



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μελέτη των χαρακτηριστικών των εδαφών της Σαντορίνης  
και η επίδραση αυτών στην αμπελοκαλλιέργεια**

**Περάκη Ναταλία**

**Σταύρου Μιχαέλα**

**ΑΜ:**

**18685067, 18685083**

**Επιβλέπων:**

**Δρ. Ευάγγελος Μπερής**

**ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ - 2023**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF FOOD SCIENCE  
DEPARTMENT OF WINE, VINE AND BEVERAGE SCIENCES**

**BACHELOR THESIS**

**Study of the soil characteristics of Santorini and their effect  
on viticulture**

**Peraki Natalia**

**Stavrou Michaela**

**Registration Number:**

**18685067, 18685083**

**Supervisor:**

**Dr Evangelos Beris**

**ATHENS, MARCH - 2023**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

**ΔΗΛΩΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ**

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη διπλωματική εργασία με τίτλο:

**«Μελέτη των χαρακτηριστικών των εδαφών της Σαντορίνης και η επίδραση αυτών στην αμπελοκαλλιέργεια»**

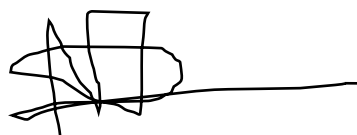
και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα Καθηγητή (1ου Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (2ου Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (3ου Μέλους Επιτροπής)	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογράφων/-ουσες .....Περάκη Ναταλία , Σταύρου Μιχαέλα..... του...Κοσμά και του Γεώργιου .., με αριθμό μητρώου ...18685067, 18685083..... φοιτητήτριες του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της... Σχολής Επιστημών Τροφίμων..... του Τμήματος...Επιστημών Οίνου, αμπέλου και Ποτών....., δηλώνουμε υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου». Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή\*

Ο/Η Δηλών/ούσα



Ναταλία Περάκη

(Ονοματεπώνυμο & Υπογραφή)

Ο/Η Δηλών/ούσα



Μιχαέλα Σταύρου

(Ονοματεπώνυμο & Υπογραφή)

**\*Ονοματεπώνυμο Επιβλέποντα Καθηγητή**

### Ψηφιακή Υπογραφή

\* Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και μετά από αιτιολόγηση και έγκριση του επιβλέποντα, προβλέπεται χρονικός περιορισμός πρόσβασης (embargo) 6-12 μήνες. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Σαντορίνη είναι γνωστή για τα ξεχωριστά της κρασιά. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων διαφοροποιούνται ανάλογα με τις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες της περιοχής από την οποία προέρχονται. Το ιδιαίτερο ηφαιστειογενές έδαφος του νησιού ευθύνεται άμεσα για το τυπικό στυλ που έχουν τα παραγόμενα κρασιά ΠΟΠ Σαντορίνης. Η κύρια ποικιλία της Σαντορίνης είναι το Ασύρτικο και καλύπτει το 70% της παραγωγής του νησιού, ενώ το υπόλοιπο 30% καλύπτεται από ποικιλίες όπως το Αηδάνι, το Αθήρι και κάποιες ερυθρές, όπως η Μανδηλαριά και το Μαυροτράγανο. Στην παραγωγή ενός ποιοτικού οίνου συμβάλλουν το κλίμα, το έδαφος, οι καλλιεργητικές τεχνικές και η διαδικασία οινοποίησης. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι να μελετηθεί το εάν και το πώς το ηφαιστειογενές έδαφος της Σαντορίνης επηρεάζει την αμπελοκαλλιέργεια και με την σειρά του την ποιότητα των παραγόμενων οίνων. Για τον λόγο αυτό, έγιναν αναλύσεις δειγμάτων εδάφους από 5 διαφορετικά σημεία του νησιού και προσδιορίστηκαν η μηχανική σύσταση με την μέθοδο Βιουγιούκου, η οργανική ουσία με την μέθοδο Walkley-Black, ο ολικός ασβεστόλιθος με την μέθοδο Piper και επίσης το pH. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν και αξιολογήθηκαν ως προς την απόκλισή τους από τις προσδοκώμενες τιμές. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως πράγματι το έδαφος της Σαντορίνης εμφανίζει διακριτές διαφορές με άλλα εδάφη από αμπελώνες της υπόλοιπης Ελλάδας και συνδέεται άμεσα με την υψηλή ποιότητα και το διαφορετικό στυλ των κρασιών της. Τα εδάφη βρέθηκε πως είναι αμμώδους σύστασης, με μικρή περιεκτικότητα σε άργιλο, με ελάχιστη παρουσία οργανικής ουσίας και διακύμανση τιμών σε ότι αφορά τον ολικό ασβεστόλιθο που πάντως ήταν σε χαμηλά επίπεδα. Η Σαντορίνη είναι από τα λίγα μέρη στο κόσμο που έχουν εδάφη με pH κοντά στο 8 και δίνουν κρασιά με τόσο χαμηλό pH. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι περιοχές της Σαντορίνης δεν εμφανίζουν απόλυτες ομοιότητες μεταξύ τους παρουσιάζουν παραλλακτικότητα όσον αφορά τα εδαφικά χαρακτηριστικά, καθώς και ότι το μικρόκλιμα επίσης επηρεάζει.

## **ABSTRACT**

Santorini is famous for its unique wines. The organoleptic characteristics of its grape varieties are differentiated based on the soil and climate conditions of each area of origin. The unique volcanic soil of the island accounts for the typical style of Santorini's PDO wines. The main grape variety of Santorini is Assyrtiko and covers 70% of the island's production, while the rest 30% is covered by varieties such as Aidani, Athiri and some red varieties, such as Mandilaria and Mavrotragano. For the production of a high quality wine contributes the climate, the soil, the cultivation techniques and the winemaking process. The aim of this dissertation is to study how the volcanic soil of Santorini affects viticulture and the quality of the produced wines. For this reason, soil samples were analyzed from 5 different areas across the island. The mechanical composition by using the Vouyoucus method, the organic substance by using the method Walkley-Black, the total limestone by the method Piper. pH values were determined as well. The results were compiled and evaluated for their deviation from the expected values. The results indicated that indeed, Santorini's soil shows distinct differences from the soils of other wine regions in Greece and it is directly linked to the high quality and extraordinary style of its wines. The soil is found to be sandy with low concentration of clay, almost no presence of organic matter and value fluctuation in total limestone, which generally fluctuated at low levels. Santorini is one of the few places in the world which has soils with pH near 8 and gives wines with low pH. Moreover, the results indicated that there is diversity across different areas on the island, regarding soil characteristics, and microclimate also matters.

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5
ABSTRACT.....	6
Εισαγωγή .....	9
2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	11
2.1.Ο ΑΜΠΕΛΩΝΑΣ ΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ.....	11
2.1.1. Εδαφικά χαρακτηριστικά .....	11
2.1.2. Κλιματολογικά χαρακτηριστικά.....	12
2.1.3. Τοπογραφικά χαρακτηριστικά.....	12
2.1.4. Καλλιεργούμενες ποικιλίες στη Σαντορίνη.....	13
2.1.5. Οίνοι ΠΟΠ Σαντορίνη και Νυχτέρι.....	16
2.1.6. Οίνοι ΠΟΠ Vinsanto Σαντορίνη .....	17
2.2. ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΚΡΑΣΙ.....	19
2.2.1. Φυσικές ιδιότητες εδαφών.....	19
2.2.2. Χημικές ιδιότητες εδαφών.....	20
2.2.3.Η επίδραση του εδάφους στην αμπελοκαλλιέργεια .....	22
2.2.4.Η επίδραση του εδάφους στην σύσταση των οίνων.....	23
2.2.5. Μητρικά υλικά εδαφών .....	24
2.2.6. Ο ρόλος του υπεδάφους .....	25
2.2.7. Η έννοια του Terroir.....	27
2.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	28
2.3.1. Επεξεργασία εδάφους για αναλύσεις – λειοτρίβηση-κοσκίνισμα.....	28
2.4 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ .....	31
2.4.1. Μηχανική σύσταση εδάφους.....	31
2.4.2 Οργανική ουσία εδάφους.....	32
2.4.3 Ανθρακικό ασβέστιο .....	33
2.4.4. ΡΗ και ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους.....	35
2.4.5. Ανόργανα στοιχεία εδάφους.....	37
2.4.6. I.A.K. εδάφους .....	39
3.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	40
3.1 Εισαγωγή.....	40
3.2 Υλικά και Μέθοδοι.....	42
3.2.1 Προσδιορισμός μηχανικής σύστασης με την μέθοδο Βουγιούκου .....	42

3.2.2 Προσδιορισμός οργανικής ουσίας – Walkley Black .....	44
3.2.3. Προσδιορισμός ολικού ασβεστόλιθου με την μέθοδο Piper .....	45
3.2.4 Προσδιορισμός pH εδάφους.....	46
3.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	47
3.3.1.Προσδιορισμός μηχανικής σύστασης.....	47
3.3.3. Προσδιορισμός ολικού ασβεστόλιθου.....	56
3.3.3. Προσδιορισμός pH. ....	58
3.4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	62



## Εισαγωγή

Η Σαντορίνη πρόκειται για ένα νησί που γεννήθηκε ύστερα από εκρήξεις ηφαιστείων πριν από πολλά χρόνια. Το γεγονός αυτό σηματοδότησε μια από τις μεγαλύτερες εκρήξεις της γης τα τελευταία 10.000 χρόνια. Η έκρηξη βύθισε το ¼ του νησιού και έσπασε την υπόλοιπη γη σε κομμάτια, που τώρα είναι γνωστά ως Σαντορίνη, Θηρασιά, Ασπρονήσι και Καμένη. Η αμπελοκαλλιέργεια προϋπήρχε πριν από την έκρηξη. Το ηφαιστειογενές έδαφος της Σαντορίνης περιέχει βασάλτη, γρανίτη, ελαφρόπετρα, οψιανό και τέφρα. Η υψηλή περιεκτικότητα σε οξείδια του πυριτίου και μέταλλα κάνει αυτά τα εδάφη όξινα με πολύ χαμηλά pH. Το terroir διαμορφώνεται από το έδαφος, το κλίμα, την τοπογραφία και την ανθρώπινη παρέμβαση. Πολλές έρευνες έχουν δείξει πως η σύσταση του οίνου σε συγκεκριμένα στοιχεία και το αρωματικό προφίλ σχετίζονται άμεσα με την προέλευση του οίνου. Μια από αυτές τις έρευνες έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο του Bordeaux στην Γαλλία από τον C.v.Leeuwen, όπου αναφέρεται πως για να επιτευχθεί η απόλυτη έκφραση του terroir, η ανάπτυξη της ποικιλίας θα πρέπει να ταιριάζει με τις κλιματολογικές συνθήκες του τόπου, με τέτοιο τρόπο ώστε τα σταφύλια να φτάσουν σε πλήρη ωρίμανση στο τέλος της σεζόν. Επισημαίνεται, επίσης, πως προϋπόθεση για την έκφραση του terroir είναι να υπάρχει ένας ή περισσότεροι περιοριστικοί παράγοντες στο περιβάλλον που θα μειώσουν το σφρίγος του φυτού και θα προκαλέσουν διακοπή της ανάπτυξης των βλαστών πριν ή κατά την περίοδο 'véraison' (αλλαγής χρώματος της ράγας). Η περιεκτικότητα σε φαινολικά και αρωματικά συστατικά, ανθοκυάννες και μεταλλικά στοιχεία εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες και την τοποθεσία της καλλιεργούμενης περιοχής. Η επίδραση της τοποθεσίας του αμπελώνα και της διαθεσιμότητας νερού στα φαινολικά και αρωματικά συστατικά του κρασιού, έχει μελετηθεί από τον Σ. Κουνδουρά σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο ENITA του Bordeaux, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης και του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Νεμέα πάνω στο Αγιοργίτικο σε σοδειές των 1997 και 1998. Ο κατάλληλος αμπελώνας θεωρείται αυτός που επιτρέπει την πλήρη ωρίμανση στις επιλεγμένες ποικιλίες, φτάνει την επαρκή αλλά όχι υπερβολική ανάπτυξη του φυτού, εμφανίζει την βέλτιστη γονιμότητα του εδάφους και έχει επαρκή ποσότητα νερού.

Συνεπώς, η μελέτη της επίδρασης του terroir χρήζει μέγιστης σημασίας, καθώς αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα που καθορίζει τον οργανοληπτικό χαρακτήρα και την ποιότητα του οίνου. Το terroir επιτρέπει ακόμα και την διάκριση των κρασιών ίδιας ποικιλίας από διαφορετικά τοπογραφικά σημεία.

Το Ασύρτικο αποτελεί μία γηγενή ποικιλία της Σαντορίνης, αλλά καλλιεργείται και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Η συνολική έκταση των αμπελώνων της Ελλάδας, φυτεμένων με Ασύρτικο, φτάνουν τα 18.840 στρέμματα. Σύμφωνα με την νομοθεσία, η καλλιέργεια του Ασύρτικου συνιστάται στα αμπελουργικά διαμερίσματα της Θράκης, Μακεδονίας, Θεσσαλίας, Στερεάς Ελλάδας, Πελοποννήσου, Βόρειου Αιγαίου, Δωδεκανήσου, Κρήτης και Κυκλάδων. Αξίζει να σημειωθεί πως οι αμπελώνες της Σαντορίνης δεν ποτίζονται και αντλούν υγρασία από το έδαφος, το οποίο έχει τέτοια σύσταση ώστε να εξυπηρετεί το σκοπό αυτό. Η ελαφρόπετρα συμβάλει στην συγκράτηση υγρασίας στο χώμα από βροχές. Στο νησί εμφανίζονται σε πολλές περιοχές οι 'πεζούλες', μεγάλα σκαλοπάτια δηλαδή που περιέχουν αμπελοκαλλιέργειες και περιορίζουν τις απώλειες σε νερό. Την κατάλληλη υγρασία, παρέχουν επίσης οι ομίχλες που σχηματίζονται πολύ συχνά κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Τα αμπέλια, σύμφωνα με την οινοποιητική παράδοση του νησιού, κλαδεύονται το φθινόπωρο σε σχήμα κουλούρας, μια καλλιεργητική τεχνική που ευδοκίμει μόνο στην Σαντορίνη. Η κουλούρα βοηθάει στην προστασία του φυτού και των σταφυλιών από τους δυνατούς ανέμους που κυριαρχούν στο νησί. Τα σταφύλια ωριμάζουν προς το τέλος του καλοκαιριού, ώστε από τα μέσα Αυγούστου να ξεκινήσει τρύγος. Η έναρξη του τρύγου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως οι βροχοπτώσεις και η μέση θερμοκρασία, και δεν είναι χρονικά σταθερή κάθε χρόνο. Συνήθως η συγκομιδή των σταφυλιών ξεκινάει από τις παραθαλάσσιες περιοχές και συνεχίζει σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο.

Τα κρασιά της Σαντορίνης φέρουν φρέσκα, όξινα, αλμυρά και ορυκτά χαρακτηριστικά με υψηλό αλκοόλ που τα ξεχωρίζουν από τα άλλα. Η ιδιαιτερότητα του ηφαιστειογενούς εδάφους και του οργανοληπτικού χαρακτήρα των γηγενών ποικιλιών της Σαντορίνης, γνωρίζοντας πως το terroir επηρεάζει το προφίλ ενός οίνου, αποτέλεσαν το έναυσμα για την διπλωματική εργασία που εστιάζει στην ανάλυση των εδαφολογικών χαρακτηριστικών του νησιού.

## 2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1.Ο ΑΜΠΕΛΩΝΑΣ ΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ

#### 2.1.1. Εδαφικά χαρακτηριστικά

Τα εδάφη των νησιών που ανήκουν στο σύμπλεγμα των Κυκλάδων αποτελούνται στην πλειοψηφία τους από ασβεστόλιθο. Στην Σαντορίνη όμως δεν μπορεί να διακριθεί ασβεστόλιθος εκτός από το βουνό του Προφήτη Ηλία. Το υπόλοιπο νησί στο σύνολο του έχει ηφαιστειακή τέφρα και λάβα, η οποία έχει στερεοποιηθεί. Το 1612 π.Χ. σημειώθηκε μια από τις μεγαλύτερες εκρήξεις στο νησί. Η εκτόξευση της λάβας από το ηφαίστειο και η επαφή της με την ατμόσφαιρα βοήθησε στην δημιουργία διαφορετικών ηφαιστειακών πετρωμάτων. Ως εκ τούτου, το σημερινό επιφανειακό έδαφος αποτελείται από βασάλτη, ηφαιστειακή τέφρα, άμμο, ελαφρόπετρα και ορισμένους άλλους σχηματισμούς λάβας, ένα μείγμα γνωστό ως «άσπα» (Beris, 2020). Η εδαφική σύσταση της Σαντορίνης διαφέρει στη γεωγραφική τοποθέτηση.

Τα εδάφη της Σαντορίνης μπορούν να χαρακτηριστούν άγονα, ξηρά και φτωχά σε οργανική ουσία. Σε αυτά τα εδάφη μπορούμε να βρούμε κάποια είδη μετάλλων, όπως το σίδηρο, το θείο και το μαγνήσιο. Αντίθετα, το διαθέσιμο κάλιο η πρόσληψή του βρίσκονται σε αρκετά χαμηλά ποσοστά. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, και κυρίως η χονδρόκοκκη κοκκομετρική σύσταση καθώς και η ιδιαίτερη δομή, κάνουν το έδαφος της Σαντορίνης να στραγγίζει γρηγορά. Με την απουσία του νερού το άζωτο δεν φτάνει εύκολα στα φύλλα και τα υπόλοιπα όργανα της αμπέλου.

Η σύσταση των εδαφών είναι μοναδική καθώς η πλειονότητα των αμπελιών στο νησί είναι αυτόριζα, δηλαδή δεν έχει γίνει χρήση αμερικανικού υποκείμενου για την καλλιέργεια τους. Αυτό συμβαίνει καθώς στο νησί δεν μπορεί να επιβιώσει η φυλλοξήρα (*Daktulosphaira vitifoliae*, Hemiptera: Phylloxeridae), είναι ένα μικρό έντομο, το οποίο δεν διακρίνεται με γυμνό μάτι. Η επιβίωση είναι αδύνατη λόγω του χαμηλού ποσοστού σε οργανική ουσία και άργιλο. Η φυλλοξήρα κατέστρεψε ένα μεγάλο μέρος των ευρωπαϊκών αμπελώνων κατά τον 19ο αιώνα.

### **2.1.2. Κλιματολογικά χαρακτηριστικά**

Ο ορός κλίμα δηλώνει τον μέσο ορό των καιρικών συνθήκων που επικρατούν σε μια περιοχή για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Χωρίζεται σε τρεις υποκατηγορίες. Το πρώτο είναι το μακρόκλιμα, που συμπεριλαμβάνει τις κλιματικές συνθήκες μιας μεγάλης περιοχής. Το μεσόκλιμα δηλώνει τις κλιματικές συνθήκες σε μια συγκεκριμένη περιοχή και τέλος το μικρόκλιμα αναφέρεται στις συνθήκες που επικρατούν σε έναν αμπελώνα (Μπερής, 2018).

Τα κύρια κλιματολογικά χαρακτηριστικά του νησιού είναι οι δυνατοί άνεμοι και η υγρασία. Η ομίχλη που δημιουργείται από την εξάτμιση του νερού της θάλασσα, ανεβαίνει από την καλντέρα και καλύπτει την ατμόσφαιρα όλου του νησιού. Η ομίχλη λειτουργεί ως ένας φυσικός τρόπος ποτίσματος για τα αμπέλια, από τη στιγμή που το συγκεκριμένο νησί χαρακτηρίζεται ως ξηρό. Το νησί δεν έχει μεγάλα υψόμετρα, οπότε είναι εκτεθειμένο στους ισχυρούς ανέμους. Το μέγιστο υψόμετρο αμπελώνων είναι τα 350 μετρά. Πιο συνήθεις είναι οι βορειοδυτικοί άνεμοι. Υπάρχει ένα είδος ανεμών που ονομάζονται μελέμια, είναι ετήσιοι βόρειοι ή βορειοδυτικοί άνεμοι που ξεκινούν από το Μάιο μέχρι και τον Σεπτέμβρη.

Η ατμόσφαιρα στο νησί είναι υγρή ακόμα και κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Η μέση θερμοκρασία το φθινόπωρο και τον χειμώνα είναι 12,5°C. Την άνοιξη και το καλοκαίρι η μέση θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 25°C. Η Σαντορίνη έχει ελάχιστη βροχόπτωση στην διάρκεια του έτους, οι βροχερές μέρες είναι περίπου είκοσι το χρόνο. Αυτές οι είκοσι μέρες σημειώνονται την περίοδο του φθινοπώρου και του χειμώνα. Η Σαντορίνη έχει πολύ ηλιοφάνεια, ζεστά, ξηρά καλοκαιριά με ηπίους χειμώνες.

