

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΓΕΩΡΓΙΑ Κ. ΛΑΖΟΓΛΟΥ
Πτυχιούχος Μαθηματικός

**ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2015

ΓΕΩΡΓΙΑ Κ. ΛΑΖΟΓΛΟΥ

Πτυχιούχος Μαθηματικός

ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος
Σπουδών «Μετεωρολογία Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον»
Ημερομηνία Προφορικής Εξέτασης: 16/12/2015

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Αναγνωστοπούλου Χριστίνα, Επίκ. Καθηγήτρια, (Επιβλέπουσα)
Μαυρομάτης Θεόδωρος, Αναπλ. Καθηγητής
Κουνδουράς Στέφανος, Επίκ. Καθηγητής

© Γεωργία Κ. Λάζογλου, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ

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

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

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	vi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΑΣΙ	1
1.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ	6
1.3 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΑΜΠΕΛΟΣ	10
1.3.1 Επιρροή κλίματος στην άμπελο	10
1.3.2 Ιδανικές τιμές κλιματικών παραμέτρων για αμπελοκαλλιέργεια	10
1.3.3 Ιστορική αλλαγή των οινοπαραγωγικών περιοχών, σαν αποτέλεσμα μεταβολής του κλίματος	11
1.3.4 Επίδραση κλιματικών μεταβολών στις οινοπαραγωγικές περιοχές	13
1.3.5 Αποτελέσματα ερευνών για επίδραση κλιματικών αλλαγών σε οινοπαραγωγικές περιοχές της Ευρώπης.	14
1.3.6 Αποτελέσματα ερευνών για επίδραση κλιματικών αλλαγών σε οινοπαραγωγικές περιοχές εκτός Ευρώπης	17
1.3.7.Μελλοντικά σενάρια για τις οινοπαραγωγικές περιοχές	18
1.3.8 Μελέτες για την Ελληνική περιοχή	19
1.4 Στόχος Εργασίας	20
2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	21
2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ	21
2.1.1 Πρόγραμμα CORINE 2000	23
2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	25
2.2.1 Ανάλυση εννέα Βιοκλιματικών Δεικτών της Αμπελουργίας.	28
2.2.1.1 Δείκτης Βιολογικά Ενεργών Ημερών - Biologically Effective Degree Days (BEDD)	29
2.2.1.2 Δείκτης Μέσης Θερμοκρασίας Περιόδου Ανάπτυξης Growing Season Average Temperature (GSTavg)	30
2.2.1.3 Δείκτης Βαθμοημερών ή Δείκτης Winkler – Winkler Index or Growing Degree Days (WI or GDD)	30
2.2.1.4 Μήκος της Περιόδου Ανάπτυξης - Length of Growing Season (LGS)	31
2.2.1.5 Υδροθερμικός Δείκτης –Hydrothermic Index (HyI)	32
2.2.1.6Δείκτης Ξηρασίας –Dryness Index (DI)	33
2.2.1.7Δείκτης νυχτερινών θερμοκρασιών –Cool or Cold night Index (CI)	35
2.2.1.8 Ηλιοθερμικός δείκτης του Huglin - Huglin Index (HI) (1978)	36
2.2.1.9 Composite Index (Compl)	38
2.2.2. Σύστημα κατηγοριοποίησης αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το σύστημα Multicriteria Climatic Classification (MCC SYSTEM)	40
3. ΑΝΑΛΥΣΗ	42
3.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ REANALYSIS ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΤΩΝ	42
3.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΜΕΛΕΤΗΣ	60
3.3 ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ MULTICRITERIA CLIMATIC CLASSIFICATION (MCC SYSTEM)	85
3.3.1 Κωδικοποίηση κατηγοριών MCC system	85

3.3.2 Ποσοστιαία ανάλυση των κατηγοριών του MCC για τις ελληνικές περιοχές. _____	86
3.3.3 Περιοχική ανάλυση των κατηγοριών του συστήματος MCC στην Ελλάδα _____	92
3.3.4 Σύγκριση ελληνικών αμπελουργικών περιοχών, με αμπελουργικές περιοχές του κόσμου, σύμφωνα με το σύστημα MCC. _____	102
4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ _____	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ _____	114

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών «Μετεωρολογία Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον», του τμήματος Γεωλογίας, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Στόχο της εργασίας αποτέλεσε η μελέτη της επίδρασης των κλιματικών αλλαγών στην ελληνική αμπελουργία.

Θα ήθελα να εκφράσω ένα τεράστιο ευχαριστώ, στην επιβλέπουσα καθηγήτρια της μεταπτυχιακής μου διατριβής, κ. Χριστίνα Αναγνωστοπούλου, Επίκουρη καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών (ΑΠΘ). Αρχικά θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την συνεχή καθοδήγησή της κατά τη διάρκεια της εργασίας, για τον τρόπο που μου δίδαξε να δουλεύω καθώς και για τη συμβολή της στην επιστημονική μου κατάρτιση σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης θα ήθελα να την ευχαριστήσω για τη συμπαράσταση και τη στήριξή της τόσο σε επιστημονικά θέματα όσο και σε προσωπικά.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής, ξεκινώντας από τον κ. Κουνδουρά, Επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας (ΑΠΘ), για το αμέριστο ενδιαφέρον του και τις πολύτιμες συμβουλές του κυρίως στα αμπελουργικά θέματα της εργασίας, καθώς και τον κ. Μαυρομαμάτη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών (ΑΠΘ), για τις χρήσιμες υποδείξεις του.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω δύο από τους Υποψήφιους Διδάκτορες του τομέα, την Κονδυλία Βελίκου και τον Στέργιο Κάρτσιο, για την τεράστια βοήθεια και υποστήριξη που μου προσέφεραν σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ θα ήθελα να το εκφράσω στην οικογένειά μου για την συμπαράσταση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών καθώς και για την αστείρευτη υπομονή που δείχνει όντας πάντα δίπλα μου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΡΑΣΙ

Σύμφωνα με τους αρχαιολόγους, το αμπέλι και το βασικό προϊόν του το κρασί, έχει προϊστορία πολλών χιλιάδων ετών. Υπάρχουν αμέτρητες ιστορικές αναφορές και μύθοι, σχετικά με την ιστορία του κρασιού. Σύμφωνα με τη Παλαιά Διαθήκη, πρώτος αμπελουργός θεωρείται ο Νώε. Μετά τον μεγάλο κατακλυσμό, η Κιβωτός προσάραξε στην κορυφή του όρους Αραράτ. Όταν τα νερά υποχώρησαν, ο Νώε κατέβηκε την κοιλάδα με τους δύο γιούς του και φύτεψε το πρώτο αμπέλι. Μία από τις παλαιότερες καταγεγραμμένες αναφορές, ως προς την ανακάλυψη του κρασιού, προέρχεται από το Ιράν, με τον βασιλιά Jamshid και το χαρέμι του. Ο βασιλιάς εξόρισε μια από τις γυναίκες του από το χαρέμι του, η οποία μετά από αυτή την απογοήτευση, θέλησε να αυτοκτονήσει. Στην αποθήκη του παλατιού, η κοπέλα ήπιε από ένα βάζο με υπολείμματα χαλασμένων σταφυλιών που είχαν κριθεί μη πόσιμα. Η κοπέλα αποκοιμήθηκε, αλλά όταν ξύπνησε την επόμενη ημέρα είχε ανακαλύψει τα ευχάριστα αποτελέσματά του 'χαλασμένου χυμού'. Πήγε την ανακάλυψη της στον βασιλιά, ο οποίος την ξαναδέχτηκε στο χαρέμι, και διέταξε ότι όλα τα σταφύλια που θα καλλιεργούνται στην Περσέπολη θα έπρεπε να προορίζονται για οινοποίηση. Η αλλοίωση βέβαια του σταφυλιού, ήταν στην πραγματικότητα το αποτέλεσμα της ζύμωσης.

Απολιθωμένα φυτά ηλικίας 65 εκατομμυρίων ετών αποτελούν την αρχαιότερη επιστημονική απόδειξη της ηλικίας του αμπελιού (*Vitis Sezannensis* Sap). Η τέχνη της αμπελουργίας εικάζεται ότι ξεκίνησε με την αγροτική επανάσταση γύρω στο 5000 π.Χ. Από τους πρώτους γνωστούς αμπελοκαλλιεργητές θεωρούνται οι Άριοι (πρόγονοι των Περσών και των Ινδών που ζούσαν στην περιοχή Καυκάσου-Κασπίας), οι σημιτικοί λαοί και οι Ασσύριοι. Κατόπιν οι τέχνες της αμπελουργίας και της οινοποιίας πέρασαν στους Αιγύπτιους, στους λαούς της Παλαιστίνης, της Φοινίκης και στους Έλληνες, οι οποίοι μάλιστα ανέπτυξαν ιδιαίτερα την οινοποιία, σχεδόν μονοπωλώντας την αγορά για αιώνες. Μέσω της Αρχαίας Ελλάδας το κρασί έγινε ευρέως γνωστό σε όλη τη λεκάνη της Μεσογείου, όπου έχουν βρεθεί Ελληνικοί αμφορείς. Οι Έλληνες συνέβαλαν στην διάδοση και ανάπτυξη του κρασιού στην αρχαία Αίγυπτο, Ιταλία, Σικελία, Γαλλία, Ισπανία και όλο τον αρχαίο κόσμο.

Το εμπόριο των ελληνικών κρασιών απλωνόταν σε ολόκληρη τη Μεσόγειο μέχρι την Ιβηρική χερσόνησο. Οι Ρωμαίοι ήρθαν σε επαφή με το κρασί από τους Έλληνες αποίκους και τους γηγενείς Ετρούσκους και επιδόθηκαν επίσης στην αμπελοκαλλιέργεια. Με την κατάρρευση της Ρώμης και τις μεταναστεύσεις των λαών η αμπελουργία γνώρισε περίοδο ύφεσης. Σε κάποιες περιοχές η αμπελουργία εγκαταλείφθηκε για αιώνες. Σημαντικό ρόλο στην διάσωση της οινοποιίας είχαν οι κληρικοί και μοναχοί, που χρειάζονταν το κρασί για τελετουργικούς σκοπούς.

Αρχαία Ελλάδα: Από τα αρχαία χρόνια, η Ελλάδα αποτελούσε μια περιοχή με ιδανικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες, για την ανάπτυξη της αμπελοκαλλιέργειας. Η αρχή της αμπελουργίας στον Ελλαδικό χώρο, τοποθετείται στη νεολιθική περίοδο. Ωστόσο μεταξύ του 13ου και του 11ου π.Χ. αιώνα γνώρισε τη μεγαλύτερη άνθηση. Οι Αρχαίοι Έλληνες, λαός, άρχοντες, καθώς και οι φιλόσοφοι όλων σχεδόν των ρευμάτων, από τους Προσωκρατικούς και τους Ιδεαλιστές (π.χ. Πλάτων, Σωκράτης) μέχρι τους Επικουρείους, αγαπούσαν το κρασί, ενώ και οι ποιητές δεν παρέλειψαν να το υμνήσουν. Ο Όμηρος στην «Οδύσσεια» περιγράφει πολλές σκηνές οινοποσίας, ενώ στην «Ιλιάδα» μιλάει για την ασπίδα του Αχιλλέα που είναι διακοσμημένη με μια σκηνή τρύγου. Ο Ευρυπίδης στο σατυρικό δράμα «Κύκλωψ», (στιχ. 616-624) αναφέρει πως ο Οδυσσεύς μέθυσε τον Πολύφημο με το δυνατό κρασί (Μαρώνιος Οίνος) που του έδωσε ο ιερέας Μάρωνας και τον τύφλωσε. Ο Αλκαίος, μεγάλος λυρικός ποιητής, μας παροτρύνει να μην φυτέψουμε κανένα άλλο δένδρο παρά μόνο αμπέλι, «Μηδ' εν άλλο φυτεύσης πρότερον δένδρεον αμπέλω...». Στην αξία του κρασιού αναφέρονται ο Πλάτωνας και ο Ξενοφώντας στα « Συμπόσια» τους. «Χαλεπόν τοις ανθρώποις η μέθη», δηλ. « Φοβερόν ελλάτωμα για τους ανθρώπους η μέθη» (Πλατ. “Συμπόσιον” ε, 176). Αλλά και ο Αθήναιος στους «Δειπνοσοφιστές», όπου αποκαλεί το κρασί « Οίνος, ο αγαθός δαίμονας». Στο ίδιο έργο, σ' ένα απόσπασμα, ο Εύβουλος (κωμικός ποιητής του 4ου π.Χ. αιώνα) παριστάνει τον Διόνυσο να λέει ότι το κρασί είναι απαραίτητο στον άνθρωπο, αλλά με μέτρο, γιατί αν πει περισσότερο τότε παραφέρεται. (Σε πολλά ακόμα κείμενα της εποχής, γίνονται αναφορές και εξυμνούνται τα γλυκά και μαλακά κρασιά από τη Θήρα και την Κρήτη, τα ευωδιαστά της Λέσβου, ο ιδανικός για παλαίωση Κερκυραϊκός οίνος, ο ονομαστός Αριούσιος της Χίου και πολλά άλλα περιζήτητα κρασιά. Η παραγωγή οίνου γινόταν σε πολλές ελληνικές περιοχές. Όμως τα πιο γνωστά και ξακουστά ήταν οι οίνοι των νησιών. Πιο συγκεκριμένα τα κρασιά της Θάσου, της Λέσβου και της Χίου, ήταν από τα πιο ακριβά κρασιά της εποχής (κατά

τον 4ο αιώνα π.Χ.). Μάλιστα στη Θάσο καταγράφεται η πρώτη προσπάθεια για καθιέρωση οίνων προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης (ΠΟΠ) κατά το 475 π.Χ. Πιο συγκεκριμένα εκεί βρέθηκαν επιγραφές με νομοθετικά κείμενα, που επέβαλαν τη σήμανση των κρασιών του νησιού σε σφραγισμένους αμφορείς, ενώ ταυτόχρονα απαγορευόταν σε θασίτικα πλοία με ξένο κρασί να πλησιάσουν το νησί. Οι σημάνσεις αυθεντικότητας εφαρμόστηκαν και από άλλες ελληνικές περιοχές, για τους οίνους που παρήγαγαν. Οι απομιμήσεις όμως γνωστών ελληνικών οίνων από κάποιες περιοχές ήταν συχνό φαινόμενο.

Οι αρχαίοι Έλληνες αγαπούσαν το κρασί και υπηρετούσαν με πάθος τον θεό του, τον Διόνυσο, μια θεότητα έξυπνη, ζωντανή, ερωτική, που το όνομά του συνδέθηκε με τους εορτασμούς της βλάστησης, της γονιμότητας και της προστασίας των καλλιεργειών, κυρίως της αμπέλου. Μία απόδειξη του μεγέθους της λατρείας προς το θεό Διόνυσο, αποτελεί η απεικόνισή του σε πλήθος αγγείων. Προς τιμήν του διοργανώνονταν μεγαλοπρεπείς εορτές, όπως τα Κατ' αγρούς Διονύσια ή Μικρά (Δεκέμβριο), τα εν άστει Διονύσια ή Μεγάλα (Μάρτιο), τα Λήνια, (Ιανουάριο), τα Ανθεστήρια (Φεβρουάριο-Μάρτιο). Σκηνές από τους εορτασμούς αυτούς, αποτέλεσαν επίσης πηγή έμπνευσης για πολλούς καλλιτέχνες της εποχής. Επίσης η γέννηση του δράματος, προήλθε από τον Διονυσιακό διθύραμβο. Μελετώντας τη Βακχική ποίηση ανασύρονται πληροφορίες για το εθιμοτυπικό του πότου, της κατανάλωσης δηλαδή του κρασιού. Στην αρχαιότητα, οι κάτοικοι συνήθιζαν κάθε πρωί να βουτούν το ψωμί τους στο κρασί και αυτή ήταν η μοναδική στιγμή της ημέρας που έπιναν άκρατο τον οίνο τους, δηλαδή όχι νερωμένο. Αντίθετα στα συμπόσια, ο πότος, που ακολουθούσε το λιτό δείπνο περιελάμβανε την πόση κρασιού αραιωμένο με νερό. Έτσι οι συμμετέχοντες στο συμπόσιο μπορούσαν να πραγματοποιούν τις συζητήσεις τους νηφάλιοι. Η καταδίκη της μέθης είναι πανάρχαια, από την εποχή του Ομήρου όπου και οι μέθυσοι Κύκλωπες αποτελούν προηγούμενα προς αποφυγήν.

Βυζαντινή εποχή: Στη βυζαντινή εποχή, η λατρεία στο θεό Διόνυσο, αντικαταστάθηκε από τον Θεό των Χριστιανών. Κατά τα χρόνια αυτά η άμπελος και ο οίνος είναι κυρίως συνδεδεμένα με την Ορθοδοξία, καθώς αποτελούν ιερά σύμβολα που ο Χριστιανισμός δανείστηκε από τις αρχαίες θρησκείες. Στην Παλαιά και η Καινή Διαθήκη οι αναφορές στα σύμβολα αυτά είναι πολύ συχνές. Ένα παράδειγμα αποτελεί η παραβολή της Αμπέλου κατά την οποία ο Χριστός είπε : «Εγώ είμι ή ἄμπελος». Ο οίνος αποκτά τη μεγαλύτερη σημασία του στον Μυστικό Δείπνο όταν ο Χριστός έδωσε στους μαθητές

το ποτήρι λέγοντας «πίετε εξ αυτού πάντες τούτο γαρ εστί το αίμα μου το της καινής διαθήκης το περί πολλών εκχυνόμενον εις άφεσιν αμαρτιών». Έτσι ο οίνος μαζί με τον άρτο είναι τα μοναδικά αγαθά που προσφέρονται ως δώρα της θείας Ευχαριστίας. Οι Βυζαντινοί αγαπούσαν το κρασί κι είχαν μία μεγάλη ποικιλία κρασιών. Η Κωνσταντινούπολη μάλιστα, όπου κατέφθαναν όλα τα κρασιά της Αυτοκρατορίας θα ονομαστεί από τους Αγγλοσάξονες, Winburg, που σημαίνει Οινόπολις, η πόλη του κρασιού. Το κάθε κρασί αναφερόταν με το όνομα της περιοχής απ' όπου προερχόταν. Η κατανάλωση του κρασιού διαφοροποιήθηκε από τα αρχαία χρόνια. Οι βυζαντινοί δεν αραιώναν το κρασί τους με νερό. Συνήθιζαν επίσης, σαν δείγμα πολυτέλειας, να το καταναλώνουν ζεστό. Για να μην μεθούν εύκολα, πριν την κατανάλωσή του, έτρωγαν ωμό λάχανο και πικραμύγδαλα. Αναμείγνυαν επίσης παλαιό κρασί με μέλι και πιπέρι κι έφτιαχναν το «κονδίτον». Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι κατά τους βυζαντινούς χρόνους απαντώνται ειδικά καταστήματα πώλησης οίνου, τα λεγόμενα οينوπωλεία ή ταβερνεΐα ή καπηλεία. Η αμπελουργία και η παραγωγή κρασιού, στο μεγαλύτερο της μέρος γινόταν από μοναχούς καθώς και οι μεγαλύτερες εκτάσεις γης ανήκαν στην εκκλησιαστική περιουσία. Βασικός λόγος αποτελούσε η ανάγκη για το νάμα, το κρασί της Θείας Κοινωνίας, δεν ήταν όμως ο μοναδικός. Το λάδι, το ψωμί και το κρασί, αποτελούν βασικά στοιχεία της μεσογειακής διατροφής. Τα κρασί με τα ευεργετικά συστατικά του, αλλά και τα υπόλοιπα προϊόντα που παράγονται από την άμπελο (ξύδι, σταφύλι, σταφίδα) αποτελούν σημαντικό συμπλήρωμα στη θερμιδικά φτωχή διατροφή των μοναχών. Οι μοναχοί επίσης γνώριζαν και τις θεραπευτικές ιδιότητες του κρασιού και μοναστηριακά έγγραφα περιέχουν πλήθος συνταγών με βάση τον οίνο ως αντισηπτικό, αιμοστατικό, αντιβηχικό κ.ά.. Ο Άγιος Τρύφωνας καθιερώθηκε ο Άγιος της αμπέλου και του οίνου. Επίσης είναι ο Άγιος των αμπελουργών και να τιμάται την 1^η Φεβρουαρίου, την εποχή του κλαδέματος των αμπελιών, ιδιαίτερα στην περιοχή της Θράκης και της Μακεδονίας.

Στη Δύση, την ίδια περίοδο, η τέχνη του κρασιού γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη. Το 16^ο αιώνα είχε εξαπλωθεί στην Ισπανία αλλά και στη Γαλλία. Την εποχή αυτή προωθούνται και αρκετές καινοτόμες τεχνικές, όπως η χρήση γυάλινης φιάλης και φελλού. Επιπλέον γίνεται γνωστή η παρασκευή αφρώδους οίνου (όπως για παράδειγμα η σαμπάνια, που αποδίδεται στον Γάλλο βενεδικτίνο μοναχό Περινιόν).

Τουρκοκρατία: Κατά την Τουρκοκρατία, οι κατακτητές δεν ενδιαφέρθηκαν για την εξέλιξη της αμπελοκαλλιέργειας. Σε μερικές περιοχές που δέχθηκαν ευνοϊκότερη μεταχείριση, οι κάτοικοι συνέχισαν να παράγουν κρασί, έχοντας μάλιστα και προνόμια. Τέτοιες περιοχές ήταν τα Άγραφα, τα οποία απέκτησαν αυτονομία με η συνθήκη Ταμασίου (1525) αλλά και τα νησιά, στα οποία ο Σουλτάνος Μουράτ Γ΄ το 1580 έδωσε το προνόμιο της αυτοδιοίκησης. Έτσι οι κάτοικοι των νησιών του Αιγαίου πελάγους θα αναπτύξουν την οινοπαραγωγή και το οινεμπόριο στα νησιά θα ανθήσει ξανά, με πιο έντονους μάλιστα, ρυθμούς. Στις περισσότερες περιοχές όμως η αντιμετώπιση των Οθωμανών ήταν ακραία, και η καταστροφή των αμπελώνων ήταν ολοκληρωτική. Ταυτόχρονα επικράτησε και η απαγόρευση οινοποσίας. Κίνητρο για αυτά, η θρησκεία καθώς ο προφήτης του Ισλάμ, απαγορεύει τη λατρεία ειδώλων, τον τζόγο και το αλκοόλ. Επιπλέον η ταύτιση της αμπέλου και του οίνου με την Ορθοδοξία και τη Βυζαντινή Αυτοκρατορία, έκανε τα πράγματα ακόμα δυσκολότερα.

Οι νεώτεροι χρόνοι: Η εξέλιξη των αμπελώνων κατά τα χρόνια της επανάστασης, ήταν απρογραμματίστη. Πιο συγκεκριμένα, μέχρι τις παραμονές του δεύτερου Παγκοσμίου πολέμου, η πορεία των αμπελώνων, ακολουθούσε την πορεία των εξελίξεων. Κάθε φορά που η χώρα βρισκόταν σε εμπόλεμη κατάσταση, ο αμπελώνας παρέμενε ακλάδευτος, ενώ όταν οι υπό καλλιέργεια περιοχές περνούσαν στα χέρια των κατακτητών, οι αμπελώνες καίγονταν και ξεριζώνονταν σαν αντίποινα. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, οι δυσκολίες για τον ελληνικό αμπελώνα πολλαπλασιάστηκαν. Ο εμφύλιος, η μετανάστευση και η φυλλοξήρα αποτέλεσαν επιπλέον προβλήματα και οδήγησαν στην επιπλέον υποβάθμισή του. Η φυλλοξήρα έφτασε στην Ελλάδα στο τέλος του 19ου αιώνα. Εμφανίστηκε αρχικά στην Πυλαία Θεσσαλονίκης (1898) και εξαπλώθηκε σε αμπελώνες στην Βόρεια Ελλάδα και την Ήπειρο. Τα ελληνικά νησιά δεν επηρεάστηκαν από την φυλλοξήρα και κατάφεραν να συνεχίσουν την αμπελοκαλλιέργεια. Το κρασί χύμα ήταν κυρίαρχο στην αγορά, με εξαίρεση κάποιες οινοποιητικές μονάδες που τολμούσαν να εμφανίζονται στην αγορά του εμφιαλωμένου. Στις διεθνείς αγορές το ελληνικό κρασί δεν είχε πολύ καλό όνομα. Θεωρείται «μεσογειακό», χωρίς οξύτητα, χωρίς άρωμα, οξειδωμένο. Με εξαίρεση το μοσχάτο γλυκό της Σάμου, κανένα άλλο ελληνικό κρασί δεν ερχόταν στην αγορά με γεωγραφική ένδειξη καταγωγής.

Σύγχρονα χρόνια: Τα σύγχρονα χρόνια, η εξέλιξη της τεχνολογίας έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην αναγέννηση του ελληνικού οίνου. Οι σημαντικές επενδύσεις που έγιναν σε

εγκαταστάσεις και εξοπλισμό, βοήθησαν στην βελτίωση των ελληνικών παραγόμενων οίνων. Κατά το 1971 πραγματοποιείται η καθιέρωση των σύγχρονων ελληνικών ονομασιών προέλευσης ελληνικών οίνων από το Υπουργείο Γεωργίας. Στα τέλη του 20^{ου} αιώνα, η άνθηση της ελληνικής οινολογίας και αμπελουργίας γίνεται ακόμα μεγαλύτερη. Σε αυτό συνέβαλλαν καθοριστικά αρκετοί Έλληνες οινολόγοι, οι οποίοι με την ολοκλήρωση των σπουδών τους κυρίως στη Γαλλία, επέστρεψαν και ασχολήθηκαν με τους Ελληνικούς αμπελώνες. Σήμερα τα ελληνικά κρασιά είναι ευρέως γνωστά σε όλο τον κόσμο, και οι διακρίσεις σε διεθνείς διαγωνισμούς είναι συνεχείς.

1.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ

Το αμπέλι θεωρείται ένα πολυετές φυτό (30-40 χρόνια ζωής) με πολύ μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα (10.000 ποικιλίες εκ γενετής). Είναι θάμνος αναρριχώμενος, με ξυλώδεις διακλαδώσεις και ετήσιο βλαστικό κύκλο. Η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν οι καλλιέργειες αμπέλου σήμερα, είναι 80 εκ. στρέμματα, ενώ περίπου το 80% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής είναι τα οινοποιήσιμα σταφύλια. Παραδοσιακές χώρες στην παραγωγή κρασιού, είναι η Γαλλία, η Ιταλία, η Ισπανία, η Αργεντινή, οι ΗΠΑ, ενώ τις τελευταίες δεκαετίες η Κίνα έχει εισβάλει δυναμικά στις πρώτες θέσεις. Η Ελλάδα κατέχει την 15^η θέση στο παγκόσμιο χάρτη οινοπαραγωγικών χωρών, μια θέση ιδιαίτερα αξιόλογη για το μέγεθός της (Κουνδουράς 2014). Άλλα προϊόντα που παράγονται από το αμπέλι είναι τα επιτραπέζια σταφύλια, οι σταφίδες, το ξύδι κ.α.

Το χειμώνα, το αμπέλι αναπαύεται. Ο αμπελουργός το φροντίζει, το λιπαίνει και το κλαδεύει, αφαιρώντας το μεγαλύτερο τμήμα του ξύλου, που δημιουργήθηκε την προηγούμενη χρονιά. Στην αρχή της άνοιξης, οι χυμοί αρχίζουν να κυκλοφορούν στο φυτό και όταν η θερμοκρασία αυξηθεί αρκετά, οι «οφθαλμοί» του φυτού ανοίγουν, αναπτύσσονται τα πρώτα φύλλα και μεγαλώνουν οι βλαστοί. Το αμπέλι ανθίζει, τα άνθη γονιμοποιούνται και «δένει» ο καρπός: το σταφύλι (περκασμός). Το καλοκαίρι, το σταφύλι ωριμάζει, αυξάνει δηλαδή σε μέγεθος, αποκτά χρώμα και γλυκύτητα, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η ξινή, άγουρη γεύση του. Το φθινόπωρο (σε κάποιες περιπτώσεις από το τέλος του καλοκαιριού), όταν πλέον τα σταφύλια αποκτήσουν το επιθυμητό χρώμα και άρωμα, όταν η σχέση σακχάρων και οξέων είναι η κατάλληλη (τεχνολογική ωρίμαση) και όταν οι σύνθετες μετρήσεις που εφαρμόζουν αμπελουργοί και οινολόγοι δίνουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, έχει φτάσει η εποχή του τρύγου. Η

απόφαση της χρονικής αυτής στιγμής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το χαρακτήρα και την ποιότητα του τελικού προϊόντος, του κρασιού, και είναι ίσως από τις σημαντικότερες αποφάσεις που πρέπει να λάβει κάθε οινοποιός (Κουνδουράς 2014).

Πιο αναλυτικά, στον πίνακα 1.2.1, περιγράφονται τα φαινολογικά στάδια τα οποία περνά το φυτό. Οι κύριες περίοδοι είναι δύο, η χειμερινή ανάπαυση και η βλαστική περίοδος.

Πίνακας 1.2.1: Φαινολογικά στάδια αμπέλου.

ΕΤΗΣΙΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	ΥΠΟΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΣΤΑΔΙΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΑΝΑΠΑΥΣΗ		ΠΤΩΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΕΩΣ ΔΑΚΡΥΡΡΟΙΑ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ- ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ ΕΩΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ
ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΠΡΩΤΟ ΣΤΑΔΙΟ	ΕΚΒΛΑΣΤΙΣΗ ΕΩΣ ΑΝΘΟΦΟΡΙΑ	ΤΕΛΗ ΜΑΡΤΙΟΥ-ΑΡΧΕΣ ΑΠΡΙΛΙΟΥ ΕΩΣ ΜΕΣΑ ΜΑΙΟΥ-ΑΡΧΕΣ ΙΟΥΝΙΟΥ
	ΔΕΥΤΕΡΟ ΣΤΑΔΙΟ	ΑΝΘΟΦΟΡΙΑ ΕΩΣ ΠΕΡΚΑΣΜΟΣ	ΜΕΣΑ ΜΑΙΟΥ-ΑΡΧΕΣ ΙΟΥΝΙΟΥ ΕΩΣ ΑΡΧΕΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ
	ΤΡΙΤΟ ΣΤΑΔΙΟ	ΠΕΡΚΑΣΜΟΣ ΕΩΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ	ΑΡΧΕΣ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ΕΩΣ ΤΕΛΗ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ

Χειμερινή ανάπαυση: Είναι η περίοδος που ξεκινά από την πτώση των φύλλων (Νοέμβριος-Δεκέμβριος) μέχρι περίπου το Φεβρουάριο που παρατηρείται η δακρύρροια. Η άμπελος ξεκινά σταδιακά από τα μέσα Ιουνίου να εισέρχεται στη φάση του λήθαργου, σταδιακά από το κάτω μέρος του βλαστού μέχρι τη κορυφή. Αρχικά περνά από τη φάση προ της εισόδου στο λήθαργο κατά την οποία εάν οι οφθαλμοί τοποθετηθούν σε ευνοϊκό περιβάλλον, μπορούν να βλαστήσουν σε λιγότερο από 200 ώρες. Ακολουθεί η φάση της εισόδου στο λήθαργο, κατά την οποία η ικανότητα των οφθαλμών να βλαστήσουν, εάν τοποθετηθούν σε ευνοϊκό περιβάλλον (θερμοκρασία=20°C) σταδιακά μειώνεται, και τελικά μηδενίζεται δεδομένου του ότι ο οφθαλμός θα χρειαζόταν 1000 ώρες περίπου για την εκβλάστηση. Σε θερμοκρασίες από 10-15°C δεν μπορεί να βλαστήσει ο οφθαλμός, και έτσι το φυτό βρίσκεται στη φάση του λήθαργου. Για να «ξυπνήσει» η άμπελος από το λήθαργο, πρέπει να διανύσει ένα μικρό διάστημα περίπου 7-15 ημερών με χαμηλές θερμοκρασίες (ανάλογα με τη ποικιλία οι θερμοκρασίες αυτές κυμαίνονται συνήθως από 8-13°C).

Η περίοδος αυτή κατά την οποία το φυτό διέρχεται από τη φάση αυτή ονομάζεται φάση της άρσης του λήθαργου. Στην Ευρώπη η φάση αυτή είναι συνήθως η πρώτη περίοδος του χειμώνα. Μετά από την επαγρύπνηση του φυτού, η άμπελος δεν βλασταίνει καθώς οι θερμοκρασίες που επικρατούν δεν είναι ευνοϊκές, όμως εάν αποκοπούν οφθαλμοί και τοποθετηθούν σε ευνοϊκό περιβάλλον, τότε έχουν την ικανότητα να βλαστήσουν. Η φάση αυτή είναι η φάση μετά την άρση του λήθαργου. Κατά την έναρξη της άνοιξης λοιπόν και μόλις οι θερμοκρασίες ξεπεράσουν τους 10°C, αρχίζει η διόγκωση των οφθαλμών και η εκβλάστηση (Νικολάου 2011).

Βλαστική περίοδος: Η κατάσταση που δηλώνει την μετάβαση της αμπέλου από το στάδιο της χειμερινής ανάπαυσης στην βλαστική περίοδο, είναι η δακρύρροια. Δακρύρροια είναι η κατάσταση κατά την οποία παρατηρείται εκροή νερού από τις τομές του κλαδέματος. Αυτό το φαινόμενο υποδεικνύει ότι το φυτό απορρόφα νερό από το έδαφος και το μεταφέρει στις τομές.

Το πρώτο στάδιο της βλαστικής περιόδου ξεκινά με την εκβλάστηση, τη διόγκωση δηλαδή των οφθαλμών, που σταδιακά ανοίγουν. Η ημερομηνία εκβλάστησης διαφοροποιείται από ποικιλία σε ποικιλία κάτι που οδηγεί στον εντοπισμό τριών ειδών ποικιλιών: τις ποικιλίες πρώιμης, μέσης και όψιμης εκβλάστησης. Η κατηγοριοποίηση παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή της ποικιλίας που θα καλλιεργηθεί σε ένα τόπο. Για παράδειγμα περιοχές που οι εαρινοί παγετοί είναι συχνοί, δεν θεωρούνται κατάλληλες για καλλιέργεια ποικιλιών με πρώιμη εκβλάστηση. Γενικά η εκβλάστηση ευνοείται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 10°C, όμως και αυτό διαφοροποιείται ανάλογα με τη ποικιλία (ορισμένες απαιτούν μεγαλύτερες θερμοκρασίες). Κατά την αύξηση του βλαστού από την εκβλάστηση μέχρι την πτώση των φύλλων, η άμπελος περνά από ορισμένα αναπτυξιακά στάδια, τα οποία αναφέρονται ως φαινολογικά στάδια Baggioolini και Baillod.

Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για την αύξηση των βλαστών της αμπέλου είναι η θερμοκρασία του αέρα. Όταν η τελευταία είναι χαμηλή ή υπερβολική, τότε ο ρυθμός αύξησης των βλαστών επιβραδύνεται ενώ υπάρχει ένα κατώτερο όριο (διαφορετικό για κάθε ποικιλία) κάτω από το οποίο η αύξηση είναι αδύνατη. Παραδείγματα του κατώτερου αυτού ορίου είναι: Merlot 9°C, Ugni blanc 11°C (Pouget 1968). Όταν οι θερμοκρασίες ξεπερνούν το όριο αυτό, τότε η ανάπτυξη του φυτού μπορεί να επιτευχθεί. Μάλιστα όσο υψηλότερες είναι οι επικρατούσες θερμοκρασίες, τόσο

μεγαλύτερος είναι και ο ρυθμός αύξησης των βλαστών. Αυτό όμως μέχρι ένα ανώτερο όριο, πάνω από το οποίο η ανάπτυξη σταματά. Γενικά οι ιδανικές θερμοκρασίες είναι 25-30°C, από 30-32°C η ανάπτυξη μειώνεται, ενώ πάνω από 38°C σταματά.

Το δεύτερο στάδιο της βλαστικής περιόδου ξεκινά με την ανθοφορία, που παρατηρείται συνήθως κατά τα μέσα Μαΐου με αρχές Ιουνίου. Γενικά για την εκδήλωση μιας ομαλής ανθοφορίας, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πρέπει να ξεπερνά τους 15°C καθώς κάτω από αυτήν και πάνω από τους 35°C, η ανθοφορία επιβραδύνεται σημαντικά. Ιδανικές θερμοκρασίες για ανθοφορία θεωρούνται από 20 έως 25°C. Επιπρόσθετα, ο φωτισμός δεν επηρεάζει την ανθοφορία (καθώς αυτή συμβαίνει και το βράδυ), ενώ ανασταλτικοί παράγοντες είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες και η βροχόπτωση. Την ανθοφορία ακολουθεί το στάδιο της αύξησης και ανάπτυξης των σταφυλιών. Αναλυτικότερα, από τη γονιμοποίηση του άνθους μέχρι την ωρίμανση οι ράγες περνούν από 3 στάδια. Το πρώτο στάδιο της πράσινης ράγας, κατά το οποίο η ράγα είναι σκληρή και πράσινη και η διάρκεια του σταδίου μπορεί να φτάσει τις 60 ημέρες. Το δεύτερο στάδιο-βήμα, κατά το οποίο μειώνεται ο ρυθμός αύξησης των ραγών, και αποτελεί ένα σύντομο στάδιο (10-15 ημέρες) πριν την έναρξη της ωρίμανσης που ονομάζεται περκασμός ή γυάλισμα. Το τρίτο στάδιο είναι αυτό της ωρίμανσης. Το στάδιο αυτό ξεκινά περίπου από τα μέσα Αυγούστου, και η έναρξη του σηματοδοτείται από την αλλαγή του χρώματος των ερυθρών ποικιλιών.

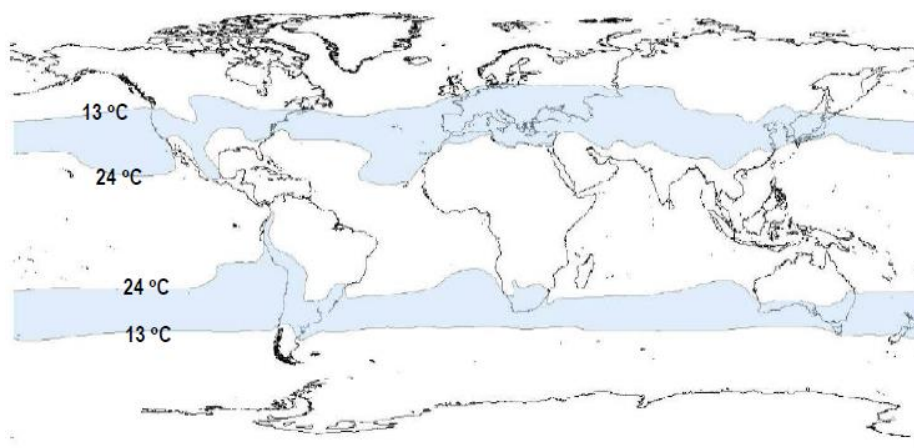
Το τρίτο στάδιο της αύξησης της ράγας (ωρίμανση), ξεκινά από τα τέλη Ιουλίου με μέσα Αυγούστου και διαρκεί από 5-8 εβδομάδες, και στο τέλος του γίνεται η συγκομιδή των σταφυλιών. Ο χρόνος της συγκομιδής προσδιορίζεται από την αναλογία οξέων-σακχάρων και εάν τα σταφύλια δεν συλλεχθούν τη σωστή στιγμή, τότε παρατηρείται η κατάσταση της υπερωρίμανσης (Νικολάου 2011).

Οι επικρατούσες θερμοκρασίες από το στάδιο της ανθοφορίας μέχρι την ωρίμανση αποτελούν βασικό παράγοντα για την τελική ποιότητα και ποσότητα του παραγόμενου οίνου. Για παράδειγμα, θερμοκρασίες περίπου 20°C κατά την περίοδο ωρίμανσης ευνοούν τη μετακίνηση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης μέσα στο φυτό και τη συσσώρευσή τους στη ράγα. Αντίθετα, πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά τη περίοδο έχουν σαν συνέπεια τη μείωση του ρυθμού αποθήκευσης σακχάρων στη ράγα του φυτού, ενώ οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες οδηγούν στην καθυστέρηση της ωρίμανσης.

1.3 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΑΜΠΕΛΟΣ

1.3.1 Επιρροή κλίματος στην άμπελο

Το κλίμα αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία στην επιλογή του είδους καλλιεργειών σε ένα τόπο. Καθορίζει την ικανότητα του φυτού να επιβιώσει, να αναπτυχθεί, να καρποφορήσει και να δώσει εν τέλει σοδειά ικανοποιητικής ποσότητας και ποιότητας στον παραγωγό. Σύμφωνα και με ιστορικά δεδομένα, η άμπελος είναι ένα φυτό ιδιαίτερα ευαίσθητο στα χαρακτηριστικά του κλίματος και στις μεταβολές του (Stock et. al. 2005) και με ιδιαίτερες απαιτήσεις σε θερμοκρασία και υγρασία ανάλογα με το φαινολογικό στάδιο ανάπτυξής του. Η παραγωγή καλής ποιότητας κρασιού περιορίζεται σε πολύ «στενές» γεωγραφικές περιοχές (Jones, 2007) (Εικόνα 1.3.1.1) . Περιοχές με μεσογειακό κλίμα, παράγουν παραδοσιακά κρασιά εξαιρετικής ποιότητας (Johnson 1985, Penning-Rowsell 1989, Unwin, 1991). Επιπρόσθετα, το κλίμα αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα και στην επιλογή της ποικιλίας σταφυλιών που μπορεί να ευδοκιμήσει σε κάθε περιοχή. Αναλυτικότερα, ο τύπος σταφυλιών που μπορούν να καλλιεργηθούν σε μία περιοχή, και ο τύπος του κρασιού που παράγεται είναι αποτέλεσμα του βασικού κλίματος της περιοχής ενώ η ποιότητα του κρασιού εξαρτάται από τη μεταβλητότητα του κλίματος από χρονιά σε χρονιά (Jones and Hellman, 2003).



Εικόνα 1.3.1.1: Ζώνες όπου ευνοείται η αμπελουργία με βάση τη μέση θερμοκρασία Απριλίου-Οκτωβρίου (13-24°C) (Jones et al 2007)

1.3.2 Ιδανικές τιμές κλιματικών παραμέτρων για αμπελοκαλλιέργεια

Το ιδανικό εύρος τιμών των κλιματικών παραμέτρων στο οποίο μπορεί να παραχθεί κρασί υψηλής ποιότητας, αλλάζει ανάλογα με την ποικιλία των σταφυλιών και το

στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Για παράδειγμα κατά την περίοδο ανάπτυξης των καρπών, η μέση μηνιαίες θερμοκρασίες που απαιτούνται για λευκές ποικιλίες είναι 18-20°C ενώ για ερυθρές 21-22°C. Αντίστοιχα οι μέγιστες θερμοκρασίες στην πρώτη περίπτωση δεν πρέπει να ξεπερνούν τους 30°C, ενώ στη δεύτερη το όριο αυξάνεται στους 35°C. Εκτός από την θερμοκρασία όρια ιδανικών τιμών υπάρχουν για όλες τις κλιματικές παραμέτρους. Σύμφωνα με τους Gladstones (2005) και Jones (2006), έχουν ορισθεί κάποιες περιοχικές ζώνες, στις οποίες μπορεί να παραχθεί υψηλής ποιότητας οίνος. Αυτές οι ζώνες, περιλαμβάνουν περιοχές που βρίσκονται μεταξύ των ισοθέρμων 13-24°C σε Βόρειο και Νότιο ημισφαίριο για τους μήνες ανάπτυξης της αμπέλου. Γενικότερα η σχέση ρυθμού αύξησης της αμπέλου και θερμοκρασίας, ακολουθεί μια σχεδόν κανονική κατανομή. Αρχικά, με αύξηση της θερμοκρασίας, παρατηρείται ταχύτερη αύξηση, μέχρι το σημείο της ιδανικής θερμοκρασίας. Με περεταίρω αύξηση της θερμοκρασίας η φωτοσύνθεση και η αύξηση της αμπέλου μειώνεται (Εικόνα 1.3.2.1)..



Εικόνα 1.3.2.1: Ποιοτική καμπύλη που περιγράφει τη σχέση θερμοκρασίας-ποιότητας οίνου.

(Κουνδουράς 2014)

1.3.3 Ιστορική αλλαγή των οиноπαραγωγικών περιοχών, σαν αποτέλεσμα μεταβολής του κλίματος

Κυρίαρχο ρόλο στην χωρική κατανομή των οиноπαραγωγικών περιοχών έχει το κλίμα. Έτσι μετακινήσεις των περιοχών αυτών κατά την διάρκεια των ιστορικών χρόνων, ήταν αποτέλεσμα των κλιματικών αλλαγών που επικράτησαν στον πλανήτη (Le Roy Ladurie 1971; Pfister 1988; Gladstones 1992).

Στην Ευρώπη υπάρχει αρχείο ημερομηνιών για περιόδους παραγωγής και συγκομιδής για περίπου 1000 έτη (Penning-Roswell, 1989; Le Roy Ladurie, 1971). Τα δεδομένα αυτά, αποκάλυψαν περιόδους κατά τις οποίες οι θερμοκρασίες ήταν ευεργετικές για καλλιέργεια, και η ποιότητα και ποσότητα των προϊόντων υψηλή. Άλλα στοιχεία έχουν δείξει ότι κατά την «Περίοδο Μεσαιωνικής Θέρμανσης» (1000-1300 μ.Χ.) όταν οι θερμοκρασίες αυξήθηκαν περίπου κατά 1°C (Gladstones, 1992), αμπελώνες φυτεύτηκαν από μακρινά σημεία του Βορρά μέχρι την Βαλτική θάλασσα και τη Νότια Αγγλία. Επιπρόσθετα, οι αύξηση της θερμοκρασίας κατά την περίοδο αυτή, επηρέασε και τις ημερομηνίες τρύγου, οι οποίες παρατηρήθηκαν νωρίτερα μέσα στο έτος. Η «Μικρή Παγετώδης Περίοδος» που ακολουθεί (1500-1850 μ.Χ) κατά την οποία οι θερμοκρασίες στα περισσότερα μέρη του πλανήτη ήταν πολύ χαμηλές, επηρέασε σημαντικά τους αμπελώνες που υπήρχαν. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι αμπελώνες που βρίσκονταν βόρεια, δεν μπόρεσαν να επιβιώσουν, ενώ η εξαιρετικά σύντομη περίοδος ανάπτυξης κατέστησε τη συγκομιδή σταφυλιών από τους νοτιότερους αμπελώνες πολύ δύσκολη. Τέλος, η γνώση των θερμοκρασιακών ορίων κάθε σταδίου ανάπτυξης της αμπέλου, σε συνδυασμό με τα ιστορικά δεδομένα που αφορούν το αμπέλι, βοήθησαν στην ανακατασκευή του κλίματος για σημαντικές χρονικές περιόδους. Για παράδειγμα, ανακατασκευή των θερμοκρασιών της άνοιξης και του καλοκαιριού για την περίοδο 1370-2003 για την περιοχή της Βουργουνδίας, πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με δεδομένα ημερομηνιών τρύγου (Chuine et al., 2004). Μια ακόμα αξιοσημείωτη έρευνα, βασισμένη στην ισχυρή αρνητική συσχέτιση που παρουσιάζουν οι ημερομηνίες τρύγου των σταφυλιών με τις θερμοκρασίες Απριλίου-Αυγούστου, πραγματοποιήθηκε για την περιοχή της Ελβετίας. Χρησιμοποιήθηκαν μηνιαία δεδομένα των σταθμών της Βασιλείας και Γενεύης για ανακατασκευή θερμοκρασιών από το 1480 και μετά (Rutishauser et. al. 2007).

Η νότια Αγγλία, αποτελεί μια περιοχή που μπορεί να δώσει αρκετές πληροφορίες για τις θερμοκρασίες που επικράτησαν κατά τους ιστορικούς χρόνους. Αυτό συμβαίνει διότι, γεωγραφικά, το νότιο μέρος της βρίσκεται στο βορειότερο άκρο των οινοπαραγωγικών ζωνών όπως αυτές ορίστηκαν από τον Jones et al (2005) Σε θερμές περιόδους του πλανήτη, στην περιοχή αυτή, η καλλιέργεια της αμπέλου ήταν εφικτή. Αντίστοιχα σε ψυχρές περιόδους, οι πρώτοι αμπελώνες που πλήττονταν ήταν της περιοχής αυτής (νότια Αγγλία). Επιπλέον, για την περιοχή της Αγγλίας μελέτες δείχνουν (Liu,2013), πως πενήντα εκατομμύρια χρόνια πριν, όταν το κλίμα ήταν

θερμότερο, αμπέλια υπήρχαν στην περιοχή London Clay. Επίσης κατά τις περιόδους που η γη βρισκόταν σε παγετώδη περίοδο δεν υπάρχουν ίχνη στη περιοχή, που να μαρτυρούν ύπαρξη αμπελιών, με εξαίρεση κάποιες θερμές μεσοπαγετώδης περιόδους. Κάποια ίχνη σπόρων που βρέθηκαν σε ιζήματα στο Sufflok φαίνεται πως υπήρξαν εκεί πριν 250.000 χρόνια. Τα πρώτα στοιχεία για καλλιέργεια του φυτού εντοπίζονται κατά την Νεολιθική περίοδο, όμως κανένα στοιχείο δεν δείχνει παραγωγή κρασιού. Στη μεταγενέστερη εποχή του σιδήρου οι ρωμαίοι συγγραφείς περιγράφουν τους Κέλτες σαν ηρωικούς πότες κρασιού όμως και πάλι δεν υπάρχει καμία απόδειξη για παραγωγή οίνου στην Νότια Αγγλία, μέχρι την Ρωμαϊκή κατάκτηση. Κατά την Ρωμαϊκή περίοδο, το κλίμα του πλανήτη θεωρείται θερμότερο, και αυτό δικαιολογεί την ύπαρξη 11 εκταρίων με αμπελώνες στη Αγγλία. Η πτώση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, συνοδεύτηκε από πτώση και της θερμοκρασίας. Κατά τη σκοτεινή εποχή (Dark age) η καλλιέργεια σταφυλιών είναι ανύπαρκτη στην Αγγλία, μέχρι την Σαξονική περίοδο. Η θερμοκρασία μετά αυξάνεται, και με την νορμανδική κατάκτηση, η Β Ευρώπη εισέρχεται στη Θερμή Μεσαιωνική περίοδο.

1.3.4 Επίδραση κλιματικών μεταβολών στις οινοπαραγωγικές περιοχές.

Η κατανόηση των κλιματικών αλλαγών και των δυνητικών επιπτώσεων στη φύση και τον άνθρωπο αποτελεί ένα θέμα μεγάλης σημασίας. Αλλαγές στα επίπεδα θερμοκηπικών αερίων και στα χαρακτηριστικά επιφάνειας της γης, προκαλούν μεταβολές στο ενεργειακό ισοζύγιο ακτινοβολιών της γης, στη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας και στον υδρολογικό κύκλο (Houghton et al., 2001). Στις περισσότερες περιπτώσεις οι παρατηρούμενες αυξητικές τάσεις θερμοκρασίας είναι εποχιακές και ασύμμετρες, με την μέγιστη αυξητική τάση να παρατηρείται το χειμώνα, την άνοιξη και τη νύχτα (Karl et al., 1993, Easterling et al., 2000). Η ενίσχυση του υδρολογικού κύκλου (αύξηση ποσοστού εξάτμισης και ατμοσφαιρικής υγρασίας) πιθανώς να επηρεάζει αυτή την ασύμμετρη θέρμανση (Raval and Ramanathan, 1989; Chahine, 1992; Dai et al., 1997). Αυτή η παρατηρούμενη θερμοκρασιακή τάση και οι δυνητικές μελλοντικές αλλαγές, επηρεάζουν την αγροτική παραγωγή, προκαλώντας αλλαγές στη συχνότητα των επεισοδίων παγετού, στο μήκος της περιόδου ανάπτυξης και τις ημερομηνίες συγκομιδής (Carter et al., 1991; Menzel and Fabian, 1999; Easterling et al., 2000; Nemani et al., 2001; Moonen et al., 2002; Jones, 2005b). Ωστόσο, οι γενικές επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, εξαρτώνται από τις απαιτήσεις του φυτού ανάλογα με το αναπτυξιακό στάδιο στο οποίο βρίσκεται (Butterfield et al., 2000;

McCarthy et al., 2001). Επιπρόσθετα, οι κλιματική αλλαγή, πλήττει πρώτα τομείς όπως η γεωργία και η δασονομία ενώ οι επιπτώσεις της σε δευτερογενείς τομείς όπως η κατασκευές και οι πωλήσεις παρουσιάζονται καθυστερημένα (Parry, 2000). Η μεγάλη εξάρτηση της αμπέλου από το κλίμα της περιοχής που βρίσκεται, το καθιστά ιδιαίτερα ευάλωτο στις κλιματικές μεταβολές.

1.3.5 Αποτελέσματα ερευνών για επίδραση κλιματικών αλλαγών σε οиноπαραγωγικές περιοχές της Ευρώπης.

Ο αριθμός των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί με θέμα τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις οиноπαραγωγικές περιοχές της Ευρώπης και στα προϊόντα παραγωγής τους είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Για τις μελέτες αυτές, χρησιμοποιούνται αρκετές παράμετροι, με την θερμοκρασία όμως να θεωρείται η σημαντικότερη (μέση θερμοκρασία θερμότερου μήνα, μέσος όρος θερμοκρασιών της περιόδου ανάπτυξης, αριθμός βαθμομερών κ.α.) (Gladstones 1992). Για παράδειγμα, ο μέσος όρος των θερμοκρασιών κατά την περίοδο ανάπτυξης επηρεάζει από 10%-60% (Jones et al. 2005) το τελικό άρωμα και την ποσότητα σακχάρων που θα έχει το κρασί και κατά συνέπεια και την οργανοληπτική του αξιολόγηση του. Το 2005, οι Jones et al. μελέτησαν 27 από τις σπουδαιότερες οиноπαραγωγικές περιοχές στον κόσμο (18 από αυτές βρίσκονταν στην Ευρώπη), και παρατήρησαν αύξηση της θερμοκρασίας κατά την περίοδο ανάπτυξης, κατά 1.3°C για τα τελευταία 50 χρόνια. Οι μέγιστες τιμές αύξησης καταγράφηκαν στην Ιβηρική χερσόνησο και τη Νότια Γαλλία. Αυτό είχε άμεση επίδραση στη βαθμολογία των κρασιών, καθώς αύξηση 1°C, προκαλεί αύξηση της βαθμολογίας από 10-22 βαθμούς (Jones et al. 2005). Όμως, η φράση «όσο υψηλότερη θερμοκρασία, τόσο καλύτερη η ποιότητα του κρασιού» δεν ισχύει πάντα. Υπάρχει ένα κατώφλι- ιδανική τιμή, πέρα από την οποία η αύξηση της θερμοκρασίας επιδρά αρνητικά στη ποιότητα του οίνου. Η ιδανική τιμή-κατώφλι, διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και από ποικιλία σε ποικιλία. Περιοχές που η μέση θερμοκρασία της περιόδου ανάπτυξης βρίσκεται κάτω από την ιδανική θερμοκρασία για το συγκεκριμένο συνδυασμό ποικιλίας και παραγόμενου προϊόντος ευνοούνται από τη θέρμανση που συνοδεύει την κλιματική αλλαγή και έχει σαν αποτέλεσμα η θερμοκρασία τους να πλησιάζει την ιδανική. Συνήθως σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται βόρειες οиноπαραγωγικές περιοχές με όψιμη ωρίμανση των σταφυλιών. Αντίθετα, σε νοτιότερες περιοχές και κυρίως με ποικιλίες πρώιμης ωρίμανσης, στις οποίες η μέση θερμοκρασία της περιόδου ανάπτυξης ήταν σχεδόν ίση

ή μεγαλύτερη της ιδανικής, η κλιματική θέρμανση επιδρά αρνητικά, μειώνοντας την τελική ποιότητα των παραγόμενων οίνων. Εάν τα «απαισιόδοξα» μελλοντικά σενάρια κλιματικής αλλαγής επαληθευτούν, οι νότιες ευρωπαϊκές περιοχές θα γίνουν υπερβολικά θερμές για παραγωγή υψηλής ποιότητας κρασιού, ενώ βορειότερες περιοχές θα μετατραπούν σε κατάλληλες οινοπαραγωγικές περιοχές (Kenny and Harrison, 1992; Butterfield et al., 2000). Συμπερασματικά, η αυξητική τάση που ακολουθούν οι θερμοκρασίες κυρίως κατά την περίοδο ανάπτυξης, συμβάλλει στη μετακίνηση των ζωνών που περιγράφουν περιοχές κατάλληλες για παραγωγή κρασιού υψηλής ποιότητας, σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη (στο Β. Ημισφαίριο).

