλων. Το 2020 εκδηλώθηκε και το φαινόμενο

Ελ Νίνια το οποίο είναι γνωστό ότι προκαλεί πτώση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, γεγονός που δηλώνει ότι θα ήταν ακόμη θερμότερο χωρίς το φαινόμενο. (Μανώλης Πλειώνης, πρόεδρος Αστεροσκοπείου Αθηνών, σε συνέντευξη για την κλιματική αλλαγή στην εφημερίδα Καθημερινή, 10/8/2021)



Εικόνα 3.4.1.2 Παρατηρούμενη αύξηση της μέσης επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας 1901-2020

Οι ωκεανοί επηρεάζονται με δυο βασικούς τρόπους λόγω της κλιματικής αλλαγής. Με την άνοδο της θερμοκρασίας τους ειδικά στα 100 ανώτερα μέτρα και με την αύξηση της θαλάσσιας οξύτητας (μείωση pH). Και τα δύο αυτά αποτελέσματα, οδηγούν σε διατάραξη όλων των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, παρεμπόδιση των περισσότερων φυσικών, χημικών και βιολογικών αντιδράσεων και διαδικασιών, ενώ η υψηλή θερμοκρασία παρεμποδίζει τον σχηματισμό των πολικών

θαλάσσιων πάγων και τη περαιτέρω τήξη των ηπειρωτικών παγετώνων. Επιπλέον, αλλάζει τη στρωματοποίηση της θάλασσας, αλλάζοντας έτσι τα θαλάσσια ρεύματα και τις διαδικασίες ανάδευσης νερού. Τέλος, στην τροπική ζώνη οδηγεί στο σχηματισμό κυκλώνων, οι οποίοι εξαρτώνται από την υγρασία και θερμοκρασία της ατμόσφαιρας,

την ένταση και τη διεύθυνση των ανέμων και τη θερμοκρασία του επιφανειακού νερού.

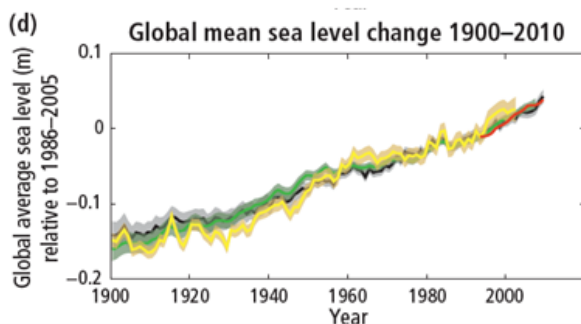
Ο συνδυασμός της αυξημένης ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας με την αυξημένη θαλάσσια θερμοκρασία οδηγούν στην συνεχόμενη τήξη των ηπειρωτικών παγετώνων των πόλων και στη δυσκολία σχηματισμού του αρκτικού και ανταρκτικού θαλάσσιου πάγου. Ο θαλάσσιος αρκτικός πάγος είναι σχηματισμός (παγόβουνα, στρώματα πάγου) από θαλάσσιο παγωμένο νερό, ο οποίος επιπλέει στους βόρειους και νότιους ωκεανούς και η έκτασή του μπορεί να φτάσει εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα. Οι επιστήμονες προβλέπουν ότι η Αρκτική στο προσεχές μέλλον θα είναι περιοχή χωρίς πάγο. Τα φύλλα πάγου που σπάνε ή έχουν υποστεί τήξη συμβάλλουν ενεργά στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Ο θαλάσσιος πάγος της Αρκτικής διατηρείται όλο τον χρόνο ενώ της Ανταρκτικής είναι εποχικός, δηλαδή λιώνει και ξανασχηματίζεται ανάλογα με τις πολικές εποχές. Συγκεκριμένα, η παρουσία του αρκτικού θαλάσσιου πάγου είναι ζωτικής σημασίας, αφού αποτελεί κατοικία πολλών ειδών, που πλέον απειλούνται με αφανισμό, όπως είναι η πολική αρκούδα, ο θαλάσσιος ελέφαντας και ο πιγκουίνος. Επίσης, είναι καθοριστικός παράγοντας διαμόρφωσης και ρύθμισης του κλίματος στην περιοχή, μέσω της ανταλλαγής θερμότητας, υγρασίας και αλατότητας. Ο θαλάσσιος πάγος διαχωρίζει το σχετικά θερμό ωκεάνιο νερό με την ψυχρή πολική ατμόσφαιρα, εκτός από σημεία όπου υπάρχουν ρωγμές ή ανοίγματα. Ο αριθμός αυτών των ανοιγμάτων καθορίζει τόσο το ποσό της θερμότητας όσο και την ποσότητα των υδρατμών που το διαπερνούν και επομένως το σχηματισμό νεφών και κατακρημνίσεων

Επιπλέον, η αυξημένη θερμοκρασία και η μείωση των κατακρημνίσεων επηρεάζει έντονα και τους ηπειρωτικούς παγετώνες ως προς τον όγκο τους, οι οποίοι βρίσκονται σε μεγάλα υψόμετρα κυρίως μεγάλων οροσειρών όπου μπορούσαν να συντηρηθούν για χιλιάδες χρόνια (προ κλιματικής αλλαγής) και επίσης μείωσαν τη συνολική χιονοκάλυψη που εντοπίζεται κυρίως στο βόρειο ημισφαίριο (το 98% βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο). Η συνεχόμενη συρρίκνωση των παγετώνων, συμβάλει στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης και μελλοντικά στην εμφάνιση λειψυδρίας σε πολλές χώρες της Ασίας, της Αφρικής και της Νοτίου Αμερικής, οι οποίες βασίζονται για παροχή νερού στους παγετώνες που τείνουν να εξαφανιστούν, ενώ άλλες περιοχές της εύκρατης ζώνης για τον ίδιο λόγο θα οδηγηθούν σε ερημοποίηση.

Η γενικότερη απώλεια της συνολικής χιονοκάλυψης του πλανήτη είναι αρκετά επικίνδυνη, καθώς το χιόνι ως επιφάνεια ρυθμίζει τους μηχανισμούς θέρμανσης και ψύξης του πλανήτη. Επίσης λόγω χρώματος είναι άκρως ανακλαστικό, σε σχέση και με οποιαδήποτε άλλη επιφάνεια πρόσκρουσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Το χιόνι έχει την ιδιότητα να επιστρέφει όλη την ακτινοβολία που δέχεται πίσω στο διάστημα, χωρίς να θερμαίνει την ατμόσφαιρα, σε αντίθεση με το έδαφος το οποίο απορροφά την ενέργεια και την επανεκπέμπει ως υπέρυθη ακτινοβολία, θερμαίνοντας την τροπόσφαιρα. Το ποσοστό ανάκλασης μιας επιφάνειας καλυμμένη με χιόνι είναι 80-90%, ενώ του εδάφους 10-20%, με συνέπεια η μείωση της χιονοκάλυψης να συνεπάγεται ανοδική τάση θέρμανσης.

Όλα τα παραπάνω συντέλεσαν στην άνοδο της μέσης παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας. Το επίπεδο της θάλασσας, διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Σε συγκεκριμένη περιοχή ξηράς ισχύουν άλλα δεδομένα, όπως η σύσταση του εδάφους, τα τοπικά θαλάσσια ρεύματα, η διάβρωση, ακόμα και



Εικόνα 3.4.1.3 Παρατηρούμενη αύξηση της μέσης της μέσης στάθμης της θάλασσας μέχρι το 1900-2010

αν η γη έχει ανακάμψει από το βάρος συμπίεσης των μεγάλων όγκων παγετού, από την τελευταία εποχή των παγετώνων.

Οι επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι πολλές και αρκετά σημαντικές, ειδικά για τις αστικές παραθαλάσσιες περιοχές. Σε αυτές τις περιοχές, οι οποίες πλήττονται τόσο σε οικονομικό όσο και σε βιοτικό επίπεδο, μπορούν να

καταστραφούν από παραθαλάσσιες επιχειρήσεις, δρόμοι, γέφυρες, παροχές νερού, υπόνομοι, το μετρό μέχρι και τα τοπικά καιρικά φαινόμενα. Για παράδειγμα, οι τυφώνες οι οποίοι αντλούν την ενέργεια τους από τους ωκεανούς γίνονται εντονότεροι με μεγαλύτερη δύναμη και προχωρούν περισσότερο μέσα προς την ενδοχώρα. Η παρείσφρηση περισσότερου αλμυρού νερού στα υπόγεια ύδατα και η ανάμειξή του με το γλυκό, επηρεάζει τη δημοτική και αγροτική δραστηριότητα της εκάστοτε περιοχής, όπως και τα φυσικά οικοσυστήματα. Τέλος, πολλές είναι οι περιοχές, οι οποίες μπορεί να είναι και ολόκληρες χώρες, οι οποίες απειλούνται με πλήρη βύθιση τις επόμενες δεκαετίες.

Έξαρση παρατηρείται και στα ακραία καιρικά φαινόμενα, τα οποία έχουν συνδεθεί, με μεγάλη πιθανότητα από το IPCC, με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Ακραίες ψυχρές και θερμές θερμοκρασίες σε διάφορες περιοχές του πλανήτη και αύξηση στον αριθμό και τη συχνότητα πολύ έντονων κατακρημνίσεων. Το IPCC κρίνει στην έκθεσή του το 2014, ότι με μεγάλη πιθανότητα η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει προκαλέσει αύξηση των θερμών ημερών και νυχτών με ταυτόχρονη μείωση των ψυχρών ημερών και νυχτών παγκοσμίως και έχει συνεισφέρει με 'εξαιρετική πιθανότητα', στην συχνότητα και ένταση αυτών των παρατηρούμενων υψηλών θερμοκρασιών παγκοσμίως, ενώ οι καύσωνες διαρκούν περισσότερο και είναι πιο έντονοι, επομένως και πιο επικίνδυνοι. Επίσης, σημειώνει ότι έχει υπερδιπλασιαστεί η πιθανότητα καυσώνων σε κάποιες περιοχές, όπως και με μέτρια πιθανότητα ότι έχει αυξηθεί η θνησιμότητα λόγω ακραίων θερμών θερμοκρασιών, ενώ έχει μειωθεί η θνησιμότητα λόγω ακραίων ψυχρών θερμοκρασιών.

Σε πολλές περιοχές του πλανήτη οι ρυθμοί εξάτμισης αυξάνονται με επακόλουθο η υγρασία του εδάφους και η φυτοκάλυψη να μειώνονται δραματικά, οδηγώντας περιοχές στην ξηρασία, τη λειψυδρία, την ερημοποίηση και στην πρόκληση πυρκαγιών, οι οποίες λόγω της μειωμένης υγρασίας και των καιρικών συνθηκών, αυξάνονται σε μέγεθος, ταχύτητα, διάρκεια και σφοδρότητα. Παράλληλα, ενώ κάποιες περιοχές ερημοποιούνται ή ξηραίνονται διαρκώς, σε άλλες η αυξημένη εξάτμιση προκαλεί έντονες κατακρημνίσεις με υψηλό κίνδυνο πρόκλησης πλημμύρας, εξαιτίας έλλειψης αντιπλημμυρικών δομών, υπερχειλίση ποταμών και ειδικότερα όπου έχει προηγηθεί μεγάλη πυρκαγιά και καταστροφή δασικών εκτάσεων, το έδαφος δεν μπορεί να συγκρατήσει το νερό, με αποτέλεσμα σφοδρότερες πλημμύρες.

Περιβαλλοντική παράμετρος	Αλλαγή ιστορικά
Μέση παγκόσμια επιφανειακή θερμοκρασία	μέχρι και το 2021 η άνοδος φτάνει 2.04°F(1.14°C) (πηγή ΝΑΣΑ)

Μέση παγκόσμια θερμοκρασία θάλασσας	Ανοδος κατά 0.6°F(0.33°C)
Όξυνση θάλασσας	Αύξηση οξύτητας κατά 30%(7.2-10.8 t-CO ₂ /έτος), μείωση pH κατά 0.1
Φύλλα πάγου πόλων	1993-2019 απώλεια 279 δις τόνοι (Αρκτική) και 148 δις τόνοι (Ανταρκτική)
Αρκτικός και Ανταρκτικός θαλάσσιος πάγος	Στο τέλος κάθε καλοκαιριού από 14-16 εκατ. km ³ τώρα απομένουν 7 εκατ.km ³ για την Αρκτική και από 17-20 εκατ. km ³ τώρα απομένουν 2-4 εκατ.km ³ για την Ανταρκτική
Ηπειρωτικοί παγετώνες	Περίπου 40 παγετώνες έχουν μειωθεί ως και 12 m (9000 km ³ νερού), τελευταία 60 έτη
Ανοδος της μέσης παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας	1901-2019 αύξηση κατά 0.19 m 2019-2020 αύξηση έως και 0.61 m

Πίνακας 3.4.1.1 Κυριότερα περιβαλλοντικά αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής κατά τον 20ο και 21ο αιώνα

ipcc, <https://nsidc.org/cryosphere/sotc/intro.html> ,

3.4.2 Αντίκτυπος για τη χλωρίδα, τη πανίδα και τον άνθρωπο

Η κλιματική αλλαγή εκτός από τις πολλαπλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχει, θέτει σε κίνδυνο τόσο τον άνθρωπο και την κοινωνία σε όλα σχεδόν τα επίπεδα ανάπτυξης όσο και τα φυσικά οικοσυστήματα, αφού διαταράσσει την φυσική ισορροπία του πλανήτη. Εκτιμάται ότι η πορεία της, αν δεν αλλάξει κάτι άμεσα, θα μεγεθύνει τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα και θα γεννήσει καινούργια ακόμη χειρότερα. Σύμφωνα με την έκθεση του 2014 του IPCC, κάποιες συνέπειες θα είναι συνολικές για όλη τον πλανήτη και των κατοίκων του, ενώ κάθε περιοχή θα αντιμετωπίσει δικούς της διαφορετικούς κινδύνους.

Η χλωρίδα και η πανίδα, μαζί με τα είδη που βρίσκονται ήδη σε κίνδυνο, όλο και περισσότερα θα μειωθούν πληθυσμιακά και πολλά θα αφανιστούν, καθώς αν δεν μπορέσουν να μετακινηθούν ή να προσαρμοστούν, δεν θα μπορέσουν να επιβιώσουν. Η εξασφάλιση τροφής για πολλά είδη θα αποτελέσει σημαντικό παράγοντα, διαταράσσοντας την τροφική αλυσίδα, αφού πολλές περιοχές όπως η Μεσόγειος, οδηγούνται στην ερημοποίηση. Λιγότερη χλωρίδα συνεπάγεται λιγότερα είδη χορτοφάγων και εντόμων και αυτά με τη σειρά τους λιγότερα σαρκοφάγα και παμφάγα. Επιπλέον, οι θαλάσσιοι οργανισμοί και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, έρχονται αντιμέτωποι με τη θέρμανση και την οξίνιση των ωκεανών, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο πληθυσμός τους και επομένως η βιοποικιλότητα στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Τα πολικά οικοσυστήματα που βρίσκονται ήδη στον υψηλότερο κίνδυνο, θα αφανιστούν εντελώς.

Μια από τις σοβαρότερες επιπτώσεις με την οποία θα έρθει αντιμέτωπος ο άνθρωπος στο προσεχές μέλλον, θα είναι η δυσκολία στην εξασφάλιση τροφής και πόσιμου νερού. Η διαταραχή της τροφικής αλυσίδας και η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στον κύκλο του νερού σε συνδυασμό με τη μείωση της αλιείας, της γεωργίας (ειδικότερα στις καλλιέργειες ρυζιού, καλαμποκιού και σιταριού λόγω υψηλών θερμοκρασιών και λειψυδρίας), θα οδηγήσουν την ανθρωπότητα σε συνθήκες πείνας

και ακραίας φτώχειας. Το επιφανειακό και πόσιμο νερό θα μειωθεί δραματικά, ειδικά σε ξηρές υποτροπικές περιοχές ενώ παράλληλα θα είναι αυξημένη η ανάγκη εξαιτίας της υψηλής απαίτησης νερού σε όλους τους τομείς.

Η αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε πολλά τμήματα του πλανήτη, όπως σε αναπτυσσόμενες χώρες και πολύ φτωχές περιοχές (π.χ. χώρες της Αφρικής, παραγκουπόλεις της Νοτίου Αμερικής κ.α.) θα θέσουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Οι συνθήκες καύσωνα είναι από μόνες τους ικανές να προκαλέσουν θερμοπληξία και αναπνευστικά προβλήματα, επιπρόσθετα ενισχύουν κατά πολύ την εξάπλωση μικροβίων και λοιμώξεων, αυξάνοντας έτσι και τον κίνδυνο μετάδοσης περισσότερων θανατηφόρων επιδημιών. Μέχρι το 2100 εκτιμάται ότι καμία εργασία ή δραστηριότητα, όπως οι καλλιέργειες, οι κατασκευές, ψυχαγωγία, άθληση κ.α. δεν θα είναι δυνατή σε εξωτερικούς χώρους, τόσο για λόγους καιρικών συνθηκών όσο και για λόγους υγιεινής.

Τέλος, ως συνέπεια όλων των παραπάνω παραγόντων, μεγάλο πλήγμα θα υποστεί η παγκόσμια και τοπική οικονομία. Τα εισοδήματα από τη γεωργία, την αλιεία και την κτηνοτροφία θα μειωθούν δραματικά και κατ'επέκταση οι αντίστοιχες θέσεις εργασίας θα χαθούν. Αυτό θα επηρεάσει δυσμενώς το παγκόσμιο εμπόριο και θα δυσχεράνει τις διεθνείς σχέσεις. Επίσης, οι βιομηχανίες που αντλούν πρώτες ύλες από τους παραπάνω τομείς, όπως η χαρτοβιομηχανία (υλοτομία), ένδυση-υπόδηση (δέρμα-μαλλί), η εστίαση και ο τουρισμός θα καταρρεύσουν. Γίνεται κατανοητό ότι η οικονομική ανάπτυξη θα γίνεται όλο και πιο δύσκολη και όλο και περισσότεροι άνθρωποι θα φτωχοποιούνται σε όλες τις χώρες του πλανήτη. ipcc

3.4.3 Επιπτώσεις στη Μεσόγειο θάλασσα

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και της αύξησης της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας δεν επηρεάζουν όλες τις περιοχές με τον ίδιο τρόπο, αφού κάποιες από αυτές πλήττονται περισσότερο και με πολλούς διαφορετικούς τρόπους σε σχέση με άλλες. Μια από αυτές τις περιοχές είναι και η νότια Ευρώπη και η μεσογειακή λεκάνη, η οποία βρίσκεται σε υψηλό κίνδυνο, ειδικά τα επόμενα 100 χρόνια, μέσα στα οποία θα βιώσει αλλαγές που θα γινόντουσαν υπό φυσιολογικές συνθήκες σε 10.000 έτη.

Οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι στο παρόν αλλά και στο μέλλον είναι η διαταραχή όλων των οικοσυστημάτων της Μεσογείου λόγω καυσώνων, ανόδου της στάθμης και της θερμοκρασίας της θάλασσας και λειψυδρίας, ενώ βιώνουν ολοένα και μεγαλύτερο κίνδυνο δασικών πυρκαγιών. Επομένως, επηρεάζονται αλυσιδωτά η αλιεία, η δασοκομία, η γεωργία, και η μεσογειακή διατροφή. Επίσης, η λειψυδρία και η άνοδος της θερμοκρασίας, η οποία θα είναι πάντα μεγαλύτερη από την αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας, θα οδηγήσουν τη Μεσόγειο σε ερημοποίηση, μεγαλύτερα, συχνότερα και εντονότερα κύματα καύσωνα και πλημμυρών, τα οποία με τη σειρά τους θα επηρεάσουν τις δομές (ειδικά αστικές περιοχές κοντά σε ακτογραμμή) και άλλους βασικούς οικονομικούς τομείς όπως ο τουρισμός και η ενέργεια, καθώς και θα αυξήσουν τα ποσοστά θνησιμότητας και θα θέσουν σε υψηλό κίνδυνο τη δημόσια υγεία.

Στη Μεσόγειο το διάστημα 1950-1970, η άνοδος της στάθμης ήταν 2.5 mm ανά έτος, το 1990-2007 έφτασε στα 10 mm ανά έτος, ενώ η θερμοκρασία της θάλασσας έχει ανέβει κατά 0.12-0.5°C. από το 1970 έως και σήμερα.. Η Ελλάδα συγκεκριμένα ως παράδειγμα, θεωρείται μια χώρα με υψηλό κίνδυνο, αφού τα επόμενα χρόνια θα

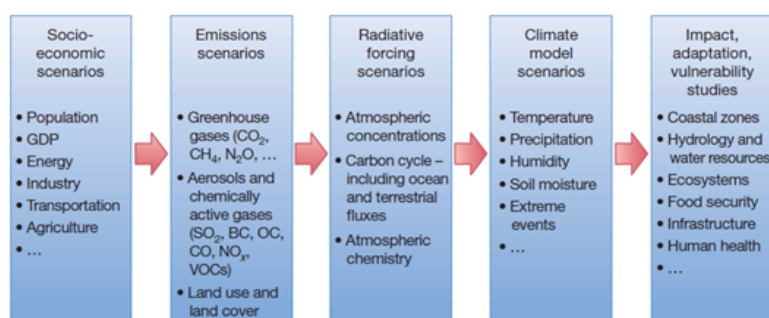
χάσει περίπου 1000 km ακτογραμμής, ενώ περιοχές της όπως η δυτική Ελλάδα και η Αττική θα πληγούν με μεγάλη ξηρασία. Όλη η χώρα οδηγείται σε λειψυδρία και ερημοποίηση. (Α.Κυριατσούλης, 9/9/19, άρθρο στο <https://www.protothema.gr/afieromata/to-idaniko-heimoniatiko-spiti/article/923217/i-klimatiki-allagi-kai-oi-sunepeies-tis-pagosmios-kai-eidikotera-sti-mesogeio-tin-ellada-kai-tin-rodo/>). Σύμφωνα με το https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_el ανά περιοχή τα προβλήματα λόγω κλιματικής αλλαγής θα επηρεάσουν περισσότερο: Καύσωνας (κεντρική και νότια ευρώπη, αστικές περιοχές), πλημμύρες (αστικές περιοχές Μεσογείου), πυρκαγιές (N και K Ευρώπη, Μεσόγειος), ξηρασία (νότια Ευρώπη και Μεσόγειος), άνοδος της στάθμης της θάλασσας (παράλια μεσογειακής λεκάνης και αστικές περιοχές Μεσογείου). Ταυτόχρονα συνολικά θα αυξηθούν οι θάνατοι λόγω καύσωνα και θα αυξηθεί και ο κίνδυνος μεταδοτικών ασθενειών.

Ενδιαφέρον, παρουσιάζουν και τα στοιχεία που δείχνουν την ήδη μεγάλη επιρροή της κλιματικής αλλαγής στην Μεσόγειο θάλασσα, με τη WWF Ελλάδος να δημοσιεύει τα 6 κυριότερα, τα οποία είναι: 1. Η τροπικοποίηση της θάλασσας, όπου πολλά είδη πεθαίνουν ή μετακινούνται λόγω της υψηλής θαλάσσιας θερμοκρασίας 2. Το μεταναστευτικό κύμα πολλών ψαριών εκτός Μεσογείου και η είσοδος νέων περίπου 1000 νέων ειδών στη λεκάνη. 3. Η αύξηση του αριθμού και της εμφάνισης μεγάλου πλήθους μεδουσών, λόγω της εξαφάνισης άλλων ειδών που τις περιόριζαν-ανταγωνίζονταν. 4. Η μείωση των λιβαδιών Ποσειδωνίας που ήταν μια φυσική δεξαμενή του CO₂, αφού απορροφούν το 11-42% των εκπομπών του. 5. Η καταστροφή ολόκληρων ειδών από έντονα καιρικά φαινόμενα όπως τα γοργόνια, των οποίων σε μια καταιγίδα χάθηκε το 30% του πληθυσμού τους και 6. ο πληθυσμός του είδους πίνας, με 80-100% μαζικής θνησιμότητας (ενδημικό δίθυρο μαλάκιο), το οποίο ήταν υπεύθυνο για την δημιουργία ενδιαιτημάτων για έως και 146 διαφορετικά είδη. (https://www.wwf.gr/ta_nea_mas/?uNewsID=3677441)

3.5 Σενάρια (rcps) και κλιματικά μοντέλα

3.5.1 Σενάρια και κλιματικές προβολές

Το IPCC για να αξιολογήσει και να προβάλει διάφορες μελλοντικές εκδοχές του μέλλοντος, να ελέγξει το επίπεδο επικινδυνότητας στο σύνολο του πλανήτη αλλά και ανά τομέα που πλήττει η κλιματική αλλαγή και να εξάγει συμπεράσματα, χρησιμοποιεί κάποια συγκεκριμένα σετ σεναρίων που στη διεθνή ορολογία αποκαλούνται και rcps (representative concentration pathways- πορείες αντιπροσωπευτικής συγκέντρωσης σε ελεύθερη μετάφραση). Τα σενάρια ως μέθοδος άρχισαν να εφαρμόζονται για στρατιωτικούς σκοπούς και στα τυχερά παιχνίδια ενώ από το 1960 και μετά επεκτάθηκε η χρήση τους στον στρατηγικό σχεδιασμό επιχειρήσεων, για την ενίσχυση της λήψης αποφάσεων ειδικά σε ότι αφορά επενδύσεις και στο στρατηγικό σχεδιασμό για τον περιορισμό της αβεβαιότητας που αυτές περιέχουν. (Moss et al,2010)



Τα rcps δε λαμβάνουν υπόψη την πορεία του επιπέδου των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου αλλά την ακτινοβολιακή δύναμη (rf) στο ανώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας που

Εικόνα 3.5.1.1 Αλληλουχία και σειρά προτεραιότητας των υπό εξέταση συνθηκών στη διαδικασία ανάπτυξης σεναρίων

αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο εύρος συγκέντρωσης των αερίων στην ατμόσφαιρα. Από το σύνολο των εκπομπών εξάλλου δεν παραμένει όλη η ποσότητα στην ατμόσφαιρα, αφού ένα μέρος της απομακρύνεται μέσω των δεξαμενών και άλλο ένα μέρος της παραμένει στις αποθήκες. Για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής η πιο σημαντική παράμετρος είναι η συγκέντρωση που παραμένει στην ατμόσφαιρα όπως επίσης και η συγκέντρωση των αεροζόλ και άλλων παραγόντων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, προκαλώντας υπερθέρμανση, η οποία συγκέντρωση αντικατοπτρίζεται μέσω της τιμής ακτινοβολιακής δύναμης τ_f . Ουσιαστικά, τα σενάρια χρησιμοποιούνται από την επιστημονική κοινότητα και από όσους ασχολούνται με την κλιματική αλλαγή (προσαρμογή, διαχείριση επικινδυνότητας, νομοθεσία κλπ) μέσα σε ένα συνδυαστικό σενάριο, το συνδυασμό και τις συνέπειες καθώς και την αβεβαιότητα που περιέχεται σε κάθε πιθανή μελλοντική πορεία, χωρίς να αποτελούν τα σενάρια ούτε προβλέψεις ούτε προτεινόμενες πολιτικές.

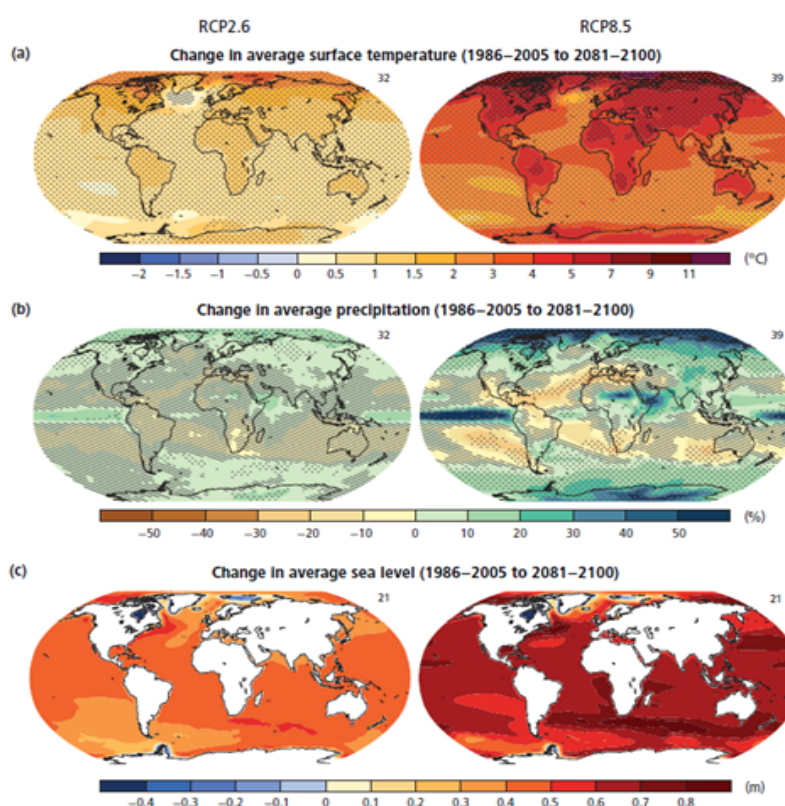
Στα πλαίσια των εργασιών για την εκπόνηση της πέμπτης κατά σειρά αναφοράς (AR5. 2014) το IPCC, το 2007, σε ένα ανοιχτό ερευνητικό συνέδριο, εξέτασε μεγάλο αριθμό προτεινόμενων σεναρίων και κατέληξε να επιλέξει τέσσερα, τα βασικά σενάρια βάσης (rcps) πάνω στα οποία στηρίχθηκε η έκθεση. Τα σενάρια αυτά είναι τα : rcp2.6,rcp4.5,rcp6.0 και rcp8.5, τα οποία περιέχουν έκαστο ένα ευρύ φάσμα πιθανών μελλοντικών εξελίξεων, ειδικά όσον αφορά την εξέλιξη της παγκόσμιας μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας, βασισμένα σε παράγοντες όπως η οικονομική και πληθυσμιακή ανάπτυξη, η εξέλιξη της τεχνολογίας και του τρόπου ζωής, οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου, των αεροζόλ κ.α. ατμοσφαιρικών ρυπαντών και η κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Ο αριθμός στην ονομασία των σεναρίων, υποδηλώνει την αναμενόμενη τιμή της τ_f μέχρι το 2100, η οποία ανά σενάριο δεν επιτυγχάνεται μόνο με έναν τρόπο, αλλά από από συνδυασμό πολλών και διαφορετικών κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων.

Ονομασία	Ακτινοβολική δύναμη, W/m^2	Συγκέντρωση (ppm, CO_2)	Πορεία/ Pathway	Αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας($^{\circ}C$)	Μοντέλο προέλευσης rcp
rcp8.5	>8.5 το 2100	>1370 το 2100	Αύξηση	3.7 (2.6-4.8)	MESSAGE (Αυστρία)
rcp6.0	~6 σε σταθεροποίηση μετά το 2100	~850 σταθερά μετά το 2100	Σταθεροποίηση ή χωρίς υπέρβαση	2.2 (1.4-3.1)	AIM (Ιαπωνία)
rcp4.5	~4.5 σε σταθεροποίηση μετά το 2100	~650 σταθερά μετά το 2100	Σταθεροποίηση ή χωρίς υπέρβαση	1.8 (1.1-2.6)	GCAM/ παλαιότερα γνωστό ως miniCAM (ΗΠΑ)
rcp2.6	Κορύφωση ~3 πριν 2100 και μετά πτώση	Κορύφωση ~490 πριν 2100 και μετά πτώση	Κορύφωση και πτώση	1 (0.3-1.7)	IMAGE (Ολλανδία)

Πίνακας 3.5.1.1 Μελλοντικά σενάρια του IPCC

Τα παραπάνω βασικά σενάρια, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1.4.1, αποτελούνται από ένα σετ σεναρίων μείωσης της συγκέντρωσης, το rcp2.6, δύο ενδιάμεσα, το rcp4.5 και το rcp6.0 και ένα σενάριο συνέχισης και αύξησης σε πολύ υψηλά επίπεδα των σημερινών συγκεντρώσεων, το rcp8.5. Σε περίπτωση υιοθέτησης και εφαρμογής του rcp2.6, οι προσαρμογές που θα χρειαστούν θα είναι σαφώς πολύ λιγότερες. Εγγυημένη βελτίωση της κατάστασης, αποφυγή ή άμεσος περιορισμός πολλών επιπτώσεων, αποφυγή χειρότερους πολλών αποτελεσμάτων της κλιματικής αλλαγής, αποφυγή μετατροπής πολλών κινδύνων σε μη αναστρέψιμους και η μη δημιουργία καινούργιων, σε πλήρη αντίθεση με το rcp8.5. Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι, ακόμη και αν οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σταματήσουν εντελώς, πολλές επιπτώσεις και κίνδυνοι που έχουν δημιουργηθεί μέχρι σήμερα, θα συνέχιζαν να υφίστανται, όπως η άνοδος της θερμοκρασίας, για όλη τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα και παραπέρα.

Ο βασικότερος σκοπός των rcps είναι οι μελλοντικές κλιματικές προβολές και σε μικρότερο βαθμό οι κλιματικές προβλέψεις, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους, στο βαθμό εξάρτησης που έχουν στο εκάστοτε σενάριο. Τα σενάρια βασίζονται σε υποθέσεις μελλοντικών συνθηκών, όπως για παράδειγμα η εξέλιξη της τεχνολογίας, που μπορεί ή όχι να συμβεί με τον τρόπο ή το επίπεδο που προβλέπεται από ένα σενάριο. Για να δημιουργηθούν τα σενάρια και επομένως τα αποτελέσματα αυτών, που είναι οι κλιματικές προβολές, υπάρχουν τρεις τρόποι: τα πειράματα, οι αναλογίες και τα κλιματικά μοντέλα.



Εικόνα 3.5.1.2 Σύγκριση της μελλοντικής εξέλιξης (2081-2100) υπό το σενάριο χαμηλών εκπομπών rcp2.6 (αριστερά) και πολύ υψηλών εκπομπών rcp8.5 (δεξιά) ως προς την επιφανειακή μέση θερμοκρασία, το ποσοστό αύξησης/μείωσης των βροχοπτώσεων και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, σε σχέση με το διάστημα 1986-2005

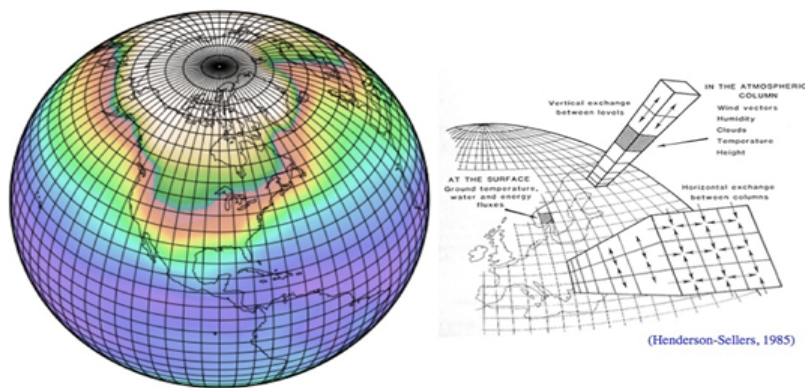
Τα πειράματα γίνονται σε σταθερές συνθήκες σε μια υπό έλεγχο περιοχή ενδιαφέροντος (έκταση, είδος, τύπο κλίματος ή οικοσυστήματος κ.ο.κ.) αλλάζοντας έναν ή περισσότερους κλιματικούς παράγοντες για να εξαχθούν συμπεράσματα μέσω των αποτελεσμάτων. Αν και είναι ακριβής σαν μέθοδος και αξιόπιστη, πολλές φορές δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμη, λόγω της σύγκρουσης με την ηθική δεοντολογία (τα πειράματα γίνονται σε πραγματικά περιβάλλοντα και είδη) , την απαίτηση που έχουν σε μεγάλη έκταση και το γεγονός ότι είναι πολύ χρονοβόρα. Επιπρόσθετα, η δυσκολία εφαρμογής τους έγκειται και στο γεγονός ότι κάθε σύστημα-περιβάλλον, είναι μοναδικό όπως και η αλληλεπίδραση των στοιχείων που το απαρτίζουν, μεταξύ τους αλλά και με εξωτερικούς παράγοντες, η οποία ανταπόκριση μπορεί να διαφοροποιήσει αρκετά τις συνέπειες σχετικά όμοιων πεδίων στο ίδιο πείραμα.