### **2.1.3. Τοπογραφικά χαρακτηριστικά**

Η Ηφαιστειακή Ομάδα της Σαντορίνης βρίσκεται στο νότιο Αιγαίο Πέλαγος με συντεταγμένες σε γεωγραφικό πλάτος από 36° 19' 56'' Β έως 36° 28' 40'' Β και γεωγραφικό μήκος από 25° 19' 22'' Α έως 25° 29' 13'' Α. Το εμβαδόν της είναι 76,19km<sup>2</sup>, το μέγιστο μήκος είναι 18 χιλιόμετρα ενώ το πλάτος φτάνει τα 12 χιλιόμετρα. Ουσιαστικά η Σαντορίνη αντιπροσωπεύει το πιο ενεργό ηφαιστειακό πεδίο του Ελληνικού Ηφαιστειακού Τόξου (Νομικού 2013). Η πιο πρόσφατη μεγάλη έκρηξη είναι η Μινωική Έκρηξη, συνέβη πριν από 3600 χρόνια.

Στην έκρηξη αυτή το νησί που ονομαζόταν Στρογγυλή διαφοροποιήθηκε, η διαφοροποίηση αυτή οδήγησε στον σχηματισμό της Καλντέρας με βάθος 300-400 μετρά.

Η Θήρα, η Θηρασιά και το Ασπρονήσι είναι τα θραύσματα του νησιού Στρογγυλή που παρέμεινε πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας μετά την κατάρρευση του κώνου του ηφαιστείου, ενώ το υπόλοιπο νησί εξαφανίστηκε κάτω από το θαλασσινό νερό (Druitt et al. 1989, Βουγιουκαλάκης 1995). Επομένως, το ηφαιστειακό συγκρότημα περιλαμβάνει τα νησιά Θήρα, Θηρασιά, Νέα Καμένη, Παλαιά Καμένη και Ασπρονήσι, διατεταγμένα σε κυκλικό σχήμα. Η ηλικία της Παλαιά Καμένη είναι μικρότερη των 2000 ετών, ενώ η Νέα Καμένη έχει ηλικία 425 χρονιά. Η μορφολογία της Σαντορίνης αποτελείται από τις εσωτερικές βραχώδεις και απότομες πλαγιές των νησιών Θήρας, Θηρασιάς και Ασπρονήσι, που σχηματίζουν τον δακτύλιο καλντέρας, που αποτελείται από μορφολογικές ασυνέχειες, και τα εξωτερικά τμήματα των νησιών, που χαρακτηρίζονται από λείες επιφάνειες, που αντιπροσωπεύουν τις υπόλοιπες εξωτερικές πλαγιές του ηφαιστειακού κώνου. Η μορφολογία αυτή συμβάλει στην εμφάνιση κατολισθήσεων και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τον κίνδυνο κατολίπησης (Αντωνίου & Λέκκας, 2011). Η Σαντορίνη στη μεγαλύτερης της έκταση χαρακτηρίζεται ως πεδινή, καθώς το υψόμετρο της δε ξεπερνάει τα 150 μετρά. Στο υψόμετρο εξαιρέσεις αποτελούν ο λόφος του προφήτη Ηλία με ύψος στα 567 μετρά, το μεγάλο βουνό που βρίσκεται βορειά της Θήρας με ύψος 330 μετρά και ο λόφος του Σκάρου με ύψος 300 περίπου μετρά. Το σύνολο των περιοχών αυτών αποτελούν το 33% της συνολικής έκτασης της Σαντορίνης. Στην ανατολική πλευρά της Σαντορίνης οι ακτές της είναι ομαλές, ενώ η δυτική είναι βραχώδης (Αντωνίου & Λέκκας 2011).

#### **2.1.4. Καλλιεργούμενες ποικιλίες στη Σαντορίνη**

Η συνολική έκταση των στρεμμάτων στη Σαντορίνη που εμπεριέχουν αμπέλια είναι περί τα 9.000 στρέμματα. Ο αμπελώνας της Σαντορίνης είναι ο πιο παλιός στην Ελλάδα και ένας από τους μεγαλύτερους σε ηλικία σε όλο τον κόσμο. Το ριζικό σύστημα των αμπελιών ξεπερνάει τα 200 έτη και κάποια μπορεί να φτάνουν και την ηλικία των 300 χρονών. Οι αποδόσεις κυμαίνονται στα 300 με 350 κιλά το στρέμμα (Τσακίρης, 2010). Το αμπέλι στη Σαντορίνη είναι ένα αυτοφυές φυτό που προσαρμόστηκε στις ιδιαίτερες συνθήκες του νησιού. Η δημιουργία του αμπελώνα της Σαντορίνης έγινε γνωστή από τα κείμενα κάποιων περιηγητών από τον 19 αιώνα.

Στα κείμενα αυτά αναφέρεται η εισαγωγή πάνω από 60 ποικιλίες τοπικές και μη που εισήχθησαν από αλλά νησιά.

Το Ασύρτικο πάντα κάλυπτε το μεγαλύτερο ποσοστό αλλά και ποιοτικά ήταν ανώτερο από τις υπόλοιπες λευκές και ερυθρές ποικιλίες (Πανίδης, 2017). Οι καταγεγραμμένες ποικιλίες είναι δεκαπέντε, με πρώτη το Ασύρτικο που καταλαμβάνει το 75% του συνολικού αμπελώνα. Στις λευκές ποικιλίες μετά το Ασύρτικο υπάρχει το Αθήρι, το Αηδάνι, το Κατσανό, η Γαιδουριά, το Πλατάνι, η Αγριογλυκάδα, το Κρητικό, η Μονεμβασιά, το Ποταμίσι και το Μοσχάτο λευκό. Στις ερυθρώπες ανήκει ο Ροδίτης και στις ερυθρές συγκαταλέγονται η Μαντηλαριά, Μαυροτράγανο, το Μαυράθηρο και το Βουδόματο (Πανίδης, 2017).

Η λέξη Αθήρι σε μια εκδοχή προέρχεται από την αρχαιότητα και συγκεκριμένα από τον 2 αιώνα π.Χ., εκείνη την εποχή ήταν γνωστός ο Θηραϊκός οίνος. Είναι μια ποικιλία που προσαρμόζεται σε μεγάλη ποικιλία εδαφών αλλά στις κλιματολογικές συνθήκες αποδίδει καλύτερα και θέρμες περιοχές με ελάχιστο νερό. Την καλλιεργούν σε όλα τα νησιά που ανήκουν στο σύμπλεγμα του αιγαίου και στη Κρήτη. Τα κρασιά που δίνει η ποικιλία Αθήρι είναι μέτριας αρωματικής έντασης, με αρώματα εσπεριδοειδών, πυρινόκαρπων, μήλου, αχλαδιού και λίγων βοτάνων. Παράγει φρέσκους οίνους που συστήνεται να καταναλώνονται μέχρι τα 3 πρώτα χρόνια. Οι οίνοι έχουν μεσαία επίπεδα αλκοολικού τίτλου, σώματος και οξύτητας (Παπαδοπούλου, 2022).

Το Αηδάνι είναι μια από τις πιο γνωστές ποικιλίες που καλλιεργούνται στα νησιά του αιγαίου. Βρίσκεται σε χαρμάνια με το Ασύρτικο είτε για την παραγωγή ξηρών λευκών οίνων, είτε για επιδόρπιους οίνους που μπορούν να ωριμάσουν σε δρύινα βαρέλια. Ακόμη μπορεί να παραχθεί και ως μονοποικιλιακός οίνος. Το χρώμα του οίνου είναι ένα ελαφρύ κιτρινοπράσινο. Στα αρώματα του μπορεί να αναγνωριστεί ο ορυκτώδης χαρακτήρας του, τα πυρινόκαρπα, τα εσπεριδοειδή και τα ανήθικα στοιχεία. Το σώμα του οίνου, ο αλκοολικός τίτλος και η οξύτητα είναι μέτρια. Συναντάται πιο συχνά στα χαρμάνια με το Ασύρτικο καθώς η στρογγυλότητα που μπορεί να δώσει με τα πολύπλοκα αρώματα του, δεν επηρεάζουν την μοναδικότητα του Ασύρτικου (Παπαδοπούλου, 2022).

Το Ασύρτικο είναι μια λευκή ποικιλία που είναι γνωστή σε όλο τον οινικό κόσμο. Περισσότερο την βρίσκουμε στις χώρες της Μεσογείου. Η καταγωγή της είναι από την Σαντορίνη και μετέπειτα εξαπλώθηκε και στην υπόλοιπη Ελλάδα. Είναι η κυρίαρχη

καλλιεργήσιμη ποικιλία του νησιού, σε ποσοστό 70% με 75%. Από το Ασύρτικο μπορούν να παραχθούν ξηροί λευκοί οίνοι και επιδορπίοι οίνοι από λιαστά σταφύλια. Ανήκει επίσης στην κατηγορία με τις λευκές ποικιλίες που ευδοκιμούν σε ζεστά και ξηρά κλίματα χωρίς να μειώνεται η υψηλή περιεκτικότητα στα σάκχαρα ή να επηρεάζεται η σχέση με την οξύτητα. Δίνει οίνους με σώμα, δομή, καθαρή γεύση, προσωπικότητα και πολυπλοκότητα χωρίς να εστιάζει στον αρωματικό χαρακτήρα. Στο αρωματικό του προφίλ υπάρχει λίγο λεμονί αλλά κυρίως είναι αναγνωρισμένο για την ορυκτότητα, το γεμάτο σώμα και την υψηλή οξύτητα. Έχει δυνατότητα ωρίμανσης πέντε με επτά έτη μετά την εμφιάλωση του. Το Ασύρτικο της Σαντορίνης είναι η καλύτερη δυνατή έκφραση του terroir που χαρακτηρίζει το νησί (Παπαδοπούλου, 2022).

Η Μανδிலιαριά είναι μια από τις ερυθρές ποικιλίες που φιλοξενεί το νησί, εντοπίζεται σε αρκετά νησιά της Ελλάδος αλλά η καλύτερη έκφραση της είναι στη Κρήτη. Έχει διάφορες ονομασίες όπως Αμοργιανό, Παριανό, Βάφτρα, Μαύρη Κουντούρα και Μαντηλάρι. Για την παραγωγή οίνων συμμετέχει σε χαρμάνια είτε για ερυθρούς, ροζέ είτε για επιδόρπιους. Σπάνια μπορεί να βρεθεί μονή της, για την παραγωγή ερυθρού οίνου. Στη Σαντορίνη συναντάται πιο συχνά σε ροζέ οίνους με συνοινοποίηση με το Ασύρτικο και σε ερυθρούς με συνοινοποίηση με το Μαυροτράγανο. Το αρωματικό προφίλ αυτής της ποικιλίας είναι μαύρα μούρα, δέρμα και έχει ένα φυτικό χαρακτήρα. Έχει έντονο χρώμα, μέτριο σώμα και η οξύτητα της κυμαίνεται από μέτρια προς υψηλή. Το επίπεδο τανινών είναι υψηλό. Τέλος η δυνατότητα ωρίμανσης είναι 3 με 4 έτη (Παπαδοπούλου, 2022).

Το Μαυροτράγανο τα προηγούμενα χρόνια χρησιμοποιούταν για την παραγωγή γλυκών οίνων στη Σαντορίνη, ενώ ταυτόχρονα κινδύνευε η εξαφάνιση του. Οι παραγωγοί της Σαντορίνης βρήκαν τα καλύτερα κλήματα του νησιού, ώστε να τα πολλαπλασιάσουν και πειραματίστηκαν στην οινοποίηση για να καταφέρουν να φανερώσουν τα αρώματα που έχει αυτή η ποικιλία. Μέχρι σήμερα έχει φανερώσει ένα μικρό ποσοστό των δυνατοτήτων του στην παραγωγή ερυθρών οίνων. Ο αρωματικός του χαρακτήρας δίνει μαύρα μούρα, ανήθικα στοιχεία, δέρμα, μπαχαρικά, ορυκτότητα καθώς και δρυ. Έχει ένα γεμάτο σώμα, με μέτρια οξύτητα, υψηλό επίπεδο τανινών και 10 χρονιά δυνατότητα ωρίμανσης (Παπαδοπούλου, 2022).

Η ποικιλία Κατσανό μαζί με την Γαιδουριά αντιπροσωπεύουν το 1% του αμπελώνα της Σαντορίνης. Οι αμπελώνες βρίσκονται στο Μεγαλοχώρι και στο Ακρωτήρι. Η ηλικία των αμπελιών είναι άνω των 30 ετών. Δίνουν λευκό ξηρό οίνο στην συνοινοποίηση τους. Τα

αρώματα που διακρίνονται είναι αυτά των λευκών λουλουδιών, πυρινόκαρπα και τροπικά φρούτα. Με την παλαίωση μπορεί να αναγνωριστεί και η ορυκτότητα. Ο οίνος έχει μέτριο σώμα και οξύτητα με δυνατότητα ωρίμανσης 3 με 5 χρονιά.

### **2.1.5. Οίνοι ΠΟΠ Σαντορίνη και Νυχτέρι**

Η προστατευόμενη ονομασία προέλευσης (ΠΟΠ) θεσπίστηκε στη Σαντορίνη το 1971, τα τμήματα που απαρτίζουν την οριοθετημένη ζώνη παραγωγής είναι η Σαντορίνη και η Θηρασιά. Μόνο οι αμπελώνες που αποτελούν κομμάτι σε αυτά τα δυο νησιά μπορούν να φέρουν την ένδειξη ΠΟΠ, σε συνδυασμό με κάποιες άλλες παραμέτρους. Η Σαντορίνη έχει ένα από τους πιο παλιούς αμπελώνες σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς η παράδοση της καλλιέργειας ξεκίνησε περίπου 3.500 χρονιά πριν. Ο προϊστορικός αμπελώνας καταστράφηκε από την έκρηξη του ηφαιστείου το 1612π.Χ.. Έπειτα όμως αναπτύχθηκε ένας νέος αμπελώνας στην νέα πλέον σύσταση εδαφών.

Για να μπορεί ένας παράγωγος να ονομάσει τον οίνο ΠΟΠ Σαντορίνης, πρέπει ο παραγόμενος οίνος να έχει τουλάχιστον 85% Ασύρτικο και το υπόλοιπο να καλύπτεται από τις ποικιλίες Αθήρι και Αηδάνι σε ένα ποσοστό μέχρι 15%. Αρκετοί οίνοι μπορούν να παραχθούν από 100% Ασύρτικο. Οι λευκοί ξηροί οίνοι που παράγονται στη Σαντορίνη και στη Θηρασιά είναι χαρακτηριστικοί για την προέλευση τους, δηλαδή το ηφαιστιογενές έδαφος που τα καθιστά τόσο μοναδικά. Οι οίνοι αυτοί έχουν μια ορυκτότητα, δύναμη, είναι καθαροί, τραγανοί στο στόμα και έχουν μια διακριτή αλμυρή νότα. Δεν υπάρχουν έντονα αρωματικά στοιχεία σε αυτούς του οίνους, περισσότερο διακρίνεται η δομή, τα υψηλά επίπεδα οξύτητας καθώς και ο υψηλόβαθμος αλκοολικός τίτλος, οποίος μπορεί να φτάσει μέχρι και 14,5%.

Τα κρασιά της Σαντορίνης και συγκεκριμένα το Ασύρτικο είναι γνωστό σε παγκόσμια κλίμακα για την προσωπικότητα που διαθέτει. Στην παραγωγή του Ασύρτικου κάποιοι οινοποιοί επιλέγουν στην ωρίμανση του πάνω σε λεπτές φίνες οινολάσπες για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Λεπτές φίνες οινολάσπες ονομάζονται οι νέκρες ζύμες μετρά το πέρας της αλκοολικής ζύμωσης. Άλλοι οινολόγοι επιλέγουν η διεξαγωγή της ωρίμανσης να λάβει χώρα σε δρύινα βαρέλια. Στις δυο επιλογές ωρίμανσης ο παραγόμενος οίνος θα αποκτήσει μια κρεμώδες, βελούδινη και πλούσια υφή. Επιπλέον, οι οίνοι που προέρχονται από το Ασύρτικο μπορούν να



παλαιώσουν για επτά χρονιά περίπου με καλύτερη χρονιά κατανάλωσης τα πέντε έτη μετά την σοδειά τους. Η δυνατότητα εξέλιξης που έχουν διαφοροποιεί τη προσωπικότητα τους, δηλαδή με την πάραση του χρόνου τα αρώματα του κρασιού παραπέμπουν σε μελί, αποξηραμένα φρούτα και βότανα.

Το νησί της Σαντορίνης έχει παράδοση για την παραγωγή οίνων. Το πιο γνωστό για την παραγωγή του, όπου παίρνει και το όνομα είναι το Νυχτέρι. Είναι ένας λευκός ξηρός οίνος με αρκετά ενδιαφέρον χαρακτηριστικά. Τα σταφύλια τρυγούνται την νύχτα ή πολύ νωρίς το πρωί, με σκοπό η ατμόσφαιρα να είναι δροσερή και η θερμοκρασία χαμηλή. Η συμβολή των ανέμων που πνέουν από το Αιγαίο πέλαγος βοηθούν σε αυτές τις συνθήκες τις συγκεκριμένες ώρες. Ακόμη, ο τρύγος σε εκείνες τις ώρες προφυλάσσει το κρασί από την οξείδωση και δεν εκχυλίζονται τα φαινικά συστατικά των σταφυλιών. Επομένως αποφεύγονται οι αλλοιώσεις στα σταφύλια. Η επεξεργασία των σταφυλιών γίνεται αυθημερόν.

Οι ποίκιλες που τρυγούνται είναι το Ασύρτικο, το Αθήρι και το Αηδάνι. Οι φιάλες μπορούν να φέρουν την ένδειξη ΠΟΠ όταν ο οίνος που περιέχεται είναι λευκός ξηρός με ελάχιστο φυσικό αλκοολικό τίτλο 13,5% και να έχει ωριμάνσεις σε δρύινα βαρέλια, το λιγότερο για 3 μήνες. Δέχεται παλαίωση για περισσότερο από 10 χρονιά. Στα αρώματα του μπορούν να βρεθούν πυρινόκαρπα φρούτα, λεμονί, γιασεμί, νυχτολούλουδο, μήλο και αχλάδι. Γενικά, το αρωματικό προφίλ του οίνου διαφοροποιείται ανάλογα την χρονική διάρκεια που έχει ωριμάσει στα δρύινα βαρέλια καθώς και την παραμονή του στη φιάλη μετά την εμφιάλωση μέχρι και την κατανάλωση του.

### **2.1.6. Οίνοι ΠΟΠ Vinsanto Σαντορίνη**

Ο οίνος ΠΟΠ Vinsanto της Σαντορίνης είναι ένας από τους πιο γνωστούς στο κόσμο. Είναι ένας φυσικός γλυκός οίνος με αρκετό ενδιαφέρον στο χρώμα του ανάλογα τα χρονιά παλαίωσης του, ωρίμανσης σε δρύινα βαρέλια καθώς και τα πολύπλοκα αρώματα του. Η ονομασία του μπορεί να προέρχεται από δυο προελεύσεις. Η πρώτη είναι ότι ο οίνος αυτός χρησιμοποιούταν στην καθολική θεία ευχαριστία, δηλαδή στα ιταλικά ονομαζόταν vino santo, άγιος οίνος. Η δεύτερη δηλώνει ότι η προέλευση του Vinsanto είναι από την Σαντορίνη, vino di Santorini. Ουσιαστικά το Vinsanto είναι επιδόρπιος οίνος και παράγεται από υπερώριμα

σταφύλια. Οι προϋποθέσεις για να μπορεί να φέρει ένας οίνος την ένδειξη ΠΟΠ Vinsanto Σαντορίνης είναι να έχει παραχθεί από 51% και πάνω της ποικιλίας Ασύρτικο, και το υπόλοιπο ποσοστό μπορεί να είναι όλες οι λευκές καλλιεργούμενες ποικιλίες του νησιού. Αυτές είναι το Αηδάνι, το Αθήρι, το Κατσανό, η Γαιδουριά, το Μοσχάτο λευκό, η Μονεμβασιά, το Πλατάκι και το Ποταμίσι. Στη συνέχεια, τα σταφύλια λιάζονται, ακολουθεί φυσική ζύμωση και παλαιώνουν υποχρεωτικά σε δρύινα βαρέλια για τουλάχιστον 24 μήνες. Οι περισσότερες ετικέτες Vinsanto έχουν ένα ποσοστό 80% με 85% Ασύρτικο και το υπόλοιπο είναι Αθήρι και Αηδάνι. Κάποιοι παραγωγοί οινοποιούν μόνο δυο ποικιλίες, το Ασύρτικο και το Αηδάνι. Το κάθε χαρμάνι είναι μοναδικό και προσδίδει διαφορετικά χαρακτηριστικά στο παραγόμενο επιδόρπιο οίνο. Στη Σαντορίνη ο τρύγος ξεκινάει αρχές Αυγούστου λόγω του θερμού κλίματος. Για την παραγωγή του Vinsanto τα σταφύλια πρέπει να είναι υπερώριμα, συνεπώς ο τρύγος γίνεται αρχές Σεπτεμβρίου. Στην πορεία της παραγωγής, τα σταφύλια απλώνονται στον ήλιο με σκοπό να αφυδατωθούν, ώστε να συμπυκνωθούν τα σάκχαρα μέχρι τα 370 γραμμάρια στο λίτρο. Έτσι, επέρχεται και η συμπύκνωση αρωμάτων και γεύσεων. Η αλκοολική ζύμωση που ακολουθεί είναι φυσική. Μετά το τέλος της αλκοολικής ζύμωσης γίνεται παλαίωση σε δρύινα βαρέλια για τουλάχιστον δυο χρονιά. Το χρώμα του επιδόρπιου οίνου εξαρτάται από την παραμονή του στο δρύινο βαρέλι καθώς και την μετέπειτα παλαίωση στη φιάλη μέχρι την κατανάλωση του. Το Vinsanto έχει ανεξάντλητη παλαίωση, είναι ένας επιδόρπιος οίνος που αντέχει στο χρόνο. Όσο περισσότερο χρόνο παραμένει στο ξύλινο βαρέλι, τόσο πιο σκουρόχρωμη θα είναι η απόχρωση του. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι σε όλη την διάρκεια παραμονής του στο βαρέλι γίνεται μικροοξυγόνωση, έρχεται δηλαδή σε επαφή με το οξυγόνο. Επικρατεί το φαινόμενο της οξειδωσης, το οποίο όμως επιδρά θετικά στην παραγωγή του Vinsanto. Οι αποχρώσεις του ξεκινάνε από κεχριμπάρι και καφέ χρώμα και μπορούν να φτάσουν μέχρι σκούρο καφέ.