Μία ακόμα σημαντική αλλαγή που προκαλεί η κλιματική αλλαγή, είναι η χρονική μετατόπιση των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης της αμπέλου, και η μετακίνηση των ημερομηνιών συγκομιδής νωρίτερα μέσα στο έτος. Δεδομένα για τα τελευταία 30-50 χρόνια και για 16 ποικιλίες σταφυλιών στην Ευρώπη, χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτη από τον Jones το 2005. Η έρευνα αυτή, προβλέπει αύξηση των μέσων θερμοκρασιών σε όλες τις εποχές με ισχυρότερη την άνοιξη και το χειμώνα. Κατά την περίοδο ανάπτυξης, η προβλεπόμενη αύξηση φτάνει τους 1.7°C και παρατηρείται κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας (Jones et al., 2005). Η επακόλουθη συσσώρευση θερμότητας είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού βαθμοημερών για το αμπέλι κατά 250-300 μονάδες. Επιπρόσθετα, οι παρατηρούμενες αυτές αυξητικές θερμοκρασιακές τάσεις, φάνηκε πως παρουσιάζουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση με τη χρονική εμφάνιση των σταδίων ανάπτυξης, πρωιμίζοντας τες από 6 έως 25 ημέρες. Ένας γενικός μέσος όρος που προκύπτει από δεδομένα πολλών τοποθεσιών και ποικιλιών, δείχνει ότι τα τελευταία 30-50 χρόνια για κάθε 1°C θέρμανσης, υπάρχει χρονική μετατόπιση των φαινολογικών σταδίων κατά 3-6 ημέρες. Από αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την περιοχή της Βουργουνδίας προέκυψε ότι η μεταβολή αυτή είναι 10 ημέρες για κάθε αύξηση 1°C (Chuine et al. 2004). Ένας ακόμα τρόπος με τον οποίο η κλιματική μεταβολή φαίνεται να επηρεάζει τη ποιότητα και ποσότητα των παραγόμενων κρασιών, είναι με τη μείωση του αριθμού ημερών παγετού (Nemani et al. 2001). Αυτό είναι ιδιαίτερα ευεργετικό για την παραγωγή, καθώς μειώνεται το ρίσκο για αποτυχία της σοδειάς.

Η κλιματική αλλαγή είναι συνυφασμένη με αύξηση των επιπέδων θερμοκηπικών αερίων και κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το νερό είναι, μαζί με το CO₂ της ατμόσφαιρας, η κινητήρια δύναμη για τη φωτοσύνθεση και επομένως για την αύξηση

και ανάπτυξη της αμπέλου. Έτσι, η παρατηρούμενη αύξηση των συγκεντρώσεων του (CO₂), επηρεάζει άμεσα το ρυθμό ανάπτυξης του φυτού και έμμεσα την σύσταση του τελικού προϊόντος. Ακόμα, αλλαγές των επιπέδων συγκέντρωσής του, αλλάζουν και την ποσότητα που αποθηκεύει ο κορμός τους, από τον οποίο κατασκευάζονται τα βαρέλια αποθήκευσης του κρασιού. Έχει αποδειχθεί πως αυτός ο παράγοντας μπορεί να έχει επίδραση στην τελική ποιότητα του οίνου (Renner, 1989; Schultz, 2000; McInnes et al., 2003). Τέλος η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει τον κίνδυνο προσβολής των σταφυλιών, από αρρώστιες και παράσιτα. Η σχέση αυτή μελετήθηκε και επιβεβαιώθηκε, από έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την περιοχή της Σαρδηνίας (Cossu et al. 2004)

Εκτενέστερες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για συγκεκριμένες τοποθεσίες, που συνήθως αποτελούν σημαντικές αμπελουργικές περιοχές. Για παράδειγμα, από την ΒΑ Ισπανία προέρχεται το 6% της παγκόσμιας παραγωγής οίνου. Η εξέταση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών στην πλειονοψηφία των περιοχών αυτών, μοιάζει με αυτές που προαναφέρθηκαν. Αναλυτικότερα, μείωση της περιόδου ανάπτυξης των σταφυλιών εξαιτίας αυξητικής τάσης στη θερμοκρασία παρατηρήθηκε στη περιοχή Μπολόνια της Β. Ιταλίας. Η σχέση αυτή, επαληθεύτηκε και για τις 2 ποικιλίες που μελετήθηκαν (Sangiovese, Cabernet Sauvignon) στην αντίστοιχη έρευνα (Bindi et al., 1996). Πιο πρόσφατη μελέτη, πραγματοποιήθηκε (Ramos et al. 2008) για την περιοχή της ΒΑ Ισπανίας με χρήση δεδομένων από τις περιοχές Priorat, Alt. Penedes και Sergia. Και στις 3 περιοχές κατά την περίοδο ανάπτυξης οι τάσεις ήταν αυξητικές για τις μέγιστες και τις ελάχιστες θερμοκρασίες. Αυξητικές τάσεις για όλη την Ισπανία, έχουν αποδειχθεί και από άλλες έρευνες (Jones, 2005b). Μάλιστα ενώ σε κάποιες από αυτές, οι μέγιστες θερμοκρασίες αυξάνονται με μεγαλύτερο ρυθμό από τις ελάχιστες (Brunet et al. 2007), σε άλλες οι ελάχιστες θερμοκρασίες παρουσιάζουν ρυθμό αύξησης στατιστικώς σημαντικότερο (Jones et al. 2005). Το γεγονός αυτό, πιθανώς να σχετίζεται με τη διαθέσιμη υγρασία που υπήρχε (Christy et al. 2006). Όσον αφορά τη βροχόπτωση, και στις 3 περιοχές (Priorat, Alt. Penedes, Sergia) υπήρξε αύξηση των ακραίων επεισοδίων, ενώ σημαντική ελάττωση βροχοπτώσεων, προέκυψε για την περίοδο άνθησης-ωρίμανσης.

1.3.6 Αποτελέσματα ερευνών για επίδραση κλιματικών αλλαγών σε οινοπαραγωγικές περιοχές εκτός Ευρώπης.

Η Γαλλία, η Ιταλία και η Ισπανία, αποτελούν τρεις από τις βασικότερες οινοπαραγωγικές περιοχές του κόσμου. Πέρα από την Ευρωπαϊκή περιοχή όμως, υπάρχουν και χώρες που παράγουν αξιόλογους οίνους. Η Καλιφόρνια στις ΗΠΑ, η Αργεντινή της οποίας μεγάλο μέρος της οικονομίας της στηρίζεται στο εμπόριο κρασιού, η Αυστραλία με βασικές ποικιλίες Shiraz και Chardonnay, η Χιλή με την κόκκινη ποικιλία Carmenere αποτελούν μερικές από τις βασικές παγκόσμιες οινοπαραγωγικές περιοχές. Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την επίδραση της αλλαγής του κλίματος στις καλλιέργειες των περιοχών αυτών, είναι αξιόλογες και τα αποτελέσματά τους αποτελούν σημαντικό οδηγό για την πορεία και τον μελλοντικό τρόπο καλλιέργειας. Πιο συγκεκριμένα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Hall και Jones (2009), για τις περιοχές αμπελοκαλλιέργειας στην Αυστραλία, φαίνεται πως η κλιματική αλλαγή επιδρά στην ποιότητα του κρασιού, στην καταλληλότητα των περιοχών για παραγωγή και στη διάρκεια των βασικών περιόδων ανάπτυξης του φυτού. Πιο συγκεκριμένα, μετά από μελέτη 61 οινοπαραγωγικών τοποθεσιών της Αυστραλίας, προέκυψε ότι μέχρι το 2070, η γενικότερη αύξηση της θερμοκρασίας, σε ορισμένες περιοχές λειτουργεί θετικά μειώνοντας το ρίσκο παγετού και τις ακραία ελάχιστες χειμερινές θερμοκρασίες. Στις θερμότερες όμως περιοχές η επιπλέον θερμοκρασιακή αύξηση οδηγεί σε μείωση της ποιότητας του κρασιού. Επιπλέον φαίνεται πως η συγκομιδή πραγματοποιείται νωρίτερα μέσα στο έτος και υπό θερμότερες συνθήκες. Αντίστοιχες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και για περιοχές της Αμερικής. Μελέτη Canziani and Scarel, (Canziani, & Scarel,) μελετά τις επιδράσεις των αλλαγών στις σπουδαιότερες αμπελουργικές περιοχές της Νότιας Αμερικής και πιο συγκεκριμένα σε Χιλή, Αργεντινή, Βραζιλία και Ουρουγουάη. Από αυτήν φαίνεται ο ρόλος του μεσοκλίματος της κάθε περιοχής για την παραγωγή και την ποιότητα του οίνου. Μία ακόμα εργασία που το αποδεικνύει είναι αυτή που πραγματοποιήθηκε από τους G. Jones et al. (2009) και στην οποία συγκρίνονται ευρωπαϊκές περιοχές με άλλες οινοπαραγωγικές περιοχές του κόσμου. Σύμφωνα με αυτήν υπάρχουν περιοχές που ενώ παρουσιάζουν ομοιότητες στις τιμές των βιοκλιματικών δεικτών, παρουσιάζουν διαφορές στις καλλιεργήσιμες ποικιλίες ή το αντίθετο. Για παράδειγμα η περιοχή Yarra Valley στην Αυστραλία, εμφανίζει ομοιότητες με την Βουργουνδία στις καλλιεργούμενες ποικιλίες, παρά το ότι σύμφωνα με αρκετούς βιοκλιματικούς δείκτες

είναι αρκετά θερμότερη. Συμπερασματικά από τη μελέτη αρκετών εργασιών όπως αυτή των Jones et al. (2005), προκύπτει ότι η κλιματική μεταβολή, επηρεάζει καθοριστικά τις αμπελοκαλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε άλλες επιδρά περισσότερο, σε άλλες λιγότερο, σε μερικές θετικά και σε μερικές αρνητικά. Σε γενικές γραμμές καταγράφεται αύξηση στις τιμές των περισσότερων βιοκλιματικών δεικτών που υπολογίζονται και μείωση στη χρονική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων που διανύει το φυτό.

1.3.7.Μελλοντικά σενάρια για τις οινοπαραγωγικές περιοχές

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα από τα συχνότερα θέματα έρευνας κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Τα κλιματικά μοντέλα αποτελούν βασικό εργαλείο πρόβλεψης των κλιματικών συνθηκών του μέλλοντος. Τα αποτελέσματα τέτοιων μοντέλων έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλές εργασίες, που επικεντρώνονται στην επιρροή του κλίματος στη καλλιέργεια της αμπέλου. Οι μελλοντικές επιπτώσεις εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το μοντέλο που έχει χρησιμοποιηθεί και τις παραμέτρους που μεταβάλλονται (π.χ. ηλιακή ακτινοβολία, συγκεντρώσεις CO₂ κ.α.) (Bindi et al, 1996).

Η πλειοψηφία των μελετών που πραγματοποιήθηκαν και στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα και μελλοντικά σενάρια, προβλέπουν μετακίνηση των περιοχών που παράγουν κρασί υψηλής ποιότητας βορειότερα, αλλαγή στο είδος σταφυλιών που καλλιεργούνται σε αρκετές περιοχές και μείωση στην διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης του φυτού. Το 2007, ο Jones χρησιμοποίησε ορισμένα από τα μελλοντικά κλιματικά σενάρια (A2, A1B, B1) για να προβλέψει την μετακίνηση των ισοθερμών 12-22°C για το 2049 και το 2099. Όπως προαναφέρθηκε, μεταξύ αυτών των ισοθερμών βρίσκονται οι περιοχές που παράγουν κρασί υψηλής ποιότητας. Προέκυψε ότι, το 2049, οι ζώνες μετατοπίζονται προς τους πόλους κατά 150-300 χλμ. ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται ενώ για το 2099, η μετατόπιση συνεχίζεται κατά 125-250 χλμ. Γενικότερα, οι αγροτικές καλλιέργειες στις βόρειες περιοχές της Ευρώπης, φαίνεται πως θα ευνοηθούν από την αύξηση της θερμοκρασίας που προέρχεται από την άνοδο των επιπέδων CO₂ (Mela, 1996). Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και από την εργασία του Stock (2005), που προβλέπει πως οι βόρειες ευρωπαϊκές περιοχές θα γίνουν πιο κατάλληλες για παραγωγή οίνου, ενώ οι νότιες θα μετατραπούν σε ακατάλληλες εξαιτίας των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που θα έχουν. Αυτό έρχεται σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε το 1992, από τους Kenny και

Harisson. Οι περισσότερες οινοπαραγωγικές περιοχές στον πλανήτη (πολλές από αυτές βρίσκονται στην Ευρώπη), προβλέπεται ότι θα αντιμετωπίζουν αύξηση θερμοκρασιών κατά την περίοδο ανάπτυξης, ίση με 2.5°C έως το 2050 (Jones 2005a). Εξαιρετικά μεγάλη διακύμανση των θερμοκρασιών κατά την ανάπτυξη των σταφυλιών, θα παρατηρηθεί και στη ΒΑ Ισπανία, με αρνητικές συνέπειες στην τελική ποιότητα και παραγωγή (Moreno-Rodriguez, 2005).

Οι μελλοντικές αλλαγές του κλίματος, φαίνεται ότι θα συμβάλουν στην μείωση της διάρκειας των σταδίων ανάπτυξης του σταφυλιού, και στην αλλαγή σημαντικών ημερομηνιών για την παραγωγή (π.χ. ημερομηνία συγκομιδής). Η αρχή ωρίμανσης των σταφυλιών για το κρασί Σιράχ στη Γαλλία προβλέπεται ότι θα γίνεται περίπου 3 βδομάδες νωρίτερα όταν η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 2-4°C (Lebon, 2002). Όμοια συμπεράσματα και για την περιοχή Rheingau της Γερμανίας (Happmann, 2004). Άλλες μελέτες προβλέπουν πως το 2050, η ωρίμανση θα αναμένεται 30 μέρες νωρίτερα σε σχέση με το 1950 (Stock, 2005).

Η αλλαγή ποικιλιών κρασιού φαίνεται να λαμβάνει χώρα σε αρκετές περιοχές όπως στη Burgrnland όπου από παραγωγή κόκκινων κρασιών στρέφεται στην παραγωγή λευκών (Stock, 2005). Η προβλεπόμενη αύξηση θερμοκρασίας, θεωρείται ευεργετική για ορισμένες περιοχές. Ωστόσο σε κάποιες άλλες επιδρά αρνητικά, καθώς συμβάλει στην εμφάνιση παρασίτων και ασθενειών. Σύμφωνα με έρευνα που αφορά την περιοχή της Σαρδηνίας (Cossu et al, 2004), φαίνεται πως η μελλοντική αύξηση της θερμοκρασίας θα ευνοήσει την εμφάνιση εντόμων (*Lobesia Botrana* - grape moths) στην περιοχή. Οι επιπτώσεις για την τελική παραγωγή μπορεί να είναι καταστρεπτικές, εάν η εμφάνισή τους γίνει στο στάδιο ωρίμανσης. Γίνεται κατανοητό, λοιπόν πως η αύξηση της θερμοκρασίας έχει διαφορετική επίδραση στα σταφύλια, τα παράσιτα και το ρίσκο της παραγωγής (Cossu et al, 2004).

1.3.8 Μελέτες για την Ελληνική περιοχή

Η Ελλάδα είναι μια από τις σημαντικότερες οινοπαραγωγικές περιοχές καταλαμβάνοντας την 13^η-15^η θέση στην παγκόσμια κατάταξη. Παρά το ότι βρίσκεται σε μια ζεστή γενικά κλιματική ζώνη, το ανάγλυφο σε συνδυασμό με το μικροκλίμα ορισμένων περιοχών, προσφέρουν τεράστιες δυνατότητες ποιοτικής ανάπτυξης. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της ελληνικής περιοχής, είναι η ύπαρξη γηγενών ποικιλιών, υψηλού ποιοτικού επιπέδου. Από τις πιο γνωστές τέτοιες ποικιλίες είναι το

Αγιωργήτικο, το Ξινόμαυρο και το Ασύρτικο. Τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιρετικά ανοδική πορεία διαγράφουν τα λευκά δροσερά κρασιά που παράγονται από το Μοσχοφίλερο, και η Μαλαγουζιά. Οι οινοπαραγωγικές περιοχές της Ελλάδας που βρίσκονται σε νησιά, παρουσιάζουν πιο ήπιες κλιματικές συνθήκες σε σχέση με τις αντίστοιχες ηπειρωτικές που είναι γενικά θερμότερες (Koufos et al 2013). Η γενική αυξητική τάση θερμοκρασίας που παρατηρείται στο κόσμο και επηρεάζει τις ημερομηνίες συγκομιδής (Jones et al., 2005b; Webb et al., 2007; Tomasi et al., 2011), παρατηρείται και στην Ελλάδα. Προβλέπεται πως η αυξητική τάση θερμοκρασίας αέρα που παρατηρήθηκε κυρίως τη δεκαετία 1990-2000 (Matzarakis et al, 2007) θα συνεχιστεί (Nastos et al. 2011). Αυτό θα προκαλέσει αύξηση θερμοκρασιών κατά την περίοδο ανάπτυξης και αλλαγές στην ισορροπία συστατικών των σταφυλιών (Matzarakis et al., 2007; Nastos et al., 2011; Nastos and Matzarakis, 2008). Σε αυτό θα συμβάλλει σημαντικά η αύξηση των θερμοκρασιών ωρίμανσης, και η συχνότητα ακραίων υδρολογικών και μετεωρολογικών φαινομένων (Mavromatis 2012). Όσον αφορά τις αμπελοκαλλιέργειες, άμεσες επιπτώσεις παρατηρούνται και στη ημερομηνία συγκομιδής. Σε έρευνα που έγινε από Koufos et al το 2013, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα 8 ελληνικών οινοπαραγωγικών περιοχών και σε 5 από τις 8 παρατηρήθηκε συγκομιδή νωρίτερα στο έτος, που ήταν αποτέλεσμα κυρίως διακυμάνσεων των μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών. Πέρα από την θερμοκρασία καθοριστική είναι και η σημασία του υδατικού αποθέματος, που επηρεάζεται από τη συχνότητα και τη ένταση των βροχοπτώσεων. Οι αλλαγές στην παράμετρο αυτή, παίζουν σημαντικό ρόλο στα τελικά χαρακτηριστικά του καρπού. Μάλιστα σε εργασία που πραγματοποιήθηκε για την περιοχή της Νεμέας και για το Αγιωργήτικο κρασί (Koundouras et al, 2013), φάνηκε ο ρόλος της άρδευσης και κατ' επέκταση του υδατικού αποθέματος, σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης της αμπέλου, και η τελική επιρροή στα χαρακτηριστικά της ράγας (χρώμα, τανίνες κ.α.).

1.4 Στόχος Εργασίας

Σκοπό της παρούσας εργασίας αποτελεί η μελέτη της επίδρασης των κλιματικών αλλαγών στην αμπελουργία, για την ελληνική περιοχή. Για να επιτευχθεί αυτό, υπολογίστηκαν εννέα βιοκλιματικοί – αμπελουργικοί δείκτες, σύμφωνα με δεδομένα που προήλθαν από κλιματικό μοντέλο και από reanalysis δεδομένα. Οι δείκτες αυτοί υπολογίστηκαν για την περίοδο 1981-2100, και για όλη την ελληνική περιοχή. Αρχικός

στόχος της μελέτης είναι η αξιολόγηση του περιοχικού κλιματικού μοντέλου, σχετικά με το κατά πόσο προσεγγίζει τα κλιματικά χαρακτηριστικά των αμπελουργικών ελληνικών περιοχών. Δεύτερο επιμέρους στόχο της έρευνας, αποτελεί η μελέτη της εξέλιξης-αλλαγής του κάθε βιοκλιματικού δείκτη, μέσα στην μελετώμενη περίοδο. Ακόμα, γίνεται προσπάθεια να ταξινομηθούν οι ελληνικές περιοχές σε ορισμένο αριθμό κατηγοριών, όπως αυτές έχουν οριστεί από το παγκόσμιο σύστημα MCC (Multicriteria Climatic Classification System). Επιπλέον μέσω του συστήματος MCC, παρέχεται η δυνατότητα να συγκριθούν οι ελληνικές αμπελουργικές περιοχές, με άλλες περιοχές του κόσμου, στηριζόμενοι στα κλιματικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που προήλθαν από δύο πηγές. Το πρώτο σύνολο είναι reanalysis δεδομένα από το ευρωπαϊκό κέντρο European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) και το δεύτερο από το περιοχικό κλιματικό μοντέλο Regional Climate Model system (RegCM3). Με τη χρήση αυτών υπολογίστηκαν εννέα βιοκλιματικοί αμπελουργικοί δείκτες.

Το περιοχικό κλιματικό μοντέλο RegCM3 σχεδιάστηκε με βάση το National Center for Atmospheric Research – Pennsylvania State University (NCAR-PSU) μέσης κλίμακας μοντέλο MM4 στα τέλη της δεκαετίας του 1980 (Dickinson et al., 1989; Giorgi and Bates, 1989). Για τη χρήση του μοντέλου υπάρχει στενή συνεργασία με το δίκτυο των χρηστών του μοντέλου RegCNET και την ερευνητική ομάδα που συντονίζει το δίκτυο των χρηστών που εδρεύει στο International Centre for Theoretical Physics (ICTP), Trieste Italy. Το κλιματικό μοντέλο RegCM3 χρησιμοποιείται ήδη για κλιματικές μελέτες από ένα ευρύ δίκτυο επιστημόνων τόσο στην Ευρώπη όσο και σε άλλες ηπείρους. Το δυναμικό κομμάτι της αρχικής έκδοσης του μοντέλου, προέρχεται από το μέσης κλίμακας μοντέλο MN4 που είναι συμπιεστό αριθμητικό πρότυπο πεπερασμένων διαφορών με υδροστατική ισορροπία και κατακόρυφες σ-συνιστώσες(sigma vertical coordinate). Αργότερα έγιναν προσθήκες στο μοντέλο για τη μείωση της οριζόντιας διάχυσης υπό την παρουσία απότομων τοπογραφικών

κλίσεων, με αποτέλεσμα ο δυναμικός πυρήνας της πρόσφατης έκδοσης του RegCM να είναι η υδροστατική έκδοση του μέσης κλίμακας μοντέλου MM5 (Jacob et al., 2007).

Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΘΑΛΗΣ CCSEAWAVS (thalis-CCSEAWAVS.web.auth.gr) που είχε σαν στόχο την μελέτη της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στις παράκτιες ελληνικές περιοχές, πραγματοποιήθηκε δυναμικός υποβιβασμός κλίμακας μέσω του περιοχικού κλιματικού μοντέλου (RegCM3). Στο RegCM3 χρησιμοποιήθηκε ως γονέας το ατμοσφαιρικό μοντέλο γενικής κυκλοφορίας ECHAM5, που αποτελεί την 5^η γενιά του μοντέλου ECHAM που αναπτύχθηκε στο Max Planck Institute (MPI). Το μοντέλο αρχικά έτρεξε για ανάλυση 25X25km και στη συνέχεια έγινε δυναμικός υποβιβασμός κλίμακας στα σε 10X10km. Έτσι τα δεδομένα της παρούσας μελέτης, του μοντέλου έχουν χωρική ανάλυση 10X10km, καλύπτουν την χρονική περίοδο 1950-2100 και για μελλοντικές προβολές χρησιμοποιήθηκε το σενάριο εκπομπών SRES A1B. Σύμφωνα με την Tolika et al. (2015) για τις μελλοντικές προβολές που έγιναν με την χωρική ανάλυση των 10km, έγιναν αλλαγές στο σχήμα κατακόρυφης ανάπτυξης στην παράμετρο της μετατροπής του νέφους σε βροχή στο συντελεστή του ρυθμού εξάτμισης των βροχοσταγόνων και στο ρυθμό επικάθησης των βροχοσταγόνων.

Το European Centre for Medium – Range Weather Forecasts (ECMWF) αποτελεί έναν ανεξάρτητο κυβερνητικό οργανισμό, υποστηριζόμενο από 34 χώρες. Ο οργανισμός ιδρύθηκε το 1975 και σήμερα απασχολεί περισσότερους από 280 υπαλλήλους, από 30 χώρες. Στην επίσημη ιστοσελίδα του οργανισμού, είναι διαθέσιμα διάφορα σετ δεδομένων. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία είναι reanalysis κλιματικά δεδομένα. Μέσω των δεδομένων reanalysis, προσφέρεται η αριθμητική περιγραφή του κλίματος, συνδυάζοντας τα προγνωστικά μοντέλα που χρησιμοποιεί ο οργανισμός, και τις πραγματικές παρατηρήσεις. Τα δεδομένα reanalysis, περιγράφουν διάφορες ατμοσφαιρικές παραμέτρους, όπως θερμοκρασία αέρα, πίεση, άνεμο σε διαφορετικά υψόμετρα, αλλά και επιφανειακές παραμέτρους όπως βροχόπτωση, υγρασία εδάφους, θερμοκρασία θαλάσσιας επιφάνειας. Οι εκτιμήσεις αφορούν το σύνολο των περιοχών της Γης και καλύπτουν ένα ευρύ χρονικό φάσμα. Στην παρούσα μελέτη, από τα δεδομένα reanalysis, έχουν χρησιμοποιηθεί τα ERA-Interim τα οποία είναι διαθέσιμα για την χρονική περίοδο Ιανουάριος 1979 έως και σήμερα. Έχουν προέλθει από την έκδοση 2006 του IFS(Cy31r2) και η αναβάθμισή τους συνεχίζεται μέχρι και το παρόν. Τα ERA-Interim περιλαμβάνουν μια

τετραδιάστατη ανάλυση (4D-VAR) και το χωρικό φάσμα είναι περίπου 80 χλμ (T255 φασματικός) σε 60 κάθετα επίπεδα από την επιφάνεια μέχρι 0.1 hPa. Ειδικότερα, στο ατμοσφαιρικό μοντέλο έγινε σύζευξη με ένα ωκεάνιο μοντέλο (ERA report series, 2015), με αρχική ανάλυση $1.0^\circ \times 1.0^\circ$. Στη συνέχεια, έγινε υποβιβασμός κλίμακας σε διάφορες χωρικές αναλύσεις (0.75° , 0.5° , 0.25° , 0.125°).

Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης αφορούν την περιοχή της Ελλάδας, και πιο συγκεκριμένα το χωρικό παράθυρο με γεωγραφικά πλάτη από 34 B έως 42 B, και γεωγραφικά μήκη από 19 A έως 29 A. Επιπρόσθετα τα δεδομένα του μοντέλου καλύπτουν την περίοδο 1981-2100, η οποία έχει χωριστεί σε έξι εικοσαετίες (1981-2000, 2001-2020, 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100), ενώ τα ERA-Interim δεδομένα την περίοδο 1981-2000. Όπως προαναφέρθηκε τα δεδομένα ERA-Interim, ήταν διαθέσιμα στην ιστοσελίδα του οργανισμού ECMWF μέχρι και το 2014. Ωστόσο για την μελέτη χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μέχρι και το 2000. Η επιλογή αυτή έγινε για να είναι εφικτή η σύγκριση με τα δεδομένα του μοντέλου, καθώς το μοντέλο RegCM3 μέχρι το 2000 χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα (hindcast) ενώ από το 2000 και μετά, τρέχει χρησιμοποιώντας το σενάριο A1B. Όσον αφορά τη χωρική ανάλυση, η διαφορά στα δύο σετ δεδομένων είναι 2.5χλμ. Το μοντέλο τρέχει με 10X10 χλμ. ενώ η τα reanalysis δεδομένα έχουν ανάλυση 12.5X12.5 χλμ ($0.125^\circ \times 0.125^\circ$). Τα δεδομένα αυτά έχουν προκύψει από δυναμικό υποβιβασμό των πρωτογενών δεδομένων ERA INTERIM που έχουν ανάλυση 80X80 χλμ. Εξαιτίας της διαφοροποίησης αυτής, ο υπολογισμός των βιοκλιματικών δεικτών γίνεται σε 5265 κόμβους στα reanalysis δεδομένα και σε 9016 κόμβους, στα δεδομένα του μοντέλου.

2.1.1 Πρόγραμμα CORINE 2000

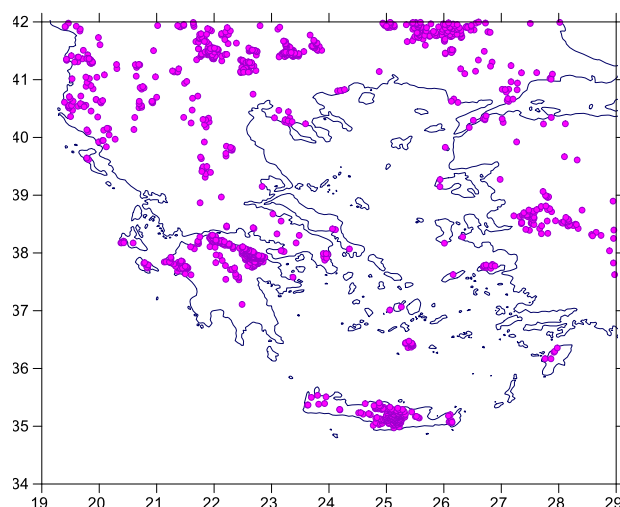
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ανάλυση των αποτελεσμάτων της εργασίας, αποτελούν οι τοποθεσίες που εντοπίζονται αμπελοκαλλιέργειες στην Ελλάδα. Για το λόγο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί στοιχεία του προγράμματος CORINE 2000. Το CORINE (COOrdination of Information on the Environment) αποτελεί ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα που δημιουργήθηκε στις 17 Ιουνίου του 1985, από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η αρχική ιδέα ήταν η δημιουργία ενός οικολογικού χάρτη της Ευρωπαϊκής περιοχής, που στη συνέχεια διαμορφώθηκε σε ένα πληροφοριακό σύστημα του περιβάλλοντος. Έτσι το CORINE αποτελεί μια συλλογή και οργάνωση στοιχείων-πληροφοριών για τους φυσικούς πόρους και γενικότερα για το περιβάλλον της Ευρωπαϊκής κοινότητας. Μετά

την ίδρυση του CORINE, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ)-European Environmental Agency (EEA), ανέλαβε την ευθύνη του προγράμματος, και το 1991 εντάχθηκαν στο πρόγραμμα νέες περιοχές της Ανατολικής και Κεντρικής Ευρώπης. Για την βελτίωση του πληροφοριακού αυτού συστήματος, ήταν απαραίτητη η αναπροσαρμογή των δεδομένων. Για το σκοπό αυτό, ο ΕΟΠ, το 1999, ίδρυσε το Κοινό Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Ένωσης – European Commissions Joint Research Centre (JRC) που πήρε και την πλήρη ευθύνη για την αναδιάρθρωση των πληροφοριών.

Το CORINE αποτελείται από τρία βασικά μέρη. Από το CORINE AIR στο οποίο καθορίζονται οι πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων, από το CORINE BIOTOPES που περιλαμβάνει την καταγραφή περιοχών με μεγάλη οικολογική αξία και από το CORINE LAND COVER (CLC) που αφορά την απεικόνιση της χρήσης-κάλυψης της γης. Η συλλογή των πληροφοριών βασίζεται σε οπτική φωτοερμηνεία ευρωπαϊκών δορυφορικών εικόνων από τον δορυφόρο LANDSAT και από παρατηρήσεις-μετρήσεις εξειδικευμένων ερευνητικών ομάδων. Κατά την αναδιαμόρφωση των στοιχείων του εδάφους από το CLC1990 στο CLC2000, έγιναν αρκετές διορθώσεις, διατηρήθηκε ωστόσο η ίδια ονοματολογία και κωδικοποίηση των κατηγοριών. Ορισμένες κατηγορίες αποτελούν οι τεχνητές επιφάνειες, οι γεωργικές περιοχές, τα δάση και ημιφυσικές περιοχές, οι υγρότοποι και οι υδάτινες επιφάνειες. Κάθε μία από αυτές περιλαμβάνει και έναν αριθμό υποκατηγοριών. Για παράδειγμα στις γεωργικές περιοχές, ανήκει η υποκατηγορία των μόνιμων καλλιεργειών στην οποία οι αμπελώνες κατέχουν το δικό τους κωδικό.

Η ελληνική περιοχή παρουσιάζει εξαιρετικό φυσικό πλούτο. Η γεωλογική ιστορία της χώρας, η συνύπαρξη διαφόρων κλιματικών τύπων (π.χ. από υποτροπικό έως ηπειρωτικό), η γεωμορφολογική πανδαισία (πληθώρα βουνών, κοιλάδων, νησιών κ.α.) είναι μερικοί από τους λόγους στους οποίους οφείλεται η μεγάλη ποικιλία φυτών. Για την κάλυψη της ελληνικής περιοχής με το πρόγραμμα CORINE χρειάζονται 26 εικόνες. Για την βελτίωση και του προγράμματος για τον ελλαδικό χώρο, εκπονήθηκε το πρόγραμμα «Δημιουργία Τράπεζας Στοιχείων για το Ελληνικό Φυσικό Περιβάλλον» από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο με τη υποστήριξη του ΥΠΕΧΩΔΕ. Η διάρκεια του προγράμματος ξεκίνησε το 1990 και ολοκληρώθηκε το 1993. Εξειδικευμένοι ερευνητές ανέλαβαν τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων για τη χλωρίδα και την πανίδα

ελληνικών περιοχών. Έτσι πραγματοποιήθηκε η βελτίωση των στοιχείων που ήδη υπήρχαν από το CORINE και αφορούσαν τις χερσαίες ελληνικές περιοχές.



Σχήμα 2.1.1.1: Απεικόνιση αμπελουργικών περιοχών στην Ελλάδα, σύμφωνα με τα στοιχεία του CORINE2000

Η χρήση των στοιχείων του προγράμματος CORINE χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη, εστιάζοντας όμως μόνο στις αμπελουργικές περιοχές του ελλαδικού χώρου. Έτσι στον παραπάνω χάρτη (Σχήμα 2.1.1.1) απεικονίζονται οι περιοχές στις οποίες γίνεται η καλλιέργεια σταφυλιών, με σκοπό να αναλυθεί βαθύτερα η μεταβολή των βιοκλιματικών αμπελουργικών δεικτών, στις περιοχές αυτές.

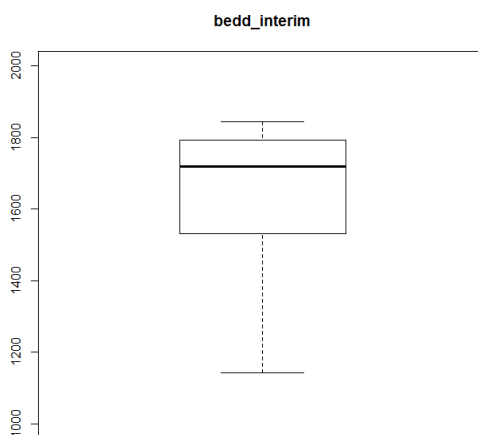
2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κύριος στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των κλιματικών αλλαγών στην ελληνική αμπελουργία. Για να γίνει αυτό, πρέπει πρωτίστως, να υπολογιστούν οι βιοκλιματικοί δείκτες που πληροφορούν για την κλιματική κατάσταση και καταλληλότητα της κάθε περιοχής για αμπελοκαλλιέργεια. Ο υπολογισμός των δεικτών για την περιοχή μελέτης, έχει πραγματοποιηθεί με το πρόγραμμα Climate Data Operators (CDO). Το λογισμικό CDO περιέχει απλές αριθμητικές και στατιστικές παραμέτρους και επιτρέπει την επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων. Κάθε βιοκλιματικός δείκτης, λαμβάνει μία ετήσια τιμή. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων, οι ετήσιες τιμές κάθε δείκτη, που αφορούν την περίοδο ανάπτυξης, οργανώθηκαν σε έξι εικοσαετίες (για τα δεδομένα που προήλθαν από το μοντέλο) και για κάθε μία υπολογίστηκε μια μεσοποιημένη τιμή. Μετά την εξαγωγή των μεσοποιημένων τιμών από το λογισμικό CDO δημιουργήθηκε πρόγραμμα στη γλώσσα Fortran 95 για την

δημιουργία μιας βάσης δεδομένων. Αφού τα δεδομένα οργανώθηκαν σε μία εύκολα διαχειρίσιμη μορφή, έγινε χρήση πρόσθετων προγραμμάτων μέχρι να προκύψουν τα τελικά συμπεράσματα.

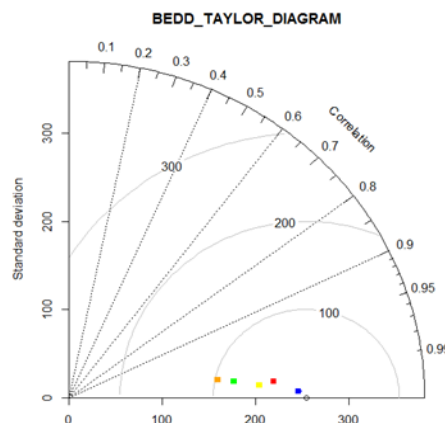
Από τους πρώτους επιμέρους στόχους της μελέτης, ήταν η αξιολόγηση των βιοκλιματικών δεικτών που έχουν προκύψει από τα δύο διαφορετικά σύνολα δεδομένων. Για το σκοπό αυτό, έγινε χαρτογράφηση των τιμών των δύο συνόλων δεδομένων, για την κοινή περίοδο 1981-2000. Αυτό έγινε με χρήση του προγράμματος χαρτογράφησης SURFER 2011. Με το ίδιο πρόγραμμα έγινε και η χαρτογράφηση όλων των χαρτών που περιγράφονται στην εργασία. Μία ακόμα γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη είναι η R. Μέσο αυτής, δημιουργήθηκαν θηκογράμματα για κάθε βιοκλιματικό δείκτη (ένα από κάθε σύνολο δεδομένων), τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για τη σύγκριση των δεδομένων του μοντέλου και των reanalysis.

Τα θηκογράμματα (boxplots) (Σχήμα 2.2.1), αποτελούν τη στατιστική απεικόνιση μιας μεταβλητής, ως προς πέντε σημαντικές στατιστικές παραμέτρους που συνοψίζουν την κατανομή της (την ελάχιστη τιμή, το πρώτο τεταρτημόριο, τη διάμεσο, το τρίτο τεταρτημόριο και τη μέγιστη τιμή). Θεωρείται μια εξαιρετικά χρήσιμη παράσταση διότι προσδιορίζει με άμεσο τρόπο τη θέση των δεδομένων με τη βοήθεια της διαμέσου, τη διασπορά των δεδομένων με το μήκος του κουτιού και με τη βοήθεια των μυστάκων την ύπαρξη τιμών οι οποίες είναι ακραίες ή ύποπτα ακραίες. Ακόμα τα θηκογράμματα δύο ή περισσότερων μεταβλητών όταν δίνονται ταυτοχρόνως επιτρέπουν τη μεταξύ τους σύγκριση.



Σχήμα 2.2.1 :Θηκογράμματα του δείκτη βιολογικά ενεργών ημερών (BEDD)

Επιπλέον η γλώσσα R χρησιμοποιήθηκε και για τη δημιουργία διαγραμμάτων Taylor, με τη χρήση των οποίων μελετήθηκε στατιστικά, η εξέλιξη των εννέα βιοκλιματικών δεικτών, για την περίοδο 1981-2100 ανά εικοσαετίες.



Σχήμα 2.2.2: Διάγραμμα Taylor του δείκτη βιολογικά ενεργών ημερών (BEDD)

Ένα διάγραμμα Taylor (Σχήμα 2.2.2), συνοψίζει γραφικά το πόσο ένα σύνολο τιμών πλησιάζει τις τιμές αναφοράς. Τα διαγράμματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην αξιολόγηση πολύπλοκων μοντέλων. Η σύγκριση των τιμών γίνεται στηριζόμενη σε τρία βασικά στατιστικά μεγέθη, την συσχέτιση (correlation), την τυπική απόκλιση (standard deviation) και στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα (root mean square error RMSE). Η τιμές της συσχέτισης περιγράφονται μέσω των ακτινών, η τυπική απόκλιση με τις τιμές στους άξονες του διαγράμματος όπου η σύνδεσή τους σχηματίζει νοητά ημικύκλια, και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μέσω των ημικυκλίων που εμφανίζονται (Σχήμα 2.2.2) Τιμές συσχέτισης κοντά στο ένα, μικρό μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE), και μικρές τιμές τυπικής απόκλισης, εκφράζουν μικρές αλλαγές στις τιμές των βιοκλιματικών δεικτών κατά το πέρασμα από τη μία εικοσαετία στην επόμενη.

Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας, γίνεται μια προσπάθεια ομαδοποίησης των ελληνικών οινοπαραγωγικών περιοχών σε κατηγορίες, σύμφωνα με το Πολυκριτηριακό κλιματικό σύστημα ταξινόμησης των αμπελουργικών περιοχών Geoviticulture Multicriteria Climatic Classification System (MCC system) που αναπτύχθηκε από τους Tonietto και Carbonneau (2004). Στο τμήμα αυτό χρησιμοποιήθηκε κυρίως το πρόγραμμα Microsoft Office Excel 2013, αλλά και το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 22 (Superior Performance Software System).

2.2.1 Ανάλυση εννέα Βιοκλιματικών Δεικτών της Αμπελουργίας.

Η άμπελος όπως και η πλειοψηφία των φυτών εξαρτάται άμεσα από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που αναπτύσσεται. Δύο από τους σημαντικότερους κλιματικούς παράγοντες που επηρεάζουν την καταλληλότητα ενός τόπου για καλλιέργεια αμπέλου είναι η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Ταυτόχρονα αυτές οι δυο συνιστώσες του κλίματος συμβάλουν καθοριστικά στην ευδοκίμηση των ποικιλιών αμπέλου αλλά και την τελική ποιότητα και ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος. Σύμφωνα με τον G.Jones (2005a) οι περιοχές που θεωρούνται κατάλληλες για οίνο-καλλιέργεια, περιορίζονται σε στενές γεωγραφικές ζώνες. Ωστόσο ο αριθμός των κλιματικών παραμέτρων που επηρεάζουν το κλίμα μιας περιοχής και έμμεσα και τις αναπτυσσόμενες καλλιέργειες, είναι τόσο μεγάλος, ώστε ακόμα και μέσα σε αυτές τις στενές οινοπαραγωγικές ζώνες, απαντώνται διάφοροι τύποι μεσοκλιμάτων. Η χωρική κατανομή των μεσοκλιμάτων μιας περιοχής, είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση της καταλληλότητάς της για αμπελοκαλλιέργεια (Carbonneau, 2003).

Ο χαρακτηρισμός μιας περιοχής σαν κατάλληλη οινοπαραγωγική, καθορίζεται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ξηρασία του εδάφους, η ηλιακή ακτινοβολία κ.α. Η μελέτη της επίδρασης των παραγόντων αυτών στις καλλιέργειες, δεν γίνεται ξεχωριστά για τον κάθε ένα παράγοντα, αλλά μέσω μαθηματικών εξισώσεων που συνδυάζουν τις παραπάνω παραμέτρους για περιόδους κρίσιμες για την ανάπτυξη της αμπέλου. Οι εξισώσεις αυτές αποτελούν τους βιοκλιματικούς δείκτες (Fregoni 2003). Συμπερασματικά, οι βιοκλιματικοί δείκτες αποτελούν συνδυαστικές εξισώσεις βασικών κλιματικών παραμέτρων μιας περιοχής. Ανάλογα με τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του δείκτη και τις τελικές τιμές που λαμβάνει αυτός, γίνεται ο χαρακτηρισμός του κλίματος της περιοχής από αμπελουργικής σκοπιάς και της καταλληλότητά της για παραγωγή οίνου.

Οι βιοκλιματικοί δείκτες που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς για την καλλιέργεια της αμπέλου είναι αρκετοί. Η ανάπτυξη του καθενός ξεκίνησε με βασικό στόχο την μελέτη της καταλληλότητας μιας συγκεκριμένης τοποθεσίας (ευρείας ή όχι) για αμπελοκαλλιέργεια. Ωστόσο αρκετοί από αυτούς φάνηκε να μπορούν να αξιοποιηθούν σε περισσότερες από μία περιοχές, αυτούσιοι ή μετά από κατάλληλες προσαρμογές. Οι δείκτες που έχουν κατά υπολογιστεί για τη συγκεκριμένη εργασία είναι εννέα (9). Επιγραμματικά είναι εξής :

1. Δείκτης Βιολογικά Ενεργών Ημερών - Biologically Effective Degree Days (BEDD)
2. Δείκτης Μέσης Θερμοκρασίας Περιόδου Ανάπτυξης - Growing Season Average Temperature (GSTavg)
3. Δείκτης Βαθμοημερών ή Δείκτης Winkler - Winkler Index or Growing Degree Days (WI or GDD)
4. Μήκος της Περιόδου Ανάπτυξης - Length of Growing Season (LGS)
5. Υδροθερμικός Δείκτης –Hydrothermic Index (HyI)
6. Δείκτης Ξηρασίας –Dryness Index (DI)
7. Δείκτης νυχτερινών θερμοκρασιών –Cool or Cold night Index (CI)
8. Ηλιοθερμικός δείκτης του Huglin - Huglin Index (HI)
9. Composite Index (CompI)

2.2.1.1 Δείκτης Βιολογικά Ενεργών Ημερών - Biologically Effective Degree Days (BEDD)

Ο δείκτης των βιολογικά ενεργών ημερών ανάπτυξης της αμπέλου αποτελεί ένα δείκτη κατηγοριοποίησης των οινοπαραγωγικών περιοχών, λαμβάνοντας υπ' όψη τα θερμοκρασιακά όρια μέσα στα οποία συνεχίζουν να πραγματοποιούνται οι διεργασίες ανάπτυξης του φυτού. Αναλυτικότερα, η ύπαρξη θερμοκρασιών μικρότερων των 10°C οδηγεί σε παύση της ανάπτυξης του φυτού. Ταυτόχρονα, θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 19°C έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης (Gladstones, 2004). Έτσι ο δείκτης αυτός αναφέρεται στην συσσώρευση θερμότητας για την περίοδο Απριλίου –Οκτωβρίου για το Βόρειο Ημισφαίριο. Η συσσώρευση είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του δείκτη GDD (ή WI) καθώς στον υπολογισμό του δείκτη (BEDD), χρησιμοποιείται άνω όριο. Στη συγκεκριμένη εργασία ο υπολογισμός έχει γίνει μέσω της εξίσωσης 1 σύμφωνα με την οποία η άθροιση θερμομονάδων γίνεται μόνο για τις μέρες κατά τις οποίες η θερμοκρασία κυμαίνεται από 10 έως 19°C. Η κατάταξη των περιοχών γίνεται σε οκτώ κατηγορίες, τα όρια των οποίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.1.2. Οι κατηγορίες αυτές, αμπελουργικά περιλαμβάνουν περιοχές στις οποίες η ωρίμανση γίνεται με αργό ρυθμό ή καθυστερημένα (<1000), μέχρι και περιοχές όπου το φυτό φτάνει σε ωρίμανση πρώιμα ή υπερωριμάζει (>2200) (Jones et al., 2010).

$$BEDD = \sum_{01/4}^{31/10} \min(GDD, 9) \quad (1)$$

GDD : Ημερήσια τιμή του δείκτη βαθμοημερών (υπολογίζεται

σύμφωνα με την εξίσωση 3, της σελίδας 31)

2.2.1.2 Δείκτης Μέσης Θερμοκρασίας Περιόδου Ανάπτυξης *Growing Season Average Temperature (GSTavg)*

Ο υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας της περιόδου ανάπτυξης, που ξεκινά την 1^η Απριλίου και λήγει στις 31 Οκτωβρίου, για τις περιοχές του Βορείου Ημισφαιρίου, μπορεί να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με το κλίμα της υπό μελέτης περιοχής. Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού γίνεται μέσω της εξίσωσης 2 που περιγράφει το άθροισμα των μέσων θερμοκρασιών για τις ημέρες που οι θερμοκρασίες αυτές ξεπερνούν το κατώφλι των 10°C. Το τελικό άθροισμα διαιρείται με τον αντίστοιχο αριθμό ημερών, έτσι ώστε να προκύψει ο μέσος όρος. Σύμφωνα με παλαιότερες εργασίες (Jones et al., 2005 ; Hall and Jones, 2010 ; Jones et al. 2010) ανάλογα με το αποτέλεσμα η περιοχή κατατάσσεται σε πέντε κατηγορίες που αφορούν το κλίμα της και περιγράφονται στον Πίνακα 2.2.1.2.

$$GSTavg = \frac{1}{N} * \sum_{01/4}^{31/10} (Tmax + Tmin/2) \quad (2)$$

Tmax : μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)

Tmin : ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)

N : αριθμός ημερών της περιόδου ανάπτυξης

2.2.1.3 Δείκτης Βαθμοημερών ή Δείκτης Winkler – *Winkler Index or Growing Degree Days (WI or GDD)*

Η πρώτη περιοχική κλιματική κατάταξη των οινοπαραγωγικών περιοχών, ξεκίνησε το 1930-1944 από τους A. J. Winkler and Maynard Amerine. Αυτοί, δημιούργησαν μια μεθοδολογία για την κατηγοριοποίηση των αμπελουργικών περιοχών στην Καλιφόρνια, βασιζόμενοι στη συσσώρευση θερμότητας. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία, που αναφέρεται σαν Growing Degree Days ή σαν Winkler Index, περιγράφει ικανοποιητικά τη χωρική ταξινόμηση των οινοπαραγωγικών περιοχών, όχι μόνο για τη περιοχή της Καλιφόρνιας, αλλά και για ένα μεγάλο αριθμό περιοχών του δυτικού κόσμου. Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται μετά από την αποδοχή ότι η

ανάπτυξη του φυτού και κατά συνέπεια ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται μόνο για ημέρες όπου η μέση θερμοκρασία ξεπερνά τους 10°C. Αναλυτικότερα η τελική τιμή του δείκτη προκύπτει από την εξίσωση 3 που περιγράφει την άθροιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας όταν αυτή ξεπερνά το κατώφλι των 10°C. Ο υπολογισμός αφορά περίοδο επτά μηνών η οποία για το Βόρειο Ημισφαίριο ξεκινά τον Απρίλιο και ολοκληρώνεται τον Οκτώβριο.

$$GDD = \sum_{01/4}^{31/10} \max\left[\frac{(T_{\max}+T_{\min})}{2} - 10, 0\right] \quad (3)$$

$T_{\max}$: μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)

$T_{\min}$: ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)

Μετά τον υπολογισμό του δείκτη, γίνεται η κατηγοριοποίηση των γεωγραφικών περιοχών σε πέντε κλιματικές ζώνες γνωστές σαν Regions I–V, (Winkler *et al.* 1974), τα όρια των οποίων περιγράφονται στον Πίνακα 2.2.1.2. Από αμπελουργικής σκοπιάς, στις περιοχές που ανήκουν στις 2 πρώτες κατηγορίες, γίνεται η παραγωγή γενικά των καλύτερων ξηρών επιτραπέζιων οίνων με ελαφρύ προς μέτριο σώμα και καλή ισορροπία. Οι περιοχές της 3^{ης} κατηγορίας παράγουν ξηρά και γλυκά κρασιά με γεμάτη γεύση ενώ η 4^η περιοχή είναι πιο κατάλληλη για την παραγωγή κατώτερης ποιότητας κρασιών με ενισχυμένη αλκοόλη. Τέλος στην 5^η κατηγορία χαρακτηρίζονται για παραγωγή επιτραπέζιων σταφυλιών, και για παραγωγή επιτραπέζιου οίνου χαμηλής ποιότητας.

2.2.1.4 Μήκος της Περιόδου Ανάπτυξης - Length of Growing Season (LGS)

Ένας ακόμα σημαντικός δείκτης για την μελέτη μιας οινοπαραγωγικής περιοχής είναι ο δείκτης που περιγράφει το μήκος της περιόδου ανάπτυξης της αμπέλου. Ο υπολογισμός του γίνεται αθροίζοντας τον αριθμό των ημερών των οποίων η μέση ημερήσια θερμοκρασία ξεπερνά τους 10°C. Το άθροισμα αφορά την περίοδο ανάπτυξης του φυτού που ξεκινά από την 1^η Απριλίου και λήγει στις 31 Οκτωβρίου. Μετά τον υπολογισμό του δείκτη μπορούν να προκύψουν σημαντικά συμπεράσματα για την περιοχή, που αναφέρονται κυρίως στο είδος των ποικιλιών που μπορούν να καλλιεργηθούν. Σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν από οινοποιία στη Βόρεια Αμερική προέκυψαν κάποια γενικά χαρακτηριστικά τα οποία προσαρμόζονται σε κάθε περιοχή. Συνήθως περιοχές στις οποίες οι τιμές του δείκτη ξεπερνούν τις 200, θεωρούνται καταλληλότερες για καλλιέργεια όψιμων ποικιλιών. Στις περιοχές που η τιμή του δείκτη κυμαίνεται από 190-200, δεν υπάρχει συνήθως περιορισμός στην

επιλογή της ποικιλίας, ενώ όταν οι τιμή κυμαίνεται από 180-190, τότε η περιοχή θεωρείται καλή για αμπελοκαλλιέργεια. Σε περιοχές που η αμπελουργία μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, ο δείκτης λαμβάνει τιμές από 160-170, ενώ όταν οι τιμές του είναι από 160-170 τότε προτείνεται η καλλιέργεια πρώιμων ποικιλιών. Τέλος περιοχές με τιμές δείκτη μικρότερες από 160 ημέρες, δεν ενδείκνυνται για αμπελοκαλλιέργεια καθώς ο αριθμός των ποικιλιών που μπορούν να αναπτυχθούν είναι πολύ περιορισμένος (Πίνακας 2.2.1.2).