Ένας βασικός τρόπος με τον οποίον εξετάζονται η κλιματική αλλαγή και δημιουργούνται οι κλιματικές προβλέψεις είναι οι αναλογίες, οι οποίες μπορεί να είναι χωρικές ή χρονικές. Στις χωρικές αναλογίες συγκρίνονται περιοχές του πλανήτη όπου υπάρχει ένας κίνδυνος ή περισσότεροι στο παρόν με περιοχές που τώρα αρχίζει να εμφανίζεται ή είναι πιθανό να δημιουργηθεί ο ίδιος κίνδυνος ή η ίδια σειρά κινδύνων, ώστε να εκτιμηθεί η πορεία μιας αλλαγής και οι μελλοντικές αναμενόμενες συνθήκες. Οι χρονικές αναλογίες, γίνονται με σύγκριση των σημερινών συνθηκών και της τωρινής εξέλιξης της αλλαγής με παρελθοντικές καταγραφές (ιστορικές και παλαιο-οικολογικές), ώστε να βγουν συμπεράσματα για την αντίστοιχη πορεία στο μέλλον.

3.5.2 Σενάρια και κλιματικά μοντέλα

Ο πιο διαδεδομένος και ευρέως εφαρμοσμένος τρόπος για να διεξαχθούν οι κλιματικές προβολές είναι τα κλιματικά μοντέλα, τα οποία είναι μια μαθηματική προσομοίωση του κλιματικού συστήματος βασισμένη τόσο στα φυσικά, χημικά και βιολογικά στοιχεία δόμησης του κλιματικού συστήματος όσο και στην αλληλεπίδρασή τους και τις διεργασίες ανατροφοδότησης και καταμέτρησης σημαντικών ιδιοτήτων του συστήματος. Η σχέση μεταξύ κλιματικών μοντέλων και σεναρίων είναι αλληλένδετη, αφού για να δημιουργηθούν οι κλιματικές προβολές, τα μοντέλα σχεδιάζονται με βάση τις πληροφορίες που περιέχονται στα σενάρια (π.χ. εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ατμοσφαιρικών ρυπαντών και οι χρήσεις γης), ενώ τα σενάρια δομούνται από τα αποτελέσματα μοντέλων ανεξαρτήτου πολυπλοκότητας.

Με βάση την πολυπλοκότητα, τα μοντέλα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες. Τα πιο απλά μοντέλα είναι τα EBM's (Earth Balance Models, Μοντέλα πλανητικής ισορροπίας), τα μεσαίας πολυπλοκότητας μοντέλα τα οποία ονομάζονται EMICs (Earth Models of Intermediate Complexity) και τα πιο περίπλοκα, τα οποία είναι τα GCMs (General Climate Models- Γενικά/ Στρατηγικά Μοντέλα Κλίματος). Η πολυπλοκότητα των μοντέλων εξαρτάται από τις διαστάσεις τους, δηλαδή τον αριθμό των στοιχείων που τα απαρτίζουν, στο βαθμό που αντιπροσωπεύονται οι φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του κλιματικού συστήματος που απεικονίζουν και στο βαθμό που περιέχουν εμπειρικές παραμέτρους.



Εικόνα 3.5.2.1 Ο τρόπος διαχωρισμού της Γης για τη μελέτη της από τα GCMs

Τα GCMs είναι η πιο αντιπροσωπευτική και αναλυτική αναπαράσταση του κλιματικού συστήματος στο σήμερα. Τα κλιματικά μοντέλα μπορεί να αποτελούνται από δεκάδες-χιλιάδες γραμμές κώδικα προγραμματισμού, με τα GCMs, να φτάνουν μέχρι και τις 19-20.000, που περιέχουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία π.χ βιοποικιλότητα, οικοσυστήματα, την αστική δόμηση μέχρι και την οικονομική ανάπτυξη και τη φτώχεια, ενώ όλα τα μοντέλα ανεξαρτήτως πολυπλοκότητας λαμβάνουν υπόψη τις κλιματικές παραμέτρους (ατμοσφαιρική θερμοκρασία, ωκεανούς, βροχοπτώσεις/κατακρημνίσεις, νέφη, θαλάσσια ρεύματα και έκταση θαλάσσιου πάγου). Ο τρόπος με τον οποίο μοντελοποιείται το κλιματικό σύστημα είναι ο διαχωρισμός όλης της επιφάνειας του πλανήτη (θάλασσα, ατμόσφαιρα και επιφάνεια εδάφους) σε ένα πλέγμα κελιών, τριών διαστάσεων το καθένα, έτσι ώστε μέσα σε κάθε κελί να μοντελοποιούνται οι διεργασίες και το αποτέλεσμά τους να μεταδίδεται σε διπλανά κελιά ώστε να μελετηθεί και η ανταλλαγή ενέργειας και μάζας, σε σχέση με το χρόνο. Τα δύο βασικά στοιχεία που προσδιορίζουν και την ακρίβεια του μοντέλου, το επίπεδο ανάλυσης (υψηλό, μέτριο, χαμηλό) και το μέγεθος της επεξεργαστικής ισχύος που απαιτεί, είναι οι διαστάσεις του κάθε κελιού (μέγεθος κελιού) και το χρονικό βήμα (λεπτό, ώρα, μέρες ή χρόνια). Και για τα δυο στοιχεία ισχύει ότι όσο μικρότερα είναι τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων και η ποιότητα ανάλυσης αλλά και τόσο μεγαλύτερη η απαίτηση σε επεξεργαστική ισχύ.

Η διαδικασία με την οποία αξιολογείται η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων και της λειτουργίας ενός μοντέλου, γίνεται με το τρέξιμο του προγράμματος προς το παρελθόν, μετέπειτα με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του με τις καταγεγραμμένες κλιματικές και καιρικές συνθήκες και με τα αποτελέσματα άλλων μοντέλων. Ο βαθμός σύμπτωσης των αποτελεσμάτων καθορίζει την ακρίβεια και το βαθμό ανάλυσης του μοντέλου και προσδιορίζει την αναγκαιότητα επανεξέτασης του περιεχομένου του, είτε πρόκειται για το μαθηματικό κομμάτι (εξισώσεις) είτε για τις συνθήκες και τις παραμέτρους υπό τις οποίες λειτουργεί. Σε περίπτωση ταυτοποίησης μέσω των τεστ της υψηλής ακρίβειας του μοντέλου, οι κίνδυνοι των προβαλλόμενων αλλαγών αξιολογούνται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως η σφοδρότητα του εκάστοτε κινδύνου, η πιθανότητα μη αναστρεψιμότητας, το χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα επιβαρυνθεί ή θα εμφανιστεί, η μονιμότητα των αποτελεσμάτων του, η ευαισθησία/ευπάθεια του συστήματος στον συγκεκριμένο κίνδυνο, η δυνατότητα αποκατάστασης ή μείωσης των επιπτώσεων μέσω προσαρμογής και άμβλυνσης, σε

σχέση πάντα με την πολύπλευρη ευπάθεια των κοινωνιών και των οικοσυστημάτων που πλήττει.

Στα GCMs οι κλιματικές προβλέψεις εξαρτώνται από το χρονικό σημείο στο οποίο εισάγονται οι αυξανόμενες συγκεντρώσεις των ρυπαντών, το οποίο ονομάζεται αρχικό σημείο. Για να εξαχθούν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, σε πολλούς ελέγχους που γίνονται στις ομάδες που ασχολούνται με τα κλιματικά μοντέλα, εφαρμόζεται η πρακτική των ensembles, τα οποία είναι ο συνδυασμός αποτελεσμάτων από άλλα κλιματικά μοντέλα ή συνδυασμός άλλων μοντέλων που οι ερευνητές τα τρέχουν συνδυαστικά από διαφορετικό αρχικό σημείο σε κάθε δοκιμή. Αυτό γίνεται για να διαπιστωθεί αν το αρχικό σημείο στο οποίο αυξάνονται οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου επηρεάζει την εξέλιξη και το αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής ώστε να διαπιστωθούν τα σφάλματα που τυχόν υπάρχουν στα υπόλοιπα μοντέλα και να κατανοηθεί η αβεβαιότητα στις εσωτερικές και εξωτερικές συνθήκες που επηρεάζουν τις κλιματικές προβλέψεις.

Έχει αποδειχθεί με αυτόν τον τρόπο ότι οι αρχικές συνθήκες, δηλαδή το πότε ξεκινάει η αύξηση των εκπομπών, δεν αλλάζουν τη μακροπρόθεσμη εξέλιξη και το τελικό αποτέλεσμα της ίδιας της αλλαγής. Αν και εμφανίζονται διαφορές από χρονιά σε χρονιά και από δεκαετία σε δεκαετία το τελικό αποτέλεσμα-συνέπειες παραμένουν ίδιες. Τα ensembles χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια ειδικά σε περιπτώσεις μελέτης της άμβλυνσης, της προσαρμογής και της εκτίμησης κινδύνου.

Ονομασία μοντέλου GCM	Προέλευση , Ινστιτούτο,οργ ανισμός/ χώρα	Ωκεανικ ή οριζόντι α ανάλυσ η	Ατμοσφαιρικ ή οριζόντια ανάλυση	Ισοδυναμία ατμόσφαιρας-α νάλυσης	
				Lat (km)	Log (km)
bcc csm1 1	BCC,CMA, Κίνα	1.0*1.0	2.8*2.8	310	310
bcc csm1 1 m	BCC,CMA, Κίνα	1.0*1.0	1.0*1.0	120	120
ccsm4	NCAR, ΗΠΑ	1,1*0,6	1,2*0,9	130	100
cesm1 cam5	NSF DOW NCAR, ΗΠΑ	1,1*0,6	1,2*0,9	130	100
csiro mk3 6 0	CSIRO-QCCC E, Αυστραλία	1,9*0,9	1,9*1,9	210	210
fio esm	FIO,SOA, Κίνα	1,1*0,6	2,8*2,8	310	310
gfdl cm3	NOAA, GFDL, ΗΠΑ	1.0*1.0	2.5*2.5	275	275
gfdl esm2m	NOAA, GFDL, ΗΠΑ	1.0*1.0	2.5*2.0	275	220

giss e2 h	NASA IGISS, NY, ΗΠΑ	2.5*2.5	2.5*2.0	275	220
giss e2 r	NASA IGISS, NY, ΗΠΑ	2.5*2.0	2.5*2.0	275	220
ipsl cm5a mr	IPSL, Γαλλία	1,6*1,4	2,5*1,3	275	145
miroc esm	JAMSTEC, Ιαπωνία	1,4*0,9	2,8*2,8	310	310
miroc esm chem	JAMSTEC, Ιαπωνία	1,4*0,9	2,8*2,8	310	310
miroc5	JAMSTEC, Ιαπωνία	1.6*1.4	1.4*1.4	155	155
mri cgcm3	MRI, Ιαπωνία	1.0*0.5	1.1*1.1	120	120
noresm1 m	NCC, Νορβηγία	1,1*0,6	2,5*1,9	275	210

Πίνακας 3.5.2.1 Τα GCMs της παρούσας εργασίας, κέντρο/οργανισμός και η ανάλυση/ακρίβεια έκαστου μοντέλου

Το CMIP (Coupled Model intercomparison Project- εργασία σύγκρισης συνδυαστικών μοντέλων-σε ελεύθερη μετάφραση) που ιδρύθηκε το 1995 από το Παγκόσμιο Ερευνητικό Κλιματικό Πρόγραμμα (WCRP), είναι ένα συνεργατικό πλαίσιο εργασιών για την μελέτη των αποτελεσμάτων των συνδυαστικών (coupled) GCMs που προέρχονται από διάφορα ερευνητικά κέντρα σε πάνω από 17 χώρες. Από την φάση 1-2 του 1995-1996, οδηγήθηκε στη φάση 3 στην οποία στηρίχθηκε η 4^η έκθεση του IPCC, ενώ αργότερα η πιο πρόσφατη ολοκληρωμένη φάση του, η πέμπτη (2010-2014), η οποία λέγεται CMIP5, συνέβαλε στην εκπόνηση των συμπερασμάτων στην έκθεση του IPCC του 2014 (AR5). Σήμερα βρίσκεται στη φάση 6 αν και δεν έχει ολοκληρωθεί, και πάνω στα αποτελέσματα της οποίας θα βασιστεί και η επόμενη έκθεση του IPCC, που θα δημοσιευτεί το 2022.

Σκοπός του CMIP είναι η αξιολόγηση, η σύγκριση, η τεκμηρίωση και η δημιουργία βάσεων δεδομένων και εμπλουτισμένων δευτερευόντων δεδομένων (metadata) για τα κλιματικά μοντέλα, ειδικά των GCMs, αλλά και τη βελτίωσή τους. Μέσα στα πλαίσια του CMIP εργάζεται μια πολυπληθής και πολυποίκιλη κοινότητα επιστημόνων, με στόχο να ωφεληθεί η διεθνής έρευνα για τα κλιματικά μοντέλα. Το 2015 το CMIP αποτελούνταν από 47 GCMs, μέσω των οποίων παρήχθησαν κλιματικές προβολές. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία, είναι αποτέλεσμα 16 μοντέλων του CMIP5 και 3 ensembles, τα οποία αφορούν 21 χώρες της λεκάνης της Μεσογείου θάλασσας, για τέσσερις χρονικές περιόδους (2020-39, 2040-59, 2060-69, 2080-99) και τέσσερα σενάρια (rcp2.6, rcp4.5, rcp6.0, rcp8.5), για την πιθανή εξέλιξη της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης σε κάθε χώρα. ipcc, <https://www.climate.gov/maps-data/primer/climate-models>, <https://www.gfdl.noaa.gov/climate-modeling/>, <https://niwa.co.nz/our-science/climate/information-and-resources/clivar/models>, <https://news.climate.columbia.edu/2018/05/18/climate-models-accuracy/>

Κεφάλαιο 4 – Μεθοδολογία

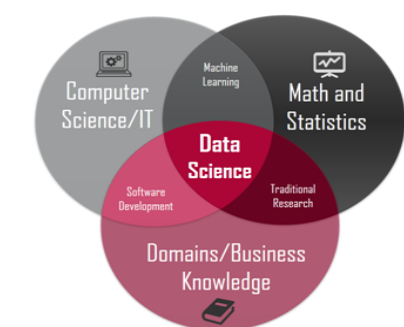
4.1 Γενική επεξήγηση μεθοδολογίας

Η κλιματική ταξινόμηση Köppen-Geiger εμπλέκεται όλο και περισσότερο τα τελευταία χρόνια με τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής, μέσω της επίδρασης που έχει στους τύπους κλίματος, τόσο ιστορικά μέχρι και τις μέρες μας, όσο και μελλοντικά με την πορεία των τύπων κλίματος. Επειδή η κλιματική ταξινόμηση βασίζεται στη στατιστική, με στατιστικές συνθήκες θερμοκρασίας και βροχόπτωσης και όρια εντός των οποίων κατατάσει τα κλίματα σε συγκεκριμένους τύπους, γίνεται ευκολότερος ο εντοπισμός και η ταυτοποίηση των μεταβολών που μακροπρόθεσμα συμβαίνουν στα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά, με αλλαγές στις μηνιαίες θερμοκρασιακές συνθήκες, στα μοτίβα βροχόπτωσης αλλά και τη μετακίνηση ολόκληρων κλιματικών τύπων προς άλλους.

Τις τελευταίες δεκαετίες επίσης η παραπάνω διαδικασία συνδυασμού κλιματικής ταξινόμησης – στατιστικής – κλιματικής αλλαγής, γίνεται μέσω προγραμματισμού, όπου μέσα σε μερικές γραμμές κώδικα, απλοποιείται η χρονοβόρα κατά τα άλλα ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων, υπολογίζοντας ταυτόχρονα και υποδεικνύοντας συγκεκριμένα τις αλλαγές και αυτοματοποιώντας τη διαδικασία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας/μελέτης είναι η ταυτοποίηση του επικρατούντος/ων τύπων κλίματος για τις 21 χώρες της μεσογειακής λεκάνης ιστορικά, βλέποντας έτσι την επίδραση της κλιματικής αλλαγής μέχρι το 2016 στους κλιματικούς τύπους, αλλά και η μελέτη της σταθερότητας ή μεταβολής τους στο μέλλον κάτω από τα τέσσερα σενάρια rcp2.6, rcp4.5, rcp6.0, rcp8.5 για τέσσερα χρονικά διαστήματα το κάθε ένα (2020-39, 2040-59, 2060-79, 2080-99). Την ίδια δομή ακολουθούν και τα δεδομένα τα οποία αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα του οργανισμού world bank data.

Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν 5 κώδικες σε γλώσσα προγραμματισμού Python, οι οποίοι επεξεργάζονται τα αρχικά αρχεία δεδομένων σε αρχική φάση για τον υπολογισμό όλων των παραμέτρων που απαιτούνται (π.χ $T_{\text{μέγιστη,καλοκαιριού}}$ ή $P_{\text{μέγιστο,χειμώνα}}$ όπου T η θερμοκρασία και P το ύψος βροχής κ.α). Μετέπειτα τα αποτελέσματα κάθε κώδικα για κάθε χώρα επεξεργάστηκαν, πρώτα για να υπολογιστεί το τύπος κλίματος και η διακύμανση των παραμέτρων και τα αποτελέσματα αυτών και σε τρίτη φάση για να σχεδιαστούν τα απαραίτητα σχεδιαγράμματα. Η παραπάνω διαδικασία σχεδόν με τον ίδιο τρόπο ακολουθήθηκε και για τα ιστορικά και για τα μελλοντικά δεδομένα.



Εικόνα 3.5.2.2 Το Data Science με τους κύκλους (στατιστική, προγραμματισμός και το πεδίο ενδιαφέροντος/μελέτης) που το συνθέτουν

Η επιλογή της Python ως γλώσσα προγραμματισμού έγινε λόγω του εύχρηστου και σχετικά απλού περιβάλλοντος εργασίας της, όπως και για τη μεγάλη ποικιλία σε βιβλιοθήκες πλούσιες με συναρτήσεις κατάλληλες για στατιστική και μαθηματικά όπως είναι η Pandas (pd) και η NumPy (np) και για την γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων η Matplotlib (plt). Η μελέτη μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιστήμη δεδομένων (data science) η οποία τα τελευταία χρόνια είναι σε άνθιση καθώς όλο και περισσότερες εταιρείες, οργανισμοί και κέντρα μελετών εξάγουν συμπεράσματα μέσω της ανάλυσης μεγάλου όγκου

δεδομένων σε Python με ταξινόμηση και στατιστική (π.χ. δεδομένα πωλήσεων, στοιχεία καταναλωτών και επιστημονικά δεδομένα) για την κατανόηση των μέχρι τώρα προτερημάτων και μειονεκτημάτων μιας κατάστασης ή ενός προϊόντος και το σχεδιασμό της μελλοντικής πορείας για τη εύρεση των βέλτιστων λύσεων. Παρομοίως και η επιστήμη δεδομένων που γίνεται στη παρούσα εργασία διερευνά τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στους τύπους κλίματος, αξιολογεί τη σοβαρότητα της κατάστασης ειδικά στο μέλλον και επισημαίνει και προτείνει πιθανούς τρόπους και πολιτικές που θα μείωναν τις προβαλλόμενες συνέπειες.

4.2 Τα δεδομένα

Το world bank data (WBD) είναι ένας διεθνής οργανισμός που ιδρύθηκε το 1947, ο οποίος μεταξύ άλλων μέσα από την ιστοσελίδα του παρέχει μεγάλες, έγκυρες και ελεύθερες βάσεις δεδομένων και αρχεία δεδομένων, για διάφορους τομείς που αφορούν από τον παγκόσμιο πληθυσμό και τα Εθνικά Ακαθάριστα Προϊόντα έως τα δεδομένα θερμοκρασίας και υψών βροχής για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής. Αποτελείται από πέντε οργανισμούς, τη διεθνή τράπεζα για αναδόμηση και ανάπτυξη (IBRD), το διεθνή οργανισμό ανάπτυξης (IDA), τη διεθνή οικονομική συνομοσπονδία (IFC), το πολυμερές πρακτορείο εγγύησης επενδύσεων (MIGA) και το διεθνές κέντρο για συμφωνίες επενδυτικών διαφωνιών (ICSID).

Βασικός σκοπός του το WBD είναι 'η ανάπτυξη βασικών τομέων, μέσω οικονομικών προϊόντων και τεχνικής υποστήριξης, βοηθώντας χώρες να μοιράζονται και να εφαρμόζουν καινοτόμες γνώσεις και λύσεις στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν και το τέλος της παγκόσμιας φτώχειας. Ανάμεσα στα αντικείμενα που μελετούν και βοηθούν χώρες του κόσμου είναι και το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής ειδικά για αναπτυσσόμενες και φτωχές χώρες, τις οποίες πλήττει περισσότερο οικονομικά. Για να επιτύχουν τη βοήθεια αυτή και να τονώσουν την ευμάρεια των φτωχών κυρίως κρατών, βοηθούν οικονομικά και αναπτυξιακά. (<https://www.worldbank.org/en/what-we-do>)

Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης χαρακτηρίζονται ως χρονοσειρές (δεδομένα με βάση το χρόνο) και χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες έχει υποκατηγορίες. Είναι τα ιστορικά δεδομένα για τις χώρες μελέτης από το 1901 έως και το 2016 και οι μελλοντικές προβολές. Τα ιστορικά δεδομένα χωρίζονται σε μηνιαίες θερμοκρασίες για το παραπάνω χρονικό διάστημα και μηνιαία ύψη βροχής. Οι μελλοντικές προβολές χωρίζονται σε τέσσερα σενάρια (rcp2.6, rcp4.5, rcp6.0, rcp8.5) και σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (2020-39, 2040-59, 2060-79 και 2080-99). Στην αρχική τους μορφή αντλήθηκαν δηλαδή 26 αρχεία για κάθε χώρα σε μορφή csv, η οποία είναι εύκολη στο άνοιγμα και στην επεξεργασία από την Python.

Τα ιστορικά δεδομένα θερμοκρασίας ανά χώρα, περιλαμβάνουν τις στήλες: μήνας/έτος, τιμή θερμοκρασία σε °C και το ISO3 / κωδικός χώρας στα αγγλικά. Αντίστοιχα, τα δεδομένα βροχόπτωσης ανά χώρα περιλαμβάνουν: μήνας/έτος, ύψος βροχής σε χιλιοστά (mm) και ISO3. Τα μελλοντικά δεδομένα ανά χώρα και ανά σενάριο είχαν διαφορετική μορφή καθώς για όλο το χρονικό διάστημα π.χ 2020-39 περιείχαν τις προβλεπόμενες μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης ανά μοντέλο πρόβλεψης (πίνακας 1.3). Οπότε αντίστοιχα περιλαμβάνουν τις τιμές μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας σε °C και μέσου μηνιαίου ύψους βροχής σε χιλιοστά (mm) βάσει του αντίστοιχου μοντέλου. Τα μοντέλα πρόβλεψης είναι τα ίδια με αυτά του πίνακα 3.4.1 μαζί με τρία ensembles αυτών , 10^{ου} , 50^{ου} και 90^{ου} εκατοστημορίου.

4.3 Python

4.3.1 Κύρια στοιχεία προγραμματισμού και λογική ανάπτυξης κωδίκων

Οι μορφές των αρχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν excel (.xlsx) και csv (comma separated values), τα οποία είναι και τα δημοφιλέστερα στην αποθήκευση και επεξεργασία χρονοσειρών, όπως και τα αρχικά δεδομένα. Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι τα csv είναι πιο απλής μορφής, αποθηκεύοντας κείμενο χωρισμένο με κόμμα, ενώ τα excel αποθηκεύουν για όλα τα φύλλα εργασίας το περιεχόμενο και την μορφοποίηση που έχουν. Και τα δύο είδη αρχείων είναι ευκολόχρηστα και συμβατά με όλα τα προγράμματα φύλλων εργασίας αλλά και τις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού.

Για την επεξεργασία των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις από βιβλιοθήκες συναρτήσεων της Python, όπως για την επεξεργασία των δεδομένων η Pandas (pd), NumPy (np), για την εύρεση διαδρομών στον υπολογιστή και την απομόνωση ονομασιών ώστε να αναγνωρίζονται από τον κώδικα την Operating Systems (os) και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων σε μορφή stuck bars, bars και lines, ενώ για την οπτική απεικόνιση και σύγκριση των αποτελεσμάτων η Matplotlib (plt). Τα τελικά γραφήματα αποθηκεύονται στον υπολογιστή σε μορφή εικόνας .png.

Για την ανάπτυξη των κωδίκων, σημαντική ήταν και η έννοια των συναρτήσεων, πάνω στην οποία στηρίχθηκε η γενικότερη λογική για την κλιματική ταξινόμηση. Η συνάρτηση στην Python είναι δύο μορφών, οι ενσωματωμένες στο πρόγραμμα και όσες περιέχονται στις βιβλιοθήκες (built-in) και αυτές που δημιουργεί ο χρήστης. Οι δεύτερες μπορούν να δημιουργηθούν οπουδήποτε μέσα στον κώδικα με μια ονομασία, περιέχουν μερικές γραμμές κώδικα που επιστρέφουν μια τιμή ή ένα αποτέλεσμα και κλείνουν. Από μόνες τους δεν κάνουν τίποτα αφού τρέχουν μόνο όταν κληθούν με το όνομά τους, πιο κάτω από το σημείο στο οποίο εισάγονται. Οι συναρτήσεις μπορεί να είναι και αρχεία κώδικα από μόνες τους, που όμως για να τρέξουν πρέπει να βρίσκονται αποθηκευμένες ως αρχεία στον ίδιο φάκελο/path, με τον κώδικα που τις καλεί.

Όλη η λογική της κλιματικής ταξινόμησης βασίστηκε σε τρεις συναρτήσεις. Δύο σε μορφή κώδικα με τις οποίες υπολογίζονται και αποθηκεύονται σε νέα αρχεία excel οι απαιτούμενες στατιστικές παράμετροι θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για κάθε χώρα και μία οι κλιματικές ομάδες A,B,C,D,E οι οποίες έτρεξαν μόνο όταν πληρούσαν τις αρχικές τους συνθήκες. Συγκεκριμένα, για τους κλιματικούς τύπους B και C, ελέγχεται η αρχική συνθήκη, π.χ το ποσοστό βροχόπτωσης αν ξεπερνά το αντίστοιχο threshold (κατώφλι) και αν ίσχυε έτρεχε η συνάρτηση για τον τύπο B. Διαφορετικά, ελεγχόταν η αρχική συνθήκη του τύπου C και αν ίσχυε έτρεχε η συνάρτηση του τύπου C. Οι συναρτήσεις των κλιματικών τύπων περιέχουν τη διερεύνηση για τις υπόλοιπες παραμέτρους δηλαδή τα W,S,h,k για το B και τα s,f,w,a,b,c για το C, ενώ αν αρχικά δεν ίσχυε κανένας από τους δύο τυπωνόταν error ή allos typos klimatos. Όλες οι χώρες που ταξινομήθηκαν ανήκαν στους δυο τύπους, ποτέ δηλαδή δεν τυπώθηκε error. Σε κάθε συνάρτηση κλιματικού τύπου αφού ίσχυε έμπαινε το πρώτο γράμμα B ή C αντίστοιχα, στη συνέχεια με μια σειρά if/elseif/else ελέγχονται πρώτον, τα βροχομετρικά δεδομένα κατά Köppen- Geiger και προστίθεται το δεύτερο γράμμα στο κλιματικό τύπο. Τέλος ελεγχόταν η θερμοκρασιακή παράμετρος και έτσι προστίθονταν

το τελευταίο γράμμα του κλιματικού τύπου ανά έτος ή μοντέλο στα μελλοντικά σενάρια ανά χώρα.

Τέλος, στον προγραμματισμό βασική είναι και η έννοια των δομών αποθήκευσης δεδομένων εντός του κώδικα, όπως είναι οι λίστες, τα dictionaries (θα χρησιμοποιηθεί η αγγλική τους ονομασία) και τα data frames. Οι λίστες χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τις ονομασίες των χωρών, των μηνών ή αργότερα για τις ονομασίες των τύπων κλίματος, ώστε να τις αναγνωρίζει ο κώδικας ως μεταβλητές και να τις μελετά ξεχωριστά. Τα dictionaries ως δομή αποθήκευσης έχει την ιδιαιτερότητα ότι αποθηκεύει τα δεδομένα σε ζεύγη, με σχέση μεταξύ τους κλειδιού – τιμής, όπου σε κάθε κλειδί αντιστοιχεί μια μόνο τιμή. Η τιμή μπορεί να είναι ο,τιδήποτε από έναν αριθμο, μια συνάρτηση ως ένα δεύτερο dictionary ή μια λίστα. Για παράδειγμα, για την αποθήκευση των στατιστικών παραμέτρων θερμοκρασίας και βροχόπτωσης μετά τον υπολογισμό τους, για κάθε έτος για κάθε χώρα, δημιουργήθηκε ένα διπλό dictionary, όπου το πρώτο κλειδί ήταν η χώρα στο οποίο αποθηκεύεται ως τιμή ένα δεύτερο dictionary, το οποίο έχει ως κλειδί το έτος και σαν τιμή τις θερμοκρασιακές στατιστικές παραμέτρους. Η τελευταία δομή αποθήκευσης ήταν το data frame, στο οποίο αποθηκεύονταν συνήθως τα τελικά αποτελέσματα (π.χ ο συνολικός πίνακας στατιστικών), μετατρέπονταν σε excel και εξάγονταν / αποθηκεύονταν στον υπολογιστή τα εκάστοτε αποτελέσματα (εκτός από τα γραφήματα).

4.3.2 Ανάπτυξη της κλιματικής ταξινόμησης Köppen – Geiger για Python

Η κλιματική ταξινόμηση Köppen Geiger στα κριτήρια για τη στατιστική ταξινόμηση του κλίματος συγκρίνει συγκεκριμένες τιμές , μέγιστες και ελάχιστες για κάθε θερμοκρασιακό και υγρομετρικό παράγοντα και εξετάζει συγκεκριμένα όρια κυρίως θερμοκρασιών για να κατατάξει το υπό μελέτη κλίμα σε τύπο κλίματος. Οι πρώτοι βασικοί παράμετροι είναι η μέση ετήσια θερμοκρασία σε °C, T και το συνολικό (αθροιστικά) ετήσιο ύψος βροχής σε mm ή cm, R . Επίσης για όλο το έτος τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές T και R , T_{max} , T_{min} , R_{max} , R_{min} όπου max το μέγιστο και min το ελάχιστο. Ακόμη για κάθε εποχιακό εξάμηνο χειμώνα και καλοκαίρι, δηλαδή Οκτώβριος-Μάρτιος και Απρίλιος-Σεπτέμβριος αντίστοιχα, απαιτούνται οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές T και R , επομένως $T_{max,summer}$, $T_{min,summer}$, $T_{max,winter}$, $T_{min,winter}$ και αντίστοιχα για το R . Ακόμη για τις περιπτώσεις B κλιμάτων υπολογίζεται σε ποιο από το δύο εξάμηνα βρίσκεται το μεγαλύτερο ύψος βροχής ή αν μοιράζεται μεταξύ τους και για τα κλίματα C και D υπολογίζεται και ο αριθμός των μηνών με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 10° C. Συνολικά υπολογίζονται 14 τιμές T και R , ενώ σε πολλές περιπτώσεις τα T_{max} αντιστοιχεί στην ίδια τιμή με το $T_{max,summer}$, το T_{min} με το $T_{min,winter}$ κ.ο.κ ειδικά για τα υποτροπικά και εύκρατα μεσογειακά κλίματα, χωρίς βεβαία να θεωρείται δεδομένο.

Για να ελεγχθεί σε ποιο τύπο κλίματος ανήκει κάθε περιοχή μελέτης ακολουθείται συγκεκριμένη σειρά ελέγχου ξεκινώντας από το A προς το B προς το C και D προς το E και τέλος στο H. Πολύ σημαντικό είναι να κατανοηθεί η αρχική συνθήκη/ες που εξετάζεται ανά περίπτωση Σε περίπτωση που ισχύει ο τύπος κλίματος που εξετάζουμε ανήκει σίγουρα στην συγκεκριμένη κλιματική ομάδα, ενώ μετέπειτα εξετάζεται περαιτέρω πρώτα για τα υγρομετρικά (ύψη βροχής) χαρακτηριστικά του όπου του αποδίδεται το δεύτερο γράμμα του τύπου και μετά για τα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά του όπου του αποδίδεται το τρίτο γράμμα του (για της ομάδες με 3 γράμματα B,C,D) του τύπου. Αυτό διευκολύνει και το προγραμματιστικό κομμάτι του κώδικα όπου αφού βεβαιωνόμαστε σε ποιο βασικό τύπο κλίματος ανήκει μια περιοχή (A,B,C,D,E,H) μετά με συνθήκες if/elseif απλοποιείται η διαδικασία. Πάντα η

τελευταία συνθήκη που εξετάζεται είναι σε απλά λόγια 'αφού δεν πληρείται καμία από τις παραπάνω συνθήκες ανήκει εδώ' π.χ αν εξετάζονται οι θερμοκρασιακοί δείκτες a,b,c, ο c αποδίδεται πάντα σε ότι δεν συμπεριλήφθηκε στον έλεγχο των a και b. (έτσι λειτουργεί και η λογική της εντολής if/else/elseif)

Βήμα 1:

Αρχικά, η ταξινόμηση ξεκινά με τον έλεγχο της T_{min} η οποία αν είναι μεγαλύτερη από $18^{\circ}C$ τότε βρισκόμαστε αποκλειστικά στο τύπο A. Εφόσον λοιπόν βεβαιωθούμε ότι ισχύει η παραπάνω συνθήκη τότε ελέγχονται οι δείκτες βροχής f,m,w. Αυτό γίνεται με το R_{min} το οποίο αν είναι μεγαλύτερο ή ίσο με 60 mm βροχής τότε έχουμε Af τύπο κλίματος. Αν το R_{min} είναι μικρότερο από 60 mm αλλά μεγαλύτερο από $100-(R/25)$, όπου R το ετήσιο συνολικό ύψος βροχής, τότε ο τύπος κλίματος είναι Am, σε περίπτωση που δεν ισχύει τίποτα από τα δύο τότε έχουμε τύπο Aw.

Βήμα 2:

Αν η T_{min} είναι μικρότερη από $18^{\circ}C$ τότε ελέγχουμε τον τύπο B. Για να ανήκει ένα κλίμα στα ξηρά και ημίξηρα κλίματα του πλανήτη, θα πρέπει να ελεγχθεί αν το R του είναι μικρότερο από ένα συγκεκριμένο ύψος βροχής, που λέγεται κατώφλι, P_{th} και αντιστοιχεί σε ένα χαρακτηριστικό ύψος βροχής πάνω από το οποίο δεν ανήκει το κλίμα στην B κατηγορία ενώ κάτω από αυτό ανήκει. Το P_{th} ανάλογα με το αν το ποσοστό (70%) της ετήσιας βροχόπτωσης αντιστοιχεί στο καλοκαιρινό ή χειμερινό εξάμηνο ή σε κανένα από τα δύο αλλάζει. Έτσι αν το 70 % της ετήσιας βροχόπτωσης πέφτει το καλοκαίρι το $P_{th}=2T+28$, αν πέφτει το χειμερινό τότε $P_{th}=2T$ και αν δεν πέφτει σε κανένα από τα δύο τότε $P_{th}=2T+14$. Σε όλες τις περιπτώσεις το R θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από το P_{th} .