Στο Vinsanto διακρίνεται μια υψηλή οξύτητα οφειλόμενη στο μεγάλο ποσοστό της ποικιλίας Ασύρτικο που χρησιμοποιείται καθώς και από πτητική οξύτητα. Η οξύτητά δίνει στον επιδόρπιο οίνο μια φρεσκάδα και μια ισορροπία. Ο αλκοολικός τίτλος του κυμαίνεται από 9% έως και 13,5%. Τα αρώματα του είναι πολύπλοκα, στις πιο νεαρές σοδιές παρατηρούνται αρώματα αποξηραμένων φρούτων όπως το σύκο, νότες μελιού, φλούδες πορτοκαλιού και ξηρών καρπών. Όσο οι σοδιές είναι πιο παλιές, τόσο τα αρώματα γίνονται πιο έντονα, περίπλοκα και ενδιαφέροντα. Ο επιδόρπιος οίνος παρουσιάζει αργότερα αρώματα καφέ, σοκολάτας, καβουρδισμένου καφέ, μπαχαρικών, δέρματος και καπνού.

## 2.2. ΕΛΑΦΟΣ ΚΑΙ ΚΡΑΣΙ

### 2.2.1. Φυσικές ιδιότητες εδαφών

Φυσικές ιδιότητες των εδαφών αποτελούν η μηχανική σύσταση, η δομή, το ειδικό βάρος, το πορώδες, το χρώμα, η θερμοκρασία. Η μηχανική σύσταση αναφέρεται στον διαχωρισμό των στερεών υλικών του εδάφους σε κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος τους. Οι εδαφικοί κόκκοι που προκύπτουν άπτον διαχωρισμό αυτό κατατάσσονται σε μηχανικά κλάσματα. Τα κλάσματα του εδάφους είναι η άμμος, η ιλύς και η άργιλος. Η μηχανική σύσταση είναι απαραίτητη για την επιλογή της κατάλληλης διαχείρισης του εδάφους, ενώ επηρεάζει επίσης τον αερισμό και την κίνηση το νερού.

Η δομή αναφέρεται στην διαδικασία συσσωμάτωσης των κόκκων του εδάφους με την βοήθεια κολλοειδών. Τα κολλοειδή λειτουργούν ως ελκτικές δυνάμεις που μετατρέπουν τους πρωτογενείς κόκκους σε συσσωμάτωση. Η έννοια αυτή καθορίζει το επίπεδο της γονιμότητας και της παραγωγικότητας. Γενικά, για να χαρακτηριστεί η δομή του εδάφους ικανοποιητική πρέπει να αποτελείται τόσο από μεγάλους, όσο και από μικρούς πόρους. Οι μεγάλοι πόροι συμβάλλουν θετικά στην εύκολη διακίνηση του νερού και στον σωστό αερισμό του εδάφους, οι μεσαίοι πόροι διευκολύνουν την κίνηση των θρεπτικών συστατικών στις ρίζες, ενώ οι μικροί πόροι λειτουργούν ως αποθήκες νερού και θρεπτικών στοιχείων. Τα πιο κατάλληλα εδάφη για καλλιέργεια είναι αυτά που έχουν καλά αναπτυγμένη κοκκώδη ή χονδρόκοκκη δομή. Την δομή επηρεάζουν η μηχανική σύσταση, η οργανική ουσία, το νερό, οι καλλιεργητικές εργασίες, οι μικροοργανισμοί του εδάφους και τα ζώντα φυτά. Ταξινόμηση της δομής πραγματοποιείται ανάλογα τον βαθμό ευκρίνειας, το σχήμα και το μέγεθος των συσσωματωμάτων.

Το ειδικό βάρος διακρίνεται σε πραγματικό και φαινόμενο. Το φαινόμενο ειδικό βάρος εξαρτάται από διάφορα φαινόμενα που βασίζονται στην περιεκτικότητα της αργίλου και την υγρασία, καθώς και από την δομή, το βαθμό συμπίεσης των εδαφών, την διόγκωση και την συστολή. Η τιμή για το φαινόμενο ειδικό βάρος βρίσκεται από την διαίρεση του ξηρού βάρους δια του όγκου του δείγματος. Από το πραγματικό βάρος μπορεί να εκτιμηθεί η δομή του εδάφους, το πορώδες, ο αερισμός, η διήθηση, η ποσότητα νερού άρδευσης και η αποστράγγιση. Το έδαφος της επιφάνειας εμφανίζει συνήθως μικρότερο φαινομενικό ειδικό βάρος από το υποεπιφανειακό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στον επιφανειακό ορίζοντα υπάρχει

μεγαλύτερη περιεκτικότητα οργανικής ουσίας και η δομή του είναι κοκκώδης, ενώ το υπέδαφος είναι περισσότερο συμπιεσμένο.

Το πορώδες αντιπροσωπεύει το συνολικό όγκο που καταλαμβάνουν η αέρια και η υγρή φάση. Εκφράζεται ως επι % ο λόγος του όγκου που καταλαμβάνουν ο αέρας και το νερό, προς το συνολικό όγκο του εδάφους. Οι τιμές του κυμαίνονται από 30-65%. Γενικά, τα χονδρόκοκκα εδάφη παρουσιάζουν μικρότερο πορώδες από ότι τα λεπτόκοκκα. Ανάλογα με το μέγεθος των πόρων, το πορώδες διακρίνεται σε μακροπορώδες (διάμετρος πόρων >10 μm) και μικροπορώδες (διάμετρος πόρων < 0,2 μm) (Καλύβας, 2003).

Το χρώμα είναι ένα μορφολογικό χαρακτηριστικό του εδάφους. Μερικές χρωματικές σχέσεις είναι απλές καθώς φανερώνουν την παρουσία χούμου με ένα σκούρο καστανό χρώμα. Η παρουσία οξειδίων του σιδήρου φανερώνεται με κόκκινα ή κίτρινα χρώματα. Σε ξηρά κλίματα εμφανίζεται μια λευκή στρώση από τα άλατα που βγήκαν στην επιφάνεια λόγω εξάτμισης. Το χρώμα ενός εδάφους αποτελεί ένδειξη της ύπαρξης ή μη νερού σε κάποιο βάθος, αφού ένα υγρό έδαφος είναι περισσότερο σκούρο από ένα ξηρό. Αυτό οφείλεται στην μεγάλη διαφορά δεικτών διάθλασης που υπάρχει μεταξύ στερεάς – αέριας φάσης σε σύγκριση μεταξύ στερεάς-υγρής φάσης.

Η θερμοκρασία του εδάφους επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού, του ριζικού συστήματος και την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών. Παράγοντας της θερμοκρασίας είναι το βάθος του εδάφους, το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή, την ώρα της ημέρας, την κατάσταση της ατμόσφαιρας, την διάθλαση και διασπορά των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, την κλίση, την έκθεση, το χρώμα, την φυτική κάλυψη και τις εδαφικές ιδιότητες του εδάφους που επηρεάζουν την ειδική θερμότητα και την θερμοαγωγιμότητα του εδάφους (Καλύβας, 2003).

### **2.2.2. Χημικές ιδιότητες εδαφών**

Στις χημικές ιδιότητες περιλαμβάνονται τα εδαφικά κolloειδή, η ανταλλαγή κατιόντων, η ανταλλαγή ανιόντων, η θρόμβωση και διασπορά και οι χημικές αντιδράσεις. Το σύνολο των τεμαχιδίων της αργίλου και του χούμου αναφέρεται ως κolloειδές κλάσμα λόγω του μικρού μεγέθους τεμαχιδίων και της μεγάλης ειδικής επιφάνειας στην οποία συγκρατούνται μόρια νερού, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> και ιόντα. Τα θετικά φορτισμένα ιόντα Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> και

$\text{Na}^+$ , έλκονται από τις αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες των κολλοειδών, όπως είναι η άργιλος και η οργανική ουσία, λόγω ηλεκτροστατικής έλξης. Το κατιόν μπορεί να απομακρυνθεί από το σύμπλοκο και να μετακινηθεί στο εδαφικό διάλυμα. Τότε, ένα άλλο κατιόν με το ίδιο φορτίο θα πάρει τη θέση του προηγούμενου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ανταλλαγή κατιόντων. Τα επιφανειακά κατιόντα των κολλοειδών ονομάζονται προσροφημένα και αποτελούνται από χαλαρούς δεσμούς. Τα προσροφημένα κατιόντα ανταλλάσσουν θέσεις με τα ελεύθερα κατιόντα στο εδαφικό διάλυμα και ονομάζονται ανταλλάξιμα κατιόντα. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα είναι υδατοδιαλυτά. Τα εδαφικά κολλοειδή που συγκρατούν ανταλλάξιμα κατιόντα ή ανιόντα ονομάζονται σύμπλοκα ανταλλαγής κατιόντων ή ανιόντων. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των κολλοειδών, έλκουν περισσότερα μόρια νερού (Green, 1986).

Η διασπορά λαμβάνει χώρα συνήθως μεταξύ τεμαχιδίων αργίλου. Τα τεμαχίδια αργίλου αδυνατούν να συγκρατηθούν μεταξύ τους όταν το εδαφικό διάλυμα είναι αραιό και υπάρχουν κυρίως μονοσθενή κατιόντα. Με αυτό τον τρόπο διασπείρεται η άργιλος, μπλοκάρονται οι πόροι του εδάφους και μειώνεται η διηθητικότητα του. Έτσι, καταστρέφεται η παραγωγικότητα του εδάφους και τα εδάφη είναι προβληματικά. Η θρόμβωση προκαλείται όταν κυριαρχούν τα πολυσθενή κατιόντα ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) και τα τεμαχίδια της αργίλου συνενώνονται, μεγαλώνουν οι πόροι και αυξάνεται η διηθητικότητα του εδάφους. Η θρόμβωση μπορεί να προκληθεί και σε χαμηλό pH, όπου τότε κυριαρχούν τα  $\text{Al}^{3+}$ . Όταν συμβαίνει θρόμβωση, η δομή των αργιλώδων εδαφών καλυτερεύει (Αντωνιάδης, Εδαφολογία). Θρόμβωση προκαλούν οι ηλεκτρολύτες, το ανθρακικό ασβέστιο, τα άλατα, η οργανική ουσία, τα θετικά φορτισμένα οξείδια σιδήρου, αργιλίου, μαγγανίου, καθώς έχουν την δυνατότητα να δημιουργούν γέφυρες ή να εξουδετερώνουν το φορτίο των κολλοειδών. Σε περίπτωση που απομακρυνθεί ο παράγοντας που προκαλεί την θρόμβωση, το σύστημα μετατρέπεται σε διασπορά.

Η οξύτητα των εδαφών αποτελεί μια άλλη σημαντική ιδιότητά τους και εκφράζεται ως pH. Επηρεάζει τόσο την ανάπτυξη των φυτών, καθώς και τις φυσικοχημικές διεργασίες του εδάφους. Πηγές της οξύτητας αποτελούν η οργανική ουσία, η ατμόσφαιρα, οι εκκρίσεις ριζών, η διάσπαση ομοιοπολικών δεσμών υδρογόνου και οξυγόνου, το μητρικό υλικό και τα λιπάσματα. Το pH επηρεάζουν ορισμένες επιφανειακές αντιδράσεις της κολλοειδούς φάσης του εδάφους, υπό την επίδραση του νερού και του χρόνου. Η παραγωγή ιόντων υδρογόνου, σε χαμηλά pH, μπορεί να οφείλεται και στο αργίλιο.

### **2.2.3. Η επίδραση του εδάφους στην αμπελοκαλλιέργεια**

Το έδαφος, σε συνδυασμό με το κλίμα, την τοπογραφία και την ποικιλία της αμπέλου αποτελούν το *terroir*. Οι εγγενείς ιδιότητες του εδάφους, όπως είναι το βάθος, η περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία, η διείσδυση, η ικανότητα συγκράτησης νερού, η υφή και η δομή συμβάλλουν στην ποιότητα του παραγόμενου οίνου. Από τα παλαιότερα χρόνια της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, οι αμπελώνες της Ευρώπης καλλιεργούνταν σε περιθωριακές εκτάσεις όπως πλαγιές, κοντά σε ποτάμια ή λίμνες, σε υψηλά υψόμετρα, ώστε να αξιοποιούν τα πιο γόνιμα εδάφη για την καλλιέργεια δημητριακών ή άλλων αναλώσιμων τροφίμων. Αντιθέτως, στην Αμερική υπήρχε εκτεταμένη διαθεσιμότητα για την καλλιέργεια της αμπέλου σε εύφορα εδάφη και υπήρχε η δυνατότητα μαζικής παραγωγής και μηχανοποίησης της αμπελοκαλλιέργειας. Οι αμπελώνες που βρίσκονται σε απότομες πλαγιές έχουν αυξημένες πιθανότητες να βρεθούν αντιμέτωποι με υποβαθμισμένα εδάφη, λόγω μειωμένης γονιμότητας, έλλειψη απαιτούμενης ποσότητας νερού, κακός αερισμός κ.α. Αυτή η «συνεχής ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί ως ένα ζωτικό οικοσύστημα που υποστηρίζει φυτά, ζώα και ανθρώπους», έχει οριστεί ως Soil Health από το United States Natural Resources Conservation Services.

Το έδαφος εξυπηρετεί μερικές από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του φυτού, από την ελεγχόμενη ριζοβολία μέχρι την παροχή νερού και θρεπτικών συστατικών για την ομαλή ανάπτυξή του. Σημαντικότερος συνδετικός κρίκος του εδάφους με την αμπελοκαλλιέργεια είναι η παροχή νερού. Το κατάλληλο έδαφος θα πρέπει να αποθηκεύει τις απαραίτητες ποσότητες νερού που θα χρειαστεί το φυτό καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου και θα βοηθήσει τις ρίζες να αναπτυχθούν πιο βαθιά. Όσο πιο βαθιά είναι η ριζοβολία, τόσο περισσότερα θρεπτικά στοιχεία και ποσότητες νερού θα απορροφήσει το φυτό. Ωστόσο, όταν υπάρχει σύστημα άρδευσης, η αποθήκευση νερού δεν αποτελεί τόσο σημαντικό πλεονέκτημα, αλλά οι περισσότερες αμπελοκαλλιεργητικές περιοχές είναι ξηρές. Συνεπώς, ένα καλά αποστραγγιζόμενο έδαφος με την κατάλληλη υγρασία βοηθάει την ποιότητα του σταφυλιού.

Ύψιστης σημασίας για την ποιότητα του εδάφους αποτελούν ο βίοτοπος και το μικροβίωμα του. Οι μικροοργανισμοί του εδάφους εκτελούν διάφορες οικολογικές διεργασίες, όπως η αποσύνθεση και ο κύκλος των θρεπτικών ουσιών, με αποτέλεσμα την δέσμευση άνθρακα και την θρέψη της αμπέλου. Πολλοί μικροοργανισμοί, επίσης, μεταφέρονται στις ράγες και

έπειτα στο στάδιο της αλκοολικής ζύμωσης, επηρεάζοντας τον παραγόμενο οίνο. Για την περιγραφή των μικροοργανισμών του εδάφους έχει δημιουργηθεί η έννοια του μικροβιακού terroir.

Αναφέροντας ένα παράδειγμα, η υφή του εδάφους επηρεάζει το δυναμικό δέσμευσης άνθρακα. Σε μια πρόσφατη έρευνα του American Vineyard Foundation, ο Δρ. Lazcano και Δρ. Decock μελετούν την μεταβλητότητα του άνθρακα του εδάφους και σε άλλους δείκτες υγείας του εδάφους σε αμπελώνες της Napa Valley στην Καλιφόρνια. Η έρευνα αυτή εστιάζει στην προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος και στην βελτίωση των πρακτικών αμπελοκαλλιέργειας (Lazcano & Decock & Wilson, 2020).

Για την παραγωγή υψηλής ποιότητας σταφυλιών, το αμπέλι θα πρέπει να φυτεύεται σε άγονα εδάφη και να υπάρχει μικρή έλλειψη θρεπτικών στοιχείων. Στα άγονα εδάφη το αμπέλι αναγκάζεται να μειώσει την παραγωγικότητά του και άρα να παράγει λιγότερα σταφύλια. Εάν ένα αμπέλι έχει μεγάλη παραγωγή, η ποιότητα του χυμού της σάρκας του σταφυλιού πέφτει, καθώς έχουμε μεγαλύτερες ποσότητες νερού και άρα αραιωμένα αρωματικά συστατικά και σάκχαρα. Συνεπώς, αμπελώνες κοντά σε ποτάμια τείνουν να δίνουν μεγάλες απόδοσης παραγωγής και άρα χαμηλότερης ποιότητας σταφύλια.

#### **2.2.4. Η επίδραση του εδάφους στην σύσταση των οίνων.**

Για την φύτευση ενός αμπελώνα, πρέπει να επιλεγθούν οι κατάλληλες ποικιλίες που θα ταιριάζουν στα αντίστοιχα εδάφη. Κάθε ποικιλία έχει διαφορετικές ανάγκες στο μικρόκλιμα που της ταιριάζει. Πολλά κρασιά υψηλής ποιότητας παράγονται σε κρύα κλίματα. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, επιβραδύνεται η ανάπτυξη των ραγών και παράγονται πιο σύνθετα κρασιά. Τέτοια παραδείγματα είναι περιοχές της Καμπανίας, της Βουργουνδίας και του Μπαρόλο. Ψυχρά εδάφη έχουν την ικανότητα να διατηρούν τα υψηλά επίπεδα οξύτητας των σταφυλιών. Από την άλλη πλευρά, τα θερμά εδάφη είναι εξίσου σημαντικά σε περιοχές με ακραίες κλιματικές συνθήκες. Για παράδειγμα, στο Mosel της Γερμανίας, υπάρχουν πετρώματα που αντανάκλουν την θερμότητα πίσω στα αμπέλια και επιταχύνουν την ωρίμανση των σταφυλιών. Ένα άλλο παράδειγμα, είναι το Riesling, το οποίο ευδοκιμεί σε ψυχρά κλίματα και παρουσιάζει πολύ

υψηλή οξύτητα. Το Riesling που προέρχεται από αμπελώνες με ζεστό κλίμα χαρακτηρίζεται πιο επίπεδο και υστερεί της ποιότητας του προηγούμενου.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι πως η ίδια ποικιλία μπορεί να παράγει διαφορετικά στυλ κρασιών σε θερμά αμμώδη εδάφη από ότι σε πηλώδη εδάφη. Στα θερμά, αμμώδη παράγονται κρασιά πιο μαλακά και με λιγότερες ταννίνες, πιο ανοιχτόχρωμα. Σε αντίθεση, κρασιά που προέρχονται από ασβεστολιθικά εδάφη, είναι πιο ταννικά, με βαθύ χρώμα και πιο στιβαρά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Συγκεκριμένα, η Σαντορίνη αποτελείται από μια σύσταση εδάφους που δεν έχει βρεθεί πουθενά αλλού στην Ελλάδα. Το έδαφος, το terroir και οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι αυτές που καθορίζουν το χαρακτηριστικό στυλ του κρασιού. Σε μια γευστική δοκιμή που πραγματοποιήθηκε το 2020 από Masters of Wine, μέσα σε αυτούς ο Κ. Καρακάσης, συμμετείχαν 5 κρασιά από διαφορετικά χωριά της Σαντορίνης. Διαπιστώθηκε ότι κάθε κρασί παρουσίαζε το προσδοκώμενο χαρακτήρα ανάλογα με την προέλευσή του. Το Μεγαλοχώρι και ο Βούρβουλος παρουσίαζαν καλύτερη ωρίμανση, το Ακρωτήρι είχε ένα πιο αλμυρό χαρακτήρα, αποδεικνύοντας την τυπικότητα που προσδίδει το έδαφος και το μικρόκλιμα σε κάθε κρασί. Το Ασύρτικο ποικίλει από πολύ φρουτώδες σε ορυκτώδες ανάλογα από την περιοχή από την οποία προέρχεται. Στην Κεντρική Ελλάδα όπου καλλιεργείται, δίνει ένα πιο προσιτό, φρουτώδες χαρακτήρα. Αντιθέτως, το Ασύρτικο της Σαντορίνης παρουσιάζει ένα πιο έντονο, αυστηρό, ορυκτό και αλμυρό στυλ. Σημαντικό είναι να τονισθεί πως Ασύρτικα που φυτεύθηκαν σε παρόμοιας σύστασης εδάφη, εμφάνισαν όμοια οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αλλά είχαν χαμηλότερη οξύτητα από αυτά της Σαντορίνης (Καρακάσης, 2020).