2.2.1.5 Υδροθερμικός Δείκτης –Hydrothermic Index (HyI)

Η υγρασία αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα για την δυνατότητα ανάπτυξης της αμπέλου και για την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η βροχόπτωση είναι ο παράγοντας που καθορίζει τη διαθέσιμη υγρασία του εδάφους και κατά συνέπεια το νερό που μπορεί να εξασφαλίσει το φυτό μέσω του ριζικού του συστήματος. Όπως συμβαίνει και με τις ιδανικές τιμές των θερμοκρασιών, έτσι υπάρχουν και ιδανικά ποσά βροχής. Ποσά υγρασίας μικρότερα από ένα κατώτατο όριο οδηγούν σε καταστολή των βιολογικών λειτουργιών του φυτού και πιθανώς σε θάνατο-ξήρανσή του εάν η έλλειψη αυτή παρατηρηθεί σε κρίσιμες περιόδους για το φυτό. Αντίθετα αυξημένα ποσά νερού και άρα υπερβολική υγρασία κατά την άνοιξη, μπορεί να προκαλέσουν παράσιτα και ασθένειες, όπως ο περονόσπορος (Carbonneau 2003). Ο Υδροθερμικός δείκτης που αναπτύχθηκε από Branas et al. (1946) επιχειρεί να συνδυάσει τον παράγοντα της υγρασίας και της θερμοκρασίας και να ορίσει το όριο, πάνω και κάτω από το οποίο η επικινδυνότητα προσβολής για την καλλιέργεια από παθογόνα αυξάνεται. Ο δείκτης υπολογίζεται (εξίσωση 4), πολλαπλασιάζοντας τη μέση μηνιαία θερμοκρασία με το συνολικό ποσό βροχόπτωσης για κάθε μήνα της καλλιεργητικής περιόδου. Οι μήνες αυτοί για το Βόρειο Ημισφαίριο το οποίο περιλαμβάνει και τη περιοχή μελέτης είναι Απρίλιος με Αύγουστο. Μια τελική τιμή του δείκτη κάτω από 2.500°Cmm θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει μια περιοχή χαμηλού κινδύνου για προσβολή, ενώ τιμή πάνω από 5.100°Cmm χλιοστά θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει περιοχή με υψηλό κίνδυνο προσβολή (Branas et al. 1946, Malheiro et al. 2010) (Πίνακας 2.2.1.2).

$$HyI = \sum_{01/4}^{30/8} T_{avg} * P \quad (4)$$

T_{avg}: μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C)

P: ποσό ημερήσιας βροχόπτωσης (mm)

2.2.1.6 Δείκτης Ξηρασίας –Dryness Index (DI)

Όπως έχει προαναφερθεί η άμπελος είναι ένα φυτό που επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από δύο κλιματικούς παράγοντες, την θερμοκρασία και τη βροχόπτωση. Ένας δείκτης που συμπεριλαμβάνει την παράμετρο της βροχόπτωσης και ειδικότερα το απόθεμα του εδάφους σε νερό είναι απαραίτητος για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ο δείκτης ξηρασίας. Ο δείκτης αυτός (DI) υπολογίστηκε (Tonietto & Carbonneau 2004) βασιζόμενος σε μια προσαρμογή του δείκτη Riou (Riou et al., 1994), που αναφέρεται στην ισορροπία του εδαφικού νερού ειδικά για χρήση σε αμπελώνα. Σύμφωνα με αυτόν, επιτρέπεται ο χαρακτηρισμός του κλίματος μιας περιοχής ως κατάλληλη ή όχι για αμπελοκαλλιέργεια, βασιζόμενη στο διαθέσιμο νερό του εδάφους. Αυτό γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τη ζήτηση σε νερό ενός πρότυπου αμπελιού, την εξάτμιση από γυμνό έδαφος και τις βροχοπτώσεις χωρίς αφαίρεση του νερού απορροής και αποστράγγισης. Υποδεικνύει δηλαδή τη πιθανή διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος, σε σχέση με το επίπεδο ξηρασίας μίας περιοχής. Αυτό αποτελεί σημαντικό κλιματικό παράγοντα όσον αφορά το επίπεδο της ωρίμανσης των σταφυλιών και την ποιότητα του οίνου (Jackson και Cherry, 1988, Seguin 1983, Méroutge et al. 1998, Carbonneau, 1998). Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται σύμφωνα με την εξίσωση (5). Στον εξίσωση αυτή, W_o είναι η αρχική τιμή του αποθεματικού νερού του εδάφους το οποίο μπορεί να προσεγγιστεί από τις ρίζες του φυτού και για ένα τυπικό αμπελώνα (Tonietto & Carbonneau 2004) ορίζεται να είναι τα 200mm. Η συνολική βροχόπτωση της περιόδου περιγράφεται από τον παράγοντα P , ο όρος T_v δείχνει τη δυνητική διαπνοή στον αμπελώνα και ο E_t την άμεση εξάτμιση από το έδαφος. Ο δείκτης υπολογίζεται για εξαμηνιαία χρονική η οποία για το Βόρειο Ημισφαίριο ξεκινά από τον Απρίλιο και λήγει τον Σεπτέμβριο.

$$DI = W_o + \sum_{01/4}^{30/9} P + E_t + T_v \quad (5)$$

W_o : αρχική τιμή του αποθεματικού εδαφικού νερού (200mm)

P : συνολικό ποσό βροχής (mm)

E_t : άμεση εξάτμιση από το έδαφος (mm)

T_v : δυνητική διαπνοή του αμπελώνα (mm)

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής στην παρούσα εργασία, έγινε με τη χρήση της μεθόδου Thornthwaite (Willmott et al. 1985). Σύμφωνα με το Multicriteria Climatic Classification System (Geoviticulture MCC System) (Tonietto and Carbonneau 2004)

ανάλογα με τη τιμή του δείκτη η περιοχή κατατάσσεται σε μία από τις τέσσερις κατηγορίες που περιγράφονται από τον Πίνακα 2.2.1.2. Τα αμπελουργικά χαρακτηριστικά που κατέχει μια περιοχή σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης MCC είναι τα εξής ανάλογα με την κατηγορία που ανήκει.

DI – 2: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν περιοχές με τιμή δείκτη DI >150 mm και ως συνέπεια το κλίμα τους χαρακτηρίζεται υγρό αμπελουργικά κλίμα. Στην κατηγορία αυτή υπάρχει «απουσία ξηρασίας» και υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας νερού. Μάλιστα η διαθεσιμότητα υπερβαίνει το όριο ισορροπίας υδατικού αποθέματος – ποιότητα κρασιού. Άλλωστε κατά κανόνα η καλύτερη ωρίμανση των σταφυλιών βρίσκεται σε λιγότερο υγρά έτη (π.χ. Βραζιλία (Bento Gonçalves, Serra Gaúcha), Γερμανία (Freiburg), Γαλλία (Macon, Bourgogne)).

DI – 1: Η κατηγορία αυτή θεωρείται πως έχει ημίυγρο κλίμα για αμπελοκαλλιέργεια και οι τιμές του δείκτη βρίσκονται μεταξύ 50 και 150 mm. Είναι επίσης χαρακτηριστική η απουσία ξηρασίας και η τιμή των 50 mm, είναι μια κρίσιμη τιμή που περιγράφει την ύπαρξη του ελάχιστου ποσού νερού για ύπαρξη ισορροπίας υπό συνθήκες ενός συχνού ξηρού καλοκαιριού. Είναι λοιπόν μια καλή ένδειξη για την υπόδειξη περιοχών με διαθεσιμότητα νερού ή ξηρασία.(π.χ. Γαλλία (Bordeaux, Reims, Champagne, Νέα Ζηλανδία (Napier)).

DI + 1: Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει περιοχές στις οποίες υπάρχει ξηρασία στο έδαφος και οι τιμές του δείκτη DI κυμαίνονται μεταξύ 50 και -100 χιλιοστά. Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται αμπελουργικά σαν μέτρια ξηρό και το αμπέλι θα κλιθεί να αντιμετωπίσει συνθήκες μέτριας ξηρασίας. Αυτή η κατάσταση, στην οποία υπάρχει μια σημαντική ρύθμιση των στομάτων των φυτών, είναι συνήθως ευνοϊκή για ωρίμανση (π.χ. Γαλλία (Montpellier, Midi, Πορτογαλία (Funchal, Madeira). Άρδευση ασκείται σε ορισμένες περιπτώσεις, συνήθως όταν η τιμή του δείκτη βρίσκεται περίπου στα 50 χιλιοστά. Εκεί αρχίζουν να εντοπίζονται περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί μεσογειακού τύπου με το έλλειμμα νερού να κυριαρχεί το καλοκαίρι.

DI + 2: Στο επίπεδο κάτω από -100 χιλιοστά, το κλίμα θεωρείται αμπελουργικά πολύ ξηρό και στις περιοχές αυτές υπάρχουν σήμερα συστήματα άρδευσης, για να αποφευχθεί το πιθανό ανεπιθύμητο στρες. Όταν ο δείκτης DI κυμαίνεται κάτω από τα -200 τότε στις περιοχές αυτές υπάρχει υψηλό έλλειμμα του διαθέσιμου νερού στο εδάφος. Πρόκειται για τις περιοχές όπου η άρδευση είναι υποχρεωτική και υπάρχει

κίνδυνος έντονης υδατικής καταπόνησης εάν δεν ασκείται επαρκής άρδευση.(π.χ. Ισπανία (Jerez de la Frontera), Αυστραλία (Nuriootpa).

2.2.1.7 Δείκτης νυχτερινών θερμοκρασιών –Cool or Cold night Index (CI)

Οι νυχτερινές θερμοκρασίες, επιδρούν καθοριστικά στο αμπέλι. Κατά τη νύχτα παρατηρούνται οι ελάχιστες θερμοκρασίες της ημέρας οι οποίες εάν ξεπεράσουν ένα κατώτατο όριο μπορούν να αποβούν καταστροφικές για την παραγωγή. Το κατώτατο αυτό όριο καθορίζεται από διάφορους παράγοντες όπως η ποικιλία, το στάδιο ανάπτυξης της αμπέλου κ.α. Η ύπαρξη ενός βιοκλιματικού δείκτη που να λαμβάνει υπ' όψη τις ελάχιστες θερμοκρασίες σε μία κρίσιμη περίοδο για το σταφύλι, θεωρήθηκε απαραίτητη. Σύμφωνα με τον Tonietto (1999), εκτιμάται πως οι νυχτερινές ελάχιστες θερμοκρασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αξιόπιστος δείκτης που ρυθμίζει-επηρεάζει την τελική ποιότητα του οίνου. Ο CI (εξίσωση 6) αποτελεί αυτόν το δείκτη, και η τιμή του προκύπτει από τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία του μήνα ωρίμανσης του σταφυλιού. Ο μήνας αυτός είναι ο Σεπτέμβρης για το Βόρειο Ημισφαίριο και ο Μάρτιος για το Νότιο. Η χρησιμότητα του δείκτη βασίζεται κυρίως στη βελτίωση της αξιολόγησης των ποιοτικών δυνατοτήτων της κάθε αμπελουργικής περιοχής. Αυτό γίνεται κυρίως σε σχέση με δευτερογενείς μεταβολίτες (πολυφαινόλες, αρώματα) στα σταφύλια. Αυτός ο παράγοντας είναι ιδιαίτερα σημαντικός όσον αφορά το σταφύλι, το χρώμα και τα αρώματα του κρασιού (Kliewer & Tores, 1972; Kliewer, 1973; Tomana et al., 1979). Σύμφωνα με την τιμή που λαμβάνει ο δείκτης, η αντίστοιχη περιοχή κατατάσσεται σε μία από τις 4 κατηγορίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.1.2.

$$CI = \frac{\sum_{01/9}^{30/9} T_{min}}{30} \quad (6)$$

T_{min} : ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)

Τα αμπελουργικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης MCC συνοπτικά είναι τα παρακάτω:

CI – 2: Αυτή είναι η κατηγορία όπου χαρακτηρίζεται αμπελουργικά «θερμών νυχτών». Στην κατηγορία αυτή, η άμπελος κατά την ωρίμανσή της διανύει μια περίοδο με υψηλές νυχτερινές θερμοκρασίες για όλες τις ποικιλίες, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν αρκετά στοιχεία του σταφυλιού όπως χρώμα και άρωμα. (π.χ. Ταϊλάνδη (Chiangmai), Βραζιλία (Petroлина, São Francisco Valley)).

CI – 1: Η κατηγορία των εύκρατων νυχτών αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ των «δροσερών» και των «ζεστών» νυχτών. Οι όψιμες ποικιλίες θα ωριμάσουν πιο καθυστερημένα κάτω από τις νυχτερινές θερμοκρασίες σε σχέση με τις πρώιμες ποικιλίες (π.χ. Ισπανία (Jerez de la Frontera), Πορτογαλία (Évora, Alentejo))

CI +1: Η επόμενη κατηγορία είναι των «δροσερών νυχτών». Στην κατηγορία αυτή η ωρίμανση λαμβάνει χώρα κάτω από συνθήκες που μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο δροσερές, ανάλογα με την ποικιλία. Ωστόσο, ενώ συνολικά, οι συνθήκες είναι πιο δροσερές από ό,τι στη κλάση CI-1, το μέγιστο όριο της ευνοϊκής νυχτερινής θερμοκρασίας δεν ξεπερνάται. (π.χ. Γαλλία (Bordeaux), Πορτογαλία (Anadia, Bairrada)).

CI + 2: Η ψυχρότερη κατηγορία των «πολύ ψυχρών νυχτών». Στην κατηγορία αυτή η θερμοκρασία τη νύχτα είναι χαμηλή και η επίδραση στην κάθε ποικιλία σχετίζεται με την ηλιοθερμική ενέργεια που μπορεί να εξασφαλίσει ένα καλό επίπεδο ωρίμανσης των σταφυλιών (π.χ. Χιλή (Santiago do Chile), Γαλλία (Colmar, Alsace), Γερμανία (Freiburg)).

2.2.1.8 Ηλιοθερμικός δείκτης του Huglin - Huglin Index (HI) (1978)

Ο δείκτης Huglin αναπτύχθηκε από τον Pierre Huglin το 1978. Η ανάπτυξή του έγινε αρχικά για τις αμπελουργικές περιοχές της Ευρώπης, ενώ στη συνέχεια η καλή προσαρμογή του και σε άλλες περιοχές εκτός Ευρώπης, τον καθιστά έναν από τους συχνότερα χρησιμοποιούμενους βιοκλιματικούς δείκτες στην αμπελουργία. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται η παράμετρος της θερμοκρασίας. Η τελική τιμή του προκύπτει από την εξίσωση 7, και όπως γίνεται αντιληπτό δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη μέση και τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία.

$$HI = \sum_{01/4}^{30/9} \max \left(\frac{[T_{mean}-10] + [T_{max}-10]}{2}, 0 \right) * d \quad (7)$$

T_{mean} : μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C)

T_{max} : μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)

d : συντελεστής μήκους ημέρας

Για το Βόρειο Ημισφαίριο, στο οποίο ανήκει και η περιοχή μελέτης, ο υπολογισμός του, πραγματοποιείται για την καλλιεργητική περίοδο που ξεκινά την 1^η Απριλίου και τελειώνει στις 30 Σεπτεμβρίου. Αντίστοιχα για τις περιοχές του Νοτίου Ημισφαιρίου ο υπολογισμός αφορά τους μήνες Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο. Η τελική τιμή του δείκτη

προκύπτει μετά από χρήση της παραπάνω εξίσωσης (εξίσωση 7) μόνο για τις ημέρες των οποίων η μέση θερμοκρασία ξεπερνά τους 10°C. Η θερμοκρασία αυτή, αποτελεί το όριο, κάτω από το οποίο δεν μπορεί να υπάρξει ουσιαστική ανάπτυξη της αμπέλου. Σε πολλές Ευρωπαϊκές και όχι μόνο περιοχές το στάδιο της συγκομιδής γίνεται τον Οκτώβριο. Ωστόσο σύμφωνα με εργασία του Jones et al. (2010), αποκαλύπτεται πως η συσσώρευση θερμοκρασιών κατά το τελευταίο μήνα- Οκτώβριο, δεν επηρεάζει σημαντικά τις τελικές τιμές του δείκτη. Μάλιστα η ίδια εργασία δείχνει πως η τιμή του δείκτη που έχει προκύψει από επτάμηνη καλλιεργητική περίοδο παρουσιάζει πολύ μεγάλη συσχέτιση ($r > 0.95$) με την αντίστοιχη τιμή του δείκτη που έχει προκύψει για την περίοδο Απριλίου-Σεπτεμβρίου. Επίσης ο βιοκλιματικός δείκτης του Huglin λαμβάνει υπ' όψη και το μήκος της ημέρας, μέσω του συντελεστή d που εμφανίζεται στην εξίσωση 7 (Huglin 1978). Οι τιμές του συντελεστή d φαίνονται στον Πίνακα 2.2.1.1 και ο υπολογισμός τους έγινε χρησιμοποιώντας διάφορες αστρονομικές παραμέτρους και οι τιμές του μεταβάλλονται συναρτήσει του γεωγραφικού πλάτους.

Πίνακας 2.2.1.1: συντελεστής μήκους ημέρας (d) σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος

Γεωγραφικό μήκος	Συντελεστής d
$\leq 40.00'$	1
40.01' - 42.00'	1.02
42.01' - 44.00'	1.03
44.01' - 46.00'	1.04
46.01' - 48.00'	1.05
48.01' - 50.00'	1.06

Σύμφωνα με το Multicriteria Climatic Classification System (Geoviticulture MCC System) (Tonietto & Carbonneau 2004) από τον δείκτη Huglin προκύπτουν έξι (6) κατηγορίες. Τα όρια της κάθε κατηγορίας περιγράφονται στον Πίνακα 2.2.1.2. Τα αμπελουργικά χαρακτηριστικά της κάθε μίας όπως είναι:

ΗΙ – 3: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν περιοχές με πολύ ψυχρό κλίμα για αμπελοκαλλιέργεια, και βρίσκονται συνήθως στα όρια των ζωνών των οиноπαραγωγικών περιοχών του κόσμου. Σε αυτή την κατηγορία ο αριθμός των ποικιλιών που μπορούν να φτάσουν σε ωρίμανση είναι περιορισμένος και συνήθως οι ποικιλίες που ευδοκιμούν είναι λευκές (π.χ. Muller-Thurgau, Pinot blanc, Gamay, Gewurztraminer) (π.χ. Καναδάς (Québec), Γαλλία (Reims, Champagne), Γερμανία

(Geisenheim)). Υπό πολύ ψυχρές συνθήκες σε μερικές περιοχές διαειδικά υβρίδια του γένους *Vitis* που είναι πιο ανθεκτικά από το είδος *Vitis vinifera*.

HI – 2: το ψυχρό κλίμα της κατηγορίας αυτής, επιτρέπει σε ένα μεγάλο αριθμό ποικιλιών, λευκών και κόκκινων, να ωριμάσουν συμπεριλαμβανομένων των Riesling, Pinot noir, Chardonnay, Merlot, Cabernet franc (π.χ Γαλλία (Tours, Loire Valley)).

HI – 1: στο εύκρατο κλίμα της κατηγορίας αυτής, απαντώνται ποικιλίες που αργούν να ωριμάσουν όπως το Cabernet-Sauvignon, Ugni Blanc και Syrah (π.χ. Γαλλία, (Bordeaux), Πορτογαλία (Viseu, Dão)).

HI + 1: είναι η κατηγορία του θερμού εύκρατου κλίματος για αμπελοκαλλιέργεια και στο οποίο μπορούν να ωριμάσουν ποικιλίες όψιμης ωρίμανσης όπως οι Grenache, Mourvèdre, Carignan, Ωστόσο, δεν υπάρχει ηλιοθερμική επάρκεια για την ανάπτυξη και άρα τη δυνατότητα καλλιέργειας όλων των ποικιλιών αμπέλου. (π.χ. Αυστραλία (Nuriootpa), Γαλλία (Montpellier, Midi)).

HI + 2: Η κατηγορία αυτή περιγράφει τις θερμές περιοχές, στις οποίες όλες οι ποικιλίες έχουν το χρόνο που χρειάζονται να ωριμάσουν (μερικές από αυτές μάλιστα αρκετά πρόωμα) (π.χ. Ισπανία (Jerez da la Frontera), Τυνησία (Nabeul)).

HI + 3: Στην πολύ θερμή κατηγορία, εκτός από το γεγονός ότι δεν υπάρχει ηλιακός περιορισμός για την ωρίμανση των σταφυλιών, αρχίζουν να παρατηρούνται κλίματα που συναντιούνται στην ενδοτροπική ζώνη, και στα οποία είναι πιθανόν να επιτευχθεί διπλή συγκομιδή μέσα στον ίδιο χρόνο (π.χ. Βραζιλία (Petroлина, São Francisco Valley), Ινδία (Ludhiana)).

2.2.1.9 Composite Index (CompI)

Η διάφοροι κλιματικοί παράμετροι που καθορίζουν την καταλληλότητα μιας περιοχής σαν οиноπαραγωγική ή όχι, συνδυάζονται και δημιουργούν ένα νέο δείκτη τον Composite Index (Malheiro et al., 2010). Αυτός, προσφέρει μια γενική εικόνα του αριθμού των ετών που ήταν κατάλληλα για αμπελοκαλλιέργεια, σε σχέση με τον αριθμό των ετών της περιόδου που μελετάται. Ο συνδυαστικός δείκτης Composite Index αποτελείται από τη σύνδεση τριών βιοκλιματικών δεικτών (Huglin Index, Cool Night Index, Dryness Index) και η δημιουργία του είχε σαν κύριο στόχο να αποφευχθεί η κατάταξη μια περιοχής σαν κατάλληλη ή όχι για αμπελοκαλλιέργεια, στηριζόμενη σε μία μόνο κλιματική παράμετρο. Με τον συνδυαστικό δείκτη (CompI) υπολογίζεται

ο αριθμός των ιδανικών ετών για αμπελοκαλλιέργεια τα οποία πρέπει να πληρούν 4 προϋποθέσεις. Οι προϋποθέσεις αφορούν τις ελάχιστες θερμοκρασίες που πρέπει να ξεπερνούν τους -17°C, την τιμή του δείκτη Huglin που πρέπει να ξεπερνά τους 900°C, την τιμή του δείκτη ξηρασίας (DI) που απαιτείται να είναι μεγαλύτερος από -100mm και τέλος τον Υδροθερμικό δείκτη (HyI) που πρέπει να είναι μικρότερος από 7500°Cmm. Ο δείκτης CompI, έχει χρησιμοποιηθεί σε αρκετές μελέτες και σε αρκετές από αυτές έχει υπάρξει μικρή αλλαγή στα όρια των δεικτών. Στην συγκεκριμένη εργασία έχει χρησιμοποιηθεί ο δείκτης CompI, σύμφωνα με τα όρια που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία Fraga et al. (2012) για την περιοχή της Πορτογαλίας (τα όρια φαίνονται στον πίνακα 2.2.1.3) Για τον τελικό υπολογισμό του δείκτη, διαιρείται το άθροισμα των ετών που θεωρήθηκαν κατάλληλα για αμπελοκαλλιέργεια, με τον συνολικό αριθμό των ετών που μελετήθηκαν. Σύμφωνα με την τελική τιμή που παίρνει ο δείκτης για κάθε περιοχή, γίνεται αντιληπτό ο βαθμός κατά τον οποίο η περιοχή πληρεί τις προϋποθέσεις για την καλλιέργεια σταφυλιού.

Πίνακας 2.2.1.2 : Όρια κατηγοριών των βιοκλιματικών δεικτών

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΟΡΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
BIOLOGICALLY EFFECTIVE DEGREE DAYS	<=1000		TOO COOL	Gladstones et al. (1992)
	1000-1200		VERY COOL	
	1200-1400		COOL	
	1400-1600		TEMPERATE	
	1600-1800		TEMPERATE WARM	
	1800-2000		WARM	
	2000-2200		VERY WARM	
	>=2200		TOO HOT	
AVERAGE GROWING SEASON TEMPERATURE	<=13		TOO COOL	Jones (2006)
	13 - 15		COOL	
	15 - 17		INTERMEDIATE	
	17-19		WARM	
	19-21		HOT	
	21-24		VERY HOT	
	>24		TOO HOT	
WINKLER INDEX OR GROWING DEGREE DAYS	<1390	REGION 1		Amerine & Winkler (1944)
	1391-1670	REGION 2		
	1671-1940	REGION 3		
	1941-2220	REGION 4		
	>2220	REGION 5		
HYDROTHERMIC INDEX	<2500		NO RISK	Branas et al (1946)
	2500 - 5100		MODERATE RISK	
	>5100		HIGH RISK	
DRYNESS INDEX	>150	DI-2	HUMID	Tonietto και Carbonneau (2004) (adapted from Riou et al 1994)
	50-150	DI-1	SUB-HUMID	
	-100 - 50	DI+1	MODERATELY DRY	
	< -100	DI+2	VERY DRY	
COLD NIGHT INDEX	>18	CI-2	HOT NIGHTS	Tonietto (1999)
	14 - 18	CI-1	WARM NIGHTS	
	12 - 14	CI+1	COOL NIGHTS	
	<12	CI+2	COLD NIGHTS	
HUGLIN INDEX	<1500	HI-3	VERY COOL	Huglin (1978)
	1500-1800	HI-2	COOL	
	1800-2100	HI-1	TEMPERATE	
	2100-2400	HI+1	TEMPERATE WARM	
	2400-2700	HI+2	WARM	
	>2700	HI+3	VERY WARM	

Πίνακας 2.2.1.3 : Συγκεντρωτικός Πίνακας των 9 βιοκλιματικών δεικτών της εργασίας

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΣΥΜΒΛΙΣΜΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
Biologically Effective Degree Days (C°units)	BEDD	$\sum_{1/4}^{31/10} \min(\text{GDD}, 9^{\circ}\text{C})$	ΑΠΡΙΛΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ
Average Growing Season Temperature (°C)	GSTavg	$\frac{1}{N} \sum_{1/4}^{31/10} \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right)$	ΑΠΡΙΛΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ
Winkler Index or Growing Degree Days (°C units)	WI or GDD	$\sum_{1/4}^{31/10} \max \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - 10^{\circ}\text{C}, 0 \right)$	ΑΠΡΙΛΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ
Length of Growing Season (day)	LGS	$\sum \text{ημερες με temp} > 10^{\circ}\text{C}$	ΑΠΡΙΛΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ
Hydrothermic Index (°C mm)	Hyl	$\sum_{1/4}^{31/8} T_{\text{avg}} * P$	ΑΠΡΙΛΙΟΣ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ
Dryness Index (mm)	DI	$W_0 + \sum_{1/4}^{30/9} P + Et + T_v$	ΑΠΡΙΛΙΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Cool or Cold night Index (°C)	CI	$\sum_{1/9}^{30/9} T_{\min}/30$	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Huglin Index (°C units)	HI	$\sum_{1/4}^{30/9} \max \left(\frac{(T_{\text{mean}} + T_{\max} - 20^{\circ}\text{C})}{2}, 0 \right) * d$	ΑΠΡΙΛΙΟΣ-ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
Composite Index	Compl	Tmin>-17°C , HI>900 C°units , DI>-100 mm , Hyl<7500 mmC°	

2.2.2. Σύστημα κατηγοριοποίησης αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το σύστημα Multicriteria Climatic Classification (MCC SYSTEM)

Η παραγωγή κρασιού αποτελεί μια «τέχνη» η οποία συναντάται σε μεγάλο αριθμό περιοχών ανά τον κόσμο. Η πλειοψηφία των περιοχών αυτών εμφανίζουν διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά, τα οποία καθορίζουν τις ποικιλίες σταφυλιών που μπορούν να ευδοκιμήσουν και κατά συνέπεια το είδος του κρασιού που μπορεί να παραχθεί. Οι χώρες παραγωγής κρασιού ξεπερνούν τις 40 παγκοσμίως, ενώ η καθεμία έχει τη δυνατότητα να παράγει διαφορετικά είδη εξαιτίας των μικροκλιμάτων που υπάρχουν στις διάφορες περιοχές της.

Το Geoviticulture Multicriteria Climatic Classification System (MCC system) αναπτύχθηκε από τους Tonietto και Carbonneau (2004) και αποτελεί ένα παγκόσμιο σύστημα κατηγοριοποίησης των οινοπαραγωγικών περιοχών. Η ταξινόμηση αυτή έγινε με τη χρήση δεδομένων από 97 περιοχές σε 29 χώρες (Πίνακας 2.2.2.1.). Η επιλογή έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε το δείγμα να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Αναλυτικότερα, οι περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν, καλύπτουν 6 από τις 7 ηπείρους, καθώς και ένα ευρύ γεωγραφικό και κλιματικό φάσμα, συμπεριλαμβανομένων περιοχών της ενδοτροπικής ζώνης έως των μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών κ.α. Τέλος, συμπεριλαμβάνεται και μεγάλος αριθμός κλιματικών τύπων όπως ηπειρωτικό, μεσογειακό, ωκεάνιο ακόμα και ερημικό εάν υπάρχει παράγωγή μεγάλων ποσοτήτων οίνου.

Βασικό πλεονέκτημα του συστήματος MCC αποτελεί το γεγονός ότι η κατάταξη γίνεται βασιζόμενη σε τρεις ξεχωριστούς κλιματικούς δείκτες. Αυτοί είναι ο ηλιοθερμικός δείκτης του Huglin (Huglin Index), ο δείκτης νυχτερινών θερμοκρασιών (Cool Night Index) και ο δείκτης ξηρασίας (Dryness Index). Ο συνδυασμός των τριών αυτών δεικτών προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της κάθε περιοχής καθώς περιλαμβάνει στοιχεία για ημερήσιες και νυχτερινές θερμοκρασίες αλλά και για την υγρασία της κάθε περιοχής. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγονται τυχόν σφάλματα που θα οφείλονταν στη μονόπλευρη περιγραφή μιας περιοχής από έναν δείκτη. Σύμφωνα με έρευνες, η θερμοκρασία του αέρα παίζει καθοριστικό ρόλο για την ωρίμανση σταφυλιών, συμπεριλαμβανομένου του αρώματος και το χρωματισμό, με σημαντικές συνέπειες για τα χαρακτηριστικά των οίνων (Jackson και Lombard, 1993). Οι ημερήσιες θερμοκρασίες επηρεάζουν το χρώμα των σταφυλιών όμως η επίδραση των νυχτερινών θερμοκρασιών είναι ακόμα μεγαλύτερη (Fregoni και Pezzutto, 2000). Τέλος, η διαφορετική ποσότητα διαθέσιμου νερού στο έδαφος επηρεάζει την ποιότητα του σταφυλιού και κατά συνέπεια του παραγόμενου οίνου (Conradie et al., 2002)

Πίνακας 2.2.2.1: Οι περιοχές που αποτελούν τη βάση δεδομένων στο MCCsystem (Tonietto, 1999)

Country	Région		Country	Région		Country	Région		Country	Région	
	Name	Acronym		Name	Acronym		Name	Acronym		Name	Acronym
Argentina	Lujan de Cuyo	ARlu	France	Bordeaux	FRbo	Italy	Lecce	ITle	Spain	Cádiz	ESje
	General Roca	ARri		Carcassonne	FRca		Modena	ITmo		Rioja	ESlo
Australia	Mildura	AUmi		Cognac	FRcg		Perugia	ITpe		Málaga	ESml
	Mount Gambier	AUmo		Colmar	FRcl		Ravenna	ITra		Murcia	ESmu
	Nuriootpa	AUnu		Macon	FRma		Trapani	ITta		Orense	ESor
Brazil	Bento Gonçalves	BRbe		Montélimar	FRmm		Treviso	ITte		Tenerife	ESsa
	Petrolina	BRpe		Montpellier	FRmp	Japan	Kofu	JPko		Tarragona	ESta
Canada	Québec	CAqu		Nantes	FRna	New Zealand	Napier	NZna		Valladolid	ESva
	Summerland	CAsu		Pau	FRpa	Peru	Ica	PEic	Switzerland	Geneva	CHge
	Vancouver	CAva		Perpignan	FRpe	Portugal	Anadia	PTan	Thailand	Bangkok	THba
Chile	Curico	CLcu		Reims	FRre		Évora	PTev		Chiangmai	THch
	Santiago	CLsa		Toulouse	FRte		Funchal	PTfu	Tunisia	Bizerta	TNbi
China	Bei Jing	CNbe		Toulon	FRtn		Lisbon	PTli		Nabeul	TNna
	Tong Chuan	CNto		Tours	FRtr		Peso da Régua	PTpe		Tunis-Cartagena	TNtu
	Urumqi	CNur		Freiburg	DEfr		Viseu	PTvi	Turkey	Izmir	TRiz
	Yi Cunyiy	CNyc		Geiseinheim	DEge	Rep. of Korea	P'ohang	KRpo		Tekirdag	TRte
	Yi Li	CNyl		Neustadt	DEne		Suwon	KRsu	Uruguay	Las Bruxas	UYcu
Colombia	La Unión	COla		Stuttgart	DEst	Slovakia	Bratislava	SKbr	USA	Cleveland	UScl
England	Maidstone	GBma		Trier	DEtr	Slovenia	Beli Kriz	SIbe		Fresno	USfr
France	Agen	Frag		Würzburg	DEwi		Bizeljsko	SIbi		Medford	USme
	Ajaccio	Fraj	Guatemala	Estanzuela	Gtes		Murska Sobota	SIms		Portland	USpo
	Angers	Fran	India	Ludhiana	INlu		Novo Mesto	SInm		Rochester	USrc
	Bastia	Frba		Pune	INpu	South Afrique	Cape Town	ZAca		Sacramento	USsc
	Besançon	Frbe	Israel	Haifa	ILha	Spain	Ciudad Real	EScl			

J. Tonietto, A. Carbonneau/ Agricultural and Forest Meteorology 124 (2004) 81-97

3. ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ REANALYSIS ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΘΗΚΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΤΩΝ

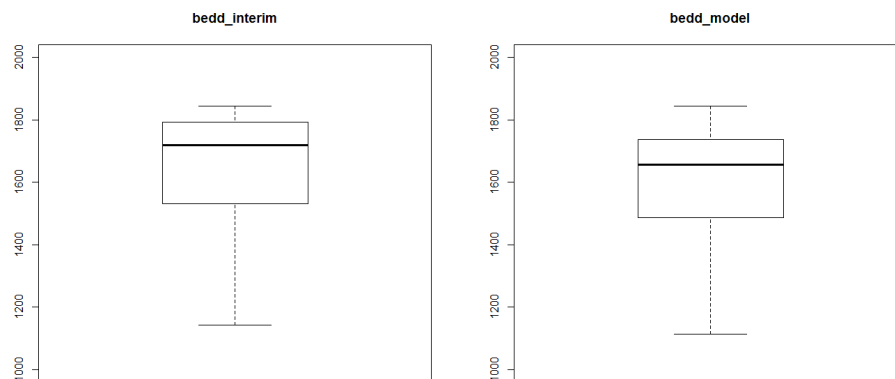
Ένα από τους στόχους της εργασίας ήταν η αξιολόγηση του μοντέλου σε σχέση με την ικανότητα του να εκτιμά τους διαφορετικούς βιοκλιματικούς δείκτες σε σχέση με τους αντίστοιχους που προήλθαν από δεδομένα reanalysis. Η σύγκριση και η αξιολόγηση του μοντέλου έγινε με τη χρήση θηκογραμμάτων (boxplot) και χαρτών με ομαδοποιημένες παρατηρήσεις (class post map).

1) Δείκτης Βιολογικά ενεργών Ημερών (BEDD)

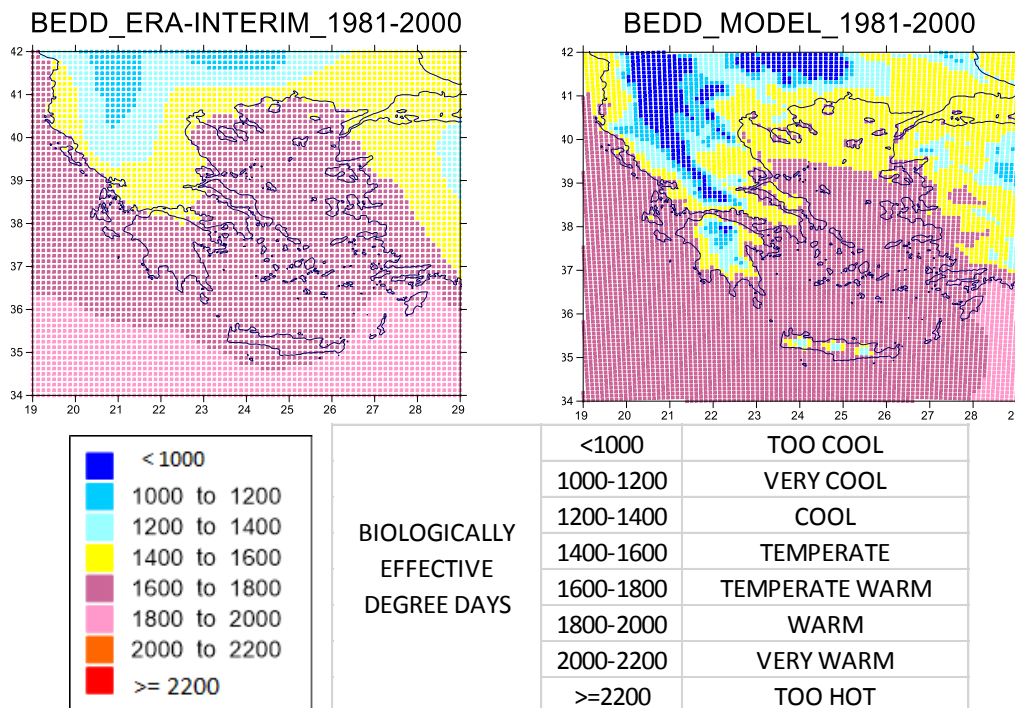
Τα θηκογράμματα του δείκτη των βιολογικά ενεργών ημερών BEDD (Σχήμα 3.1.1), εμφανίζουν σημαντική ομοιότητα τόσο στις ακραίες τιμές, όσο και στη διάμεσο. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές, και στα δύο διαγράμματα ισούνται με ~1850 και ~1100 αντίστοιχα. Ταυτόχρονα, η διάμεσος σύμφωνα και με τις δύο ομάδες δεδομένων (~1750 στα reanalysis και ~1650 στο μοντέλο) ανήκει στην κατηγορία του θερμού εύκρατου αμπελουργικά κλίματος (warm temperate - 1600-1800). Από το ενδοτεταρτημοριακό πλάτος, προκύπτει ότι το 75% των σημείων πλέγματος, ανήκουν στις κατηγορίες του εύκρατου (1400-1600) και θερμού εύκρατου (1600-1800) αμπελουργικά κλίματος, καθώς οι τιμές του BEDD, κυμαίνονται από ~1450-1800 και στα δύο θηκογράμματα.

Σε πλήρη συμφωνία με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα θηκογράμματα, βρίσκονται και οι χάρτες του σχήματος 3.1.2. Αναλυτικότερα, οι κατηγορίες του πολύ θερμού (very warm 2000-2200) και υπερβολικά θερμού (too warm >=2200) αμπελουργικά κλίματος, δεν εμφανίζονται σε καμία ελληνική περιοχή για την περίοδο 1981-2000. Η κατηγορία του θερμού εύκρατου κλίματος (temperate warm 1600-1800), περιλαμβάνει την πλειοψηφία των νησιωτικών και θαλάσσιων ελληνικών περιοχών, σύμφωνα και με τις δύο ομάδες δεδομένων. Όσον αφορά τις ηπειρωτικές περιοχές της κατηγορίας αυτής (θερμή εύκρατη), σύμφωνα με το μοντέλο είναι αρκετά περιορισμένες, ενώ σύμφωνα με τα reanalysis δεδομένα, περιλαμβάνει το σύνολο της Πελοποννήσου και της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Η αμέσως ψυχρότερη κατηγορία χαρακτηρίζεται ως εύκρατη αμπελουργικά (temperate 1400-1600), και περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής Ελλάδας και στους δύο χάρτες του δεύτερου σχήματος. Στις κατηγορίες ψυχρού (cool 1200-1400) και πολύ ψυχρού (very cool 1000-1200), ανήκουν οι ηπειρωτικές περιοχές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο.

Έτσι χαρακτηριστικά των κατηγοριών αυτών, εμφανίζουν οι ορεινές περιοχές της δυτικής Ελλάδας και γενικότερα, όλες οι περιοχές στα βόρεια σύνορα της χώρας.



Σχήμα 3.1.1 : Θηκογράμματα του δείκτη βιολογικά ενεργών ημερών (C° units) (BEDD)

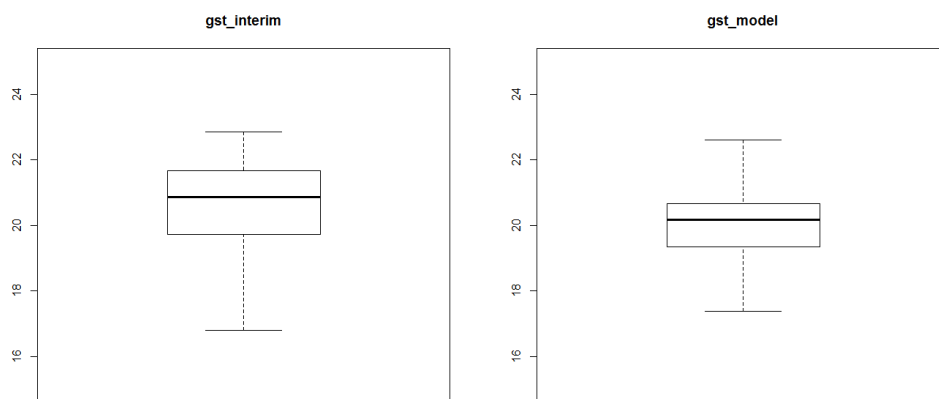


Σχήμα 3.1.2: Τιμές δείκτη BEDD από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

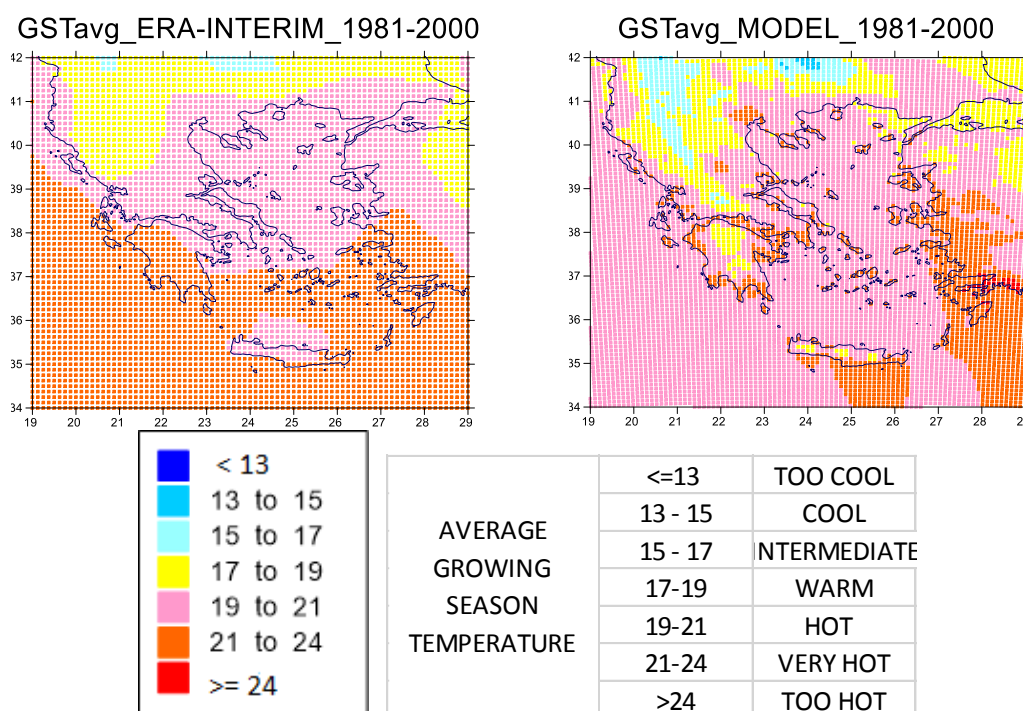
Τέλος η ψυχρότερη κατηγορία του δείκτη (too cool<1000) εμφανίζεται μόνο στο χάρτη που προέρχεται από το μοντέλο. Μάλιστα σε αυτήν ανήκει ένα σημαντικό κομμάτι του ελληνικού κορμού, που περιλαμβάνει τις πιο ορεινές περιοχές στην οροσειρά της Πίνδου και της Ροδόπης. Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα θηκογράμματα και τους χάρτες, υπάρχει μια καλή προσέγγιση των reanalysisδεδομένων από το μοντέλο για τις τιμές του δείκτη BEDD.

2) Δείκτης μέσης θερμοκρασίας της περιόδου ανάπτυξης (GSTavg)

Μελετώντας τα δύο θηκογράμματα του δείκτη (Σχήμα 3.1.3), φαίνεται πως οι ακραίες τιμές και στις δύο ομάδες δεδομένων κυμαίνονται ανάμεσα στα όρια των 16°C και των 24°C. Κλιματικά λοιπόν, η άμπελος καλείται να αναπτυχθεί σε κατηγορίες μεταβατικού κλίματος από ψυχρό σε θερμό (intermediate 15-17°C), θερμού (warm 17-19°C), ζεστού (hot 19-21°C) και πολύ ζεστού (very hot 21-24°C).



Σχήμα 3.1.3 : Θηκογράμματα της μέσης θερμοκρασίας περιόδου ανάπτυξης (C°) (GSTavg)



Σχήμα 3.1.4: Τιμές δείκτη GSTavg από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

Μικρή διαφορά περίπου ενός βαθμού, εντοπίζεται στην τιμή της διαμέσου ανάμεσα στα δύο θηκογράμματα, αφού τα reanalysis δεδομένα, της αποδίδουν τιμή ~21°C, ενώ το μοντέλο ~20°C χωρίς αυτό να συνεπάγεται αλλαγή στην αμπελουργική κατηγορία

κλίματος που ανήκουν. Μικρή διαφοροποίηση εμφανίζουν και οι τιμές του 1^{ου} και 3^{ου} τεταρτημορίου με του μοντέλου να είναι ελαφρώς χαμηλότερες.

Σύμφωνα με το Σχήμα 3.1.4, η θερμότερη κατηγορία του δείκτη (too hot>24), στην οποία οι τιμές ξεπερνούν τους 24°C, δεν περιλαμβάνει καμία περιοχή στον ελλαδικό χώρο, σε κανέναν από τους δύο χάρτες. Στην πολύ θερμή κατηγορία (very hot 21-24°C), σύμφωνα με το μοντέλο ανήκει η πλειοψηφία των ελληνικών νησιών, οι παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου και σημαντικό τμήμα του νότιο-ανατολικού Αιγαίου. Τα reanalysis δεδομένα κατατάσσουν στην ίδια κατηγορία, το σύνολο του νότιο-ανατολικού Αιγαίου συμπεριλαμβανομένων των Δωδεκανήσων, μεγάλο τμήμα της Πελοποννήσου τα νότια νησιά των Κυκλάδων και τις θαλάσσιες περιοχές του νότιου Αιγαίου. Η κατηγορία του θερμού αμπελουργικά κλίματος (hot 19-21°C) περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της υπό μελέτης περιοχής, και στους δύο χάρτες. Αναλυτικότερα, στο χάρτη του μοντέλου, οι ακτές της δυτικής Ελλάδος, ένα τμήμα της Πελοποννήσου, η Στερεά Ελλάδα (με εξαίρεση κάποιες ορεινές περιοχές), και αρκετές περιοχές της Θεσσαλίας και της κεντρικής Μακεδονίας χαρακτηρίζονται ως θερμές (hot) αφού οι τιμές του GSTavg κυμαίνονται από 19-21°C. Οι περιοχές που προαναφέρθηκαν, ανήκουν στην ίδια κατηγορία και στον χάρτη που περιγράφει το δείκτη από τα reanalysis δεδομένα. Σύμφωνα και με τις δύο ομάδες δεδομένων, η δυτική Μακεδονία και τα βόρεια σύνορα της χώρας, ανήκουν στη ζεστή αμπελουργικά κατηγορία. Η διαφορά των δύο χαρτών όσον αφορά την κατηγορία αυτή εντοπίζεται σε περιορισμένα τμήματα της Στερεάς Ελλάδας, της Πελοποννήσου και της Κρήτης στις οποίες το μοντέλο «ανιχνεύει» κάποιες τοποθεσίες με ζεστό αμπελουργικά κλίμα. Η κατηγορία μεταβατικού κλίματος (intermediate 15-17°C), περιλαμβάνει τις πιο ορεινές περιοχές της Δυτικής Ελλάδας και της οροσειράς της Ροδόπης, σύμφωνα με το μοντέλο. Αντίθετα στο χάρτη των reanalysis δεδομένων, η ίδια κατηγορία, περιορίζεται μόνο σε κάποια ορεινά τμήματα της βορειοανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Τέλος, σύμφωνα και με τις δύο ομάδες δεδομένων, οι δύο ψυχρότερες κατηγορίες (cool 13-15°C και too cool<15°C) δεν εμφανίζονται στον Ελλαδικό χώρο, με εξαίρεση ένα πολύ περιορισμένο τμήμα της Ροδόπης, που το μοντέλο το χαρακτηρίζει ψυχρό.

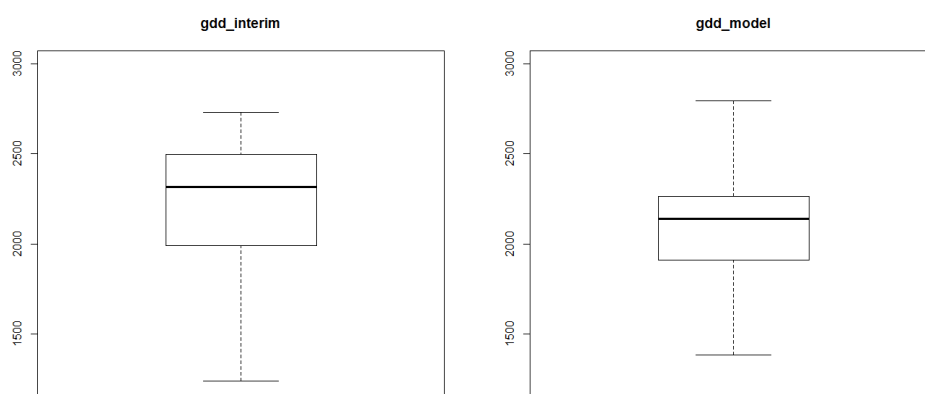
3) Δείκτης Βαθμοημερών (GDD)

Ξεκινώντας τη μελέτη των θηκογραμμάτων (Σχήμα 3.1.5) από τις ακραίες τιμές, φαίνεται πως τα όρια του είναι πιο διευρυμένα (κατά 100-200 μονάδες) στα reanalysis

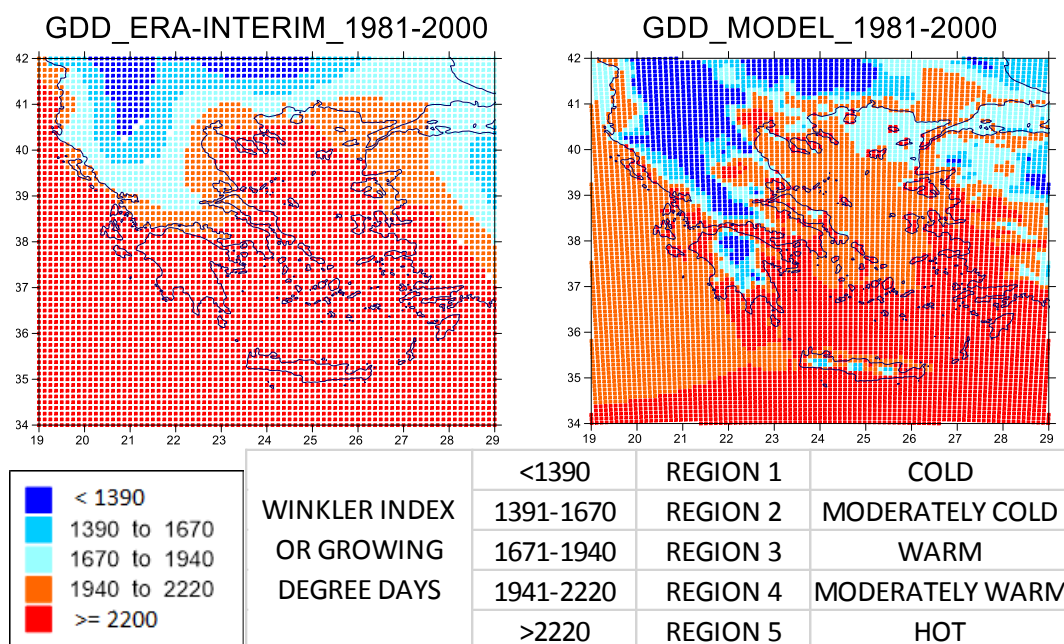
δεδομένα συγκριτικά με του μοντέλου. Οι διαφορές αυτές, ωστόσο, δεν μπορούν να θεωρηθούν σημαντικές, καθώς δεν είναι ικανές να μετακινήσουν μια περιοχή σε άλλη κατηγορία, αφού τα όρια της κάθε κατηγορίας είναι πιο διευρυμένα. Ο αριθμός των περιοχών που χαρακτηρίζονται ψυχρές (cold), μετρίως ψυχρές (moderately warm) ή θερμές (warm), είναι μικρότερος από το 25% των συνολικών και στα δύο σύνολα δεδομένων. Έτσι, η πλειοψηφία των ελληνικών περιοχών ανήκει στις κατηγορίες μετρίως θερμού (moderately warm) και κυρίως ζεστού (hot) κλίματος σύμφωνα με τον δείκτη Winkler. Ένα από τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτει από τα θερμογράμματα είναι το γεγονός ότι το ενδοτεταρτημοριακό εύρος των δεδομένων reanalysis είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με του μοντέλου και η μεγαλύτερη διαφορά εντοπίζεται στην τιμή του τρίτου τεταρτημορίου που φτάνει στις 2500 ενώ η αντίστοιχη στα reanalysis δεδομένα είναι περίπου 2300. Διαφορά περίπου 200 μονάδων παρουσιάζει και η διάμεσος, με την τιμή της να είναι κοντά στα 2400 στα reanalysis και περίπου στα 2200 στου μοντέλου. Τέλος, η κατανομή που εμφανίζουν τα δεδομένα του μοντέλου είναι πιο κοντά στην κανονική μορφή από αυτήν των reanalysis, στα οποία η διασπορά είναι μεγαλύτερη. Η σύγκριση των διαγραμμάτων από αμπελουργικής άποψης δείχνει ότι υπάρχει καλή προσέγγιση ανάμεσα στα δύο σύνολα δεδομένων, καθώς οι κατηγορίες που εμφανίζονται είναι οι ίδιες, παρά το ότι οι τιμές του μοντέλου είναι ελαφρώς χαμηλότερες από των reanalysis.