Για να ελεγχθούν οι δείκτες βροχόπτωσης W,S, θα πρέπει P μικρότερο από P_{th} ανά περίπτωση οπότε έχουμε W σε περίπτωση που δεν ισχύει αυτό έχουμε S. Για τους δείκτες θερμοκρασίας h,k συγκρίνεται η T με τους $18^{\circ}C$, αν είναι μεγαλύτερη τότε h διαφορετικά έχουμε k.

Βήμα 3,4:

Αν αν το $R > T_{th}$ τότε ελέγχονται: Πρώτα το κλίμα C και έπειτα το κλίμα D. Αν η T_{min} είναι μεγαλύτερη από $-4^{\circ}C$ και μικρότερη από $18^{\circ}C$ τότε πληρείται ο τύπος C, αν T_{min} είναι μικρότερη από $-4^{\circ}C$ τότε πληρείται ο τύπος D. Σε οποιαδήποτε από τις δύο περιπτώσεις οι δείκτες βροχόπτωσης ελέγχονται με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή αν $R_{min,summer}$ είναι μικρότερο από 40 mm και του $R_{max,winter}/3$ τότε έχουμε τύπο Cs ή Ds. Αν $R_{min,winter}$ είναι μικρότερο $R_{max,summer}/10$ και $R_{min,winter}$ είναι μικρότερο του $R_{max,summer}$ τότε έχουμε Cw ή Dw, αν δεν ισχύει καμία από τις δύο συνθήκες τότε έχουμε Cf ή Df.

Παρομοίως, για τους θερμοκρασιακούς δείκτες a,b,c στο κλιματικό τύπο C αρχικά ελέγχεται αν το T_{max} είναι μεγαλύτερο ή ίσο με $22^{\circ}C$ οπότε έχουμε a. Αν είναι μικρότερο από $22^{\circ}C$ και ο αριθμός των μηνών με $T > 10^{\circ}C$, είναι μεγαλύτερος ή ίσος από 4 τότε b διαφορετικά έχουμε c. Για τον κλιματικό τύπο D, αλλάζει λίγο η διαδικασία μετά το b οπότε αν η μεταξύ 1 και 3 τότε έχουμε c διαφορετικά έχουμε d.

Βήμα 5:

Αν ο κλιματικός τύπος δεν εντάσσεται σε καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις τότε έχουμε τύπο κλίματος E για T_{max} μικρότερη από $10^{\circ}C$ και συγκεκριμένα αν T_{max} μεγαλύτερη από $0^{\circ}C$ τότε έχουμε ET, αλλιώς EF. Σε περίπτωση που ένας κλιματικός τύπος δεν ανήκει ούτε σε αυτήν την κατηγορία εξετάζεται ως προς το υψόμετρο που έχει η περιοχή μελέτης και αν είναι μεγαλύτερη από 1,5 km από το επίπεδο της θάλασσας τότε έχουμε τύπο κλίματος H.

Παραδοχές :

Για να γίνει η παραπάνω διαδικασία έγιναν τρεις βασικές παραδοχές, ως προς τη γενικότητα του αποτελέσματος, την εξαίρεση ελέγχου των κλιματικών τύπων A,D,E και H και το χρονικό διάστημα μελέτης. Η γενικότητα του τελικού αποτελέσματος έχει να κάνει με το γεγονός ότι μια ολοκληρωμένη και ρεαλιστική (ως προς το βαθμό εμβάθυνσης της μελέτης και των λεπτομερειών για κάθε χώρα) μελέτη της κάθε χώρας θα έπρεπε να πάρει δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς σε όλη την επικράτειά της και να βρει τα υποκλίματα που υπάρχουν στο εσωτερικό της. Από τη στιγμή που τα δεδομένα της εργασίας είναι μέσες τιμές για ολόκληρη τη χώρα, σημαίνει ότι συνοψίζουν όλους τους μικρότερους τύπους κλίματος που υπάρχουν σε αυτή και αποδίδει πληρέστερα τις γενικές συνθήκες κλίματος ανά χρονικό διάστημα μελέτης. Π.χ η Ισπανία έχει διαπιστωμένα 4 είδη κλίματος Csa,Csb,BSk,Dfa, όταν όμως μελετάται στο σύνολο όλοι αυτοί οι τύποι πρέπει να περιγραφούν μέσω ενός, του επικρατέστερου ή αυτού που συνοψίζει καλύτερα το συνδυασμό των υπολοίπων.

Επίσης η μελέτη των κλιμάτων A,E και H περιφερειακά της λεκάνης της Μεσογείου θάλασσας είναι άστοχη, καθώς κανένα από τα κριτήρια τους δεν πληρείται στην συγκεκριμένη περιοχή, η οποία έχει εποχές και εναλλαγές μεταξύ υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών (αποκλεισμός A), δεν έχει τούνδρες και αιώνιους πάγους όπως η Αρκτική και Ανταρκτική (άρα εξαιρείται το E) και κρίνεται η συμπερίληψη λόγω της σπανιότητας του τύπου H ως μη ρεαλιστική. Τα υψόμετρα κοντά στη Μεσόγειο έχουν κυρίως D χαρακτηριστικά αλλά ποτέ αυτά δεν χαρακτηρίζουν ολόκληρες χώρες. Ο τύπος D, αν και τμηματικά μπορεί να εμφανίζεται σε κάποιες χώρες σε μεμονωμένα έτη ανά 30 χρόνια (π.χ βόρεια Βαλκάνια) όμως λόγω της ιδιαιτερότητας των ηπειρωτικών κλιμάτων D, τα οποία εντοπίζονται σε χώρες και περιοχές στο εσωτερικό των ηπείρων και σπανιότερα κοντά σε θερμή θάλασσα (Μεσόγειος) δεν θεωρείται ότι υπάρχει σαν τυπος στη Μεσόγειο. Επίσης, οι χαμηλές θερμοκρασίες που σημειώνονται στη λεκάνη της Μεσογείου κατά τους χειμερινούς μήνες διαφέρουν σε βάση προέλευσης και αιτιών από τα χαμηλά και μονιμότερα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά των ηπειρωτικών κλιμάτων. Οπότε στην εργασία μελετήθηκαν με σειρά όπως στο βήμα 2 και στο βήμα 3, οι τύποι κλίματος B και C, οι οποίοι κυριαρχούν σε ολόκληρη την επικράτεια των μεσογειακών χωρών και αν η ελάχιστη χειμερινή θερμοκρασία κάποιων χωρών και κάποιων ετών ήταν μικρότερη από $-4^{\circ}C$ τότε και ο τύπος D.

Για την τελική επιλογή του τύπου κλίματος για κάθε χώρα για κάθε χρονικό διάστημα μελέτης, στα αποτελέσματα των ιστορικών δεδομένων, επιλέγεται ως κυρίαρχος ο τύπος που έχει τον μεγαλύτερο αριθμό ετών μέσα σε ένα χρονικό διάστημα (30 ή 26 ετών), ενώ αν τα έτη ισομοιράζονται περίπου σε δύο μέχρι τρεις τύπους, επιλέγονται και όλοι ως συνδυασμός κλιμάτων, με κυρίαρχο αυτόν που συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο αριθμό μεταξύ τους. Αντίστοιχα, για τα αποτελέσματα των μελλοντικών σεναρίων, ως κυρίαρχος τύπος κλίματος επιλέγεται αυτός που προβλέπουν αριθμητικά τα περισσότερα μοντέλα ανά χρονικό διάστημα (20 έτη) με το σύνολο των μοντέλων να είναι 18. Αν σε αυτήν την περίπτωση ο αριθμός των μοντέλων

ισομοιράζεται μεταξύ δύο τύπων κλίματος επιλέγεται και δεύτερος τύπος συνδυαστικά με τον κυρίαρχο. Αν ένας τύπος κλίματος εμφανίζεται αυξανόμενος σε αριθμό μοντέλων κατά χρονική περίοδο επιλέγεται επίσης ως δεύτερος μαζί με τον κυρίαρχο. Ακόμη, αν σε κάποιες χώρες εμφανίζονται τύποι κλίματος που δεν συνάδουν με τα μεσογειακά κλίματα π.χ τύπος κλίματος D, των ιστορικών αποτελεσμάτων, δεν σημαίνει ότι η χώρα από εύκρατη έγινε ηπειρωτική για τα αντίστοιχα χρόνια, απλώς ότι συμπεριφέρθηκε εντός των ορίων του ηπειρωτικού κλίματος (δηλαδή η ελάχιστη μηνιαία μέση θερμοκρασία εκείνου του έτους/ών, ήταν μικρότερη από -4°C) για το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, ακόμη και αν η πραγματική τιμή υπολογισμού ήταν -4.01°C .

Τέλος, η τρίτη παραδοχή έγινε ως προς τον διαχωρισμό των ιστορικών και μελλοντικών δεδομένων σε χρονικές περιόδους, τριάντα ετών για τα ιστορικά και 20 ετών για τα μελλοντικά ώστε να μετρηθεί μέσα σε αυτό το διάστημα πόσες χρονιές εμφανίζουν τον ίδιο τύπο κλίματος, δηλαδή ποιος τύπος κλίματος επικρατεί. Το χρονικό διάστημα 1901-2016 χωρίστηκε σε τρεις 30ετίες και μια 26ετία, ενώ στα μελλοντικά διατηρήθηκε ο χρονικός διαχωρισμός που είχαν δηλαδή 2020-39, 2040-59, 2060-79, 2080-99. Αυτό έγινε γιατί με βάση τον ορισμό του ΠΜΟ, το ασφαλέστερο χρονικό διάστημα για την ασφαλή και έγκυρη διεξαγωγή συμπερασμάτων για το κλίμα και το κατά πόσο μια κλιματική αλλαγή έχει μόνιμο χαρακτήρα είναι τα τριάντα έτη. Ακόμη, τα δεδομένα για τις χώρες των rcp4.5 και rcp6.0, ήταν ελλιπή και πολλές φορές κενά οπότε απορρίφθηκαν από τη μελέτη.

4.4 Επεξήγηση κωδίκων

Μέρος 1ο – Ιστορικά δεδομένα

Πρώτα πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των ιστορικών δεδομένων, με την εύρεση των στατιστικών θερμοκρασίας (T ή tas όπως αναγράφεται στα ονόματα των αρχείων από την πηγή) και βροχόπτωσης (R ή pr) σε τρεις κώδικες, δύο από τους οποίους λειτούργησαν ως συναρτήσεις (Thermokrasia.py και Vroxoptws.py) και ο τρίτος που καλούσε τους άλλους δύο να τρέξουν για κάθε χώρα με τη σειρά.

Thermokrasia.py (Υπολογισμός στατιστικών θερμοκρασίας)

Για κάθε αρχείο θερμοκρασιακών δεδομένων (kwdikos_tas_1901_2016.xlsx) και μετέπειτα για κάθε έτος, υπολογίζονται η συνολική μέγιστη, ελάχιστη και μέση ετήσια θερμοκρασία (Tmax, Tmin, Tavg) σε κάθε εξάμηνο (χειμερινό-καλοκαιρινό) αντίστοιχα μέγιστα και ελάχιστα τα Tmax,summer, Tmin,summer, Tmax,winter, Tmin,winter. Επίσης, υπολογίστηκε και ο αριθμός των μηνών σε κάθε έτος με μέση θερμοκρασία μεγαλύτερη από 10°C , ενώ τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται ως αρχεία excel με ονομασία {kwdikos} Statistika Thermokrasias.xlsx, όπου kwdikos ο κωδικός της αντίστοιχης χώρας στα αγγλικά.

Vroxoptws.py (Υπολογισμός στατιστικών βροχόπτωσης)

Για κάθε αρχείο υψών βροχής (kwdikos_pr_1901_2016.slsx) και μετέπειτα για κάθε έτος, υπολογίζονται τα συνολικά ετήσια μέγιστα, ελάχιστα ύψη βροχής και το συνολικό ετήσιο ύψος βροχής (Rsun, Rmax, Rmin) και για κάθε εξάμηνο τα αντίστοιχα μέγιστα και ελάχιστα (Rmax,summer, Rmin,summer, Rmax,winter, Rmin,winter) όπως και το αθροιστικό ύψος βροχής για κάθε εξάμηνο διαιρείται με το Rsun και πολλαπλασιάζεται με το 100 για να βρεθεί το ποσοστό βροχόπτωσης ανά εξάμηνο. Τα τελικά αποτελέσματα αποθηκεύονται σε μορφή αρχείου excel με όνομα {kwdikos} Statistika Vroxoptwsis.xlsx, όπου kwdikos ο κωδικός της αντίστοιχης χώρας στα αγγλικά.

Loopfiles.py (Επανάληψη για όλα τα αρχεία)

Για να τρέξουν οι παραπάνω δύο συναρτήσεις πρέπει να τρέξει ο κώδικας loopfiles.py, ο οποίος δημιουργεί ένα dictionary για κάθε χώρα μέσα στο οποίο αποθηκεύονται αντίστοιχως τα δεδομένα που υπολογίζονται από τις συναρτήσεις thermokrasia και vnosortwsi, ξεχωριστά για κάθε είδος αρχείου αναλόγως την μεταβλητή. Δηλαδή, αφού αρχικά ξεχωρίσει τα ονόματα/κωδικούς των χωρών στο όνομα των αρχείων και αποθηκεύσει τη διαδρομή τους στον υπολογιστή, ξεχωρίζει το είδος των αρχείων (tas→ θερμοκρασία → επεξεργασία με thermokrasia και pr→ βροχόπτωση → επεξεργασία με vnosortwsi, η έξοδος του είναι η εξαγωγή στον υπολογιστή των αρχείων excel που υπολογίζονται από τις συναρτήσεις.

Τα αρχεία κάθε χώρας που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο ανοίγονται στον κώδικα klimatikitataksi.py όπου και γίνεται η κλιματική ταξινόμηση κάθε χώρας για κάθε έτος. Από τα αρχεία που προκύπτουν για κάθε χώρα σχεδιάζεται ένα γράφημα τύπου stack bar, με τον αριθμό του ίδιου τύπου κλίματος ανά 30ετία για κάθε χώρα, μέσω του κώδικα telikosxediagrama.py.

Klimatikitaksinomisi.py (Κλιματική ταξινόμηση)

Ο συγκεκριμένος κώδικας αποτελείται από 6 συναρτήσεις, πέντε (5) για τον κάθε κλιματικό τύπο A,B,C,D,E και μια (1) που ελέγχει τις αρχικές συνθήκες των κλιματικών τύπων (B και C). Το βασικό κομμάτι του κώδικα ανοίγει και διαβάζει τα αρχεία, καλεί την συνάρτηση της κλιματικής ταξινόμησης, η οποία ελέγχει για κάθε χώρα και για κάθε έτος ξεχωριστά. Αρχικά τον τύπο B και εφόσον ισχύει καλεί την συνάρτηση του κλιματικού τύπου για να υπολογίσει όλα τα γράμματα του τύπου κλίματος (B, W, S,h,k) με εντολές if/elseif/else. Αν δεν ισχύει εξ αρχής ο τύπος B τότε καλείται η συνάρτηση του τύπου κλίματος C, η οποία με παρόμοιο τρόπο με την B υπολογίζει τα υπόλοιπα γράμματα του τύπου (C,s,f,w,a,b,c) αλλά και για θερμοκρασίες <-4 προσθέτει αντί για C στο πρώτο γράμμα D. Τα αποτελέσματα/τελικός τύπος κλίματος για κάθε χώρα αποθηκεύεται σε μορφή αρχείου excel στον υπολογιστή με όνομα {kwdikos} Typos Klimatos.xlsx όπου kwdikos ο κωδικός της εκάστοτε χώρας στα αγγλικά.

Telikosxediagrama.py (Σχεδιάγραμμα τύπου κλίματος)

Σε αυτόν τον κώδικα αφού εισάγονται τα αρχεία τύπου κλίματος, χωρίζεται το συνολικό χρονικό διάστημα σε τρεις 30ετίες και μια 26ετία (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-2016) μέσα στις οποίες μετράται ο αριθμός των ετών με τον ίδιο τύπο κλίματος. Ο τύπος ή τύποι που βρίσκονται αθροιστικά, απεικονίζονται γραφικά σε ένα γράφημα τύπου stack bars με ύψος bar το σύνολο του χρονικού διαστήματος, μοιρασμένο στους αντίστοιχους κλιματικούς τύπους (με αρίθμηση) από 0 έως 30 (ή 26) κάθε κλιματικός τύπος. Το τελικό σχεδιάγραμμα κάθε χώρας αποθηκεύεται στον υπολογιστή με μορφή αρχείου .png και όνομα {kwdikos } grafima.png, όπου kwdikos ο κωδικός κάθε χώρας στα αγγλικά.

Μέρος 2° – Μελλοντικά σενάρια

Η διαδικασία για την εύρεση των κλιματικών τύπων για τα μελλοντικά σενάρια εκτός από 4 κώδικες στην αρχή, οι οποίοι ένωναν τα ξεχωριστά αρχεία δεδομένων, πραγματοποιήθηκε δύο φορές, μια για κάθε σενάριο rcp2.6,rcp8.5 και ακολούθησε

την ίδια λογική και τους ίδιους κώδικες με τα ιστορικά δεδομένα με μικρές παραλλαγές.

Τα αρχικά δεδομένα που αντλήθηκαν από την πηγή ήταν για κάθε χώρα, κάθε παράμετρο θερμοκρασίας/βροχόπτωσης, κάθε σενάριο (rcp2.6,rcp8.5) και κάθε χρονικό διάστημα στο μέλλον (2020-39, 2040-59, 2060-79, 2080-99), συνολικά δηλαδή 16 αρχεία για κάθε χώρα. Για την διευκόλυνση της περαιτέρω διαδικασίας της μελέτης ενοποιήθηκαν τα παραπάνω αρχεία για κάθε χώρα σε {xwra}_tas_rcp26_2020_2099.xlsx και σε {xwra}_pr_rcp26_2020_2099) καθώς και σε {xwra}_tas_rcp85_2020_2099.xlsx και σε {xwra}_pr_rcp85_2020_2099), δηλαδή από 16 σε 4 αρχεία κάθε χώρα.

Οι παραλλαγές αφορούσαν κυρίως το ότι στις συναρτήσεις thermokrasia, vroxoptwsi ο διαχωρισμός των δεδομένων ανά χώρα ανά σενάριο έγινε με βάση το μοντέλο πρόβλεψης για όλη την 20ετία (2020-39, 2040-59, 2060-79, 2080-99) σε αντίθεση με τον διαχωρισμό των ιστορικών δεδομένων με βάση το έτος, στην φάση της κλιματικής κατάταξης υπολογίστηκε ο τύπος κλίματος που προβλέπει κάθε μοντέλο για την αντίστοιχη 20ετία και τα σχεδιαγράμματα (stacked bars) για τις μελλοντικές χρονικές περιόδους, έγιναν με βάση τον αριθμό των μοντέλων που προβλέπουν ίδιο τύπο κλίματος.

Combining files (συνδυασμός αρχείων) * 4 φορές

Για κάθε χώρα σε μια λίστα χωρών, ενώθηκαν χρονικά για κάθε παράμετρο 16 διαφορετικά αρχεία σε 4 είδη αρχείων csv, για $T_{2.6}, R_{2.6}, T_{8.5}, R_{8.5}$ (όπου T η θερμοκρασία και R η βροχόπτωση) για την χρονική περίοδο 2020-2099.

Μέρος 3^ο – Υπολογισμός μέσων τιμών θερμοκρασίας και βροχόπτωσης ιστορικών και μελλοντικών δεδομένων

Τέλος, από τις μέσες τιμές χαρακτηριστικών μεγεθών της θερμοκρασία και της βροχόπτωσης σχεδιάστηκαν γραφήματα bars και lines διακύμανσης για όλα τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-2099, χωρισμένα σε 30ετίες και 20ετίες αντίστοιχα.

diakumansimeswntimwn.py (Διακύμανση μέσων τιμών)

Σε έναν κώδικα ανοίχτηκαν τα στατιστικά που υπολογίστηκαν από τα ιστορικά δεδομένα (T και R) και από τα δεδομένα μελλοντικών σεναρίων υπό το rcp2.6 (T και R) και από τα δεδομένα μελλοντικών σεναρίων υπό το rcp8.5 (T και R), υπολογίστηκαν για όλα οι μέσες τιμές Tmax, Tmin, Tavg και R_{sun}, R_{max}, R_{min}. Μετέπειτα για κάθε χώρα σχεδιάστηκαν δυο είδη αρχείων ένα τύπου line για την διακύμανση των Tmax, Tmin, Tavg και ένα σχεδιάγραμμα τύπου bars για τη διακύμανση των R_{sun}, R_{max}, R_{min}, για όλες τις χρονικές περιόδους (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-2016, 2020-39 rcp2.6, 2040-59 rcp2.6, 2060-79 rcp2.6, 2080-99 rcp2.6, 2020-39 rcp8.5, 2040-59 rcp8.5, 2060-79 rcp8.5, 2080-99 rcp8.5) και αποθηκεύεται στο τέλος κάθε γράφημα κάθε χώρας σε μορφή .png με την ονομασία {xwra} διακύμανση βροχόπτωσης και {xwra} διακύμανση θερμοκρασίας, όπου xwra η ονομασία της χώρας στα αγγλικά

Κεφάλαιο 5 – Αποτελέσματα

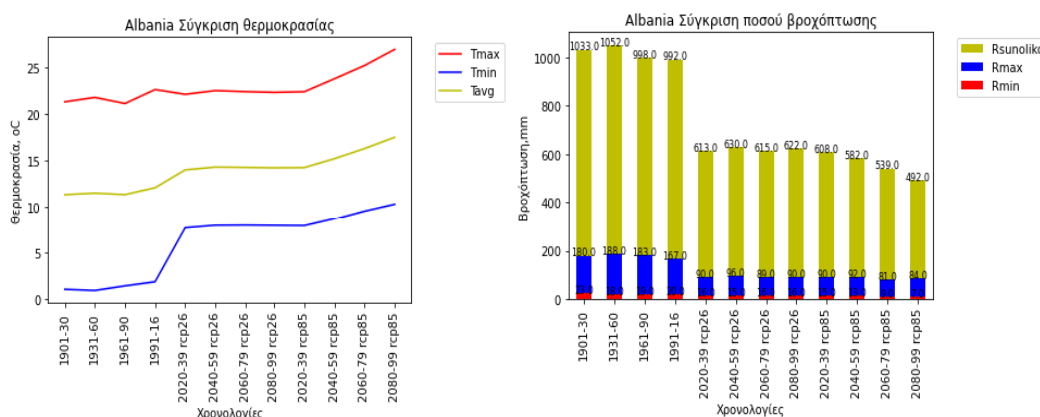
5.1 Κατανόηση αποτελεσμάτων

Για την σωστή ερμηνεία και κατανόηση των αποτελεσμάτων πρέπει να διευκρινιστούν δύο βασικά στοιχεία. Και στα δύο είδη διαγραμμάτων (τύπου κλίματος- διακύμανσης βροχής) τα αποτελέσματα δε μπορούν να συγκριθούν ιστορικά και μελλοντικά αφού τα ιστορικά προέρχονται από μέσες μηνιαίες τιμές μετεωρολογικών στοιχείων για κάθε χρονιά στα έτη 1901-2016, ενώ τα μελλοντικά προέρχονται από προβλέψεις μοντέλων, για μηνιαίες τιμές των μετεωρολογικών στοιχείων για κάθε 20 έτη για το διάστημα 2020-2099. Οπότε τα ιστορικά αποτελέσματα κλιμάτων συγκρίνονται μεταξύ τους ανά 30 έτη, ενώ τα μελλοντικά ανά 20 έτη μεμονωμένα και μεταξύ τους. Το ίδιο ισχύει και για τα διαγράμματα διακύμανσης που σχεδιάστηκαν όλα μαζί κυρίως για οικονομία χώρου και σε δεύτερο χρόνο, για τη συγκριτική διαφορά μεταξύ των ιστορικών με τα σενάρια αλλά και των σεναρίων μεταξύ τους.

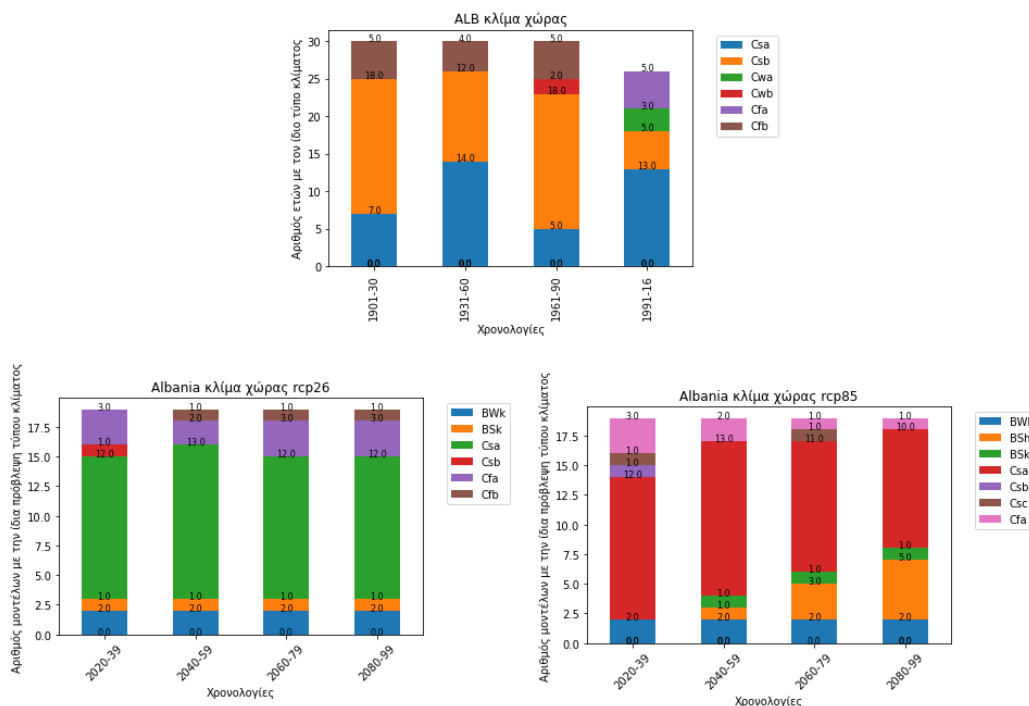
Τα μελλοντικά σενάρια μεταφράζονται και διερευνώνται ως προς την πλειοψηφία των μοντέλων που προβλέπουν τον ίδιο τύπο κλίματος ανά 20 έτη, ενώ τα ιστορικά ως προς την πλειοψηφία των ετών με τον ίδιο τύπο κλίματος ανά 30 έτη. Επίσης τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των ιστορικών και των μοντέλων διαφέρουν οπότε ειδικά στα ύψη βροχής αποκλείεται η σύγκριση μεταξύ ιστορικών και μοντέλων. Τέλος στα διαγράμματα διακύμανσης της θερμοκρασίας τα διαστήματα μεταξύ 1991-2016/2020-39(rcp2.6) και 2080-99/2020-39 rcp8.5 θα έπρεπε να είναι κενά όμως επειδή στα διαγράμματα γραμμής συμπληρώνονται αυτόματα παρουσιάζονται ως ενιαία γραμμή.

Δεύτερο σημαντικό στοιχείο για την κατανόηση των αποτελεσμάτων είναι ότι επειδή τα δυο σενάρια αντιπροσωπεύουν χαμηλές και υψηλές τάσεις εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στο rcp2.6 δεν πρέπει να θεωρηθεί ότι η κλιματική αλλαγή σταματά να έχει επίδραση στο κλίμα σε σχέση με τα ιστορικά. Αυτό που διερευνάται είναι η εξελικτική πορεία των τύπων κλίματος ανά χώρα με βάση αυτά τα δύο σενάρια εκπομπών.

5.2.1 Αλβανία



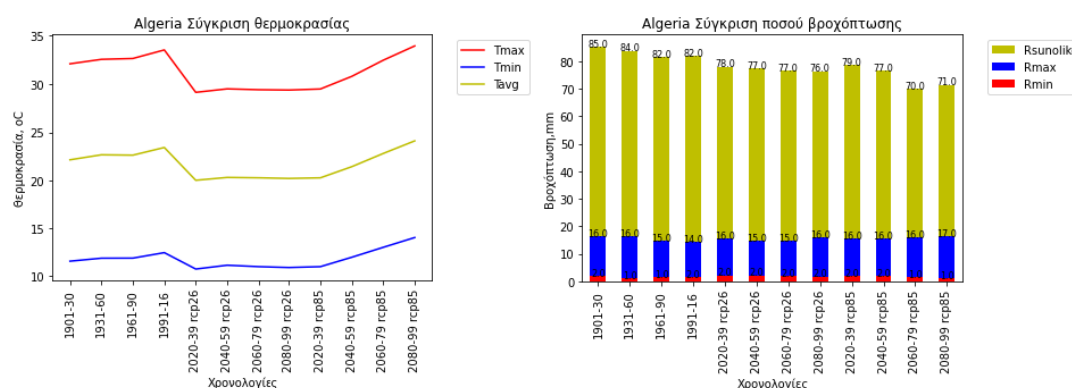
Διαγράμμα 5.2.1.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Αλβανία



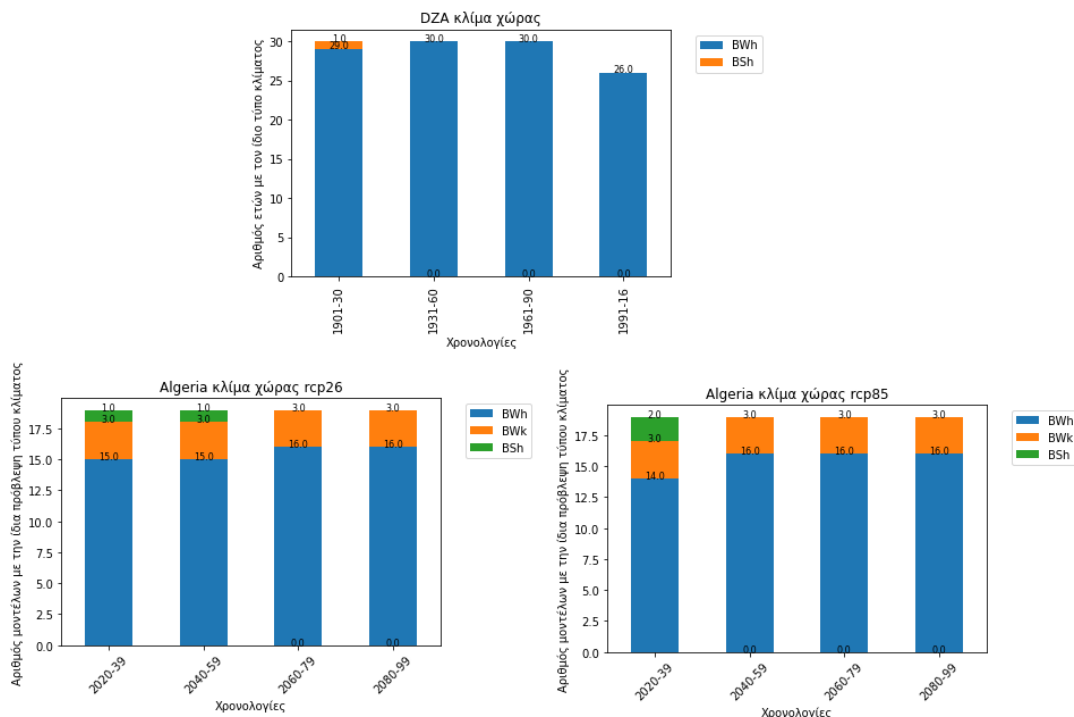
Διάγραμμα 5.2.1.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Αλβανία

Ιστορικά η Αλβανία από το 1901-1990 είναι Csb,Csa και Cfb, με την περίοδο 1991-2016, να κυριαρχεί το Csa έναντι του Csb και αναλογικά το Cfb μετατρέπεται σε κάποιες χρονιές Cfa, αρά σταδιακή επικράτηση α χαρακτηριστικών και απαλοιφή των b. Για rcp2.6, τα περισσότερα μοντέλα προβλέπουν Csa και για rcp8.5, που όμως σταδιακά παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση μοντέλων που προβλέπουν και BSh κλίμα. Η Αλβανία στα διαγράμματα διακύμανσης παρουσιάζει αξιοσημείωτη αύξηση της ελάχιστης μέσης θερμοκρασίας και για τα δύο μοντέλα, που σημαίνει πιο θερμοί χειμώνες και λιγότερες χιονοπτώσεις, επομένως μεγαλύτερο πρόβλημα λειψυδρίας στα προβλεπόμενα ξηρότερα καλοκαίρια.

5.2.2 Αλγερία



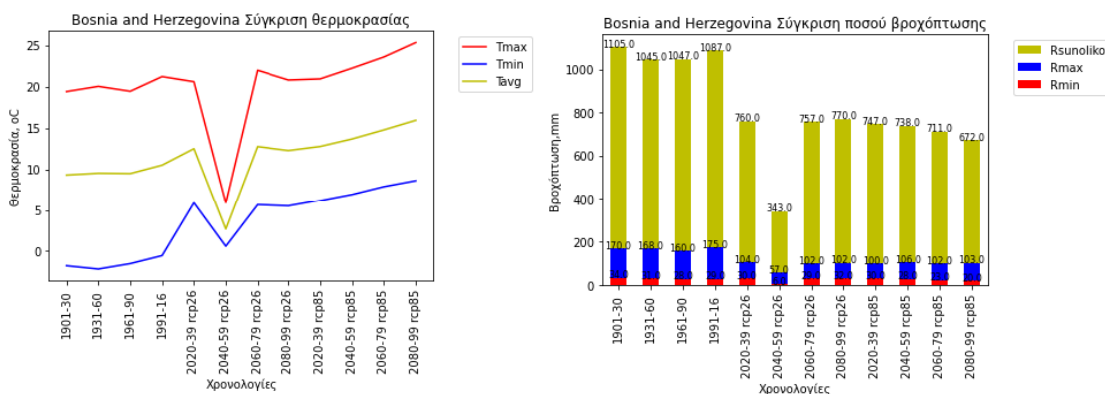
Διαγράμματα 5.2.2.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Αλγερία



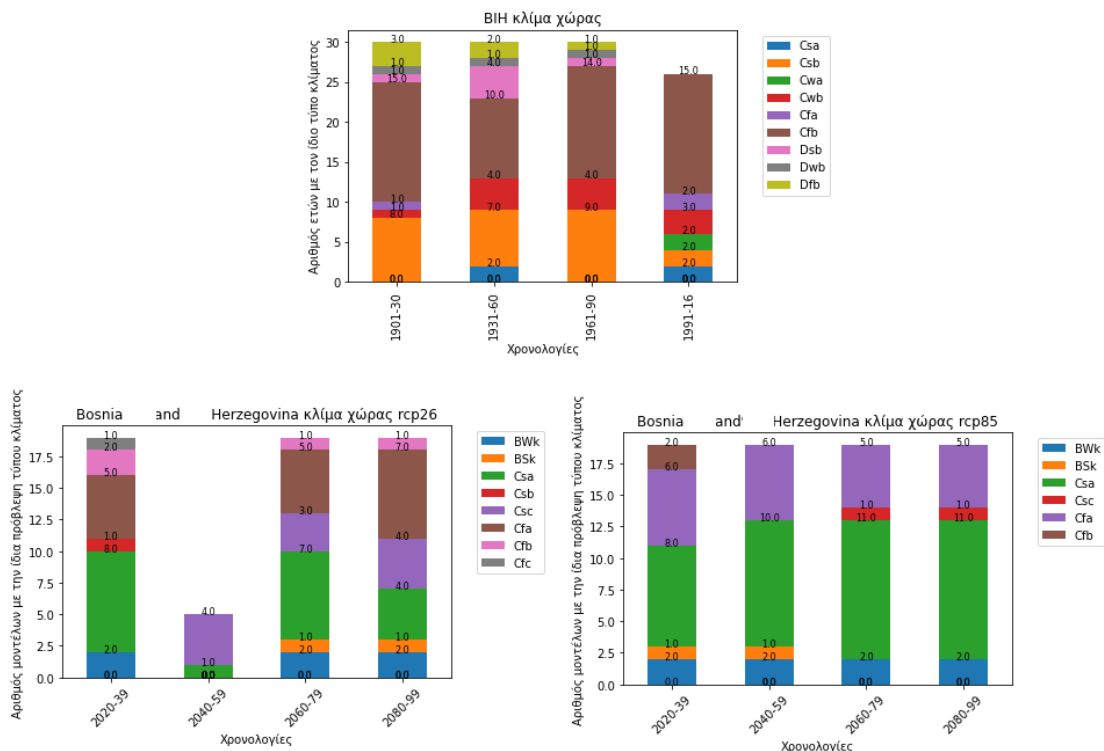
Διάγραμμα 5.2.2.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Αλγερία

Στην Αλγερία δεν παρατηρείται στην πλειοψηφία των δεδομένων αλλαγή στον τύπο κλίματος BWh, όμως υπό τα σενάρια και τη διακύμανση των παραμέτρων φαίνεται ότι η θερμοκρασία θα συνεχίσει να ανεβαίνει και να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα ($T_{max}=35^{\circ}\text{C}$) για το σενάριο rcp8.5 σε αντίθεση με rcp2.6. Στα διαγράμματα διακύμανσης αξιοσημείωτη είναι η αισθητή πτώση του συνολικού ποσού βροχοπτώσεων για το σενάριο rcp8.5 για τις τελευταίες δύο 20ετίες, με ανοδική τάση της θερμοκρασίας για το ίδιο διάστημα.