### **2.2.5. Μητρικά υλικά εδαφών**

Το έδαφος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους πόρους για την ζωή πάνω στο πλανήτη. Το έδαφος είναι αποτέλεσμα αποσάθρωσης προϊόντων των πετρωμάτων με την επίδραση του κλίματος και των οργανισμών για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επομένως, το έδαφος έχει επίδραση στον περιβάλλον και ταυτόχρονα δέχεται επίδραση από αυτό (Βουτσινός, 2009).

Το μητρικό υλικό προέρχεται από το έδαφος κατά την αποσάθρωση ,είτε αυτή είναι φυσική, είτε χημική. Αποτελείται από τα πετρώματα και τα ορυκτά. Το έδαφος επηρεάζεται από



την φύση του μητρικού υλικού δηλαδή, από το μέγεθος που έχουν τα πετρώματα και τα ορυκτά, τη δομή, καθώς και την σύστασή τους. Η χημική και ορυκτολογική σύσταση σε συνδυασμό με τα προηγούμενα συμμετέχει στην εξέλιξη του εδάφους και την αλληλεπίδραση των υπολοίπων παραγόντων εδαφογένεσης. Οι παράγοντες εδαφογένεσης εκτός του μητρικού υλικού είναι, η τοπογραφία, το κλίμα, οι οργανισμοί και ο χρόνος (Βουτσινός, 2009).

Το κλίμα μπορεί να θεωρηθεί ο βασικότερος παράγοντας της εδαφογένεσης, διότι η θερμοκρασία και η βροχή κατευθύνουν τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις του εδάφους. Στους οργανισμούς πιο σημαντικοί είναι οι λειχήνες, τα βρύα και οι μικροοργανισμοί είναι στα κατώτερα επίπεδα αλλά εκείνοι συμμετέχουν στην φυσική και χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο έδαφος για την βλάστηση. Από την άλλη, στην εδαφογένεση συμμετέχουν και οι ζωικοί οργανισμοί. Αυτοί αποσυνθέτουν την οργανική ύλη και αναμειγνύουν τα υλικά του εδάφους, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην δομή (Κόρκας, 2018).

Η ηλικία του εδαφικού συστήματος δείχνει το χρόνο που έχει δεχτεί επίδραση το μητρικό υλικό από το κλίμα, την τοπογραφία και τους οργανισμούς, ώστε να μετατραπεί σε έδαφος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του εδάφους, τόσο πιο εξελιγμένο είναι. Ακόμη, η μορφολογία και η σύσταση του διαφέρουν περισσότερο από το αρχικό μητρικό υλικό (Κόρκας, 2018).

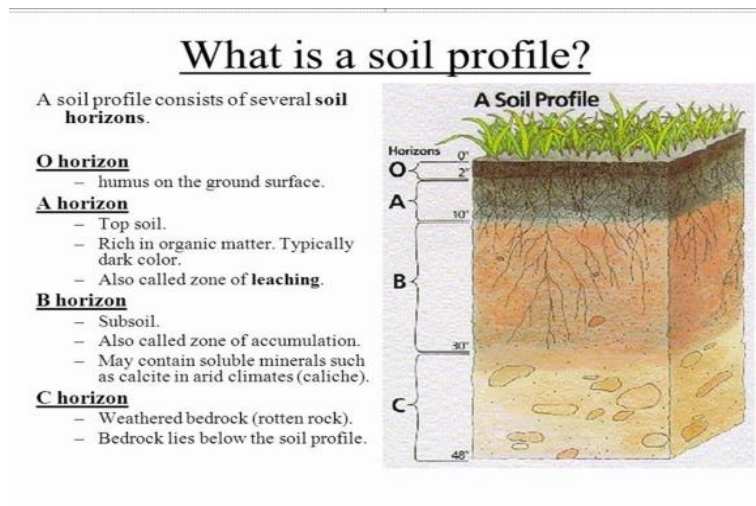
### **2.2.6. Ο ρόλος του υπεδάφους**

Εδαφικό προφίλ μπορεί να οριστεί η κάθετη τομή από την επιφάνεια έως το μητρικό υλικό. Τα επίπεδα στα οποία χωρίζεται το έδαφος ονομάζονται ορίζοντες. Οι ορίζοντες χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες. Ο πρώτος είναι τα οργανικά υπολείμματα. Ο δεύτερος είναι το έδαφος, ο ορίζοντας δηλαδή που αντλούν θρεπτικά στοιχεία τα φυτά. Ακολουθεί το υπέδαφος που εμπεριέχει λίγη οργανική ουσία, το μητρικό πέτρωμα και τέλος το σκληρό πέτρωμα. Από το μητρικό πέτρωμα προέρχονται τα ανόργανα στοιχεία του εδάφους. Επιπλέον το μητρικό πέτρωμα είναι το υπέδαφος. Η αποσάθρωση του δημιουργεί υλικά της εδαφογένεσης. Με αυτόν τον τρόπο τα υλικά του υπεδάφους ανέρχονται στην επιφάνεια, δηλαδή στο έδαφος. Το βάθος που έχει ένα έδαφος έχει σημαντικό ρόλο, γιατί όσο μικρότερο είναι τόσο περισσότερο υπάρχει επιρροή από το υπέδαφος. Το υπέδαφος είναι το στρώμα του εδάφους κάτω από το επιφανειακό έδαφος όπου τα ορυκτά συσσωρεύονται καθώς κατεβαίνουν από την επιφάνεια. Ονομάζεται

επίσης Β εδαφικός ορίζοντας. Μπορεί να είναι κάποια εκατοστά κάτω από το επιφανειακό έδαφος (Eberl, 2022).

Το υπέδαφος μπορεί να αποτελείται από περισσότερα μικρά πετρώματα και αργιλικά ορυκτά σε σχέση με το επιφανειακό έδαφος. Η οργανική ουσία, τα θρεπτικά συστατικά, τα έντομα και τα μικρόβια υπάρχουν σε μικρότερο ποσοστό. Τα τρία κύρια συστατικά του υπεδάφους είναι η άμμος, η λάσπη και ο άργιλος. (Fulford, 2022) . Αυτό υποδηλώνει ότι η περίσσεια λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων, φυτοφαρμάκων και άλλων διαλυμένων αλάτων συσσωρεύεται στο υπέδαφος. Η μορφή του υπεδάφους μπορεί να παρομοιαστεί με το επιφανειακό έδαφος. Συνήθως, είναι πιο ανοιχτόχρωμο και συμπαγές. Είναι λίγο κολλώδες εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητάς σε άργιλο. Η δομή του είναι κατώτερη, καθώς έχει λιγότερες ρίζες και ζωική δραστηριότητα.

Όσο προχωράει η εκσκαφή πιο βαθιά στον ορίζοντα του εδάφους, το χρώμα από σκούρο καφέ αρχίζει να ξεθωιάζει. Όταν το έδαφος παύει να είναι εύθραυστο και γίνεται πιο πυκνό χωρίς να υπάρχουν ρίζες φυτών, τότε μπορεί να χαρακτηριστεί ως υπέδαφος (Fulford, 2022).



Εικόνα 1. Soil Horizons, AP Environmental Science (APES).

### 2.2.7. Η έννοια του Terroir

Η λέξη Terroir προέρχεται από την λέξη terra που στα λατινικά σημαίνει γη. Η έννοια αυτής της λέξης μπορεί να οριστεί από ένα σύνολο παραγόντων. Ένας από τους παράγοντες αυτούς είναι οι κλιματολογικές συνθήκες και συγκεκριμένα το μικρόκλιμα. Έπειτα υπάρχει η σύσταση του εδάφους, η τοπογραφία, η οποία περιλαμβάνει την κλίση, το υψόμετρο και την έκθεση των αμπελιών στον ήλιο. Σε αυτήν την λέξη συμπεριλαμβάνεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ του υγρού και του γήινου στοιχείου, το υπέδαφος, ο προσανατολισμός των αμπελιών, η χλωρίδα καθώς και οι παρεμβάσεις που γίνονται από τους ανθρώπους. Η ανθρώπινη παρέμβαση σχετίζεται αρκετά με την παραγωγή του τελικού προϊόντος, διότι αλληλοεπιδρά με συγκεκριμένες συνθήκες όπως είναι το γενετικό υλικό κάθε αμπελιού σε συνδυασμό με το κλίμα, το έδαφος και την τοπογραφία. Ακόμη, στην έννοια αυτή της λέξης συμπεριλαμβάνονται οι παραδόσεις και η κουλτούρα ενός τόπου. Πρώτη φορά η λέξη αυτή χρησιμοποιήθηκε από τους Γάλλους με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα τους οίνους που παράγονται στην Βουργουνδία (Μπερής, 2018).

Το Terroir μπορεί να μην εμφανίζει όμοια χαρακτηριστικά ακόμη και σε αμπέλια που απέχουν μερικά μέτρα διαφορά και ανήκουν στην ίδια ποικιλία. Ο κάθε οργανισμός της αμπέλου είναι μοναδικός. Επόμενος, η γενετική σύσταση της κάθε ποικιλίας και του κάθε κλώνου συμβάλει στην διαφοροποίηση τους, ανεξαρτήτως των εδαφοκλιματικών χαρακτηριστικών (Παπαδοπούλου, 2022). Ορισμένες ποικιλίες σταφυλιού ευδοκιμούν καλύτερα σε ορισμένες περιοχές από ό,τι σε άλλες. Η οινοποιητική απόφαση της χρήσης φυσικών ζυμών και ενζύμων στη ζύμωση αντί για εργαστηριακά παραγόμενων ζυμών μπορεί να αποτελέσει μια αντανάκλαση του terroir. Η διαχείριση του αμπελώνα, δηλαδή αν η καλλιέργεια σταφυλιών γίνεται βιολογικά, βιοδυναμικά ή συμβατικά, μπορεί να θεωρηθεί μια ελεγχόμενη παρέμβαση του ανθρώπου που επηρεάζει το terroir. Αρκετές αποφάσεις κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καλλιέργειας και οινοποίησης μπορούν είτε να μειώσουν, είτε να αυξήσουν την επίδραση του terroir στο οίνο. Αυτές περιλαμβάνουν αποφάσεις για το κλάδεμα, την άρδευση και την επιλογή του χρόνου συγκομιδής. Στο οινοποιείο η χρήση ζυμών, η διάρκεια της διαβροχής και ο χρόνος επαφής με τις οινολάσπες, η θερμοκρασία κατά τη ζύμωση και διεργασίες όπως η μικροοξυγόνωση, είναι παράγοντες που μπορούν να αναδείξουν το terroir (Γεωργόπουλος, 2018).

## 2.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

### 2.3.1. Επεξεργασία εδάφους για αναλύσεις – λειοτρίβηση-κοσκίνισμα

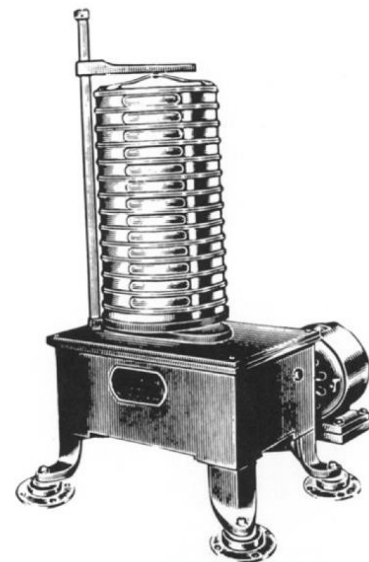
Η ανάλυση εδάφους της αμπέλου αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την σωστή καλλιέργεια της. Τέτοιες αναλύσεις γίνονται για να ελεγχθεί η καταλληλότητα, η γονιμότητα και η σύσταση σε θρεπτικά συστατικά του εδάφους, προκειμένου να γίνουν σωστή λίπανση και κατάλληλες καλλιεργητικές τεχνικές. Συγκεκριμένα, μια ανάλυση εδάφους περιλαμβάνει το pH, την μηχανική σύσταση, την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά. Μια ανάλυση εδάφους προσδίδει πολλά πλεονεκτήματα, καθώς δίνει τη δυνατότητα στον καλλιεργητή να προσδιορίσει τις ανάγκες του εδάφους προκειμένου να μπορέσει με τις κατάλληλες κινήσεις να βελτιώσει την παραγωγή. Προσδιορίζοντας την απαραίτητη λίπανση, αποφεύγεται η υπερβολική ή ελλιπή χρήση λιπασμάτων, μειώνονται τα έξοδα και παράγονται ποιοτικότερα προϊόντα.

Η εξέταση του εδάφους ακολουθεί την τεχνική της σύνθεσης. Σύνθεση είναι η ανάμειξη διαφόρων δειγμάτων ώστε να σχηματιστεί ένα ενιαίο, ομοιογενές, αντιπροσωπευτικό δείγμα όλης της καλλιέργειας. Η συγκεκριμένη δειγματοληψία στηρίζεται στο ότι η ανάλυση του δείγματος αποδίδει μια έγκυρη εκτίμηση του μέσου όρου, που θα προέκυπτε από τα αποτελέσματα της ανάλυσης κάθε ενός επιμέρους δείγματος που το αποτελούν. Αυτή η μέθοδος προσφέρει το πλεονέκτημα της ακρίβειας, αφού γίνεται χρήση μεγάλου αριθμού δειγμάτων και εξαλείφει την παράμετρο της ‘παραλλακτικότητας’. Με τον όρο ‘παραλλακτικότητα’ εννοείται οι διαφορές στις ιδιότητες του εδάφους που μπορούν να παρουσιαστούν μεταξύ δύο θέσεων του αμπελώνα, οι οποίες μπορεί να βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη του ενός μέτρου (Καλύβας, 2003). Οι διαφορές, αυτές, μπορεί να οφείλονται στην επίδραση των διαδικασιών εδαφογένεσης, οι οποίες έχουν μεταποήσει τα εδαφικά χαρακτηριστικά στα διάφορα βάθη.



δραστηριότητα. Εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε πηλό και οργανική ουσία θα χρειαστούν περισσότερο χρόνο έως την ξήρανση τους. Η θερμοκρασία δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 38° C (100°F), διότι θα προκληθούν αλλαγές στις φυσικοχημικές ιδιότητες του δείγματος (Goulding 1987, Bates, 1993).

Επόμενο βήμα είναι η λειοτρίβηση. Το έδαφος αλέθεται, είτε χειρονακτικά με την χρήση γουδιού, είτε με μηχανική συσκευή. Η άλεση μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στον προσδιορισμό μερικών χημικών στοιχείων, όπως στον χαλκό (Cu), στον σίδηρο (Fe) και στον ψευδάργυρο (Zn) (Kahn, 1979). Σε περίπτωση μακροχρόνιας αποθήκευσης συστήνεται τα δείγματα εδάφους να διατηρούνται σε χαμηλή υγρασία και θερμοκρασία. Ωστόσο, κάποιοι παράμετροι ίσως μεταβληθούν με το πέρασμα του χρόνου (Batew, 1993). Το τελευταίο βήμα είναι το κοσκίνισμα. Οι περισσότερες αναλύσεις γίνονται με την χρήση πολλών διαδοχικών κοσκίνων, καθένas με διαφορετική διάμετρο οπή, ενώ οι ποσότητες από κάθε κόσκινο συλλέγονται και ζυγίζονται. Είναι σημαντικό να



**Εικόνα 4.** Μηχανικό κόσκινο (Test sieving methods)

χρησιμοποιούνται τα λιγότερα δυνατόν κόσκινα που μπορούν να δώσουν επαρκείς πληροφορίες. Τα κοσκινίσματα τοποθετούνται διαδοχικά από εκείνο με τρύπες μεγάλης διαμέτρου να τοποθετείται στο επάνω μέρος και εκείνο με τις τρύπες μικρότερης διαμέτρου στο κάτω μέρος. Το δείγμα εδάφους μεταφέρεται στο επάνω μέρος και ξεκινάει το κοσκίνισμα είτε χειρονακτικά, είτε μηχανικά. Αυτή η μέθοδος πλεονεκτεί καθώς επιτυγχάνεται η διάκριση του εδαφικού δείγματος σε κλάσεις διαμέτρου κόκκων. Σημαντικό μειονέκτημα, ωστόσο, αποτελεί η αδυναμία διάκρισης κόκκων που ανήκουν σε κλάσματα ιλύος και αργίλου, διότι αυτά ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας συσσωματώματα. Για να καταστραφούν τα συσσωματώματα και να είναι δυνατός ο υπολογισμός των κλασμάτων, πρέπει να απομακρυνθούν οι παράγοντες που προκαλούν την συσσωμάτωση. Αυτοί είναι η οργανική ουσία, το κολλοειδές κλάσμα της αργίλου, τα οξείδια και τα υδροξείδια σιδήρου, αργιλίου, πυριτίου, και τα ανθρακικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου.

## 2.4 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΔΑΦΩΝ

### 2.4.1. Μηχανική σύσταση εδάφους

Το έδαφος αποτελείται από ανόργανα και οργανικά στερεά υλικά, νερό και αέρα (Καλύβας,2003). Τα στερεά υλικά μπορεί να είναι μεγάλου μεγέθους, όπως πέτρες και χαλίκια, και μικρού μεγέθους με μορφή κόκκων. Σύμφωνα με την διαφοροποίησή τους στο μέγεθος, τα στερεά κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την διάμετρο των κόκκων που περιέχουν. Η μηχανική σύσταση αφορά την σύσταση του εδάφους από κόκκους διαφόρων διαστάσεων. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στα τεμαχίδια που διέρχονται από κόσκινο διαμέτρου οπών δύο χιλιοστών. Το τμήμα αυτό ονομάζεται λεπτή γη, ενώ τα υπόλοιπα τεμαχίδια διαμέτρου δύο έως είκοσι και μεγαλύτερη του είκοσι ονομάζονται χάλικες και λίθοι αντίστοιχα. Κλάσματα μηχανικής σύστασης ονομάζονται οι ομάδες με βάση το μέγεθος των κόκκων εδάφους της λεπτής γης. Η διαδικασία προσδιορισμού της εκατοστιαίας αναλογίας των μηχανικών κλασμάτων ονομάζεται μηχανική ανάλυση του εδάφους. Η λεπτή γη διακρίνεται σε τέσσερα κλάσματα. Η χοντρή άμμος αποτελείται από τεμαχίδια με διάμετρο 2,0-0,2 mm, η χοντρή άμμος 0,2-0,02 mm, η ιλύς 0,02-0,002 mm και η άργιλος <0,002 mm (Καλύβας, 2003). Το έδαφος αποτελείται από μια σύνθεση μηχανικών κλασμάτων, όπου κάθε κλάσμα έχει ένα συγκεκριμένο ποσοστό άμμου, ιλύος και αργίλου. Οι συνδυασμοί των ποσοστών αυτών έχουν ομαδοποιηθεί σε κατηγορίες, τις κλάσεις μηχανικής συστάσεως, ώστε να γίνεται ευκολότερα η κατάταξη των εδαφών. Οι κλάσεις μηχανικής συστάσεως είναι ταξινομημένες από τα χονδρόκοκκα προς τα λεπτόκοκκα εδάφη.

Η άμμος έχει μικρή ικανότητα συγκράτησης του νερού και θρεπτικών στοιχείων. Η ταχύτητα διάχυσης του νερού στην άμμο είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα την καλή αποστράγγιση του χώματος και την ομαλή ανάπτυξη των φυτών. Η ιλύς έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού, αλλά αδυνατεί να συγκρατήσει τα θρεπτικά στοιχεία. Δεν αερίζεται σωστά. Η άργιλος παρουσιάζει αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού και θρεπτικών στοιχείων. Ωστόσο, το νερό διαχέεται με μικρή ταχύτητα και δεν γίνεται σωστός αερισμός.