Στην Ελληνική περιοχή, σύμφωνα με τους χάρτες του GDD (Σχήμα 3.1.6), απαντώνται όλες οι κατηγορίες του δείκτη. Η θερμότερη κατηγορία (κατηγορία 5 – hot) περιλαμβάνει περιοχές όπου ο αριθμός των βαθμομερών ξεπερνά τις 2220 μονάδες. Σύμφωνα με τα δεδομένα reanalysis και τα δεδομένα του μοντέλου, το σύνολο των ελληνικών νησιών, ανήκει στην θερμή κατηγορία (κατηγορία 5), κατά την περίοδο 1981-2000. Στο χάρτη των reanalysis η θερμότερη κατηγορία περιλαμβάνει επίσης όλη την ελληνική θαλάσσια περιοχή και την Πελοπόννησο. Η ίδια κατηγορία σύμφωνα με το μοντέλο, περιορίζεται στις θαλάσσιες περιοχές του νότιου Αιγαίου και στις παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου. Η αμέσως ψυχρότερη κατηγορία του μεταβατικού θερμού κλίματος αμπελουργικά (κατηγορία 4 – moderately warm), περιλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας, της Θεσσαλίας και της Κεντρικής Μακεδονίας, και στους δυο χάρτες του δείκτη. Επιπλέον σύμφωνα με το μοντέλο οι θαλάσσιες περιοχές του Βόρειου Αιγαίου ανήκουν στην κατηγορία αυτή,

αμπελουργικά ωστόσο η μελέτη κατηγοριών σε θαλάσσιες περιοχές δεν έχει κάποια ουσιαστική σημασία.



Σχήμα 3.1.5 : Θηκογράμματα του δείκτη βαθμομερών (C°) (GDD)



Σχήμα 3.1.6 : Τιμές δείκτη GDD από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

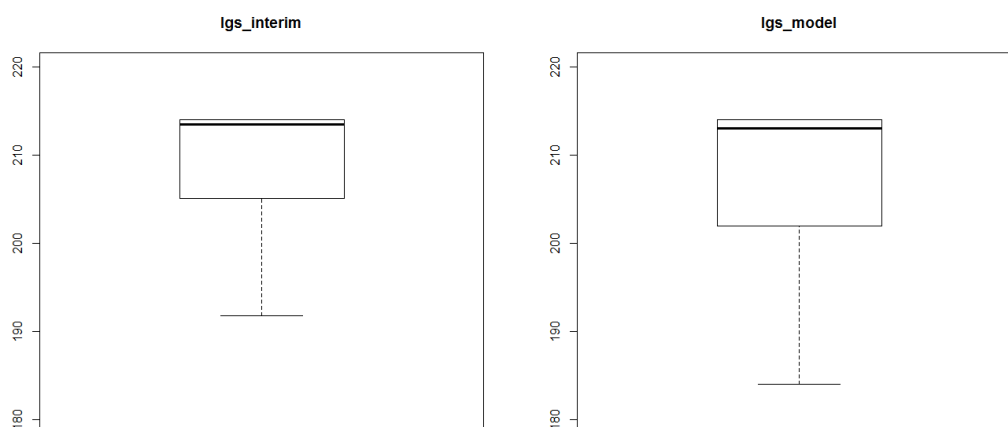
Στις κατηγορίες δύο (moderately cold) και τρία(warm)ανήκει σημαντικό μέρος του ηπειρωτικού κορμού σύμφωνα και με τα δύο σύνολα δεδομένων. Οι περιοχές που εντάσσονται είναι κυρίως ορεινές και εντοπίζονται στη δυτική Ελλάδα – Οροσειρά Πίνδου και στα βόρεια ορεινά σύνορα της χώρας. Σύμφωνα με το μοντέλο κάποιες ορεινές τοποθεσίες της Πελοποννήσου και της Κρήτης, παρουσιάζουν εντάσσονται και αυτές στις δύο προαναφερόμενες κατηγορίες. Τέλος, η κατηγορία 1 (cold), η ψυχρότερη κατηγορία του δείκτη, εμφανίζεται και στους δύο χάρτες και περιλαμβάνει περιοχές της δυτικής Μακεδονίας και της βορειοανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.

Ωστόσο στο χάρτη του μοντέλου, η ψυχρή κατηγορία είναι πιο διευρυμένη, περιλαμβάνοντας μεγάλο μέρος της οροσειράς της Πίνδου και της Ροδόπης, την περιοχή του Ολύμπου και τις πιο ορεινές περιοχές της Πελοποννήσου.

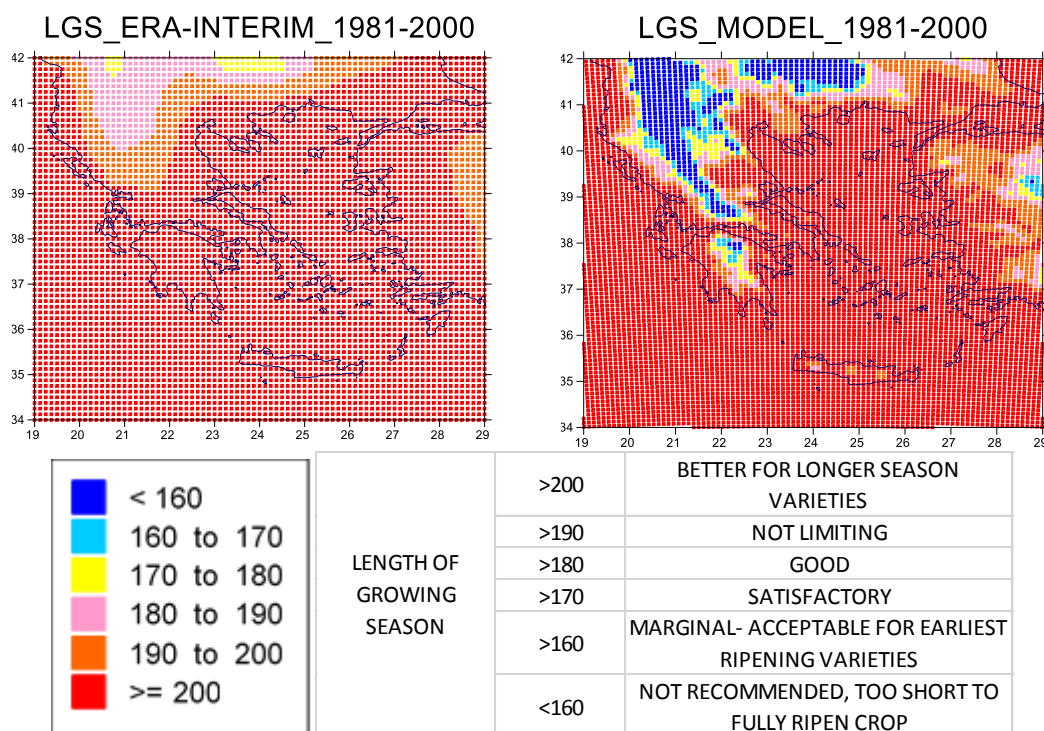
4) Δείκτης Μήκους Περιόδου Ανάπτυξης (LGS)

Όπως έχει προαναφερθεί, οι 10°C είναι μια κρίσιμη θερμοκρασία για την ανάπτυξη της αμπέλου. Έτσι η μελέτη των θηκογραμμάτων (Σχήμα 3.1.7) του δείκτη LGS παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ο δείκτης υπολογίζεται αθροίζοντας τις μέρες της περιόδου ανάπτυξης, όπου η μέση θερμοκρασία ξεπερνά τους 10°C. Το άνω όριο των θηκογραμμάτων και στις δύο ομάδες δεδομένων είναι οι 214 ημέρες, κάτι που σημαίνει ότι και τα δύο σύνολα δεδομένων, εντοπίζουν περιοχές όπου όλες οι μέρες της περιόδου ανάπτυξης έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από την κρίσιμη. Η διάμεσος εμφανίζει, επίσης, σημαντική ομοιότητα και στα δύο ομάδες δεδομένων με τη διαφορά να κυμαίνεται στις 2 περίπου ημέρες. Η διαφορά των δύο θηκογραμμάτων εντοπίζεται στις ελάχιστες τιμές και στην τιμή του πρώτου τεταρτημορίου που είναι μικρότερες στο θηκόγραμμα του μοντέλου σε σχέση με αυτό των reanalysis. Αμπελουργικά, αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο εντοπίζει περισσότερες τοποθεσίες με LGS να κυμαίνεται από 180 έως 190 ημέρες, και τις εντάσσει στην κατηγορία «καλές» (good) για καλλιέργεια αμπέλου. Οι περιοχές αυτές είναι λίγες (<25%) ενώ η ίδια κατηγορία δεν εμφανίζεται καθόλου στο θηκόγραμμα με τα reanalysis δεδομένα.

Σχήμα 3.1.8: Τιμές δείκτη LGS από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.



Σχήμα 3.1.7 : Θηκογράμματα του δείκτη μήκους περιόδου ανάπτυξης (days) (LGS)



Σχήμα 3.1.8: Τιμές δείκτη LGS από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

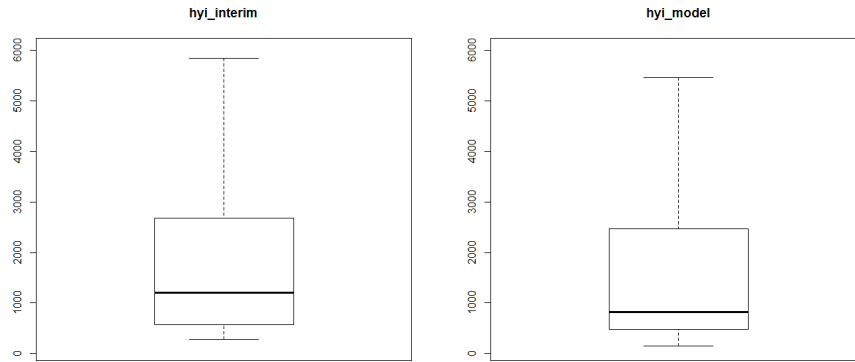
Αρκετές ελληνικές αμπελουργικές περιοχές, τόσο σύμφωνα με το μοντέλο όσο με τα reanalysis δεδομένα, κατατάσσονται στην κατηγορία που μπορούν να καλλιεργηθούν όλες οι ποικιλίες χωρίς περιορισμούς (190-200 ημέρες). Όμως στις περισσότερες, ο αριθμός των ημερών με θερμοκρασία μεγαλύτερη από 10°C ξεπερνά τις 200 και έτσι οι περιοχές προσφέρονται για καλλιέργεια όψιμων ποικιλιών (better for longer season varieties).

Μελετώντας τους χάρτες του δείκτη (Σχήμα 3.1.8), φαίνεται πως το σύνολο των θαλάσσιων και νησιωτικών περιοχών, αλλά και μεγάλο μέρος το ηπειρωτικού κορμού ανήκει στη κατηγορία με LGSμεγαλύτερο από 200. Σε αυτή την παρατήρηση συμφωνούν και τα δύο σύνολα δεδομένων. Ωστόσο στο χάρτη των reanalysisδεδομένων, η κατηγορία αυτή, είναι πιο εκτεταμένη, καθώς περιλαμβάνει ολόκληρη την Πελοπόννησο, τη Στερεά Ελλάδα και σημαντικό τμήμα της Θεσσαλίας. Το κομμάτι των τοποθεσιών αυτών που εντάσσονται στην υπό μελέτη κατηγορία από το μοντέλο, είναι πιο περιορισμένες. Στις δύο επόμενες κατηγορίες όπου η τιμή του δείκτη κυμαίνεται από 190-200 και από 180-190 αντίστοιχα, ανήκει το σύνολο των βόρειων και δυτικών ελληνικών περιοχών σύμφωνα με τα reanalysisδεδομένα. Οι ίδιες κατηγορίες στον αντίστοιχο χάρτη του μοντέλου περιορίζονται στους πρόποδες των

οροσειρών της Πίνδου, της Ροδόπης και σε κάποια σημεία της κεντρικής Μακεδονίας και της Πελοποννήσου με μεγαλύτερο υψόμετρο. Συμπερασματικά, στις ορεινές περιοχές του ελληνικού κορμού, τα reanalysisδεδομένα αποδίδουν τιμές δείκτη από 180-200, ενώ το μοντέλο μικρότερες από 180. Έτσι οι κατηγορίες που ο αριθμός του LGS, δεν ξεπερνά τις 180 ημέρες, είναι πολύ περιορισμένες ή δεν εμφανίζονται καθόλου στο χάρτη των reanalysis, ενώ στον αντίστοιχο χάρτη του μοντέλου, καταλαμβάνουν το σύνολο των περιοχών της Πίνδου και της Ροδόπης.

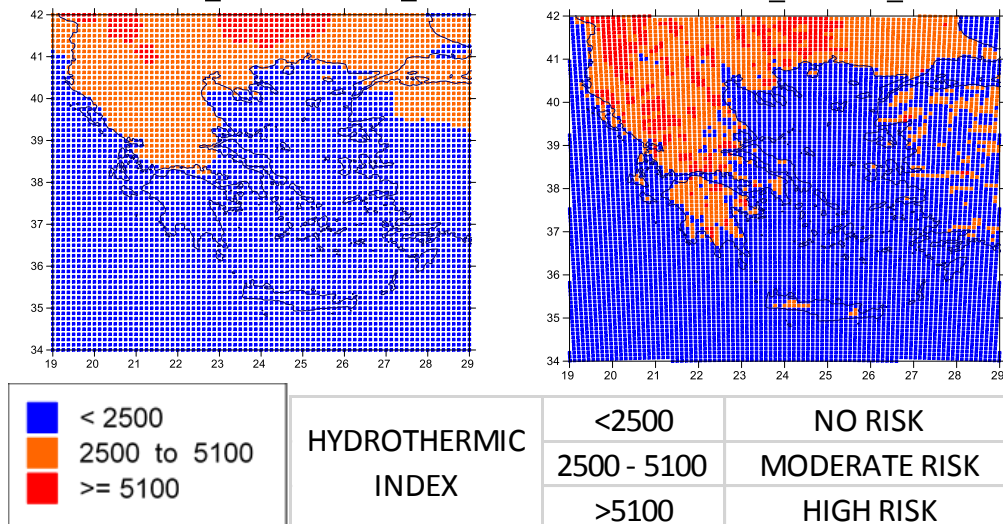
5) Υδροθερμικός Δείκτης (HyI)

Μέχρι τώρα οι δείκτες που παρουσιάστηκαν, υπολογίζονταν μόνο χρησιμοποιώντας τιμές θερμοκρασίας. Για τον υδροθερμικό δείκτη, χρησιμοποιείται και η παράμετρος της βροχόπτωσης. Συγκρίνοντας τα θηκογράμματα του HyI (Σχήμα 3.1.9), φαίνεται πως η ομοιότητα των τιμών του μοντέλου με τα reanalysis είναι αρκετά καλή. Ξεκινώντας από τις ακραίες τιμές, οι ελάχιστες και στα δύο σετ δεδομένων κυμαίνονται περίπου στις 200-300 μονάδες. Οι μέγιστες τιμές του μοντέλου φτάνουν την τιμή περίπου των 5500 και των reanalysis περίπου των 5800 μονάδων. Ωστόσο οι περιοχές με μεγάλες τιμές δείκτη (>3000) δεν ξεπερνούν το 25% του συνόλου, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τα δύο διαγράμματα. Σύμφωνα λοιπόν με τις κατηγορίες του δείκτη, ο αριθμός των περιοχών που παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο (high risk) για την ανάπτυξη της αμπέλου (π.χ. λόγω παρασίτων) είναι μικρός. Ακόμα και στην κατηγορία του «μέτριου κινδύνου» (moderate risk) εντάσσονται λίγες περιοχές. Αυτό προκύπτει συνδυάζοντας το κάτω όριο της κατηγορίας «μετρίου κινδύνου» (2.500) με τη θέση αυτού στο θηκόγραμμα. Στα δεδομένα του μοντέλου η τιμή του τρίτου τεταρτημορίου είναι λίγο πάνω από τις 2500 και στα reanalysis δεδομένα περίπου στις 2700. Έτσι η πλειοψηφία των περιοχών στον ελλαδικό χώρο, δεν παρουσιάζουν κίνδυνο στην ανάπτυξη των αμπελιών για τα έτη 1981-2000. Το ενδοτεταρτημοριακό πλάτος του θηκογράμματος του μοντέλου, διαφέρει ελαφρώς από αυτό των reanalysis, καθώς το τελευταίο εμφανίζεται πιο διευρυμένο κυρίως προς τις μεγαλύτερες τιμές. Η βασική διαφορά μεταξύ των θηκογραμμάτων, εντοπίζεται στη διάμεσο. Η τιμή της διαμέσου βρίσκεται κοντά στο 800 στο θηκόγραμμα του μοντέλου και στο 1200 στα πραγματικά δεδομένα. Αμπελουργικά ωστόσο η διαφορά αυτή δεν έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς και στις δύο περιπτώσεις το 50% των περιοχών ανήκουν στην κατηγορία «χωρίς κίνδυνο» (no risk)



Σχήμα 3.1.9 : Θηκογράμματα του υδροθερμικού δείκτη ($C^{\circ} mm$) (HyI)

HYDROTHERMAL_ERA-INTERIM_1981-20 HYDROTHERMAL_MODEL_1981-2000



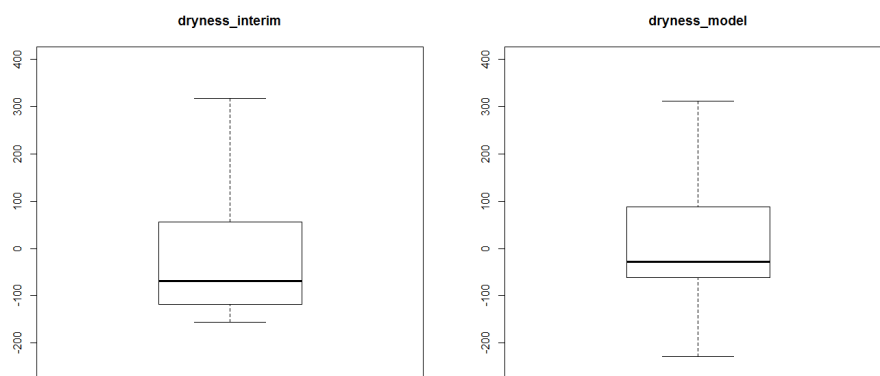
Σχήμα 3.1.10: Τιμές δείκτη HyI από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

Το Σχήμα 3.1.10 προσφέρει πληροφορίες για τη περιοχική μελέτη των τιμών του δείκτη HyI. Η τοποθεσίες στις οποίες το φυτό διατρέχει υψηλό κίνδυνο, είναι περιορισμένες και στους δύο χάρτες. Οι περιοχές αυτές, στον χάρτη που προέκυψε από τα δεδομένα reanalysis εντοπίζονται στην ορεινή περιοχή της Ροδόπης και σε μερικές τοποθεσίες στα βόρεια σύνορα της χώρας. Το μοντέλο, πέρα από τις περιοχές που προαναφέρθηκαν (Ροδόπη και βόρεια ελληνικά σύνορα), εντοπίζει κι' άλλες περιορισμένες περιοχές που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο, και βρίσκονται διάσπαρτες σε όλο τον ηπειρωτικό κορμό. Η κατηγορία μέτριου κινδύνου (moderately risk 2500-5100), περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των ηπειρωτικών περιοχών σύμφωνα και με τα δύο σύνολα δεδομένων. Διαφορά υπάρχει μόνο στην Πελοπόννησο, που τα reanalysis δεδομένα την κατατάσσουν στην κατηγορία χωρίς κίνδυνο για αμπελοκαλλιέργεια (no risk >5100). Η τελευταία αυτή κατηγορία (norisk), είναι η

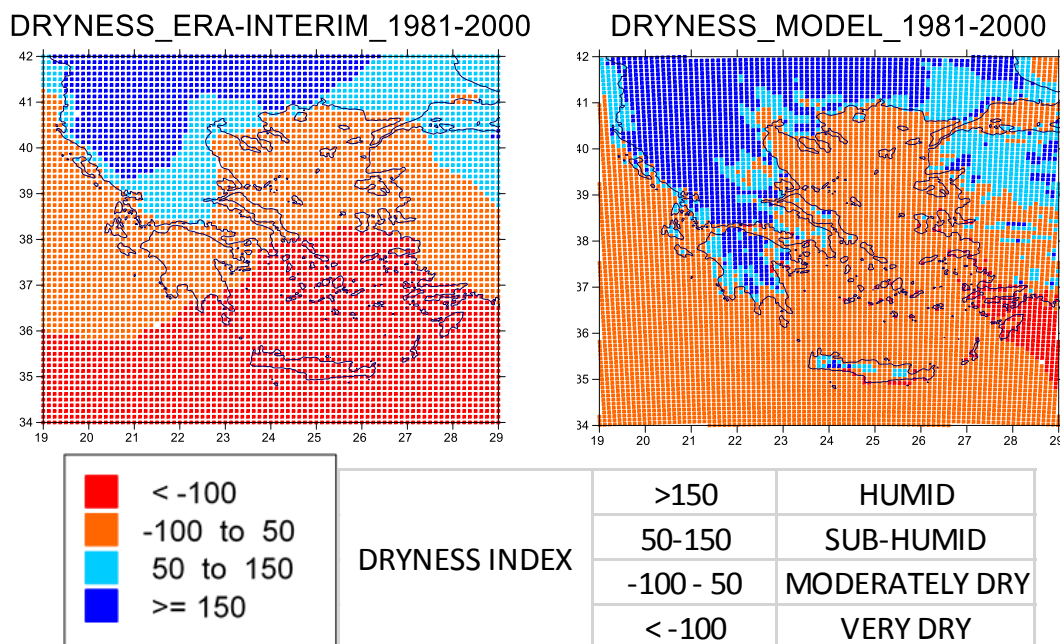
επικρατέστερη και στους δύο χάρτες του δείκτη, περιλαμβάνοντας την πλειοψηφία των θαλάσσιων και νησιωτικών περιοχών.

6) Δείκτης Ξηρασίας (DI)

Ακόμα ένας δείκτης που λαμβάνει υπόψη τα ποσά βροχής μιας περιοχής είναι ο δείκτης ξηρασίας «dryness index». Τα θηκογράμματα του δείκτη (Σχήμα 3.1.11), παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες αλλά και διαφορές. Οι ακραία μέγιστες τιμές κυμαίνονται περίπου στις 300 μονάδες, και στα δύο θηκογράμματα, ενώ οι ελάχιστες είναι χαμηλότερες στο μοντέλο. Όσον αφορά το ενδοτεταρτημοριακό πλάτος, στο θηκογράμμα των reanalysis δεδομένων κυμαίνεται περίπου από -110 έως 60, ενώ οι αντίστοιχες τιμές στο μοντέλο είναι από -50 έως 90. Έτσι, από αμπελουργικής άποψης, τα reanalysis δεδομένα δείχνουν ότι το 75% των ελληνικών περιοχών ανήκει στις κατηγορίες πολύ ξηρού (very dry) και μέτρια ξηρού (moderately dry) κλίματος, ενώ σύμφωνα με το μοντέλο οι κυρίαρχες κατηγορίες είναι του μέτρια ξηρού (moderately dry) και ημίυγρου (sub-humid) κλίματος. Όσον αφορά την τιμή της διαμέσου, και οι δύο ομάδες δεδομένων, την εντάσσουν στην κατηγορία του μέτρια ξηρού κλίματος (moderately dry -100 έως 50), προσφέροντας ταυτόχρονα την πληροφορία ότι το 50% των ελληνικών περιοχών ανήκει σε αυτήν την κατηγορία. Τέλος και στα δύο θηκογράμματα, ο αριθμός των ελληνικών περιοχών με υγρό αμπελουργικά κλίμα (humid>150mm), δεν ξεπερνά το 25% των συνολικών.



Σχήμα 3.1.11 : Θηκογράμματα του δείκτη ξηρασίας (mm) (DI)



Σχήμα 3.1.12: Τιμές δείκτη DI από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

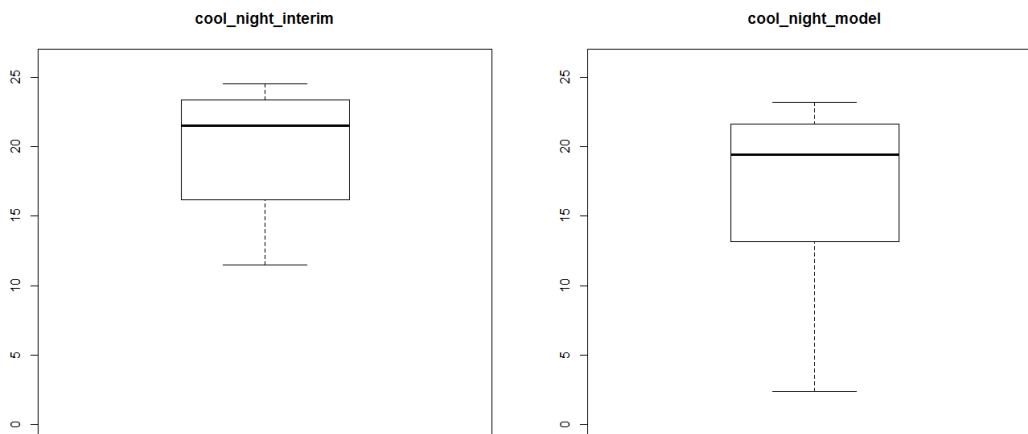
Η περιοχική μελέτη των κατηγοριών του DI, γίνεται με βάση το Σχήμα 3.1.12. Η κατηγορία του υγρού κλίματος (humid), απαντάται μόνο στον ηπειρωτικό κορμό και περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Βορείου Ελλάδος και της Ηπείρου και στους δύο χάρτες. Οι επιπλέον περιοχές που αναγνωρίζει το μοντέλο σαν υγρές, εντοπίζονται σε ορεινά τμήματα της δυτικής Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου. Η αμέσως ξηρότερη κατηγορία του ημίυγρου κλίματος (sub humid), εντοπίζεται σε περιοχές της κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της Στερεάς και από τα δύο σύνολα δεδομένων. Το μοντέλο ωστόσο εντάσσει σε αυτήν και τα νησιά του Ιονίου και ένα σημαντικό τμήμα της Πελοποννήσου και της Κρήτης. Η κατηγορία του μέτρια ξηρού κλίματος, περιλαμβάνει σχεδόν όλες τις νησιωτικές και θαλάσσιες περιοχές στο χάρτη του μοντέλου, ενώ τον αντίστοιχο των reanalysis δεδομένων, περιλαμβάνει το Ιόνιο και το Βόρειο Αιγαίο πέλαγος (θαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές). Τέλος η σημαντικότερη διαφορά των δύο χαρτών, αφορά την ξηρότερη κατηγορία στην οποία οι τιμές του δείκτη δεν ξεπερνούν τα -100 mm. Η κατηγορία αυτή, (very dry), στην οποία η άρδευση είναι απαραίτητη για την αμπελοκαλλιέργεια, είναι πολύ περιορισμένη στο χάρτη του μοντέλου σε σχέση με το χάρτη των reanalysis δεδομένων. Αναλυτικότερα, το μοντέλο χαρακτηρίζει πολύ ξηρά αμπελουργικά τα Δωδεκάνησα και περιορισμένο αριθμό περιοχών στις Κυκλάδες. Αντίθετα, σύμφωνα με το χάρτη των reanalysisδεδομένων, το σύνολο των θαλάσσιων και νησιωτικών περιοχών του

Νότιου Αιγαίου, συμπεριλαμβανομένων των Δωδεκανήσων, των Κυκλάδων και της Κρήτης, ανήκουν στην κατηγορία αυτή.

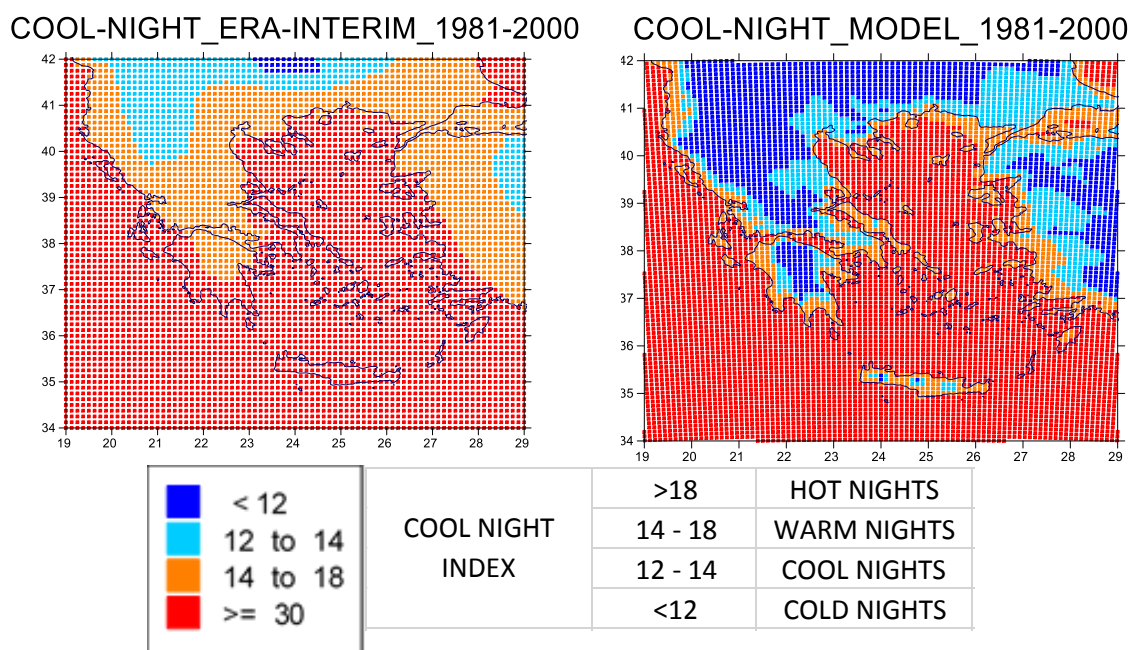
7) Δείκτης Νυχτερινών Θερμοκρασιών (CI)

Ο δείκτης νυχτερινών θερμοκρασιών (cool night index), υπολογίζεται σύμφωνα με τις ελάχιστες νυχτερινές θερμοκρασίες του Σεπτεμβρίου. Και στα δύο θηκογράμματα του δείκτη (Σχήμα 3.1.13), οι ακραία μέγιστες τιμές κυμαίνονται περίπου στους 24°C ενώ στις ακραία ελάχιστες υπάρχει διαφορά περίπου 7°C. Η διαφορά ωστόσο αυτή δεν αλλάζει την κατηγορία του δείκτη στην οποία ανήκουν, καθώς τόσο η ελάχιστη τιμή του μοντέλου (~3°C) όσο και των reanalysis δεδομένων (~11°C), βρίσκονται κάτω από το όριο της ψυχρότερης κατηγορίας (< 12°C cold nights). Όσον αφορά το ενδοτεταρτομοριακό πλάτος, στο θηκόγραμμα του μοντέλου κυμαίνεται περίπου από 14-23°C και των reanalysis δεδομένων από 16-24°C. Παρά τις ελαφρά πιο αυξημένες τιμές των reanalysis δεδομένων, και τα δύο σύνολα, εντάσσουν το 75% των ελληνικών περιοχών στις κατηγορίες θερμών και ζεστών νυχτών (warm night, hot night). Συμφωνία ανάμεσα στα δύο σύνολα δεδομένων υπάρχει και για την παράμετρο της διαμέσου. Αναλυτικότερα, στο θηκόγραμμα του μοντέλου, η τιμή της ισούται με 20°C, ενώ στα reanalysis δεδομένα είναι κατά 2°C υψηλότερη. Και στις δύο περιπτώσεις όμως, η περιοχές βρίσκονται στην κατηγορία των ζεστών νυχτών (hot nights > 18°C). Συμπερασματικά προκύπτει ότι οι τιμές δείκτη που προέκυψαν από το μοντέλο είναι χαμηλότερες συγκριτικά με τα reanalysis, η διαφορά αυτή όμως δεν μπορεί να θεωρηθεί σημαντική αμπελουργικά καθώς δεν οδηγεί σε διαφοροποίηση κατηγοριών.

Στο Σχήμα 3.1.14 περιγράφονται οι περιοχές που ανήκουν σε κάθε κατηγορία του δείκτη CI. Η κατηγορία με τις υψηλότερες νυχτερινές θερμοκρασίες (hot nights > 18°C), περιλαμβάνει το σύνολο των θαλάσσιων περιοχών και στους δύο χάρτες. Ωστόσο στο χάρτη των reanalysis, πέρα από τις θαλάσσιες περιοχές, στη ζεστή κατηγορία εντάσσονται και νησιωτικές περιοχές και ένα τμήμα της Πελοποννήσου.



Σχήμα 3.1.13 : Θηκογράμματα του δείκτη νυχτερινών θερμοκρασιών (C°) (CI)



Σχήμα 3.1.14 : Τιμές δείκτη CI από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

Αντίθετα, τις περιοχές αυτές (νησιά και τμήμα της Πελοποννήσου), το μοντέλο τις εντάσσει στην αμέσως ψυχρότερη κατηγορία των θερμών νυχτών (warm nights 16-18°C). Στην ίδια κατηγορία τοποθετεί, και το σύνολο των παραθαλάσσιων ελληνικών περιοχών. Στον χάρτη των reanalysis, η κατηγορία των θερμών νυχτών κυριαρχεί στον ηπειρωτικό κορμό, καταλαμβάνοντας σχεδόν όλη την έκτασή του με εξαίρεση τα βόρεια σύνορα της χώρας και περιοχές της δυτικής Μακεδονίας. Οι περιοχές που εμφανίζουν τιμές CI από 12-14°C, περιορίζονται στα βόρεια ελληνικά σύνορα και στη δυτική Μακεδονία σύμφωνα με το χάρτη των reanalysisδεδομένων. Στην κατηγορία αυτή το μοντέλο κατατάσσει σημαντικό τμήμα της κεντρικής Μακεδονίας, της

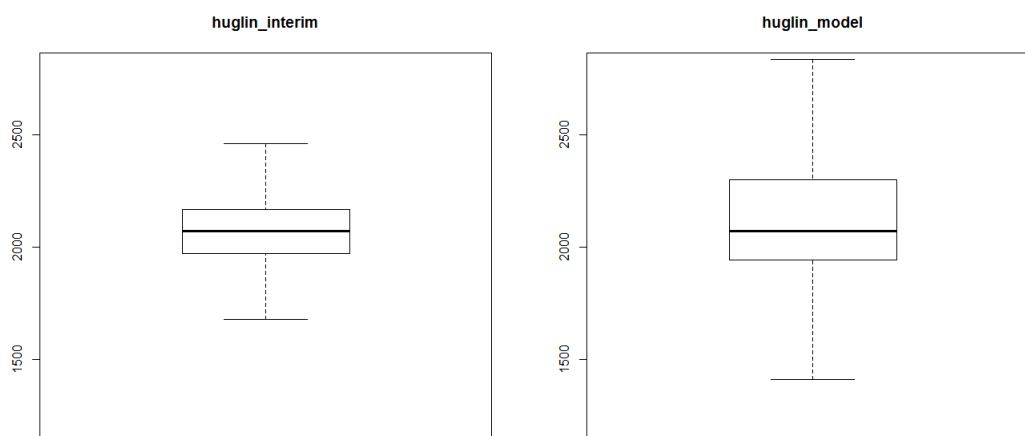
Θεσσαλίας, και κάποια τμήματα της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου. Τέλος, η σημαντικότερη διαφορά ανάμεσα στα δύο σύνολα δεδομένων εντοπίζεται στην ψυχρότερη κατηγορία. Σε αυτήν τα reanalysis δεδομένα κατατάσσουν ένα πολύ μικρό τμήμα της περιοχής της Ροδόπης, ενώ αντίθετα σύμφωνα με το μοντέλο το σύνολο των ορεινών περιοχών της Ελλάδας παρουσιάζει χαρακτηριστικά αυτής της κατηγορίας.

8) Δείκτης Huglin (HI)

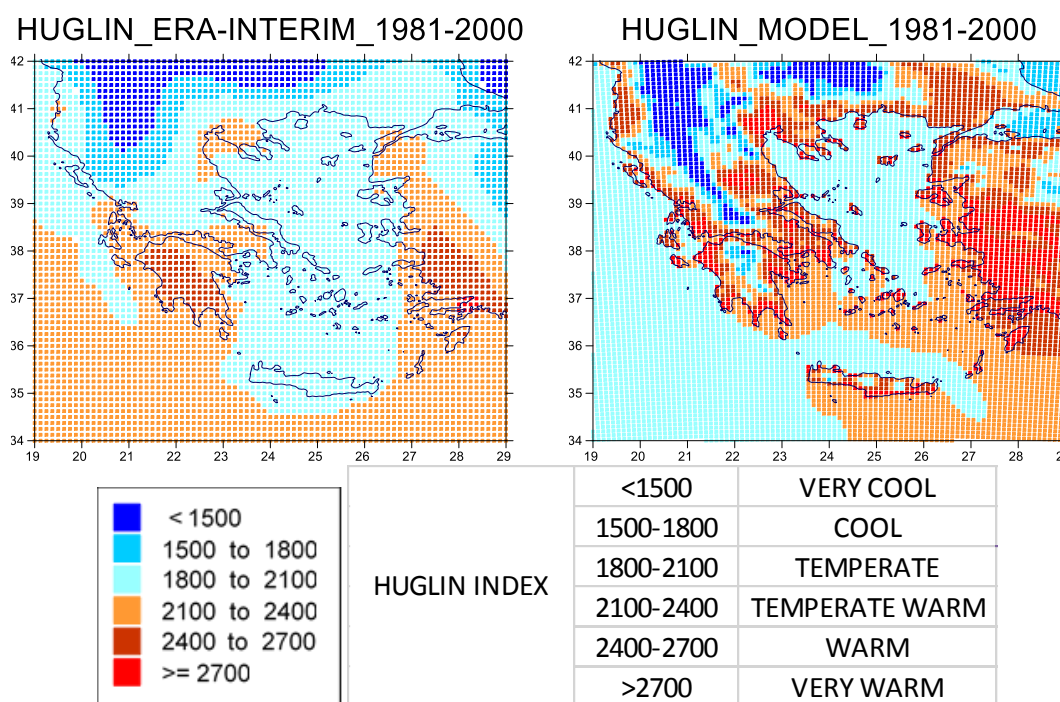
Ο ηλιοθερμικός δείκτης Huglin, αποτελεί έναν από τους πιο πολύχρησιμοπονημένους βιοκλιματικούς δείκτες για την αμπελουργία. Τα θηκογράμματα του δείκτη HI (Σχήμα 3.1.15), παρουσιάζουν ομοιότητες στις τιμές του 1^{ου}, 2^{ου} και 3^{ου} τεταρτημορίου, ενώ οι διαφορές τους εντοπίζονται στις ακραίες τιμές. Αναλυτικότερα, το ενδοτεταρτημοριακό πλάτος του δείκτη HI στο θηκόγραμμα του μοντέλου, κυμαίνεται από 1800-2300 μονάδες, και στον reanalysis δεδομένων από 1900-2200 μονάδες. Και στις δύο περιπτώσεις οι κατηγορίες που περιγράφονται είναι του εύκρατου (temperate 1800-2100) και θερμού εύκρατου (warm temperate 2100-2400) κλίματος αμπελουργικά. Η τιμή της διαμέσου επίσης παρουσιάζει ομοιότητα και στα δύο σύνολα δεδομένων, με την τιμή της να είναι λίγο μικρότερη από 2100 μονάδες. Κατά συνέπεια οι μισές περιοχές και στους δύο χάρτες περιγράφονται από τις τρεις ψυχρότερες κατηγορίες του HI. Τα δύο θηκογράμματα διαφοροποιούνται στις ακραίες τιμές. Οι περιοχές με τιμές που βρίσκονται έξω από το ενδοτεταρτημοριακό πλάτος (στο 1^ο και 4^ο τεταρτημόριο) στην περίπτωση του μοντέλου καλύπτουν πολύ μεγαλύτερο φάσμα τιμών σε σχέση με αυτές των reanalysis που είναι πιο περιορισμένες. Αμπελουργικά η σημασία του γεγονότος αυτού, δείχνει ότι το μοντέλο εντοπίζει περιοχές που έχουν «πολύ θερμό» (very warm) και «πολύ ψυχρό» (very cool) κλίμα.

Το Σχήμα 3.1.16 περιγράφει χαρτογραφημένες τις τιμές του δείκτη HI όπως προέκυψαν για τα δύο σύνολα δεδομένων. Η κατηγορία του πολύ θερμού κλίματος (very warm) δεν περιλαμβάνει καμία τοποθεσία στην υπό μελέτη περιοχή σύμφωνα με τα reanalysis δεδομένα. Αντίθετα στην ίδια κατηγορία, όπου δεν υπάρχει κανένας ηλιακός περιορισμός για τη ωρίμανση όλων των ποικιλιών το RegCM εντοπίζει αρκετές περιοχές. Έτσι η πλειοψηφία των νησιωτικών και παραθαλάσσιων περιοχών, και ένα μικρό τμήμα της Θεσσαλίας και της κεντρικής Μακεδονίας έχουν τιμές HI μεγαλύτερες από 2700, και εντάσσονται στην πολύ θερμή κατηγορία σύμφωνα με το μοντέλο. Οι

δύο επόμενες ψυχρότερες κατηγορίες του δείκτη HI είναι του θερμού εύκρατου (temperate warm) και του θερμού (warm) αμπελουργικά κλίματος.



Σχήμα 3.1.15 : Θηκογράμματα του δείκτη Huglin (C° units) (HI)



Σχήμα 3.1.16: Τιμές δείκτη HI από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη.

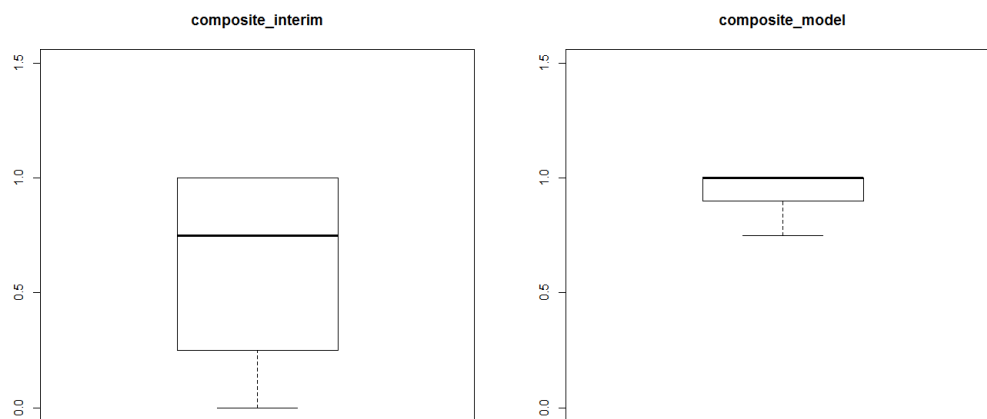
Οι κατηγορίες αυτές στις οποίες οι ποικιλίες που δεν μπορούν να καλλιεργηθούν είναι περιορισμένες, είναι πιο εκτεταμένες στο χάρτη του μοντέλου συγκριτικά με τον αντίστοιχο των reanalysis δεδομένων. Αναλυτικότερα τα reanalysis δεδομένα κατατάσσουν στις κατηγορίες αυτές, κάποια τμήματα της κεντρικής Μακεδονίας (Χαλκιδική, Πιερία) της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, ολόκληρη την Πελοπόννησο, και τα Δωδεκάνησα. Αντίστοιχα ο χάρτης του μοντέλου, χαρακτηρίζει ως θερμές και

εύκρατες θερμές, ορισμένες περιοχές της κεντρικής Μακεδονίας και Θράκης, το μεγαλύτερο κομμάτι της Θεσσαλίας και της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, και κομμάτια στο εσωτερικό της Πελοποννήσου. Στην ακόμα ψυχρότερη κατηγορία του εύκρατου κλίματος (temperate 1800-2100) ανήκει μεγάλος αριθμός περιοχών τόσο στο μοντέλο όσο και στα reanalysis δεδομένα. Στο χάρτη των reanalysis δεδομένων στην κατηγορία αυτή εντάσσονται το Αιγαίο Πέλαγος (νησιωτικές και θαλάσσιες περιοχές), η Κρήτη, και μεγάλο τμήμα της Στερεάς Ελλάδας και της Θεσσαλίας,. Η ίδια κατηγορία στο χάρτη του μοντέλου είναι πιο περιορισμένη, στον ηπειρωτικό κορμό. Οι θαλάσσιες περιοχές του Βόρειου Αιγαίου και του Ιονίου, περιορισμένες περιοχές στους πρόποδες της οροσειράς της Πίνδου και της Ροδόπης, καθώς και περιορισμένα τμήματα της Θεσσαλίας και της Θράκης, εντάσσονται στην κατηγορία αυτή. Τέλος οι δύο ψυχρότερες κατηγορίες του δείκτη HI, (cool 1500-1800 , very cool<1500), περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα των βόρειων ελληνικών συνόρων και της δυτικής Μακεδονίας και στους δύο χάρτες. Επιπλέον το μοντέλο χαρακτηρίζει ψυχρές ή πολύ ψυχρές, και ορισμένες ορεινές περιοχές της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου.

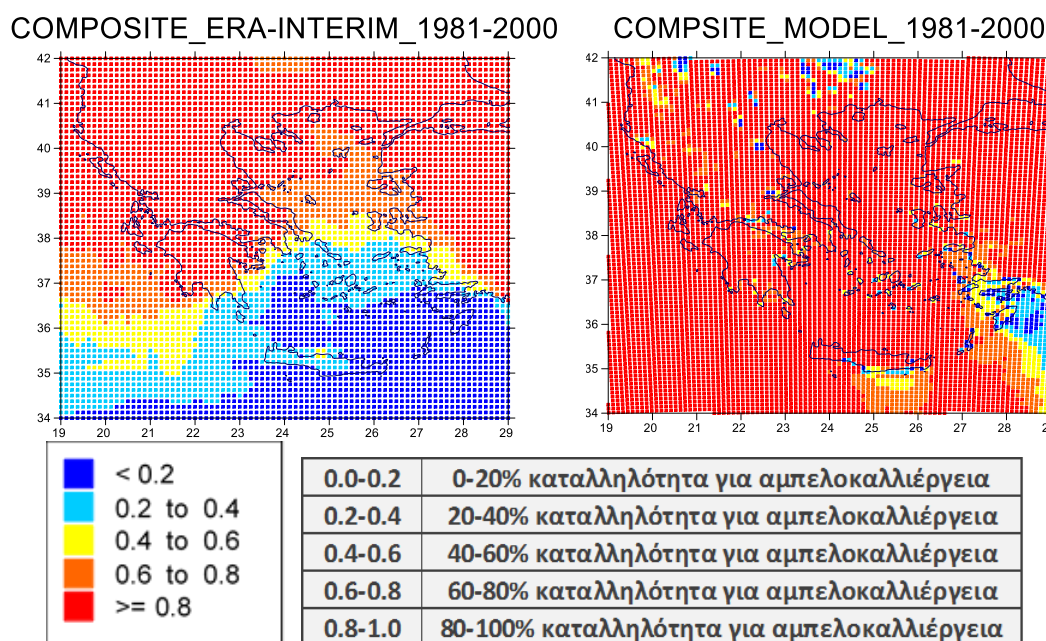
9) Δείκτης Composite (CompI)

Τα τελευταία θηκογράμματα που μελετώνται είναι του δείκτη Composite (Σχήμα 3.1.17). Συγκρίνοντας τα δύο θηκογράμματα, φαίνεται πως το μοντέλο θεωρεί μεγαλύτερο αριθμό περιοχών κατάλληλες για αμπελοκαλλιέργεια σε σχέση με τα reanalysis δεδομένα. Έτσι, η διάμεσος στο θηκόγραμμα του μοντέλου λαμβάνει την τιμή 1 ενώ σε αυτό των reanalysis δεδομένων την τιμή 0.8. Επιπρόσθετα, το μοντέλο δεν εντοπίζει καμία περιοχή ακατάλληλη για αμπελουργία σε όλα τα έτη της μελέτης σε αντίθεση με τα reanalysis δεδομένα. Μάλιστα η ελάχιστη τιμή του δείκτη composite, σύμφωνα με το μοντέλο κυμαίνεται περίπου στο 0.75 ενώ κοντά σε αυτήν την τιμή βρίσκεται η διάμεσος των reanalysis δεδομένων. Η επεξήγηση αυτών των διαφορών στα θηκογράμματα του composite πραγματοποιείται με μελέτη των θηκογραμμάτων των δεικτών που τον συνθέτουν. Το όριο που δεν πρέπει να ξεπερνά ο υδροθερμικός δείκτης είναι οι 7500. Αυτό ικανοποιείται και από τα δύο σύνολα δεδομένων (Σχήμα 3.1.9). Επίσης, το κατώφλι πάνω από το οποίο πρέπει να είναι η τιμή huglin για να θεωρείται η περιοχή κατάλληλη είναι οι 900 μονάδες. Αυτή η προϋπόθεση επίσης ικανοποιείται και από τα δύο σύνολα δεδομένων (Σχήμα 3.1.15). Συμπερασματικά, μέχρι στιγμής οι δύο αυτοί δείκτες δεν καθόρισαν τις διαφορές που εντοπίζονται στα

υπό μελέτη θηκογράμματα. Ο δείκτης που παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόρριψη περιοχών στα reanalysis δεδομένα είναι ο δείκτης ξηρασίας. Το όριο που πρέπει να ξεπερνά μια περιοχή για να μπορέσει να αναπτυχθεί σε αυτήν η άμπελος είναι το -100. Στα reanalysis δεδομένα όμως, υπάρχουν αρκετές περιοχές που δεν καλύπτουν αυτή την προϋπόθεση, σε αντίθεση με το μοντέλο (Σχήμα 3.1.11).



Σχήμα 3.1.17 : Θηκογράμματα του δείκτη Composite (CompI)



Σχήμα 3.1.18 : Τιμές δείκτη CompI από δεδομένα reanalysis-(ERAinterim) και του Μοντέλου (RegCM). Η χρωματική κλίμακα αναφέρεται στις καθορισμένες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία κατηγορίες του δείκτη..

Τα ποσοστά καταλληλότητας για αμπελοκαλλιέργεια που παρουσιάζουν οι ελληνικές περιοχές εμφανίζονται στο Σχήμα 3.1.18. Σύμφωνα με το μοντέλο σχεδόν όλη η ελληνική περιοχή (με εξαίρεση κάποιες διάσπαρτες περιορισμένες τοποθεσίες) θεωρείται κατάλληλη για αμπελοκαλλιέργεια με ποσοστό που ξεπερνά το 80%. Ίδια ποσοστά παρουσιάζουν και οι περιοχές του ηπειρωτικού κορμού, στο χάρτη των

reanalysisδεδομένων. Περιοχές με ποσοστά καταλληλότητας που κυμαίνονται από 60-80% εντοπίζονται σε περιοχή του βόρειου Αιγαίου στο χάρτη των reanalysisδεδομένων, ενώ στον χάρτη του μοντέλου, σε περιορισμένες τοποθεσίες των Κυκλάδων, και σε διάσπαρτες ηπειρωτικές περιοχές. Τα νησιά των Κυκλάδων και μεγάλο μέρος της Κρήτης παρουσιάζουν ποσοστό καταλληλότητας που κυμαίνεται από 20-40%, ενώ τέτοιες τιμές σύμφωνα με το μοντέλο εντοπίζονται στην περιοχή της Ροδόπης, και σε λίγες και περιορισμένες διάσπαρτες περιοχές της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας. Τέλος, ποσοστά καταλληλότητας μικρότερα από 20%, εμφανίζουν τα Δωδεκάνησα και η ανατολική Κρήτη σύμφωνα με τα reanalysisδεδομένα. Το μοντέλο συμφωνεί με τα reanalysisδεδομένα για την περιοχή των Δωδεκανήσων, καθώς και στο δικό του χάρτη οι περιοχή αυτή εμφανίζει ποσοστά μικρότερα από 20%. Άλλες περιοχές με τόσο χαμηλά ποσοστά σύμφωνα με το μοντέλο, υπάρχουν διάσπαρτες στον ηπειρωτικό κορμό, κυρίως σε ορεινά τμήματα.

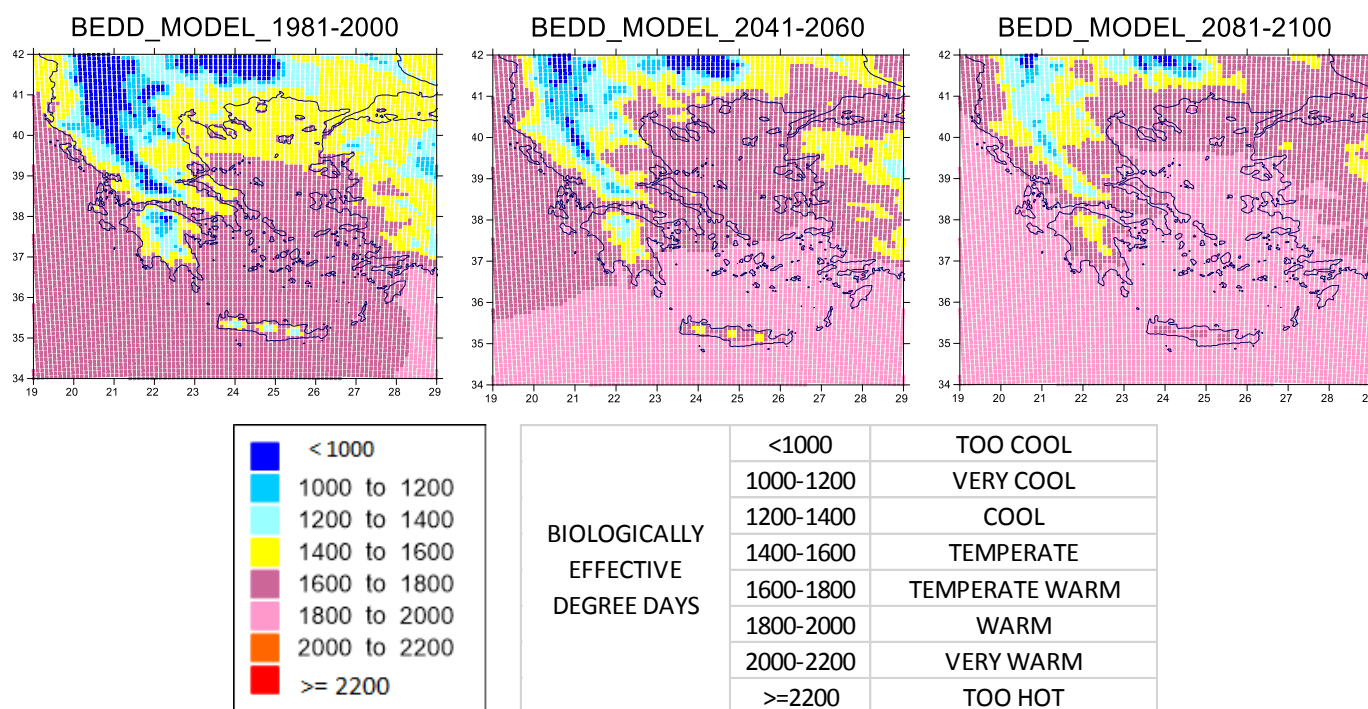
3.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΜΕΛΕΤΗΣ.

Ένας από τους κύριους στόχους της εργασίας, είναι να μελετηθεί η αλλαγή που υπάρχει στις τιμές των βιοκλιματικών δεικτών της αμπελουργίας, από το 1981 έως το 2100. Η περίοδος μελέτης έχει χωριστεί σε εικοσαετίες και για κάθε μία έχει υπολογιστεί η μέση τιμή του κάθε βιοκλιματικού δείκτη. Στο κομμάτι που ακολουθεί, παρουσιάζονται για κάθε δείκτη χωριστά, οι χάρτες των εικοσαετιών 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100. Η ανάλυση έγινε για το σύνολο των εικοσαετιών αλλά στη παρούσα ενότητα παρουσιάζονται ορισμένοι χάρτες με σκοπό να καλυφθεί όλη η περίοδος μελέτης και να αποφευχθεί ταυτόχρονα ο «θόρυβος» των πολλών ετών. Έτσι παραλείφθηκαν οι χάρτες των ενδιάμεσων περιόδων, ενώ για μία καλύτερη εικόνα των διαφορών παρατίθεται και ο χάρτης των διαφορών ανάμεσα στην πρώτη και την τελευταία εικοσαετία μελέτης. Στον χάρτη των διαφορών σημειώνονται με πράσινο σταυρό οι καταγεγραμμένες περιοχές που πραγματοποιείται καλλιέργεια αμπέλου, σύμφωνα με το σύστημα CORINE. Στόχος της απεικόνισης είναι η εκτενέστερη μελέτη της αλλαγής των δεικτών στις περιοχές αυτές. Τέλος για κάθε δείκτη έχει υπολογιστεί ένα διάγραμμα Taylor από το οποίο προκύπτουν σημαντικές πληροφορίες για την αλλαγή του κάθε δείκτη μέσα στις έξι εικοσαετίες. Στο διάγραμμα αυτό κάθε εικοσαετία απεικονίζεται με διαφορετικό χρώμα. Η περίοδος αναφοράς είναι 1981-2000 είναι λευκό, η πρώτη μελλοντική περίοδος (2001-2020) είναι τα μπλε σημεία, το 2021-2040

τα κόκκινα, το 2041-2060 τα κίτρινα, το 2061-2080 τα πράσινα και η τελευταία εικοσαετία περιγράφεται με τα πορτοκαλί.

1) Δείκτης Βιολογικά ενεργών Ημερών (BEDD)

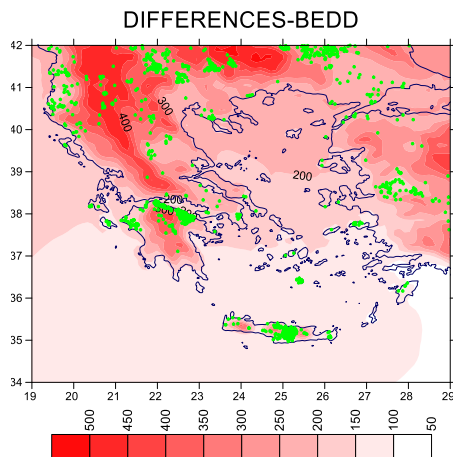
Η εξέλιξη του βιοκλιματικού δείκτη BEDD κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.1. Η πρώτη κατηγορία του δείκτη BEDD (too cool <=1000), είναι αρκετά εκτεταμένη κατά τα έτη 1981-2000 (Σχήμα 3.2.1 – BEDD_1981-2000) και περιλαμβάνει τις ορεινές περιοχές της Πίνδου και της Ροδόπης. Με το πέρασμα των εικοσαετιών (2041-2060) η έκτασή της μειώνεται σταδιακά και την τελευταία εικοσαετία περιορίζεται σε ορισμένες τοποθεσίες στην περιοχή της Ροδόπης.



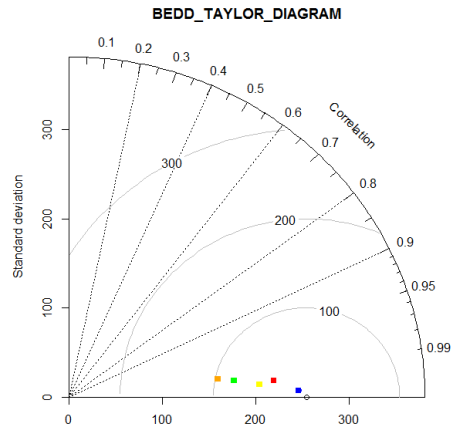
Σχήμα 3.2.1 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη BEDD για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

Οι δύο επόμενες κατηγορίες, που χαρακτηρίζονται ως πολύ ψυχρή (very cool 1000-1200) και ως ψυχρή (cool 1200-1400), ακολουθούν παρόμοια πορεία. Αναλυτικότερα, την πρώτη εικοσαετία μελέτης, περιλαμβάνουν περιοχές που βρίσκονται στα όρια των οροσειρών της Πίνδου και της Ροδόπης, καθώς και τμήματα στο εσωτερικό της Πελοποννήσου και της Κρήτης. Στα μέσα της μελετώμενης περιόδου, η έκταση που καταλαμβάνουν οι κατηγορίες αυτές, δεν παρουσιάζει σημαντική μείωση. Ωστόσο, οι περιοχές που περιγράφουν βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Τέλος, κατά τα έτη

2081-2100, η κατηγορία του πολύ ψυχρού κλίματος, έχει σχεδόν εξαφανιστεί, ενώ η κατηγορία του ψυχρού, εντοπίζεται στις κορυφές της Πίνδου και του Ολύμπου. Η κατηγορία του εύκρατου κλίματος (temperate 1400-1600) αποτελεί μία από τις κυριότερες κατηγορίες, για την περίοδο 1981-2000. Σε αυτήν εντάσσεται το μεγαλύτερο τμήμα του ηπειρωτικού κορμού της Ελλάδας. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει σημαντικό μέρος της κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας, της ανατολικής Στερεάς και της Πελοποννήσου. Με τη πάροδο των ετών, η εύκρατη κατηγορία περιορίζεται αρκετά με αποτέλεσμα στην τελευταία χρονική περίοδο μελέτης να έχει περιοριστεί στους πρόποδες τις Πίνδου και της Ροδόπης και σε ένα μόνο κομμάτι της δυτικής Μακεδονίας. Η αμέσως θερμότερη κατηγορία (warm temperate 1600-1800), με το πέρασμα των ετών, εμφανίζεται σε πολλές περιοχές κυρίως στην ηπειρωτική Ελλάδα. Για τα έτη 1981-2000, η θερμή εύκρατη κατηγορία, περιλαμβάνει τα ελληνικά νησιά, και τις ακτές της Πελοποννήσου. Με το πέρασμα 40 ετών, η κατηγορία αυτή μετακινείται βορειότερα με αποτέλεσμα κάποια νησιά του νότιου Αιγαίου να μην ανήκουν πλέον σε αυτή, αλλά σημαντικά τμήματα της κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας, της ανατολικής Στερεάς και το μεγαλύτερο τμήμα της Πελοποννήσου να εμπίπτει στη θερμή εύκρατη αμπελουργική κατηγορία. Τέλος, κατά την τελευταία περίοδο μελέτης, η κατηγορία διευρύνεται περισσότερο, χωρίς όμως τα νησιά τα οποία μετακινήθηκαν σε θερμότερη κατηγορία. Η κατηγορία του θερμού αμπελουργικά κλίματος (warm 1800-2000), αποτελεί την θερμότερη κατηγορία που συναντάται στην ελληνική περιοχή. Μάλιστα κατά την πρώτη εικοσαετία, δεν περιλαμβάνει καμία ηπειρωτική περιοχή. Για τη περίοδο 1981-2000, οι νησιωτικές και θαλάσσιες περιοχές του νότιου Αιγαίου εντάσσονται σε αυτήν. Στην τελευταία εικοσαετία, η κατηγορία του θερμού κλίματος, έχει επεκταθεί πάρα πολύ, καθώς περιλαμβάνει την πλειοψηφία των νησιωτικών και θαλάσσιων περιοχών καθώς και τα παράλια της Πελοποννήσου. Οι δύο θερμότερες κατηγορίες του δείκτη, που περιγράφουν περιοχές πολύ θερμές (very warm) και υπερβολικά ζεστές (too hot), δεν απαντώνται σε καμία ελληνική περιοχή για την περίοδο 1981-2100.



Σχήμα 3.2.2: Χάρτης διαφορών του δείκτη BEDD για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



Σχήμα 3.2.3: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη BEDD για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

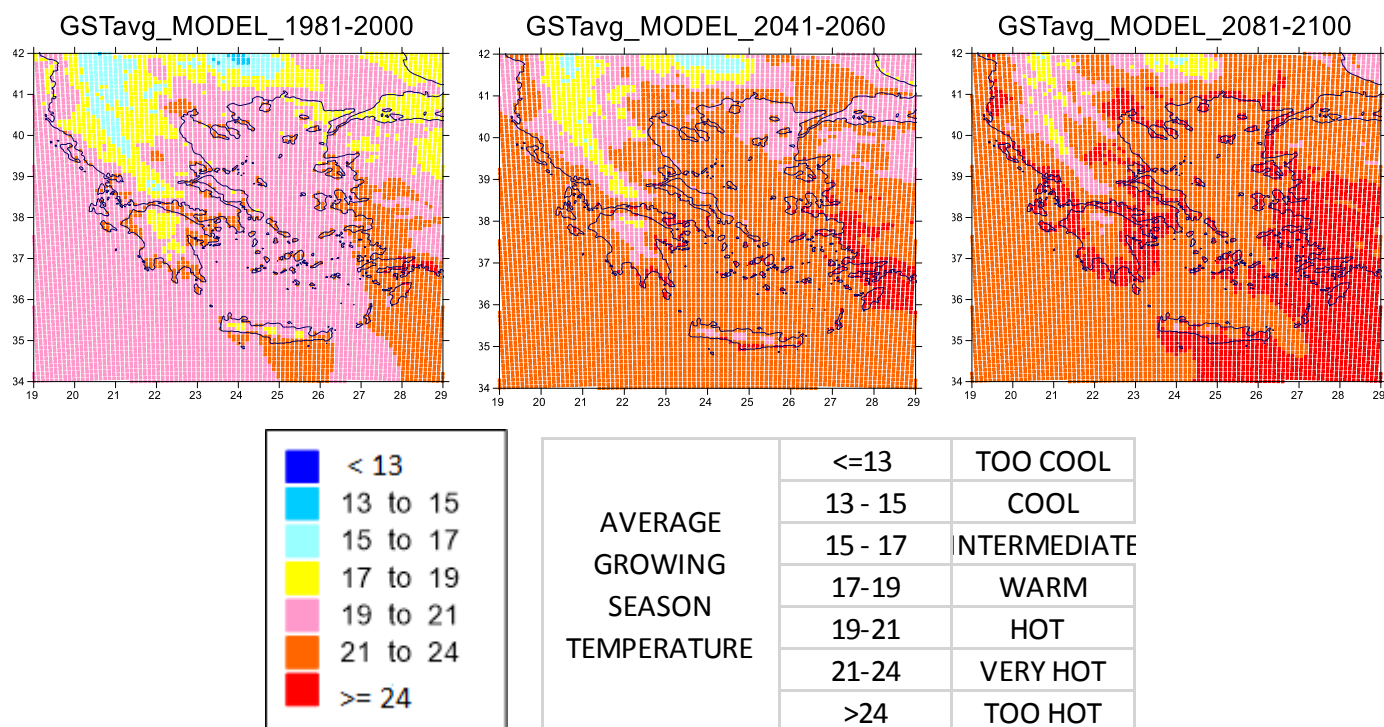
Στο σχήμα 3.2.2, απεικονίζεται ο χάρτης των διαφορών του δείκτη BEDD, για τις εικοσαετίες 1981-2000 και 2081-2100. Ταυτόχρονα στον ίδιο χάρτη απεικονίζονται και οι σημαντικότερες ελληνικές αμπελουργικές περιοχές σύμφωνα με το CORINE (πράσινοι σταυροί). Ο χάρτης αυτός, δείχνει πως όλες οι ελληνικές περιοχές, παρουσιάζουν αύξηση στις τιμές του BEDD, με το πέρασμα των ετών που κυμαίνεται από 100 έως 500 περίπου μονάδες. Την μεγαλύτερη αύξηση την παρουσιάζουν οι ορεινές περιοχές στην Πίνδο και την Ροδόπη, ενώ την μικρότερη οι θαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές στο νότιο κυρίως Αιγαίο Πέλαγος. Ο χάρτης των διαφορών βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τους χάρτες των τιμών του δείκτη. Έτσι οι ορεινές περιοχές που παρουσιάζουν και τη μεγαλύτερη αύξηση, μετακινήθηκαν κατά 2-3 κατηγορίες, ενώ οι νησιωτικές κατά 1. Αυτές οι αλλαγές αποτελούν ένα σημαντικό στοιχείο, καθώς στις περιοχές της δυτικής Μακεδονίας, στην Κρήτη και στα νησιά, υπάρχουν αρκετές αμπελουργικές περιοχές σύμφωνα με το CORINE. Στο σχήμα 3.2.3, παρουσιάζονται στατιστικές πληροφορίες για την πορεία του BEDD, μέσω του διαγράμματος Taylor. Φαίνεται λοιπόν πως οι τιμές του δείκτη, παρουσιάζουν πολύ μεγάλη συσχέτιση με την περίοδο αναφοράς. Οι τιμές της παραμέτρου αυτής, μεταβάλλονται ελάχιστα με το πέρασμα των ετών, σε κάθε εικοσαετία όμως ξεπερνούν το 99%. Η στατιστική παράμετρος που παρουσιάζει σταδιακή μείωση, είναι η τυπική απόκλιση. Έτσι ενώ στην πρώτη εικοσαετία η τιμή της κυμαίνεται περίπου στο 250, στην τελευταία περίοδο μελέτης παρουσιάζει μείωση κατά 100 μονάδες περίπου. Η

αλλαγή αυτή παρατηρείται καθώς η πλειοψηφία των περιοχών συγκεντρώνεται σε τρεις μόνο κατηγορίες (1400-2000) στην τελευταία εικοσαετία. Η αυξητική πορεία των τιμών του δείκτη BEDD, που εντοπίζεται σε όλες τις ελληνικές περιοχές, έχει σαν αποτέλεσμα την σταδιακή αύξηση της τιμής του μέσου τετραγωνικού σφάλματος. Έτσι η τιμή του RMSE αυξάνει ανά εικοσαετία, παραμένει όμως πάντα μέσα στα όρια του πρώτου ημικυκλίου, καθώς ποτέ δεν ξεπερνά τις 100 μονάδες.

2) Δείκτης μέσης θερμοκρασίας της περιόδου ανάπτυξης (GSTavg)

Οι μήνες Απρίλιος - Οκτώβριος (για το Βόρειο Ημισφαίριο), αποτελούν μία από τις σημαντικότερες περιόδους για την άμπελο, καθώς τότε το φυτό διανύει τα στάδια ανάπτυξης. Οι επικρατούσες θερμοκρασίες της περιόδου αυτής, καθορίζουν, το είδος των σταφυλιών που μπορούν να καλλιεργηθούν ενώ ταυτόχρονα επηρεάζουν και τα χαρακτηριστικά που θα έχει ο παραγόμενος οίνος (σάκχαρα, αλκοόλη κ.α.). Όλα αυτά, κάνουν εμφανή τη μεγάλη σημασία του δείκτη μέσης θερμοκρασίας περιόδου ανάπτυξης (GSTavg). Στο σχήμα 3.2.4, περιγράφεται η εξέλιξη της μέσης θερμοκρασίας για τους μήνες ανάπτυξης. Η πολύ ψυχρή κατηγορία του δείκτη GSTavg, στην οποία η τιμή της θερμοκρασίας δεν ξεπερνά τους 13°C, δεν εντοπίζεται σε καμία ελληνική τοποθεσία για την περίοδο 1981-2100. Η αμέσως θερμότερη κατηγορία (cool 13-15°C) εντοπίζεται σε ένα πολύ περιορισμένο ορεινό τμήμα στα βόρειο ανατολικά σύνορα της χώρας και μόνο κατά την πρώτη εικοσαετία μελέτης. Η κατηγορία που περιλαμβάνει περιοχές με μέση θερμοκρασία από 15°C έως 17°C χαρακτηρίζεται μεταβατική αμπελουργικά (intermediate 15-17°C). Σε αυτήν κατά την πρώτη εικοσαετία μελέτης εντάσσονται εκτεταμένες περιοχές της οροσειράς της Πίνδου και της Ροδόπης. Στην εικοσαετία 2021-2040, οι περιοχές της ίδιας κατηγορίας περιορίζονται στην οροσειρά της Ροδόπης και κατά την τελευταία εικοσαετία δεν υπάρχει καμία περιοχή που να ανήκει σε αυτήν. Στις περιοχές που η τιμή του δείκτη GSTavg κυμαίνεται από 17-19°C, αποδίδεται ο χαρακτηρισμός, «θερμές» αμπελουργικά (warm 17-19°C). Η κατηγορία αυτή, είναι αρκετά εκτεταμένη κατά τα έτη 1981-2000, καθώς περιλαμβάνει αρκετές ορεινές ηπειρωτικές περιοχές, Σταδιακά, η έκταση που καταλαμβάνει μειώνεται και την τελευταία εικοσαετία μελέτης, περιλαμβάνει μια μικρή περιοχή της οροσειράς της Ροδόπης, και κάποιες κορυφές στην Πίνδο. Μία από τις πιο σημαντικές κατηγορίες για την περίοδο 1981-2000 είναι η θερμή κατηγορία (hot 19-21°C). Κατά την περίοδο 1981-2000, μεγάλο μέρος της ηπειρωτικής Ελλάδας και κυρίως περιοχές με χαμηλό υψόμετρο, εντάσσονται στην

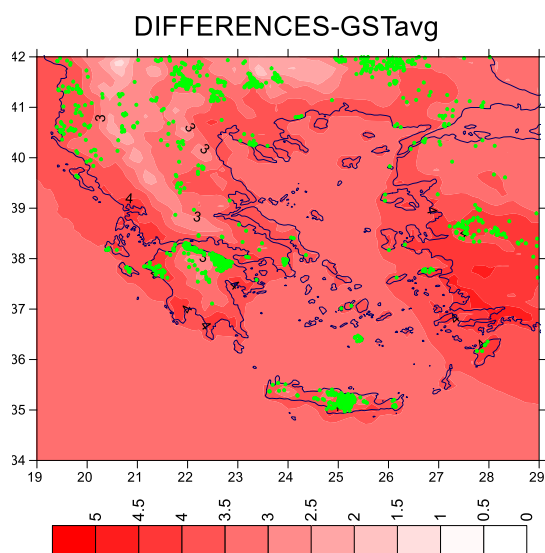
θερμή κατηγορία. Επιπρόσθετα για την ίδια περίοδο, το σύνολο των θαλάσσιων περιοχών, παρουσιάζει θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 19-21°C.



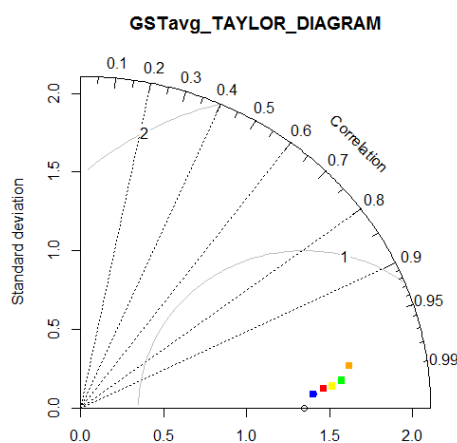
Σχήμα 3.2.4 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη GSTavg για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

Οι «θερμές» περιοχές, με το πέρασμα του χρόνου μειώνονται και κατά την εικοσαετία 2041-2060, περιορίζονται στα όρια των ορεινών όγκων. Ο περιορισμός αυτός συνεχίζεται μέχρι και το 2100, όπου η κατηγορία περιλαμβάνει πλέον κάποιες ορεινές περιοχές της Πίνδου, της δυτικής Μακεδονίας, και κάποια τμήματα στην περιοχή της Ροδόπης. Οι κατηγορίες του δείκτη GSTavg που αναλύθηκαν, παρουσίασαν σταδιακή μείωση όσον αφορά τον αριθμό των περιοχών που περιέγραφαν. Οι δύο επόμενες-θερμότερες κατηγορίες, παρουσιάζουν αντίθετη εικόνα. Αναλυτικότερα κατά τα έτη 1981-2000, η πολύ θερμή κατηγορία (very hot 21-24°C) εντοπίζεται κυρίως στα περισσότερα ελληνικά νησιά και στις παραθαλάσσιες περιοχές της Πελοποννήσου. Στα μέσα της περιόδου μελέτης, έχει επεκταθεί σε όλη την θαλάσσια περιοχή, και στο μεγαλύτερο μέρος του ηπειρωτικού κορμού με εξαίρεση τις ορεινές περιοχές. Τέλος κατά την περίοδο 2081-2100, η συνολική έκταση που καταλαμβάνει παραμένει σχεδόν ίδια, καθώς χάνει κάποιες περιοχές (νησιωτικές και παραθαλάσσιες) που μετακινούνται σε θερμότερη κατηγορία, αλλά επεκτείνεται σε νέες στο εσωτερικό του ηπειρωτικού κορμού. Η υπερβολικά θερμή κατηγορία (too hot >24°C), εμφανίζεται σε περιορισμένες

νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές κατά την εικοσαετία 2041-2060, και μέχρι το 2100 έχει επεκταθεί σε όλες σχεδόν τις παράκτιες ηπειρωτικές περιοχές, σε τμήματα της κεντρικής Μακεδονίας και Θεσσαλίας, και σε όλα τα ελληνικά νησιά.



Σχήμα 3.2.5: Σχήμα 2: Χάρτης διαφορών του δείκτη GSTavg για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



Σχήμα 3.2.6: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη GSTavg για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

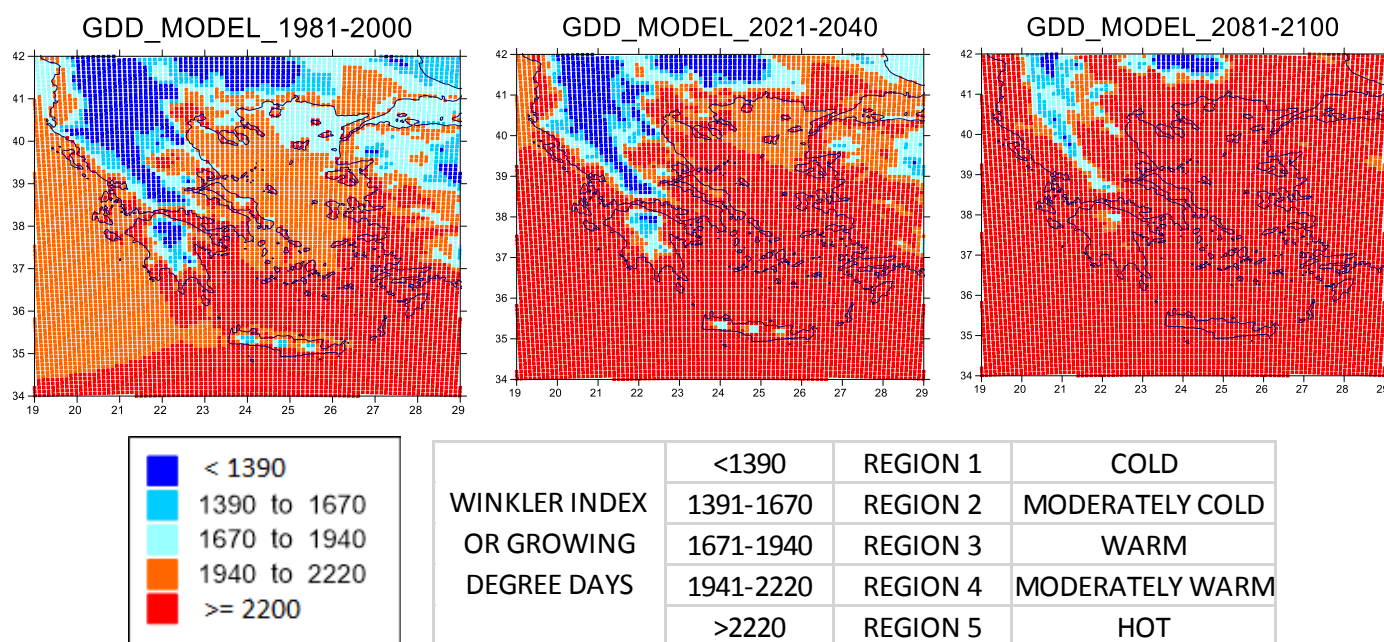
Σύμφωνα με τον χάρτη διαφορών του δείκτη GSTavg, (Σχήμα 3.2.5) σε όλες τις ελληνικές περιοχές παρατηρείται αύξηση στη μέση θερμοκρασία της περιόδου ανάπτυξης. Η αύξηση αυτή κυμαίνεται από περίπου 1 έως 5°C. Η μικρότερη αύξηση παρατηρείται στις ορεινές περιοχές της Πίνδου, στη δυτική Μακεδονία και στα Βόρεια Ελληνικά σύνορα. Αντίθετα, ο υπόλοιπος ηπειρωτικός κορμός και τα νησιά, εμφανίζουν σημαντικές τιμές αύξησης, της τάξης των 4°C. Μελετώντας και τα στοιχεία του διαγράμματος Taylor (Σχήμα 3.2.6), φαίνεται πως η συσχέτιση μειώνεται με το πέρασμα των ετών, σε κάθε περίπτωση όμως διατηρείται σε επίπεδα μεγαλύτερα από 99%. Η παράμετρος της τυπικής απόκλισης, παρουσιάζει σταδιακή αύξηση περνώντας από το 1981 στο 2100. Η διαφορά της παραμέτρου ανάμεσα στις δύο ακραίες περιόδους, είναι περίπου 0.5°C. Η συγκέντρωση των περισσότερων περιοχών στις δύο θερμότερες κατηγορίες του δείκτη, και η μη ύπαρξη άνω ορίου στην θερμότερη κατηγορία δικαιολογεί την μικρή αύξηση στην τυπική απόκλιση. Τέλος, και το μέσο

τετραγωνικό σφάλμα παρουσιάζει σταδιακή μείωση, η οποία όμως κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

3) Δείκτης Βαθμομερών (GDD)

Ένας από τους πιο διαδεδομένους αμπελουργικούς δείκτες, είναι ο αριθμός βαθμομερών ή αλλιώς δείκτης Winkler. Ανάλογα με τις τιμές του δείκτη αυτού, οι ελληνικές τοποθεσίες, κατατάσσονται σε 5 κατηγορίες με διαφορετικά αμπελουργικά χαρακτηριστικά (Σχήμα 3.2.7). Οι δύο ψυχρότερες κατηγορίες, (κατηγορία 1 <1390, κατηγορία 2 1390-1670) θεωρούνται κατάλληλες για παραγωγή καλύτερων ξηρών επιτραπέζιων οίνων με ελαφρύ προς μέτριο σώμα και καλή ισορροπία (Amerine and Winkler 1944). Κατά την πρώτη εικοσαετία μελέτης, το μεγαλύτερο κομμάτι του ελληνικού κορμού, έχει αυτά τα χαρακτηριστικά ενώ με το πέρασμα των ετών η έκταση των κατηγοριών αυτών συνεχώς μειώνεται. Αναλυτικότερα, κατά τα έτη 1981-2000, το σύνολο των ορεινών περιοχών της Πίνδου, του Ολύμπου και της βόρειας Ελλάδας, ανήκουν στις κατηγορίες 1 και 2. Με το πέρασμα των ετών, οι έκτασή τους περιορίζεται στις περιοχές με το μεγαλύτερο υψόμετρο, ενώ κατά την τελευταία εικοσαετία, τοποθεσίες της περιοχής 1 έχουν απομείνει μόνο στη Ροδόπη, ενώ της περιοχής 2 στις κορυφές της Πίνδου. Παρόμοια πορεία ακολουθούν και οι περιοχές της κατηγορίας 3, στην οποία οι παραγόμενοι οίνοι έχουν γλυκιά και γεμάτη γεύση (Amerine and Winkler 1944). Έτσι στα έτη 1981-2000 οι περιοχές στους πρόποδες των ορεινών όγκων εμφανίζουν τα χαρακτηριστικά αυτά, ενώ σταδιακά η κατηγορία μετακινείται σε τοποθεσίες με μεγαλύτερο υψόμετρο. Στις περιοχές όπου η τιμή των βαθμομερών κυμαίνεται από 1940 έως 2220 (κατηγορία 4), παράγονται οίνοι με ενισχυμένη αλκοόλη (Amerine and Winkler 1944). Στην πρώτη εικοσαετία, περιοχές με τέτοια χαρακτηριστικά είναι περιορισμένες και διάσπαρτες στον ελληνικό κορμό, κυρίως σε εκτάσεις με χαμηλό υψόμετρο. Και η κατηγορία αυτή υφίσταται μείωση στην έκτασή της με το πέρασμα των ετών, φτάνοντας μάλιστα την τελευταία εικοσαετία να περιλαμβάνει μόνο ένα μικρό τμήματα της δυτικής Μακεδονίας. Τέλος η θερμότερη κατηγορία (>2200), στην οποία παράγονται κυρίως επιτραπέζια κρασιά χαμηλότερης ποιότητας αλλά και επιτραπέζια σταφύλια, ακολουθεί διαφορετική πορεία από τις προηγούμενες, και περιλαμβάνει ολοένα και περισσότερες περιοχές. Κατά την πρώτη εικοσαετία μελέτης, περιλαμβάνει τις περισσότερες νησιωτικές περιοχές, τα παράλια της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας και περιορισμένα τμήματα της κεντρικής Μακεδονίας και Θεσσαλίας. Ήδη από το πρώτο μισό την υπό

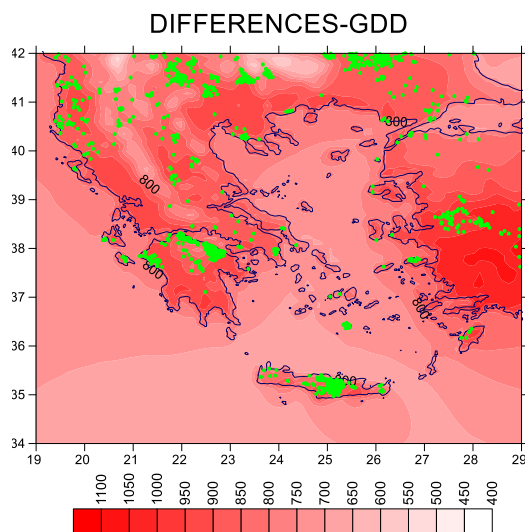
μελέτης περιόδου, έχουν ενταχθεί σε αυτήν, όλες οι νησιωτικές και θαλάσσιες περιοχές, και σχεδόν όλος ο ελληνικός κορμός, με εξαίρεση τις οροσειρές τις Πίνδου και της Ροδόπης. Τέλος, η επέκταση συνεχίζεται μέχρι και το 2100, κατά το οποίο εντάσσονται και περιοχές από στα όρια των οροσειρών.



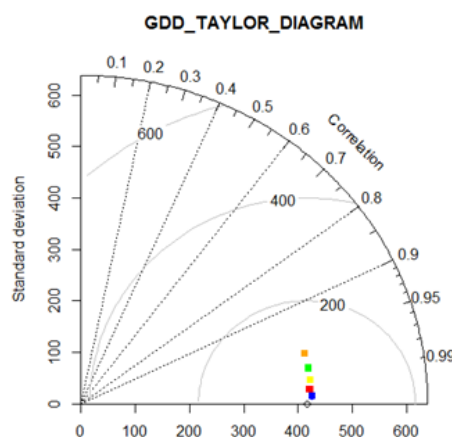
Σχήμα 3.2.7 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη GDD για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

Σύμφωνα με το χάρτη των διαφορών (Σχήμα 3.2.8), σε όλη την Ελλάδα παρατηρείται αύξηση του δείκτη βαθμοημερών. Αυτή κυμαίνεται από 400 έως 1000 περίπου μονάδες, με την μικρότερη αύξηση να καταγράφεται στα ορεινά τμήματα των οροσειρών της Πίνδου και της Ροδόπης, ενώ η μεγαλύτερη εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στις παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας. Λαμβάνοντας υπ' όψη τις τιμές αύξησης και τα όρια της κάθε κατηγορίας, γίνεται εμφανές, ότι η μετακίνηση όλων των περιοχών σε θερμότερες κατηγορίες είναι αναπόφευκτη. Στο διάγραμμα Taylor (Σχήμα 3.2.9), φαίνεται πως η συσχέτιση του δείκτη μέσα στην περίοδο μελέτης μειώνεται σταδιακά, παραμένει όμως σε υψηλά επίπεδα, αφού κατά τις 4 πρώτες εικοσαετίες ξεπερνά το 99%, και τις δύο τελευταίες, κυμαίνεται από 97-98%. Η τυπική απόκλιση παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' όλη την εξεταζόμενη περίοδο, με την τιμή της να κυμαίνεται περίπου στις 400 μονάδες. Αντίθετα, στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα, παρατηρείται σταδιακή μείωση. Η σχεδόν σταθερή τιμή της τυπικής απόκλισης και η ταυτόχρονη μείωση του RMSE, δείχνει μια συνολική μετακίνηση των ελληνικών περιοχών σε θερμότερες κατηγορίες, καθώς η διαφορά του δείκτη από την τιμή της

περιόδου αναφοράς αυξάνεται, η διαφορά όμως των μέγιστων και ελάχιστων τιμών του GDD σε κάθε εικοσαετία, παραμένει σχεδόν σταθερή..



Σχήμα 3.2.8: Χάρτης διαφορών του δείκτη GDD για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



Σχήμα 3.2.9: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη GDD για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

Η ημερομηνία συγκομιδής των σταφυλιών, αποτελεί μια κρίσιμη ημερομηνία, που μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά την ποιότητα του παραγόμενου οίνου. Σύμφωνα με μελέτες που έγιναν στο αγρόκτημα του ΑΠΘ (Σμπιλή Π 2014; Παυλή Α: Καλλιιά Ε 2012), προσδιορίστηκαν οι καταλληλότερες ημερομηνίες τρυγητού, για ορισμένο αριθμό οινοποιήσιμων ποικιλιών. Χρησιμοποιώντας τιμές θερμοκρασίας της περιοχής μελέτης, υπολογίστηκε η τιμή του δείκτη GDD, για τις ποικιλίες. Στον πίνακα 3.2.1, παρουσιάζονται ενδεικτικά 20 οινοποιήσιμες ποικιλίες, η ημερομηνία τρυγητού που προτείνεται και η αντίστοιχη τιμή του δείκτη GDD. Αντιστοιχίζοντας τις GDD τιμές του πίνακα, με τις αντίστοιχες τιμές που εμφανίζει ο δείκτης σύμφωνα με τη μελέτη, φαίνεται πως οι κατηγορίες Κοζανίτης και Merlot χρειάζονται λιγότερες από 1670 βαθμοημέρες για να φτάσουν σε ωρίμανση και μπορούν να καλλιεγηθούν από περιοχές που ανήκουν στην μέτρια ψυχρή κατηγορία και βρίσκονται συνήθως στα όρια οροσειρών. Οι επόμενες 14 ποικιλίες του πίνακα, κατά την καταλληλότερη ημερομηνία συγκομιδής συγκεντρώνουν περισσότερες από 1670 και λιγότερες από 2200 βαθμοημέρες. Έτσι μπορούν να καλλιεργηθούν σε περιοχές με χαρακτηριστικά θερμού και μεταβατικού θερμού κλίματος, που καταλαμβάνουν μάλιστα σημαντική έκταση της ελληνικής περιοχής. Τέλος όψιμες ποικιλίες όπως το Μαύρο Κομοτηνής και το

Ξυνιστέρι που χρειάζονται περισσότερες από 2200 βαθμοημέρες για να φτάσουν σε ωρίμανση, μπορούν να καλλιεργηθούν στα νησιά του Αιγαίου, σε περιορισμένες περιοχές της Κεντρικής Μακεδονίας, σε ένα μικρό τμήμα της Θεσσαλίας, και στις παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου. Παρατηρώντας τις αλλαγές στις τιμές του δείκτη μέσα στις εικοσαετίες, (Σχήμα 3.2.7) φαίνεται πως με την πάροδο του χρόνου, ολοένα και περισσότερες περιοχές θα μπορούν να καλλιεργήσουν ποικιλίες που αργούν να φτάσουν σε ωρίμανση όπως το Μαυρούδι Αράχωβας, το Οφθαλμό κ.α. Αντίστοιχα, ο αριθμός των βαθμοημερών που χρειάζονται ποικιλίες όπως το Σαββατιανό, το Παμίδι, το Αθήρι θα επιτυγχάνεται νωρίτερα μέσα στο έτος και η ημερομηνία συγκομιδής θα μετακινηθεί νωρίτερα στο έτος.

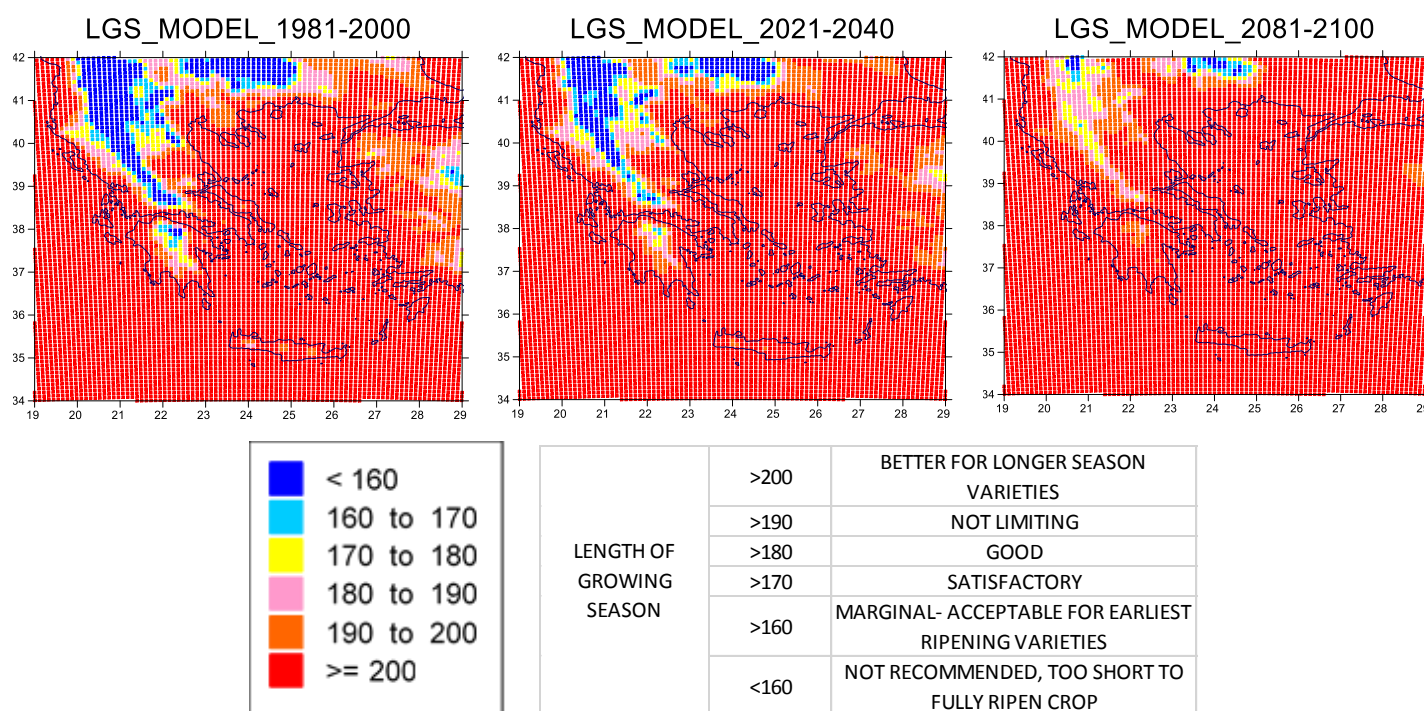
Πίνακας 3.2.1: Παρουσίαση της κατάλληλης ημερομηνίας τρυγητού, και της αντίστοιχης τιμής GDD για είκοσι ποικιλίες, σύμφωνα με στοιχεία μελέτης από το ΑΠΘ.

	ΠΟΙΚΙΛΙΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	GDD
1	Κοζανίτης	17-Αυγ	1594.7
2	Merlot	20-Αυγ	1647.4
3	Αγιανιώτικο	24-Αυγ	1720.0
4	Μοσχάτο Αμβούργου	26-Αυγ	1756.0
5	Ζουμιάτικο	27-Αυγ	1771.7
6	Pedro Ximenez	1-Σεπ	1846.9
7	Σαββατιανό	2-Σεπ	1863.4
8	Παμίδι	5-Σεπ	1912.6
9	Αθήρι	9-Σεπ	1969.6
10	Γλυκερίθρα	9-Σεπ	1969.6
11	Μπατίκι	10-Σεπ	1984.6
12	Αηδόνη	16-Σεπ	2078.5
13	Κατσανό	16-Σεπ	2078.5
14	Ξινόμαυρο	16-Σεπ	2078.5
15	Ugni Blanc	23-Σεπ	2170.6
16	Βλάχικο	23-Σεπ	2170.6
17	Μαυρούδι Αράχωβας	4-Οκτ	2289.0
18	Οφθαλμό	4-Οκτ	2289.0
19	Μαύρο Κομοτηνής	4-Οκτ	2289.0
20	Ξυνιστέρι	7-Οκτ	2320.0

4) Δείκτης Μήκους Περιόδου Ανάπτυξης (LGS)

Όπως έχει προαναφερθεί, η θερμοκρασία των 10°C αποτελεί ένα κρίσιμο κατώφλι για την ανάπτυξη του φυτού. Έτσι ο αριθμός των ημερών που ξεπερνούν τους 10°C,

αποτελεί έναν σημαντικό δείκτη για τη κλιματική ανάλυση της αμπελοκαλλιέργειας. Στο σχήμα 3.2.10 φαίνεται πως η κατηγορία με τις λιγότερες μέρες που δεν ξεπερνούν τις 160, εντοπίζεται όπως είναι φυσικό, στις ορεινές περιοχές της Πίνδου και της Ροδόπης κατά την περίοδο 1981-2000. Κατά το πρώτο μισό της περιόδου μελέτης, η κατηγορία αυτή έχει χάσει τις χαμηλότερες περιοχές, ενώ κατά την τελευταία εικοσαετία, έχει σχεδόν εξαφανιστεί. Πτωτική πορεία στον αριθμό των περιοχών που τις χαρακτηρίζουν ακολουθούν και οι επόμενες τρεις κατηγορίες. Αναλυτικότερα οι περιοχές που συγκεντρώνουν αριθμό ημερών με θερμοκρασία πάνω από 10°C, και δεν ξεπερνούν τις 170 έως και 190 ημέρες περιλαμβάνουν τις περιοχές στα χαμηλότερα υψόμετρα των ορεινών τμημάτων του ελληνικού ηπειρωτικού κορμού για τα έτη 1981-2000. Με το πέρασμα των ετών παρατηρείται σταδιακή μετακίνηση των κατηγοριών αυτών σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο, ενώ κατά την τελευταία περίοδο, οι κατηγορίες εντοπίζονται μόνο στις κορυφές των δύο οροσειρών.

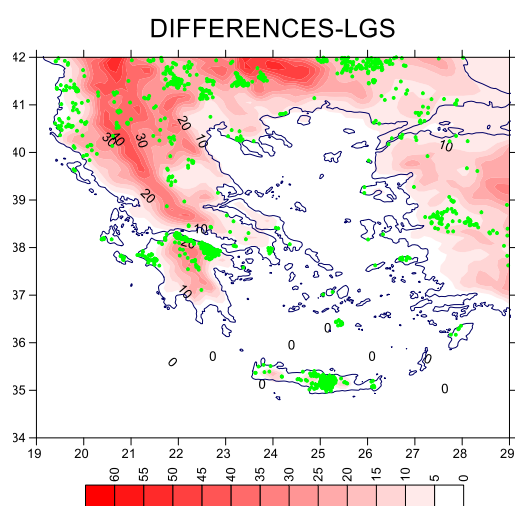


Σχήμα 3.2.10 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη LGS για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

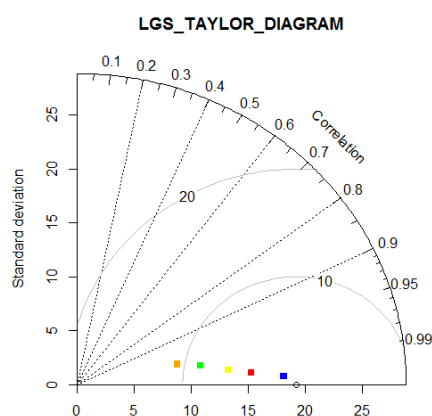
Για την επόμενη κατηγορία (190-200 ημέρες) όπου δεν υπάρχει περιορισμός για τις καλλιεργήσιμες ποικιλίες, παρατηρείται μικρή αύξηση του αριθμού των περιοχών που περιλαμβάνει με τα χρόνια. Έτσι ενώ στην αρχή της περιόδου μελέτης, εντοπίζεται μόνο σ' ένα τμήμα της κεντρικής Μακεδονίας, στην τελευταία εικοσαετία 2081-2100

περιλαμβάνει σημαντική έκταση της δυτικής Μακεδονίας. Τέλος, όπως είναι φανερό, η κατηγορία με τις μεγαλύτερες τιμές του δείκτη LGS, περιλαμβάνει τις περισσότερες ελληνικές περιοχές, σε όλες τις εικοσαετίες. Έτσι όλες οι νησιωτικές και θαλάσσιες περιοχές καθώς επίσης και τμήματα της Κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας, της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και οι παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου, εντάσσονται στην κατηγορία αυτή από την πρώτη μελετώμενη εικοσαετία. Σταδιακά οι περιοχές αυτές διευρύνονται, και την τελευταία περίοδο όλες οι νησιωτικές περιοχές και οι περισσότερες ηπειρωτικές (με εξαίρεση τις ορεινές), εντάσσονται στην κατηγορία αυτή, και θεωρούνται κατάλληλες για καλλιέργεια όψιμων ποικιλιών.

Από το σχήμα 3.2.11 φαίνεται ότι και πάλι οι διαφορές των τιμών του δείκτη είναι θετικές αλλά αυτές περιορίζονται στο ηπειρωτικό κορμό της Χώρας με τις νησιωτικές περιοχές να μην παρουσιάζουν αλλαγές στις τιμές του δείκτη. Αυτό συμφωνεί απόλυτα με το σχήμα 3.2.10, που δείχνει πως ήδη από την πρώτη εικοσαετία μελέτης, όλες οι μέρες της περιόδου ανάπτυξης είχαν θερμοκρασία που ξεπερνούσε τους 10°C. Ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και για της ηπειρωτικές περιοχές που ήδη από την πρώτη εικοσαετία, είχαν μέση θερμοκρασία μεγαλύτερη από 10°C για πάνω από 200 ημέρες. Η μεγαλύτερη αύξηση του δείκτη παρατηρείται στις ορεινές περιοχές της Πίνδου και της Ροδόπης. Μάλιστα τα μεγαλύτερα υψόμετρα υφίστανται μεγαλύτερη αύξηση, η οποία μειώνεται με την μείωση του υψομέτρου.



Σχήμα 3.2.11: Χάρτης διαφορών του δείκτη LGS για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.

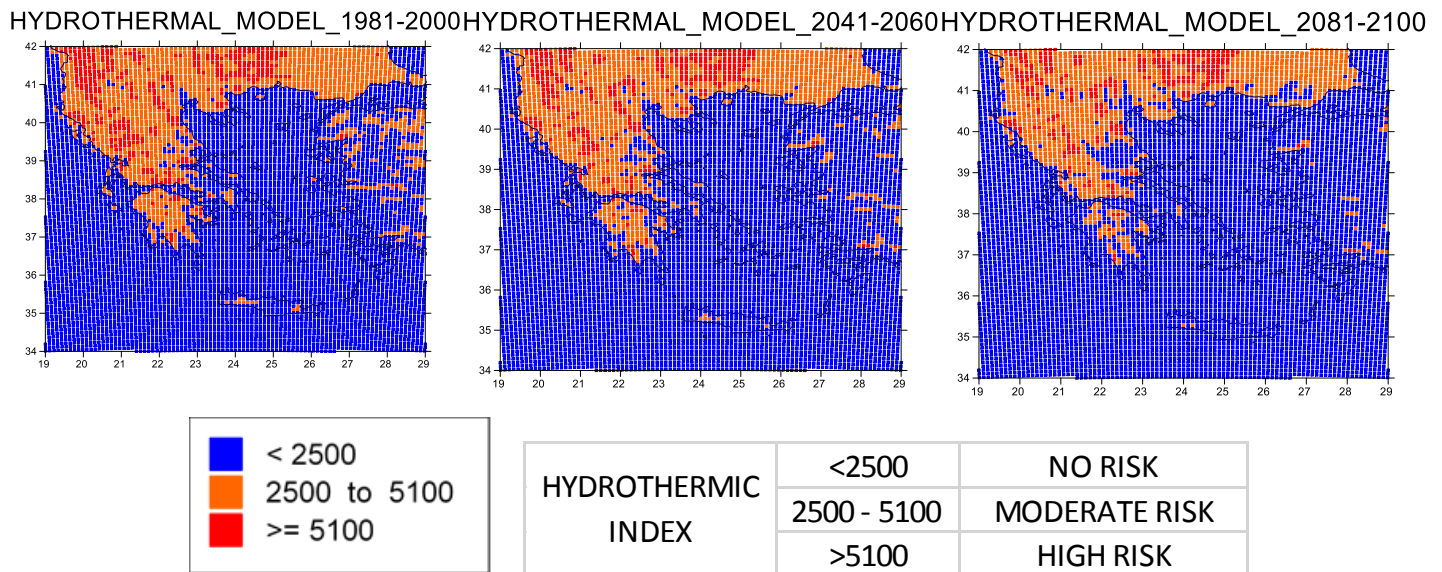


Σχήμα 3.2.12: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη LGS για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

Από το σχήμα 3.2.12 φαίνεται πως η στατιστική παράμετρος της συσχέτισης, παρουσιάζει σταδιακή μείωση, η οποία όμως ποτέ δεν λαμβάνει τιμή μικρότερη από 90%. Σημαντική αλλαγή υπάρχει στα άλλα δύο στατιστικά μεγέθη, του διαγράμματος. Έτσι η τυπική απόκλιση παρουσιάζει σημαντική μείωση, ενώ το μέσο τετραγωνικό σφάλμα σταδιακή αύξηση. Η αύξηση του RMSE δικαιολογείται από την σταδιακή αύξηση του αριθμού των ημερών με μέση θερμοκρασία μεγαλύτερη από 10°C. Αντίστοιχα η μείωση της διασποράς παρατηρείται καθώς όλο και περισσότερες περιοχές συγκεντρώνουν τη μέγιστη τιμή του δείκτη LGS (214 ημέρες).

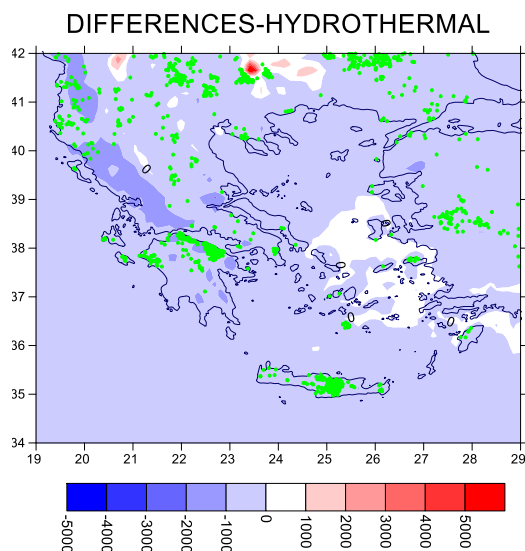
5) Υδροθερμικός Δείκτης (HyI)

Για τον υπολογισμό του υδροθερμικού βιοκλιματικού δείκτη χρησιμοποιείται η παράμετρος της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης. Σύμφωνα με το σχήμα 3.2.13 οι περιοχές που αντιμετωπίζουν υψηλό κίνδυνο (high risk) κατά την αμπελοκαλλιέργεια, κατά τα έτη 1981-2000 είναι διάσπαρτες και περιορισμένες στον ηπειρωτικό κορμό. Μάλιστα οι περισσότερες από αυτές εντοπίζονται σε τοποθεσίες με μεγάλο υψόμετρο. Στο πρώτο μισό της περιόδου μελέτης, οι περιοχές της κατηγορίας αυτής μειώνονται σημαντικά, και κατά το 2100, η μείωση είναι ακόμα μεγαλύτερη. Έτσι κατά την τελευταία εικοσαετία, οι μεγαλύτερες εκτάσεις που αντιμετωπίζουν υψηλό κίνδυνο, βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της Ροδόπης. Η κατηγορία μέτριου κινδύνου (moderate risk) υφίστανται και αυτή περιορισμό με το πέρασμα τω χρόνων. Την πρώτη εικοσαετία, σε αυτήν εντάσσεται όλος σχεδόν ο ηπειρωτικός κορμός. Στο πρώτο μισό της περιόδου μελέτης, τμήματα της Θεσσαλίας δεν ανήκουν πλέον στην κατηγορία, ενώ κατά την τελευταία εικοσαετία μελέτης ένα σημαντικό τμήμα της Πελοποννήσου αλλάζει και αυτό θέση. Όλες σχεδόν οι θαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές, καθώς και ένα κομμάτι της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, δεν αντιμετωπίζουν κίνδυνο σύμφωνα με τον HyI, καθ' όλη την περίοδο μελέτης. Μάλιστα στην κατηγορία αυτή (no risk) κατά τα έτη 2041-2060 εντάσσονται τμήματα της Θεσσαλίας και της Πελοποννήσου, τα οποία σταδιακά διευρύνονται.