5.2.3 Βοσνία και Ερζεγοβίνη



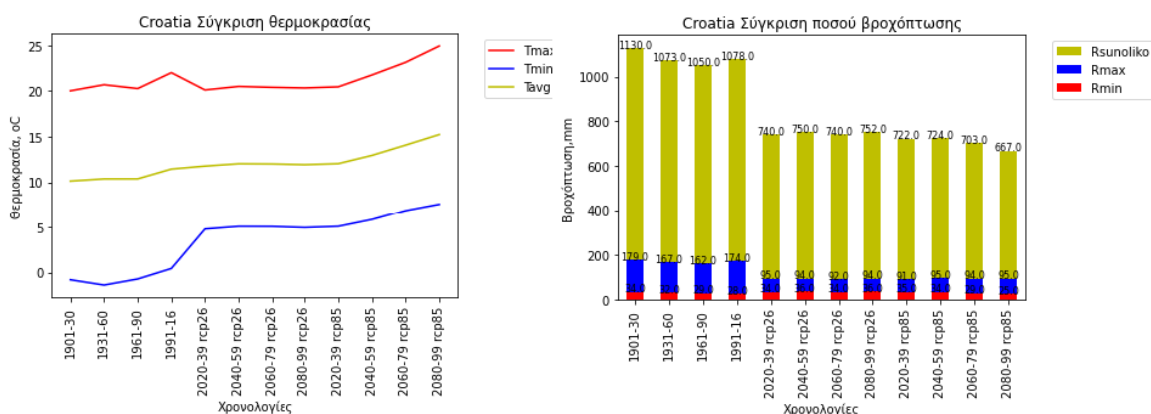
Διαγράμμα 5.2.3.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Βοσνία και Ερζεγοβίνη



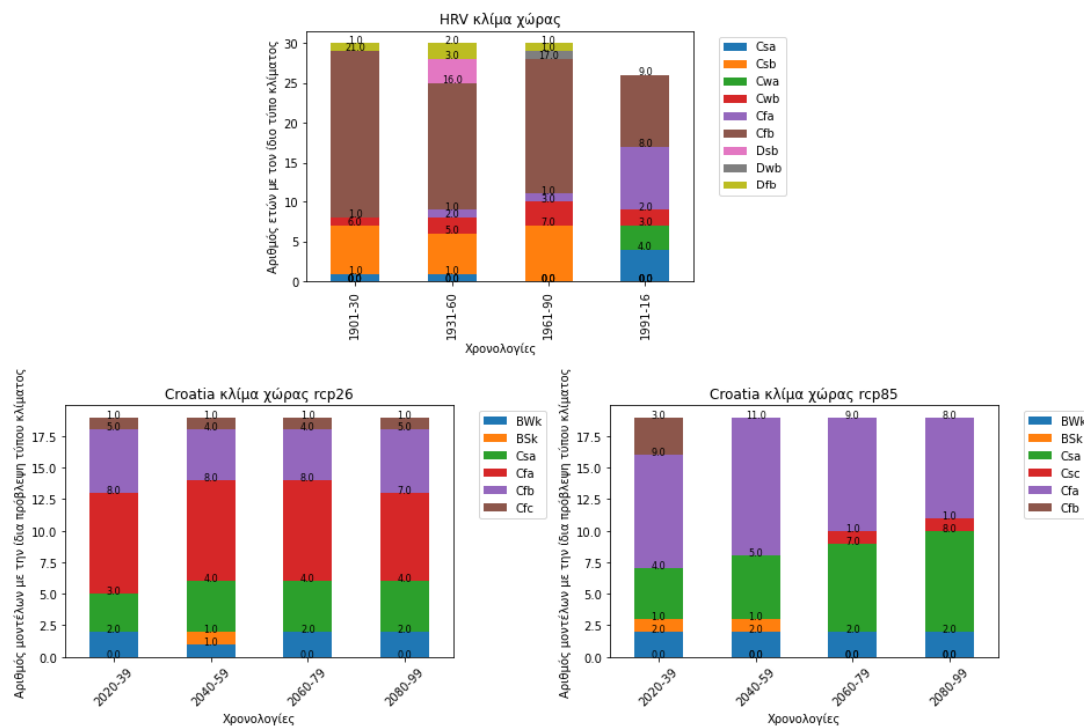
Διάγραμμα 5.2.3.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Βοσνία και Ερζεγοβίνη

Ιστορικά στη Βοσνία και Ερζεγοβίνη για το διάστημα 1901-1962 κυριότερος τύπος ήταν ο Cfb, δευτερευόντως ο τύπος Csb, ενώ αξίζει να σημειωθεί η σταδιακή μείωση ανά χρονικό διάστημα των ετών Dfb, ενώ το χρονικό διάστημα 1991-2016 απαλείφονται όλα τα D και επικρατεί ο Cfb τύπος, άρα μεγαλύτερες χειμερινές θερμοκρασίες. Για τα σενάρια η πλειοψηφία των μοντέλων προβλέπει Cfa, Csa, και για τα δύο ενώ υπήρξε σφάλμα (ελλιπή δεδομένα) για το rcp2.6 2040-59. Στα διαγράμματα διακύμανσης αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη αύξηση της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης θερμοκρασίας για rcp8.5 σε σχέση με τα ιστορικά με σταδιακή μικρή πτώση του συνολικού ποσού βροχής για το διάστημα 2080-99.

5.2.4 Κροατία



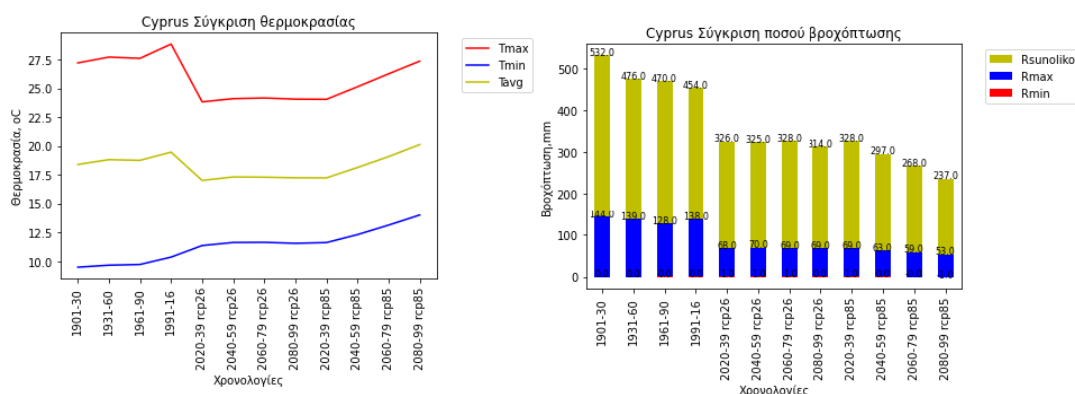
Διαγράμμα 5.2.4.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Κροατία



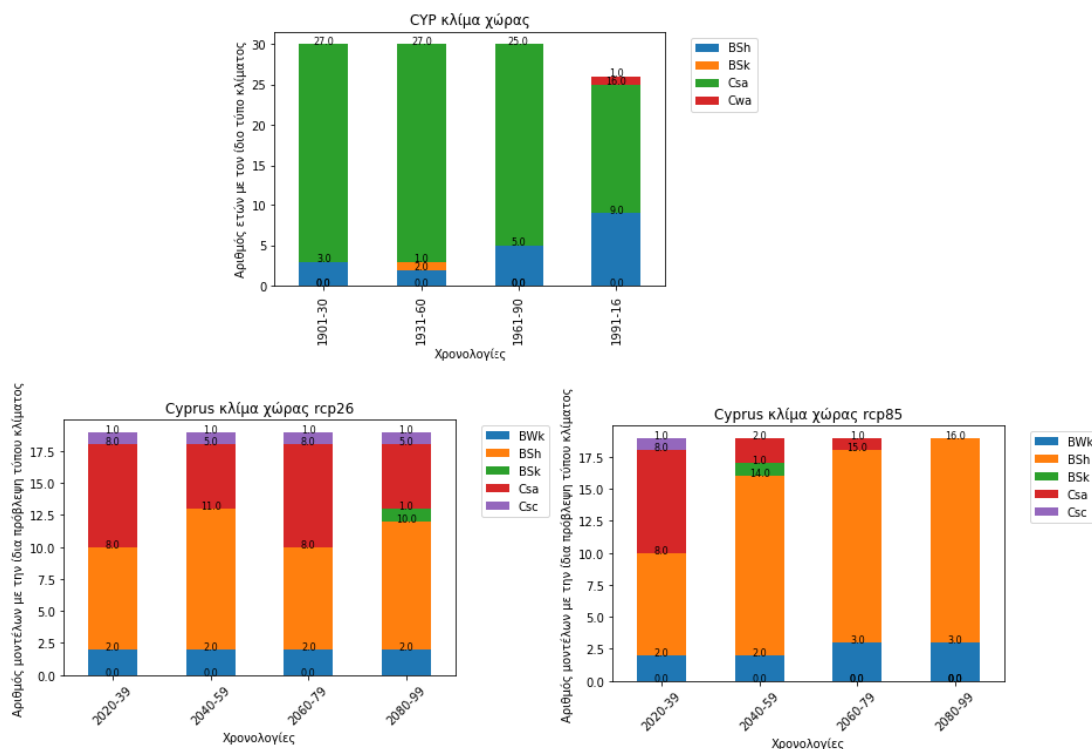
Διάγραμμα 5.2.4.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Κροατία

Η Κροατία για το διάστημα 1901-1961 είναι Cfb και Csb (δευτερευόντως), ενώ εμφανίζονται λίγες (1-2) χρονιές ανά διάστημα με D χαρακτηριστικά, που για το διάστημα 1991-2016 απαλείφονται και επικρατούν Cfb, Cfa και μεγαλύτερη εμφάνιση Csa (4 έτη), επομένως θερμότερα και ξηρότερα καλοκαίρια και πιο θερμοί χειμώνες με μικρή μείωση των βροχοπτώσεων (από f σε s). Για το rcp2.6 τα μοντέλα προβλέπουν κυρίως Cfa και Cfb, Csa, ενώ για rcp8.5 τα μοντέλα αρχικά στην πλειοψηφία τους δείχνουν Cfa, σταδιακά ισομοιράζεται με μοντέλα που προβλέπουν Csa, άρα σίγουρα θερμότερα (b→a) καλοκαίρια και σταδιακά πιθανότατα ξηρότερα. Η Κροατία δείχνει μεγάλη αύξηση ειδικά της ελάχιστης θερμοκρασίας της και για τα δυο σενάρια, και αισθητή πτώση των βροχοπτώσεων για το διάστημα 2080-99 rcp8.5.

5.2.5 Κύπρος



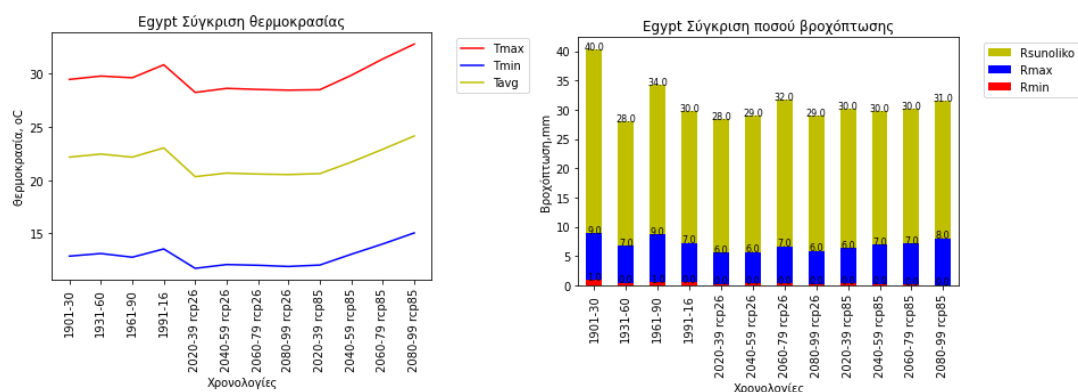
Διαγράμμα 5.2.5.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Κύπρο



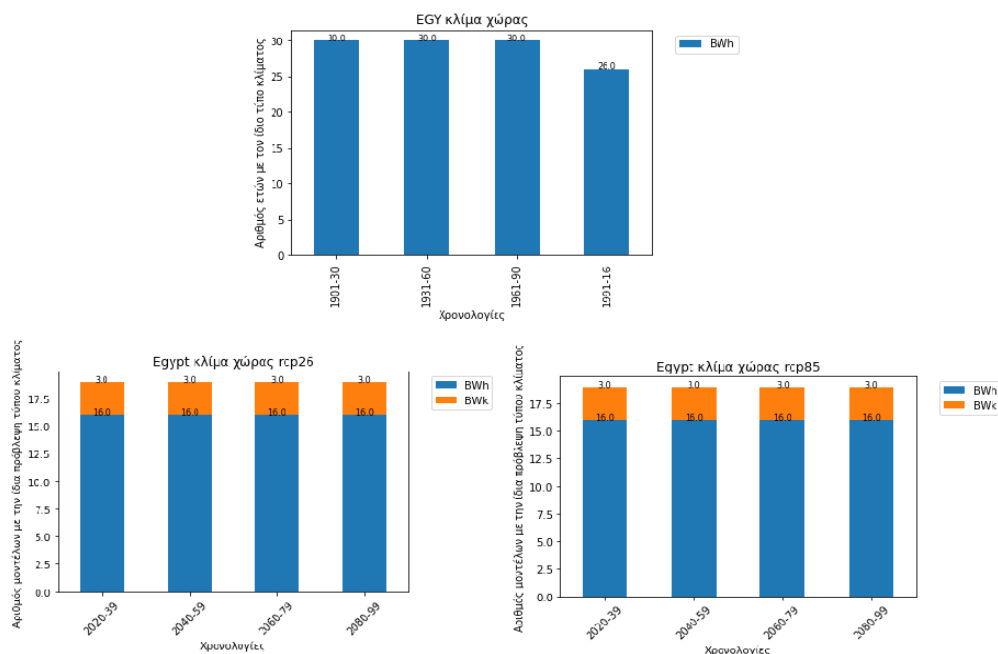
Διάγραμμα 5.2.5.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Κύπρο

Η Κύπρος ιστορικά είναι Csa με το διάστημα 1991-2016 να αυξάνονται τα έτη με BSh. Τα σενάρια για rcp2.6 ισομοιράζονται μεταξύ Csa, BSh ενώ για rcp8.5 εκτός από το διάστημα 2020-39, προβλέπεται επικράτηση με τα περισσότερα έως όλα τα μοντέλα να δείχνουν BSh, επομένως κυριαρχία του στεπτικού κλίματος ως συνέχεια της χρονικής περιόδου 1991-2016. Η Κύπρος σε κάθε σενάριο παρουσιάζει αύξηση της ελάχιστης θερμοκρασίας που αυξάνεται για rcp8.5, ενώ το ποσό βροχής παρουσιάζει μεγάλη μείωση για ειδικά για το διάστημα 2060-99 για rcp8.5.

5.2.6 Αίγυπτος



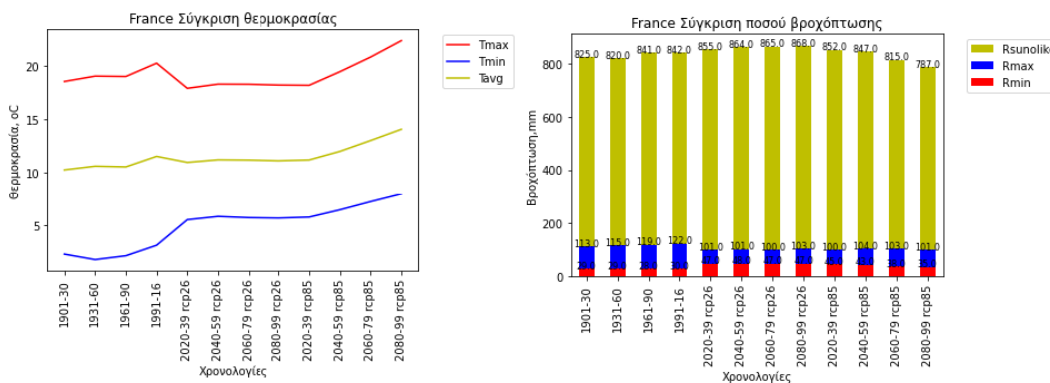
Διαγράμμα 5.2.6.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Αίγυπτο



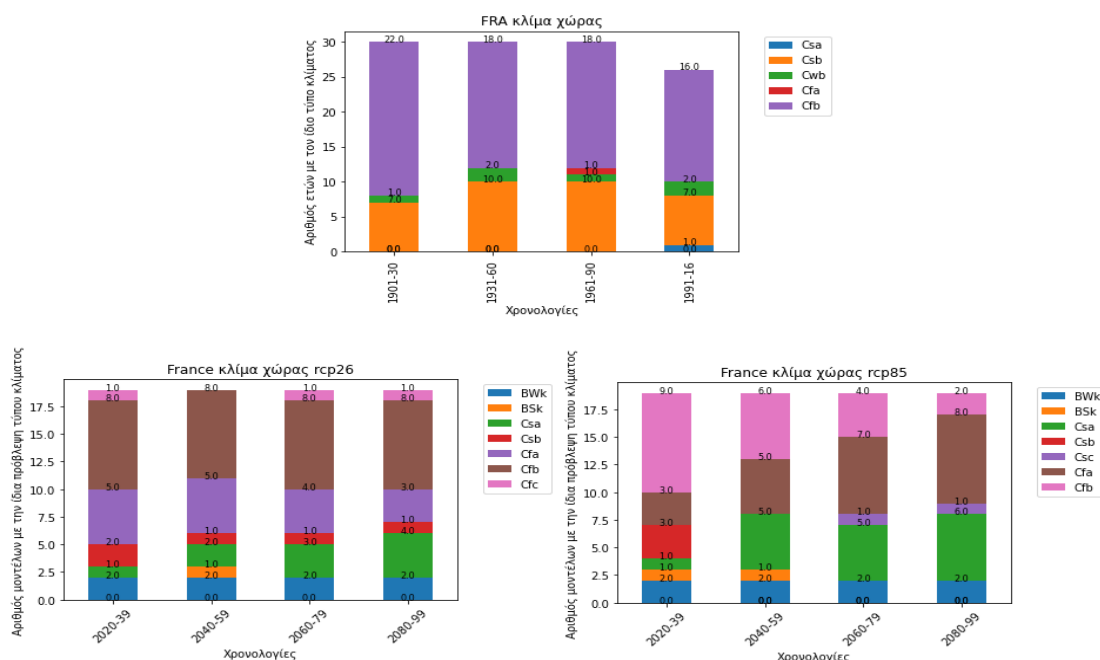
Διάγραμμα 5.2.6.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Αίγυπτο

Για την Αίγυπτο δεν παρατηρείται αλλαγή στον τύπο κλίματος BWh σε κανένα χρονικό διάστημα και υπό όλα τα σενάρια όμως τα διαγράμματα διακύμανσης της θερμοκρασίας ιστορικά δείχνουν άνοδο, η οποία για rcp2.6 πέφτει και ομαλοποιείται ενώ για rcp8.5 η θερμοκρασία αυξάνεται και οδηγείται σε υψηλότερα και από τα ιστορικά επίπεδα. Παράλληλα η βροχόπτωση ιστορικά μειώνεται συνεχώς, ενώ για τα σενάρια παραμένει στα ίδια περίπου επίπεδα που ούτως ή άλλως είναι χαμηλά. Η Αίγυπτος τόσο ιστορικά όσο και στα σενάρια παρουσιάζει μεγάλη πτώση στα ήδη μικρά συνολικά ύψη βροχής, με μειωμένη θερμοκρασία για rcp2.6 και ανοδικά αυξανόμενη θερμοκρασία για rcp8.5.

5.2.7 Γαλλία



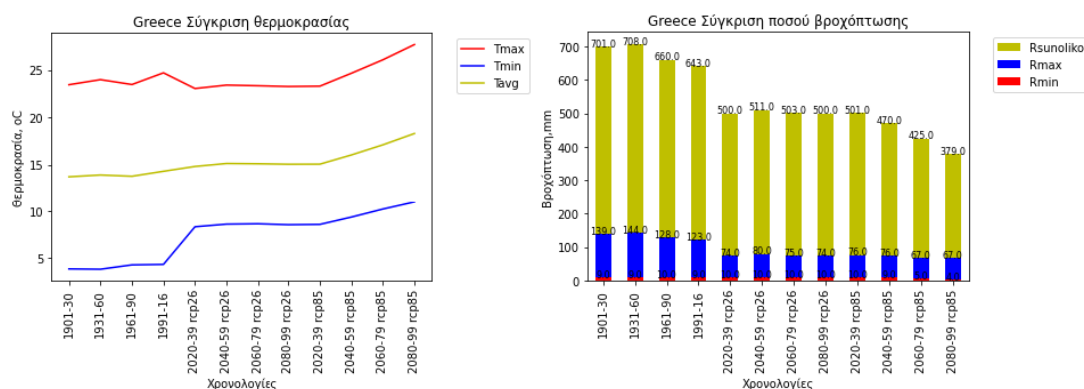
Διαγράμμα 5.2.7.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Γαλλία



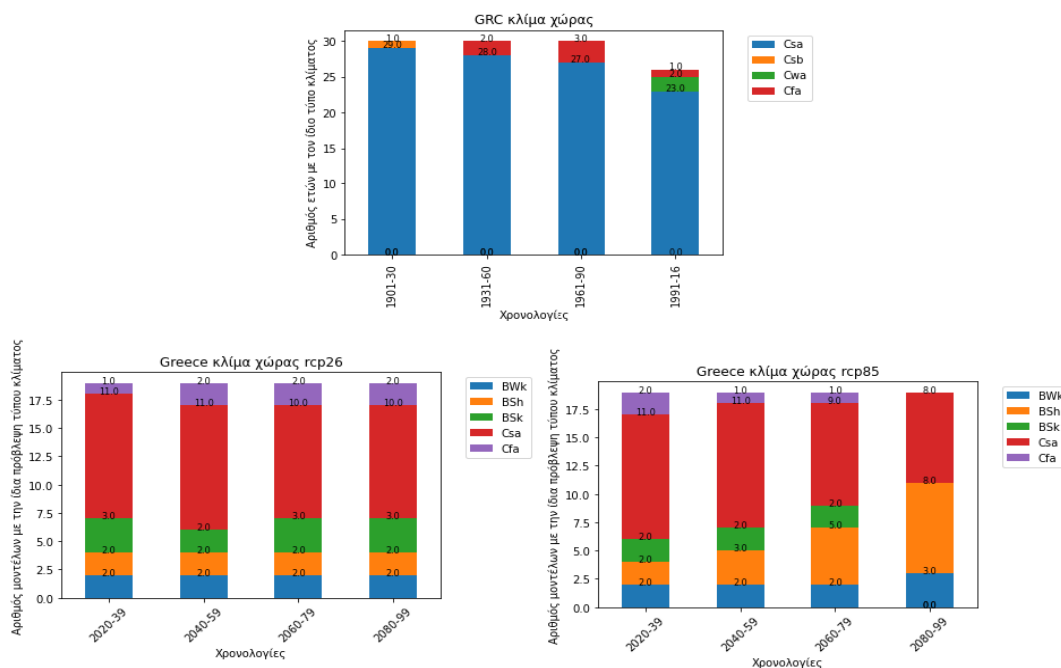
Διάγραμμα 5.2.7.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Γαλλία

Για τη Γαλλία ιστορικά έχουμε συνδυασμό Csb,Cfb κλίματων δηλαδή εναλλαγές στο μοτίβο βροχόπτωσης από χρονιά σε χρονιά. Για rcp2.6 βλέπουμε μεγαλύτερη ποικιλία σε τύπους κλίματος με εμφάνιση των Cfb Cfa Csa, γεγονός που σημαίνει θερμότερα κλίματα και ξηρότερα καλοκαίρια σε σχέση με τα ιστορικά. Για rcp8.5 βλέπουμε σταδιακή μείωση του Cfb κλίματος με ταυτόχρονη αύξηση των Cfa και Csa κλιμάτων (b→ a). Η Γαλλία στα διαγράμματα διακύμανσης δείχνει επίσης μεγάλη αύξηση στις ελάχιστες θερμοκρασίες της για τα σενάρια, ενώ το συνολικό ύψος βροχής δείχνει μείωση κυρίως για το διάστημα 2060-99 rcp8.5.

5.2.8 Ελλάδα



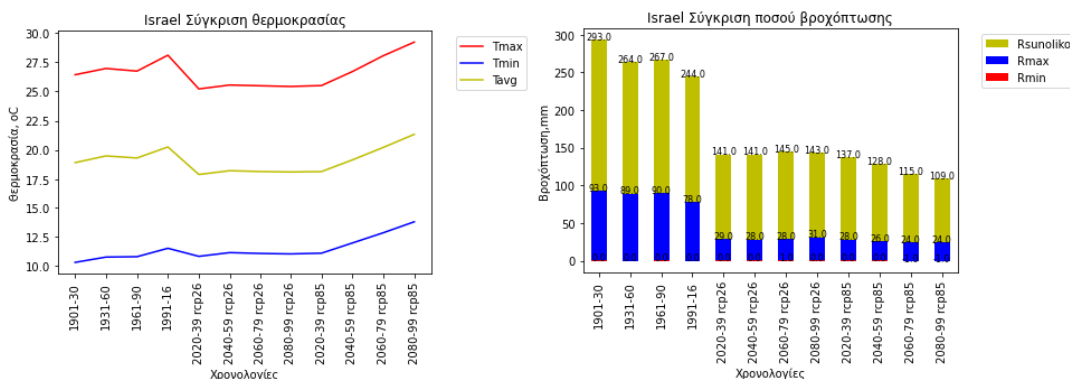
Διαγράμμα 5.2.8.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Ελλάδα



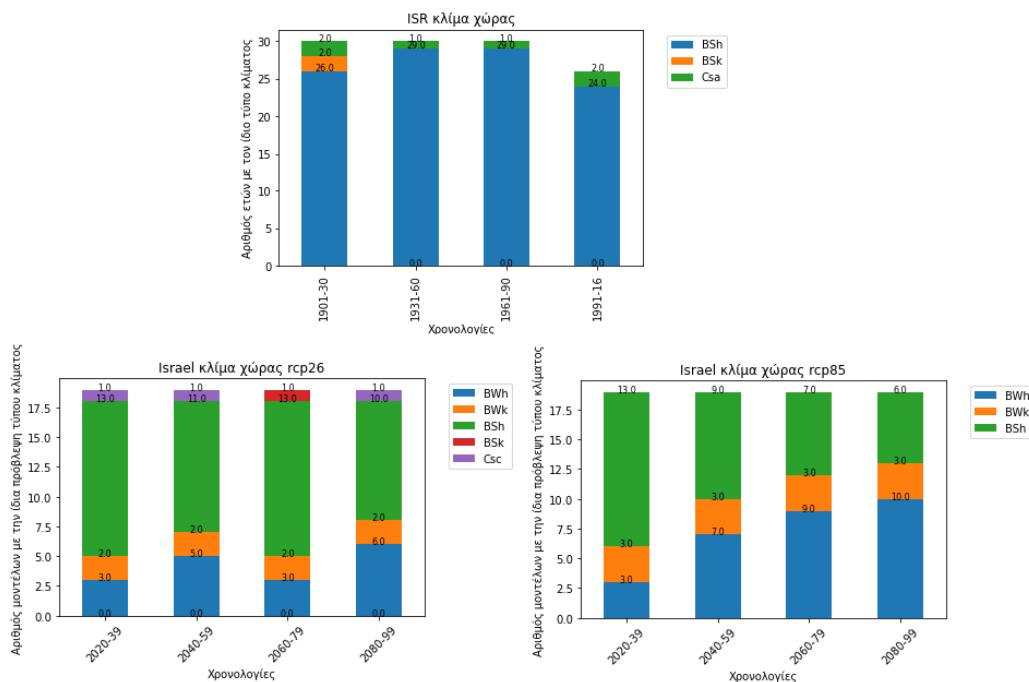
Διάγραμμα 5.2.8.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Ελλάδα

Για την Ελλάδα παρατηρείται ότι ιστορικά επικρατούσε το κλίμα Csa. Για το σενάριο rcp2.6 βλέπουμε σταδιακή εμφάνιση περισσότερων ετών σε όλη τη διάρκεια της μελέτης BWk, BSh, BSk κλιμάτων, πράγμα που αποδεικνύει τη αναπόφευκτη πορεία προς ξηρότερα κλίματα. Για το rcp8.5 βλέπουμε σταδιακή μείωση του Csa κλίματος και μεγαλύτερη επικράτηση (κυρίως το 2080-99) BSh τύπων κλίματος, επομένως σταδιακή ερημοποίηση προς στεπικό θερμό κλίμα. Η Ελλάδα είναι μια ακόμη χώρα που παρουσιάζει μεγάλη αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας της και για τα δύο σενάρια, ενώ αξιοσημείωτη είναι και η μεγάλη πτώση του συνολικού ποσού βροχής για το διάστημα 2040-79, 2080-99 rcp8.5.

5.2.9 Ισραήλ



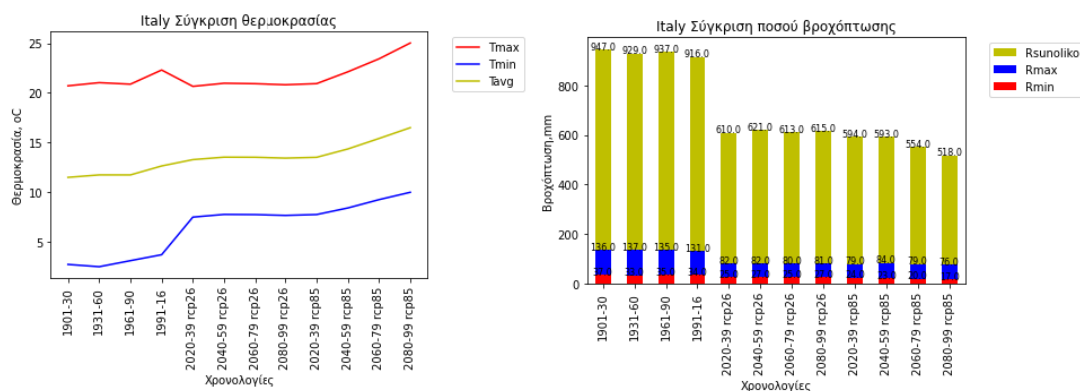
Διαγράμμα 5.2.9.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Ισραήλ



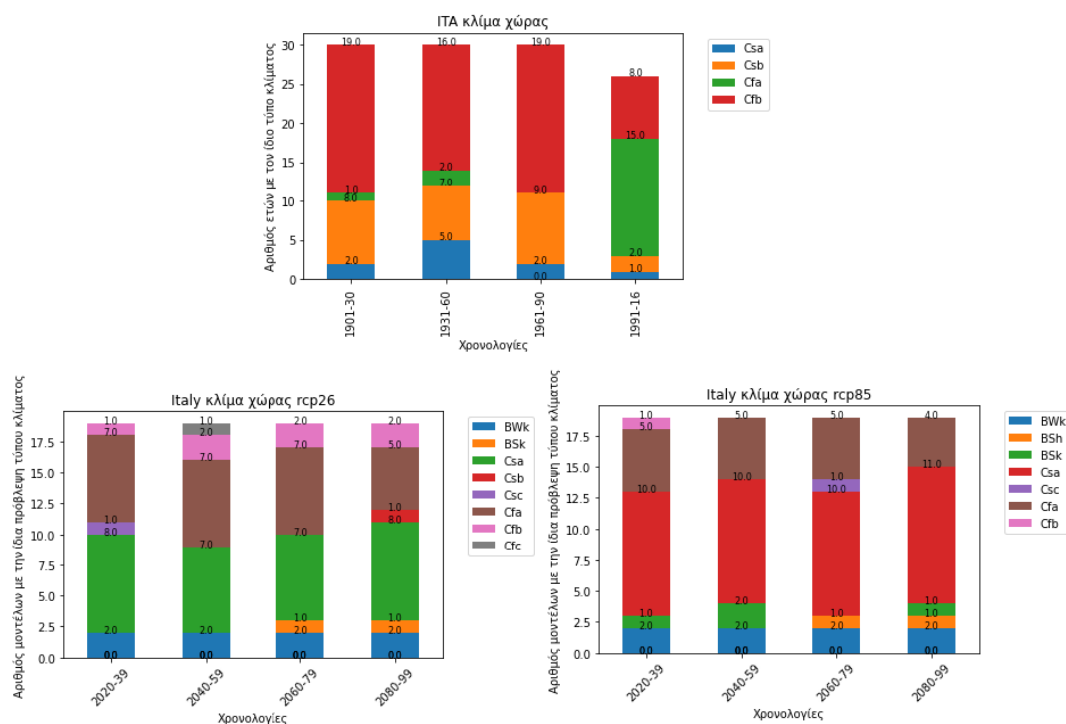
Διάγραμμα 5.2.9.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Ισραήλ

Ιστορικά στο Ισραήλ επικρατεί ο BSh τύπος κλίματος. Για rcp2.6 παρατηρείται μεγαλύτερη εμφάνιση BWk, BWh δηλαδή ξηρότερων από πριν που για rcp8.5 σταδιακά επικρατούν (πλήρης ερημοποίηση). Τα διαγράμματα διακύμανσης δείχνουν αισθητή πτώση του συνολικού ποσού βροχής ιστορικά και για το διάστημα 2060-99 rcp8.5, ενώ για το ίδιο διάστημα προβλέπεται αυξανόμενη τάση της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης θερμοκρασίας.