Η υφή ενός εδάφους είναι η κοκκομετρία των υλικών και οι αναλογίες άμμου, ιλύος και αργίλου που συνθέτουν το έδαφος. Με βάση την υφή τα εδάφη χωρίζονται σε αμμώδη,

ιλλοεδάφη, ιλλοαριλώδη και αργιλώδη. Κατά τον προσδιορισμό της υφής δεν λαμβάνονται υπόψιν μεγάλα κλάσματα όπως χάλικες, κροκάλες, καθώς δεν συμβάλουν στις διεργασίες σχηματισμού του εδάφους. Η δομή του εδάφους περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο οι κόκκοι του εδάφους συνενώνονται μεταξύ τους με την βοήθεια των κολλοειδών. Η συνοχή παρουσιάζει τη σταθερότητα του εδάφους ή την αντίστασή του στην παραμόρφωση όταν προστεθεί υγρασία σαυτό. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως σκληρό, πλαστικό, εύθρυπτο κ.α. Η συνοχή επηρεάζεται από την δομή και την μηχανική σύσταση του εδάφους.

#### **2.4.2 Οργανική ουσία εδάφους.**

Η οργανική ουσία του εδάφους αποτελείται από πρόσφατα υπολείμματα φυτών, ζώων, μικροοργανισμών, χημικών προϊόντων και χούμο. Υπάρχει με την μορφή πολύπλοκων χημικών ενώσεων, όπως είναι υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, οργανικά οξέα, λίπη, αποτελώντας το 10%-15% της οργανικής ουσίας και ενώσεις που συνιστούν τον χούμο, αποτελώντας το 85%-90%. Το ποσοστό της οργανικής ουσίας ενός εδάφους εξαρτάται σημαντικά από το οικολογικό περιβάλλον και το κλίμα της περιοχής. Για παράδειγμα, σε υγρά κλίματα υπάρχει μεγαλύτερη παραγωγή οργανικής ουσίας από ότι σε ξηρά. Συνήθως, η οργανική ουσία αποτελεί το 5% του όγκου ενός εδάφους. Το βασικότερο συστατικό της οργανικής ουσίας είναι ο άνθρακας αγγίζοντας το 45% με 50%. Τα περισσότερα εδάφη, συμπεριλαμβανομένου των ελληνικών, χαρακτηρίζονται ως ανόργανα με περιεκτικότητα οργανικής ουσίας 1%-6%. Υπάρχουν, όμως, και οργανικά εδάφη με περιεκτικότητα έως και 45%.

Η οργανική ουσία συμβάλλει σε πολλές σημαντικές λειτουργίες. Βελτιώνει την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά και τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Σταθεροποιεί την δομή του εδάφους, ώστε να είναι λιγότερο επιρρεπές σε διαβρώσεις. Στα αργιλώδη εδάφη αυξάνει την ικανότητα στράγγισης, καθώς αυξάνει το μεγαλοπορώδες του εδάφους. Βοηθάει στην συγκράτηση του απαιτούμενου νερού και στην ομαλή διαπερατότητά του, ιδίως στα αμμώδη εδάφη. Η οργανική ουσία επηρεάζει τις φυσικοχημικές, βιολογικές ιδιότητες και την παραγωγικότητα των εδαφών. Αποτελεί την βασικότερη πηγή αζώτου,



συμβάλλει στην δομή και βοηθάει την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Γενικότερα, η οργανική ουσία συμβάλλει στην παραγωγικότητα του εδάφους ώστε να δίνουν υψηλότερες αποδόσεις. Τα αμπέλια δεν χρειάζονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων και νερού (Essling, 2020). Οποιαδήποτε αλλαγή στην γονιμότητα του εδάφους, μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στην ποιότητα των σταφυλιών, και άρα στον παραγόμενο οίνο. Η κατάλληλη ποσότητα οργανικής ουσίας εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές τεχνικές. Παράγοντες όπως περιεκτικότητα σε άργιλο, φαινομενική πυκνότητα και βάθος, δύσκολα μεταβάλλονται. Οι βροχές, η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία επιδρούν στην περιεκτικότητα οργανικής ουσίας του εδάφους. Την οργανική ουσία επηρεάζουν, επίσης, η καλλιεργητικές τεχνικές, η τοποθεσία του αμπελώνα, εάν βρίσκεται κοντά σε αιτίες ρύπανσης, φύτευση άλλων ειδών φυτού κοντά στον αμπελώνα, χρήση κοπριάς ή κομπόστ (Essling, 2020).

Προσθήκη οργανικής ουσίας γίνεται μέσω των υπολειμμάτων της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, κάποιες καλλιέργειες αφήνουν ελάχιστη φυτομάζα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η οργανική ουσία. Η αύξηση της γίνεται με οργανικά λιπάσματα, όπως χωνεμένη κοπριά και τύρφη. Η τύρφη είναι ένα εδαφοβελτιωτικό υλικό, που προστατεύει το έδαφος από την υπερβολική έκθεση του ηλίου, συγκρατεί το νερό και τον αέρα, και προσφέρει οργανική ουσία. Η κοπριά είναι ένα φυσικό οργανικό λίπασμα, το οποίο δημιουργείται με την ξήρανση περιττωμάτων ζώων. Οι ιδιότητές του είναι παρόμοιες με της τύρφης. Στους αμπελώνες τοποθετούνται, συνήθως, κάτω από τα αμπέλια και η χρήση τους γίνεται για να βελτιωθεί η υγρασία του εδάφους, να μειωθεί η θερμοκρασία της επιφάνειας του χώματος, να αποφευχθούν τυχόν διαβρώσεις και κατασταλούν τα ζιζάνια.

### **2.4.3 Ανθρακικό ασβέστιο**

Το ασβέστιο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του φυτού. Βασικός ρόλος του ασβεστίου είναι ότι αποτελεί στοιχείο των κυτταρικών τοιχωμάτων, συμβάλλει στην σωστή και ποιοτική ανάπτυξη των φυτών, στην ανθοφορία και καρπόδεση, στην ανθεκτικότητα απέναντι σε μυκητολογικές ασθένειες, παγετούς και καύσωνες, καθώς και στην σύνθεση συγκεκριμένων ορμονών. Έλλειψη ασβεστίου παρουσιάζουν εδάφη με υψηλή αλατότητα, όξινα με χαμηλό pH, με υπερβολική υγρασία ή ξηρασία και με υψηλή συγκέντρωση καλίου. Τα συμπτώματα έλλειψης

ασβεστίου μπορούν να παρατηρηθούν σε νεαρά φύλλα, βλαστούς, ρίζες και καρπούς. Η έλλειψη ασβεστίου μπορεί να προκαλέσει μειωμένη ανάπτυξη, συστροφή των φύλλων, νέκρωση της κορυφαίας βλάστησης, σχηματισμός αδύναμου ριζικού συστήματος και εμφάνιση ξηρής σήψης στο κάτω μέρος των καρπών. Από την άλλη πλευρά, αυξημένες ποσότητες ασβεστίου οδηγούν σε τροφοπενίες σιδήρου, ψευδαργύρου, μαγγανίου

Για την σωστή λίπανση και διαχείριση της καλλιέργειας, πρέπει να προηγηθεί μια ανάλυση εδάφους που θα δείξει τις ανάγκες του φυτού. Πηγή τροφοδότησης του εδάφους σε ασβέστιο αποτελούν τα ανθρακικά ορυκτά. Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ανθρακικά ορυκτά, το έδαφος μπορεί να χαρακτηριστεί ως ασβεστολιθικό, δολομιτικό ή νατρικό ( Καλύβας, 2003) .

Η έκφραση της περιεκτικότητας σε ανθρακικά ορυκτά δίνεται σε γραμμάρια  $\text{CaCO}_3$  ανά 100 γραμμάρια εδάφους, που μετατρέπεται σε επί τοις εκατό περιεκτικότητα. Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε  $\text{CaCO}_3$ , η οποία προσδιορίζεται με την μέθοδο Bernard, διακρίνονται οι εξής κατηγορίες εδαφών: πτωχό με περιεκτικότητα  $< 0,5 \text{ CaCO}_3\%$ , μέτρια εφοδιασμένο με  $0,5 - 2 \text{ CaCO}_3\%$ , εφοδιασμένο – πλούσιο με  $2 - 20 \text{ CaCO}_3\%$ , μαργώδες με  $20 - 40 \text{ CaCO}_3\%$ , και ασβεστούχο με  $> 40 \text{ CaCO}_3\%$ .

Τα ασβεστούχα εδάφη έχουν συνήθως pH σε τιμές 7,1 έως 8,4. Ένα έδαφος με υψηλές συγκεντρώσεις σε ανθρακικό ασβέστιο είναι προβληματικό για τις περισσότερες καλλιέργειες, καθώς επιδρά άμεσα στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του. Αρχικά, λόγω της μεγάλης ταχύτητας κίνησης του νερού, τα ασβεστούχα εδάφη αδυνατούν να συγκρατήσουν το νερό. Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι το διαθέσιμο νερό στα εδάφη αυτά μειώνεται απότομα και όχι βαθμιαία. Η καμπύλη συγκράτησης του νερού από τα ασβεστούχα εδάφη είναι περίπου όμοια με εκείνη των αμμωδών εδαφών. Τα ασβεστούχα εδάφη συχνά σχηματίζουν μια κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους. Η κρούστα αυτή, μειώνει την διηθητικότητα και εμποδίζει τον σωστό αερισμό του εδάφους. Στον σχηματισμό της κρούστας συμμετέχει και η άργιλος, συνεπώς η κρουστοποίηση σχετίζεται άμεσα με την κοκκομετρική σύσταση του εδάφους. Υψηλές τιμές ανθρακικού ασβεστίου οδηγούν σε μικρή διαθεσιμότητα ψευδαργύρου, σιδήρου και φωσφόρου και οφείλεται στο υψηλό pH των εδαφών. Επίσης, παρατηρείται μικρό ποσοστό οργανικής ουσίας που συνεπάγεται με μικρή διαθεσιμότητα σε άζωτο.

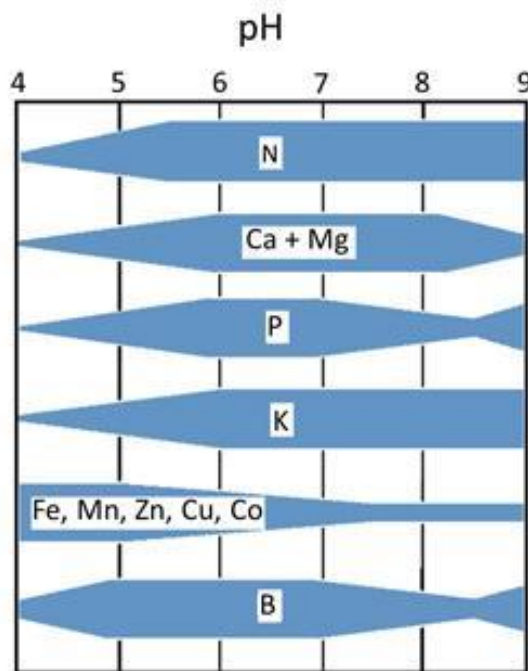
Για να γίνει μια αρχική εκτίμηση του ανθρακικού ασβεστίου στον αμπελώνα, χρησιμοποιείται κάποιο αντιδραστήριο, όπως είναι το στυμμένο λεμόνι, και στη συνέχεια εκτίμηση της έντασης αντίδρασης, δηλαδή τον βαθμό αφρισμού. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αντίδραση του  $\text{CaCO}_3$  με ένα οξύ, όπου εκλύεται λίγο ή πολύ  $\text{CO}_2$ . Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες μακροσκοπικές ενδείξεις που βοηθούν στην εκτίμηση της περιεκτικότητας σε  $\text{CaCO}_3$ . Αρχικά, υπάρχουν αυτοφυή φυτά τα οποία φυτρώνουν σε εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο και άλλα που προτιμούν εδάφη χωρίς καθόλου παρουσία ασβεστίου. Τα φυτά, αυτά, ονομάζονται φυτά-δείκτες. Στα ασβεστόφιλα είδη ανήκουν οι παπαρούνα, η φασκομηλιά, το χαμόμηλο, η βρούβα, η γαλατσίδα, το πουρνάρι, ο παράκανθος, καθώς και το αμπέλι. Αντίθετα, στα ασβεστόφοβα ανήκουν το λούπινο, η κύπερη, η φτέρη, η ακακία (Καλύβας, 2003). Άλλος τρόπος εκτίμησης του ανθρακικού ασβεστίου είναι η παρουσία συγκριμάτων ασβεστίου, δηλαδή υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου κατά θέσεις με λευκό ή λευκοκίτρινο χρώμα.

#### **2.4.4. pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους**

Η οξύτητα του εδάφους εκφράζεται με τον αρνητικό λογάριθμο της συγκέντρωσης (moles/l) των ιόντων υδρογόνου στο εδαφικό διάλυμα και συμβολίζεται ως pH (Καλύβας, 2003). Η σημασία του pH βρίσκεται στην συμβολή του στην ανάπτυξη του φυτού και στις φυσιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Ανάλογα με τις τιμές του pH τα εδάφη διακρίνονται σε: πολύ ισχυρά όξινα με τιμές  $\text{pH} < 5,0$ , ισχυρά όξινα με  $\text{pH} 5,0 - 5,5$ , μέτρια όξινα με  $\text{pH} 5,5 - 6,0$ , ελαφρά όξινα με  $\text{pH} 6,0 - 6,7$ , ουδέτερα με  $\text{pH} 6,7 - 7,0$ , ελαφρά αλκαλικά με  $\text{pH} 7,0 - 7,5$ , αλκαλικά με  $\text{pH} 7,5 - 8,0$ , μέτρια αλκαλικά με  $\text{pH} 8,0 - 8,5$  και ισχυρά αλκαλικά με  $\text{pH} > 8,5$ .

Το κατάλληλο pH για το αμπέλι κυμαίνεται σε τιμές μεταξύ 5.5 και 8.5 (Essling, 2020). Σπάνια μπορεί να φτάσουν μέχρι 3 ή 10. Σε αυτό το εύρος, οι ρίζες μπορούν να απορροφήσουν θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος και να έχουν μια ομαλή ανάπτυξη. Καθώς το έδαφος γίνεται πιο όξινο ή αλκαλικό, το αμπέλι γίνεται λιγότερο παραγωγικό. Η σημασία της διαχείρισης του pH βρίσκεται στον έλεγχο της κινητικότητας και της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων. Όξινα εδάφη ( $\text{pH} < 5.5$ ) μπορούν να βρεθούν σε αμπελώνες με παρθένο έδαφος, όπως σε περιοχές της Αυστραλίας, σε παλιά βοσκοτόπια όπου γινόταν συνεχής χρήση όξινων λιπασμάτων και σε εδάφη που αδυνατούσαν να αντισταθούν σε αλλαγές του pH από προσθήκη οξινιστικών

θρεπτικών στοιχείων. Τα όξινα εδάφη υστερούν από πληθυσμούς μικροοργανισμών. Η απώλεια μικροβιακής δραστηριότητας οδηγεί κατά συνέπεια σε μειωμένη συγκέντρωση αζώτου και θείου. Σε χαμηλά pH, ο φώσφορος δημιουργεί αδιάλυτες χημικές ενώσεις με άλλα στοιχεία. Τα όξινα εδάφη περιέχουν πολύ μεγάλες ποσότητες άργιλου που μπορεί να είναι τοξικές για το φυτό. Ο σίδηρος, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος είναι περισσότερο διαθέσιμα σε όξινα εδάφη. Σε αντίθεση, στα αλκαλικά εδάφη ( $pH > 8$ ), ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος και ο χαλκός δεν υπάρχουν σε επαρκή διαθεσιμότητα για τα αμπέλια.



**Εικόνα 5.** Επίδραση pH στα θρεπτικά στοιχεία (Bates, Wolf, 2008).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δείχνει την συγκέντρωση του εδάφους σε άλατα. Μετριέται σε ppm/l ή mS/cm. Εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα δυσκολεύουν το φυτό να απορροφήσει την κατάλληλη ποσότητα νερού και θρεπτικών συστατικών. Γενικότερα ισχύει:

**Πίνακας 1.** Αγωγιμότητα εδάφους (Καδιανάκης, 2017).

(mS/cm 25°C)	Περιεκτικότητα αλάτων	Εκτίμηση
0-500	Πολύ χαμηλή	Κατάλληλο για φυτά ευαίσθητα στην αλατότητα
500-1000	Χαμηλή	Κατάλληλο για φυτά με μέση αντοχή
1000-2000	Υψηλή	Μόνο για φυτά με μεγάλη αντοχή
>2000	Πολύ υψηλή	Μόνο για καλλιέργεια πολύ ανθεκτικών φυτών

#### 2.4.5. Ανόργανα στοιχεία εδάφους

**Πίνακας 2.** Σχέση μακρο-/μικρο-στοιχείων των φύλλων με την ποιότητα/ποσότητα ( Malquori, 1984).

Συγκέντρωση%	Επαρκής	Ελαφρώς επαρκής	Βέλτιστη	Μικρή περίσσεια	Περίσσεια
<b>N</b>	<2	2- 2.40	2.40-2.60	2.60-2.80	>2.80
<b>P</b>	< 0.15	0.15 – 0.20	0.20 – 0.24	0.24 – 0.26	>0.26
<b>K</b>	<1	1.20	1.20 – 1.40	1.40 – 1.60	>1.60
<b>Ca</b>	<2	2 – 2.50	2.50 – 3.50	3.50 – 3.70	>3.70
<b>Mg</b>	<0.20	0.20-0.23	0.23 - 0.27	0.27 – 0.30	>0.30
<b>Cl</b>	<0.04	-	0.05 – 0.3	-	>0.5-1.5
<b>Na</b>	<0.018	-	0.024 – 0.026	-	>0.033
<b>Fe</b>	< 50	50 - 100	100 - 250	250 – 300	>300
<b>B</b>	< 15	15 - 25	25- 40	40 – 60	>60
<b>Mn</b>	<20	20 - 30	30 – 200	– 500	>500
<b>Zn</b>	<20	20 - 30	30 – 150	150 - 400	>450
<b>Cu</b>	< 4	4-5	5-20	20-40	>40

Το άζωτο (N) συμμετέχει σε κάθε μεταβολική διαδικασία ανάπτυξης της αμπέλου. Είναι απαραίτητο στοιχείο για την λειτουργία των πρωτεϊνών και της χλωροφύλλης για την φωτοσύνθεση. Χαρακτηριστικό σύμπτωμα τροφοπενίας αζώτου είναι η χλώρωση των κατώτερων φύλλων και η μείωση της παραγωγής. Όσο το N% είναι σε επάρκεια, η συγκέντρωση καλίου (K) θα πρέπει να είναι >1.3%. Το κάλιο συνεισφέρει στην ρύθμιση της κινητικότητας του νερού. Σε ερυθρές ποικιλίες, έχει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη του χρώματος των ραγών. Όταν παρατηρείται έλλειψη καλίου, δεν ωριμάζουν σωστά οι κληματίδες, τα φύλλα και οι ράγες. Στις άκρες των φύλλων εμφανίζονται χλωρωτικοί μεταχρωματισμοί, οι οποίοι στη συνέχεια νεκρώνονται. Το ασβέστιο(Ca),το μαγνήσιο (Mg) και το θείο (S), συμβάλλουν στην λειτουργία και την δομή του φυτού. Το μαγνήσιο αποτελεί συστατικό της χλωροφύλλης, συνεπώς βοηθάει στην παραγωγή υδατανθράκων στα φύλλα μέσω της φωτοσύνθεσης. Το θείο βρίσκεται στις πρωτεΐνες και στην χλωροφύλλη και παίζει μεγάλο ρόλο για την μεταβολική διεργασία. Ανεπαρκής συγκέντρωση ασβεστίου παρατηρείται σε εδάφη με πολύ χαμηλό pH (3.5-5.5). Όταν το φυτό δεν προσλαμβάνει τις κατάλληλες ποσότητες ασβεστίου οδηγείται σε τροφοπενία σιδήρου(χλώρωση). Η τροφοπενία μαγνησίου εμφανίζεται στα κατώτερα φύλλα με χλώρωση στις άκρες και στη μεσονεύρια περιοχή του ελάσματος στις λευκές ποικιλίες, και κοκκινωπούς χλωρωτικούς ιστούς στις ερυθρές. Στη τροφοπενία σιδήρου (Fe) εμφανίζεται χλωρωτικό έλασμα στα νεότερα φύλλα εκτός από το δίκτυο των νευρώσεων που παραμένει πράσινο. Τα συμπτώματα της χλώρωσης ξεκινούν από το επάνω μέρος του φυτού και συνεχίζουν προς τα κάτω. Η υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο και η υπερβολική υγρασία συμβάλλουν στην εκδήλωση της τροφοπενίας σιδήρου. Σε πολύ ξηρά κλίματα, η χλώρωση μπορεί να εμφανιστεί ακόμα και σε ασβεστόχα εδάφη. Η τροφοπενία ψευδαργύρου (Zn) εκδηλώνεται με μεσονεύρια χλώρωση των φύλλων της κορυφής και με μικροφυλλία. Τα φύλλα εμφανίζουν μεγάλο μισχικό κόλπο, μυτερά δόντια και ασυμμετρία. Οι ράγες αναπτύσσονται παραμορφωμένες και τα τσαμπιά αραιά. Παρουσιάζουν πολύ μικρή καρποφορία. Ο φώσφορος (P) συμμετέχει στην μεταφορά ενέργειας μεταξύ των φυτικών κυττάρων, αποτελεί συστατικό της κυτταρικής μεμβράνης και βοηθάει στην αφομοίωση και τον μεταβολισμό των υδατανθράκων. Η έλλειψη φωσφόρου προκαλεί κιτρίνιασμα στα βασικά φύλλα, μερικές φορές έναν κόκκινο μεταχρωματισμό σε κάποια σημεία αυτών και φυλλόπτωση. Ο χαλκός (Cu) είναι συστατικό των ενζύμων που συμμετέχουν στην οξείδωση και στην σύνθεση χλωροφύλλης. Τροφοπενίες χαλκού δεν παρατηρούνται συχνά. Τέλος, η τροφοπενία μαγγανίου (Mn) εμφανίζεται σε φυτικού ιστούς,

με χλωρωτικές κηλίδες στα βασικά φύλλα, στις κορυφές βλαστών και στους σπόρους. Σε αμπελώνες κοντά σε θάλασσες ή σε εκείνους που γίνεται άρδευση με αλατούχο νερό, εμφανίζεται μεγάλη συγκέντρωση χλωριούχων αλάτων και νατρίου, η οποία είναι τοξική για το φυτό. Προκαλεί νέκρωση του ελάσματος των φύλλων και φυλλόπτωση (Ashley, 2009).