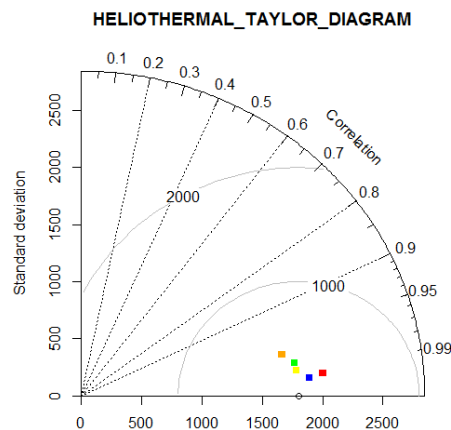


Σχήμα 3.2.13: Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη HyI για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

Από τον χάρτη διαφορών (Σχήμα 3.2.14), φαίνεται πως σε ολόκληρη σχεδόν την Ελλάδα οι τιμές του δείκτη μειώνονται με το πέρασμα των ετών. Η μείωση αυτή είναι μεγαλύτερη στην δυτική Ελλάδα, και σχεδόν μηδενική στις θαλάσσιες περιοχές του ανατολικού Αιγαίου. Η επίδραση του συνδυασμού δύο παραμέτρων στον υπολογισμό του δείκτη HyI, επηρεάζει την αλλαγή των στατιστικών παραμέτρων στο διάγραμμα Taylor (Σχήμα 3.2.15). Η συσχέτιση μειώνεται σταδιακά, παραμένοντας όμως μεγαλύτερη από 95%. Η αλλαγή κατηγοριών από μικρό αριθμό περιοχών, οδηγεί σε μικρές διακυμάνσεις στην τιμή της τυπικής απόκλισης. Έτσι μία μικρή αύξηση παρατηρείται κατά τα έτη 2001-2040, ενώ από εκεί και έπειτα η τιμή της μειώνεται. Ακόμα οι μεταβολές αυτές, δεν ξεπερνούν τις 500 μονάδες. Η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί μικρή σύμφωνα με τα όρια της κάθε κατηγορίας του δείκτη. Τέλος, η συνολική μείωση του δείκτη με το πέρασμα των ετών (Σχήμα 3.2.14), έχει σαν αποτέλεσμα οι τιμές του HyI, να διαφέρουν όλο και περισσότερο με τις τιμές του στην περίοδο αναφοράς. Αυτό επεξηγεί και την αύξηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) που φαίνεται στο διάγραμμα Taylor.



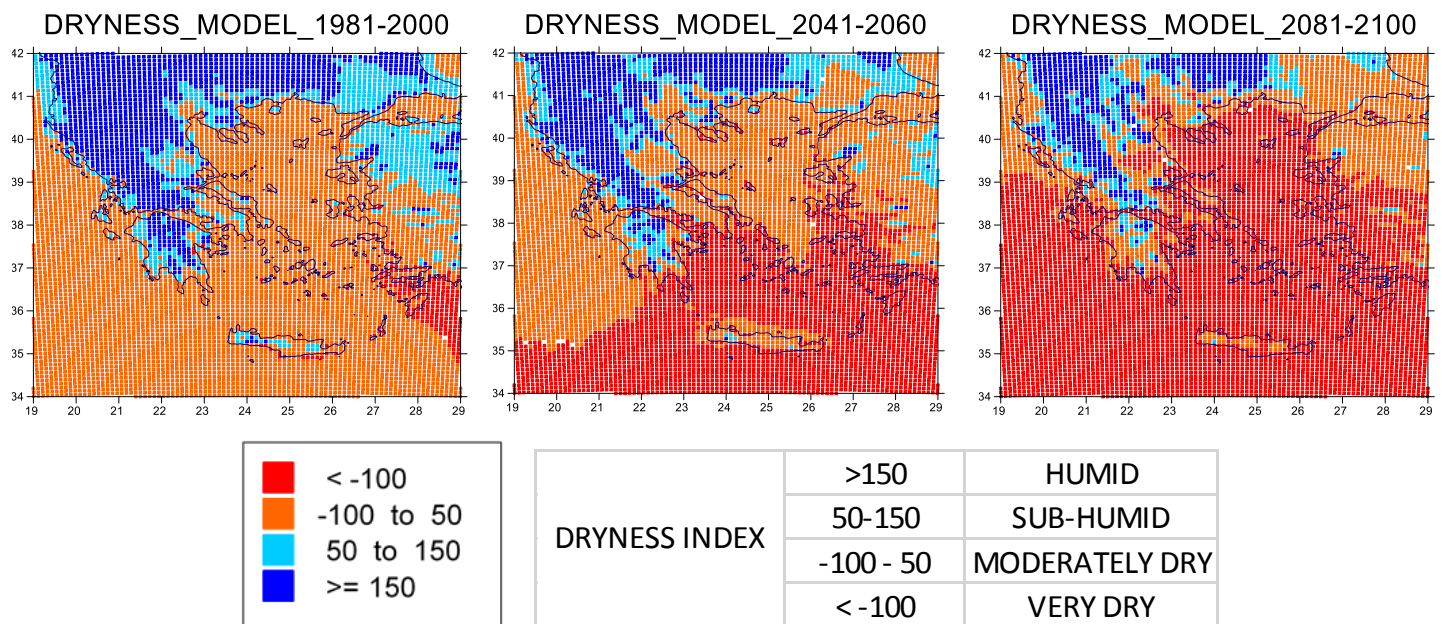
Σχήμα 3.2.14: Χάρτης διαφορών του δείκτη HyI για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



Σχήμα 3.2.15: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη BEDD για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

6) Δείκτης Ξηρασίας (DI)

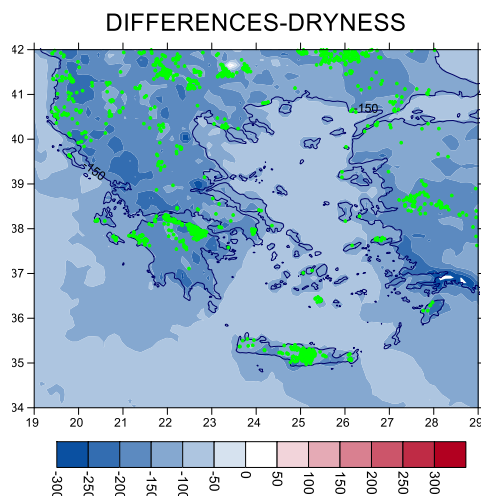
Ένας ακόμα δείκτης για τον υπολογισμό του οποίου χρησιμοποιούνται η θερμοκρασία και η βροχόπτωση είναι ο δείκτης ξηρασίας (dryness index). Η ερμηνεία του δείκτη δίνει πληροφορίες για την διαθεσιμότητα του νερού που υπάρχει σε κάθε περιοχή λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες της αμπέλου. Το σχήμα 3.2.16 δίνει πληροφορίες για την χωρική κατάταξη των τεσσάρων κατηγοριών του δείκτη. Η κατηγορία του υγρού αμπελουργικά κλίματος (humid>150), καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής Ελλάδας, κατά την πρώτη εικοσαετία μελέτης. Τις επόμενες εικοσαετίες, οι περιοχές αυτές στις οποίες η καλλιέργεια της αμπέλου πραγματοποιείται χωρίς περιορισμούς, περιορίζονται στα ορεινά τμήματα της χώρας. Μάλιστα κατά την περίοδο 2081-2100, η υγρή κατηγορία έχει χάσει μεγάλο αριθμό περιοχών, και πλέον εντοπίζεται στις υψηλότερες περιοχές της Πίνδου, της Ροδόπης και της δυτικής Μακεδονίας. Στην αμέσως ξηρότερη κατηγορία όπου η απουσία ξηρασίας είναι χαρακτηριστική, οι τιμές του DI κυμαίνονται από 50-150 mm και η κατηγορία χαρακτηρίζεται ως ημίυγρη αμπελουργικά (sub humid). Αυτή η κατηγορία κατά τα έτη 1981-2000 περιλαμβάνει κυρίως περιοχές τις κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της δυτικής Πελοποννήσου, και τα νησιά του Ιονίου, ενώ σταδιακά περιορίζεται σε πιο ορεινά τμήματα. Έτσι την τελευταία περίοδο μελέτης, περιλαμβάνει μια λεπτή ζώνη στα όρια των ορεινών όγκων.



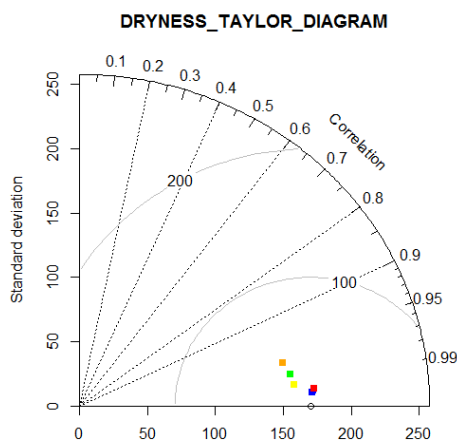
Σχήμα 3.2.16 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη DI για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100

Στη μέτρια ξηρή κατηγορία (moderately dry), το αμπέλι θα κληθεί να αντιμετωπίσει συνθήκες μέτριας ξηρασίας και η άρδευση θα γίνει απαραίτητη σε ορισμένες περιπτώσεις (συνήθως όταν η τιμή του δείκτη βρίσκεται περίπου στα 50 χιλιοστά). Αυτές οι πληροφορίες ισχύουν για το σύνολο των νησιωτικών ελληνικών περιοχών και για κάποιες περιορισμένες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας, για τα έτη 1981-2000. Επιπλέον όλες οι θαλάσσιες περιοχές έχουν τιμές DI από 50 – 150 mm για την περίοδο 1981-2000, αυτό όμως δεν έχει καμία αμπελουργική σημασία. Με το πέρασμα των πρώτων εικοσαετιών, φαίνεται πως σαν μέτρια ξηρές χαρακτηρίζονται ολόένα και περισσότερες περιοχές του ηπειρωτικού κορμού. Έτσι σημαντικό τμήμα της κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας έχουν ενταχθεί στην κατηγορία αυτή, ενώ αρκετά από τα νησιά (κυρίως στο νότιο Αιγαίο), δεν ανήκουν πλέον σε αυτή. Τέλος, κατά τα έτη 2081-2100, η μέτρια ξηρή κατηγορία έχει περιοριστεί στα όρια κυρίως των ορεινών περιοχών. Η τελευταία κατηγορία του δείκτη, στην οποία τα συστήματα άρδευσης είναι απαραίτητα για την αμπελοκαλλιέργεια, γνωρίζει σημαντική επέκταση με το πέρασμα των ετών. Έτσι ενώ για τα έτη 1981-2000, σαν πολύ ξηρές (very dry), περιγράφονται μόνο κάποιες τοποθεσίες των Δωδεκανήσων, στο πρώτο μισό της περιόδου μελέτης, τα νησιά του ανατολικού Αιγαίου και οι Κυκλάδες εντάσσονται στην κατηγορία αυτή. Τέλος κατά τα έτη 2081-2100, η ξηρή κατηγορία περιλαμβάνει όλα σχεδόν τα ελληνικά νησιά, αρκετές από τις

παράκτιες ηπειρωτικές περιοχές, καθώς και τμήματα της Θεσσαλίας και της Κεντρικής Μακεδονίας.



Σχήμα 3.2.17: Χάρτης διαφορών του δείκτη DI για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



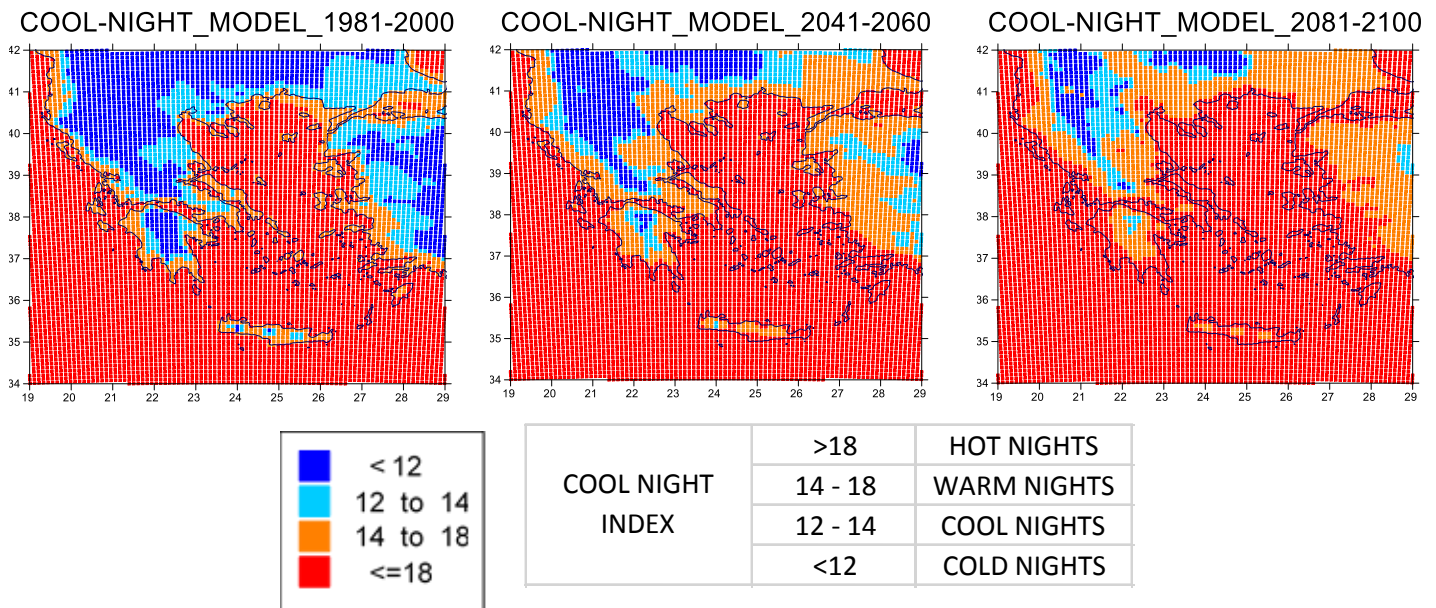
Σχήμα 3.2.18: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη DI για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

Στο χάρτη διαφορών (σχήμα 3.2.17) φαίνεται πως σε όλο τον ελλαδικό χώρο, εντοπίζεται μείωση των τιμών του DI. Η μείωση είναι μεγαλύτερη στις ορεινές περιοχές και φτάνει τις -250 μονάδες, και μικρότερη στις θαλάσσιες. Τέλος συνδυάζοντας τις τιμές μείωσης του χάρτη διαφορών, με τα όρια των κατηγοριών του δείκτη, εξηγείται η μετακίνηση των περισσότερων κατά μία κατηγορία. Σύμφωνα με το διάγραμμα Taylor (Σχήμα 3.2.18) του δείκτη DI, η συσχέτιση των τιμών μειώνεται σταδιακά. Η μείωση αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί σημαντική καθώς είναι περίπου ίση με 1%. Στην τυπική απόκλιση παρατηρείται μια μικρή αύξηση μέχρι και το 2040, ενώ στη συνέχεια, η συγκέντρωση των περιοχών στις δύο ξηρότερες κατηγορίες, δικαιολογεί την συνεχή μείωση στην τιμή της. Τέλος το μέσο τετραγωνικό σφάλμα αυξάνει καθόλα τα έτη. Μέχρι το 2040 η αύξηση είναι μικρότερη, ενώ από το 2041 και μετά η αύξηση είναι μεγαλύτερη

7) Δείκτης Νυχτερινών Θερμοκρασιών (CI)

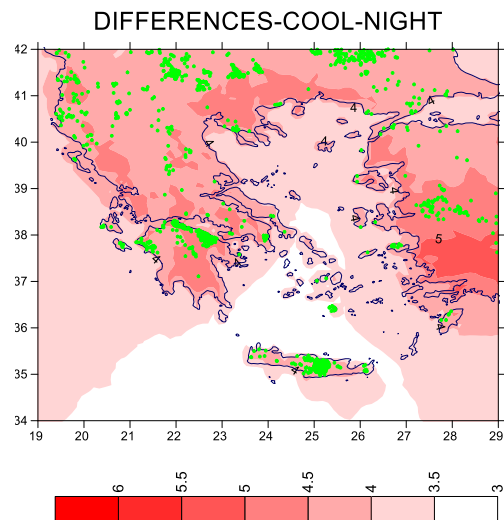
Οι νυχτερινές θερμοκρασίες επηρεάζουν καθοριστικά την ανάπτυξη και ωρίμανση της αμπέλου. Τη νύχτα το φυτό εκτελεί σημαντικές λειτουργίες, και μια ενδεχόμενη

διακοπή τους εξαιτίας χαμηλών θερμοκρασιών, θα μπορούσε να αποβεί καθοριστική για το τελικό προϊόν. Στο σχήμα 3.2.19 φαίνονται οι αλλαγές στις τιμές του δείκτη νυχτερινών θερμοκρασιών, για την περίοδο 1981-2100. Η κατηγορία των «ψυχρών νυχτών» (cold night<12°C) περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του ελληνικού κορμού, για την περίοδο 1981-2100. Πιο συγκεκριμένα, όλη σχεδόν η βόρεια Ελλάδα, (με εξαίρεση τις περιοχές κοντά στις ακτές) και οι ορεινές περιοχές της Πίνδου και του εσωτερικού της Πελοποννήσου, ανήκουν στην κατηγορία αυτή. Στον χάρτη της περιόδου 2041-2060, η ψυχρή κατηγορία, έχει περιοριστεί, συνεχίζει όμως να περιλαμβάνει μεγάλο τμήμα της δυτικής Μακεδονίας και περιοχές της Πίνδου και της Ροδόπης. Στην τελευταία εικοσαετία, μόνο οι περιοχές με το μεγαλύτερο υψόμετρο στη Ροδόπη και στη δυτική Μακεδονία, συνεχίζουν να παρουσιάζουν νυχτερινές θερμοκρασίες μικρότερες από 12°C, και να ανήκουν κατά συνέπεια στην ψυχρή κατηγορία. Παρόμοια πορεία ακολουθεί και η κατηγορία των «δροσερών νυχτών» (cool nights 12-14°C). Έτσι στην πρώτη υπό μελέτη περίοδο, περιλαμβάνει σημαντικό τμήμα ηπειρωτικών περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των παραθαλάσσιων περιοχών στη βόρεια Ελλάδα, τη Θεσσαλία και κάποια ημιορεινά τμήματα στη Στερεά Ελλάδα, τη Πελοπόννησο και την Κρήτη. Στις επόμενες εικοσαετίες, η έκτασή της μειώνεται, και έτσι την περίοδο 2041-2060, περιλαμβάνει μόνο μια στενή ζώνη στα όρια της ψυχρής κατηγορίας. Τέλος στην τελευταία εικοσαετία, «δροσερές νύχτες» παρουσιάζουν οι περιοχές της δυτικής Μακεδονίας, κάποια τμήματα της Ροδόπης, και περιορισμένες περιοχές στη Στερεά Ελλάδα και την Πελοπόννησο. Η αμέσως θερμότερη κατηγορία των «θερμών νυχτών» (warm nights 14-18°C), ακολουθεί αυξητική πορεία μέσα στην περίοδο μελέτης. Αναλυτικότερα, την εικοσαετία 1981-2000, περιλαμβάνει τα νησιά και στενές ζώνες στα παράλια του ηπειρωτικού κορμού, οι οποίες με το πέρασμα των ετών επεκτείνονται προς το εσωτερικό της. Έτσι κατά τα έτη 2041-2060 παρατηρείται σημαντική επέκταση αυτών των ζωνών προς το εσωτερικό του κορμού, ενώ το 2081-2100, η κατηγορία «θερμών νυχτών» κυριαρχεί στην ηπειρωτική Ελλάδα. Τέλος η θερμότερη κατηγορία (hot nights) με τιμές CI που ξεπερνούν τους 18°C, περιλαμβάνει μόνο τις θαλάσσιες περιοχές για την περίοδο 1981-2000. Στα μέσα της περιόδου μελέτης, στη ζεστή κατηγορία, εντάσσονται τα περισσότερα ελληνικά νησιά, ενώ την τελευταία περίοδο, εντάσσονται και οι παραθαλάσσιες περιοχές

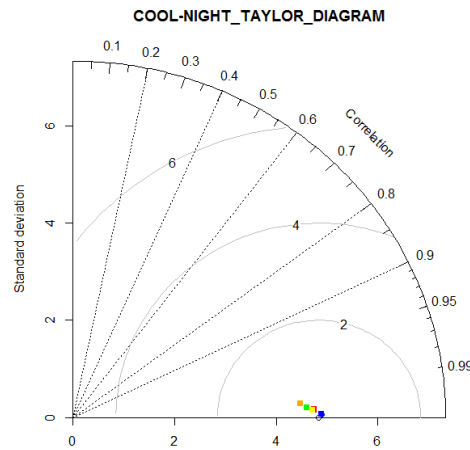


Σχήμα 3.2.19 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη CI για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

Η συνολική αύξηση των τιμών του CI σε όλη την ελληνική περιοχή, γίνεται αντιληπτή και από το χάρτη διαφορών του δείκτη (Σχήμα 3.2.20). Η αύξηση κυμαίνεται από 3.5 έως 5.5°C περίπου. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στις παραθαλάσσιες κυρίως ηπειρωτικές περιοχές, ενώ η μικρότερη, στις νησιωτικές και θαλάσσιες. Οι μικρές μεταβολές του δείκτη αυτού, αποτυπώνονται και στο διάγραμμα Taylor (σχήμα 3.2.21). Σύμφωνα με αυτό η αλλαγές και στις τρεις στατιστικές παραμέτρους του δείκτη είναι μηδαμινές. Η συσχέτιση σε όλες τις εικοσαετίες ξεπερνά κατά πολύ το 99%, η τυπική απόκλιση μειώνεται με το πέρασμα των ετών και η μείωση αυτή είναι περίπου 0.5°C. Τέλος και η αύξηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος είναι απειροελάχιστη για τον δείκτη αυτόν.



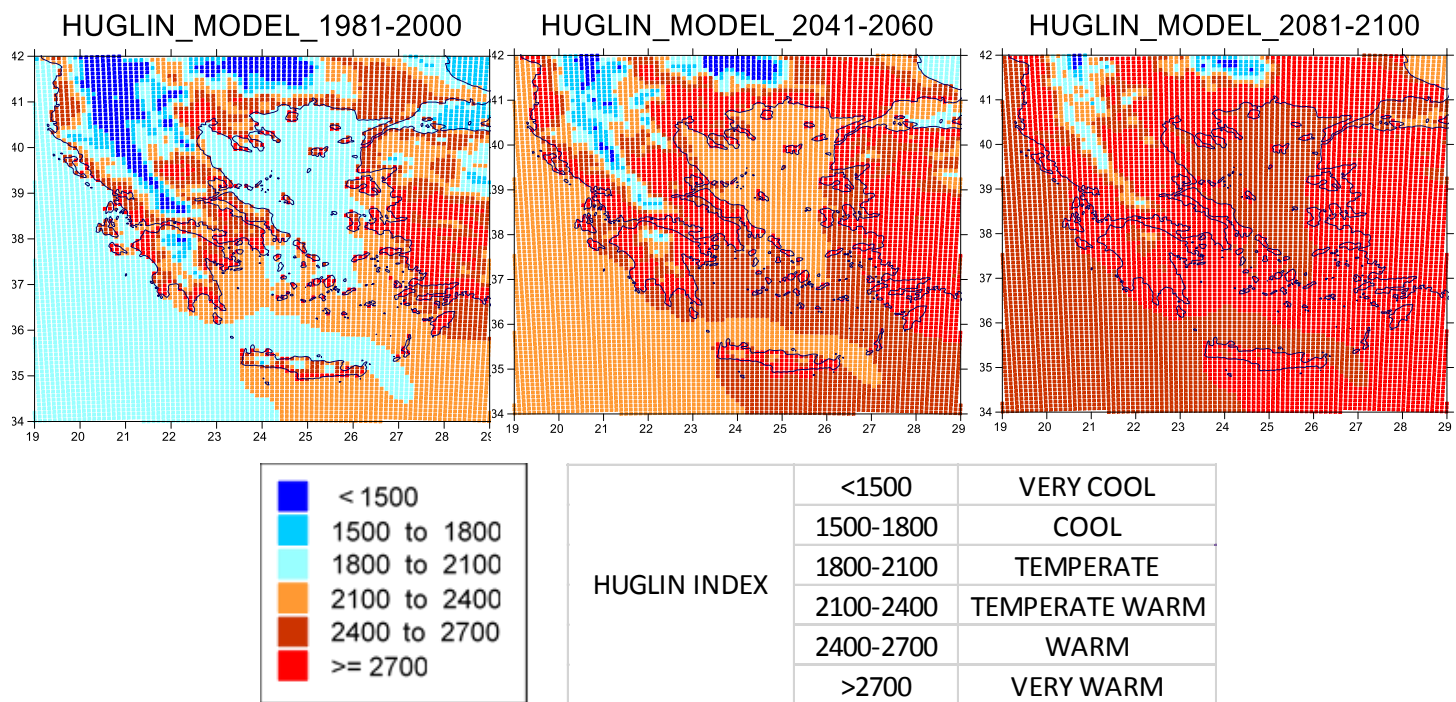
Σχήμα 3.2.20: Χάρτης διαφορών του δείκτη BEDD για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



Σχήμα 3.2.21: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη CI για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

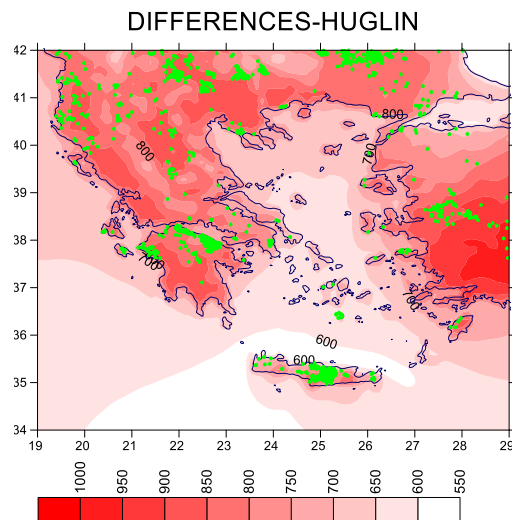
8)Δείκτης Huglin (HI)

Ο ηλιοθερμικός δείκτης Huglin αποτελεί έναν ευρέως διαδεδομένο αμπελουργικό δείκτη, που περιγράφει τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, βασιζόμενος στη παράμετρο της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τους χωρικούς χάρτες των τιμών του δείκτη (Σχήμα 3.2.22), φαίνεται πως όλες οι περιοχές μεταβαίνουν σε κατηγορίες με μεγαλύτερες τιμές στον δείκτη. Οι δύο ψυχρότερες κατηγορίες του δείκτη χαρακτηρίζονται ως «πολύ ψυχρές» (very cool<1500) και ως «ψυχρές» (cool 1500-1800) αμπελουργικά. Σε αυτές οι ποικιλίες που μπορούν να ωριμάσουν ή είναι μόνο λευκές (πολύ ψυχρή κατηγορία) ή περιορισμένος αριθμός λευκών και κόκκινων (ψυχρή κατηγορία), αντίστοιχα. Αυτές κατά τη διάρκεια της πρώτης εικοσαετία μελέτης, περιλαμβάνουν τις ορεινές περιοχές στην Πίνδο, την Ροδόπη και τον Όλυμπο. Με το πέρασμα των ετών οι τιμές του HI αυξάνονται, και οι ψυχρότερες κατηγορίες περιορίζονται σημαντικά. Μάλιστα κατά την περίοδο 2081-2100, και οι δύο έχουν σχεδόν εξαφανιστεί από όλη την Ελληνική περιοχή, με εξαίρεση τα ορεινά τμήματα στη περιοχή της Ροδόπης.

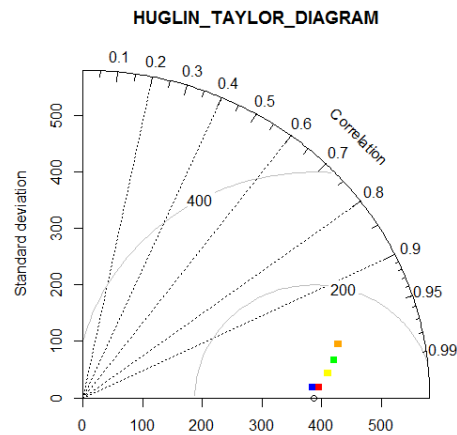


Σχήμα 3.2.22 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη HI για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

Οι δύο θερμότερες κατηγορίες του «εύκρατου» (temperate 1800-2100) και «θερμού εύκρατου» κλίματος (warm temperate 2100-2400), ενδείκνυνται κυρίως για καλλιέργειες που αργούν να ωριμάσουν. Κατά τα έτη 1981-2000, οι κατηγορίες αυτές περιλαμβάνουν τις ημιορεινές περιοχές, και τους πρόποδες των ελληνικών οροσειρών. Σταδιακά περιορίζονται σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο και την τελευταία εικοσαετία βρίσκονται μόνο στις κορυφές της Πίνδου, και σε περιορισμένα τμήματα της δυτικής και κεντρικής Μακεδονίας. Πορεία επέκτασης και όχι περιορισμού, καταγράφουν οι δύο θερμότερες κατηγορίες του «θερμού» (warm 2400-2700) και «πολύ θερμού» (very warm>2700) αμπελουργικά κλίματος. Σε αυτές την περίοδο 1981-2000 ανήκουν όλες οι νησιωτικές και οι παραθαλάσσιες ελληνικές περιοχές, καθώς επίσης και σημαντικά τμήματα της Θεσσαλίας και της Κεντρικής Μακεδονίας. Από το πρώτο ήδη μισό της μελετώμενης περιόδου, οι περιοχές των δύο θερμότερων κατηγοριών έχουν επεκταθεί προς το εσωτερικό του ελληνικού κορμού καταλαμβάνοντας το μεγαλύτερο μέρος του. Στην τελευταία εικοσαετία και η κατηγορία του θερμού κλίματος είναι αρκετά περιορισμένη στις ημιορεινές περιοχές. Έτσι όλες οι νησιωτικές και ηπειρωτικές περιοχές με εξαίρεση αυτές των οροσειρών της Πίνδου και της Ροδόπης, ανήκουν στην «πολύ ζεστή» κατηγορία, και συγκεντρώνουν τιμές HI μεγαλύτερες από 2700 μονάδες.



Σχήμα 3.2.23: Χάρτης διαφορών του δείκτη HI για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



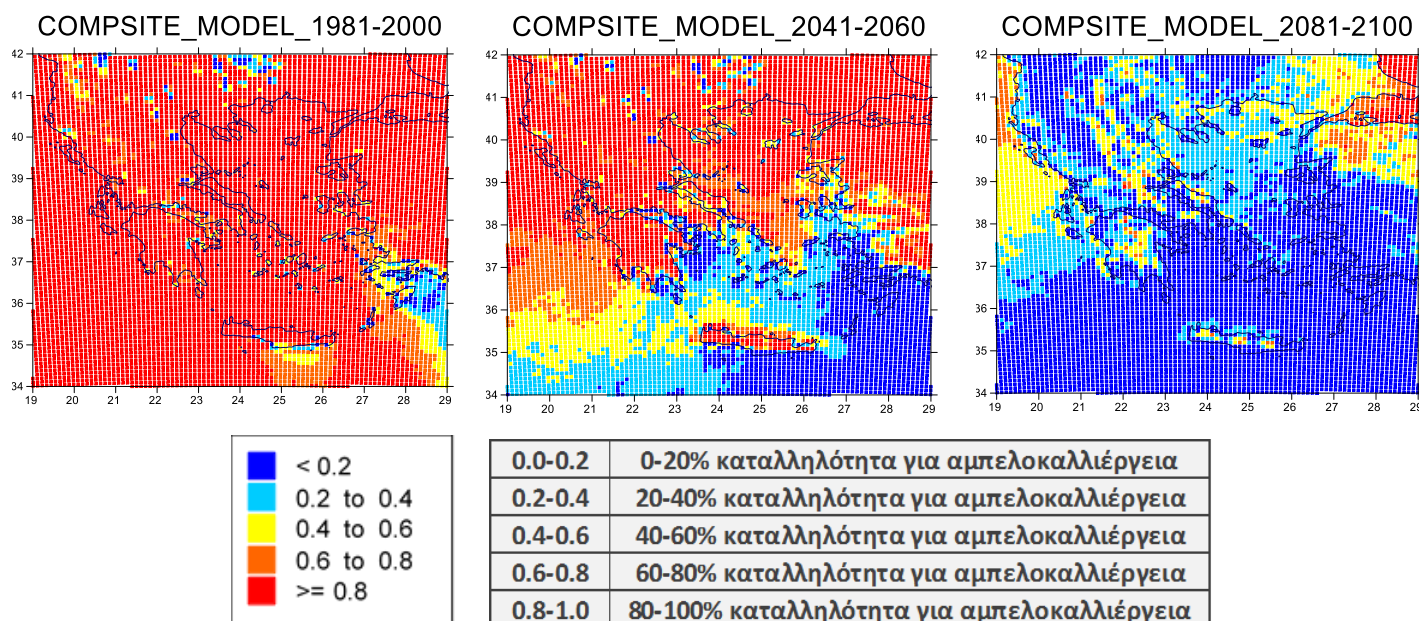
Σχήμα 3.2.24: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη HI για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

Στο σχήμα 3.2.23, φαίνεται πως σε όλες τις περιοχές ο δείκτης HI αυξάνει από 550 μέχρι και 1000 περίπου μονάδες ανάλογα με την περιοχή. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις του δείκτη, εμφανίζονται και πάλι στον ηπειρωτικό κορμό της χώρας. Μάλιστα η αύξηση του HI στις ορεινές περιοχές είναι μικρότερη συγκριτικά με αυτές που βρίσκονται κοντά σε θάλασσα. Τέλος η μικρότερη αύξηση καταγράφεται στις νησιωτικές περιοχές και κυμαίνεται από 600-700 περίπου μονάδες. Στο σχήμα 3.2.24 απεικονίζεται το διάγραμμα Taylor του δείκτη HI. Σύμφωνα με αυτό η συσχέτιση του δείκτη μειώνεται ανά εικοσαετία με μοναδική εξαίρεση τις περιόδους 2001-2020 και 2021-2040 για τις οποίες παραμένει σταθερή. Ακόμα η παράμετρος αυτή, μέχρι και το 2080, λαμβάνει τιμές που ξεπερνούν το 99%, και μόνο κατά την χρονική περίοδο 2081-2100, η τιμή της πέφτει στο 98%. Η παράμετρος της τυπικής απόκλισης παρουσιάζει μικρή σταδιακή αύξηση. Η συγκέντρωση σταδιακά όλο και περισσότερων τοποθεσιών στην θερμότερη κατηγορία στην οποία δεν υπάρχει άνω όριο, δικαιολογεί την μικρή αύξηση της στατιστικής παραμέτρου. Τέλος αυξητική πορεία εμφανίζει και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Η σταδιακή αύξηση στις τιμές του HI σε όλη την υπομελέτη περιοχή, οδηγεί σε αύξηση της διαφοράς των τιμών του δείκτη ανάμεσα στην εξεταζόμενη εικοσαετία και την περίοδο αναφοράς. Η αύξηση της διαφοράς αυτής, αποτυπώνεται με την αύξηση του RMSE

9) Δείκτης Composite (CompI)

Από την σύνθεση τριών βιοκλιματικών δεικτών (HI, HyI, CI) προέκυψε ο δείκτης Composite. Όπως έχει προαναφερθεί, ο δείκτης αυτός, αποτελεί ένα μέτρο καταλληλότητας μιας περιοχής για αμπελουργία και για μια συγκεκριμένη περίοδο. Η τιμή του κυμαίνεται από 0 έως 1. Όσο πιο κοντά στο 1 (ή αντίστοιχα στο 100%) βρίσκεται η τιμή μιας περιοχής, τόσο περισσότερα χρόνια πληρούσαν τις προϋποθέσεις για αμπελουργία κατά την μελετώμενη περίοδο. Αντίστοιχα και για τις τιμές κοντά στο 0. Σύμφωνα με το σχήμα 3.2.25, η κατηγορία που παρουσιάζει ποσοστά καταλληλότητας μεγαλύτερα από 80% αποτελεί τη κυρίαρχη κατηγορία για την περίοδο 1981-2000. Αναλυτικότερα, οι νησιωτικές περιοχές του βόρειου Αιγαίου και του Ιονίου Πελάγους, η Κρήτη και το μεγαλύτερο κομμάτι του ελληνικού ηπειρωτικού κορμού παρουσιάζει τιμές δείκτη που κυμαίνονται από 0.8-1 για την εικοσαετία 1981-2000. Στα μέσα της συνολικής μελετώμενης περιόδου (2041-2060), η συνολική έκταση της κατηγορίας αυτής, έχει μειωθεί. Ωστόσο η μείωση έχει προέλθει κυρίως από θαλάσσιες περιοχές και αυτό αμπελουργικά δεν έχει πραγματική σημασία. Οι χερσαίες περιοχές, που έχουν μετακινηθεί σε άλλες κατηγορίες, είναι τα νησιά του βόρειου Αιγαίου, και αρκετές παραθαλάσσιες περιοχές του ηπειρωτικού κορμού. Στην τελευταία εικοσαετία μελέτης, καμία περιοχή δεν ήταν κατάλληλη για αμπελουργία για περισσότερα από 16 χρόνια. Η κατηγορία με ποσοστά καταλληλότητας από 60-80%, είναι αρκετά περιορισμένη σε όλες τις εικοσαετίες μελέτης καθώς οι χερσαίες τοποθεσίες που ανήκουν σε αυτήν, δεν καταλαμβάνουν κάποια εκτεταμένη περιοχή. Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και για την κατηγορία με ποσοστά 40-60%. Η διαφορά εντοπίζεται στην τελευταία εικοσαετία, κατά την οποία η κατηγορία αυτή (40-60%) περιλαμβάνει ένα σημαντικό τμήμα του ανατολικού κορμού και της ανατολικής Πελοποννήσου. Οι δύο τελευταίες κατηγορίες με τα χαμηλότερα ποσοστά καταλληλότητας (20-40% και 0-20%), ακολουθούν αυξητική πορεία με το πέρασμα των εικοσαετιών. Έτσι κατά την περίοδο 1981-2000, περιλαμβάνουν κάποιες περιοχές στη Ροδόπη και στα Δωδεκάνησα. Κατά την περίοδο 2041-2060, το σύνολο των νησιωτικών περιοχών του νότιου Αιγαίου έχει ενταχθεί στις κατηγορίες αυτές. Τέλος, η επέκτασή τους συνεχίζεται και τα επόμενα έτη και κατά την τελευταία εικοσαετία (2081-2100), περιλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της Ελλάδας. Συμπερασματικά, φαίνεται πως υπάρχει σημαντική μείωση των ποσοστών καταλληλότητας για αμπελοκαλλιέργειας σε όλη την ελληνική περιοχή. Σε αυτό έχει συμβάλει η αλλαγή

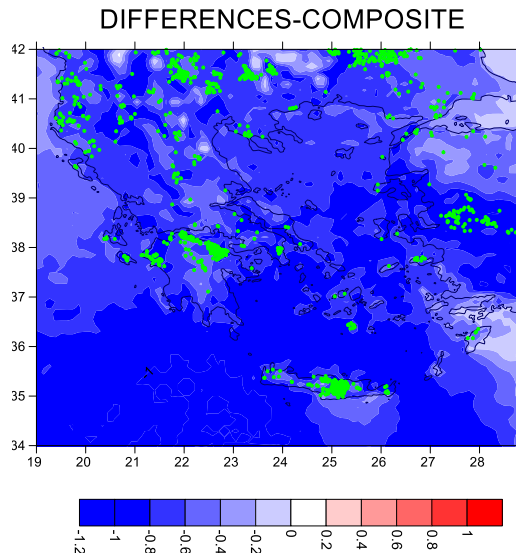
ενός ή ο συνδυασμός και των τριών βιοκλιματικών δεικτών που συνθέτουν τον δείκτη CompI, ανάλογα με την περιοχή.



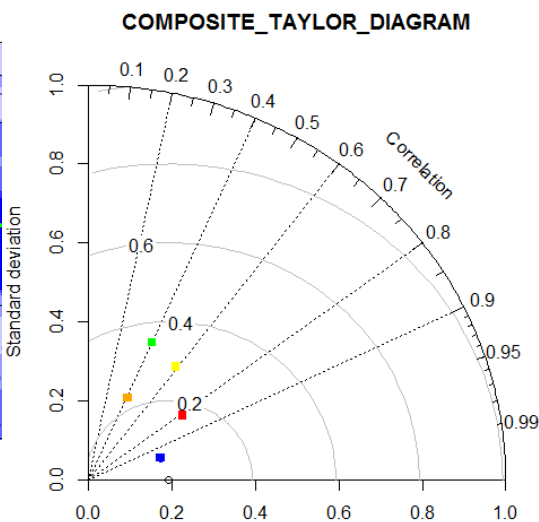
Σχήμα 3.2.25 : Χωρική κατανομή των τιμών του δείκτη CompI για τις χρονικές περιόδους μελέτης 1981-2000, 2041-2060 και 2081-2100.

Από το σχήμα 3.2.26, επιβεβαιώνεται η μείωση των τιμών του δείκτη σε όλη την ελληνική περιοχή. Η μεγαλύτερη μείωση εντοπίζεται στις ορεινές περιοχές ενώ η μικρότερη στα Δωδεκάνησα. Το διάγραμμα Taylor, (Σχήμα 3.2.27) δίνει στατιστικές πληροφορίες για το δείκτη. Η συσχέτιση μειώνεται σταδιακά μέχρι και την περίοδο 2061-2080, ενώ την τελευταία εικοσαετία, η τιμή της παραμένει σταθερή. Ενώ σε όλους τους προηγούμενους δείκτες που μελετήθηκαν η τιμή της συσχέτισης βρισκόταν σε πολύ υψηλά επίπεδα (>95%), στον δείκτη αυτό, ήδη από την περίοδο 2021-2040, η τιμή της έχει πέσει στο 80%. Στις δύο τελευταίες μάλιστα εικοσαετίες, η τιμή της συσχέτισης είναι μόλις 0.4, φανερώνοντας ότι οι τιμές του CompI έχουν αλλάξει αρκετά συγκριτικά με την περίοδο αναφοράς. Αυτές οι αλλαγές, δικαιολογούν και την αύξηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, μέχρι την περίοδο 2061-2080, ενώ την τελευταία εικοσαετία το RMSE μειώνεται. Τέλος, και στην τυπική απόκλιση παρατηρούνται αυξομειώσεις. Οι αλλαγές στην τιμή της σχετίζονται με τα ποσοστά καταλληλότητας που παρουσιάζουν συνολικά οι περιοχές στην Ελλάδα. Έτσι η συγκέντρωση των περιοχών στις κατηγορίες με τα χαμηλότερα ποσοστά ήδη από την περίοδο 2061-2080, οδηγεί σε μείωση της τυπικής απόκλισης κατά την τελευταία εικοσαετία. Αντίστοιχα, η αύξηση της τυπικής απόκλισης κατά την εικοσαετία, 2021-

2040, προέκυψε από το γεγονός ότι μέχρι το 2021 τα ποσοστά που παρουσίαζαν οι ελληνικές περιοχές κυμαίνονταν από 0.8-1. Στα έτη όμως 2021-2040, αρκετές περιοχές μείωσαν τα ποσοστά τους και έτσι η τυπική απόκλιση αυξήθηκε.



Σχήμα 3.2.26: Χάρτης διαφορών του δείκτη CompI για τις εικοσαετίες 2081-2100 με 1981-2000. Με πράσινους σταυρούς απεικονίζονται οι θέσεις των αμπελουργικών περιοχών σύμφωνα με το CORINE.



Σχήμα 3.2.27: Διάγραμμα Taylor για το δείκτη CompI για όλες τις εικοσαετίες. Λευκό=1981-2000, Μπλε=2001-2020, Κόκκινο=2021-2040, Κίτρινο=2041-2060, Πράσινο=2061-2080, Πορτοκαλί=2081-2100.

3.3 ΠΕΡΙΟΧΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ MULTICRITERIA CLIMATIC CLASSIFICATION (MCC SYSTEM)

Το παγκόσμιο σύστημα ταξινόμησης των αμπελουργικών περιοχών σε κατηγορίες με κοινά χαρακτηριστικά, εφαρμόστηκε για την ελληνική περιοχή, και για κάθε εικοσαετία της περιόδου μελέτης (1981-2100)

3.3.1 Κωδικοποίηση κατηγοριών MCC system

Ο συνολικός αριθμός των κατηγοριών που προκύπτουν από τον συνδυασμό των τριών βιοκλιματικών δεικτών του συστήματος MCC είναι 96. Ο πίνακας 3.3.1 παρουσιάζει τις κατηγορίες αυτές ενώ ταυτόχρονα κατηγοριοποιεί και μερικές από τις περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχική βάση δεδομένων. Κατά την κατάταξη χρησιμοποιούνται κωδικοποιημένα ονόματα για την κάθε περιοχή, όπως αυτά ορίστηκαν στον πίνακα 2.2.2.1.

Πίνακας 3.3.1: Εμφάνιση των κατηγοριών του συστήματος MCC (Tonietto, 1999). Οι περιοχές που αποτελούν τη βάση δεδομένων στο MCC system εμφανίζονται στο πίνακα.

Dryness Index		Heliothermal Index - HI																							
		HI -3				HI -2				HI -1				HI +1				HI +2				HI +3			
DI		Cool Night Index - CI																							
		CI +2	CI +1	CI -1	CI -2	CI +2	CI +1	CI -1	CI -2	CI +2	CI +1	CI -1	CI -2	CI +2	CI +1	CI -1	CI -2	CI +2	CI +1	CI -1	CI -2	CI +2	CI +1	CI -1	CI -2
DI -2		DBaa				DBac																			
		DBab				DBba																			
		DBbc				DBbb																			
		DBcd				DBca																			
		DBda				DBdb																			
		DBdc				DBdd																			
		DBee																							
		DBff																							
		DBgg																							
		DBhh																							
		DBii																							
		DBjj																							
		DBkk																							
		DBll																							
		DBmm																							
		DBnn																							
		DBoo																							
		DBpp																							
		DBqq																							
		DBrr																							
		DBss																							
		DBtt																							
		DBuu																							
		DBvv																							
		DBww																							
		DBxx																							
		DByy																							
		DBzz																							
		DBAa																							
		DBAb																							
		DBAc																							
		DBAd																							
		DBAe																							
		DBAf																							
		DBAg																							
		DBAh																							
		DBAi																							
		DBAj																							
		DBAk																							
		DBAl																							
		DBAm																							
		DBAn																							
		DBAo																							
		DBAp																							
		DBAq																							
		DBAr																							
		DBAs																							

Με βάση τον παραπάνω πίνακα (πίνακας 3.3.1), προτείνεται ο ορισμός ενός κωδικού που θα περιγράφει κάθε μια από τις 96 κατηγορίες. Ο κωδικός θα περιλαμβάνει τρεις αριθμούς HI_{CI}^{DI} . Ο πρώτος θα αναφέρεται στις κατηγορίες του δείκτη Huglin, ο δεύτερος αριθμός που είναι ο δείκτης στον δείκτη Cool Night και ο τρίτος που είναι ο εκθέτης στον δείκτη Dryness. Οι αριθμοί θα προκύπτουν από το χαρακτηρισμό της κάθε υποκατηγορίας του κάθε δείκτη. Αναλυτικότερα, οι περιοχές που ανήκουν στην υποκατηγορία H-3 του δείκτη Huglin, θα περιγράφονται από τον αριθμό -3. Αντίστοιχα και για τους άλλους δείκτες. Έτσι, μια περιοχή με κωδικό όνομα 2_{-2}^{+2} περιγράφεται από τις υποκατηγορίες HI+2, CI-2 και DI+2. Κατά συνέπεια, η περιοχή του παραδείγματος είναι μια θερμή περιοχή όπου όλες οι ποικιλίες έχουν το χρόνο που χρειάζονται να ωριμάσουν, οι νυχτερινές της θερμοκρασίες είναι υψηλές ενώ η αμπελουργική ξηρασία της περιοχής καθιστά απαραίτητη την ύπαρξη συστημάτων άρδευσης.

3.3.2 Ποσοστιαία ανάλυση των κατηγοριών του MCC για τις ελληνικές περιοχές.

Ο συνολικός αριθμός των κατηγοριών του συστήματος MCC είναι 96. Όμως κατά την περίοδο 1981-2100, στην ελληνική περιοχή, εμφανίζονται μόνο 70 από τις 96. Από τις 70 αυτές κατηγορίες, αρκετές περιγράφουν περιοχές με πολύ περιορισμένη έκταση. Συνεπώς, κρίθηκε απαραίτητο να μειωθεί ο αριθμός τους, έτσι ώστε να αποφευχθεί ο

θόρυβος κατά την απεικόνιση. Μετά από διάφορες δοκιμές, αποφασίστηκε να συμπεριληφθούν 21 κατηγορίες, που καλύπτουν το 98% της μελετώμενης περιοχής.

Στον πίνακα 3.3.2. απεικονίζονται τα ποσοστά των σημείων πλέγματος που ανήκουν στην κάθε μία από τις 21 κατηγορίες. Η παρουσίαση των ποσοστών γίνεται και για τις έξι εικοσαετίες της περιόδου μελέτης. Μάλιστα, για την εικοσαετία 1981-2000 παρουσιάζονται τα ποσοστά των 21 κατηγοριών σύμφωνα με τα reanalysis δεδομένα και σύμφωνα με το μοντέλο.

Σύμφωνα με το μοντέλο, στην ελληνική περιοχή κατά την περίοδο 1981-2000, εμφανίζονται 18 από τις 21 κατηγορίες. Αντίθετα ο αντίστοιχος αριθμός που προκύπτει από τα reanalysis δεδομένα, είναι σημαντικά μικρότερος (8). Και στα δύο σύνολα δεδομένων, η κατηγορία που παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφάνισης στον ελληνικό χώρο για την περίοδο 1981-2000 είναι η -1_{-2}^{+1} . Το ποσοστό μάλιστα και στις δύο περιπτώσεις ξεπερνά το 35% (35.0% στα reanalysis δεδομένα και 36.6% στα δεδομένα του μοντέλου). Η αμέσως επόμενη κατηγορία με υψηλά ποσοστά και στις δύο περιπτώσεις είναι η $+1_{-2}^{+1}$ η οποία κατέχει ποσοστό περίπου 16% σύμφωνα με τα reanalysis δεδομένα, ενώ σύμφωνα με το μοντέλο το ποσοστό της είναι σχεδόν διπλάσιο (~32%). Γίνεται αντιληπτό ότι στην Ελλάδα, για αυτήν την περίοδο, επικρατεί μια κλιματική κατάσταση, όπου οι νυχτερινές θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 18°C, το έδαφος είναι μέτρια ξηρό (ισχύει για τις χερσαίες περιοχές) και οι ημερήσιες θερμοκρασίες περιγράφουν μια κατάσταση εύκρατου και θερμού εύκρατου κλίματος. Κατά συνέπεια, στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας μπορούν να καλλιεργηθούν ποικιλίες που αργούν να ωριμάσουν όπως Cabernet-Sauvignon, Ugni Blanc Grenache, Mourvèdre, Carignan, ενώ υπάρχουν ορισμένες ποικιλίες εξαιρετικά όψιμης ωρίμανσης, που πιθανώς να αντιμετωπίζουν πρόβλημα σε ψυχρότερες περιοχές. Επιπλέον, η μέτρια ξηρασία που επικρατεί ευνοεί την ωρίμανση των σταφυλιών ιδιαίτερα των ερυθρών οινοποιήσιμων ποικιλιών που επωφελούνται από ένα μέτρια ελλειμματικό υδατικό καθεστώς (Koundouras et al., 2006), ενώ σε ορισμένες περιοχές η έλλειψη νερού το καλοκαίρι αναγκάζει την άρδευση του φυτού.

Στον πίνακα 3.3.2, τα ποσοστά που εμφανίζουν οι 21 επιλεγμένες κατηγορίες για την περίοδο 2001-2100, προέρχονται μόνο από δεδομένα μοντέλου. Οι πρώτες αλλαγές φαίνονται ήδη από τη σύγκριση των ποσοστών για τις περιόδους 1981-2000 και 2001-2020. Και στις δύο εικοσαετίες οι κατηγορίες με τα μεγαλύτερα ποσοστά είναι οι από

-1_{-2}^{+1} και $+1_{-2}^{+1}$. Οι δύο αυτές κατηγορίες περιγράφουν μία κατάσταση με παρόμοιες νυχτερινές θερμοκρασίες και επίπεδα υγρασίας, ενώ η διαφορά τους εντοπίζεται στις υποκατηγορίες του δείκτη Huglin. Κατά την μετάβαση από το 1981-2000 στο 2001-2020, τα ποσοστά της κατηγορίας -1_{-2}^{+1} μειώνονται από 36.6% σε 29.8% . Αντίθετα, τα ποσοστά της κατηγορίας $+1_{-2}^{+1}$ αυξάνονται, από 16.2% σε 23.2%. Τέλος, τα ποσοστά των υπολοίπων κατηγοριών εμφανίζουν τιμές μικρότερες από 5% και στις δύο εικοσαετίες. Συμπερασματικά, προκύπτει ότι κατά την δεύτερη μελετώμενη εικοσαετία, (2001-2020) παρατηρείται μια ελαφριά μετακίνηση αρκετών περιοχών προς την κατηγορία $+1_{-2}^{+1}$. Αυτή, προέρχεται κυρίως από αλλαγές στις τιμές του δείκτη Huglin.

Στην τρίτη εικοσαετία της έρευνας (2021-2040) οι κατηγορίες στις οποίες συγκεντρώνονται τα μεγαλύτερα ποσοστά των σημείων πλέγματος, παραμένουν οι ίδιες με τις προηγούμενες δύο εικοσαετίες. Ωστόσο, οι αλλαγές στα ποσοστά τους είναι αξιοσημείωτες. Αναλυτικότερα, οι περιοχές που ανήκαν στην κατηγορία -1_{-2}^{+1} κατά τα έτη 1981-2000 ήταν το 36.6% των συνολικών περιοχών, ενώ κατά την εικοσαετία 2021-2040 το ποσοστό αυτό μειώθηκε στο 11.1%. Αντίθετα, τα ποσοστά της κατηγορίας $+1_{-2}^{+1}$ αυξήθηκαν περίπου από 16% σε 34%, στις αντίστοιχες εικοσαετίες. Φαίνεται λοιπόν, πως η αλλαγή που ξεκίνησε κατά την περίοδο 2001-2020, (δηλαδή αύξηση στα ποσοστά της $+1_{-2}^{+1}$ και μείωση της -1_{-2}^{+1}), γίνεται ακόμα πιο έντονη κατά τα έτη 2021-2040. Ένα ακόμα στοιχείο που χρήζει ανάλυσης, είναι ότι το συνολικό ποσοστό των πολύ ξηρών περιοχών (DI+2) έχει αυξηθεί σημαντικά κατά την περίοδο 2021-2040. Έτσι ενώ το συνολικό ποσοστό της υποκατηγορίας DI+2, περιέγραφε περίπου το 3.5% των ελληνικών περιοχών κατά την περίοδο 2001-2020, την εικοσαετία 2021-2040, το αντίστοιχο ποσοστό κυμαίνεται περίπου στο 13.5%. Η αύξηση αυτή οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη μετάβαση περιοχών από την υποκατηγορία DI+1 στην DI+2 που είναι αποτέλεσμα την αύξησης του υδατικού ελλείμματος. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των περιοχών στις οποίες η άρδευση θα είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη της αμπέλου, θα αυξηθούν σημαντικά.