5.2.10 Ιταλία



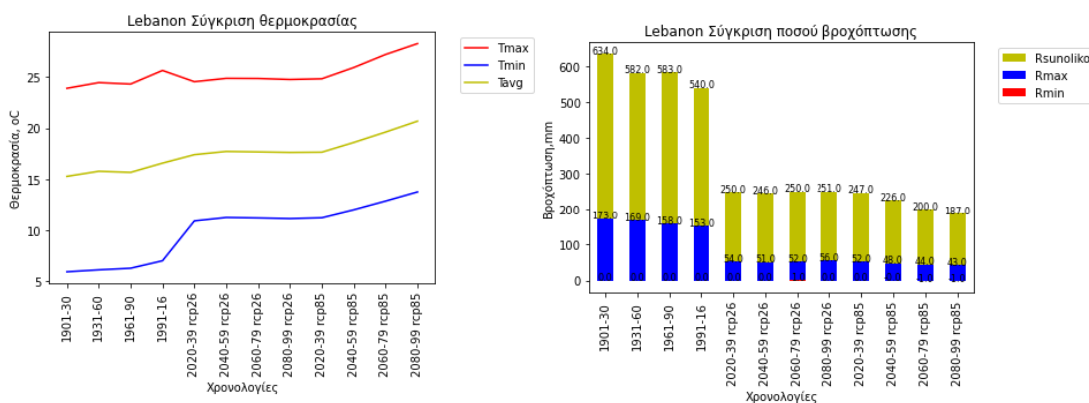
Διαγράμμα 5.2.10.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Ιταλία



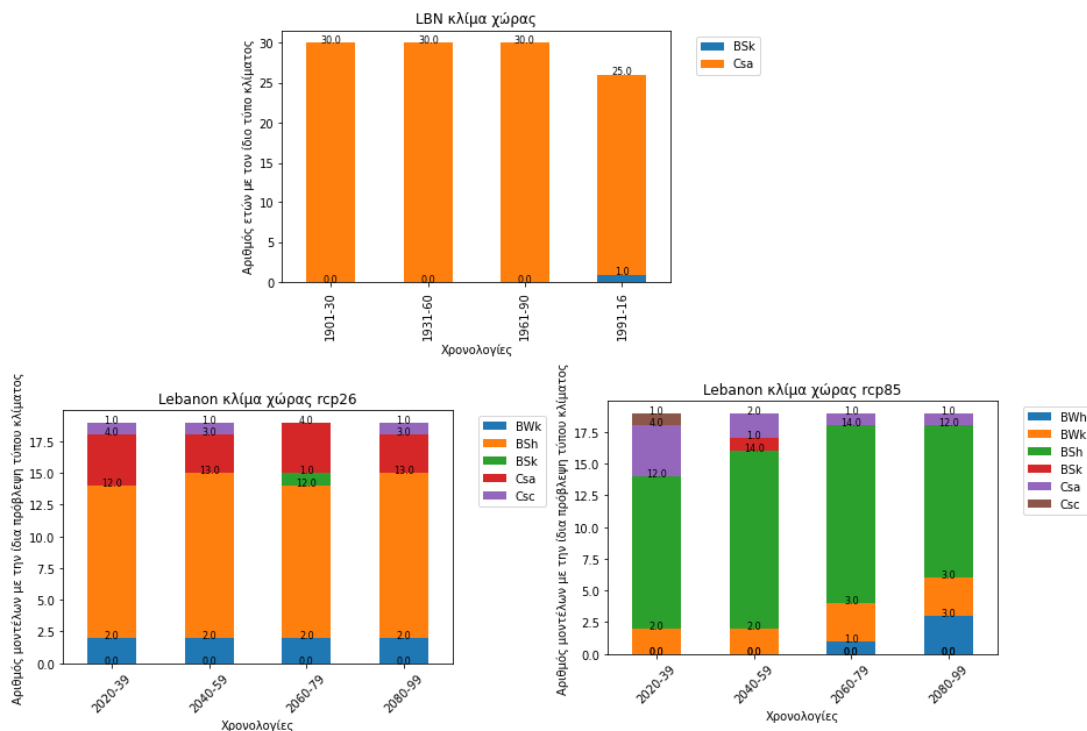
Διάγραμμα 5.2.10.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Ιταλία

Για την Ιταλία ιστορικά παρατηρείται συνδυασμός Cfb,Csb που την τελευταία 26ετία αλλάζει με επικράτηση του Cfa, δηλαδή θερμότερων ετών. Για το rcp2.6 βλέπουμε συνδυασμό Csa, Cfa κλίματων ενώ για το rcp8.5 βλέπουμε επικράτηση κυρίως του Csa, ενώ και στα δύο σενάρια εμφανίζονται χρονιές με ξηρότερα χαρακτηριστικά (B), σίγουρη επικράτηση δηλαδή θερμότερων (b→ a) και ξηρότερων (f→ s) καλοκαιριών. Στην Ιταλία αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη άνοδος της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας της και για τα δύο σενάρια.

5.2.11 Λίβανος



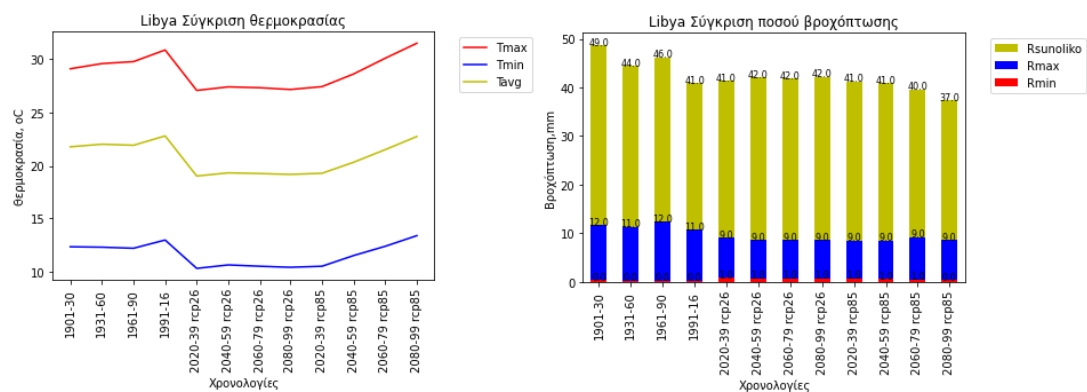
Διαγράμμα 5.2.11.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Λίβανο



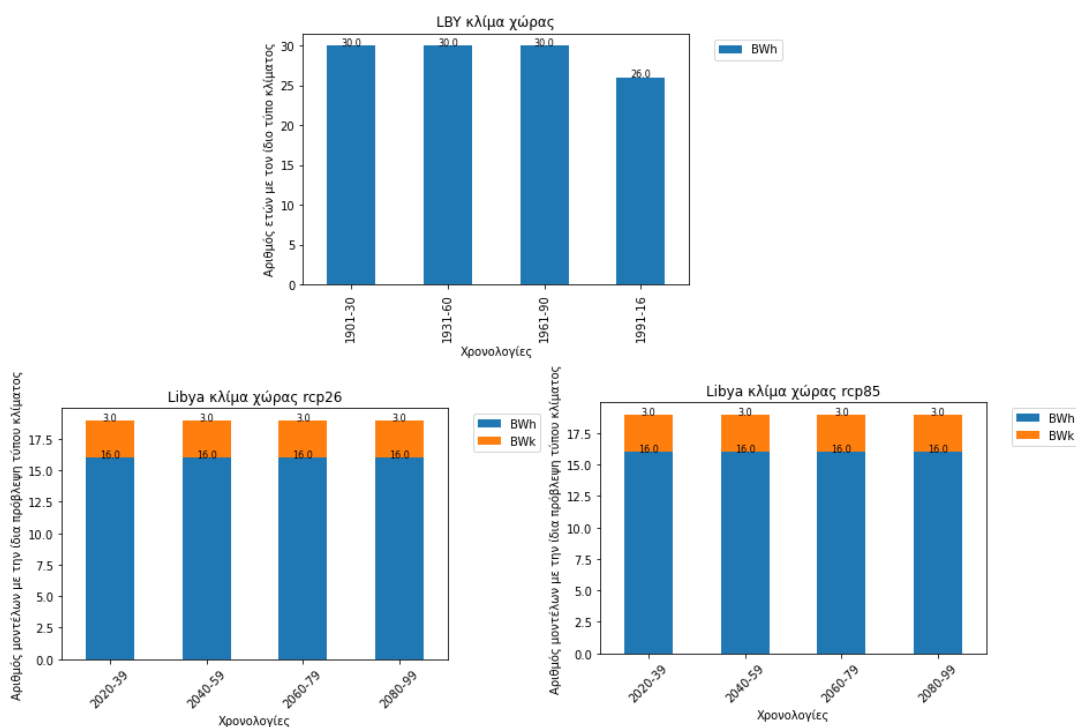
Διάγραμμα 5.2.11.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Λίβανο

Στο Λίβανο ιστορικά επικρατεί Csa κλίμα, που για rcp2.6 προβλέπεται μετατροπή του σε BSh κλίμα και για το rcp8.5 επικράτηση μόνο BSh κλιμάτων και μερική εμφάνιση μοντέλων με αποτέλεσμα BWk ή BWk δηλαδή πολύ ξηρότερων και θερμότερων. Ο Λίβανος είναι στην μεγάλη πλειοψηφία των χωρών που θα αυξηθούν οι μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες τους κατά πολύ, ενώ επίσης αξιοσημείωτη είναι η μείωση των βροχοπτώσεων ιστορικά, ειδικά για το διάστημα 1991-2016 και για το διάστημα 2080-99 rcp8.5.

5.2.12 Λιβύη



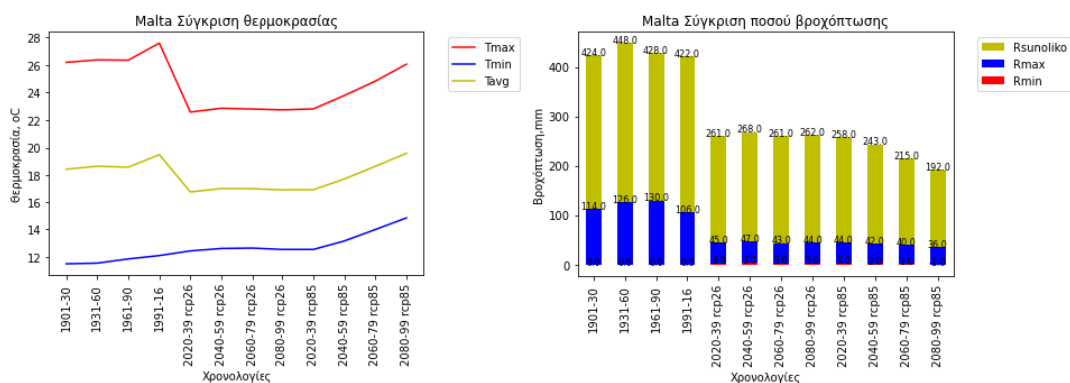
Διαγράμμα 5.2.12.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Λιβύη



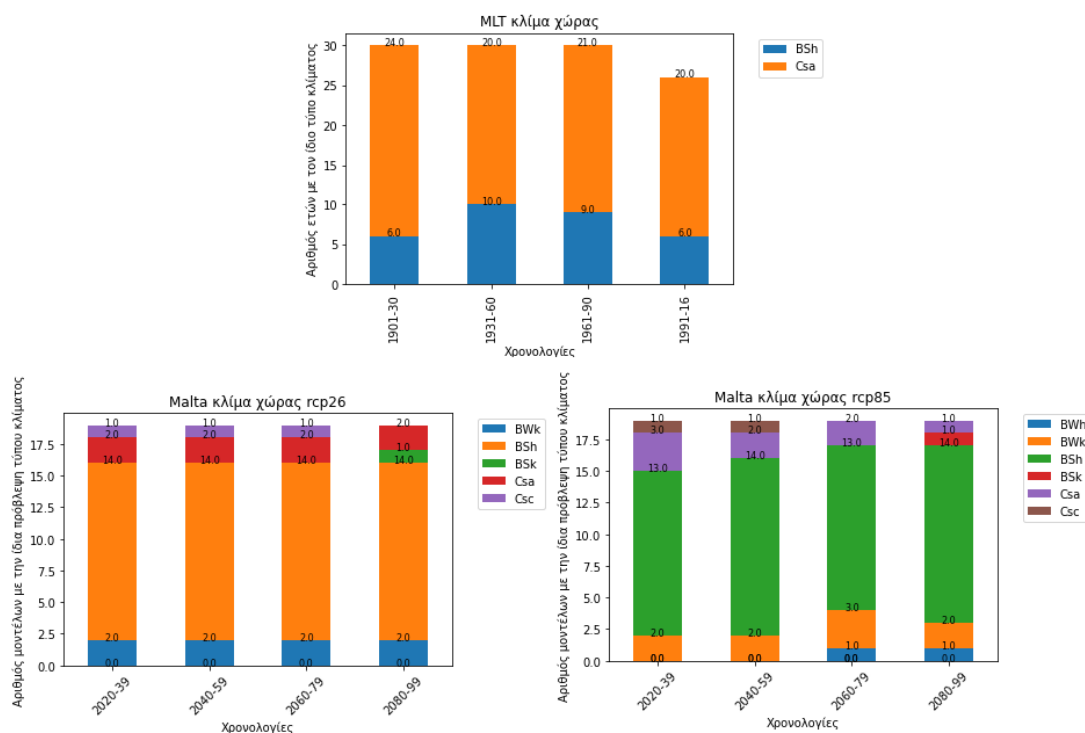
Διάγραμμα 5.2.12.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Λιβύη

Για τη Λιβύη δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στο κλίμα ιστορικά και μελλοντικά με επικράτηση του BWh τύπου, που όμως βάση διαγραμμάτων για τα ιστορικά και το rcp8.5 κυμαίνεται σε υψηλά θερμοκρασιακά επίπεδα με μικρή σταδιακή μείωση των υψών βροχής. Στη Λιβύη σημαντική είναι η πτώση της συνολικής βροχόπτωσης ιστορικά με ταυτόχρονη αύξηση της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης μέσης θερμοκρασίας ειδικά για το διάστημα 1991-2016.

5.2.13 Μάλτα



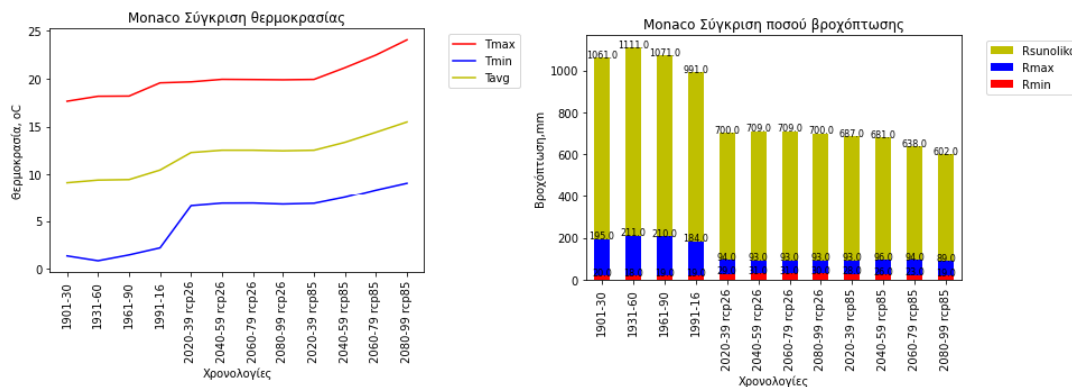
Διαγράμμα 5.2.13.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Μάλτα



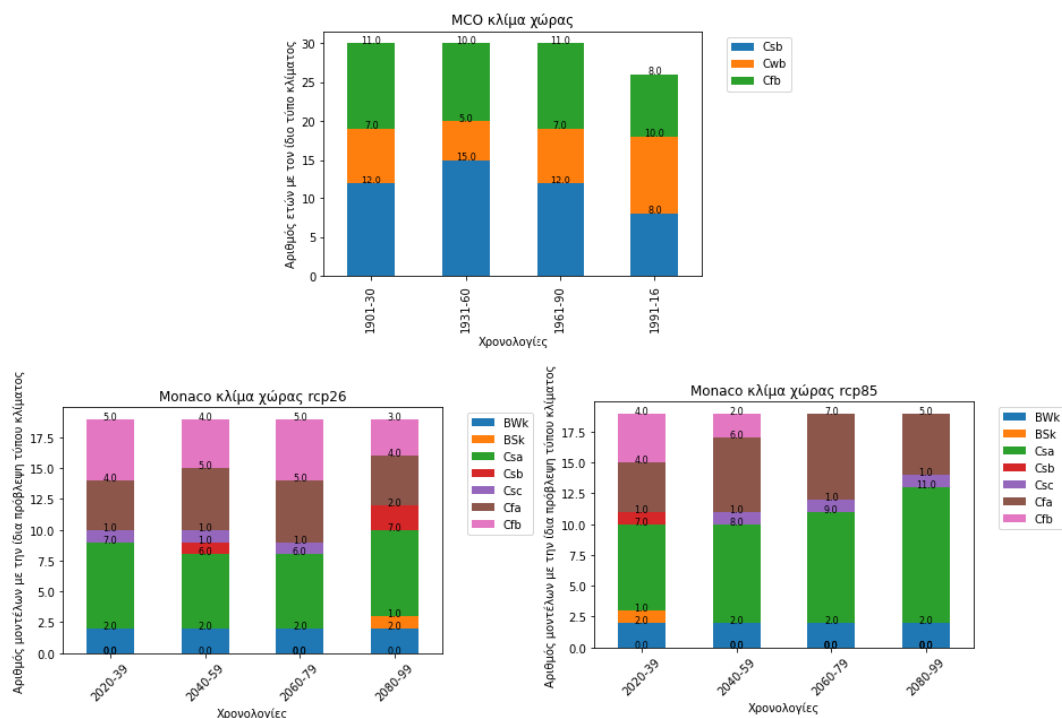
Διάγραμμα 5.2.13.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Μάλτα

Στην Μάλτα ιστορικά παρατηρείται συνδυασμός κυρίως Csa και BSh τύπων, ενώ και για τα δύο σενάρια έχουμε επικράτηση του BSh κλίματος. Επομένως πλήρης επικράτηση ξηρότερου και θερμότερου κλίματος. Στα διαγράμματα διακύμανσης παρατηρείται πρώτον μικρή και μεγάλη αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας και για τα δύο σενάρια, ενώ αξιοσημείωτη είναι η μεγάλη πτώση των βροχοπτώσεων για το διάστημα 2060-99 rcp8.5.

5.2.14 Μονακό



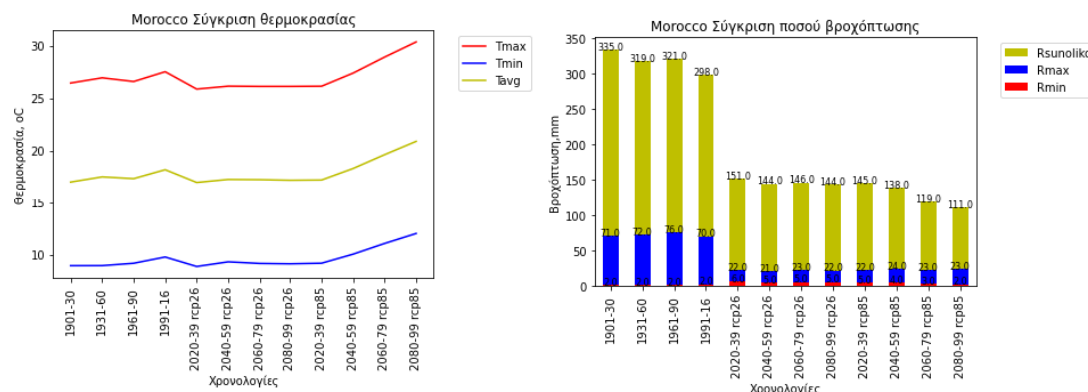
Διαγράμμα 5.2.14.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Μονακό



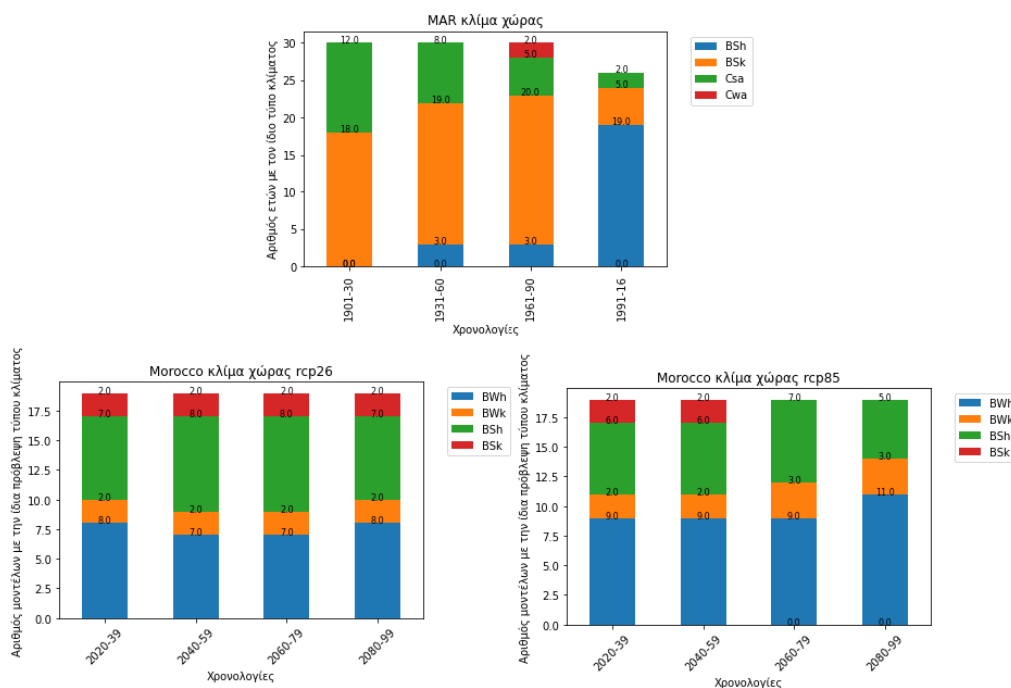
Διάγραμμα 5.2.14.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Μονακό

Το Μονακό ιστορικά είναι ο συνδυασμός Csb,Cwb, Cfb τύπων, ενώ και για τα δύο σενάρια επικρατούν για το rcp2.6 ο συνδυασμός Cfa, Csa κλίματος ενώ για το rcp8.5 ο συνδυασμός σε μεγαλύτερο βαθμό των Csa και Cfa, σε κάθε περίπτωση το Μονακό κινείται προς θερμότερα κλίματα (b→ a), ενώ σταδιακά εξαλείφεται ο αριθμός των μοντέλων με το Cfb σαν αποτέλεσμα. Το Μονακό είναι ακόμη μια χώρα με σημαντική αύξηση της ελάχιστης μέσης θερμοκρασίας του και για τα δύο σενάρια, που όμως διατηρείται σε μικρότερο βαθμό για τη μέση μέγιστη και μέση θερμοκρασία, ενώ αισθητή είναι η πτώση του ποσού βροχής ιστορικά και για το σενάριο rcp8.5.

5.2.15 Μαρόκο



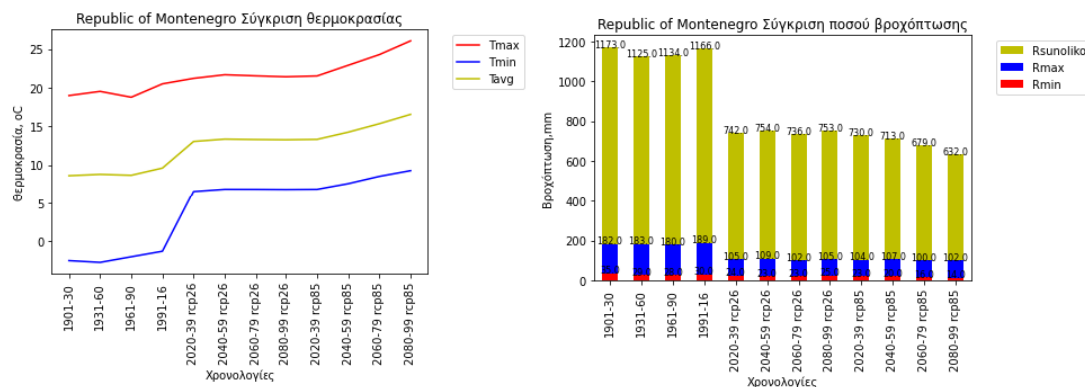
Διαγράμμα 5.2.15.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Μαρόκο



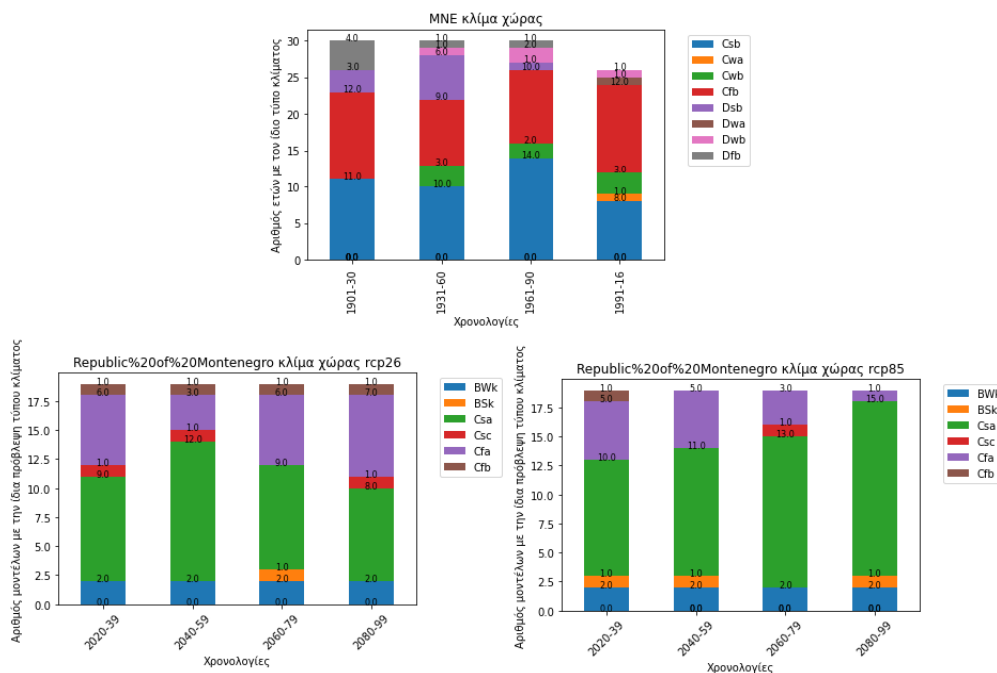
Διάγραμμα 5.2.15.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Μαρόκο

Για το Μαρόκο παρατηρείται ιστορικά ο συνδυασμός κυρίως BSk και Csa κλιμάτων που την τελευταία 26ετία ανατρέπεται με επικράτηση του BSh κλίματος. Για το σενάριο rcp2.6 παρατηρείται πλήρης εξάλειψη του Csa και συνδυασμός κυρίως BSh, BWh κλιμάτων με λίγες χρονιές BSk κλίματος, ο οποίος στο δεύτερο μισό του rcp8.5 δεν εμφανίζεται και επικρατούν τα κλίματα BWh και BSh, σε κάθε περίπτωση το Μαρόκο κινείται προς θερμότερα και πολύ ξηρότερα κλίματα, ερήμου. Στο Μαρόκο από τα διαγράμματα διακύμανσης σημαντική φαίνεται η πτώση των βροχοπτώσεων ιστορικά αλλά και για το rcp8.5 ειδικά τις τελευταίες δύο 20ετίες.

5.2.16 Μαυροβούνιο



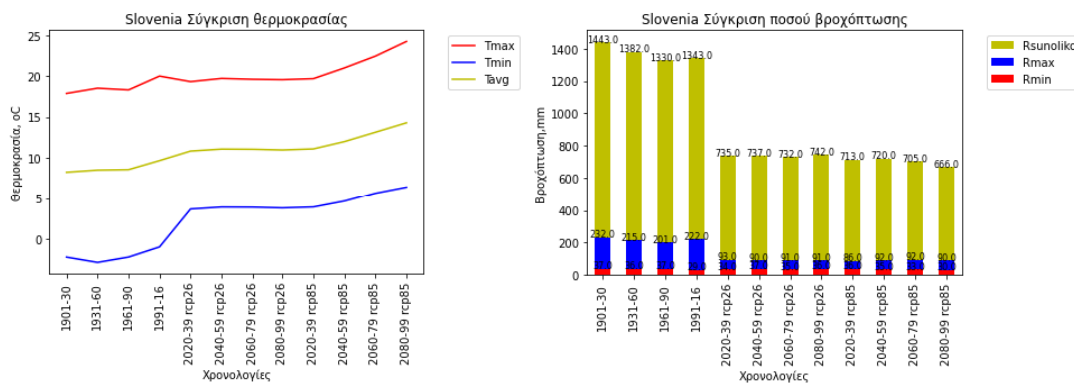
Διάγραμμα 5.2.16.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για το Μαυροβούνιο



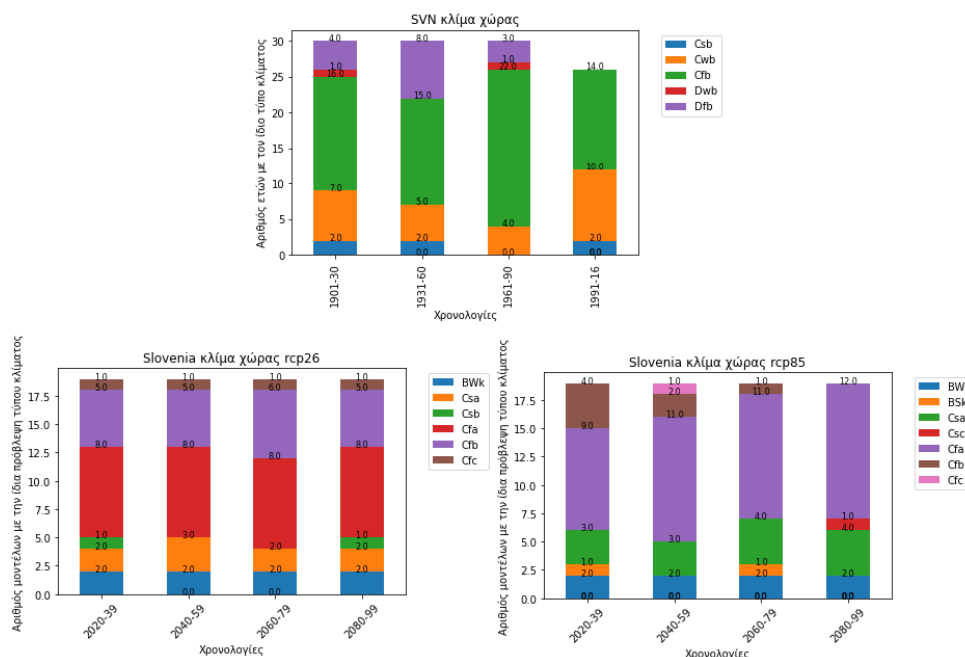
Διάγραμμα 5.2.16.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για το Μαυροβούνιο

Το Μαυροβούνιο ιστορικά κυριαρχείται από χρονιές με Cfb, Csa ενώ εμφανίζονται και αρκετές χρονιές στο διάστημα ειδικά 1901-90 με D χαρακτηριστικά, δηλαδή μικρές χειμερινές θερμοκρασίες, που μέχρι το 2016 εξαλείφονται σχεδόν ολοκληρωτικά. Στο rcp2.6 επικρατεί ο συνδυασμός Cfa, Csa τύπων, ενώ στο rcp8.5 σταδιακά επικρατεί το Csa. Το Μαυροβούνιο από τα διαγράμματα διακύμανσης παρουσιάζει μεγάλη αύξηση όλων των μέσων θερμοκρασιών του, ιδίως της μέσης ελάχιστης και για τα δύο σενάρια.

5.2.17 Σλοβενία



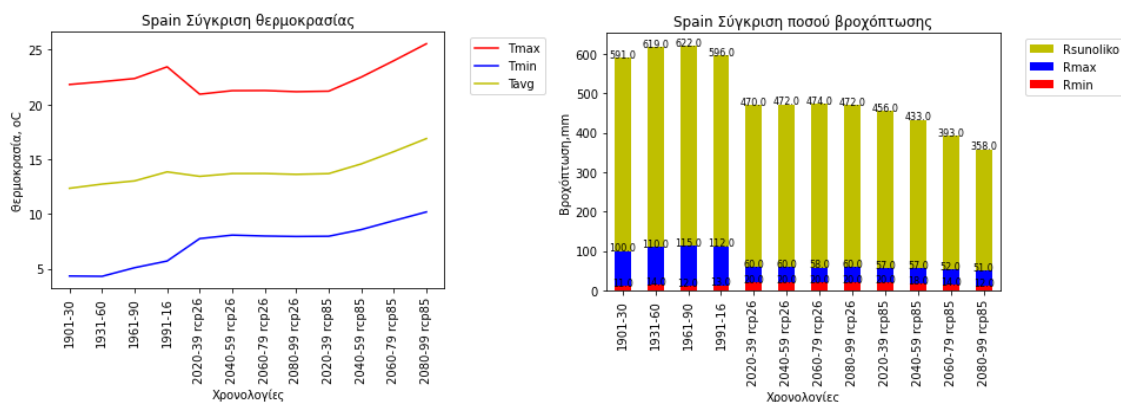
Διαγράμμα 5.2.17.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχοπτώσεως (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Σλοβενία



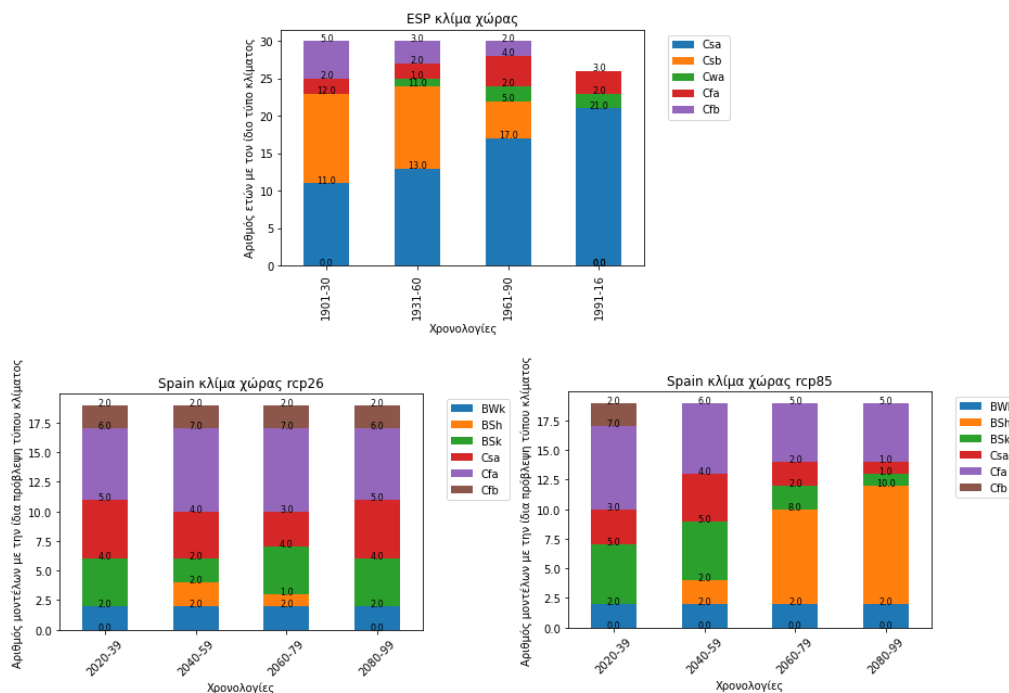
Διάγραμμα 5.2.17.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Σλοβενία

Η Σλοβενία ιστορικά είναι ο συνδυασμός Cfb, Cwb τύπων κλίματος, με κάποιες χρονιές Dfb μέχρι το 1990-2016 όπου σταματά να εμφανίζεται. Μελλοντικά για rcp2.6 επικρατεί Cfa, Cfb κλίμα, ενώ για rcp8.5 έχουμε επικράτηση του Cfa κλίματος και Csa σε μικρότερο βαθμό δηλαδή θερμότερα και ξηρότερα κλίματα. Η Σλοβενία επίσης θα παρουσιάσει θερμότερους χειμώνες και για τα δύο σενάρια, ενώ το συνολικό ποσό βροχής παρουσίασε αξιοσημείωτη μείωση ιστορικά.