#### 2.4.6. I.A.K. εδάφους

Λόγω της αποσάθρωσης, της διάσπασης της οργανικής ουσίας και της προσθήκης λιπασμάτων, υπάρχουν στο εδαφικό διάλυμα κάποια κατιόντα. Συγκεκριμένα, σε μεγάλη συγκέντρωση είναι τα  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+1}$ ,  $Na^{+1}$ ,  $H^{+}$ ,  $Al^{+3}$ , ενώ σε μικρή συγκέντρωση είναι τα  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $NH_4$ . Τα ίδια κατιόντα υπάρχουν προσροφημένα στις επιφάνειες της αργίλου και της οργανικής ουσίας και μεταξύ τους υπάρχει μια ισορροπία. Τα κατιόντα που συγκρατούνται στον άργιλο και στα σωματίδια οργανικής ύλης του εδάφους, μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα κατιόντα (ανταλλάξιμα κατιόντα). Για παράδειγμα το κάλιο μπορεί να αντικατασταθεί από κατιόντα όπως το ασβέστιο ή το υδρογόνο και αντίστροφα. Ο συνολικός αριθμός κατιόντων που μπορεί να κρατήσει ένα έδαφος, ή αλλιώς το συνολικό αρνητικό του φορτίο, είναι η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Όσο υψηλότερες τιμές έχει η IAK, τόσο υψηλότερο είναι το αρνητικό φορτίο και τόσο περισσότερα κατιόντα μπορούν να συγκρατηθούν. Η IAK μετριέται σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανά 100 γραμμάρια εδάφους (meq/100 gr). Το meq είναι ο αριθμός των ιόντων που αποτελούν μια συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρικών φορτίων. (Mengel, 1914). Με άλλα λόγια, η IAK, είναι η ποσοτικοποίηση της δυνατότητας αυτής, που έχουν τα εδάφη, ώστε να μπορεί να επιτευχθεί και η σύγκρισή τους ως προς την ικανότητα να παρέχουν θρεπτικά στοιχεία. Η άμμος και η ιλύς δεν συνεισφέρουν στην συνολική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Η IAK αποτελεί δείκτη της γονιμότητας του εδάφους (Παντελάκης, 2019). Έχει τιμές που ποικίλλουν περίπου από 4 - 10meq/100gr έως 200meq/100gr. Οι διαφορές αυτές εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως από το pH, την ορυκτολογική σύσταση, την κοκκομετρική σύσταση και την ποσότητα της οργανικής ουσίας. Η μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης θρεπτικών στοιχείων και νερού των αργιλωδών εδαφών σε σχέση μ' αυτή των αμμωδών οφείλεται στην υψηλότερη IAK τους.

Δεδομένου ότι η ΙΑΚ ενός εδάφους προέρχεται από την άργιλο και την οργανική ύλη, μπορεί να εκτιμηθεί από την σύσταση και το χρώμα του εδάφους. Στον Πίνακα 3, αναφέρονται κάποιες ομάδες εδάφους με βάση το χρώμα και την σύσταση:

**Πίνακας 3.** Εκτίμηση της ΙΑΚ ανάλογα το χρώμα/σύσταση του εδάφους (Mengel, 1914)

<b>Κατηγορία εδάφους</b>	<b>ΙΑΚ (meq/100g)</b>
Ανοιχτόχρωμο αμμώδες	3-5
Σκουρόχρωμο αμμώδες	10-20
Ανοιχτόχρωμο πηλώδες/ίλυοπηλώδες	10-20
Σκουρόχρωμο πηλώδες/ίλυοπηλώδες	15-25
Ανοιχτόχρωμο αργιλώδες	30-40
Οργανικό	50-100

## **3.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **3.1 Εισαγωγή**

Σκοπός του πειράματος είναι να βρεθεί ένα υπάρχει κάποια επίδραση των ηφαιστειογενών χαρακτηριστικών του εδάφους της Σαντορίνης που να συνδέεται άμεσα με την χαρακτηριστική μεταλλικότητα και ορυκτότητα των παραγόμενων οίνων. Στη Σαντορίνη δεν έχει πραγματοποιηθεί παρόμοια έρευνα που να συνδέει τα εδαφοκλιματικά χαρακτηριστικά με την αμπελοκαλλιέργεια. Στο παρακάτω πείραμα αξιολογήθηκε η χημική σύσταση, η οργανική ουσία, το ανθρακικό ασβέστιο και το pH δειγμάτων εδάφους από διαφορετικά μέρη της Σαντορίνης. Τα δείγματα λήφθηκαν από πέντε διαφορετικές περιοχές, τη Μεσαριά, το Μεγαλοχώρι, την Επισκοπή, το Πύργο και το Ακρωτήρι. Ανάλογα το τμήμα από το οποίο έχει παρθεί το δείγμα, εμφανίστηκαν διαφοροποιήσεις στα εδάφη.



Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στη Σαντορίνη πάρθηκαν δείγματα εδαφών που σχηματίστηκαν από ηφαιστειακό υλικό, κυρίως από ελαφρόπετρα. Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις για φυσικές και χημικές ιδιότητες. Τα ηφαιστειογενή εδάφη χαρακτηρίστηκαν από χοντρή υφή, χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και συγκράτηση υγρασίας του εδάφους, αλλά με υψηλό pH παρά την όξινη φύση του μητρικού υλικού. Τα αποτελέσματα της ερευνάς, αυτής, έδειξαν ότι σε αντίθεση με τα εδάφη που συνήθως σχηματίζονται σε ηφαιστειακό υλικό παγκοσμίως, στερούνταν μη κρυσταλλικών ορυκτών, όπως αλλοφάνη, ιμογολίτη, φερριϋδρίτη και σύμπλοκα σιδήρου και αλουμινίου. Το μόνο μη κρυσταλλικό ορυκτό που υπήρχε ήταν το πυρίτιο. Οι άνεμοι, που υπάρχουν στο νησί μεταφέρουν σταγονίδια θαλασσινού νερού στα εδάφη, τα οποία σε συνδυασμό με το μεγάλο πορώδες, τη σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο του μητρικού υλικού και τις χαμηλές βροχοπτώσεις φάνηκε να είναι οι πρωταρχικοί παράγοντες για το υψηλό pH του εδάφους. Τα εδάφη της Σαντορίνης δεν μπορούν να ταξινομηθούν ως Andisols. Ο ορός αυτός αναφέρεται σε εδάφη που δημιουργούνται σε ηφαιστειακή τεφρά και έχουν υψηλή αναλογία σε γυαλί, άμορφα κολλοειδή υλικά καθώς και αλλοφάνη, ιμογολίτη και φερριϋδρίτη. Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη γένεση του εδάφους στο νησί της Θήρας φαίνεται να είναι η φύση του μητρικού υλικού και το κλίμα (Moustakas & Georgoulas, 2005).

Μια ακόμη ερευνά πραγματοποιήθηκε σε ηφαιστειακά εδάφη των Άνδεων της Παταγονίας. Αναλύθηκαν οι επιπτώσεις της δάσωσης Πεύκης στα κλάσματα της οργανικής ύλης, καθώς και ο προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ οργανικής ύλης, αδρανών εδαφους και διεργασιών διάβρωσης. Η μελέτη διεξήχθη σε μια πλαγιά ενός λόφου που εμφανίζει διαφορετικές ιδιότητες ανάλογα με την κλίση του εδάφους. Πραγματοποιήθηκαν προσομοιωμένες δοκιμές βροχόπτωσης για την αξιολόγηση της διάβρωσης του εδάφους. Έγινε μελέτη στην οργανική ουσία και την ογκομετρία των ιζημάτων (Manna, 2021). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι εδαφικές αλλαγές διέφεραν ανάλογα με την αρχική περιεκτικότητα οργανικής ουσίας του εδάφους και την ηλικία της φυτείας.

Με αφορμή τέτοιων ερευνών έγινε προσπάθεια να μελετηθεί η επίδραση ηφαιστειογενούς εδάφους στην αμπελοκαλλιέργεια και να αξιολογηθεί η συμβολή τους στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων.

## 3.2 Υλικά και Μέθοδοι

### 3.2.1 Προσδιορισμός μηχανικής σύστασης με την μέθοδο Βουγιούκου

#### Υλικά

- Υδρόμετρο Βουγιούκου
- Χρονόμετρο
- Ηλεκτρονικός ζυγός
- Ποτήρι ζέσεως
- Θερμόμετρο
- Ηλεκτρικός αναδευτήρας(μίξερ)
- Πυκνόμετρο
- Κύλινδρος των 50 ml ή σιφώνιο των 20 ml
- Calgon [ 8 gr  $Na_2CO_3$  + 35,7 gr  $(NaPO_3)_6$  σε 1 λίτρο απεσταγμένου νερού ]
- $H_2O_2$  6%

#### Πορεία πειράματος

Στην μέθοδο Βουγιούκου χρησιμοποιείται ένας ογκομετρικός κύλινδρος συγκεκριμένων διαστάσεων, όπου έχει βρεθεί πως μετά από 40 δευτερόλεπτα (στους  $19,4444^\circ C$ ) από την έναρξη της πτώσης των εδαφικών κόκκων έχει καθιζάνει πλήρως το κλάσμα της άμμου. Συνεπώς, θα βρίσκονται σε αιώρηση η ιλύς και η άργιλος. Έπειτα από 2 ώρες έχει καθιζάνει πλήρως η ιλύς, άρα θα βρίσκεται σε αιώρηση μόνο το κλάσμα της αργίλου. Μετρώντας την πυκνότητα του αιωρήματος τις δύο αυτές χρονικές στιγμές μπορούμε να υπολογίσουμε την μηχανική σύσταση του εδάφους. Κατά την διάρκεια του πειράματος είναι απαραίτητη η χρήση διασπορικού, στη συγκεκριμένη περίπτωση Calgon. Το Calgon προκαλεί την αύξηση της συγκέντρωσης του

νατρίου προκαλώντας την διασπορά των κολλοειδών, ενώ παράλληλα το  $(NaPO_3)_6$  προσροφάται στα οξείδια του σιδήρου-αργίλου εμποδίζοντας την έλξη από τα αρνητικά φορτισμένα τεμαχίδια της αργίλου. Πραγματοποιήθηκε, επίσης, οξείδωση της οργανικής ουσίας με υπεροξείδιο του υδρογόνου  $H_2O_2$ , καθώς υψηλές ποσότητες αυτής συμβάλλουν στην δημιουργία σταθερής δομής με τους δεσμούς-γέφυρες, που δημιουργεί μεταξύ των πρωτογενών κόκκων, κυρίως της αργίλου. Επιπλέον, ο προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης γίνεται αποκλειστικά στα ανόργανα συστατικά. Με την βοήθεια του ζυγού υπολογίστηκαν 50 γραμμάρια από κάθε δείγμα εδάφους και τοποθετήθηκαν σε ποτήρι ζέσεως. Έγινε προσθήκη 50 ml  $H_2O_2$ . Έγινε ακόμη μια επιπλέον προσθήκη 50 ml  $H_2O_2$ , καθώς στόχος είναι να γίνεται προσθήκη έως ότου σταματήσει να πραγματοποιείται αντίδραση. Το κάθε δείγμα εδάφους μεταφέρθηκε στο δοχείο του ηλεκτρικού ανάμεικτη. Προστέθηκαν 40 ml Calgon ως διασπορικό και  $\frac{3}{4}$  του δοχείου απεσταγμένο νερό. Ακολούθως, αναδεύτηκε το μείγμα για πέντε λεπτά και μεταφέρθηκε το περιεχόμενο στον κύλινδρο Βουγιούκου, συμπληρώνοντας με απεσταγμένο νερό μέχρι την πρώτη χαραγή. Το αιώρημα αναδεύτηκε καλά και ο κύλινδρος τοποθετήθηκε σε σταθερό μέρος. Τοποθετήθηκε αμέσως το πυκνόμετρο και ταυτοχρόνως σημειώθηκε ο χρόνος έναρξης. Με το πέρας των πρώτων 40 δευτερολέπτων λήφθηκε η πρώτη μέτρηση του πυκνόμετρου και της θερμοκρασίας. Η μέτρηση αυτή προέρχεται από τους κόκκους που βρίσκονται σε αιώρηση. Σε 40 δευτερόλεπτα έχει καθιζάνει η άμμος, συνεπώς η ένδειξη Α αντιπροσωπεύει το κλάσμα της ιλύος και της αργίλου. Μετά το πέρας 2 ωρών, πραγματοποιήθηκε η ίδια διαδικασία και πάρθηκαν νέες τιμές του υδρομέτρου και θερμοκρασίας. Η δεύτερη ένδειξη Β αντιπροσωπεύει το κλάσμα της αργίλου, διότι σε διάστημα 2 ωρών έχει καθιζάνει και το κλάσμα της ιλύος.

Με στόχο τον προσδιορισμό της κλάσης της μηχανικής σύστασης ενός εδάφους έχει δημιουργηθεί ένα σύστημα συντεταγμένων τριγωνικής μορφής. Η κάθε πλευρά αυτού του ισόπλευρου τριγώνου αποτελεί ένα από τα τρία μηχανικά κλάσματα σε ποσοστιαία κλίμακα (0-100%), της οποίας οι τιμές αυξάνουν δεξιόστροφα. Στο εσωτερικό του τριγώνου υπάρχουν οριοθετημένες 12 κλάσεις μηχανικής συστάσεως. Αφού υπολογιστούν τα ποσοστά σε άμμο, άργιλο και ιλύς μέσω των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα, εντοπίστηκαν οι τιμές πάνω στους αντίστοιχους άξονες και από το σημείο κάθε άξονα χαράσσεται μια ευθεία παράλληλη προς τον άξονα που βρίσκεται δεξιά του. Οι τρεις ευθείες εφάπτονται σε ένα σημείο μέσα στο τρίγωνο. Το σημείο που ενώνονται βρίσκεται σε μια κατηγορία, η οποία χαρακτηρίζει την ζώνη μηχανικής συστάσεως τους εδάφους.

### 3.2.2 Προσδιορισμός οργανικής ουσίας – Walkley Black

#### Υλικά

- κωνικές φιάλες των 500ml
- ογκομετρικοί κύλινδροι των 20ml
- προχοϊδες των 25 ml
- αναλυτικός ζυγός
- διχρωμικό κάλιο ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1N
- πυκνό θειικό οξύ ( $H_2SO_4$ )
- πυκνό φωσφορικό οξύ ( $H_3PO_4$ )
- δισθενή θειικό σίδηρο ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 0,5N
- δείκτη διφαινυλαμίνης 0,5%

#### Πορεία πειράματος

Ζυγίστηκε ποσότητα 1 gr εδάφους από κάθε δείγμα (αφού περάσει κόσκινο 2 χιλ.) και τοποθετήθηκε σε κωνική φιάλη των 500 ml. Η παρακάτω μέθοδος εφαρμόστηκε για τον μάρτυρα χωρίς να περιέχεται δείγμα εδάφους. Ο λόγος που παρασκευάζεται ο μάρτυρας είναι για τον έλεγχο της κανονικότητας τους δισθενούς σιδήρου. Έπειτα έγινε προσθήκη των αντιδραστηρίων 10 ml  $K_2Cr_2O_7$  με προχοϊδα και ταυτόχρονη ανάδευση και 20 ml  $H_2SO_4$  με ογκομετρικό σωλήνα στον απαγωγό. Ακολουθεί ήπια ανάδευση με περιστροφική κίνηση για 1 λεπτό και το δείγμα αφήνεται σε ηρεμία για 30 λεπτά. Το χρώμα του δείγματος ήταν μπλε-ιώδες. Μετά το πέρας των 30 λεπτών προστέθηκαν 10 ml  $H_3PO_4$ , 200 ml  $H_2O$  και 5 σταγόνες δείκτη διφαινυλαμίνης. Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε τιτλοδότηση της περίσσειας  $K_2Cr_2O_7$ , τόσο του μάρτυρα όσο και του δείγματος με  $FeSO_4$ , που προστέθηκε με προχοϊδα. Το τέλος της αντίδρασης διαπιστώνεται με την αλλαγή του χρώματος σε σκούρο πράσινο.

### 3.2.3. Προσδιορισμός ολικού ασβεστόλιθου με την μέθοδο Piper

#### Υλικά

- κωνικές φιάλες των 250ml
- ογκομετρικοί κύλινδροι των 200ml
- προχοΐδα των 25 ml
- ποτήρι ζέσεως
- αναλυτικός ζυγός
- υδροξείδιο του νατρίου ( NaOH) 1N
- υδροχλωρικό οξύ (HCL) 1N
- δείκτης φαινολοφθαλεΐνης

#### Πορεία πειράματος

Ζυγίστηκε ποσότητα 5 γραμμαρίων εδάφους Σαντορίνης από κάθε δείγμα, κοσκινισμένο και έτοιμο για αναλύσεις. Τοποθετήθηκε σε μια κωνική φιάλη των 250ml, στην οποία προστέθηκαν 100ml υδροχλωρικού οξέως. Γίνεται ανάδευση της φιάλης και αφήνεται σε ηρεμία για μία ώρα. Σε αυτή τη μία ώρα έλαβε χώρα η αντίδραση μεταξύ του  $\text{CaCO}_3$  με το υδροχλωρικό οξύ. Έπειτα το δείγμα διηθήθηκε και πάρθηκαν 20ml από τρεις φορές, τα οποία τοποθετήθηκαν σε τρεις κωνικές φιάλες. Σκοπός αυτής της πράξης είναι να συμβούν τρεις επαναλήψεις. Ταυτόχρονα παρασκευάστηκε το τυφλό, σε μια άλλη κωνική φιάλη, που περιείχε 20ml υδροχλωρικό οξύ. Ακολούθως, τοποθετήθηκε στην προχοΐδα διάλυμα υδροξείδιο του νατρίου 1 N, με σκοπό την έναρξη της ογκομέτρησης, η οποία συνοδεύτηκε από την προσθήκη 5 με 6 σταγόνων σε κάθε κωνική φιάλη, από το δείκτη φαινολοφθαλεΐνης. Το τέλος της αντίδρασης διαπιστώνεται με την αλλαγή του χρώματος σε ανοιχτό ροζ.

### 3.2.4 Προσδιορισμός pH εδάφους

#### Υλικά

- πεχάμετρο
- γυάλινη ράβδος
- ποτήρια ζέσεως
- αναλυτικός ζυγός
- ρυθμιστικό διάλυμα

#### Πορεία πειράματος

Για την έναρξη του πειράματος ρυθμίζεται αρχικά το πεχάμετρο και ελέγχεται η λειτουργία του. Για την ρύθμιση του οργάνου χρησιμοποιούνται ρυθμιστικά διαλύματα, τα οποία εξαρτώνται από την θερμοκρασία. Τις περισσότερες φορές τα διαλύματα είναι τρία σε τιμές με pH 4, pH 7 και pH 10. Ξεκινώντας την διαδικασία ρύθμισης του πεχάμετρου, πρώτα χρησιμοποιείται το διάλυμα με το ουδέτερο pH, εντός του οποίου τοποθετείται το ηλεκτρόδιο και ρυθμίζεται το όργανο στην ένδειξη 7. Έπειτα, χρησιμοποιείται το αλκαλικό διάλυμα για την ρύθμιση καθώς οι μετρήσεις είναι προς την αλκαλική περιοχή. Στη συνέχεια του πειράματος, ζυγίστηκε ποσότητα 20 γραμμάρια χώματος δυο φορές από το κάθε δείγμα και μεταφέρθηκε σε ποτήρια ζέσεως. Στα μισά ποτήρια ζέσεως προστέθηκαν 50 ml απεσταγμένου νερού και στα υπόλοιπα 100ml απεσταγμένου νερού. Ύστερα από τις προσθήκες ξεκίνησε η ανάδευση με γυάλινη ράβδο για τριάντα λεπτά στο κάθε δείγμα με σκοπό το νερό να αποκτήσει την οξύτητα που έχει το έδαφος. Μετά το τέλος της διαδικασίας της ανακίνησης τοποθετείτε μέσα στο ποτήρι ζέσεως το ηλεκτρόδιο από το πεχάμετρο, αφού έχει ρυθμιστεί και με μεγάλη προσοχή ώστε να μην ακουμπήσει τα τοιχώματα ή τη βάση από το ποτήρι ζέσεως. Κάθε φορά που αλλάζει το δείγμα, ξεπλένεται το ηλεκτρόδιο με υδρονομέα, ο οποίος περιέχει απεσταγμένο νερό και σκουπίζεται απαλά με διηθητικό χαρτί.