Την περίοδο 2041-2060, η πλειοψηφία των ελληνικών περιοχών συγκεντρώνεται σε τρεις κατηγορίες του συστήματος MCC. Αυτές είναι οι $+1_{-2}^{+1}$, $+1_{-2}^{+2}$ και $+2_{-2}^{+2}$. Οι δύο πρώτες κατηγορίες που αθροιστικά περιγράφουν το 35% των περιοχών, έχουν κλιματικά χαρακτηριστικά θερμού εύκρατου κλίματος, με νυχτερινές θερμοκρασίες Σεπτεμβρίου μεγαλύτερες από 18°C. Η διαφορά τους εντοπίζεται στο επίπεδο

ξηρασίας, το οποίο στην κατηγορία $+1_{-2}^{+1}$ είναι από μέτριο έως υψηλό, στην -1_{-2}^{+2} είναι πολύ υψηλό και η άρδευση απαραίτητη. Αξιοσημείωτο είναι ότι το ποσοστό της κατηγορίας $+1_{-2}^{+2}$ ακολουθεί αυξητική πορεία από το 1981 και μετά, φτάνοντας στη μέγιστη τιμή στην εικοσαετία 2041-2060. Στη συνέχεια τα ποσοστά της μειώνονται και μηδενίζονται στο τέλος της περιόδου μελέτης. Όσον αφορά την κατηγορία $+2_{-2}^{+2}$ περιγράφει περιοχές με θερμό κλίμα στο οποίο μπορούν να ωριμάσουν όλες οι ποικιλίες. Μερικές από αυτές μάλιστα είναι πιθανόν να υποστούν θερμικό στρες. Η ύπαρξη συστημάτων άρδευσης θεωρείται απαραίτητη ενώ οι νυχτερινές θερμοκρασίες δεν προσθέτουν κανένα περιορισμό στην καλλιέργεια όλων των ποικιλιών. Οι συνθήκες αυτές φαίνεται πως θα γίνονται όλο και συχνότερες κατά το πέρασμα των ετών, πράγμα που προκύπτει από την σημαντική αύξηση των ποσοστών της κατηγορίας. Ενώ στην αρχή της περιόδου μελέτης, μόλις το 1.7 % των ελληνικών περιοχών ανήκαν στην κατηγορία αυτή, στην τρίτη εικοσαετία καταλαμβάνει ένα σημαντικό ποσοστό. Η αύξηση στα ποσοστά της $+2_{-2}^{+2}$ συνεχίζεται μέχρι και την τελευταία εικοσαετία στην οποία περιγράφει το 50% περίπου, των ελληνικών περιοχών.

Κατά τις δύο τελευταίες εικοσαετίες της περιόδου μελέτης (2061-2080 και 2081-2100), η πλειοψηφία των ελληνικών περιοχών, συγκεντρώνεται στις ίδιες κατηγορίες. Και στις δύο περιόδους, η κατηγορία $+2_{-2}^{+2}$ καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης, με ποσοστό που ξεπερνά το 40% στην περίοδο 2061-2080 και πλησιάζει το 50% στην περίοδο 2081-2100. Αυτό σημαίνει ότι σχεδόν οι μισές ελληνικές περιοχές στο τέλος της μελετώμενης περιόδου, θα μετακινηθούν σε θερμότερες και ξηρότερες κατηγορίες. Σε αυτές (τις νέες κατηγορίες), οι ημερήσιες θερμοκρασίες είναι πιο ευνοϊκές για όλες τις ποικιλίες κρασιού, οι νυχτερινές θερμοκρασίες του Σεπτεμβρίου ξεπερνούν τους 18°C, ενώ οι παραγωγοί θα κληθούν να αντιμετωπίσουν την έλλειψη νερού που θα είναι σημαντική. Μία κατηγορία με ίδια χαρακτηριστικά νυχτερινών θερμοκρασιών και υγρασίας αλλά με υψηλότερες τιμές στο δείκτη Huglin είναι η $+3_{-2}^{+2}$. Αυτή παρουσιάζει υψηλά ποσοστά και στις δύο εικοσαετίες (7% για την περίοδο 2061-2080 και το 12% για τα έτη 2081-2100) ενώ τα προηγούμενα έτη τα ποσοστά της ήταν αρκετά χαμηλά. Οι δύο τελευταίες κατηγορίες στις οποίες ανήκει συνολικά το 16% περίπου των περιοχών και στις δύο περιόδους είναι οι $+2_{-2}^{+1}$ και $+3_{-1}^{+1}$. Η βασική διαφορά με τις κατηγορίες που περιεγράφηκαν είναι

πως σε αυτό το ποσοστό θα ανήκουν περιοχές όπου το κλίμα τους θα χαρακτηρίζεται από μέτρια ξηρασία

Παρατηρώντας τη συνολική εικόνα του πίνακα 3.3.2, φαίνεται πως υπάρχει μια μετακίνηση των ελληνικών περιοχών προς θερμότερες και ξηρότερες κατηγορίες. Στις παρατηρούμενες αλλαγές, δεν συμβάλλει ιδιαίτερα ο δείκτης CI, καθώς σε όλη την περίοδο μελέτης, οι περισσότερες περιοχές ανήκουν στην θερμότερη υποκατηγορία του. Επιπρόσθετα, αξίζει να μελετηθούν χρονικά οι αλλαγές που παρουσιάζουν οι κατηγορίες με τα μεγαλύτερα ποσοστά. Η κατηγορία $-1 \pm 1_2$, αποτελεί την κυρίαρχη κατηγορία στον ελλαδικό χώρο κατά την περίοδο 1981-2000 (36.6%). Σταδιακά τα ποσοστά της μειώνονται, φτάνοντας την τελευταία περίοδο μελέτης, να περιλαμβάνει μόνο το 0.2% των συνολικών περιοχών. Αντίστροφη πορεία ακολουθεί η κατηγορία $+1 \pm 1_2$ μέχρι το 2040. Τα ποσοστά της ξεκινούν από το 16,2% στην πρώτη εικοσαετία μελέτης, αυξάνονται μέχρι την περίοδο 2021-2040 κατά την οποία λαμβάνει και τη μέγιστη τιμή της (34.5%), ενώ από εκεί και έπειτα ακολουθούν μια πτωτική πορεία καταλήγοντας στο 1.5% για την τελευταία εικοσαετία. Μία ακόμα κατηγορία η οποία αποτελεί μειοψηφία στην αρχή της περιόδου, καταλήγει όμως να είναι η κυρίαρχη στο τέλος της, είναι η $+2 \pm 2_2$. Το ποσοστό των ελληνικών περιοχών που χαρακτηρίζει κατά τα έτη 1981-2000 δεν ξεπερνά το 1.7%. Σταδιακά αυξάνει τα ποσοστά της, και μέχρι το 2100, περιγράφει τις μισές σχεδόν ελληνικές περιοχές (49%). Η αλλαγές αυτές προέρχονται από αυξομειώσεις στις τιμές του δείκτη Huglin. Επιβεβαιώνεται έτσι η μετάβαση σε θερμότερες κατηγορίες.

Πίνακας 3.3.2: Ποσοστά των 21 κατηγοριών του MCC για την Ελλάδα για κάθε εικοσαετία χωριστά.

INTER	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
DI-2	0.0%				0.0%				0.0%				0.0%	0.0%										
DI-1																		0.0%	0.0%					
DI+1				4.2%				6.5%	6.0%			35.0%	4.9%			32.0%		0.1%	0.0%	3.1%			0.0%	0.0%
DI+2																0.0%				0.0%				0.0%
81-00	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
	DI-2	4.4%			3.3%				3.7%				2.1%	1.4%										
	DI-1																	4.1%	1.6%					
	DI+1			0.0%				0.9%	0.0%			36.6%	0.2%			16.2%		2.1%	4.1%	0.6%			1.3%	0.0%
DI+2																1.2%				1.7%				0.3%
001-20	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
	DI-2	4.0%			3.0%				3.7%				1.9%	1.9%										
	DI-1																	3.8%	2.6%					
	DI+1			0.0%				1.0%	0.0%			98.8%	0.1%			23.2%		1.4%	4.3%	1.4%			1.6%	1.2%
DI+2																0.7%				2.0%				0.7%
21-40	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
	DI-2	2.6%			2.7%				2.6%				0.8%											
	DI-1																	2.6%	4.9%					
	DI+1			0.0%				1.2%	0.0%			11.1%	0.1%			34.5%		1.5%	5.6%	2.2%			2.5%	0.5%
DI+2																6.6%				4.9%				2.1%
41-60	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
	DI-2	1.2%			2.2%				2.3%				0.9%	1.9%										
	DI-1																	2.5%	3.5%					
	DI+1			0.0%				0.1%	0.0%			1.5%	0.0%			24.5%		1.6%	4.7%	2.6%			5.7%	0.8%
DI+2																11.8%				19.8%				3.3%
61-80	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
	DI-2	0.7%			1.1%				2.1%				0.8%	1.4%										
	DI-1																	1.8%	3.3%					
	DI+1			0.0%				0.0%	0.0%			1.4%	0.0%			6.3%		0.7%	3.6%	7.7%			8.4%	2.2%
DI+2																1.6%				42.2%				7.4%
81-100	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
	DI-2	0.3%			0.6%				1.5%				0.8%	1.3%										
	DI-1																	1.0%	2.5%					
	DI+1			0.0%				0.0%	0.0%			0.2%	0.0%			1.5%		1.1%	2.3%	6.7%			8.3%	3.1%
DI+2																0.0%				49.0%				12.3%

3.3.3 Περιοχική ανάλυση των κατηγοριών του συστήματος MCC στην Ελλάδα

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, οι αμπελουργικές κατηγορίες του συστήματος MCC είναι 96. Εικοσιμία (21) από αυτές περιγράφουν το 98% των περιοχών της Ελλάδος. Οι κατηγορίες αυτές δεν εμφανίζονται ποτέ όλες μαζί σε μία εικοσαετία, αντίθετα αλλάζουν σύμφωνα με τις κλιματικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα σε κάθε τοποθεσία.

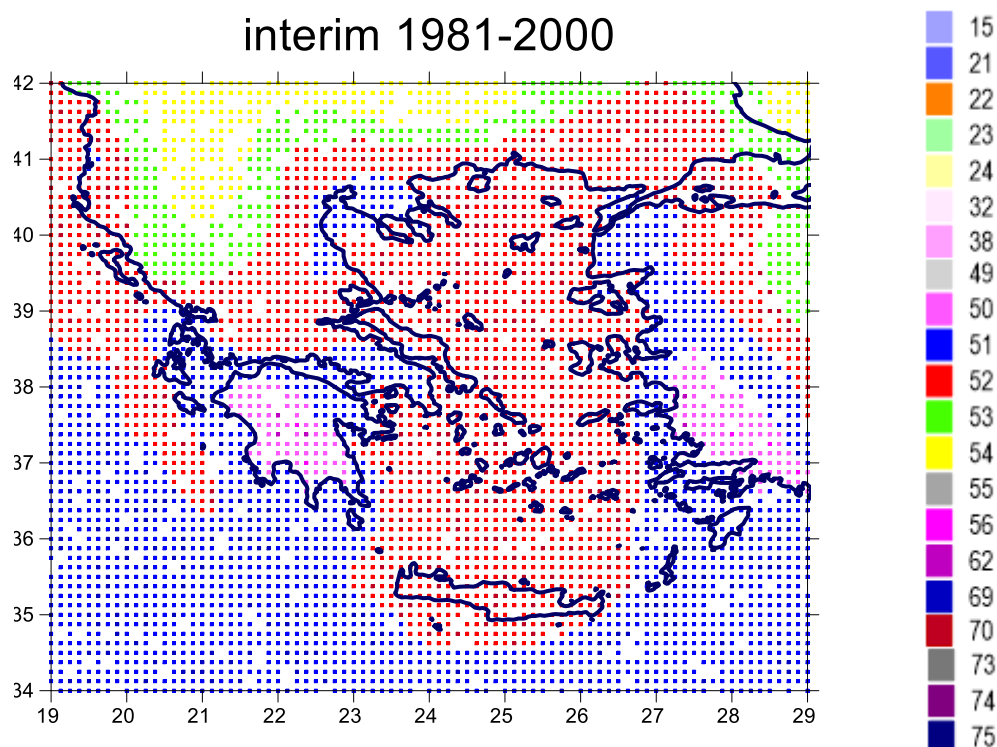
Η περιοχική ανάλυση των κατηγοριών του συστήματος MCC, γίνεται σύμφωνα με τα σχήματα 3.3.1 έως 3.3.7. Για την ευκολότερη αντιστοιχία ανάμεσα στις κατηγορίες του συστήματος MCC και στην κλίμακα των χαρτών που απεικονίζουν τις κατηγορίες για κάθε εικοσαετία (Σχήματα 3.3.1 έως 3.3.7), δόθηκε ένας κωδικός αριθμός σε κάθε μία από αυτές. Οι αριθμοί που αντιστοιχούν στις 96 κατηγορίες, παρουσιάζονται στον πίνακα 4. Επιπρόσθετα οι «κωδικοί» των 21 κατηγοριών που καλύπτουν το 98% της συνολικής έκτασης, βρίσκονται σε χρωματιστά πλαίσια (Πίνακας 3.3.3). Στους χάρτες του συστήματος MCC, κάθε μία από τις 6 υποκατηγορίες του δείκτη Huglin, απεικονίζεται από ένα χρώμα. Οι επικρατέστερες κατηγορίες του MCC που ανήκουν σε κάθε υποκατηγορία Huglin απεικονίζονται με διαβαθμίσεις του αντίστοιχου χρώματος. Η διαβάθμιση γίνεται με βάση τον δείκτη ξηρασίας (DI) καθώς τα πιο σκούρα χρώματα απεικονίζουν περιοχές με μεγαλύτερη ξηρασία. Στους χάρτες του συστήματος, υπάρχουν περιορισμένες λευκές περιοχές. Αυτές είναι οι περιοχές που δεν εντάσσονται σε καμία από τις 21 επικρατέστερες κατηγορίες και το συνολικό ποσοστό τους δεν ξεπερνά το 2%.

Για την περίοδο 1981-2000, έχουν προκύψει δύο χάρτες, ο ένας προερχόμενος από reanalysis δεδομένα, και ο άλλος από το μοντέλο (Σχήμα 3.3.1 και Σχήμα 3.3.2 αντίστοιχα). Οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στους δύο χάρτες, οφείλονται στη διαφορετική χωρική ανάλυση. Έτσι ο αριθμός των κατηγοριών που εμφανίζονται στο μοντέλο, είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με τον αντίστοιχο αριθμό στο χάρτη των reanalysis (Era-Interim). Και στους δύο χάρτες, επικρατέστερες είναι οι κατηγορίες 51 και 52. Αυτές, αντιστοιχούν σε κόμβους που βρίσκονται κυρίως πάνω από θαλάσσιες περιοχές στο χάρτη του μοντέλου, ενώ στον χάρτη των reanalysis περιγράφουν και νησιωτικές και ηπειρωτικές περιοχές. Έτσι γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει σημαντικός αριθμός περιοχών που κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες από τα δύο σύνολα δεδομένων.

Πίνακας 3.3.3: Αντιστοίχιση των 96 κατηγοριών του συστήματος MCC για την ελληνική περιοχή

	HI-3				HI-2				HI-1				HI+1				HI+2				HI+3			
	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2	CI+2	CI+1	CI-1	CI-2
DI-2	24	18	12	6	23	17	11	5	22	16	10	4	21	15	9	3	20	14	8	2	19	13	7	1
DI-1	48	42	36	30	47	41	35	29	46	40	34	28	45	39	33	27	44	38	32	26	43	37	31	25
DI+1	72	66	60	54	71	65	59	53	70	64	58	52	69	63	57	51	68	62	56	50	67	61	55	49
DI+2	96	90	84	78	95	89	83	77	94	88	82	76	93	87	81	75	92	86	80	74	91	85	79	73

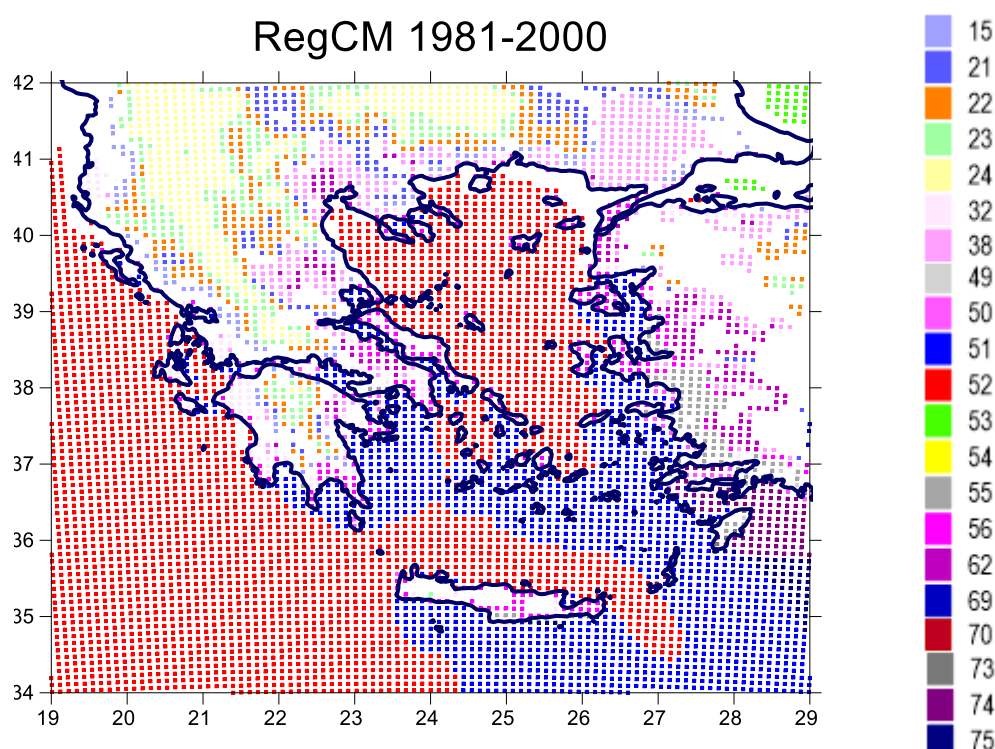
Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι περιοχές της Θεσσαλίας και της Κεντρικής Μακεδονίας που το μοντέλο τις περιγράφει με τις κατηγορίες 38,56,62, αποδίδοντας έτσι τον χαρακτηρισμό θερμές κλιματικά (HI+2, ροζ). Αντίθετα σύμφωνα με το μοντέλο ανήκουν στις κατηγορίες με εύκρατο (HI-1, κόκκινο) ή θερμό εύκρατο (HI+1, μπλε) κλίμα (52 και 51 αντίστοιχα). Αμπελουργικά, η σημασία της διαφοροποίησης αυτής, είναι ότι το μοντέλο αποδίδει στις περιοχές αυτές, υψηλότερες ημερήσιες και χαμηλότερες νυχτερινές θερμοκρασίες.



Σχήμα 3.3.1: Περιοχική κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, για την περίοδο 1981-2000, σύμφωνα με τα δεδομένα reanalysis-(ERAinterim)

Το μεγαλύτερο τμήμα της Πελοποννήσου σύμφωνα με τα reanalysis δεδομένα, περιγράφεται από την κατηγορία 38 και κατά συνέπεια χαρακτηρίζεται από θερμό κλίμα αμπελουργικά (HI+2, ροζ). Το μοντέλο αντίστοιχα εντάσσει μεγάλο μέρος της, στις κατηγορίες 32,38,50,56, που αποτελούν υποκατηγορίες του θερμού κλίματος (HI+2, ροζ). Ωστόσο η μεγαλύτερη ανάλυση επιτρέπει να ληφθούν υπ'όψη και η επίδραση των δεικτών DI και CI. Αναλυτικότερα στη δυτική πλευρά της Πελοποννήσου, η οποία δέχεται και τις περισσότερες βροχοπτώσεις, εντοπίζεται η κατηγορία 32 και έτσι η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από κλίμα ημίγρο για αμπελοκαλλιέργεια (DI-1). Επιπλέον, η μετάβαση προς το εσωτερικό της Πελοποννήσου συμπίπτει με τη μετάβαση προς κατηγορίες με χαμηλότερες ημερήσιες

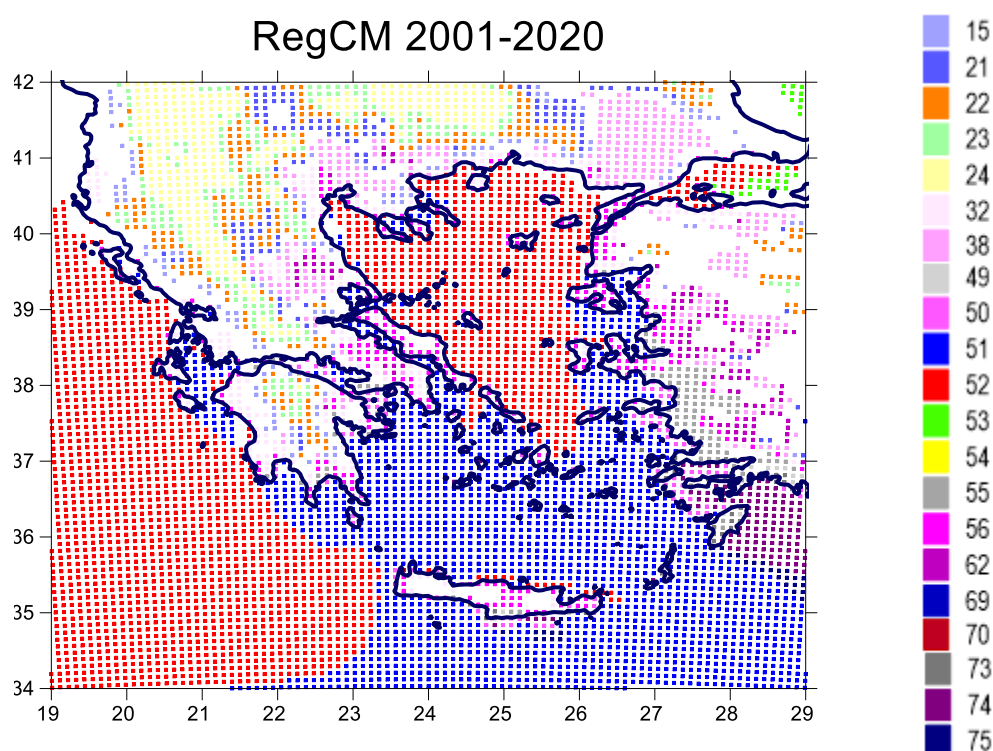
και νυχτερινές θερμοκρασίες, (15,21,23) γεγονός που εξηγείται από το ορεινό μικροκλίμα της περιοχής.



Σχήμα 3.3.2: Περιοχική κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, για την περίοδο 1981-2000, σύμφωνα με τα δεδομένα του Μοντέλου (RegCM)

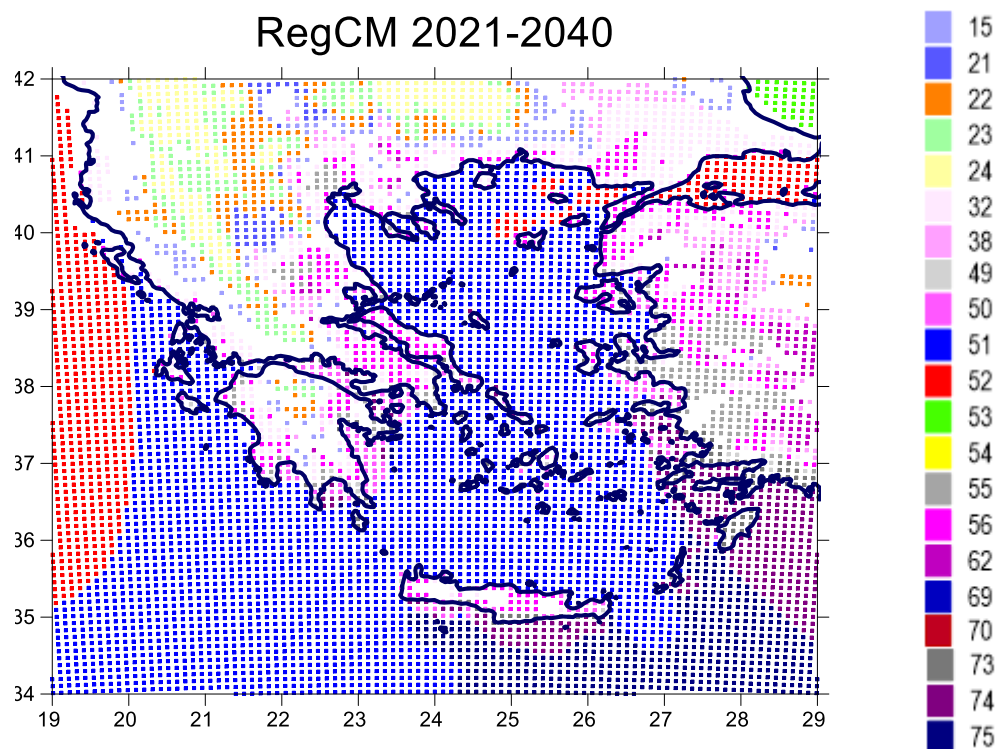
Οι περιοχές που βρίσκονται στη οροσειρά της Πίνδου, της Ροδόπης και στη δυτική Μακεδονία, περιγράφονται από τις κατηγορίες του πολύ ψυχρού (HI-3, κίτρινο) και ψυχρού (HI-2, πράσινο) κλίματος αμπελουργικά, και από τα δυο σύνολα δεδομένων. Οι πιο ορεινές περιοχές κατατάσσονται στις πολύ ψυχρές κατηγορίες (HI-3, κίτρινο) 24 (Σχήμα 3.3.2) και 54 (Σχήμα 3.3.1) και οι ποικιλίες που μπορούν να φτάσουν σε ωρίμανση (π.χ. Pinot blanc), είναι λίγες και συνήθως λευκές πρώιμες έως πολύ πρώιμες. Σε χαμηλότερα υψόμετρα, οι κατηγορίες που εντοπίζονται είναι η 53 (Σχήμα 3.3.1) και η 23 (Σχήμα 3.3.2). Και στις δύο περιπτώσεις οι περιοχές χαρακτηρίζονται ως ψυχρές αμπελουργικά (HI-2, πράσινο), και ένας μεγαλύτερος αριθμός πρώιμων-μεσοπρώιμων ποικιλιών μπορούν να φτάσουν σε ωρίμανση (Riesling, Pinot noir, Chardonnay, Merlot, Cabernet franc). Σύμφωνα με το χάρτη του μοντέλου (Σχήμα 2) η μετάβαση από τις παραθαλάσσιες περιοχές της δυτικής Ελλάδας, προς τις πιο ορεινές περιοχές της Πίνδου, συνοδεύεται από την εμφάνιση των κατηγοριών 15, 22, 23 και 24 σταδιακά. Έτσι οι περιοχές χαρακτηρίζονται υγρές αμπελουργικά, με πλήρη

απουσία ξηρότητας και υψηλό επίπεδο διαθεσιμότητας νερού. Ο χαρακτηρισμός αυτός συμφωνεί απόλυτα με την κατανομή των βροχοπτώσεων στον Ελλαδικό χώρο, καθώς αυτές είναι οι περιοχές που παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα ύψη βροχής. Ταυτόχρονα σύμφωνα με τον δείκτη CI, οι περισσότερες από αυτές τις περιοχές, ανήκουν στη κατηγορία πολύ ψυχρών νυχτών (CI+2) γεγονός που εξηγείται από το μεγάλο υψόμετρο. Τέλος, η σταδιακή αλλαγή των υποκατηγοριών από θερμό εύκρατο (HI+1, μπλε) σε εύκρατο (HI-1 κόκκινο), ψυχρό (HI-2, πράσινο) και τέλος σε πολύ ψυχρό (HI-3, κίτρινο) οφείλεται στις αλλαγές των ημερήσιων θερμοκρασιών που αποδίδονται με τον δείκτη Huglin και μειώνονται σταδιακά καθώς αυξάνεται το υψόμετρο της Πίνδου.



Σχήμα 3.3.3: Περιοχική κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, για την περίοδο 2001-2020, σύμφωνα με τα δεδομένα του Μοντέλου (RegCM)

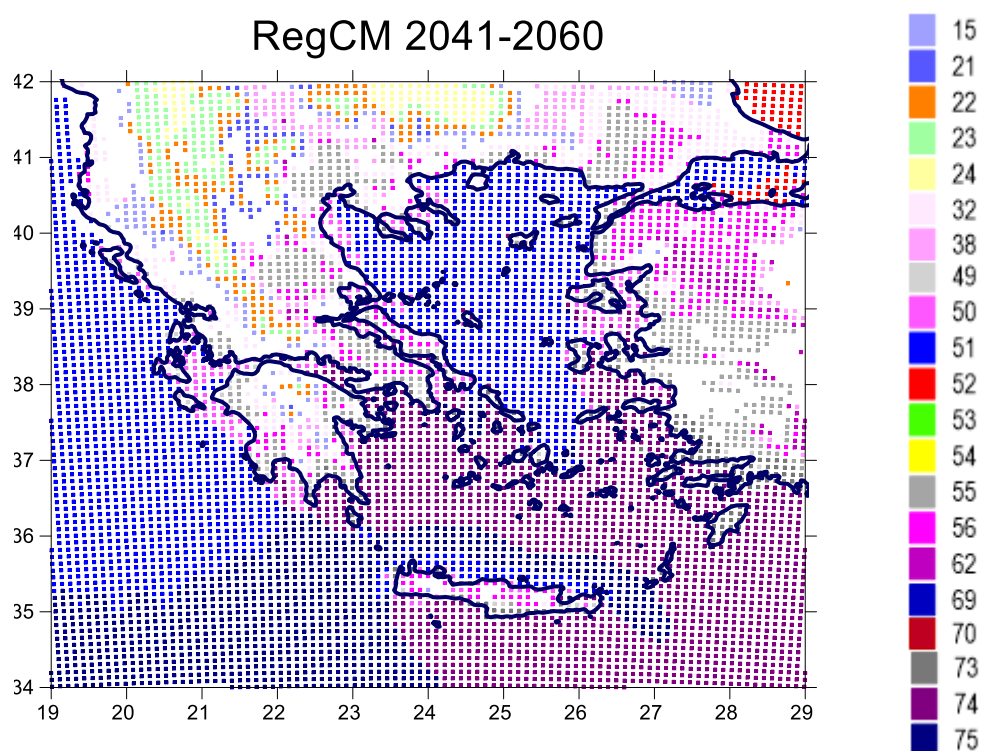
Σύμφωνα με τα σχήματα 3.3.2 και 3.3.3 φαίνεται πως οι ηπειρωτικές περιοχές της Ελλάδας δεν παρουσιάζουν σημαντικές αλλαγές στις κατηγορίες του συστήματος MCC για τις εικοσαετίες 1981-2000 και 2001-2020. Οι αλλαγές που έχουν προκύψει εντοπίζονται στη θαλάσσια περιοχή, βόρεια της Κρήτης στην οποία η κατηγορία 52 αντικαθίσταται από την 51. Ωστόσο η απουσία νησιών από την περιοχή αυτή καθιστά τη συγκεκριμένη μεταβολή, ασήμαντη για την έρευνα.



Σχήμα 3.3.4: Περιοχική κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, για την περίοδο 2021-2040, σύμφωνα με τα δεδομένα του Μοντέλου (RegCM)

Σημαντικές αλλαγές σε αρκετές περιοχές εντοπίζονται κατά την περίοδο 2021-2040 (Σχήμα 3.3.4). Η κατηγορία 52 που περιέγραφε το μεγαλύτερο τμήμα των θαλάσσιων περιοχών, έχει σχεδόν εξαφανιστεί από την ελληνική περιοχή. Οι υποκατηγορίες πολύ θερμού κλίματος (HI+3, γκρι) 49 και 55, αρχίζουν να περιγράφουν όλο και περισσότερες περιοχές. Ειδικότερα, ορισμένες περιοχές των νησιών του Ιονίου, κάποιες παραθαλάσσιες περιοχές της Πελοποννήσου, του Θεσσαλικού κάμπου και της κεντρικής Μακεδονίας, ορισμένα νησιά των Κυκλάδων και του ανατολικού Αιγαίου, έχουν μετακινηθεί από τις κατηγορίες 50 και 56 στις 49 και 55. Αυτό πρακτικά δηλώνει πως περιοχές που χαρακτηρίζονταν ως θερμές αμπελουργικά (HI+2, ροζ) και όλες οι ποικιλίες είχαν το χρόνο να ωριμάσουν, πλέον χαρακτηρίζονται ως πολύ θερμές (HI+3, γκρι) και αποκτούν κάποια κλιματικά χαρακτηριστικά της ενδοτροπικής ζώνης. Επίσης, σημαντική διαφοροποίηση εντοπίζεται στην ορεινή περιοχή της Πίνδου, καθώς ο αριθμός των περιοχών που ανήκουν στην πολύ ψυχρή κατηγορία (HI-3, κίτρινο) έχει περιοριστεί σημαντικά σε σχέση με τις προηγούμενες εικοσαετίες. Αρκετές από αυτές έχουν μεταβεί στην ψυχρή κατηγορία 23 (HI-2, πράσινο) όπου η αμπελοκαλλιέργεια πραγματοποιείται σε ευνοϊκότερες συνθήκες.

Κατά την περίοδο 2041-2060 (Σχήμα 3.3.5), οι αλλαγές που ξεκίνησαν τις προηγούμενες εικοσαετίες έχουν αρχίσει να γίνονται εντονότερες. Στο νότιο Αιγαίο η πλειοψηφία των θαλάσσιων περιοχών έχει μετακινηθεί από την κατηγορία 51 (θερμή εύκρατη HI+1, μπλε) στην 74 (θερμή HI+2, ροζ) . Το συγκεκριμένο γεγονός, δεν έχει ιδιαίτερη σημασία αμπελουργικά καθώς αυτά τα σημεία του πλέγματος βρίσκονται πάνω από θαλάσσιες περιοχές, όμως προσφέρεται η πληροφορία ότι παρατηρείται μια γενικότερη αύξηση των ημερήσιων θερμοκρασιών στην ευρύτερη περιοχή.

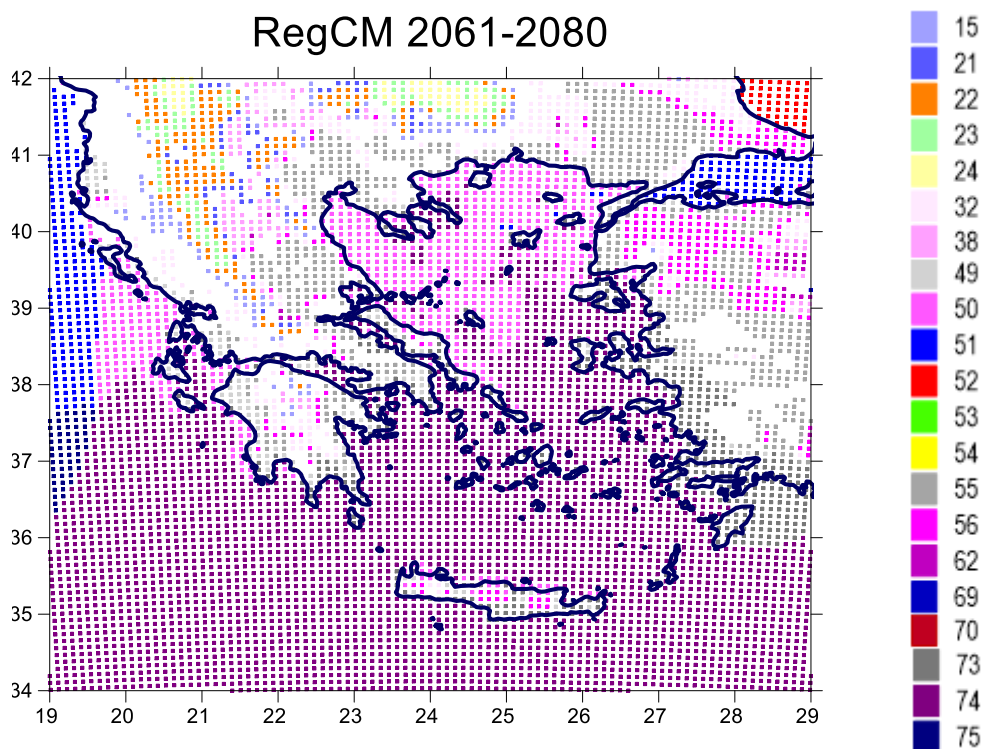


Σχήμα 3.3.5: Περιοχική κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, για την περίοδο 2041-2060, σύμφωνα με τα δεδομένα του Μοντέλου (RegCM)

Όσον αφορά τα νησιά, η μετακίνηση προς τις κατηγορίες του πολύ θερμού κλίματος αμπελουργικά (HI+3, γκρι) παρατηρείται τόσο στο Ιόνιο όσο και στο Αιγαίο πέλαγος. Αναλυτικότερα, τα νησιά του Ιονίου φαίνεται πως μετακινούνται από τις θερμές κατηγορίες 50 και 56 (HI+2, ροζ) στις πολύ θερμές κατηγορίες 49 και 55 (HI+3, γκρι). Η μετακίνηση αυτή δεν οφείλεται σε αλλαγές των τιμών ξηρασίας (DI+1) ούτε στις τιμές των νυχτερινών θερμοκρασιών (CI-1 και CI-2), αλλά στην αύξηση των ημερήσιων θερμοκρασιών που περιγράφονται από τον δείκτη Huglin. Επίσης, στα νησιά του Αιγαίου και κυρίως στις Κυκλάδες, υπάρχουν περιοχές που έχουν μετακινηθεί στην κατηγορία 73 και χαρακτηρίζονται ως πολύ θερμές αμπελουργικά

(HI+3, γκρι). Ένα ακόμα συμπέρασμα που προκύπτει από τις παρατηρούμενες αλλαγές, είναι ότι δεν οφείλονται μόνο στην αύξηση των ημερήσιων θερμοκρασιών αλλά και τη μείωση του υδατικού αποθέματος. Ακόμη μία περιοχή όπου πολλά μέρη της έχουν μεταβεί στην πολύ θερμή ζώνη (HI+3, γκρι) είναι η Πελοπόννησος. Η μετακίνηση των παραθαλάσσιων περιοχών της από τις κατηγορίες 50, 56 στις 49,55 και 73 δεν γίνεται ομοιόμορφα. Στην δυτική πλευρά επικρατούν οι πολύ θερμές κατηγορίες 49 και 55 (HI+3, γκρι) που περιγράφουν μια κατάσταση μέτριας ξηρασίας (DI+1), σε αντίθεση με το παρελθόν που χαρακτηρίζονταν ημίυγρες (DI-1). Στην ανατολική πλευρά όμως ορισμένες περιοχές περιγράφονται από την πολύ θερμή κατηγορία 73 (HI+3, γκρι) σύμφωνα με την οποία η άρδευση είναι απαραίτητη για καλλιέργεια αμπέλου (DI+2). Σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας, παρατηρείται μετακίνηση από τις θερμές στις πολύ θερμές κατηγορίες του συστήματος. Τέτοιες περιοχές εντοπίζονται στην κεντρική Μακεδονία, τη Θεσσαλία, της Ανατολικής Στερεάς και στα νησιών του ανατολικού Αιγαίου. Κατά τις προηγούμενες εικοσαετίες, σημαντικό κομμάτι της Κρήτης, δεν παρουσίαζε χαρακτηριστικά από τις 21 κατηγορίες του συστήματος MCC που χαρτογραφούνται. Πλέον το μεγαλύτερο τμήμα της περιγράφεται από τη θερμή κατηγορία 56 (HI+2, ροζ). Στην ηπειρωτική Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στην έκταση της Πίνδου και της δυτικής Μακεδονίας οι πολύ ψυχρές περιοχές της κατηγορίας 24 (HI-3, κίτρινο), στην οποία η αμπελοκαλλιέργεια δεν ευνοείται ιδιαίτερα έχουν ελαχιστοποιηθεί. Τη θέση τους έχει πάρει η ψυχρή κατηγορία 23 (HI-2, πράσινο) ενώ και η εύκρατη κατηγορία 22 (HI-1, κόκκινο) έχει επεκταθεί σημαντικά. Έτσι οι περιοχές αυτές διατηρούν τις πολύ χαμηλές νυχτερινές θερμοκρασίες και τα υψηλά επίπεδα υγρασίας, αυξάνουν όμως τις ημερήσιες θερμοκρασίες αυξάνοντας ταυτόχρονα και τον αριθμό των ποικιλιών που μπορούν να καλλιεργηθούν.

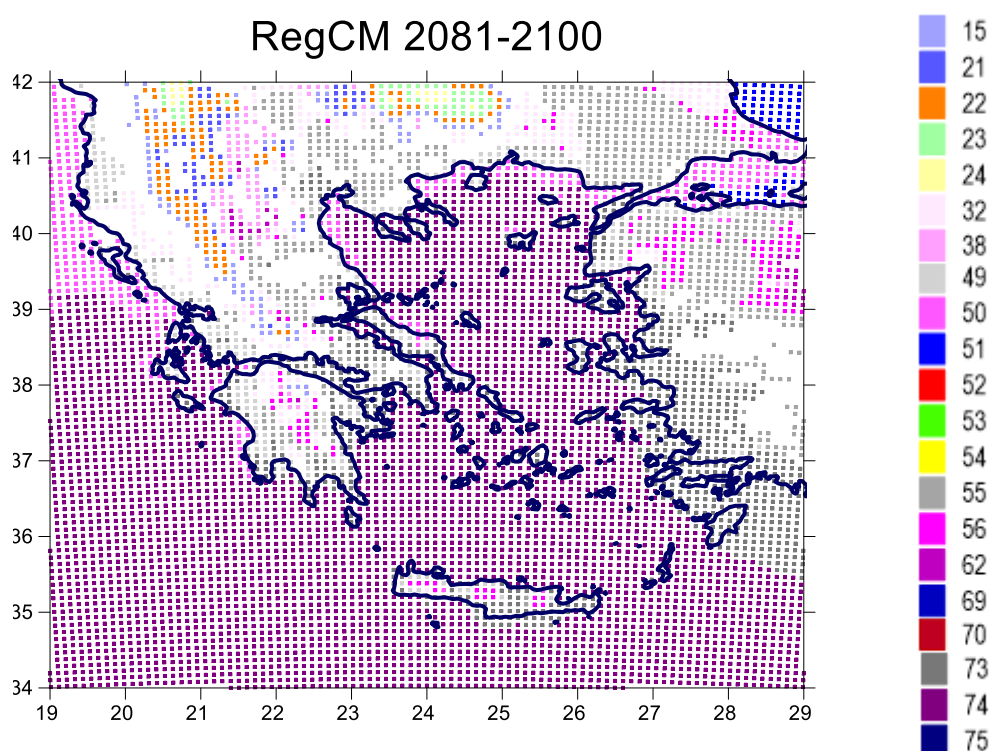
Η γενικότερη αύξηση των ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών και οι μεταβολές στα ποσά και επεισόδια βροχής με το πέρασμα των ετών είναι οι βασικοί παράγοντες για την αλλαγή της εικόνας που παρουσιάζουν οι αμπελουργικοί δείκτες. Την εικοσαετία 2061-2080 η αλλαγή που έχει συμβεί είναι εμφανής στην πλειοψηφία των ελληνικών περιοχών (Σχήμα 3.3.6). Κατά την περίοδο αυτή, η πλειοψηφία των ηπειρωτικών και νησιωτικών περιοχών περιγράφεται από τις πολύ θερμές κατηγορίες 49, 55, 73 (HI+3, γκρι).



Σχήμα 3.3.6: Περιοχική κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, για την περίοδο 2061-2080, σύμφωνα με τα δεδομένα του Μοντέλου (RegCM)

Αναλυτικότερα, οι παραθαλάσσιες περιοχές της δυτικής Ελλάδας περιγράφονται από την πολύ θερμή κατηγορία 49 (HI+3, γκρι). Παρουσιάζουν λοιπόν, αυξημένες ημερήσιες θερμοκρασίες που συναντώνται στην ενδοτροπική ζώνη, νυχτερινές θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 18°C (CI-2) και κατά συνέπεια μικρό κίνδυνο για νυχτερινό παγετό. Όσον αφορά την υγρασία, παρά την γενικότερη ξηρασία που επικρατεί στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας, η δυτική πλευρά δέχεται τις περισσότερες βροχοπτώσεις, διατηρώντας έτσι τις τιμές του DI στην κατηγορία του ημίυγρου κλίματος (DI+1). Αντίστοιχα συμπεράσματα για τις ημερήσιες θερμοκρασίες και την ξηρασία εκφράζονται από την κατηγορία 55 (HI+3, γκρι). Η διαφορά εντοπίζεται στις νυχτερινές θερμοκρασίες (CI-1) που είναι μέχρι και 4oC χαμηλότερες συγκριτικά με της κατηγορίας 49. Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσεται μεγάλος αριθμός περιοχών σε όλη την Ελλάδα. Τέτοιες είναι οι περισσότερες περιοχές της κεντρικής Μακεδονίας, της Θεσσαλίας, της Στερεάς, της Ανατολικής Πελοποννήσου και των νησιών του Ανατολικού Αιγαίου. Μία ακόμα κατηγορία που συνεχώς αυξάνει τα ποσοστά της είναι η 73 (πολύ θερμή, HI+3, γκρι). Οι περιοχές που ανήκουν στην κατηγορία αυτή, παρουσιάζουν κλιματικά χαρακτηριστικά που συναντώνται στην ενδοτροπική ζώνη (HI+3). Ταυτόχρονα, οι νύχτες τους είναι αμπελουργικά θερμές

(CI-2) ενώ το επίπεδο ξηρασίας είναι ιδιαίτερα υψηλό (DI+2), και κατά συνέπεια η ύπαρξη αρδευτικών συστημάτων απαραίτητη. Τέτοιες περιοχές εντοπίζονται στην ανατολική Στερεά, και την ανατολική Πελοπόννησο, στην πλειοψηφία των νησιών των Κυκλάδων και σε μικρό αριθμό περιοχών στην Νότια Κρήτη. Ένα επιπλέον σημαντικό στοιχείο σε αυτήν την εικοσαετία αποτελεί το γεγονός ότι οι περιοχές της πολύ ψυχρής κατηγορίας 24 (HI+3, κίτρινο) έχουν εξαλειφθεί εντελώς ενώ και η ψυχρή κατηγορία 23 (HI+2, πράσινο), έχει χάσει πολλές περιοχές που πλέον περιγράφονται από την εύκρατη κατηγορία 22 (HI+1, κόκκινο). Η αλλαγή αυτή έχει προέλθει από την αύξηση των τιμών του δείκτη Huglin.



Σχήμα 3.3.7: Περιοχική κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, για την περίοδο 2081-2100, σύμφωνα με τα δεδομένα του Μοντέλου (RegCM)

Στην τελευταία εικοσαετία μελέτης (Σχήμα 3.3.7), η κατάταξη των κατηγοριών του συστήματος MCC, ακολουθεί παρόμοια πορεία με τα έτη 2061-2080. Διαφορές εντοπίζονται στο κομμάτι της Πίνδου όπου η ψυχρή κατηγορία 23 (HI+2,πράσινη) δεν συναντάται πλέον και την θέση της έχει καταλάβει η εύκρατη κατηγορία 22 (HI+1,κόκκινο). Επιπλέον, ένα τμήμα της Θεσσαλίας κατά τα έτη 2081-2100, περιγράφεται από κατηγορία του συστήματος MCC που παρουσιάζει ποσοστό μικρότερο του 2%, και κατά συνέπεια δεν ανήκει σε καμία από τις 21 κατηγορίες που

χαρτογραφούνται. Αντίθετα περιοχές της Πελοποννήσου και της Κρήτης που ανήκαν σε τέτοιες κατηγορίες, πλέον περιγράφονται από τις πολύ θερμές κατηγορίες 49 , 55 και 73 (HI+3, ροζ).

3.3.4 Σύγκριση ελληνικών αμπελουργικών περιοχών, με αμπελουργικές περιοχές του κόσμου, σύμφωνα με το σύστημα MCC.

Σε αυτό το κομμάτι της μελέτης, γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης των ελληνικών αμπελουργικών περιοχών με άλλες αμπελουργικές περιοχές του κόσμου, σύμφωνα με το σύστημα MCC. Εστιάζοντας στις κυριότερες αμπελουργικές περιοχές της Ελλάδας, θα μελετηθούν τα κλιματικά-αμπελουργικά χαρακτηριστικά τους κατά το πέρασμα των ετών, σε σύγκριση με άλλες αμπελουργικές περιοχές του κόσμου. Η επιλογή των αμπελουργικών περιοχών του κόσμου που αναλύονται παρακάτω και συγκρίνονται με τις ελληνικές περιοχές, έχει γίνει σύμφωνα με τα στοιχεία της εργασίας Tonietto και Carbonneau (2004). Σύμφωνα με αυτήν, διάφορες αμπελουργικές περιοχές του κόσμου έχουν ενταχθεί στις κατηγορίες του συστήματος MCC, από τους δημιουργούς του συστήματος κατάταξης (Tonietto και Carbonneau (2004)). Η σύγκριση θα γίνει με βάση τον πίνακα των κατηγοριών του συστήματος MCC (Πίνακας 3.3.1) και τον πίνακα που περιγράφει κάθε κατηγορία με έναν αριθμό (Πίνακας 3.3.3).

Η κατηγορία που κυριαρχεί στα νησιά του Ιονίου τις τρεις πρώτες εικοσαετίες είναι η 56, στην οποία το κλίμα θεωρείται θερμό αμπελουργικά (HI+2) (Πίνακας 3.3.3). Στην ίδια κατηγορία ανήκει η περιοχή της Ισπανίας Murcia, η οποία είναι σημαντική οινοπαραγωγική περιοχή και προσφέρεται και για οινoturισμό. Με το πέρασμα των εικοσαετιών η περιοχή των Ιονίων νήσων μεταβαίνει στην θερμή κατηγορία 50 (HI+2) κατά την περίοδο 2041-2060, και έπειτα στην πολύ θερμή κατηγορία 49 (HI+3). Προκύπτει έτσι ότι κατά τα τελευταία έτη της μελέτης, οι ποικιλίες που θα μπορούν να καλλιεργηθούν θα είναι παρόμοιες με αυτές της περιοχής Petrolina στην Βραζιλία η οποία ανήκει επίσης στην πολύ θερμή κατηγορία 49 (HI+3). Η περιοχή βρίσκεται στο Permabuco στο βόρειο τμήμα της χώρας. Αρχικά οι ντόπιοι δεν πίστευαν πως η περιοχή τους θα είναι κατάλληλη για παραγωγή οίνου, κυρίως εξαιτίας της υψηλής ξηρασίας. Ωστόσο με την ανθρώπινη παρέμβαση και την τοποθέτηση αρδευτικών συστημάτων, αποτελεί σήμερα μια σημαντικά ανερχόμενη οινοπαραγωγική περιοχή με προδιαγραφές για παραγωγή εξαιρετικών κρασιών. Εκτιμάται μάλιστα πως τα κρασιά

της περιοχής Petrolina θα πρωταγωνιστήσουν τα επόμενα χρόνια στην παγκόσμια αγορά.

Οι ορεινές περιοχές της Πίνδου και της Δυτικής Μακεδονίας, αποτελούν ακόμα ένα τμήμα της Ελλάδας με εμφανής κλιματικές αλλαγές κατά τα χρόνια μελέτης, που επηρεάζουν και την παραγωγή του κρασιού. Σύμφωνα με τις κατηγορίες που εντοπίζονται στην περιοχή αυτή (15, 22, 23, 24), την εικοσαετία 1981-2000 το κλίμα που επικρατεί παρουσιάζει χαρακτηριστικά της πολύ ψυχρής έως της θερμής εύκρατης κατηγορίας (HI+1, HI-1, HI-2, HI-3). Κατά το πέρασμα των εικοσαετιών δεν παρατηρείται είσοδος νέων κατηγοριών, αλλά αλλαγή στην έκταση που καταλαμβάνουν οι ήδη υπάρχουσες. Έτσι η έκταση της πολύ ψυχρής και ψυχρής κατηγορίας (24, HI-3) σταδιακά μειώνεται μέχρι που εξαφανίζεται εντελώς κατά την τελευταία εικοσαετία μελέτης. Αμπελουργικές περιοχές στον παγκόσμιο χάρτη που παρουσιάζουν παρόμοια κλιματικά χαρακτηριστικά εντοπίζονται στην Αγγλία (Maidstone), στην Γερμανία (Wurzburg, Stuttgart, Trier) στον Καναδά (Quebec) και στην Ελβετία (Geneva). Το μεγάλο υψόμετρο των ελληνικών περιοχών που εντάσσονται στην πολύ ψυχρή κατηγορία (24, HI-3) δικαιολογεί την αντιστοιχία που εμφανίζουν με περιοχές του πλανήτη, στις οποίες οι επικρατούσες ημερήσιες και νυχτερινές θερμοκρασίες είναι χαμηλές ενώ ταυτόχρονα και η ξηρασία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας του μεγάλου αριθμού βροχοπτώσεων. Για παράδειγμα, η ομοιότητα με σημαντικές γερμανικές αμπελουργικές περιοχές αποδεικνύει πως αμπέλια που βρίσκονται σε βόρεια γεωγραφική θέση, με ηλιόλουστες πλαγιές και ψυχρό κλίμα μπορούν να παράγουν ποιοτικά κρασιά. Οι περιοχές του Καναδά επίσης που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή, αποτελούν ένα ακόμα στοιχείο πως σε ψυχρές περιοχές μπορούν να καλλιεργηθούν και να παραχθούν κρασιά υψηλής ποιότητας. Ποικιλίες που ευνοούνται από τις χαμηλές θερμοκρασίες, και καλλιεργούνται στις περιοχές της κατηγορίας αυτής είναι το Chardonnay, Sauvignon, Pinot blanc, Pinot grigio από λευκές και Merlot, Cabernet franc, Pinot Noir από κόκκινες. Η αμπελουργικές περιοχές της πολύ ψυχρής κατηγορίας 24 (HI-3) σταδιακά μειώνονται και την θέση τους παίρνουν ψυχρές περιοχές (23 HI-2), κυρίως κατά τα έτη 2021-2060. Αμπελουργικές περιοχές του κόσμου που εμφανίζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με την ψυχρή κατηγορία 23, είναι οι Besancon, Neustadt, Freiburg (Γερμανία), Rochester (Νέα Υόρκη), Novo Mesto, Murska Sobota, Bizeljko (Σλοβενία). Στη Σλοβενία, στην οποία σημαντικός αριθμός περιοχών εντάσσεται στην κατηγορία αυτή, παράγονται

σημαντικές ποσότητες κρασιών, οι οποίες καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό την εγχώρια αγορά. Γνωστές λευκές ποικιλίες που καλλιεργούνται στη Σλοβενία είναι: Rebula, Sauvignon, Malvazija, Laški Rizling και από κόκκινες: Merlot, Barbera, Cabernet Sauvignon and Modri Pinot. Ωστόσο, αυτό που κάνει τη περιοχή ιδιαίτερη, είναι οι αυτόχθονες ποικιλίες της όπως οι λευκές Zelen και Pinela. Υπάρχει ακόμα η ημιερυθρή Klarnica και η Pikolit από την οποία φτιάχνεται ημίγλυκο κρασί με έντονο άρωμα ροδάκινο. Τις τελευταίες δύο εικοσαετίες η αύξηση των νυχτερινών και κυρίως των ημερήσιων θερμοκρασιών, έχει μετατρέψει τις εύκρατες και θερμές εύκρατες κατηγορίες 15 (HI-1) και 22 (HI+1) σε κυρίαρχες. Έτσι οι περιοχές φαίνεται πως θα εμφανίσουν αμπελουργικά χαρακτηριστικά παρόμοια με της περιοχής Macon της Γαλλίας που αποτελεί μια από τις σημαντικότερες οινοπαραγωγικές περιοχές του κόσμου. Η περιοχή Macon βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Βουργουνδίας στη Γαλλία. Η περιοχή είναι γνωστή για την παραγωγή ποιοτικών κρασιών, κυρίως λευκών. Η βασική ποικιλία που καλλιεργείται στην περιοχή είναι το σταφύλι Chardonnay και σχεδόν όλα τα κρασιά που παράγονται σε αυτήν την περιοχή είναι λευκά. Επιπλέον από μερικές καλλιεργούμενες ποικιλίες όπως το Gamay και το Pinot Noir παράγεται κόκκινο ή ροζέ κρασί, τα οποία αποτελούν περίπου το 30% της συνολικής παραγωγής.