5.2.18 Ισπανία



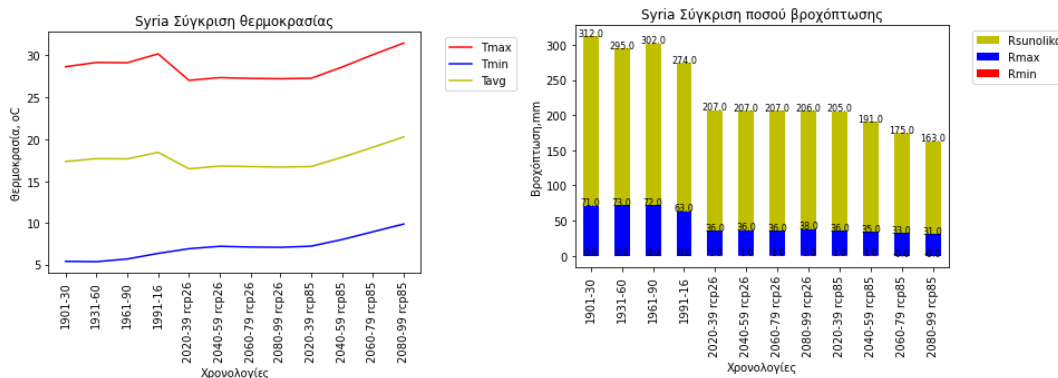
Διάγραμμα 5.2.18.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Ισπανία



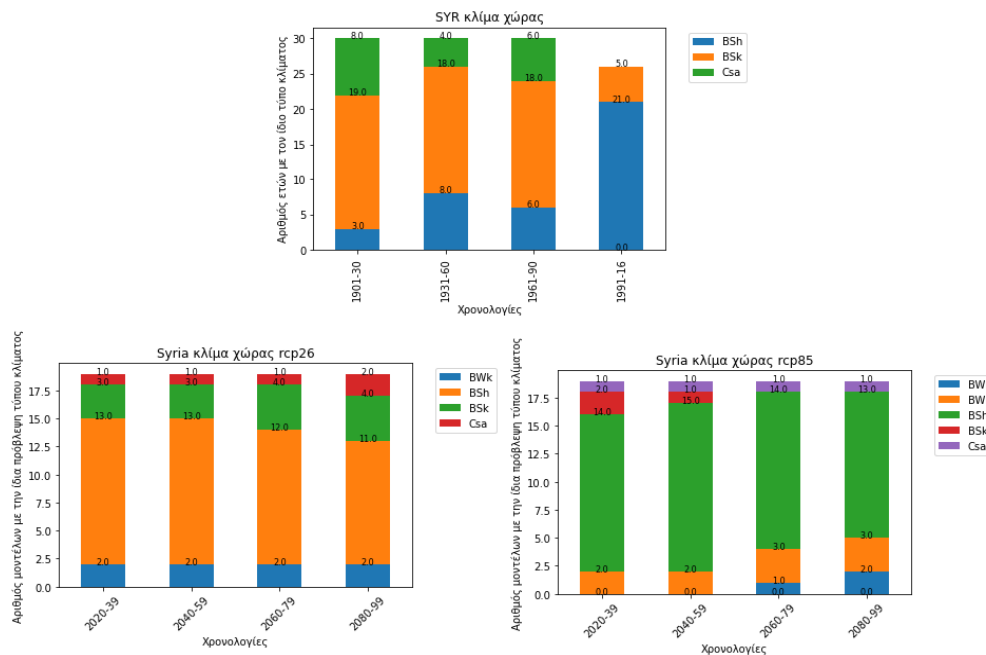
Διάγραμμα 5.2.18.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Ισπανία

Η Ισπανία ιστορικά είναι ο συνδυασμός Csa, Csb τύπων για το διάστημα 1901-1960, το οποίο διατηρήθηκε και το 1961-1990 όμως εμφανίστηκαν και περισσότερα έτη με Cfa συμπεριφορά, ενώ το 1991-2016 επικράτησε κυρίως το Csa. Μελλοντικά και για τα δυο σενάρια αρκετά μοντέλα προβλέπουν ότι ολόκληρη η χώρα θα κινηθεί προς ξηρότερα κλίματα (BWk, BSh, BSk) ενώ κάποια άλλα για rcp2.6 δείχνουν και τα Cfa, Csa ως πιθανά, ενώ για το rcp8.5 τα περισσότερα μοντέλα ειδικά για το 2080-99 προβλέπουν επικράτηση του BSh κλίματος κυρίως. Η Ισπανία από τα διαγράμματα διακύμανσης δείχνει κυρίως αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας και για τα δύο σενάρια ενώ σημαντική είναι η μείωση των βροχοπτώσεων ειδικά για το διάστημα 2080-99 rcp8.5.

5.2.19 Συρία



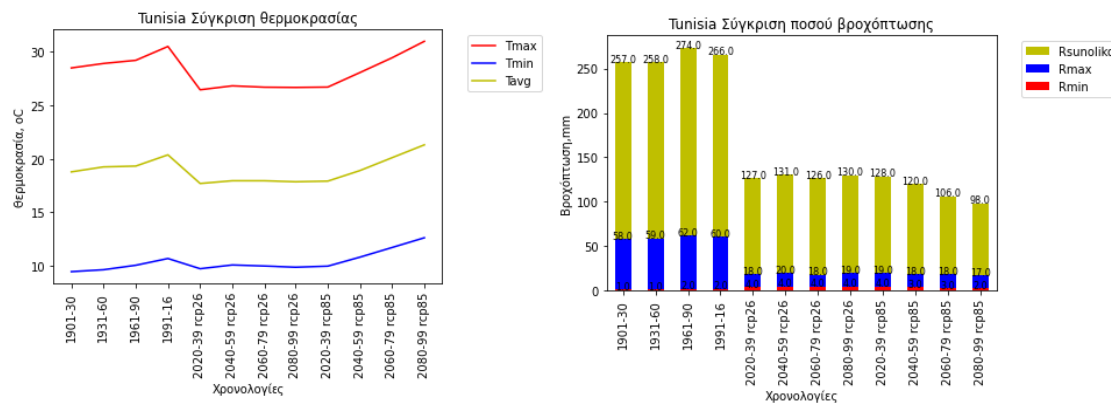
Διαγράμμα 5.2.19.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για τη Συρία



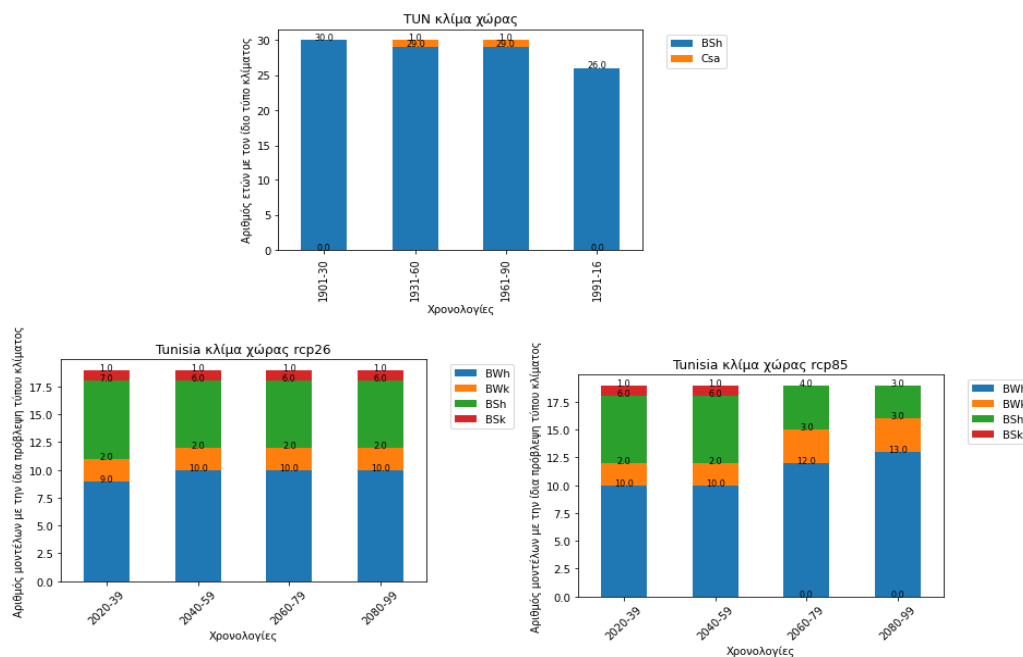
Διάγραμμα 5.2.19.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για τη Συρία

Για τη Συρία ιστορικά επικρατούν οι τύποι BSk,Csa, BSh ενώ για το διάστημα 1991-2016 εξαλείφεται το Csa και επικρατεί το BSh. Για το rcp2.6 τα περισσότερα μοντέλα προβλέπουν BSh, BSk κλίματα, ενώ για rcp8.5 η πλειοψηφία προβλέπει BSh κλίμα, πράγμα που σημαίνει ότι η χώρα με μεγαλύτερη πιθανότητα κινείται σε κάθε περίπτωση προς θερμότερα στεπικά κλίματα. Η Συρία είναι από τις χώρες που τόσο ιστορικά όσο και για το σενάριο rcp8.5 παρουσιάζει μείωση των βροχοπτώσεων, ενώ μικρή άνοδο έχει και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία της και για τα δύο σενάρια.

5.2.20 Τυνησία



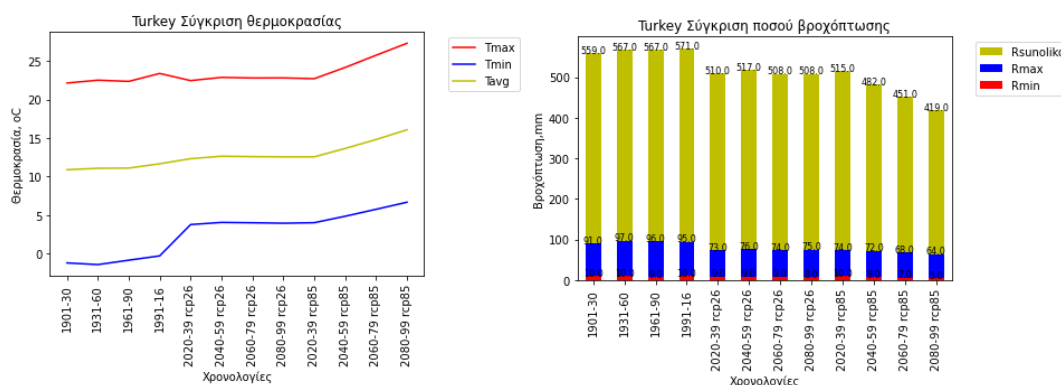
Διαγράμμα 5.2.20.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Τυνησία



Διάγραμμα 5.2.20.2 Διαγράμματα ποσοτικής σύγκρισης ετών ίδιου τύπου κλίματος ανά 30 και 26 έτη για το 1901-2016 (πάνω) και ποσοτικής σύγκρισης μοντέλων με ίδια προβολή τύπου κλίματος μελλοντικά ανά 20 έτη για το χρονικό διάστημα 2020-99, για το σενάριο rcp2.6 (κάτω αριστερά) και rcp8.5 (κάτω δεξιά) για την Τунησία

Για την Τунησία ιστορικά κυριαρχεί το BSh κλίμα, ενώ για το rcp2.6 τα περισσότερα μοντέλα προβλέπουν BSh και BWh κλίμα, ενώ για το rcp8.5 ειδικά κατά το 2080-99 κυρίως προβλέπεται BWh κλίμα ερήμου (μεγαλύτερη ένταση ξηρότητας). Από τα διαγράμματα διακύμανσης πιο σημαντική είναι η μείωση του συνολικού ύψους βροχής για το σενάριο rcp8.5 για τις δύο τελευταίες 20ετίες, με ταυτόχρονη μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας καθόλη τη χρονική διάρκεια.

5.2.21 Τουρκία



Διαγράμμα 5.2.21.1 Διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας (αριστερά) και βροχόπτωσης (δεξιά) για τα χρονικά διαστήματα 1901-2016 και 2020-99 για rcp2.6 και rcp8.5 για την Τουρκία

Βοσνία και Ερζεγο βίνη	Cfb/ Csb/ D	Cfb/ Csb /D	Cfb /Cs b/D	Cfb	Cs a/C fa		Cs a/C fa	Cs a/C fa	Cs a/ Cf a	Cs a/C fa	Cs a/C fa	Cs a/ Cf a
Κροατία	Cfb/ Csb/ D	Cfb/ Csb /D	Cfb /Cs b/D	cfb/ Cfa/ Csa	Cfa /Cf b/C sa	Cfa /Cf b/C sa	Cfa /Cf b/C sa	Cfa /Cf b/C sa	Cf a/ Cs a	Cfa /Cs a	Cfa /Cs a	Cf a/ Cs a
Κύπρος	Csa	Csa	Cs a	Csa /BS h	Cs a/B Sh	Cs a/B Sh	Cs a/B Sh	Cs a/B Sh	Cs a/ B Sh	BS h	BS h	BS h
Αίγυπτο ς	BWh	BW h	BW h	BW h	BW h	BW h	BW h	BW h	B W h	BW h	BW h	B W h
Γαλλία	Csb/ Cfb	Csb /Cfb	Cs b/C fb	Csb /Cfb	Cfb /Cf a	Cfb /Cf a	Cfb	Cfb /Cs a	Cf b	Cfb /Cf a/C sa	Cfb /Cf a/C sa	Cf a/ Cs a
Ελλάδα	Csa	Csa	Cs a	Csa	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a/B Sh	Cs a/ BS h
Ισραήλ	BSh	BSh	BS h	BS h	BS h	BS h	BS h	BS h	B Sh	BS h/B Wh	BW h/B Sh	B W h/ BS h
Ιταλία	Cfb/ Csb	Cfb/ Csb	Cfb /Cs b	Cfa/ Cfb	Cfa /Cs a	Cfa /Cs a	Cfa /Cs a	Cfa /Cs a	Cs a/ Cf a	Cs a/C fa	Cs a/C fa	Cs a/ Cf a
Λίβανος	Csa	Csa	Cs a	Csa	BS h	BS h	BS h	BS h	B Sh	BS h	BS h	BS h
Λιβύη	BWh	BW h	BW h	BW h	BW h	BW h	BW h	BW h	B W h	BW h	BW h	B W h
Μάλτα	Csa/ BSh	Csa /BS h	Cs a/B Sh	Csa /BS h	BS h	BS h	BS h	BS h	B Sh	BS h	BS h	BS h
Μονακό	Csb/ Cwb /Cfb	Csb /Cw b/Cf b	Cs b/C wb/ Cfb	Csb /Cw b/Cf b	Cs a/C fa/ Cfb	Cs a/C fa/ Cfb	Cs a/C fa/ Cfb	Cs a/C fa/ Cfb	Cs a/ Cf a	Cs a/C fa	Cs a/C fa	Cs a/ Cf a
Μαρόκο	BSk/ Csa	BSk /Cs a	BS k/C sa	BS h/B Sk	BW h/B Sh	BW h/B Sh	BW h/B Sh	BW h/B Sh	B W h/ B Sh	BW h/B Sh	BW h/B Sh	B W h

Μαυροβούνιο	Csb/ Cfb/ D	Csb /Cfb /Cw b/D	Cs b/C fb/ D	Csb /Cfb /D	Cs a/C fa	Cs a/C fa	Cs a/C fa	Cs a/C fa	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a
Σλοβενία	Cfb/ Cwb /Dfb	Cfb/ Cw b/Df b	Cfb /C wb/ Dfb	Cfb/ Cw b	Cfa /Cf b	Cfa /Cf b	Cfa /Cf b	Cfa /Cf b	Cf a	Cfa	Cfa	Cf a
Ισπανία	Csb/ Csa/ Cfb	Csb /Cs a/Cf b	Cs a/C sb/ Cfa	Csa /Cfa	Cfa /Cs a/B Sk	Cfa /Cs a/B Sk	Cfa /Cs a/B Sk	Cfa /Cs a/B Sk	Cs a/ Cf a	Cs a/C fa	BS h/C fa	BS h
Συρία	BSk/ csa/ BSh	BSk /csa /BS h	BS k/c sa/ BS h	BS h/B Sk	BS h	BS h	BS h	BS h	B Sh	BS h	BS h	BS h/ B W k
Τυνησία	BSh	BSh	BS h	BS h	BW h/B Sh	BW h/B Sh	BW h/B Sh	BW h/B Sh	B W h	BW h	BW h	B W h
Τουρκία	Csa/ Csb	Csa /Cs b	Cs a/C sb	Csa	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a	Cs a/ BS h

Πίνακας 5.3.1 Αποτελέσματα κλιματικών τύπων

	Tmax				Tmin				Rsun			
Χώρα / Σύγκριση μεταξύ	Ιστορικά	rcp2.6 / Ιστορικά	rcp8.5 / Ιστορικά	RCP 2.6 / RCP 8.5	Ιστορικά	rcp2.6 / Ιστορικά	rcp8.5 / Ιστορικά	RCP 2.6 / RCP 8.5	Ιστορικά	rcp2.6	rcp8.5	RCP 2.6 / RCP 8.5
Αλβανία	α	Σ	A	A	α	A	A	A	μ	Σ	M	M
Αλγερία	A	M	α	A	α	M	A	A	Σ	Σ	μ	μ
Βοσνία και Ερζεγοβίνη	A	-	A	A	α	-	A	A	Σ	Σ	μ	M
Κροατία	A	M	A	A	α	A	A	A	μ	Σ	μ	μ
Κύπρος	A	M	μ	A	α	A	A	A	M	Σ	M	M
Αίγυπτος	A	M	A	A	A	M	A	A	M	α	Σ	Σ
Γαλλία	A	M	A	A	α	A	A	A	Σ	Σ	μ	μ
Ελλάδα	A	M	A	A	Σ	A	A	A	M	Σ	M	M
Ισραήλ	A	M	A	A	Σ	Σ	A	A	M	Σ	M	M
Ιταλία	A	Σ	A	A	α	A	A	A	Σ	Σ	μ	μ
Λίβανος	A	μ	A	A	α	A	A	A	M	Σ	μ	M
Λιβύη	A	M	Σ	A	α	M	Σ	A	μ	Σ	μ	μ

Μάλτα	α	M	μ	A	α	α	A	A	Σ	Σ	M	M
Μονακό	A	Σ	A	A	α	A	A	A	M	Σ	μ	M
Μαρόκο	α	M	A	A	α	Σ	A	A	M	Σ	M	M
Μαυροβούνιο	α	α	A	A	α	A	A	α	Σ	Σ	μ	μ
Σλοβενία	A	Σ	A	A	α	A	A	A	M	Σ	M	μ
Ισπανία	A	M	A	A	α	A	A	A	M	Σ	M	M
Συρία	A	M	α	A	α	α	A	A	M	Σ	M	M
Τυνησία	A	M	Σ	A	α	μ	A	A	α	Σ	M	M
Τουρκία	α	Σ	A	A	α	A	A	α	Σ	Σ	M	M

Πίνακας 5.3.2 σύγκριση διαγραμμάτων διακύμανσης (Όπου A – Μεγάλη αύξηση, α – αύξηση, M – Μεγάλη μείωση, μ – μείωση, Σ –σταθερό (περίπου στα ίδια επίπεδα))

Από τα παραπάνω διαγράμματα τύπου κλίματος για τις 21 χώρες διαπιστώνονται τα παρακάτω:

Ιστορικά άλλαξαν κλίμα 11 από τις 21 χώρες, κυρίως το χρονικό διάστημα 1991-2016, ποσοστό 52,38% (Αλβανία, Βοσνία, Κροατία, Κύπρος, Ιταλία, Μαρόκο, Μαυροβούνιο, Σλοβενία, Ισπανία, Συρία, Τουρκία)

Από 11 χώρες που άλλαξαν κλίμα, 4 (Κροατία, Σλοβενία, Μαυροβούνιο και Τουρκία) ιστορικά παρουσίασαν χαρακτηριστικά D ($T_{min} < -4^{\circ}\text{C}$) τύπου για κάποιες χρονιές (έστω και 1 ανά 30 έτη) στο διάστημα 1901-2016, ενώ 3 από αυτές έχασαν εντελώς τα D χαρακτηριστικά τους στην τελευταία 26ετία (1991-2016), (Βοσνία, Κροατία, Τουρκία), ποσοστό 75%

Από τις 11 χώρες που άλλαξαν κλίμα 5 χώρες έχασαν το Cfb ή Csb κλίμα τους στο χρονικό διάστημα 1991-2016 σε Cfa και Csa (Αλβανία, Κροατία, Ιταλία, Ισπανία, Τουρκία) ενώ προς στεπικά κλίματα BSh με απαλοιφή Csa τύπων κινήθηκαν οι 3 χώρες (Κύπρος, Μαρόκο, Συρία)

Από τις 3 χώρες με εμφάνιση Cw κλιμάτων (Μαυροβούνιο, Μονακό και Σλοβενία) το Μαυροβούνιο έχασε τα Cw χαρακτηριστικά του μέχρι το 2016.

Τέλος, όσες χώρες είχαν χαρακτηριστικά b ($T_{max} < 22^{\circ}\text{C}$ και $n \geq 4$) (Αλβανία, Κροατία, Ιταλία, Ισπανία, Τουρκία) στο διάστημα 1991-2016 είχαν αποκλειστικά a χαρακτηριστικά ($T_{max} > 22^{\circ}\text{C}$).

Από το χρονικό διάστημα 1991-2016 σε σχέση με το rcp2.6, τύπο κλίματος άλλαξαν 13 χώρες, ποσοστό 61.9% (Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Κροατία, Γαλλία, Ιταλία, Λίβανος, Μάλτα, Μονακό, Μαρόκο, Μαυροβούνιο, Σλοβενία, Ισπανία, Συρία, Τυνησία).

Από τις 13 αυτές χώρες οι 7 (Βοσνία, Κροατία, Γαλλία, Ιταλία, Μονακό, Μαυροβούνιο, Σλοβενία) με b χαρακτηριστικά μετακινήθηκαν σε κυρίως a. Από τις 2 χώρες με Cw έτη (Σλοβενία και Μονακό) και οι δύο έχασαν εντελώς τα Cw χαρακτηριστικά τους.

Από τις 13 χώρες με αλλαγή, προς στεπικά θερμότερα κλίματα κινήθηκαν οι 3 χώρες (Λίβανος, Μάλτα, Συρία) ενώ από στεπικά ψυχρά και θερμά σε ερημικά θερμά κινήθηκαν η Τυνησία και το Μαρόκο. (μείωση βροχοπτώσεων)

Το Μαυροβούνιο η μόνη χώρα ιστορικά με D χαρακτηριστικά το χρονικό διάστημα 1991-2016, χάνει εντελώς τα D με rcp2.6

Συγκριτικά με το χρονικό διάστημα 1991-2016 με το σενάριο rcp8.5 για το χρονικό διάστημα 2020-99, τύπο κλίματος αλλάζουν 17 στις 21 χώρες, ποσοστό 80,95% (Αλβανία, Βοσνία, Κροατία, Κύπρος, Γαλλία, Ελλάδα, Ισραήλ, Ιταλία, Λίβανος, Μάλτα, Μονακό, Μαρόκο, Μαυροβούνιο, Σλοβενία, Ισπανία, Τυνησία, Τουρκία), ειδικά στο χρονικό διάστημα 2060-99.

Από αυτές οι 10 κινούνται προς ερημικά και στεπικά θερμά κλίματα ή αυξανόμενος ανά 20ετία αριθμός μοντέλων προβλέπουν BWh ή BSh ή BSk κλίματα (Αλβανία, Κύπρος, Ελλάδα, Ισραήλ, Λίβανος, Μάλτα, Μαρόκο, Ισπανία, Τυνησία, Τουρκία). Ποσοστό 58.82% για τις χώρες με αλλαγή και 47.62% για το σύνολο των χωρών.

Τα b χαρακτηριστικά τους χάνουν οι 7 χώρες (Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Κροατία, Γαλλία, Ιταλία, Μονακό, Μαυροβούνιο και Σλοβενία) σε a χαρακτηριστικά, ενώ η Σλοβενία και το Μονακό χάνουν εντελώς τα Cw χαρακτηριστικά τους και το Μαυροβούνιο τα D χαρακτηριστικά του. Το Μαυροβούνιο χάνει εντελώς τα D χαρακτηριστικά του.

Από Csa προς BSh/k κινούνται οι 7 χώρες : Αλβανία (μερικώς) , Κύπρος(BSh), η Ελλάδα (BSh), ο Λίβανος (BSh), η Μάλτα (BSh), η Ισπανία (BSh) και η Τουρκία (μερικώς προβλεπόμενο BSh), ενώ οι χώρες με BSh/k τύπους ιστορικά, μελλοντικά μετατρέπονται σε BWh/k : το Ισραήλ, το Μαρόκο και η Τυνησία.

Από τις 7 χώρες με Cf χαρακτηριστικά (Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Κροατία, Γαλλία, Ιταλία, Μονακό, Μαυροβούνιο, Σλοβενία) όλες εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα Cs χαρακτηριστικών ειδικά τα τελευταία 20 έτη 2080-99, δηλαδή ξηρότερων και θερμότερων καλοκαιριών.

Τέλος, από τις 21 χώρες οι 3 (Αίγυπτος, Αλγερία και Λιβύη) δεν άλλαξαν τύπο κλίματος ούτε ιστορικά ούτε υπό τα σενάρια και διατήρησαν τα BWh χαρακτηριστικά τους.

Από τα διαγράμματα διακύμανσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης διαπιστώθηκαν τα εξής:

Ιστορικά η T_{max} αυξήθηκε σημαντικά (>2° C) σε 16 χώρες (76,19%) και μικρή αύξηση σε 5 χώρες (23.81%).

Στο rcp2.6 σε σχέση με τα ιστορικά η T_{max} μειώθηκε σημαντικά σε 13 χώρες (65%), σταθερή παρέμεινε για 5 χώρες (25%), μικρή αύξηση για 1 χώρα (5%) και 1 χώρα με σφάλμα.

Στο rcp8.5 σε σχέση με τα ιστορικά η T_{max} αυξήθηκε σημαντικά για 15 χώρες (71.43%), μικρή αύξηση είχε σε 2 χώρες (9.52%), σταθερή παραμένει σε 2 χώρες (9.52%), και μικρή μείωση είχε σε 2 χώρες (9.52%).

Συγκριτικά με τα δύο σενάρια η T_{max} αυξήθηκε για το rcp8.5 για 21 χώρες (100%)

Ιστορικά η T_{min} μικρή αύξηση είχε για 17 χώρες (80.95%), σημαντική αύξηση για 1 χώρα (4.76%) και σταθερή παραμένει για 3 χώρες (14.28%).

Στο rcp2.6 σε σχέση με τα ιστορικά η T_{min}, αυξήθηκε σημαντικά σε 12 χώρες (60%), μικρή αύξηση είχε για 2 χώρες (10%), μεγάλη μείωση είχε για 3 χώρες (15%) , μικρή

μείωση είχε για 1 χώρα (5%) και σταθερή παραμένει για 2 χώρες (10%) (1 χώρα με σφάλμα δεν καταμετρήθηκε).

Στο rcp8.5 σε σχέση με τα ιστορικά η T_{min} είχε σημαντική αύξηση είχε στις 20 χώρες (95.24%) και σταθερή για 1 χώρα (4.76%)

Συγκριτικά με τα δύο σενάρια η T_{min} αυξήθηκε σημαντικά για 19 χώρες (90.48%) και μικρή αύξηση είχε για 2 χώρες (9.52%).

Ιστορικά η συνολική βροχόπτωση R_{sun}, μειώθηκε για 10 χώρες (47.62%), μικρή μείωση είχε για 3 χώρες (13.29%), σταθερή παραμένει για 7 χώρες (33.33%) και μικρή αύξηση είχε σε 1 χώρα (4.76%).

Στο rcp2.6 η συνολική βροχόπτωση έμεινε σταθερή για 20 χώρες (95.24%) και μικρή αύξηση είχε για 1 χώρα (4.76%).

Στο rcp8.5 η συνολική βροχόπτωση μειώθηκε σημαντικά για 11 χώρες (52.38%), μικρή μείωση είχε για 9 χώρες (42.86%) και σταθερή παραμένει σε 1 χώρα (4.76%)

Μεταξύ του rcp2.6 και rcp8.5, σημαντική μείωση στη συνολική βροχόπτωση παρουσίασαν 13 χώρες (61.90%) , μικρή μείωση 7 χώρες (33.33%) και σταθερή πορεία για 1 χώρα (4.76%).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία , ιστορικά αυξήθηκε σημαντικά για 11 χώρες(52.38%), μικρή αύξηση είχε για 6 χώρες (28.57%) και σταθερή παρέμεινε για 4 χώρες (19.05%).

Σε σχέση με την ιστορική μέση ετήσια θερμοκρασία για rcp2.6 σημαντική αύξηση είχαν 5 χώρες (25%), μικρή αύξηση 4 χώρες (20%), σημαντική μείωση για 9 χώρες (45%) και σταθερή παρέμεινε για 2 χώρες (10%). Η Βοσνία και Ερζεγοβίνη δεν καταμετρήθηκε για τον υπολογισμό των στατιστικών.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία για rcp8.5 αυξήθηκε για 21 χώρες (100%) και σε σχέση με την ιστορική αλλά και σε σχέση με το σενάριο rcp2.6.

Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα

6.1 Συνολικά συμπεράσματα

Από την παράγραφο 5.3 τα βασικά συμπεράσματα είναι τρία. Πρώτον, η κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει ήδη ιστορικά τους τύπους κλίματος των μεσογειακών χωρών αυξάνοντας κυρίως την θερμοκρασία για όλες τις χώρες, ειδικά κατά το τελευταίο χρονικό διάστημα 1991-2016 όπου τα αποτελέσματα φαίνονται εντονότερα. Δεύτερον, η κλιματική αλλαγή ακόμη και με το σενάριο χαμηλών εκπομπών και ακτινοβολιακής ενέργειας rcp2.6, συνεχίζει να επηρεάζει τους τύπους κλίματος για όλο τον 21^ο αιώνα, με πιο ομαλό βέβαια τρόπο, ενώ η συντριπτική πλειοψηφία των χωρών βιώνουν αρκετά χαμηλότερες μέγιστες και μέσες τιμές θερμοκρασίας, ενώ για τις περισσότερες αυξάνεται η ελάχιστη θερμοκρασία και η βροχόπτωση παραμένει σταθερή έως λίγο μειωμένη. Τρίτον και κυριότερον αρχικά τονίζεται η ανάγκη άμεσης υιοθέτησης του σεναρίου rcp2.6 έναντι του σεναρίου υψηλών εκπομπών και ακτινοβολιακής έντασης rcp8.5, για το οποίο διαπιστώθηκε είτε η πολύ μεγάλη αύξηση της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης θερμοκρασίας για όλες τις χώρες είτε η διατήρησή τους στα ίδια ύψηλα επίπεδα με την χρονική περίοδο 1991-2016, ενώ σε όλες προβλέπεται μικρή και μεγάλη μείωση των βροχοπτώσεων, επομένως το σενάριο ερημοποίησης της ευρύτερης μεσογειακής λεκάνης γίνεται εντονότερο και ρεαλιστικό. Η εργασία δεν είχε ως στόχο την επιλογή σεναρίου, καθώς προφανώς το σενάριο χαμηλών εκπομπών πρέπει να εφαρμοστεί, αλλά να διαπιστωθεί η μεγάλη διαφορά στα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στους τύπους κλίματος ανά σενάριο και να υπογραμμίσει την ανάγκη άμεσης υιοθέτησης του rcp2.6.

Επίσης σημαντικό συμπέρασμα και στα δυο σενάρια ήταν η μείωση της ποικιλομορφίας των κλιματικών τύπων που εμφανίζονται ιστορικά, με τις περισσότερες χώρες να κινούνται προς θερμότερα και ξηρότερα κλίματα, ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες γίνονται μεγαλύτερες, μεγαλώνοντας έτσι την ένταση και τη διάρκεια του καλοκαιριού και συρρικνώνοντας τις εποχές της άνοιξης και του φθινοπώρου (εντονότερα για rcp8.5). Η αύξηση της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας και η μείωση της έντασης των χειμερινών μηνών, συνεπάγεται λιγότερες, σπανιότερες και μικρής έντασης και διάρκειας χιονόπτωσης/παγετού, που ειδικά για τις χώρες με υψόμετρα θα οδηγήσει σε έντονα φαινόμενα λειψυδρίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου και λόγω των υψηλότερων μέγιστων θερμοκρασιών θα απαιτούν όλο και μεγαλύτερα ποσά νερού για κάλυψη αναγκών, σε καλλιέργειες (άρδευσης) και λοιπές ανάγκες (ύδρευση, δημόσια και ιδιωτική χρήση)(σενάριο rcp8.5).

Ως προς τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα, υποδεικνύεται πως για όλα τα φυσικά οικοσυστήματα θα υπάρξει διαταραχή, με το σενάριο rcp8.5 να απειλεί είδη προς τον αφανισμό λόγω ερημοποίησης (διαταραχή της τροφικής αλυσίδας) και λειψυδρίας. Η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας θα οδηγήσει σε μείωση της αλιείας και ιχθυοκαλλιέργειας, βασικούς παράγοντες της μεσογειακής διατροφής και οικονομίας. Επίσης, η διαταραχή της διάρκειας των εποχών και εναλλαγών θα επηρεάσει άμεσα τους τομείς της γεωργίας με τις καλλιέργειες όλων των μεσογειακών ειδών (εσπεριδοειδή, ελιές, αμπέλια, βαμβάκι, σύκα κ.α) που είναι ευαίσθητα σε θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και της αλλαγής διακύμανσης των βροχοπτώσεων, να μειώνεται μέχρι και να σταματά εντελώς. Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες με συνθήκες ξηρής ατμόσφαιρας, θα επηρεάσουν και τον τομέα της δασοκομίας, ο οποίος απειλείται με συχνότερες, εντονότερες και

μεγαλύτερης διάρκειας δασικές πυρκαγιές, που θα συμβάλουν και στην ένταση της γενικότερης κατάστασης κλιματικής αλλαγής και ερημοποίησης.

Οικονομικά ακόμη θα πληγεί η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου λόγω της μείωσης του τομέα του τουρισμού και λόγω της ακαταλληλότητας των καλοκαιρινών συνθηκών. Επίσης, λόγω και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, που θα ενταθεί εξαιτίας της περαιτέρω θερμικής διαστολής της θάλασσας, με πολλές παραθαλάσσιες περιοχές και τουριστικά θέρετρα/παραλίες να χάνονται για το σύνολο των χώρων. Να σημειωθεί ότι η Μεσόγειος λόγω δομής και κλιματικών παραγόντων είναι ήδη μια πολύ θερμή θάλασσα. Τέλος, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οικονομικά θα επηρεάσει έντονα τις χώρες, αφού θα προκαλέσει και πολλές καταστροφές σε αστικά κέντρα και δομές κοντά σε αυτές τις περιοχές.

Η ανάγκη άμεσης υιοθέτησης του σεναρίου rcp2.6 είναι προφανής, αναγκαία σε βαθμό ζωτικής σημασίας για το περιβάλλον και τον άνθρωπο στις μεσογειακές χώρες. Οι κύριες πτυχές του σεναρίου rcp2.6 έχουν άμεση σχέση με τον τρόπο που σχεδιάστηκε, δηλαδή τα κλιματικά μοντέλα που το αποτελούν, τα οποία είναι κυρίως ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κλιματικής αλλαγής, αλλαγή χρήσεων/επικάλυψης εδάφους και κλιματικών πολιτικών. Ο κύριος στόχος είναι να μην ξεπεράσει η μέση θερμοκρασία την αύξηση 2°C, μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα, ο οποίος για επιτευχθεί, απαιτεί οι συνολικές εκπομπές CO₂ αλλά και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου από βιομηχανικές χημικές δραστηριότητες και την παραγωγή τσιμέντου να μειωθούν στο ελάχιστο έως και να μηδενιστούν μέχρι τα μέσα το 21ου αιώνα, ενώ για τον υπόλοιπο αιώνα η εκπομπή τους πρέπει να γίνει αρνητική(απομάκρυνση ή απορρόφηση). Μεταξύ των σημαντικότερων μέτρων που πρέπει να ληφθούν ειδικά στη Μεσόγειο, είναι η αλλαγή των χρήσεων γης και οι χρήσεις ενέργειας, μέσω της βιοενέργειας και της αναδάσωσης/επέκτασης γεωργικής γης.