### 3.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.3.1. Προσδιορισμός μηχανικής σύστασης

Ενδείξεις σε 40’’ :  $A_1$ =ένδειξη υδρομέτρου ,  $\theta_1$ =ένδειξη θερμομέτρου ,  $O_1$ = ένδειξη υδρομέτρου σε κύλινδρο χωρίς δείγμα (ανεξαρτήτως χρόνου)-μάρτυρας

Ενδείξεις σε 2 ώρες:  $A_2$ = ένδειξη υδρομέτρου ,  $\theta_2$ =ένδειξη θερμομέτρου

#### Δείγμα 1 (Μεσαριά):

Ενδείξεις σε 40’’:  $A_1=6$  ,  $\theta_1=22$  ,  $O_1= -1$

Ενδείξεις σε 2 ώρες:  $A_2= 2$  ,  $\theta_2=23$

Υπολογισμός % άμμου:  $A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36]$  εάν  $\theta_1 > 19,44$

Ισχύει  $\theta_1 = 22$  , άρα:

$$A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36] = (6 - (-1)) + [(22-19,44) * 0,36] = 7+0,9216 = 7,9216$$

$$\%ΑΜΜΟΥ=100-(2*A)=100-(2*7,9216)=100- 15,8432=84,1568$$

Υπολογισμός % ιλύος και % αργίλου:

Ισχύει  $\theta_2=23$  , άρα:

$$B=(A_2 - O_1) + [(\theta_2 - 19,44)*0,36 ]=(2 - (-1)) + [(23-19,44)* 0,36 ] = 3 + 1,2816 = 4,2816$$

$$\%ΑΡΓΙΛΟΥ= 2 * B = 2* 4,2816 = 8,5632$$

$$\%ΙΛΥΟΣ= 100 - (%ΑΜΜΟΥ +% ΑΡΓΙΛΟΥ) = 100 - (84,1568 + 8,5632) = 100 - 92,72 = 7,28$$

## Δείγμα 2 (Επισκοπή)

Ενδείξεις σε 40'':  $A_1=5$  ,  $\theta_1=24$  ,  $O_1= -0$

Ενδείξεις σε 2 ώρες:  $A_2= 2$  ,  $\theta_2=25$

Υπολογισμός % άμμου:  $A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36]$  εάν  $\theta_1 > 19,44$

Στο πείραμα ισχύει  $\theta_1 = 24$  , άρα:

$$A = (A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36] = ((5 - 0) + [(24-19,44) * 0,36] = 5+1,6416 = 6,6416$$

$$\%ΑΜΜΟΥ=100-(2*A) = 100-(2*6,6416) = 100- 13,2832 = 86,7168$$

Υπολογισμός % ιλύος και % αργίλου

$$B=(A_2- O_1 ) + [(\theta_2- 19,44)*0,36 ] \text{ εάν } \theta_2>19,44$$

Ισχύει  $\theta_2=25$  ,άρα:

$$B = (A_2- O_1 ) + [(\theta_2- 19,44)*0,36 ] = (2 -0) + [(25-19,44)* 0,36 ] = 2+ 2,0016 = 4,0016$$

$$\%ΑΡΓΙΛΟΥ= 2 * B = 2* 4,0016 = 8,0032$$

$$\%ΙΛΥΟΣ = 100 - (\%ΑΜΜΟΥ +\% ΑΡΓΙΛΟΥ) = 100 - (86,7168 + 8,0032) = 100 - 94,72 = 5,28$$

## Δείγμα 3 (Μεγαλοχώρι)

Για το πείραμα που πραγματοποιήθηκε ισχύουν:

Ενδείξεις σε 40'':  $A_1=6$  ,  $\theta_1=24$  ,  $O_1= 0$

Ενδείξεις σε 2 ώρες:  $A_2= 2$  ,  $\theta_2=25$



Υπολογισμός % άμμου:  $A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36]$  εάν  $\theta_1 > 19,44$

Ισχύει  $\theta_1 = 24$  , άρα:

$$A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36] = (6 - 0) + [(24-19,44) * 0,36] = 6+1,6416 = 7,6416$$

$$\%ΑΜΜΟΥ=100-(2*A) = 100-(2*7,6416) = 100- 15,2832 = 84,7168$$

Υπολογισμός % ιλύος και % αργίλου:  $B=(A_2- O_1) + [(\theta_2- 19,44)*0,36]$  εάν  $\theta_2>19,44$

Ισχύει  $\theta_2=25$  ,άρα:

$$B=(A_2- O_1) + [(\theta_2- 19,44)*0,36] = (2 - 0) + [(25-19,44)* 0,36] = 2 + 2,0016 = 4,0016$$

$$\%ΑΡΓΙΛΟΥ= 2 * B = 2* 4,0016 = 8,0032$$

$$\%ΙΛΥΟΣ= 100 - (\%ΑΜΜΟΥ +\% ΑΡΓΙΛΟΥ) = 100 - (84,7168 + 8,0032) = 100 - 92,72 = 7,28$$

#### **Δείγμα 4 (Πύργος)**

Ενδείξεις σε 40’’:  $A_1=6$  ,  $\theta_1=24,5$  ,  $O_1= 0$

Ενδείξεις σε 2 ώρες:  $A_2= 1$  ,  $\theta_2=27$

Υπολογισμός % άμμου:  $A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36]$  εάν  $\theta_1 > 19,44$

Ισχύει  $\theta_1 = 24,5$  , άρα:

$$A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36] = (6 - 1) + [(24,5-19,44) * 0,36] =6+1,8216$$

$$A=7,8216$$

$$\%ΑΜΜΟΥ=100-(2*A) = 100-(2*7,8216) = 100- 15,6432 = 84,3568$$

Υπολογισμός % ιλύος και % αργίλου:  $B=(A_2- O_1) + [(\theta_2- 19,44)*0,36]$  εάν  $\theta_2>19,44$

Ισχύει  $\theta_2=27$  ,άρα:

$$B=(A_2- O_1 ) + [(\theta_2- 19,44)*0,36 ] = (1 - 0) + [(27-19,44)* 0,36 ] = 1 + 2,8296 = 3,8296$$

$$\%ΑΡΓΙΛΟΥ= 2 * B = 2* 3,8296 =7,6592$$

$$\%ΙΛΥΟΣ= 100 - (\%ΑΜΜΟΥ +\% ΑΡΓΙΛΟΥ) = 100 - (84,3568 + 7,6592) = 100 - 92,016 = 7,984$$

### **Δείγμα 5 (Ακρωτήριο)**

Ενδείξεις σε 40'':  $A_1=3$  ,  $\theta_1=24,5$  ,  $O_1= 0$

Ενδείξεις σε 2 ώρες:  $A_2= 0$  ,  $\theta_2=29,5$

Υπολογισμός % άμμου:  $A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36]$  εάν  $\theta_1 > 19,44$

Ισχύει  $\theta_1 = 24,5$  , άρα:

$$A=(A_1 - O_1) + [(\theta_1-19,44) * 0,36] = (3-0) + [(24,5-19,44) * 0,36] = 3+1,8216 = 4,8216$$

$$\%ΑΜΜΟΥ=100-(2*A) = 100-(2*4,8216) = 100- 9,6432 = 90,3568$$

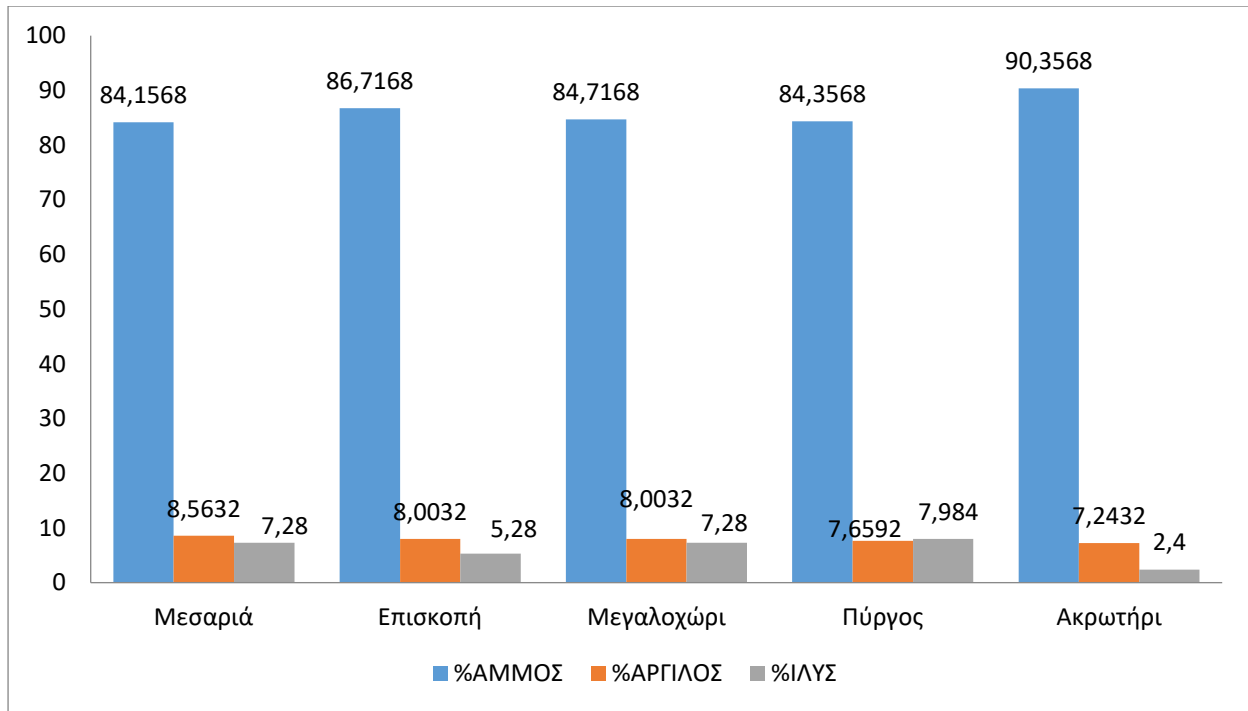
Υπολογισμός % ιλύος και % αργίλου:  $B=(A_2- O_1 ) + [(\theta_2- 19,44)*0,36 ]$  εάν  $\theta_2>19,44$

Ισχύει  $\theta_2=29,5$  ,άρα:

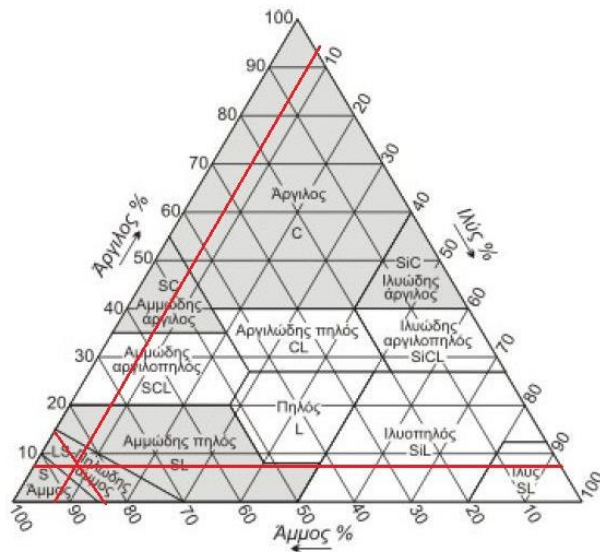
$$B=(A_2- O_1 ) + [(\theta_2- 19,44)*0,36 ] = (0-0) + [(29,5-19,44)* 0,36 ] = 3,6216$$

$$\%ΑΡΓΙΛΟΥ= 2 * B = 2* 3,6216 =7,2432$$

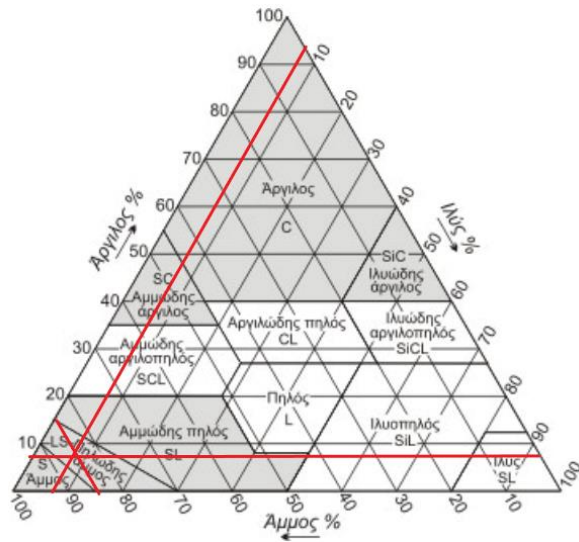
$$\%ΙΛΥΟΣ= 100 - (\%ΑΜΜΟΥ +\% ΑΡΓΙΛΟΥ) = 100 - (90,3568 + 7,2432) = 100 - 97,6 = 2,4$$



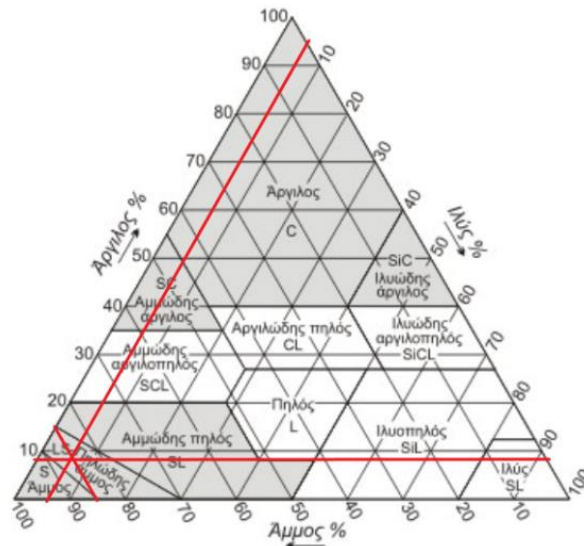
**Γράφημα 1.** Μηχανική σύσταση των δειγμάτων. Δεν παρουσιάζεται σημαντική στατιστική διαφορά με  $p < 0.5$  και ύστερα από ανάλυση με One-way ANOVA υπολογίστηκαν  $p\text{-value} = 0.981451$ ,  $F = 0,09988$ ,  $f\text{-ratio value} = 0.09988$ .



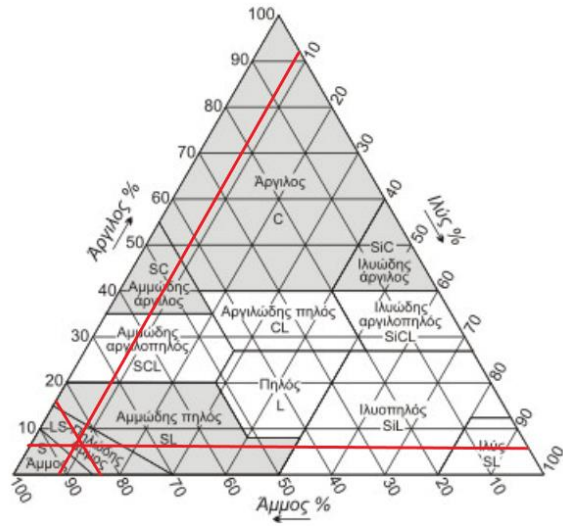
**Εικόνα 6.** Τρίγωνο μηχανικής σύστασης δείγματος από την Μεσαριά.



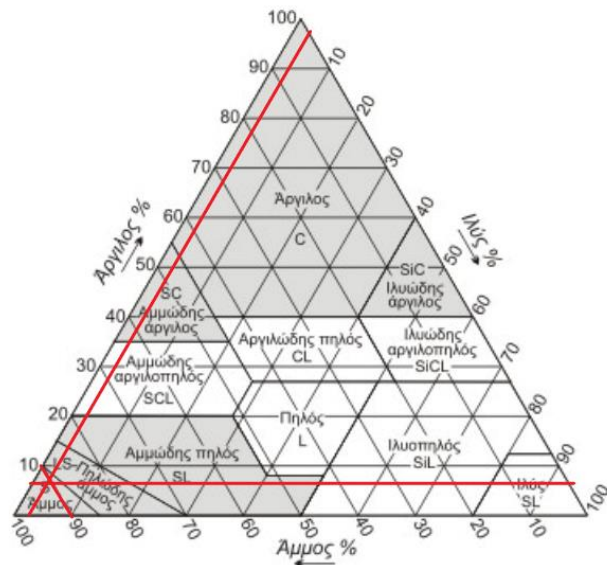
Εικόνα 7. Τρίγωνο μηχανικής σύστασης δείγματος από την Επισκοπή.



Εικόνα 8. Τρίγωνο μηχανικής σύστασης δείγματος από το Μεγαλοχώρι.



Εικόνα 9. Τρίγωνο μηχανικής σύστασης δείγματος από τον Πύργο.



Εικόνα 10. Τρίγωνο μηχανικής σύστασης δείγματος από το Ακρωτήρι.

### 3.3.2. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας

T= τα ml του διαλύματος  $\text{FeSO}_4$  που καταναλώθηκαν από τον μάρτυρα

T'= τα ml του διαλύματος  $\text{FeSO}_4$  που καταναλώθηκαν για την τιτλοδότηση του δείγματος που περιέχει το έδαφος

N= η κανονικότητα του  $\text{FeSO}_4$  (= 0,5N)

B= το βάρος του εδάφους

#### Δείγμα 1 (Μεσαριά)

Τυφλό: ένδειξη προχοΐδας αρχικά= 13,7 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 38,5 , άρα  $T = 38,5 - 13,7 = 24,8$

Δείγμα: ένδειξη προχοΐδας αρχικά= 2,8 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 23,7 , άρα  $T' = 23,7 - 2,8 = 20,9$

Ολική οργανική ουσία % =  $(T - T') * N * 0,67 / B = (24,8 - 20,9) * 0,5 * 0,67 = 1,3065$

Πάρθηκαν άλλες μετρήσεις τυφλού για την πραγματοποίηση των παρακάτω υπολογισμών:  
ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 2 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 21.6 , άρα  $T = 21.6 - 2 = 19.6$

#### Δείγμα 2 (Επισκοπή)

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά= 1.2 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 19.5 , άρα  $T = 19.5 - 1.2 = 18.3$

Ολική οργανική ουσία % =  $(T - T') * N * 0.67 / B = (19.6 - 18.3) * 0.5 * 0.67 / 1 = 0.4355$

#### Δείγμα 3 (Πύργος)

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 0 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 15.5 , άρα  $T = 15.5 - 0 = 15.5$

Ολική οργανική ουσία % =  $(T - T') * N * 0.67 / B = (19.6 - 15.5) * 0.5 * 0.67 / 1 = 1.3735$

#### Δείγμα 4 (Ακρωτήρι)

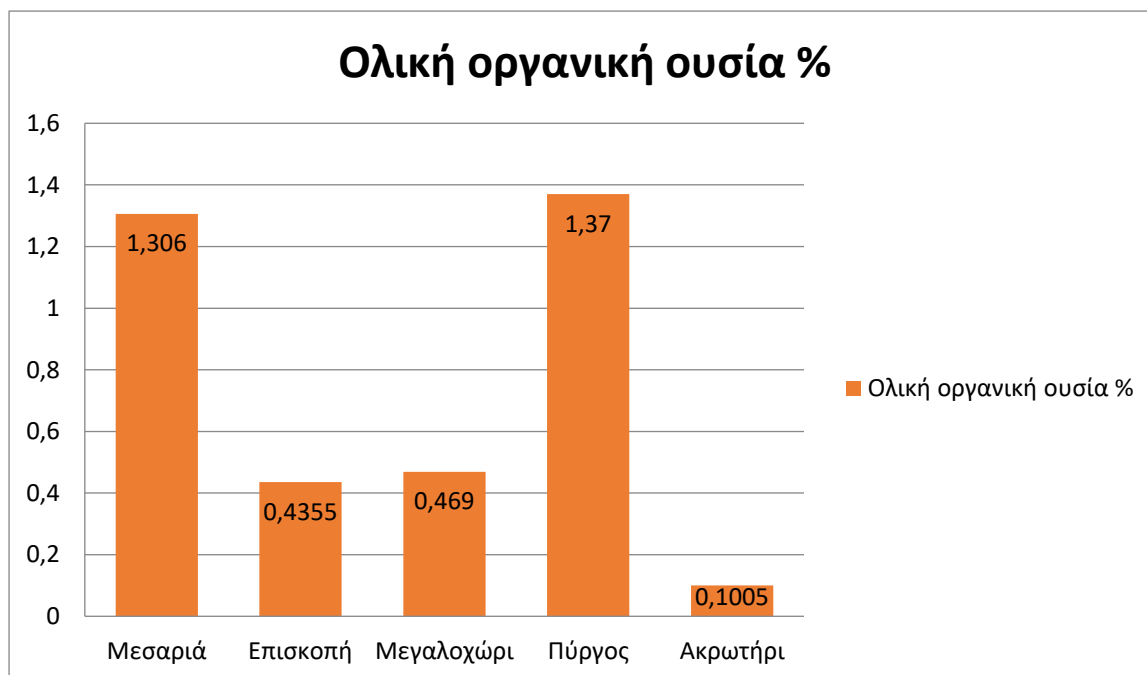
Ένδειξη προχοϊδας αρχικά = 15.5 , ένδειξη προχοϊδας τελικά= 34.8 ,άρα  $T = 34.8 - 15.5 = 19.3$

Ολική οργανική ουσία % =  $(T - T') * N * 0.67 / B = (19.6 - 19.3) * 0.5 * 0.67 / 1 = 0.1005$

#### Δείγμα 5 (Μεγαλοχώρι)

Ένδειξη προχοϊδας αρχικά = 20 , ένδειξη προχοϊδας τελικά= 38,2 ,άρα  $T = 38,2 - 20 = 18.2$

Ολική οργανική ουσία % =  $(T - T') * N * 0.67 / B = (19.6 - 18.2) * 0.5 * 0.67 / 1 = 0.469$



**Γράφημα 2.** Ολική οργανική ουσία % των δειγμάτων. Παρουσιάζεται σημαντική στατιστική διαφορά με  $p < 0.5$  και ύστερα από ανάλυση με One-way ANOVA υπολογίστηκαν  $p\text{-value} = 0.000175$ ,  $F = 7.02382$ ,  $f\text{-ratio value} = 7.02382$  .