Η Μακεδονία αποτελεί επίσης μια από τις σημαντικότερες ελληνικές οινοπαραγωγικές περιοχές. Το μικροκλίμα πολλών περιοχών της μάλιστα, επιτρέπει την παραγωγή οίνων που κατέχουν τον τίτλο ΠΟΠ (προστατευόμενη ονομασία προέλευσης). Για παράδειγμα οι Πλαγίες Μελίτωνα στη Χαλκιδική, η Γουμένισσα στο Κιλκίς, το Αμύνταιο στη Φλώρινα, η Νάουσα στην Ημαθία αποτελούν τέτοιες περιοχές. Οι κλιματικές αλλαγές, θα επηρεάσουν άμεσα την καλλιέργεια της αμπέλου, τις ευνοούμενες κλιματικά ποικιλίες και κατά συνέπεια την οικονομία της περιοχής. Η ευρύτερη περιοχή της κεντρικής Μακεδονίας, κατά την περίοδο 1981-2020, περιγράφεται κυρίως από τις θερμές αμπελουργικά κατηγορίες (32,38,50,56 HI+2). Η νέα κατηγορία που εντοπίζεται στην περιοχή αυτή και για την οποία δε προηγήθηκε σύγκριση με άλλες αμπελουργικές περιοχές του κόσμου είναι η θερμή κατηγορία 38 (HI+2). Σύμφωνα με το σύστημα MCC, η περιοχή YiLi στην Κίνα, ανήκει στην ίδια κατηγορία. Μετά το 2021 φαίνεται πως σε ορισμένες εκτάσεις της Ημαθίας, η αύξηση θερμοκρασιών οδηγεί στην εμφάνιση πολύ θερμών κατηγοριών (49,55 HI+3) οι οποίες εμφανίζονται στην περιοχή του Ιονίου κατά τις πρώτες εικοσαετίες της μελέτης. Σταδιακά, η έκταση που καταλαμβάνουν οι κατηγορίες αυτές αυξάνεται, και μέχρι τα

τέλη του 2080 καταλαμβάνουν την πλειοψηφία των περιοχών της Κεντρικής Μακεδονίας. Την τελευταία εικοσαετία εμφανίζεται και η πολύ θερμή κατηγορία 73 στις χερσονήσους της Χαλκιδικής και στην περιοχή της Ημαθίας. Έτσι φαίνεται πως οι περιοχές αυτές θα εμφανίζουν κλιματικά χαρακτηριστικά, παρόμοια με της περιοχής Tunis-Cartagena στην Τυνησία. Η γεωγραφική θέση της Τυνησίας, η επιρροή της από τη θάλασσα της Μεσογείου, οι υγροί χειμώνες και τα ξηρά θερμά καλοκαίρια την καθιστούν μια εξαιρετική περιοχή για παραγωγή ποιοτικού οίνου. Η ιστορία της στην παραγωγή κρασιού κρατά από τα βάθη των αιώνων. Σήμερα περισσότερα από 10.000 εκτάρια της χώρας καλύπτονται από αμπελώνες και η παραγωγή οίνου είναι η τρίτη βασική παραγωγή της χώρας μετά από το λάδι και το σιτάρι. Οι βασικές καλλιεργούμενες ποικιλίες μοιάζουν με αυτές που καλλιεργούνται στην νότια Γαλλία. Κάποιες από αυτές είναι: Carignan, Cinsaut, Grenache, Syrah, Mourvedre, και πιο πρόσφατα, Cabernet Sauvignon και Merlot που παράγουν ερυθρό οίνο. Το ποσοστό των ποικιλιών που δίνουν λευκό κρασί είναι μικρότερο και προέρχεται από τις ποικιλίες Chardonnay, Muscat of Alexandria, Ugni blanc and Pedro Ximenez.

Παρόμοια πορεία με την κεντρική Μακεδονία, στην εναλλαγή κατηγοριών του συστήματος MCC, ακολουθεί και η Θεσσαλία. Η μόνη διαφορά παρατηρείται στην τελευταία εικοσαετία μελέτης κατά την οποία η περιοχή έχει μεταβεί σε κατηγορία μειοψηφίας. Αναλυτικότερα οι κλιματικές συνθήκες που θα επικρατήσουν στην Θεσσαλία φαίνεται πως θα διαφέρουν από την υπόλοιπη Ελλάδα, και έτσι οι αμπελουργική κατηγορία του συστήματος MCC που θα την χαρακτηρίζει κατέχει ποσοστό μικρότερο του 2% και δεν παρουσιάζεται. Η μελέτη της κατηγορίας που θα εμφανιστεί μπορεί να αποτελέσει ένα μελλοντικό θέμα έρευνας, καθώς στην περιοχή καλλιεργούνται σημαντικές ποικιλίες σταφυλιών και παράγονται οίνοι που φέρουν τον τίτλο ΠΟΠ. Για παράδειγμα οι περιοχές Ραψάνη (Λάρισα), Αγχίαλος (Μαγνησία), Μεσενικόλας (Καρδίτσα), αποτελούν περιοχές με τέτοιες καλλιέργειες.

Με λεπτομερή παρατήρηση των περιοχών της ανατολικής Στερεάς, και των νησιών του Αιγαίου με έμφαση στις Κυκλάδες, φαίνεται πως το σύνολο των περιοχών ακολουθούν παρόμοια πορεία μέσα στο σύστημα MCC με τις περιοχές που μελετήθηκαν. Έτσι ξεκινώντας από τις θερμές κατηγορίες (HI+2) καταλήγουν στις πολύ θερμές (HI+3) αμπελουργικά. Η αξιοσημείωτη διαφορά είναι το ότι κατά τα έτη 1981-2020 τα περισσότερα νησιά των Κυκλάδων, ανήκουν στην θερμή κατηγορία 74 (HI+2).

Περιοχές του κόσμου που ανήκουν στην ίδια κατηγορία εντοπίζονται σε αρκετές χώρες όπως Ισπανία (Malaga,Tenerife), Ιταλία (Lecce, Trapani), Τυνησία (Nabeul,Bizerta), Ισραήλ (Haifa) και Τουρκία (Izmir). Βασικό κοινό χαρακτηριστικό των περιοχών αυτών που τις διαφοροποιεί από άλλες είναι το επίπεδο ξηρασίας που είναι ιδιαίτερα υψηλό. Η γεωγραφική θέση των περιοχών αυτών είναι τέτοια όπου το ύψος βροχής κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, καθιστώντας την ύπαρξη αρδευτικών συστημάτων απαραίτητη.

Η Πελοπόννησος παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα. Αρκετές οινοπαραγωγικές περιοχές που βρίσκονται στο δυτικό κομμάτι μεταβαίνουν σταδιακά σε θερμότερες κατηγορίες και στο τέλος της περιόδου μελέτης εμφανίζουν παρόμοια κλιματικά χαρακτηριστικά με την περιοχή Petrolina στην Βραζιλία. Οι ανατολικές περιοχές παρουσιάζουν παρόμοια πορεία παρουσιάζοντας όμως κλιματικά χαρακτηριστικά παρόμοια με την περιοχή Tunis-Cartagena στην Τυνησία. Η διαφορά που εντοπίζεται οφείλεται στο μεγαλύτερο αριθμό βροχοπτώσεων που δέχεται το δυτικό κομμάτι.

Τέλος στην Κρήτη, κατά τις δύο πρώτες εικοσαετίες οι βόρειες παράκτιες περιοχές κατατάσσονται στην κατηγορία θερμή κατηγορία 56 (HI+2) στην οποία όπως προαναφέρθηκε ανήκει και η περιοχή Murcia της Ισπανίας. Στο νότιο κομμάτι της κατά την ίδια περίοδο επικρατούν κατηγορίες που εμφανίζονται και σε περιοχές της Τυνησίας (Bizerta, Nabeaul), της Ισπανίας (Tenerife), της Ιταλίας (Malaga,Lecce,Trapani), του Ισραήλ (Haifa) και της Τουρκίας (Izmir). Με την πάροδο του χρόνου, στο κομμάτι αυτό, παρατηρείται κίνηση προς ξηρότερες κατηγορίες που μοιάζουν κλιματικά με την περιοχή Tunis-Cartagena στη Τυνησία. Η κατηγορίες του συστήματος που χαρακτηρίζουν το εσωτερικό κομμάτι της Κρήτης στις πρώτες εικοσαετίες της μελέτης έχουν ποσοστό μικρότερο του 2%. Ωστόσο από το 2041 και μετά παρουσιάζουν χαρακτηριστικά θερμών κατηγοριών (HI+2) που μοιάζουν με της περιοχής Murcia στην Ισπανία.

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η μελέτη της επίδρασης των κλιματικών αλλαγών στην αμπελουργία της ελληνικής περιοχής με τη χρήση βιοκλιματικών δεικτών. Η ταξινόμηση των ελληνικών περιοχών, σε αμπελουργικές κατηγορίες που εμφανίζουν παρόμοια κλιματικά χαρακτηριστικά αποτέλεσε έναν ακόμα στόχο της μελέτης.

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δύο ομάδες δεδομένων: η πρώτη είναι reanalysis δεδομένα (ERA Interim), από το ευρωπαϊκό κέντρο ECMWF, και η δεύτερη ομάδα δεδομένων ανήκει στο περιοχικό κλιματικό μοντέλο RegCM3. Και από τις δύο πηγές δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, για όλη την ελληνική περιοχή. Τα reanalysis δεδομένα καλύπτουν την περίοδο 1981-2000, ενώ τα δεδομένα του μοντέλου τη χρονική περίοδο 1981-2100. Με τη χρήση αυτών, υπολογίστηκαν ετήσιες τιμές, για εννέα βιοκλιματικούς δείκτες, που περιγράφουν αμπελουργικά χαρακτηριστικά των περιοχών, βασιζόμενοι στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Η μελέτη επαναλήφθηκε για διαφορετικές εικοσαετίες: 1981-2000, 2001-2020, 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2080-2100). Επιπλέον, στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από του ευρωπαϊκό πρόγραμμα CORINE (COoRdination of Information on the Environment) σύμφωνα με τα οποία παρουσιάζονται οι τοποθεσίες των ελληνικών αμπελουργικών περιοχών.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε σύγκριση των βιοκλιματικών δεικτών που προέκυψαν από το μοντέλο, με τους δείκτες που προέκυψαν από τα reanalysis δεδομένα, για την κοινή περίοδο 1981-2000. Η σύγκριση πραγματοποιήθηκε με χρήση θηκογραμμάτων και με χαρτογράφηση των δεικτών. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε αξιολόγηση του μοντέλου, με τη χρήση βιοκλιματικών, αμπελουργικών δεικτών. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, φάνηκε πως και οι δύο ομάδες δεδομένων, γενικά αποδίδουν στις ελληνικές περιοχές, παρόμοια αμπελουργικά χαρακτηριστικά. Κάποιες διαφορές εντοπίζονται κυρίως σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, γεγονός που εξηγείται από την μεγάλη ανάλυση που έχει επιλεχθεί να χρησιμοποιηθεί από τα δεδομένα του μοντέλου.

Σύμφωνα με την εξέλιξη που παρουσιάζουν οι τιμές των αμπελουργικών δεικτών για την περίοδο 1981-2100, φαίνεται ότι οι κλιματικές αλλαγές, θα επηρεάσουν σημαντικά

την αμπελουργία και την οινοποιία σε όλη την ελληνική περιοχή. Άλλωστε ο τομέας της γεωργίας είναι από τους πρώτους που πλήττονται από την κλιματική αλλαγή (Patty 2000). Έξι από του εννέα βιοκλιματικούς δείκτες, για τον υπολογισμό των οποίων χρησιμοποιήθηκε η παράμετρος της θερμοκρασίας, παρουσίασαν αύξηση των τιμών τους σε όλη την υπό μελέτη περιοχή και για όλη την μελετώμενη περίοδο (BEDD, GSTavg, GDD, LGS, CI, HI). Η πορεία των δεικτών βρίσκεται σε πλήρη ταύτιση με την αυξητική πορεία που ακολουθούν οι μέγιστες, οι ελάχιστες και η μέσες θερμοκρασίες σε όλη την περιοχή μελέτης (Matzarakis et al, 2007). Οι υπόλοιποι τρεις βιοκλιματικοί δείκτες (HyI,DI,CompI), στον υπολογισμό των οποίων χρησιμοποιήθηκαν και τιμές βροχόπτωσης, παρουσιάζουν μείωση στις τιμές τους, σε όλη την ελληνική περιοχή. Αυτή η πτωτική τάση παρατηρείται κυρίως εξαιτίας της μεγαλύτερης συνεισφοράς της παραμέτρου της βροχόπτωσης στον υπολογισμό του δείκτη. Από τα αποτελέσματα αυτά προέκυψε το συμπέρασμα πως οι ελληνικές αμπελουργικές περιοχές θα πρέπει μελλοντικά να προσαρμοστούν σε συνθήκες υψηλότερης θερμοκρασίας και μεγαλύτερης ξηρασίας, γεγονός που παρατηρείται και για άλλες αμπελουργικές περιοχές στον κόσμο (Jones et al., 2005b).

Συνδυάζοντας τους χάρτες οκτώ βιοκλιματικών δεικτών, (εξαιρείται ο δείκτης CompI που προκύπτει από συνδυασμό τριών βιοκλιματικών δεικτών), φαίνεται πως τα νησιά του Ιονίου και οι παραθαλάσσιες περιοχές της Δυτικής Ελλάδας, θα παρουσιάζουν, σημαντική αύξηση στις τιμές των ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών. Ταυτόχρονα η μείωση στα ποσά βροχής στην περιοχή αυτή, θα μειώσει τον κίνδυνο που διατρέχουν τα αμπέλια από το συνδυασμό υψηλής υγρασίας και θερμοκρασίας (π.χ. εμφάνιση περονόσπορου), από την άλλη πλευρά όμως θα αυξήσει τις τιμές ξηρασίας, καλώντας το αμπέλι να αντιμετωπίσει πιθανή έλλειψη νερού, σε μια περιοχή που παρουσιάζει μεγάλα ύψη βροχής γενικά. Στις περιοχές της οροσειράς της Πίνδου της Ροδόπης και σε ορεινές περιοχές του Ολύμπου, φαίνεται πως η αλλαγή του κλίματος θα ευνοήσει την αμπελουργία, από κλιματική την πλευρά και για περιοχές που βρίσκονται μέχρι ένα ορισμένο υψόμετρο. Η θερμοκρασία αυξάνει σταδιακά, αυξάνοντας τον αριθμό των βαθμοημερών και των ημερών με ευνοϊκή θερμοκρασία για αμπελοκαλλιέργεια. Έτσι στην περιοχή αυτή, επιτρέπεται σταδιακά η καλλιέργεια περισσότερων ποικιλιών, πέρα από τις πρώιμες. Ταυτόχρονα, η διατήρηση του υδατικού αποθέματος σε υψηλά επίπεδα, μέχρι και το τέλος της περιόδου μελέτης, καθιστά τις συνθήκες ακόμα πιο ευνοϊκές για την παραγωγή κρασιού, με το πέρασμα

του χρόνου. Το δυτικό κομμάτι της Μακεδονίας, παρουσιάζει παρόμοια πορεία με τις ορεινές περιοχές της Πίνδου. Αντίθετα, στο νότιο κομμάτι της κεντρικής Μακεδονίας, οι περισσότεροι βιοκλιματικοί δείκτες παρουσιάζουν υψηλές τιμές από την πρώτη κιόλας εικοσαετία της μελέτης. Η κλιματική αλλαγή στην περιοχή επιδρά κυρίως αρνητικά καθώς με το πέρασμα του χρόνου, οι ημερήσιες και νυχτερινές θερμοκρασίες αυξάνουν σημαντικά, παρουσιάζοντας μάλιστα τις μεγαλύτερες τιμές αύξησης για τους δείκτες HI και CI. Ταυτόχρονα, και στις τιμές ξηρασίας η αύξηση είναι σημαντική, καθιστώντας μάλιστα, την ύπαρξη αρδευτικών συστημάτων σε κάποιες περιοχές απαραίτητη. Οι περιοχές της Θεσσαλίας, και της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας από την αρχή της μελετώμενης περιόδου, θεωρούνται θερμές αμπελουργικά, καθώς οι περισσότεροι δείκτες που υπολογίζονται με βάση τη θερμοκρασία, παρουσιάζουν αρκετά υψηλές τιμές. Με το πέρασμα των ετών, η άνοδος της θερμοκρασίας στις περιοχές αυτές, έχει σαν αποτέλεσμα οι περισσότεροι δείκτες, να μεταβαίνουν στις θερμότερες κατηγορίες τους, ενώ ο δείκτης ξηρασίας να παρουσιάζει ολοένα και μικρότερες τιμές. Η μετάβαση σε κατηγορίες που εμφανίζουν χαρακτηριστικά πολύ θερμών περιοχών, μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην παραγωγή οίνου, καθώς υπάρχει πιθανότητα να μειωθεί η ποιότητά του αφού η σχέση θερμοκρασίας και ποιότητας είναι μεγάλη (Gladstones, 2005; Jones et al. 2006). Στην Πελοπόννησο, οι κλιματικοί δείκτες, ακολουθούν διαφορετικοί πορεία ανάλογα με το εάν βρίσκονται στο δυτικό, το κεντρικό ή το ανατολικό τμήμα της. Έτσι στις ορεινές περιοχές στο εσωτερικό κομμάτι της Πελοποννήσου, οι δείκτες ακολουθούν παρόμοια πορεία με αυτή που περιεγράφηκε για την οροσειρά της Πίνδου. Το δυτικό τμήμα συμβαδίζει με την πορεία των θαλάσσιων περιοχών της δυτικής Ελλάδας, ενώ στο ανατολικό κομμάτι η εξέλιξη των δεικτών μοιάζει με αυτήν που περιεγράφηκε για την περιοχή της Θεσσαλίας. Στο Αιγαίο Πέλαγος, η πλειοψηφία των νησιών, από την πρώτη εικοσαετία μελέτης, παρουσιάζουν υψηλές τιμές ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών, σύμφωνα με όλους τους βιοκλιματικούς δείκτες που υπολογίζονται με χρήση της παραμέτρου αυτής. Ταυτόχρονα και οι δείκτες που χρησιμοποιούν την βροχόπτωση, δείχνουν ότι πέρα από την θερμοκρασία και η ξηρασία κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Στις μελλοντικές εικοσαετίες, φαίνεται πως σχεδόν όλα τα νησιά έχουν μεταβεί στις θερμότερες και ξηρότερες κατηγορίες. Η εμφάνιση αρκετά χαμηλών τιμών του δείκτη ξηρασίας (DI), από την αρχή της μελέτης, και η συνεχής μείωσή του, δείχνει πως από τα μέσα της περιόδου, σε μεγάλο μέρος των ελληνικών νησιών η άρδευση είναι

απαραίτητη για την ανάπτυξη του φυτού. Η αλλαγή δεν πραγματοποιείται την ίδια εικοσαετία σε όλη την έκτασή του αλλά συνήθως ξεκινά από τα Δωδεκάνησα, στη συνέχεια παρατηρείται στις Κυκλάδες, και μετά στο υπόλοιπο Αιγαίο. Στην Κρήτη, που αποτελεί βασική αμπελουργική περιοχή, οι παράκτιες ζώνες, παρουσιάζουν παρόμοια πορεία με τις νησιωτικές περιοχές, ενώ στις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο που βρίσκονται στο εσωτερικό της, η εξέλιξη των βιοκλιματικών δεικτών μοιάζει με αυτήν στην Πίνδο. Άρα και στην Ελλάδα όπως και σε παγκόσμιο επίπεδο (Jones, et al 2005; Cossu et al 2004) υπάρχουν περιοχές που ευνοούνται ή δεν επηρεάζονται σημαντικά από την κλιματική αλλαγή (κυρίως σε ορεινές ζώνες) και άλλες στις οποίες η αλλαγή στα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας επιδρά αρνητικά. Αυτό αποτελεί και συνέπεια των πιο ήπιων κλιματικά αμπελουργικών συνθηκών των νησιών σε σχέση με τις αντίστοιχες ηπειρωτικές για την Ελλάδα (Koufos et al 2013).

Από τους χάρτες διαφορών των βιοκλιματικών δεικτών ανάμεσα στην πρώτη και την τελευταία εικοσαετία της μελέτης, φαίνεται πως οι περιοχές που εμφανίζουν τη μέγιστη ή ελάχιστη μεταβολή δεν είναι οι ίδιες για κάθε δείκτη. Οι δείκτες BEDD, LGS παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αύξηση στις ορεινές περιοχές και τη μικρότερη στις νησιωτικές και παράκτιες. Αντίθετη ακριβώς είναι η συμπεριφορά των δεικτών GSTavg, GDD, που αυξάνουν σημαντικά τις τιμές τους στις νησιωτικές και παράκτιες περιοχές, ενώ στις ορεινές περιοχές καταγράφονται οι μικρότερες αυξήσεις τους. Οι δείκτες HI και CI, αυξάνουν τις τιμές τους σε μεγάλο βαθμό στις περιοχές της Δυτικής Ελλάδας και της Κεντρικής Μακεδονίας και της νοτιοανατολικής Πελοποννήσου, ενώ στις ορεινές ηπειρωτικές περιοχές και στα νησιά, η αύξηση κυμαίνεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Τέλος οι δείκτες που χρησιμοποιούν τη βροχόπτωση, παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μείωση των τιμών τους σε περιοχές της δυτικής Ελλάδας. Η υποκατηγορίες του κάθε βιοκλιματικού δείκτη, παρουσιάζουν συγκεκριμένα όρια τιμών. Το μέγεθος της αλλαγής, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς αποδίδει στην περιοχή τα χαρακτηριστικά μίας ή περισσότερων διαφορετικών κατηγοριών για την περίοδο μελέτης ανάλογα με το δείκτη.

Ένα σημαντικό κομμάτι της μελέτης, αποτέλεσε η προσπάθεια για ταξινόμηση των ελληνικών περιοχών σε κατηγορίες που εμφανίζουν κοινά αμπελουργικά χαρακτηριστικά. Η ταξινόμησης στηρίχτηκε στο παγκόσμιο σύστημα κατηγοριοποίησης οινοπαραγωγικών περιοχών MCC (Tonietto and Carbonneau 2004).

Σύμφωνα με αυτό επιλέχθηκαν τρεις αντιπροσωπευτικοί δείκτες (HI, HyI, CI), από τον συνδυασμό των οποίων δημιουργήθηκαν 96 κατηγορίες με διαφορετικά αμπελουργικά χαρακτηριστικά. Στον ελληνικό χώρο ενώ την πρώτη εικοσαετία μελέτης κυριαρχούν κατηγορίες με εύκρατο ή θερμό εύκρατο και μέτρια ξηρό κλίμα αμπελουργικά, με το πέρασμα των ετών οι πλειοψηφία των ελληνικών περιοχών, μεταβαίνουν σε κατηγορίες με θερμό ή πολύ θερμό και ξηρό κλίμα. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, επιβεβαιώθηκε η κίνηση των ελληνικών αμπελουργικών περιοχών σε θερμότερες και ξηρότερες κατηγορίες, με το πέρασμα του χρόνου.

Πέρα από τις επιδράσεις της αλλαγής στα χαρακτηριστικά της αμπέλου (Jackson and Lombard, 1993), επηρεάζονται και οι ποικιλίες που ενδείκνυνται για καλλιέργεια (Hall and Jones 2009). Από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του συστήματος MCC, στην Ελληνική περιοχή, φαίνεται πως αρκετές ελληνικές αμπελουργικές περιοχές, με το πέρασμα των ετών θα μπορέσουν να καλλιεργήσουν νέες ποικιλίες που εντοπίζονται σε θερμότερες περιοχές του κόσμου όπως περιοχές της ενδοτροπικής ζώνης, είτε σε άλλες πιο θερμές περιοχές της ελληνικής επικράτειας.

Τα νησιά του Ιονίου και οι παραθαλάσσιες περιοχές της Δυτικής Ελλάδας, στην αρχή της μελετώμενης περιόδου εντάσσονται στην ίδια κατηγορία με περιοχές της Ισπανίας (Murcia). Σταδιακά η ανοδική τάση της θερμοκρασίας μετακινούν τις περιοχές αυτές σε κατηγορία που βρίσκονται και περιοχές της Βραζιλίας (Petrópolis). Αντίστοιχη μετακίνηση υπάρχει και σε περιοχές της κεντρικής Μακεδονίας και της Θεσσαλίας, με τη μόνη διαφορά ότι στην πρώτη περίοδο μελέτης, κάποιες τοποθεσίες ανήκουν στην ίδια κατηγορία με την περιοχή YiLi στην Κίνα και στο τέλος της περιόδου μελέτης, ένα μικρό μέρος θα παρουσιάσει χαρακτηριστικά παρόμοια με περιοχές της Τυνησίας (Tunis-Cartagena). Στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας και κυρίως στην οροσειρά της Πίνδου, στις πρώτες εικοσαετίες της μελέτης, οι αμπελουργικές συνθήκες, παρουσιάζουν ομοιότητες με περιοχές της Αγγλίας, της Γερμανίας, του Καναδά, της Σλοβενίας και της Ελβετίας. Με την εξέλιξη των ετών, οι κατηγορίες αυτές περιορίζονται στα μεγαλύτερα υψόμετρα, ενώ η πλειοψηφία των περιοχών αυτών παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με την περιοχή Macon, στη Γαλλία. Οι παραθαλάσσιες περιοχές της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και τα νησιά του Αιγαίου και κυρίως οι Κυκλάδες, παρουσιάζουν παρόμοια μετακίνηση μέσα στο σύστημα MCC. Οι περιοχές αυτές από τις πρώτες εικοσαετίες εμφανίζουν υψηλές θερμοκρασίες

και σημαντική ξηρασία, που αυξάνονται περεταίρω μέσα στην περίοδο μελέτης. Έτσι στις τελευταίες εικοσαετίες, παρουσιάζουν παρόμοια αμπελουργικά χαρακτηριστικά με περιοχές της Ισπανίας (Malaga, Tenerife), της Ιταλίας (Trapani, Lecce), του Ισραήλ (Haifa), της Τυνησίας (Bizerta, Nabeaul) και της Τουρκίας (Izmir). Η Πελοπόννησος παρουσιάζει διαφορές στα κλιματικά χαρακτηριστικά στο ανατολικό, το κεντρικό και το δυτικό τμήμα της. Το ορεινό κεντρικό κομμάτι ακολουθεί παρουσιάζει παρόμοιες κατηγορίες με αυτές που συναντώνται στην Πίνδο μέσα στις εικοσαετίες. Οι διαφορές ανάμεσα στο δυτικό και ανατολικό τμήμα της προέρχονται από τις διαφορές στο διαθέσιμο νερό. Έτσι τα χαρακτηριστικά που φαίνεται πως θα εμφανίσουν οι περιοχές κατά το τελευταία έτη της μελέτης θα μοιάζουν με περιοχών της Βραζιλίας στο ανατολικό κομμάτι και της Τυνησίας στο δυτικό. Τέλος στην Κρήτη υπάρχει διαφοροποίηση των κατηγοριών που εντοπίζονται στο βόρειο και στο νότιο κομμάτι της, από τα πρώτα χρόνια της μελέτης. Έτσι το Βόρειο τμήμα κατά τα πρώτα έτη της μελέτης, παρουσιάζει χαρακτηριστικά περιοχών που βρίσκονται στην Ισπανία (Murzia), ενώ το νότιο τμήμα παρόμοια με θερμότερες περιοχές της Ισπανίας (Tenerife), του Ισραήλ, της Ισπανίας κ.α. Η μείωση του υδατικού αποθέματος, είναι ο βασικός λόγος που οδηγεί τις περιοχές σε αλλαγή κατηγοριών, και τις μετακινεί σε ξηρότερες. Για παράδειγμα η νότια Κρήτη, στο τέλος της μελέτης, θα εμφανίσει χαρακτηριστικά περιοχών που βρίσκονται πάλι στην Τυνησία αλλά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ξηρασία (Tunis-Cartagena).

Επίσης από την επεξεργασία στοιχείων (Σμπιλή Π 2014; Παυλή Α: Καλλιό Ε 2012) για 20 οινοποιήσιμες ποικιλίες στην ελληνική περιοχή, φαίνεται πως η ο δείκτης GDD λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή για κάθε μία, κατά την προτεινόμενη περίοδο συγκομιδής. Συνδυάζοντας την αύξηση των τιμών του δείκτη στην περίοδο μελέτης, φαίνεται πως θα υπάρξει μετακίνηση των κατάλληλων ημερομηνιών για συγκομιδή, μέσα στο έτος. Οι μετακίνηση κρίσιμων ημερομηνιών για το αμπέλι εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής παρατηρείται και σε άλλες αμπελουργικές περιοχές του κόσμου (Jones, 2005b , Nemani et al., 2001 Moonen et al.; Easterling et al., 2000)

Εν κατακλείδι, οι βιοκλιματικοί δείκτες που εξετάστηκαν δείχνουν πως η αλλαγή του κλίματος που επηρεάζει τις αμπελουργικές περιοχές του πλανήτη, επιδρά και στις ελληνικές οινοπαραγωγικές περιοχές. Αναλυτικότερα, από τις μεταβολές των δεικτών που υπολογίζονται βασιζόμενοι στη θερμοκρασία, φαίνεται πως, η συσσώρευση των

θερμομονάδων που πρέπει να συμπληρώσει το φυτό για την ολοκλήρωση κάθε αναπτυξιακού σταδίου, θα πραγματοποιείται νωρίτερα, και θα υπάρξει έτσι μετακίνηση βασικών ημερομηνιών (π.χ. τρύγου) μέσα στο έτος. Οι αλλαγές αυτές, θα επηρεάσουν τη σύσταση των παραγόμενων οίνων, θετικά ή αρνητικά ανάλογα με την περιοχή. Οι ελληνικές νησιωτικές και πεδινές αμπελουργικές περιοχές θα επηρεαστούν κυρίως αρνητικά, αφού όλοι οι δείκτες τις εντάσσουν στο τέλος της περιόδου μελέτης, σε πολύ θερμές κατηγορίες, όπου η καλλιέργεια της αμπέλου δεν συνίσταται. Μάλιστα πολύ θερμές περιοχές που καλλιεργούνται κυρίως ξηρικοί αμπελώνες (π.χ. Σαντορίνη), πιθανώς τα επόμενα χρόνια θα θεωρούνται ακατάλληλες για καλλιέργεια αμπέλου. Ψυχρότερες ελληνικές περιοχές που εντοπίζονται κυρίως σε μεγάλα υψόμετρα, φαίνεται πως θα ευνοηθούν από την αύξηση της θερμοκρασίας, καθώς στην περίοδο μελέτης, μεταβαίνουν σταδιακά από πολύ ψυχρές κατηγορίες σε θερμότερες, στις οποίες επιτυγχάνεται καλύτερη συσσώρευση σακχάρων και δευτερογενών μεταβολιτών, και ταυτόχρονα αποφεύγεται η υπερβολική οξύτητα. Επιπλέον, σημαντικές αλλαγές στην ελληνική περιοχή παρουσιάζουν και οι δείκτες που περιλαμβάνουν την παράμετρο της βροχόπτωσης, η οποία καθορίζει το υδατικό διαθέσιμο απόθεμα που μπορεί να χρησιμοποιήσει το φυτό. Για την παραγωγή ποιοτικού οίνου, το αμπέλι πρέπει να βρίσκεται σε συνθήκες ήπιας υδατικής καταπόνησης (van Leeuwen et al., 2008), καθώς υψηλά επίπεδα ξηρασίας περιορίζουν την ανάπτυξη του φυτού, ενώ και υψηλή διαθεσιμότητα νερού, δημιουργεί δυσμενείς συνθήκες για την ωρίμανση της παραγωγής (Koundouras et al., 2009). Προκύπτει λοιπόν ότι σε ορεινές περιοχές και περιοχές της δυτικής Ελλάδας, που παρουσιάζουν μεγάλα ύψη βροχής, η προβλεπόμενη μείωση του υδατικού αποθέματος, δεν θα πλήξει ιδιαίτερα τις αμπελοκαλλιέργειες, ή θα τις ευνοήσει κιόλας μετακινώντας τις σε κατηγορίες μέτριας ξηρασίας. Αντίθετα, ξηρές και ημίξηρες περιοχές της Ελλάδος θα αναγκαστούν να λάβουν μέτρα προστασίας (αρδευτικά συστήματα), ώστε να μπορούν να συνεχίσουν την παραγωγή οίνου. Τέλος οι αμπελοκαλλιεργητές και οι οινοπαραγωγοί θα πρέπει λάβουν υπ' όψη τις προβλεπόμενες αλλαγές και να πάρουν κατάλληλα μέτρα για να ελαχιστοποιήσουν το ποιοτικό και οικονομικό κόστος των αλλαγών στις παραγωγές τους. Η επιλογή ποικιλιών που μπορεί να ευδοκιμήσει στις προβλεπόμενες κλιματικές συνθήκες, η αλλαγή τοποθεσιών (π.χ. σε μεγαλύτερα υψόμετρα ή σε βόρειες πλαγιές) και η εγκατάσταση αρδευτικών συστημάτων, είναι μερικά από τα προτεινόμενα μέτρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Amerine MA, Winkler AJ (1944):**Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia* 15: 493–675
- Bindi, M., Fibbi, L., Gozzini, B., Orlandini, S., & Miglietta, F. (1996):**Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability on grapevine.*Climate Research*, 7, 213-224
- Blanco-Ward, D., Queijeiro, J. G., & Jones, G. V. (2015) :**Spatial climate variability and viticulture in the Miño River Valley of Spain. *VITIS-Journal of Grapevine Research*, 46(2), 63.
- Blanco-Ward, D., Queijeiro, J. G., & Jones, G. V. (2015):** Spatial climate variability and viticulture in the Miño River Valley of Spain. *VITIS-Journal of Grapevine Research*, 46(2), 63.
- Branas J, Bernon G, Levadoux L. (1946) :** Eléments de viticulture générale. Imp Dehan, Montpellier
- Brunet M, Jones PD, Sigró J, Saladié O and others. (2007) :**Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850–2005. *J Geophys Res* 112:D12117
- Butterfield, R. E., Gawith, M. J., Harrison, P. A., Lonsdale, K. J., and Orr, J. (2000):** ‘Modelling climate change impacts on wheat, potato and grapevine in Great Britain’, in Downing, T. E., Harrison, P. A., Butterfield, R. E. and Lonsdale, K. G. (eds.), *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe: An Integrated Assessment. Final Report.* Environmental Change Institute, University of Oxford.
- Campbell, W. D. (2013):**Spatial Analysis of Climate and Winegrape Production in Winegrape Growing Regions of Oregon, United States of America.
- Canziani, P. O., & Scarel, E. A. :**South American Viticulture, Wine Production, and Climate Change.
- Canziani, P. O., & Scarel, E. A. :**South American Viticulture, Wine Production, and Climate Change.
- Carbonneau, A. (2003) :**Ecophysiologie de la vigne et terroir. Terroir, zonazione, viticoltura. *Trattato internazionale. Phytoline*, 1, 61-102.
- Carbonneau, A., Tonietto, J.(1998) :**La géoviticulture: de la géographie viticole aux évolutions climatiques et technologiques à l’échelle mondiale. *Rev. Oenol. Tech.Vitivin. Oenol.*87, 16–18

- Carter, T. R., Parry, M. L., and Porter, J. H. (1991):** Climatic change and future agroclimatic potential in Europe, *Int. J. Climatol.* 11, 251–269
- Chahine, M. T. (1992) :** The hydrologic cycle and its influence on climate, *Nature* 359, 373
- Christy JR, Norris WB, Redmond K, Gallo KP. (2006) :** Methodology and results of calculating Central California surface temperature trends: evidence of human-induced climate change? *J Clim* 19:548–563
- Chuine, I., Yiou, P., Viovy, N., Seguin, B., Daux, V., and E. Le Roy Ladurie. (2004) :** Grape Ripening as a Past Climate Indicator. *Nature*, 432, 289-290
- Chuine, I., Yiou, P., Viovy, N., Seguin, B., Daux, V., and E. Le Roy Ladurie. (2004) :** Grape Ripening as a Past Climate Indicator. *Nature*, 432, 289-290.
- Conradie, W. J., Carey, V. A., Bonnardot, V., Saayman, D., & Van Schoor, L. H. (2002):** Effect of different environmental factors on the performance of Sauvignon blanc grapevines in the Stellenbosch/Durbanville districts of South Africa. I. Geology, soil, climate, phenology and grape composition. *South African journal for enology and viticulture*, 23(2), 78-91.
- Cossu, Q.A., Battaglini, A. and Bindi, M. (2004):** Informatore Agrario, Milano (in press) CRU.2003.Climatic Research Unit, www.cru.uea.ac.uk
- Dai, A., Del Genio, A. D., and Fung, I.V. (1997) :** Clouds, precipitation and temperature range, *Nature* 386, 665.
- Dickinson, R. E., Errico, R. M., Giorgi, F., & Bates, G. T. (1989):** A regional climate model for the western United States. *Climatic Change*, 15(3), 383-422.
- Easterling, D. R. et al. (2000) :** Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review, *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 81, 417–425.
- ERA report series (2015) :**
<http://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2011/8174-era-interim-archive-version-20.pdf>
- FIALHO, F. B., & TONIETTO, J. (2008) :** The international Internet site of the geoviticulture MCC system Le site Internet international du système CCM géoviticole.
- Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., & Santos, J. A. (2013) :** Future scenarios for viticultural zoning in Europe: ensemble projections and uncertainties. *International journal of biometeorology*, 57(6), 909-925.
- Fregoni M. (2003) :** L'indice bioclimatico di qualità Fregoni. In: Fregoni M, Schuster D, Paoletti A (eds) Terroir, zonazione, viticoltura. Trattato internazionale, Phytoline, Piacenza, p 115–127
- Fregoni, C., & Pezzutto, S. (2000) :** The " Fregoni" bioclimatic index of quality. *Vigne-vini*, 27(9), 65-70.
- Geisenheimer Berichte*, Band 57, 29-48.
- Giorgi, F., & Bates, G. T. (1989):** The climatological skill of a regional model over complex terrain. *Monthly Weather Review*, 117(11), 2325-2347.
- Gladstones, J. (1992) :** Viticulture and Environment. Winetitles, Adelaide.
- Gladstones, J. (2005). :** Climate and Australian Viticulture. In *Viticulture 1 – Resources*, Dry, P.R. and B.G. Coombe, editors. Winetitles, 255 pp.
- Gladstones, J.: (1992) :** Viticulture and Environment. Winetitles, Adelaide.
- Gladstones, J.S. (2004) :** Climate and Australian Viticulture. In: P.R. Dry and B.G. Coombe (Eds), *Viticulture Volume 1 - Resources*. (Winetitles: Adelaide, Australia) pp.90-118.
- Grapegrower Winemaker Feb.*, 40–47.

- Hall, A., & Jones, G. V. (2009)** :Effect of potential atmospheric warming on temperature-based indices describing Australian winegrape growing conditions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15(2), 97-119.
- Hall, A., & Jones, G. V. (2010)**: Spatial analysis of climate in winegrape - growing regions in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(3), 389-404.
- héliothermiques d'un milieu viticole. In: Proceedings of the
- Houghton, J. T., Ding, Y. D. J. G., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., ... & Johnson, C. A. (2001)**: Climate change 2001: the scientific basis.
- Huglin, P., (1978)** :Nouveau mode d'évaluation des possibilites
- Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993)**: Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality-a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44(4), 409-430.
- Jackson, D.I., Cherry, N.J. (1988)**: Prediction of a district's graperipening capacity, using a latitude-temperature index (LTI). *Am. J. Enol. Vitic.* 1, 19-28.
- Jacob, Daniela, et al. (2007)** :An inter-comparison of regional climate models for Europe: model performance in present-day climate. *Climatic change* 81.1: 3152.
- Johnson, H. (1985)** :The World Atlas of Wine. Simon and Schuster, New York, 3rd Edition.
- Jones GV, Duff AA, Hall A, Myers JW.(2010)** : Spatial analysis
- Jones, G. V. (2004, June)** :Climate change in the western United States grape growing regions. In *VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology* 689 (pp. 41-60).
- Jones, G. V. (2007)** : Climate change: observations, projections, and general implications for viticulture and wine production.
- Jones, G. V., & Davis, R. E. (2000)** :Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*, 51(3), 249-261.
- Jones, G. V., & Goodrich, G. B. (2007)** : Influence of climate variability on wine regions in the western USA and on wine quality in the Napa Valley. *Climate Research*, 35(3), 241.
- Jones, G. V., & Hellmann J. (2003)** :The Geograpy of Wine: Regions, Terroir and Techniques.
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., & Storchmann, K. (2005)** :Climate change and global wine quality. *Climatic change*, 73(3), 319-343.
- Jones, G., Moriondo, M., Bois, B., Hall, A., & Duff, A. (2009)** : Analysis of the spatial climate structure in viticulture regions worlwide. *Bulletin de l'OIV*,12(944), 507.
- Jones, G.V. (2006)** :Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine. In *Fine Wine and Terroir - The Geoscience Perspective*. Macqueen, R.W., and Meinert, L.D., (eds.), Geoscience Canada Reprint Series Number 9, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 247 pages
- Jones, G.V. (2006).** :Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine. In *Fine Wine and Terroir - The Geoscience Perspective*. Macqueen, R.W., and Meinert, L.D., (eds.), Geoscience Canada Reprint Series Number 9, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 247 pages.
- Karl, T. R. et al.(1993)** :A new perspective on global warming: Asymmetric trends of daily maximumand minimum temperature, *Bull. Am. Meteor. Soc.* 74, 1007.

- Kenny, G. J. and Harrison, P. A. (1992)** : ‘The effects of climate variability and change on grape suitability in Europe’, *J. Wine Res.* 3, 163–183.
- Kliewer, W.M. (1973)**: Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo and nycto-temperatures during maturation. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 2, 153–159.
- Kliewer, W.M., Torres, R.E. (1972)**: Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. *Am. J. Enol. Vitic.* 2, 71–77.
- Kose, B. (2014)** : Phenology and ripening of *Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L. varieties in the maritime climate of Samsun in Turkey’s black sea region. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 35(1), 90-102.
- Koufos, G., Mavromatis, T., Koundouras, S., & Fyllas, N. M. (2013)** : Viticulture: Climate Relationships in Greece and Impacts of Recent Climate Trends: Sensitivity to “Effective” Growing Season Definitions. In *Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics* (pp. 555-561). Springer Berlin Heidelberg.
- Koufos, G., Mavromatis, T., Koundouras, S., Fyllas, N. M., & Jones, G. V. (2014)** : Viticulture–climate relationships in Greece: the impacts of recent climate trends on harvest date variation. *International Journal of Climatology*, 34(5), 1445–1459.
- Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y., & van Leeuwen, C. (2006)** : Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(14), 5077-5086.
- Koundouras, S., E. Hadjidimitriou, M. Karamolegkou, E. Dimopoulou, S. Kallithraka, J.T. Tsialtas, E. Zioziou, N. Nikolaou and Y. Kotseridis. 2009.** : Irrigation and rootstock effects on the phenolic content and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet-Sauvignon grapes. *J. Agric. Food Chem.* 57: 7805–7813.
- Le Roy Ladurie, E. (1971)**: Times of Feast, Times of Famine: A History of Climate Since the Year 1000. Doubleday, Garden City, New York.
- Lebon E. (2002)** : Changements climatiques : quelles conséquences pour la viticulture. CR 6ième Rencontres Rhodaniennes pp. 31-36
- Liu, Q. A. (2013)**: The impact of climate change on plant epigenomes. *Trends in Genetics*, 29(9), 503-505.
- Malheiro A.C., Santos J.A. (2011)**: Macrozonagem vitivinícola da Península Ibérica face a cenário de alteração climática. Atlas das castas da Península Ibérica - história, terroir, ampelografia. Coordenador Jorge Böhm, Dinalivro., 155 -159.
- Malheiro AC, Santos JA, Fraga H, Pinto JG. (2010)** : Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. *Clim Res* 43: 163–177
- Maracchi, G., Sirotenko, O., & Bindi, M. (2005)** : Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic Change*, 70(1-2), 117-135.
- Matzarakis, A., Matuschek, O., Neumcke, R., Rutz, F., & Zalloom, M. (2007)** : Climate change scenarios and tourism-how to handle and operate with data. *Developments in tourism climatology*, 240-245.
- Mavromatis T. (2012)** : Changes in exceptional hydrological and meteorological weekly event frequencies in Greece. *Climatic Change* 110:249–267.
- McCarthy, J. J. et al. (2001)**: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution
- McInnes, K., Whetton, P., Webb, L. & Hennesy, K. (2003)**: Aust. New Zeal.

- Mela, T.J.N. (1996)** :Northern Agriculture: constraints and responses to global climate change. *Agricultural and Food Science in Finland* 3, 229-234.
- Menzel, A. and Fabian, P. (1999)**: Growing season extended in Europe, *Nature* 397, 659.
- Mérout, I., Seguin, G., Arrouays, D. (1998)** :Les sols et l'alimentation hydrique de la vigne à Pomerol: état hydrique et croissance de la vigne en 1995. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 32 (2), 59–68.
- Montes, C., PEREZ-QUEZADA, J. F., PEÑA-NEIRA, A., & Tonietto, J. (2012)** : Climatic potential for viticulture in Central Chile. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18(1), 20-28.
- Moonen, A. C., Ercoli, L., Mariotti, M., and Masoni, A. (2002)** :Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years, *Agri. Forest Meteorol.* 111, 13–27.
- Moreno-Rodriguez JM. (2005)** : Main conclusions from the preliminary assessment of the impacts in Spain due to the effects of climate change. Project ECCE, Ministry of the Environment and the University of Castilla-La Mancha, p 39
- Nastos PT, Matzarakis AP.(2008)** :Variability of tropical days over Greece within the second half of the twentieth century. *Theoretical and Applied Climatology* 93: 75–89.
- Nastos PT, Philandras CM, Founda D, Zerefos CS. (2011)**: Air temperature trends related to changes in atmospheric circulation in the wider area of Greece. *International Journal of Remote Sensing* 32:737–750.
- Nemani, R. R., White, M. A., Cayan, D. R., Jones, G. V., Running, S.W., and Coughlan, J. C. (2001)** :Asymmetric climatic warming improves California vintages, *Clim. Res.* 19, 25–34.
- Neumann, P. A., & Matzarakis, A. (2011)** :Viticulture in southwest Germany under climate change conditions. *Climate Research*, 47(3), 161.
- of climate winegrape growing regions in the Western
of the Working Group 1 to the Third Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- Parry, M.L. (Ed.).(2000)** :Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe: The Europe ACACIA project. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK pp. 1-320.
- Penning-Rowsell, E.(1989)**:Wines of Bordeaux, Penguin Books, London/New York, 6th Edition
- Pfister, C. (1988)** :Variations in the spring-summer climate of central Europe from the High Middle Ages to 1850, in Long and Short Term Variability of Climate, H. Wanner, U. Siegenthaler (eds.) Springer-Verlag, Berlin, pp. 57–82.
- Pouget, R. (1968)** :Nouvelle conception du seuil de croissance chez la vigne. *Vitis*, 7(201-205), 201-205.
- Ramos, M. C., Jones, G. V., & Martínez-Casasnovas, J. A. (2008)**: Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. *Clim Res*, 38(1), 1-15.
- Raval, A. and Ramanathan, A. (1989)** : Observational determination of the greenhouse effect, *Nature* 342, 758.
- Renner, B. (1989)**: The shape of things to come, *Wine and Spirit*, December 1989, 55–57.

- Riou, Ch., Becker, N., Sotes Ruiz, V., Gomez-Miguel, V., Carbonneau, A., Panagiotou, M., Calo, A., Costacurta, A., Castro de, R., Pinto, A., Lopes, C., Carneiro, L., Climaco, P. (1994)** :Le déterminisme climatique de la maturation du raisin: application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne. Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, Luxembourg, 322 pp.
- Ruml, M., VUKOVIĆ, A., VUJADINOVIĆ, M., DJURDJEVIĆ, V., RANKOVIĆ-VASIĆ, Z., & ATANACKOVIĆ, Z. (2012)**: Classification of Serbian winegrowing regions based on climate-viticulture indices. In *Proceedings. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia* (Vol. 783, p. 786).
- Rutishauser, T., Luterbacher, J., Jeanneret, F., Pfister, C., & Wanner, H. (2007)**: A phenology-based reconstruction of interannual changes in past spring seasons. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* (2005–2012), 112(G4).
- Santos, J. A., Malheiro, A. C., Pinto, J. G., & Jones, G. V. (2012)**: Macroclimate and viticultural zoning in Europe: observed trends and atmospheric forcing. *Climate Research*, 51(1), 89-103.
- Santos, J. A., Malheiro, A. C., Pinto, J. G., & Jones, G. V. (2012)** :Macroclimate and viticultural zoning in Europe: observed trends and atmospheric forcing. *Climate Research*, 51(1), 89-103.
- Schultz, H. R. (2000)** :Climate change and viticulture: An European perspective on climatology, carbon dioxide, and UV-B effects, *Aust. J. Grape and Wine Res.* 6, 2–12.
- Seguin, G. (1983)** : Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendanges. *Bull. O.I.V.* 623, 3–18.
- Stock, M. (2005)**: Klimaveränderungen fordern die Winzer - Bereitschaft zur Anpassung ist erforderlich;
- Stock, M., Gerstengarbe, F. W., Kartschall, T., & Werner, P. C. (2004, June)**: Reliability of climate change impact assessments for viticulture. In *VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology* 689 (pp. 29-40).
- Suganthi, L., & Samuel, A. A. (2012)** :Energy models for demand forecasting—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(2), 1223-1240.
- Symposium International sur l'écologie de la Vigne. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, Contança, pp. 89–98.
- Szenteleki, K., Horváth, L., & Ladányi, M.**: Climate Risk and Climate Analogies in Hungarian Viticulture.
- Tolika, K., Anagnostopoulou, C., Velikou, K., & Vagenas, C. (2015)**. A comparison of the updated very high resolution model RegCM3_10km with the previous version RegCM3_25km over the complex terrain of Greece: present and future projections. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-12.
- Tomana, T., Utsunomiya, N., Dataoka, I. (1979)**: The effect of environmental temperatures on fruit on ripening on the tree. II. The effect of temperatures around whole vines and clusters on the coloration of 'Kyoho' grapes. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 48, 261–266.
- Tomasi, D., Jones, G. V., Giust, M., Lovat, L., & Gaiotti, F. (2011)** :Grapevine phenology and climate change: relationships and trends in the Veneto region of Italy for 1964–2009. *American Journal of Enology and Viticulture*, ajev-2011.

- Tonietto, J. (1999):** Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France: méthodologie de caractérisation. Thèse Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, 233 pp.
- Tonietto, J., & Carbonneau, A. (2004) :** A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(1), 81-97.
- United States. *Am J Enol Vitic* 61: 313–326
- Unwin, T.(1991) :** Wine and the Vine: An Historical Geography of Viticulture and the Wine Trade, Routledge, London and New York
- van Leeuwen, C., O. Tregoeat, X. Choné, J.P. Gaudillère and D. Pernet. 2008.:** Different environmental conditions, different results - the role of controlled environmental stress on grape quality potential and the way to monitor it. In *Proceedings of the Thirteenth Australian Wine Industry Technical Conference*; Blair, R., Williams, P., Pretorius, S., Eds.; Winetitles, Adelaide, South Australia, pp. 39-46
- Webb, L.B, P.H. Whetton and E.W.R. Barlow. (2005):** Impact on Australian Viticulture from Greenhouse Induced Temperature Change. In Zenger, A. and Argent, R.M. (eds) MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2005, pp. 170-176.
- White, M. A., Diffenbaugh, N. S., Jones, G. V., Pal, J. S., & Giorgi, F. (2006) :** Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(30), 11217-11222.
- Willmott, C. J., Rowe, C. M., & Mintz, Y. (1985).:** Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. *Journal of Climatology*, 5(6), 589-606.
- Winkler A. J., Cook A., Kliewer W. M., Lider L. A. (1974).:** General Viticulture, (4th ed.), University of California Press, Berkeley, 740 p.
- Κάλλια, Ε. (2012) :** Προσδιορισμός Ημερομηνίας Τρυγητού Σε μερικές Οиноποιήσιμες Ποικιλίες Αμπέλου (*Vitis vinifera* L.), 91
- Κουνδουράς, Σ. (2014) :** «Επιδράσεις του κλίματος στην παραγωγή και την ποιότητα των προϊόντων της αμπέλου», Σημειώσεις Μαθήματος Εφαρμοσμένης Κλιματολογίας του ΠΜΣ «Μετεωρολογία Κλιματολογία και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον.»
- Νικολάου Ν.Α. :** «Αμπελουργία» (2011), 272
- Παυλή, Α-Μ. (2012) :** Προσδιορισμός Ημερομηνίας Τρυγητού Σε Ορισμένες Οиноποιήσιμες Ποικιλίες Αμπέλου (*Vitis vinifera* L.), 92
- Σταυρακάκης, Ε. (2002) :** Μελέτη αποκατάστασης ζημιών στους αμπελώνες με την αναδιαμόρφωση πληγέντων πρέμνων και την αναμπέλωση κατεστραμμένων αμπελώνων.
- Σμπιλή, Β. (2014):** Προσδιορισμός Ημερομηνίας Τρυγητού Σε Μερικές Οиноποιήσιμες Ποικιλίες Αμπέλου (*Vitis vinifera* L.), 111