Η αλλαγή στην παραγωγή και χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, είναι ένα σημαντικό ζήτημα που πρέπει να απασχολήσει όλες τις χώρες του κόσμου, αλλάζοντας έτσι και το παγκόσμιο οικονομικό μοτίβο και μετατοπίζοντας τη παραγωγή και καύση ορυκτών καυσίμων προς άλλες μορφές (μεταξύ άλλων αιολική και ηλιακή ενέργεια καθώς και βιοκαλλιέργειες, ειδικά για τις μεσογειακές χώρες). Μαζί με τις βιοκαλλιέργειες σημαντική είναι η συνολική αλλαγή των χρήσεων γης για μείωση των βιομηχανικών και αστικών (τσιμέντο) περιοχών και αύξηση των γεωργικών εκτάσεων και χώρων πρασίνου. Ειδικά για τις Μεσογειακές χώρες, η αναδάσωση πρέπει να είναι από τα πρώτα και σημαντικότερα μέτρα που θα ληφθούν, αν και μέχρι τώρα οι χώρες της Νότιας Ευρώπης και Δυτικής Ασίας ακόμη πλήττονται από σφοδρότερες και συχνότερες δασικές πυρκαγιές (κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες). Για αυτό το λόγο οι περιοχές που ήδη έχουν καεί πρέπει να αποκατασταθούν άμεσα και να δημιουργηθούν καινούργιες διευρυμένες εκτάσεις πρασίνου.

Μπορεί ακόμη εν έτει 2021 να μην έχει ακολουθηθεί πλήρως η γραμμή του rcp2.6, όμως η εφαρμογή της είναι πιθανή και εφικτή, αν και δύσκολη, καθώς όπως δηλώνεται και στην έκθεση του IPCC του 2014, είναι μέτριας βεβαιότητας. Η αύξηση του ποσοστού επιτυχίας και η επίτευξη του στόχου που τέθηκε και μεταξύ των χωρών από τη Συμφωνία του Παρισιού, η οποία υπογράφηκε το 2016, θα γίνει μόνο εφόσον συμμετέχουν όλες οι χώρες του κόσμου στην παραπάνω προσπάθεια.

Βιβλιογραφία

Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Moss et al. 2010

Γενική κλιματολογία, Μπαλαφούτης Χρήστος, Τομέας Μετεωρολογίας Κλιματολογίας

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<http://kossak71.blogspot.com/2009/05/blog-post.html>

<https://www.tovima.gr/2009/12/10/science/mesa-se-dyo-xronia-gemise-me-nero-i-mesogeios/>

https://www.youtube.com/watch?v=rHbAp39B9BM&t=237s&ab_channel=Zorak

https://ec.europa.eu/clima/change/causes_en

<https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Climate-change/data-and-statistics>

<https://www.intechopen.com/chapters/39170>

<https://climate.nasa.gov/>

<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/>

<https://nsidc.org/>

<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/chapter7.html>

<https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/climate-change-impacts>

<https://www.c2es.org/content/heat-waves-and-climate-change/>

<https://www.kathimerini.gr/society/561460660/i-mesogeios-apo-tis-pio-eyalotes-perioches-stin-klimatiki-allagi/>

<http://www.physics4u.gr/articles/2004/milankovitch.html>

<https://climate.nasa.gov/faq/42/what-do-volcanoes-have-to-do-with-climate-change/>

<https://meteovyronas.gr/pdf/meteo.pdf>

<https://www.ecoweather.gr/barometriko-xamilo-kai-ypsilo>

<https://www.bankofgreece.gr/RelatedDocuments/%CE%A0%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84>

%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CF%82%20%CE%91%CE%BB%CE%BB%CE%B1
%CE%B3%CE%B5%CF%82.pdf?mode=preview

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data>

<https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/32/10/jcli-d-18-0472.1.xml>

<https://hess.copernicus.org/preprints/4/439/2007/hessd-4-439-2007.pdf>

<http://hanschen.org/koppen>

https://serc.carleton.edu/eet/envisioningclimatechange/part_2.html

<https://skepticalscience.com/print.php?n=2158>

<https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/ukcp/ukcp18-guidance---representative-concentration-pathways.pdf>

https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification

https://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean_Sea

<https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>

<https://www.britannica.com/place/Mediterranean-Sea>

https://www.wwf.gr/ta_nea_mas/?uNewsID=3677441

RISKS ASSOCIATED TO CLIMATE AND ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE MEDITERRANEAN REGION - A preliminary assessment by the MedECC Network Science-policy interface - 2019

TOWARDS NEW SCENARIOS FOR ANALYSIS OF EMISSIONS, CLIMATE CHANGE, IMPACTS, AND RESPONSE STRATEGIES-IPCC EXPERT MEETING REPORT 19–21 September, 2007 Noordwijkerhout, The Netherlands

Detlef P. van Vuuren, Article in Climatic Change · November 2011, RCP2.6: Exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C

Richard Moss, Article in Nature · February 2010, The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment

<https://www.climatechangeinaustralia.gov.au/en/overview/methodology/list-models/>

https://nsidc.org/cryosphere/sotc/snow_extent.html

https://nsidc.org/cryosphere/sotc/glacier_balance.html

https://nsidc.org/cryosphere/sotc/sea_ice.html

<https://nsidc.org/cryosphere/sotc/iceshelves.html>

https://nsidc.org/cryosphere/sotc/ice_sheets.html

https://nsidc.org/cryosphere/sotc/sea_level.html

<https://www.nrdc.org/stories/greenhouse-effect-101>

<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#methane>

<https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>

<https://climate.nasa.gov/evidence/>

<https://climate.nasa.gov/causes/>

<https://climate.nasa.gov/effects/>

<https://www.bankofgreece.gr/RelatedDocuments/%CE%A0%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CF%82%20%CE%91%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B3%CE%B5%CF%82.pdf?mode=preview>

https://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean_Sea

Παράρτημα

Οι κώδικες της Python

Υπολογισμός στατιστικών θερμοκρασιακών παραμέτρων για τα ιστορικά δεδομένα (Thermokrasia.py)

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Tue May 4 16:31:49 2021

@author: danae
"""

#Εισαγωγή βιβλιοθήκης
import pandas as pd

#δημιουργία συνάρτησης για τη θερμοκρασία
def Temperature(kwdikos,onoma_arxeiou_T):

#Δήλωση σε λίστα των ονομασιών των χειμερινών μηνών μέσα στα αρχεία με τα δεδομένα
    xeimerinoi_mines=[' Jan Average',' Feb Average',' Mar Average',' Oct Average',' Nov
Average',' Dec Average']

    #Δήλωση μεταβλητής dedomena_T για να διαβάσουμε το αρχείο
    dedomena_T=pd.read_csv(onoma_arxeiou_T)

    # Για να τυπώνονται στην οθόνη τα ονόματα στηλών των αρχείων ώστε να μην γίνει
    λάθος στην ονομασία μετά
    onomata_columns=list(dedomena_T.columns)
    print('ta onomata twn stilwn_T:',onomata_columns)

    #Αντίστοιχα με το προηγούμενο βήμα για τους τύπους δεδομένων των στηλών
    typoi_columns=list(dedomena_T.dtypes)
    print('oi typoi twn stilwn_T:',typoi_columns)

    #Για να απομονώσουμε κάθε έτος σε μια λίστα βάζουμε τις χρονολογίες που έχουμε
    διαθέσιμες
    euros_xronwnT=list(set(dedomena_T[' Year']))
    #Φτιάχνουμε ένα dictionary με key το έτος και value τα στατιστικά T
    T_per_year={}
    #Επανάληψη (for) για όλα τα έτη
    for etosT in euros_xronwnT:
    #δημιουργία δεύτερου dictionary
        T_per_year[etosT]={}
        #Απομόνωση δεδομένων κάθε έτους
```

```

dedomena_1_etousT=dedomena_T[dedomena_T[' Year']==etosT]
#Υπολογισμός μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας ανά έτος και μέσου όρου ετήσιας
θερμοκρασίας
max_T_yearly=dedomena_1_etousT.max()[0]
min_T_yearly=dedomena_1_etousT.min()[0]
average_T_yearly=dedomena_1_etousT.mean()[0]
#Προσθέτουμε ως στήλες τις υπολογισμένες τιμές ανά έτος στο dictionary
T_per_year[etosT]['Tmax']= max_T_yearly
T_per_year[etosT]['Tmin']= min_T_yearly
T_per_year[etosT]['Tavg']= average_T_yearly
#Διαχωρισμός καλοκαιρινών και χειμερινών μηνών
dedomena_xeimerinwn_minwnT=dedomena_1_etousT[dedomena_1_etousT['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]
dedomena_kalokairinwn_minwnT=dedomena_1_etousT[~dedomena_1_etousT['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]
#εύρεση μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών ανά εξάμηνο
T_max_winter=dedomena_xeimerinwn_minwnT.max()[0]
T_min_winter=dedomena_xeimerinwn_minwnT.min()[0]
T_max_summer=dedomena_kalokairinwn_minwnT.max()[0]
T_min_summer=dedomena_kalokairinwn_minwnT.min()[0]

#προσθήκη υπολογισμένων στο πιο πάνω βήμα θερμοκρασιών στο dictionary
T_per_year[etosT]['Tmaxwinter']= T_max_winter
T_per_year[etosT]['Tminwinter']= T_min_winter
T_per_year[etosT]['Tmaxsummer']= T_max_summer
T_per_year[etosT]['Tminsummer']= T_min_summer

#Υπολογισμός αριθμού μηνών ανά έτος με T>10oC
Arithmos_minwn_T_10=len(dedomena_1_etousT[dedomena_1_etousT['Temperature
(Celsius)']>10])

#Αποθήκευση με το όνομα arithmos τη στήλη ανά έτος στο dictionary
T_per_year[etosT]['Arithmos']= Arithmos_minwn_T_10

#Μετατροπή του dictionary σε dataframe, αναστρογή του πίνακα και εξαγωγή του ως
αρχείο excel στον υπολογιστή
df=pd.DataFrame(data=T_per_year)
df=(df.T)
print(df)
df.to_excel(f'../data/Apotelesmata/{kwidikos} Statistika Thermokrasias.xlsx') #όπου
κωδικός ο κωδικός κάθε χώρας

```

Υπολογισμός στατιστικών παραμέτρων βροχόπτωσης για τα ιστορικά δεδομένα (Vroxoptwsi.py)

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Sat May 1 23:58:43 2021

@author: danae
"""

#Παρόμοια με Thermokrasia.py για την βροχόπτωση
import pandas as pd

def vroxoptosi(kwdikos,onoma_arxeiou_vroxis):

    xeimerinoi_mines=[' Jan Average',' Feb Average',' Mar Average',' Oct Average','
Nov Average',' Dec Average']

    dedomena_vroxis=pd.read_csv(onoma_arxeiou_vroxis)

    onomata_columns=list(dedomena_vroxis.columns)
    print('ta onomata tw'n stilwn:',onomata_columns)

    typoi_columns=list(dedomena_vroxis.dtypes)
    print('oi typoi tw'n stilwn:',typoi_columns)

    euros_xronwn=list(set(dedomena_vroxis[' Year']))

    rainfall_per_year={}

    for etos in euros_xronwn:
        rainfall_per_year[etos]={}
        dedomena_1_etous=dedomena_vroxis[dedomena_vroxis[' Year']==etos]
        max_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.max()[0]
        min_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.min()[0]
        average_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.mean()[0]

        rainfall_per_year[etos]['Rmax']= max_rainfall_yearly
        rainfall_per_year[etos]['Rmin']= min_rainfall_yearly
        rainfall_per_year[etos]['Ravg']= average_rainfall_yearly

        dedomena_xeimerinwn_minwn=dedomena_1_etous[dedomena_1_etous['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]
        dedomena_kalokairinwn_minwn=dedomena_1_etous[~dedomena_1_etous['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]
```

```

R_max_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.max()[0]
R_min_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.min()[0]
R_max_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.max()[0]
R_min_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.min()[0]

rainfall_per_year[etos]['Rmaxwinter']= R_max_winter
rainfall_per_year[etos]['Rminwinter']= R_min_winter
rainfall_per_year[etos]['Rmaxsummer']= R_max_summer
rainfall_per_year[etos]['Rminsummer']= R_min_summer

#Υπολογισμός συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης και συνόλου χειμερινών και
καλοκαιρινών μηνών
R_sunoliko=dedomena_1_etous.sum()[0]
R_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.sum()[0]
R_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.sum()[0]

rainfall_per_year[etos]['Rsunoliko']= R_sunoliko

#Υπολογισμός χειμερινού και καλοκαιρινού ποσοστού βροχόπτωσης σε κάθε έτος
R_perc_winter=(R_winter/R_sunoliko)*100
R_perc_summer=(R_summer/R_sunoliko)*100

rainfall_per_year[etos]['Pososto_R_Winter']= R_perc_winter
rainfall_per_year[etos]['Pososto_R_Summer']= R_perc_summer

df=pd.DataFrame(data=rainfall_per_year)
df=(df.T)
print(df)
df.to_excel(f'../data/Apotelesmata/{kwidikos} Statistika Vroxoptwsis.xlsx')

```

Ο κώδικας επανάληψη (Loopfiles) για να κληθούν οι παραπάνω συναρτήσεις

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Sat May 8 21:14:50 2021

@author: danae
"""

import os

#Φτιάχνουμε 2 λίστες, μία με τη διαδρομή των αρχείων και μία με τους

```

```

κωδικούς/ονόματα χωρών
patharxeiwn=[]
onomata_xwrwn=[]

#θέλουμε να κρατήσουμε μόνο τους κωδικούς της κάθε χώρας στην λίστα οπότε το
στέλνουμε να βρει το όνομα κάθε αρχείου και να αντικαταστήσει (εντολή replace) το
πρώτο κομμάτι και το .csv/απομόνωση κωδικού χώρας

for root, dirs, files in os.walk("../data/rainfall"):
    for file in files:
        if file.endswith(".csv"):
            onoma_xwrwn=file.replace(".csv","")
            onoma_xwrwn=onoma_xwrwn.replace("pr_1901_2016_",")
            onomata_xwrwn.append(onoma_xwrwn)
            print(onomata_xwrwn)
#Για κάθε χώρα απομονώνουμε (append)τα αρχεία με το path τους, όλα μαζί
for root, dirs, files in os.walk("../data"):
    for file in files:
        if file.endswith(".csv"):
            patharxeiwn.append(os.path.join(root, file))

#Δημιουργούμε ένα dictionary για το path κάθε χώρας
path_parametrwn={}

#Και για κάθε όνομα χώρας ξεχωρίζουμε τα δεδομένα T και P για να τα ξεχωρίζει
αργότερα κατά την επεξεργασία
for onoma_xwrwn in onomata_xwrwn:
    path_parametrwn[onoma_xwrwn]={}
    for paths in patharxeiwn:
        if onoma_xwrwn in paths:
            if 'pr' in paths:
                path_parametrwn[onoma_xwrwn]['rainfall']=paths
            else:
                path_parametrwn[onoma_xwrwn]['temp']=paths

#εισάγουμε τις συναρτήσεις/κώδικες Vroxoptwsi / Thermokrasia
import Vroxoptwsi
import Thermokrasia

#δημιουργούμε ένα δεύτερο dictionary για τα αποτελέσματα
StatistikaApotelesmata={}

#Για κάθε κλειδί - τιμή (κωδικός χώρας - Path αρχείων)του παραπάνω dictionary
μέσα στο Path των παραμέτρων περιέχονται για κάθε χώρα 2 αρχεία που της
αναλογούν

```

```

for kwdikosxwras,pathxwrwn in path_parametrwn.items():

    #Εκτελούμε κάθε συνάρτηση για τις παραμέτρους κωδικός χώρας και T/V με το
    αντίστοιχο αρχείο για κάθε συνάρτηση

    Thermokrasia.Temperature(kwdikosxwras,pathxwrwn['temp'])
    Vroxoptwsi.vroxoptosi(kwdikosxwras,pathxwrwn['rainfall'])

#και για κάθε χώρα εκτελούνται σε επανάληψη οι συναρτήσεις
for kwdikos in onomata_xwrwn:
    onoma_arxeiou_T= f'../data/Apotelesmata/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsi.xlsx'
    onoma_arxeiou_R= f'../data/Apotelesmata/{kwdikos} Statistika
    Thermokrasias.xlsx'

```

Υπολογισμός τύπου κλίματος (klimatikitaksinomisi.py) για τα ιστορικά δεδομένα

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Tue May 4 19:14:20 2021

@author: danae
"""
#εισαγωγή βιβλιοθήκης
import pandas as pd

#ορισμός συναρτήσεων τύπου κλίματος και κλιματικής κατάταξης
#Τύπος κλίματος A
def Typos_klimatos_A(row):

    if row['Tminwinter'] >= 18:
        TK1='A'
    else:
        TK1='*'

    if row['Rmin'] >= 60:
        TK2='f'
    else:
        TK2='m'
    if row['Rminsummer'] <= 60:
        TK2='s'
    else:
        TK2='w'

    TyposKlimatos=[TK1,TK2]

```

```

return TyposKlimatos

#Τύπος κλίματος B
def Typos_klimatos_B(row):

    if row['Pososto_R_Summer']>70:
        Pth=row['Tavg']+14
    else:
        if row['Pososto_R_Winter']>70:
            Pth=row['Tavg']
        else:
            Pth=row['Tavg']+7

    if row['Rsunoliko']>=5*Pth:
        typosklimatos1='BS'
    else:
        typosklimatos1='BW'

    if row['Tavg']>=18:
        typosklimatos2='h'
    else:
        typosklimatos2='k'

    TyposKlimatos=[typosklimatos1,typosklimatos2]
    return TyposKlimatos

#Τύπος κλίματος C και D
def Typos_klimatos_C(row):

    if row['Tmax']>10 and -4<row['Tmin']<=18 :
        TyposKlimatos1='C'
    else:
        if row['Tminwinter']<-4:
            TyposKlimatos1='D'
            print(row['Tminwinter'])
        else:
            TyposKlimatos1='C'

    if row['Rminsummer']<40 and row['Rminsummer']<row['Rmaxwinter']/3 and
row['Rminsummer']<row['Rminwinter']:
        Typosklimatos2='s'
    elif row['Rminwinter']<(row['Rmaxsummer']/10 and
row['Rminwinter']<row['Rmaxsummer']:
        Typosklimatos2='w'

```

```

else:
    Typosklimatos2='f'

if row['Tmax']>=22:
    Typosklimatos3='a'
elif row['Tmax']<22 and row['Arithmos']>=4:
    Typosklimatos3='b'
else:
    Typosklimatos3='c'

TyposKlimatos=[TyposKlimatos1,Typosklimatos2,Typosklimatos3]
return TyposKlimatos

#Παρόλο που εξερευνάται παραπάνω προστίθεται ως συνάρτηση και ο τύπος D
def Typos_klimatos_D(row):

    if row['Tmin']<-3:
        tks1='D'
    else:
        tks1='C'

    if row['Rminsummer']<40 and row['Rminsummer']<row['Rmaxwinter']/3:
        tks2='s'
    else:
        if row['Rminwinter']<(row['Rmaxsummer']/10:
            tks2='w'
        else:
            if row['Rmin']>40:
                tks2='f'

    if row['Tmax']>22:
        tks3='a'
    else:
        if row['Arithmos']>=4:
            tks3='b'
        else:
            tks3='c'
    if row['Tmin']<-38:
        tks3='d'
    else:
        tks3='*'

    TyposKlimatos=[tks1,tks2,tks3]

```

```

return TyposKlimatos

#Τύπος κλίματος E
def Typos_klimatos_E(row):

    if row['Tmax'] < 10:
        E1='E'
    else:
        E1='*'

    if 0<row['Tmaxsummer']<10:
        E2='T'
    else:
        E2='F'

    TyposKlimatos=[E1,E2]
    return TyposKlimatos

#Σε όλες τις παραπάνω συναρτήσεις επιστρέφεται ο TyposKlimatos που ισούται με
[E1,E2,E3], το E1 αντιστοιχεί στις αρχικές συνθήκες του τύπου, το E2 στα μοτίβα
βροχόπτωσης και το E3 στην ειδική θερμοκρασιακή συμπεριφορά κάθε τύπου, που
ελέγχονται με if/elseif/else

#ορισμός της συνάρτησης για την κλιματική κατάταξη με παραμέτρους τον κωδικό
της χώρας, και τα δύο αρχεία στατιστικών που υπολογίστηκαν για κάθε χώρα
στους προηγούμενους κώδικες
def klimatikikatataksi(kwdikos,onoma_arxeiou_T,onoma_arxeiou_R):

    dedomena_T=pd.read_excel(onoma_arxeiou_T)
    dedomena_R=pd.read_excel(onoma_arxeiou_R)

    #αφού ανοίγονται τα αρχεία και διαβάζονται(πάνω), δημιουργείται ένας συνολικός
    πίνακας με τα δεδομένα (θερμοκρασιακά και υψών βροχής δεδομένα)
    Pinakas_sunolikos=pd.merge(dedomena_T,dedomena_R,on="Unnamed: 0")

    #δημιουργία dictionary
    Typoi_klimatos={}

    #επανάληψη για έλεγχο αρχικής συνθήκης τύπου κλίματος B
    for index, row in Pinakas_sunolikos.iterrows():
        etos=int(row['Unnamed: 0'])
    #ανάλογα με τη στήλη Ποσοστό βροχόπτωσης καλοκαιριού/χειμώνα >70 ή όχι
    υπολογίζεται το αντίστοιχο Pth(κατώφλι βροχόπτωσης)
    if row['Pososto_R_Summer']>70:
        Pth=row['Tavg']*2+28

```

```

else:
    if row['Pososto_R_Winter']>70:
        Pth=row['Tavg']*2
    else:
        Pth=row['Tavg']*2+14

```

#το αντίστοιχο Pth που υπολογίστηκε στο προηγούμενο στάδιο πολλαπλασιάζεται με 10 (μετατροπή mm -> cm) και συγκρίνεται με την συνολική ετήσια βροχόπτωση

```

if row['Rsunoliko']< 10*Pth:
    TyposKlimatos=Typos_klimatos_B(row)

```

```

else:
    TyposKlimatos=Typos_klimatos_C(row)

```

#οι τύποι κλίματος που υπολογίζονται ανά χρονιά αποθηκεύονται στο dictionary (join για να ενωθούν τα γράμματα του κλιματικού τύπου, πχ όταν υπολογίζεται ο τύπος κλίματος στο τέλος της Β στο dictionary θα αποθηκευθεί ως 'B','W','h' με το join αυτό γίνεται BWh)

```

Typoi_klimatos[etos]=".join(TyposKlimatos)

```

#το dictionary μετατρέπεται σε data frame αναστρέφεται και εξάγεται ως excel

```

df = pd.DataFrame(data=Typoi_klimatos,index=[0])
df = (df.T) #αναστροφή
#print (df)
df.to_excel(f'../data/Apotelesmata/{kwdikos} Typos Klimatos.xlsx')

```

#εδώ αρχίζει το μέρος του κώδικα που καλεί την συνάρτηση klimatikikatataksi για κάθε χώρα με τον κωδικό της χώρας και το αντίστοιχο αρχείο στατιστικών αποτελεσμάτων

```

onomata_xwrwgh=['EGY',
    'LBY',
    'DZA',
    'MAR',
    'ALB',
    'BIH',
    'GRC',
    'HRV',
    'MNE',
    'SVN',
    'TUR',
    'ITA',
    'MLT',
    'TUN',
    'ESP',

```

```

        'FRA',
        'MCO',
        'CYP',
        'ISR',
        'LBN',
        'SYR']
#επανάληψη για όλες τις χώρες
for kwdikos in onomata_xwrwn:
    onoma_arxeiou_T= f'../data/Apotelesmata/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsis.xlsx'
    onoma_arxeiou_R= f'../data/Apotelesmata/{kwdikos} Statistika
    Thermokrasias.xlsx'

#αυτό το στάδιο είναι προαιρετικό για να ελέγχουμε κατά την κλιματική ταξινόμηση
αν τρέχει κανονικά ο κώδικας για όλα τα αρχεία και αν όχι να μας τυπώνει για ποια
χώρα δεν τρέχει για την κλιματική κατάταξη ώστε να ελέγξουμε τι πάει στραβά
try:
    klimatikatataksi(kwdikos,onoma_arxeiou_T,onoma_arxeiou_R)
except:
    print(kwdikos,'error')

```

Σχεδιασμός διαγραμμάτων για τον τύπο κλίματος των ιστορικών δεδομένων (telikosxediagramma.py)

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Mon May 10 17:12:55 2021

@author: danae
"""
#εισαγωγή βιβλιοθηκών
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

#λίστα με τους κωδικούς χωρών
onomata_xwrwn=['EGY',
               'LBY',
               'DZA',
               'MAR',
               'ALB',
               'BIH',
               'GRC',
               'HRV',
               'MNE',

```

```
'SVN',
'TUR',
'ITA',
'MLT',
'TUN',
'ESP',
'FRA',
'MCO',
'CYP',
'ISR',
'LBN',
'SYR']
```

```
#dictionary για τα κλίματα των χωρών
ta_klimata_twn_xwrwn={}
```

```
#επανάληψη για κάθε χώρα στην λίστα με τις ονομασίες, να ανοίγεται και να
διαβάζεται το αντίστοιχο αρχείο τύπου κλίματος
```

```
for kwdikos in onomata_xwrwn:
```

```
    onoma_arxeiou_Typou= f'../data/Apotelesmata/{kwdikos} Typos Klimatos.xlsx'
    dedomena_Typou=pd.read_excel(onoma_arxeiou_Typou)
```

```
    len(dedomena_Typou)
    print(len(dedomena_Typou))
```

```
#διαχωρισμός των γραμμών του αρχείου ανά τριάντα έτη
```

```
group1=dedomena_Typou[0:30] #1901-1930
group2=dedomena_Typou[30:60] #1931-1960
group3=dedomena_Typou[60:90] #1961-1990
group4=dedomena_Typou[90:116] #1991-2016
```

```
#δήλωση ονομασιών τύπων κλίματος
eidh_klimatos=['BWh','BWk','BSh','BSk','Csa','Csb','Csc','Cwa','Cwb','Cwc','Cfa','Cfb',
', 'Cfc','Dsa','Dsb','Dsc','Dwa','Dwb','Dwc','Dfa','Dfb','Dfc','Allo']
eidh_klimatos=np.array(eidh_klimatos)
```

```
#δημιουργία dictionary για το κλίμα
to_klima_xwrwn={}
```

```
#επανάληψη για κάθε τύπου κλίματος μέσα στην λίστα eidh_klimatos ώστε να
μετρηθεί ο αριθμός τους
```

```
for i in eidh_klimatos:
```

```
    A=group1[0].str.count(i).sum()
```

```

B=group2[0].str.count(i).sum()
C=group3[0].str.count(i).sum()
D=group4[0].str.count(i).sum()
#print(i,A,B,C,D)
#στο dictionary παραπάνω αποθηκεύεται ο αριθμός του κάθε τύπου κλίματος σε
κάθε χρονικό διάστημα εφόσον δεν είναι 0
if A or B or C or D:

    to_klima_xwras[i]=[A,B,C,D]

#και αυτό αποθηκεύεται στο πρώτο dictionary
ta_klimata_twn_xwrwn[kwdikos]=to_klima_xwras

#ξεκινά ο σχεδιασμός των γραφημάτων, με τα χρονικά διαστήματα που θα μπου
στον άξονα των χ, όπως και ο προσανατολισμός τους
bars=['1901-30','1931-60','1961-90','1991-16']
x_pos = np.arange(len(bars))
degrees=45

#Η for αποθηκεύει σε κάθε κωδικό ως key και στο κλίμα το value το dictionary που
υπολογίστηκε παραπάνω από κάθε επανάληψη
for kwdikos,klima_xwras in ta_klimata_twn_xwrwn.items():
#μετατρέπουμε το dictionary ως data frame και σχεδιάζουμε το γράφημα τύπου
stacked bars
    df = pd.DataFrame(klima_xwras)

    ax=df.plot(kind="bar", stacked=True)

#για κάθε bar σε ένα stack bar τοποθετούνται αριθμοί ώστε να ξέρουμε πόσες
φορές εμφανίζεται ένας τύπος κλίματος
    for bar in ax.patches:
        ax.text(bar.get_x() + bar.get_width() / 2, bar.get_height() +
bar.get_y(),round(bar.get_height()), ha='center', color='k',size=8)

#σχεδιάζουμε και τα υπόλοιπα στοιχεία του γραφήματος όπως οι λεζάντες και ο
τίτλος, η τοποθεσία του υπομνήματος
    ax.set_ylabel('Αριθμός ετών με τον ίδιο τύπο κλίματος')
    ax.set_xlabel('Χρονολογίες')
    plt.xticks(x_pos, bars )

    ax.set_title(f'{kwdikos} κλίμα χώρας')
    ax.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1.0), loc='upper left')

#αποθήκευση διαγράμματος

```

```
plt.savefig(f'../klima2/{kwdikos} grafima.png', bbox_inches='tight')
```

Ενοποίηση αρχείων για τα μελλοντικά δεδομένα θερμοκρασίας του σεναρίου rcp2.6

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Thu May 13 19:15:11 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

#εισαγωγή ονομάτων χωρών
xwres=['Albania','Algeria','Bosnia%20and%20Herzegovina','Croatia','Cyprus','Egypt
','France','Greece','Israel','Italy','Lebanon','Libya','Malta','Monaco','Morocco','Republ
ic%20of%20Montenegro','Slovenia','Spain','Syria','Tunisia','Turkey']

#επανάληψη για κάθε χώρα της λίστας να ανοιχτούν στον κώδικα τα 4 διαφορετικά
αρχεία και στη συνέχεια να ενωθούν (merge) και να εξαχθεί καθένα από αυτά ως
αρχείο csv
for xwra in xwres:

    arxeio1=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2020_2039_rcp26.csv')
    arxeio2=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2040_2059_rcp26.csv')
    arxeio3=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2060_2079_rcp26.csv')
    arxeio4=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2080_2099_rcp26.csv')

    merged = pd.merge(arxeio1, arxeio2, arxeio3, arxeio4, how='left', on='Num')
    merged.to_csv(f'{xwra}_tas_rcp26.csv', index=False)
```

Ενοποίηση αρχείων για τα μελλοντικά δεδομένα βροχόπτωσης του σεναρίου rcp2.6

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Thu May 13 19:15:11 2021

@author: danae
"""
```

```
import pandas as pd

xwres=['Albania','Algeria','Bosnia%20and%20Herzegovina','Croatia','Cyprus','Egypt',
',France','Greece','Israel','Italy','Lebanon','Libya','Malta','Monaco','Morocco','Republ
ic%20of%20Montenegro','Slovenia','Spain','Syria','Tunisia','Turkey']

for xwra in xwres:

    arxeio1=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2020_2039_rcp26.csv')
    arxeio2=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2040_2059_rcp26.csv')
    arxeio3=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2060_2079_rcp26.csv')
    arxeio4=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2080_2099_rcp26.csv')

    merged = pd.merge(arxeio1, arxeio2, arxeio3, arxeio4, how='left', on='Num')
    merged.to_csv(f'{xwra}_pr_rcp26.csv', index=False)
```

Ενοποίηση αρχείων για τα μελλοντικά δεδομένα θερμοκρασίας του σεναρίου rcp8.5

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Thu May 13 19:15:11 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

xwres=['Albania','Algeria','Bosnia%20and%20Herzegovina','Croatia','Cyprus','Egypt',
',France','Greece','Israel','Italy','Lebanon','Libya','Malta','Monaco','Morocco','Republ
ic%20of%20Montenegro','Slovenia','Spain','Syria','Tunisia','Turkey']

for xwra in xwres:

    arxeio1=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2020_2039_rcp85.csv')
    arxeio2=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2040_2059_rcp85.csv')
    arxeio3=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2060_2079_rcp85.csv')
    arxeio4=pd.read_csv(f'{xwra}_tas_2080_2099_rcp85.csv')

    merged = pd.merge(arxeio1, arxeio2, arxeio3, arxeio4, how='left', on='Num')
    merged.to_csv(f'{xwra}_tas_rcp85.csv', index=False)
```

Ενοποίηση αρχείων για τα μελλοντικά δεδομένα βροχόπτωσης του σεναρίου rcp8.5

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Thu May 13 19:15:11 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

xwres=['Albania','Algeria','Bosnia%20and%20Herzegovina','Croatia','Cyprus','Egypt',
',France','Greece','Israel','Italy','Lebanon','Libya','Malta','Monaco','Morocco','Republ
ic%20of%20Montenegro','Slovenia','Spain','Syria','Tunisia','Turkey']

for xwra in xwres:

    arxeio1=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2020_2039_rcp85.csv')
    arxeio2=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2040_2059_rcp85.csv')
    arxeio3=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2060_2079_rcp85.csv')
    arxeio4=pd.read_csv(f'{xwra}_pr_2080_2099_rcp85.csv')

    merged = pd.merge(arxeio1, arxeio2, arxeio3, arxeio4, how='left', on='Num')
    merged.to_csv(f'{xwra}_pr_rcp85.csv', index=False)
```

Υπολογισμός στατιστικών θερμοκρασιακών παραμέτρων για τα μελλοντικά δεδομένα rcp2.6 (Thermokrasia.py)

```
Created on Tue May 4 16:31:49 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

def Temperature(kwdikos,onoma_arxeiou_T):

    xheimerinoi_mines=[' Jan Average',' Feb Average',' Mar Average',' Oct Average','
Nov Average',' Dec Average']

    T_per_year={}
    #Σε αντίθεση με τα ιστορικά δεδομένα, εδώ χωρίζουμε κάθε 'έτος' ανάλογα με το
```

μοντέλο πρόβλεψης, οπότε με βήμα 12 μήνες κάθε μοντέλο απομονώνουμε αυτό το διάστημα

```
for index in range(0,len(dedomena_T),12):
    etosT=dedomena_T.loc[[index]]['Year'][index].strip()
    Montelo=dedomena_T.loc[[index]]['Model'][index]
    etosT=etosT+' '+ Montelo
    T_per_year[etosT]={}
    T_per_year[etosT]['Year']=etosT
#και τα δεδομένα που περιέχει
    dedomena_1_etousT=dedomena_T[index:index+12]
#υπολογίζουμε τα μέγιστα ελάχιστα και μέσες τιμές της θερμοκρασίας
    max_T_yearly=dedomena_1_etousT.max()[0]
    min_T_yearly=dedomena_1_etousT.min()[0]
    average_T_yearly=dedomena_1_etousT.mean()[0]

#και τα αποθηκεύουμε στο dictionary
    T_per_year[etosT]['Tmax']= max_T_yearly
    T_per_year[etosT]['Tmin']= min_T_yearly
    T_per_year[etosT]['Tavg']= average_T_yearly

#παρακάτω η διαδικασία είναι ίδια με τον αντίστοιχο ιστορικό κώδικα

dedomena_xeimerinwn_minwnT=dedomena_1_etousT[dedomena_1_etousT['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]

dedomena_kalokairinwn_minwnT=dedomena_1_etousT[~dedomena_1_etousT['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]

    T_max_winter=dedomena_xeimerinwn_minwnT.max()[0]
    T_min_winter=dedomena_xeimerinwn_minwnT.min()[0]
    T_max_summer=dedomena_kalokairinwn_minwnT.max()[0]
    T_min_summer=dedomena_kalokairinwn_minwnT.min()[0]

    T_per_year[etosT]['Tmaxwinter']= T_max_winter
    T_per_year[etosT]['Tminwinter']= T_min_winter
    T_per_year[etosT]['Tmaxsummer']= T_max_summer
    T_per_year[etosT]['Tminsummer']= T_min_summer

Arithmos_minwn_T_10=len(dedomena_1_etousT[dedomena_1_etousT['Monthly
Temperature - (Celsius)']>10])
    T_per_year[etosT]['Arithmos']= Arithmos_minwn_T_10

    T_per_year[etosT]['Montelo']=dedomena_T.loc[[index]]['Model'][index]
```

```
df=pd.DataFrame(data=T_per_year)
df=(df.T)
#print(df)
df.to_excel(f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Thermokrasias rcp26.xlsx')
```

Υπολογισμός στατιστικών θερμοκρασιακών παραμέτρων για τα μελλοντικά δεδομένα rcp8.5 (Thermokrasia.py)

Created on Tue May 4 16:31:49 2021

@author: danae
 """

```
def Temperature(kwdikos,onoma_arxeiou_T):
```

```
    xeimerinoi_mines=[' Jan Average',' Feb Average',' Mar Average',' Oct Average','
    Nov Average',' Dec Average']
```

```
    T_per_year={}
    for index in range(0,len(dedomena_T),12):
        etosT=dedomena_T.loc[[index]][[' Year']][index].strip()
        Montelo=dedomena_T.loc[[index]][[' Model']][index]
        etosT=etosT+' '+ Montelo
        T_per_year[etosT]={}
        T_per_year[etosT]['Year']=etosT
```

```
    dedomena_1_etousT=dedomena_T[index:index+12]
```

```
    max_T_yearly=dedomena_1_etousT.max()[0]
    min_T_yearly=dedomena_1_etousT.min()[0]
    average_T_yearly=dedomena_1_etousT.mean()[0]
```

```
    T_per_year[etosT]['Tmax']= max_T_yearly
    T_per_year[etosT]['Tmin']= min_T_yearly
    T_per_year[etosT]['Tavg']= average_T_yearly
```

```
    dedomena_xeimerinwn_minwnT=dedomena_1_etousT[dedomena_1_etousT['
    Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]
```

```
    dedomena_kalokairinwn_minwnT=dedomena_1_etousT[~dedomena_1_etousT['
```

```

Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]

T_max_winter=dedomena_xeimerinwn_minwnT.max()[0]
T_min_winter=dedomena_xeimerinwn_minwnT.min()[0]
T_max_summer=dedomena_kalokairinwn_minwnT.max()[0]
T_min_summer=dedomena_kalokairinwn_minwnT.min()[0]

T_per_year[etosT]['Tmaxwinter']= T_max_winter
T_per_year[etosT]['Tminwinter']= T_min_winter
T_per_year[etosT]['Tmaxsummer']= T_max_summer
T_per_year[etosT]['Tminsummer']= T_min_summer

Arithmos_minwn_T_10=len(dedomena_1_etousT[dedomena_1_etousT['Monthly
Temperature - (Celsius)']>10])
T_per_year[etosT]['Arithmos']= Arithmos_minwn_T_10

T_per_year[etosT]['Montelo']=dedomena_T.loc[[index]][' Model'][(index)]

df=pd.DataFrame(data=T_per_year)
df=(df.T)
#print(df)
df.to_excel(f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Thermokrasias rcp85.xlsx')

```

Υπολογισμός στατιστικών παραμέτρων βροχόπτωσης για τα μελλοντικά δεδομένα rcp2.6 (Vroxoptwsi.py)

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Sat May 1 23:58:43 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

def vroxoptosi(kwdikos,onoma_arxeiou_vroxis):

    xeimerinoi_mines=[' Jan Average',' Feb Average',' Mar Average',' Oct Average','
Nov Average',' Dec Average']

    dedomena_vroxis=pd.read_csv(onoma_arxeiou_vroxis)

```

```

rainfall_per_year={}

for index in range(0,len(dedomena_vroxis),12):

    etos=dedomena_vroxis.loc[[index]][['Year']][index].strip()
    Montelo=dedomena_vroxis.loc[[index]][['Model']][index]
    etos=etos+' '+ Montelo
    rainfall_per_year[etos]={}
    rainfall_per_year[etos]['Year']=etos

    dedomena_1_etous=dedomena_vroxis[index:index+12]

    max_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.max()[0]
    min_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.min()[0]
    average_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.mean()[0]

    rainfall_per_year[etos]['Rmax']= max_rainfall_yearly
    rainfall_per_year[etos]['Rmin']= min_rainfall_yearly
    rainfall_per_year[etos]['Ravg']= average_rainfall_yearly

    dedomena_xeimerinwn_minwn=dedomena_1_etous[dedomena_1_etous['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]
    dedomena_kalokairinwn_minwn=dedomena_1_etous[~dedomena_1_etous['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]

    R_max_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.max()[0]
    R_min_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.min()[0]
    R_max_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.max()[0]
    R_min_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.min()[0]

    rainfall_per_year[etos]['Rmaxwinter']= R_max_winter
    rainfall_per_year[etos]['Rminwinter']= R_min_winter
    rainfall_per_year[etos]['Rmaxsummer']= R_max_summer
    rainfall_per_year[etos]['Rminsummer']= R_min_summer

    R_sunoliko=dedomena_1_etous.sum()[0]
    R_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.sum()[0]
    R_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.sum()[0]

    rainfall_per_year[etos]['Rsunoliko']= R_sunoliko

    R_perc_winter=(R_winter/R_sunoliko)*100
    R_perc_summer=(R_summer/R_sunoliko)*100

```

```

rainfall_per_year[etos]['Pososto_R_Winter']= R_perc_winter
rainfall_per_year[etos]['Pososto_R_Summer']= R_perc_summer

rainfall_per_year[etos]['Montelo']=dedomena_vroxis.loc[[index]]['
Model']][index]

df=pd.DataFrame(data=rainfall_per_year)
df=(df.T)
#print(df)
df.to_excel(f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsi rcp26.xlsx')

```

Υπολογισμός στατιστικών παραμέτρων βροχόπτωσης για τα μελλοντικά δεδομένα rcp8.5 (Vroxoptwsi.py)

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Sat May 1 23:58:43 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

def vroxoptosi(kwdikos,onoma_arxeiou_vroxis):

    xeimerinoi_mines=[' Jan Average',' Feb Average',' Mar Average',' Oct Average','
Nov Average',' Dec Average']

    dedomena_vroxis=pd.read_csv(onoma_arxeiou_vroxis)

    rainfall_per_year={}

    for index in range(0,len(dedomena_vroxis),12):

        etos=dedomena_vroxis.loc[[index]][' Year']][index].strip()
        Montelo=dedomena_vroxis.loc[[index]][' Model']][index]
        etos=etos+' '+ Montelo
        rainfall_per_year[etos]={}
        rainfall_per_year[etos]['Year']=etos

```

```

dedomena_1_etous=dedomena_vroxis[index:index+12]

max_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.max()[0]
min_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.min()[0]
average_rainfall_yearly=dedomena_1_etous.mean()[0]

rainfall_per_year[etos]['Rmax']= max_rainfall_yearly
rainfall_per_year[etos]['Rmin']= min_rainfall_yearly
rainfall_per_year[etos]['Ravg']= average_rainfall_yearly

dedomena_xeimerinwn_minwn=dedomena_1_etous[dedomena_1_etous['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]
dedomena_kalokairinwn_minwn=dedomena_1_etous[~dedomena_1_etous['
Statistics'].isin(xeimerinoi_mines)]

R_max_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.max()[0]
R_min_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.min()[0]
R_max_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.max()[0]
R_min_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.min()[0]

rainfall_per_year[etos]['Rmaxwinter']= R_max_winter
rainfall_per_year[etos]['Rminwinter']= R_min_winter
rainfall_per_year[etos]['Rmaxsummer']= R_max_summer
rainfall_per_year[etos]['Rminsummer']= R_min_summer

R_sunoliko=dedomena_1_etous.sum()[0]
R_winter=dedomena_xeimerinwn_minwn.sum()[0]
R_summer=dedomena_kalokairinwn_minwn.sum()[0]

rainfall_per_year[etos]['Rsunoliko']= R_sunoliko

R_perc_winter=(R_winter/R_sunoliko)*100
R_perc_summer=(R_summer/R_sunoliko)*100

rainfall_per_year[etos]['Pososto_R_Winter']= R_perc_winter
rainfall_per_year[etos]['Pososto_R_Summer']= R_perc_summer

rainfall_per_year[etos]['Montelo']=dedomena_vroxis.loc[[index]]['
Model'][index]

df=pd.DataFrame(data=rainfall_per_year)
df=(df.T)
#print(df)

```

```
df.to_excel(f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsi rcp85.xlsx')
```

Ο κώδικας επανάληψη (Loopfiles) για να κληθούν οι παραπάνω συναρτήσεις για rcp2.6

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Sat May 8 21:14:50 2021

@author: danae
"""

import os

patharxeiwn=[]
onomata_xwrwn=[]

for root, dirs, files in os.walk("../rcp26/rainfall"):
    for file in files:
        if file.endswith(".csv"):

            onoma_xwrwn=file.replace(".csv","")
            onoma_xwrwn=onoma_xwrwn.replace("_pr_rcp26","")
            onomata_xwrwn.append(onoma_xwrwn)
            print(onomata_xwrwn)

for root, dirs, files in os.walk("../rcp26"):
    for file in files:
        if file.endswith(".csv"):
            patharxeiwn.append(os.path.join(root, file))

path_parametrwn={}

for onoma_xwrwn in onomata_xwrwn:
    path_parametrwn[onoma_xwrwn]={}
    for paths in patharxeiwn:
        if onoma_xwrwn in paths:
            if '_pr_' in paths:
                path_parametrwn[onoma_xwrwn]['rainfall']=paths
            else:
                path_parametrwn[onoma_xwrwn]['temp']=paths
```

```

import Vroxoptwsi
import Thermokrasia

StatistikaApotelesmata={}

for kwdikosxwras,pathxwrwn in path_parametrwn.items():

    try:
        Thermokrasia.Temperature(kwdikosxwras,pathxwrwn['temp'])
    except:
        print('apotyxia T')

    try:
        Vroxoptwsi.vroxoptosi(kwdikosxwras,pathxwrwn['rainfall'])
    except:
        print('apotyxia R')

for kwdikos in onomata_xwrwn:
    onoma_arxeiou_T= f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Thermokrasias
rcp26.xlsx'
    onoma_arxeiou_R= f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsi rcp26.xlsx'

```

Ο κώδικας επανάληψη (Loopfiles) για να κληθούν οι παραπάνω συναρτήσεις για rcp8.5

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Sat May 8 21:14:50 2021

@author: danae
"""

import os

patharxeiwn=[]
onomata_xwrwn=[]

for root, dirs, files in os.walk("../rcp85/rainfall"):
    for file in files:
        if file.endswith(".csv"):

```

```

        onoma_xwras=file.replace(".csv","")
        onoma_xwras=onoma_xwras.replace("_pr_rcp85","")
        onomata_xwrwn.append(onoma_xwras)
        print(onomata_xwrwn)

for root, dirs, files in os.walk("../rcp85"):
    for file in files:
        if file.endswith(".csv"):
            patharxeiwn.append(os.path.join(root, file))

path_parametrwn={}

for onoma_xwras in onomata_xwrwn:
    path_parametrwn[onoma_xwras]={}
    for paths in patharxeiwn:
        if onoma_xwras in paths:
            if '_pr_' in paths:
                path_parametrwn[onoma_xwras]['rainfall']=paths
            else:
                path_parametrwn[onoma_xwras]['temp']=paths

import Vroxoptwsi
import Thermokrasia

StatistikaApotelesmata={}

for kwdikosxwras,pathxwrwn in path_parametrwn.items():

    try:
        Thermokrasia.Temperature(kwdikosxwras,pathxwrwn['temp'])
    except:
        print('apotyxia T')

    try:
        Vroxoptwsi.vroxoptosi(kwdikosxwras,pathxwrwn['rainfall'])
    except:
        print('apotyxia R')

```

```
for kwdikos in onomata_xwrwn:
    onoma_arxeiou_T= f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Thermokrasias
rcp85.xlsx'
    onoma_arxeiou_R= f'../apotelesmata/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsi rcp85.xlsx'
```

Υπολογισμός τύπου κλίματος για rcp2.6

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Tue May 4 19:14:20 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

def Typos_klimatos_A(row):

    if row['Tminwinter'] >= 18:
        TK1='A'
    else:
        TK1='*'

    if row['Rmin'] >= 60:
        TK2='f'
    else:
        TK2='m'
    if row['Rminsummer'] <= 60:
        TK2='s'
    else:
        TK2='w'

    TyposKlimatos=[TK1,TK2]
    return TyposKlimatos

def Typos_klimatos_B(row):

    if row['Pososto_R_Summer'] > 70:
        Pth=row['Tavg']+14
    else:
        if row['Pososto_R_Winter'] > 70:
            Pth=row['Tavg']
        else:
            Pth=row['Tavg']+7
```

```

if row['Rsunoliko']>=5*Pth:
    typosklimatos1='BS'
else:
    typosklimatos1='BW'

if row['Tavg']>=18:
    typosklimatos2='h'
else:
    typosklimatos2='k'

TyposKlimatos=[typosklimatos1,typosklimatos2]
return TyposKlimatos

def Typos_klimatos_C(row):

    if row['Tmax']>10 and -3<row['Tmin']<=18 :
        TyposKlimatos1='C'
    else:
        if row['Tminwinter']<-4:
            TyposKlimatos1='D'
            print(row['Tminwinter'])
        else:
            TyposKlimatos1='C'

    if row['Rminsummer']<40 and row['Rminsummer']<row['Rmaxwinter']/3 and
row['Rminsummer']<row['Rminwinter']:
        Typosklimatos2='s'
    elif row['Rminwinter']<(row['Rmaxsummer']/10 and
row['Rminwinter']<row['Rmaxsummer']:
        Typosklimatos2='w'
    else:
        Typosklimatos2='f'

    if row['Tmax']>=22:
        Typosklimatos3='a'
    elif row['Tmax']<22 and row['Arithmos']>=4:
        Typosklimatos3='b'
    else:
        Typosklimatos3='c'

TyposKlimatos=[TyposKlimatos1,Typosklimatos2,Typosklimatos3]

```

```

return TyposKlimatos

def Typos_klimatos_D(row):

    if row['Tmin']<-4:
        tks1='D'
    else:
        tks1='C'

    if row['Rminsummer']<40 and row['Rminsummer']<row['Rmaxwinter']/3:
        tks2='s'
    else:
        if row['Rminwinter']<(row['Rmaxsummer']/10:
            tks2='w'
        else:
            if row['Rmin']>40:
                tks2='f'

    if row['Tmax']>22:
        tks3='a'
    else:
        if row['Arithmos']>=4:
            tks3='b'
        else:
            tks3='c'
    if row['Tmin']<-38:
        tks3='d'
    else:
        tks3='*'

    TyposKlimatos=[tks1,tks2,tks3]
    return TyposKlimatos

def Typos_klimatos_E(row):

    if row['Tmax'] < 10:
        E1='E'
    else:
        E1='*'

    if 0<row['Tmaxsummer']<10:
        E2='T'
    else:
        E2='F'

```

```

TyposKlimatos=[E1,E2]
return TyposKlimatos

def klimatikikatataksi(kwdikos,onoma_arxeiou_T,onoma_arxeiou_R):

    dedomena_T=pd.read_excel(onoma_arxeiou_T)
    dedomena_R=pd.read_excel(onoma_arxeiou_R)

    onomata_columns_T=list(dedomena_T.columns)
    print('ta onomata tw n stilwn:',onomata_columns_T)

    onomata_columns_R=list(dedomena_R.columns)
    print('ta onomata tw n stilwn:',onomata_columns_R)

    Pinakas_sunolikos=pd.merge(dedomena_T,dedomena_R, left_index=True,
right_index=True, how='inner')
    Pinakas_sunolikos.columns
    Typoi_klimatos={}

    for index, row in Pinakas_sunolikos.iterrows():
        etos=row['Unnamed: 0_x']

        if row['Pososto_R_Summer']>70:
            Pth=row['Tavg']*2+28
        else:
            if row['Pososto_R_Winter']>70:
                Pth=row['Tavg']*2
            else:
                Pth=row['Tavg']*2+14

        if row['Rsunoliko']< 10*Pth:
            TyposKlimatos=Typos_klimatos_B(row)

        else:
            TyposKlimatos=Typos_klimatos_C(row)

    Typoi_klimatos[etos]=".join(TyposKlimatos)

df = pd.DataFrame(data=Typoi_klimatos,index=[0])
df = (df.T)
#print (df)

```

```

df.to_excel(f'../apotelesmata_rcp85/{kwdikos} Typos Klimatos rcp26.xlsx')

onomata_xwrwn=['Albania', 'Algeria', 'Bosnia%20and%20Herzegovina', 'Croatia',
'Cyprus', 'Egypt', 'France', 'Greece', 'Israel', 'Italy', 'Lebanon', 'Libya', 'Malta',
'Monaco', 'Morocco', 'Republic%20of%20Montenegro', 'Slovenia', 'Spain', 'Syria',
'Tunisia', 'Turkey']

for kwdikos in onomata_xwrwn:
    onoma_arxeiou_T= f'../apotelesmata_rcp85/{kwdikos} Statistika Thermokrasias
rcp26.xlsx'
    onoma_arxeiou_R= f'../apotelesmata_rcp85/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsi
rcp26.xlsx'
    try:
        klimatikikatataksi(kwdikos,onoma_arxeiou_T,onoma_arxeiou_R)
    except:
        print(kwdikos,'error')

```

Υπολογισμός τύπου κλίματος για rcp8.5

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Tue May 4 19:14:20 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd

def Typos_klimatos_A(row):

    if row['Tminwinter'] >= 18:
        TK1='A'
    else:
        TK1='*'

    if row['Rmin'] >= 60:
        TK2='f'
    else:
        TK2='m'
    if row['Rminsummer'] <= 60:
        TK2='s'
    else:
        TK2='w'

```

```

TyposKlimatos=[TK1,TK2]
return TyposKlimatos

def Typos_klimatos_B(row):

    if row['Pososto_R_Summer']>70:
        Pth=row['Tavg']+14
    else:
        if row['Pososto_R_Winter']>70:
            Pth=row['Tavg']
        else:
            Pth=row['Tavg']+7

    if row['Rsunoliko']>=5*Pth:
        typosklimatos1='BS'
    else:
        typosklimatos1='BW'

    if row['Tavg']>=18:
        typosklimatos2='h'
    else:
        typosklimatos2='k'

    TyposKlimatos=[typosklimatos1,typosklimatos2]
    return TyposKlimatos

def Typos_klimatos_C(row):

    if row['Tmax']>10 and -3<row['Tmin']<=18 :
        TyposKlimatos1='C'
    else:
        if row['Tminwinter']<-4:
            TyposKlimatos1='D'
            print(row['Tminwinter'])
        else:
            TyposKlimatos1='C'

    if row['Rminsummer']<40 and row['Rminsummer']<row['Rmaxwinter']/3 and
row['Rminsummer']<row['Rminwinter']:
        Typosklimatos2='s'
    elif row['Rminwinter']<(row['Rmaxsummer']/10 and
row['Rminwinter']<row['Rmaxsummer']:
        Typosklimatos2='w'
    else:

```

```

    Typosklimatos2='f'

    if row['Tmax']>=22:
        Typosklimatos3='a'
    elif row['Tmax']<22 and row['Arithmos']>=4:
        Typosklimatos3='b'
    else:
        Typosklimatos3='c'

    TyposKlimatos=[TyposKlimatos1,Typosklimatos2,Typosklimatos3]
    return TyposKlimatos

def Typos_klimatos_D(row):

    if row['Tmin']<-3:
        tks1='D'
    else:
        tks1='C'

    if row['Rminsummer']<30 and row['Rminsummer']<row['Rmaxwinter']/3:
        tks2='s'
    else:
        if row['Rminwinter']<(row['Rmaxsummer']/10:
            tks2='w'
        else:
            if row['Rmin']>30:
                tks2='f'

    if row['Tmax']>22:
        tks3='a'
    else:
        if row['Arithmos']>=4:
            tks3='b'
        else:
            tks3='c'
    if row['Tmin']<-38:
        tks3='d'
    else:
        tks3='*'

    TyposKlimatos=[tks1,tks2,tks3]
    return TyposKlimatos

```

```

def Typos_klimatos_E(row):

    if row['Tmax'] < 10:
        E1='E'
    else:
        E1='*'

    if 0<row['Tmaxsummer']<10:
        E2='T'
    else:
        E2='F'

    TyposKlimatos=[E1,E2]
    return TyposKlimatos

def klimatikikataksi(kwdikos,onoma_arxeiou_T,onoma_arxeiou_R):

    dedomena_T=pd.read_excel(onoma_arxeiou_T)
    dedomena_R=pd.read_excel(onoma_arxeiou_R)

    onomata_columns_T=list(dedomena_T.columns)
    print('ta onomata tw n stilwn:',onomata_columns_T)

    onomata_columns_R=list(dedomena_R.columns)
    print('ta onomata tw n stilwn:',onomata_columns_R)

    Pinakas_sunolikos=pd.merge(dedomena_T,dedomena_R, left_index=True,
right_index=True, how='inner')
    Pinakas_sunolikos.columns
    Typoi_klimatos={}

    for index, row in Pinakas_sunolikos.iterrows():
        etos=row['Unnamed: 0_x']

        if row['Pososto_R_Summer']>70:
            Pth=row['Tavg']*2+28
        else:
            if row['Pososto_R_Winter']>70:
                Pth=row['Tavg']*2
            else:
                Pth=row['Tavg']*2+14

        if row['Rsunoliko']< 10*Pth:

```

```

        TyposKlimatos=Typos_klimatos_B(row)

    else:
        TyposKlimatos=Typos_klimatos_C(row)

    Typoi_klimatos[etos]=".join(TyposKlimatos)

df = pd.DataFrame(data=Typoi_klimatos,index=[0])
df = (df.T)
#print (df)
df.to_excel(f'../apotelesmata_rcp85/{kwdikos} Typos Klimatos rcp85.xlsx')

onomata_xwrwn=['Albania', 'Algeria', 'Bosnia%20and%20Herzegovina', 'Croatia',
'Cyprus', 'Egypt', 'France', 'Greece', 'Israel', 'Italy', 'Lebanon', 'Libya', 'Malta',
'Monaco', 'Morocco', 'Republic%20of%20Montenegro', 'Slovenia', 'Spain', 'Syria',
'Tunisia', 'Turkey']

for kwdikos in onomata_xwrwn:
    onoma_arxeiou_T= f'../apotelesmata_rcp85/{kwdikos} Statistika Thermokrasias
rcp85.xlsx'
    onoma_arxeiou_R= f'../apotelesmata_rcp85/{kwdikos} Statistika Vroxoptwsi
rcp85.xlsx'
    try:
        klimatikiatataksi(kwdikos,onoma_arxeiou_T,onoma_arxeiou_R)
    except:
        print(kwdikos,'error')

```

Σχεδιασμός διαγραμμάτων τύπου κλίματος για rcp2.6

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Mon May 10 17:12:55 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

onomata_xwrwn=['Albania', 'Algeria', 'Bosnia%20and%20Herzegovina', 'Croatia',

```

```
'Cyprus', 'Egypt', 'France', 'Greece', 'Israel', 'Italy', 'Lebanon', 'Libya', 'Malta',
'Monaco', 'Morocco', 'Republic%20of%20Montenegro', 'Slovenia', 'Spain', 'Syria',
'Tunisia', 'Turkey']
```

```
ta_klimata_twn_xwrwn={}
for kwdikos in onomata_xwrwn:
    onoma_arxeiou_Typou= f'./apotelesmata_historic/{kwdikos} Typos Klimatos
rcp26.xlsx'
    dedomena_Typou=pd.read_excel(onoma_arxeiou_Typou)
```

```
len(dedomena_Typou)
print(len(dedomena_Typou))
```

#διαχωρισμός χρονικών διαστημάτων ανά 20 έτη με την εύρεση του 2020-2040-2060-2080 στην στήλη 'Unnamed:0' του πίνακα των στατιστικών αποτελεσμάτων για τα μελλοντικά δεδομένα

```
group1=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2020")]
#2020-39
group2=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2040")]
#2040-59
group3=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2060")]
#2060-79
group4=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2080")]
#2080-99
```

```
eidh_klimatos=['BWh','BWk','BSh','BSk','Csa','Csb','Csc','Cwa','Cwb','Cwc','Cfa','Cfb',
', 'Cfc','Dsa','Dsb','Dsc','Dwa','Dwb','Dwc','Dfa','Dfb','Dfc','Allo']
eidh_klimatos=np.array(eidh_klimatos)
```

```
to_klima_xwras={}

```

```
for i in eidh_klimatos:
```

```
    A=group1[0].str.count(i).sum()
    B=group2[0].str.count(i).sum()
    C=group3[0].str.count(i).sum()
    D=group4[0].str.count(i).sum()
```

```
    if A or B or C or D:
```

```
        to_klima_xwras[i]=[A,B,C,D]
```

```

ta_klimata_twn_xwrwn[kwdikos]=to_klima_xwras

bars=['2020-39','2040-59','2060-79','2080-99']
x_pos = np.arange(len(bars))
degrees=45

for kwdikos,klima_xwras in ta_klimata_twn_xwrwn.items():

    df = pd.DataFrame(klima_xwras)

    ax=df.plot(kind="bar", stacked=True)

    for bar in ax.patches:
        ax.text(bar.get_x() + bar.get_width() / 2, bar.get_height() +
bar.get_y(),round(bar.get_height()), ha='center', color='k',size=8)

    ax.set_ylabel('Αριθμός μοντέλων με την ίδια πρόβλεψη τύπου κλίματος')
    ax.set_xlabel('Χρονολογίες')
    plt.xticks(x_pos, bars, rotation=degrees )

    ax.set_title(f'{kwdikos} κλίμα χώρας rcp26')
    ax.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1.0), loc='upper left')

    #plt.show()

    plt.savefig(f'../apotelesmata_historic/{kwdikos} grafima rcp26.png',
bbox_inches='tight')

```

Σχεδιασμός διαγραμμάτων τύπου κλίματος για rcp8.5

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Mon May 10 17:12:55 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

```

```
onomata_xwrwn=['Albania', 'Algeria', 'Bosnia%20and%20Herzegovina', 'Croatia',
'Cyprus', 'Egypt', 'France', 'Greece', 'Israel', 'Italy', 'Lebanon', 'Libya', 'Malta',
'Monaco', 'Morocco', 'Republic%20of%20Montenegro', 'Slovenia', 'Spain', 'Syria',
'Tunisia', 'Turkey']
```

```
ta_klimata_twn_xwrwn={}
```

```
for kwdikos in onomata_xwrwn:
```

```
    onoma_arxeiou_Typou= f'./apotelesmata_historic/{kwdikos} Typos Klimatos
rcp85.xlsx'
```

```
    dedomena_Typou=pd.read_excel(onoma_arxeiou_Typou)
```

```
    len(dedomena_Typou)
```

```
    print(len(dedomena_Typou))
```

```
    group1=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2020")]
```

```
    group2=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2040")]
```

```
    group3=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2060")]
```

```
    group4=dedomena_Typou[dedomena_Typou['Unnamed: 0'].str.contains("2080")]
```

```
eidh_klimatos=['BWh','BWk','BSh','BSk','Csa','Csb','Csc','Cwa','Cwb','Cwc','Cfa','Cfb',
', 'Cfc','Dsa','Dsb','Dsc','Dwa','Dwb','Dwc','Dfa','Dfb','Dfc','Allo']
```

```
    eidh_klimatos=np.array(eidh_klimatos)
```

```
to_klima_xwras={}
```

```
for i in eidh_klimatos:
```

```
    A=group1[0].str.count(i).sum()
```

```
    B=group2[0].str.count(i).sum()
```

```
    C=group3[0].str.count(i).sum()
```

```
    D=group4[0].str.count(i).sum()
```

```
    #print(i,A,B,C,D)
```

```
    if A or B or C or D:
```

```
        to_klima_xwras[i]=[A,B,C,D]
```

```
ta_klimata_twn_xwrwn[kwdikos]=to_klima_xwras
```

```
bars=['2020-39','2040-59','2060-79','2080-99']
```

```
x_pos = np.arange(len(bars))
```

```

degrees=45

for kwdikos, klima_xwras in ta_klimata_twn_xwrwn.items():

    df = pd.DataFrame(klima_xwras)

    ax=df.plot(kind="bar", stacked=True)

    for bar in ax.patches:
        ax.text(bar.get_x() + bar.get_width() / 2, bar.get_height() +
bar.get_y(), round(bar.get_height()), ha='center', color='k', size=8)

    ax.set_ylabel('Αριθμός μοντέλων με την ίδια πρόβλεψη τύπου κλίματος')
    ax.set_xlabel('Χρονολογίες')
    plt.xticks(x_pos, bars, rotation=degrees )

    ax.set_title(f'{kwdikos} κλίμα χώρας rcp85')
    ax.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1.0), loc='upper left')

    #plt.show()

    plt.savefig(f'./apotelesmata_historic/{kwdikos} grafima rcp85.png',
bbox_inches='tight')

```

*

Σχεδιασμός συνολικών διαγραμμάτων διακύμανσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης (diakumansimeswntimwn.py)

```

# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Created on Fri May 21 15:31:20 2021

@author: danae
"""

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

#Εισαγωγή λίστας με τα ονόματα των χωρών
onomata_xwrwn=['Albania', 'Algeria', 'Bosnia and Herzegovina', 'Croatia', 'Cyprus',
'Egypt', 'France', 'Greece', 'Israel', 'Italy', 'Lebanon', 'Libya', 'Malta', 'Monaco',
'Morocco', 'Republic of Montenegro', 'Slovenia', 'Spain', 'Syria', 'Tunisia', 'Turkey']

```

```

#δημιουργία dictionary typos
typos={}

#επανάληψη για όλα τα αρχεία (ιστορικά,rcp2.6,rcp8.5) ώστε να ανοιχτούν και να
ενοποιηθούν μεταξύ τους ανάλογα με το χρονικό τους διαχωρισμό (ιστορικά μαζί,
rcp2.6 μαζί και rcp8.5 μαζί)

for kwdikos in onomata_xwrwn:

    onoma_arxeiou_T=f'{kwdikos} Statistika Thermokrasias.xlsx'
    onoma_arxeiou_R=f'{kwdikos} Statistika Vroxoptysis.xlsx'

    onoma_arxeiou_T_26=f'{kwdikos} Statistika Thermokrasias rcp26.xlsx'
    onoma_arxeiou_R_26=f'{kwdikos} Statistika Vroxoptysi rcp26.xlsx'

    onoma_arxeiou_T_85=f'{kwdikos} Statistika Thermokrasias rcp85.xlsx'
    onoma_arxeiou_R_85=f'{kwdikos} Statistika Vroxoptysi rcp85.xlsx'

    t=pd.read_excel(onoma_arxeiou_T)
    r=pd.read_excel(onoma_arxeiou_R)

    t_26=pd.read_excel(onoma_arxeiou_T_26)
    r_26=pd.read_excel(onoma_arxeiou_R_26)

    t_85=pd.read_excel(onoma_arxeiou_T_85)
    r_85=pd.read_excel(onoma_arxeiou_R_85)

    Pinakas_1=pd.merge(t,r,on="Unnamed: 0")
    Pinakas_2=pd.merge(t_26,r_26)
    Pinakas_3=pd.merge(t_85,r_85)

#εσωτερικός διαχωρισμός των ενοποιημένων αρχείων με βάση τα χρονικά
διαστήματα μελέτης
group1=Pinakas_1[0:30] #1901-1930
group2=Pinakas_1[30:60] #1931-1960
group3=Pinakas_1[60:90] #1961-1990
group4=Pinakas_1[90:116] #1991-2016

group1_26=Pinakas_2[Pinakas_2["Unnamed: 0"].str.contains("2020")] #2020-39
group2_26=Pinakas_2[Pinakas_2["Unnamed: 0"].str.contains("2040")] #2040-59
group3_26=Pinakas_2[Pinakas_2["Unnamed: 0"].str.contains("2060")] #2060-79
group4_26=Pinakas_2[Pinakas_2["Unnamed: 0"].str.contains("2080")] #2080-99

group1_85=Pinakas_3[Pinakas_3["Unnamed: 0"].str.contains("2020")]
group2_85=Pinakas_3[Pinakas_3["Unnamed: 0"].str.contains("2040")]

```

```

group3_85=Pinakas_3[Pinakas_3['Unnamed: 0'].str.contains("2060")]
group4_85=Pinakas_3[Pinakas_3['Unnamed: 0'].str.contains("2080")]

#υπολογισμός μέσων όρων για όλες τα δεδομένα ανά χρονικό διάστημα σε κάθε
ενοποιημένο αρχείο
aver1=group1.mean()
aver2=group2.mean()
aver3=group3.mean()
aver4=group4.mean()

aver1_26=group1_26.mean()
aver2_26=group2_26.mean()
aver3_26=group3_26.mean()
aver4_26=group4_26.mean()

aver1_85=group1_85.mean()
aver2_85=group2_85.mean()
aver3_85=group3_85.mean()
aver4_85=group4_85.mean()

#δημιουργία λίστας με τα αποτελέσματα των μέσων όρων
meses_times=[aver1,aver2,aver3,aver4,aver1_26,aver2_26,aver3_26,aver4_26,aver1_85,aver2_85,aver3_85,aver4_85]

#ονόματα χρονικών διαστημάτων για τον άξονα χ
axis_names=['1901-30','1931-60','1961-90','1991-16','2020-39 rcp26','2040-59 rcp26','2060-79 rcp26','2080-99 rcp26','2020-39 rcp85','2040-59 rcp85','2060-79 rcp85','2080-99 rcp85']
x_pos = np.arange(len(axis_names))

#μετατροπή της λίστας σε dataframe και σχεδιασμός διαγράμματος
df=pd.DataFrame(meses_times)

fig, ax1 = plt.subplots()

#πρώτον για τους μέσους όρους της μέγιστης (Tmax), ελάχιστης (Tmin) και μέσης
θερμοκρασίας (Tavg) σε μορφή line
df['Tmax'].plot(y=['Tmax'],kind='line', color='r')
df['Tmin'].plot(y=['Tmin'],kind='line', color='b')
df['Tavg'].plot(y=['Tavg'],kind='line',color='y')
ax1.set_ylabel('Θερμοκρασία, oC')
ax1.set_xlabel('Χρονολογίες')
plt.xticks(x_pos, axis_names, rotation='vertical' )
ax1.set_title(f'{kwdikos} Σύγκριση θερμοκρασίας')

```

```

ax1.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1.0), loc='upper left')
plt.savefig(f'{kw dikos} διακύμανση θερμοκρασίας.png', bbox_inches='tight')

#δεύτερον, για το μέσο όρο του συνολικού (Rsunoliko), μέγιστου (Rmax) και
ελάχιστου (Rmin) ύψους βροχής σε μορφή bar
fig, ax1 = plt.subplots()
df['Rsunoliko'].plot(y=['Rsunoliko'],kind='bar',stacked=True, color='y')
df['Rmax'].plot(y=['Rmax'], kind='bar',stacked=True, color='b')
df['Rmin'].plot(y=['Rmin'], kind='bar',stacked=True, color='r')
ax1.set_ylabel('Βροχόπτωση,mm')
ax1.set_xlabel('Χρονολογίες')
plt.xticks(x_pos, axis_names )
ax1.set_title(f'{kw dikos} Σύγκριση ποσού βροχόπτωσης')
ax1.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1.0), loc='upper left')
for bar in ax1.patches:
    ax1.text(bar.get_x() + bar.get_width() / 2, bar.get_height() +
bar.get_y(),round(bar.get_height()), ha='center', color='k',size=8)
plt.savefig(f'{kw dikos} διακύμανση βροχόπτωσης.png', bbox_inches='tight')

```