### 3.3.3. Προσδιορισμός ολικού ασβεστόλιθου

T = τα ml του διαλύματος NaOH που καταναλώθηκαν για την εξουδετέρωση του μάρτυρα.

T' = ο μέσος όρος των ποσοτήτων του NaOH που καταναλώθηκαν για τις εξουδετερώσεις των ποσοτήτων, που υπήρχαν στις τρεις φιάλες.

Τυφλό: 17,6

#### Δείγμα 1 (Μεσαριά)

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 0,6 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 18,1 , άρα T' = 18,1 – 0,6 = 17,5

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 18,1 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 35,2 , άρα T' = 35,2 – 18,1 = 17,1

Μέσος όρος :17,3.

Ο ολικός περιεχόμενος ασβεστόλιθος υπολογίζεται από τη σχέση:  $\text{CaCO}_3\% (T - T') * 5 = (17,6 - 17,3) * 5 = 0,3 * 5 = 1,5\%$

Πάρθηκαν άλλες μετρήσεις τυφλού για τα παρακάτω δείγματα:

Τυφλό'=18

#### Δείγμα 2 (Επισκοπή)

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 18.1 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 35.8 , άρα T' = 35.8-18.1=17.7

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 21.2 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 39.1 , άρα T' = 3

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 0.3 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 17.8 , άρα T' = 17.8-0.3 = 17.5

Μέσος όρος: 17.7

Ο ολικός περιεχόμενος ασβεστόλιθος υπολογίζεται από τη σχέση:  $\text{CaCO}_3\% = (17.8 - 17.7) * 5 = 0.5\%$



### **Δείγμα 3 (Πύργος)**

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 3.4 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 21.2 , άρα  $T' = 21.2 - 3.4 = 17.8$

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 17.8 ,ένδειξη προχοΐδας τελικά= 35.4 , άρα  $T' = 35.4 - 17.8 = 17.6$

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 1.2 ,ένδειξη προχοΐδας τελικά= 18,8 , άρα  $T' = 18,8 - 1.2 = 17.6$

Μέσος όρος: 17.6

Ο ολικός περιεχόμενος ασβεστόλιθος υπολογίζεται από τη σχέση:  $CaCO_3\% = (18 - 17.6) * 5 = 2\%$

### **Δείγμα 4 (Ακρωτήριο)**

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 18.8 , ένδειξη προχοΐδας τελικά = 36.3 , άρα  $T' = 36.3 - 18.8 = 17.5$

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 3.6 , ένδειξη προχοΐδας τελικά = 21 , άρα  $T' = 21 - 3.6 = 17.4$

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά= 21 , ένδειξη προχοΐδας τελικά = 38.5 ,

άρα  $T' = 38.5 - 21 = 17.5$

Μέσος όρος = 17.46

Ο ολικός περιεχόμενος ασβεστόλιθος υπολογίζεται από τη σχέση:  $CaCO_3\% = (18 - 17.46) * 5 = 2.7\%$

### **Δείγμα 5 (Μεγαλοχώρι)**

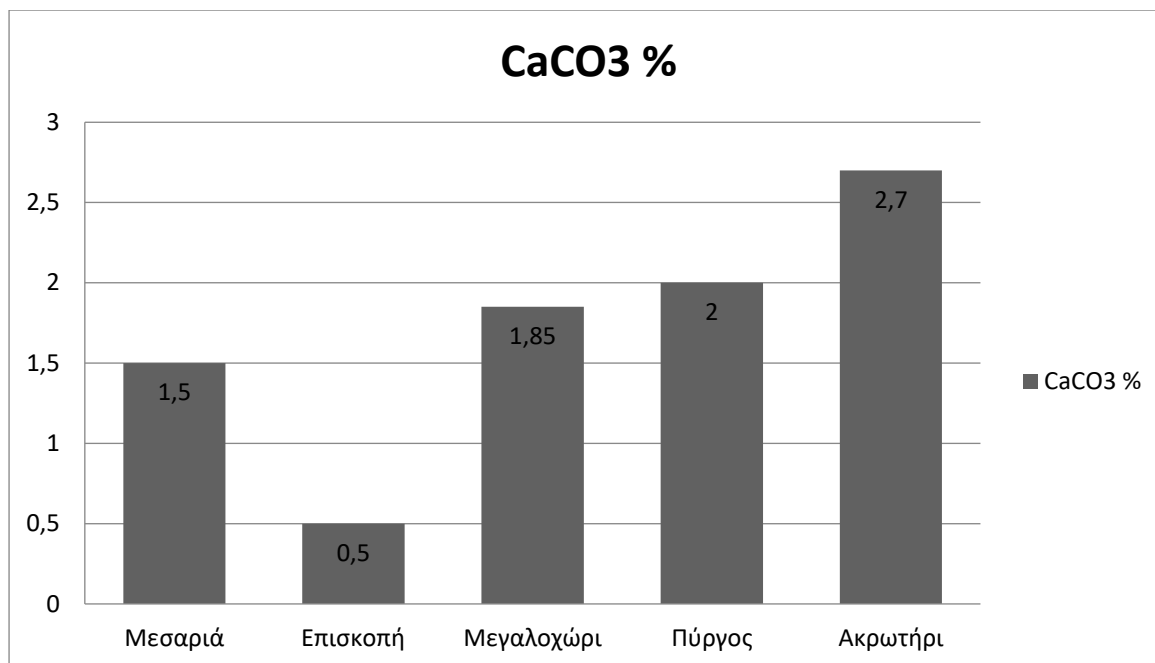
Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 1.3 ,ένδειξη προχοΐδας τελικά= 18.8 , άρα  $T' = 18,8 - 1.3 = 17.5$

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 18.8 ,ένδειξη προχοΐδας τελικά= 36.5 , άρα  $T' = 36.5 - 18.8 = 17.7$

Ένδειξη προχοΐδας αρχικά = 36.5 , ένδειξη προχοΐδας τελικά= 53.6 , άρα  $T' = 53.6 - 36.5 = 17.1$

Μέσος όρος = 17.43

Ο ολικός περιεχόμενος ασβεστόλιθος υπολογίζεται από τη σχέση:  $CaCO_3\% = (17.8 - 17.43) * 5 = 0.37 * 5 = 1.85$



**Γράφημα 3.** Ολικός ασβεστόλιθος των δειγμάτων. Παρουσιάζεται σημαντική στατιστική διαφορά με  $p < 0.5$ . Ύστερα από ανάλυση με One-way ANOVA υπολογίστηκαν  $p\text{-value} = 0.000239$ ,  $F = 6.95591$ ,  $f\text{-ratio value} = 6.95591$ .

### 3.3.3. Προσδιορισμός pH.

Για τον προσδιορισμό του pH πάρθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις και βγήκε ο μέσος όρος για κάθε δείγμα:

**Πίνακας 4.** Αποτελέσματα των τιμών pH έπειτα από την ανάλυση των δυο διαφορετικών συγκεντρώσεων και ο μέσος όρος αυτών. Δεν παρουσιάζεται σημαντική στατιστική διαφορά με  $p < 0.5$  και ύστερα από ανάλυση με One-way ANOVA υπολογίστηκαν  $p\text{-value} = 0.305629$ ,  $F = 1.27659$ ,  $f\text{-ratio value} = 1.27659$ .

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΜΕΣΑΡΙΑ	ΕΠΙΣΚΟΠΗ	ΜΕΓΑΛΟΧΩΡΙ	ΠΥΡΓΟΣ	ΑΚΡΩΤΗΡΙ
50ml	6,5	7,64	6,4	6,16	8,3
100ml	6,7	7,66	6,7	6,17	8,7
M.O	6,6	7,65	6,55	6,165	8,5

### 3.4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βρέθηκε πως οι περιοχές Μεσαριά, Επισκοπή, Μεγαλοχώρι, και Πύργος χαρακτηρίζονται ως 'LS Πηλώδης άμμος' ως προς την μηχανική τους σύσταση, με εξαίρεση το Ακρωτήρι που χαρακτηρίζεται ως 'S άμμος'. Συνεπώς, τα εδάφη της Σαντορίνης από άποψη μηχανικής σύστασης, κοκκομετρίας είναι αμμώδη ελαφριά, με μεγάλη περιεκτικότητα σε πηλό, δεν συκρατούν πολύ υγρασία (άνυδρα) και στα φυτά υφίσταται υδατική καταπόνηση. Για αυτό το λόγω οι αποδόσεις είναι χαμηλές και η παραγωγικότητα μικρή. Οι οίνοι που παράγονται είναι συμπυκνωμένοι. Στο νησί παρατηρείται η ύπαρξη πυριτιούχων πετρωμάτων και ελαφρόπετρας, η χημική σύσταση της οποίας περιλαμβάνει 72% διοξείδιο του πυριτίου, πράγμα που επαληθεύει την ύπαρξη του στοιχείου αυτού. Ξεχωρίζει το Ακρωτήρι, όπου βρέθηκε να περιέχει το μεγαλύτερο ποσοστό άμμου. Πιθανή αίτια αυτού, είναι πως η περιοχή βρίσκεται σε χαμηλό υψόμετρο και δεν προστατεύεται από τις θαλάσσιες αύρες του νότιου μέρους του νησιού. Οι αύρες αυτές συμμετέχουν στην μεταφορά άμμου από τα παραλιακά μέρη στα καλλιεργητικά εδάφη.

Οι διαδοχικές ηφαιστειακές εκρήξεις κατά τη διάρκεια των χιλιετιών σχημάτισαν ένα έδαφος από στρώματα ηφαιστειακής τέφρας, ελαφρόπετρας, άμμου και βασάλτη. Η ελαφρόπετρα, αντανακλά τις ηλιακές ακτινοβολίες, χάρη στο λευκό της χρώμα, και βοηθάει στην απορρόφηση υγρασίας από τον αέρα. Τα περισσότερα εδάφη της Σαντορίνης είναι αλκαλικά, καθώς περιέχουν αφθονία ασβεστίου. Συνεπώς, το έδαφος της Σαντορίνης είναι επίκτητο αποτελούμενο από ηφαιστειακά υλικά με πολύ χαμηλά ποσοστά οργανικής ουσίας και αργίλου. Είναι ένα ιδιαίτερο έδαφος για την παραγωγή και την καλλιέργεια της αμπέλου.

Οι περιοχές Επισκοπή, Μεγαλοχώρι και Ακρωτήρι χαρακτηρίζονται ως πολύ πτωχά εδάφη ως προς την περιεκτικότητά τους σε οργανική ουσία, ενώ η Μεσαριά και ο Πύργος, με ελάχιστα υψηλότερες τιμές, ως πτωχά. Οι τιμές που βρέθηκαν κυμαίνονται από 0,1 έως 1,4. Γενικότερα, το έδαφος της Σαντορίνης παρουσιάζει πολύ μικρή ποσότητα οργανικής ουσίας. Αντίθετα, τα εδάφη της Σαντορίνης παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά σε σίδηρο, ασβέστιο και μαγνήσιο. Λόγω της έλλειψης νερού, τα αμπέλια δυσκολεύονται να προσλάβουν και κάποια ανόργανα θρεπτικά στοιχεία όπως το άζωτο και το κάλιο. Το κάλιο είναι παράγοντας που συντελεί στην υψηλή οξύτητα του Ασσύρτικου και στο χαμηλό του pH (έως και 2.7). Η

δυσκολία στην πρόσληψη του αζώτου από το έδαφος είναι υπεύθυνη για την απουσία αρωμάτων από τους παραγόμενους οίνους. Αυτό το χαρακτηριστικό συμβάλει στο *terroir* που χαρακτηρίζει την Σαντορίνη. Οι χαμηλές ποσότητες οργανικής ουσίας, σε συνδυασμό με το χαμηλό ποσοστό αργίλου, ευθύνονται για την απουσία της Φυλλοξήρα, καθώς δεν μπορεί να επιβιώσει σε αυτές τις συνθήκες. Η φυλλοξήρα κατέστρεψε το 99,9% των Ευρωπαϊκών αμπελιών κατά των 19 αιώνων. Ωστόσο, οι αμπελώνες της Σαντορίνης είναι οι μόνοι που σώθηκαν. Επομένως, στο νησί βρίσκονται μερικοί από τους παλαιότερους αμπελώνες της Ευρώπης (Μπερής, 2020).

Σύμφωνα με τις μετρήσεις περιεκτικότητας ολικού  $\text{CaCO}_3\%$  διακρίναμε πως η Επισκοπή διαθέτει πτωχό έδαφος. Ακολουθούν η Μεσαριά, το Μεγαλοχώρι και ο Πύργος ως μέτρια εφοδιασμένα, ενώ το Ακρωτήρι παρουσιάζει εφοδιασμένο-πλούσιο έδαφος. Παρότι το ανθρακικό ασβέστιο κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, η πλειοψηφία των εδαφών είναι ελαφρώς αλκαλικά. Τα πιο χαμηλά ποσοστά σε ανθρακικό ασβέστιο από το αναμενόμενο μειώνει την προαγόμενη αρωματική ένταση στα κρασιά, υπάρχει έλλειψη αρωμάτων, όπως και ο φρουτώδης χαρακτήρας. Επομένως, ένα μέρος της έκφρασης του *terroir* είναι η έλλειψη του ασβεστίου και του αζώτου.

Τα ανθρακικά ορυκτά επηρεάζουν το έδαφος και αυτός είναι και ο λόγος όπου στο Ακρωτήρι παρατηρείται πρόωμη ωρίμανση (Καρακάσης, 2021). Τα διαλυόμενα ανθρακικά ορυκτά δίνουν  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , τα οποία επηρεάζουν τις χημικές ιδιότητες των εδαφών, όπως το pH και την ρυθμιστική ικανότητα. Το υψηλό pH μειώνει την διαθεσιμότητα σημαντικών κατιόντων, όπως του ψευδαργύρου και του σιδήρου (Hellman, 2004). Οι μικρές ποσότητες ασβεστίου δεν οδηγούν σε τροφοπενίες σιδήρου, ψευδαργύρου και μαγγανίου, όπως συμβαίνει σε εδάφη με αυξημένες ποσότητες αυτού (Καλύβας, 2003). Η πρόωμη ωρίμανση, λοιπόν, είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στην επάρκεια όλων αυτών των θρεπτικών στοιχείων που οδηγούν στην ομαλή πορεία της ωρίμανσης.

Η Σαντορίνη είναι ένα από τα λίγα μέρη στο κόσμο που έχουν εδάφη με pH κοντά στο 8.2, τα οποία δίνουν κρασιά με pH περίπου 2.8 (Καρακάσης, 2021). Υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα στην επικράτεια του νησιού όσο αφορά τις τιμές του pH. Γενικά πιστεύεται πως το pH συμβάλει στο προφίλ του οίνου, τόσο για την υψηλή οξύτητα, όσο και για την ορυκτότητα που παρουσιάζει στον αρωματικό του χαρακτήρα. Το pH του εδάφους είναι δείκτης γονιμότητας. Μέτρια όξινα εδάφη με pH 4.5-5.8 έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά

συστατικά ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), διότι το σύμπλοκο ανταλλαγής έχει υψηλές ποσότητες μη θρεπτικών κατιόντων ( $\text{H}^+$ ,  $\text{AlOH}_2^+$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ). Μέτρια αλκαλικά εδάφη με pH 8-10, όπως της Σαντορίνης, έχουν μεγάλη συγκέντρωση αλάτων, που εμποδίζουν την ομαλή ανάπτυξη του φυτού και παρουσιάζουν έλλειψη υγρασίας (Retallack, 2001).

Σε μια έρευνα που διεξήχθη στο Willamette Valley του Oregon, USA, από τους Retallack και Burns σε εδάφη 'Jory series', ένα είδος ηφαιστειογενούς εδάφους, μελετήθηκε η επίδραση του pH του εδάφους στα παραγόμενα κρασιά. Έδειξε πως το χαμηλό pH των βαθύτερων στρωμάτων του εδάφους επηρεάζει τόσο το σταφύλι, όσο και το pH του οίνου. Στην έρευνα αυτή, φυτεύτηκαν Pinot Noir σε εδάφη με χαμηλό και υψηλό pH. Παρατηρήθηκε, πως τα Pinot Noir που φυτεύτηκαν σε εδάφη με χαμηλό pH, είχαν πιο στρογγυλεμένο σώμα και περίπλοκο οργανοληπτικό χαρακτήρα, παρουσιάζοντας υψηλό pH (3.7-4.0), ενώ εκείνα που φυτεύτηκαν σε εδάφη με χαμηλό pH, παρουσίασαν πιο ζωνρό και λιγότερο πολύπλοκο χαρακτήρα και χαμηλότερο pH (3.3-3.7). Το χαμηλό pH προκαλεί στρες στο φυτό που το ωθεί να διαλέξει το δρόμο του πολλαπλασιασμού, αντί της βλαστικής του ανάπτυξης, παράγοντας περισσότερους καρπούς από ότι φύλλα, λιγότερη οργανική ουσία και περισσότερα κατιόντα ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), ταννίνες και αρωματικές ενώσεις στο εσωτερικό της ράγας. (Goode, 2014). Σύμφωνα με αυτά τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τα εδάφη έχουν σημαντική επίδραση στο pH του οίνου και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Συμπερασματικά, το υψηλό pH των εδαφών της Σαντορίνης συνδέεται με το χαμηλό pH που έχουν τα Ασύρτικα που παράγονται. Ωστόσο, αυτές οι επιδράσεις εξαρτώνται, επίσης, από τις τεχνικές οινοποίησης και λοιπούς παράγοντες (Goode, 2014).

Πολλά κρασιά που προέρχονται από ηφαιστειογενείς περιοχές συχνά αποδίδουν μια τυπικότητα, η οποία χαρακτηρίζεται με όρους όπως 'πικάντικο', 'ορυκτότητα', 'βρεγμένη πέτρα' κ.α. Ο Maltman σε ένα άρθρο του αναφέρει πως αυτό πρόκειται για καθαρά ψυχολογική επίδραση, αλλά πολλοί υποστηρίζουν πως μπορούν να τα διακρίνουν ως αρώματα σε ένα κρασί. Πράγματι, ο Jefford (2007) ισχυρίστηκε πως στα κρασιά της Σαντορίνης μπορείς να γευτείς τα γήινα στοιχεία. Παρόμοια terroir έχουν βρεθεί στην Napa Valley, Sonoma Valley, Alsace, Tokaj. Τέτοια εδάφη δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την καλλιέργεια αμπελιών. Αυτές οι εδαφικές συνθήκες οδηγούν σε μικρότερες στρεμματικές αποδόσεις, στη συμπύκνωση και στη δημιουργία πιο γεμάτων κρασιών (Cohen, 2022). Η συμπύκνωση δεν αναφέρεται μόνο στα

ώριμα σταφύλια, αλλά στην ύπαρξη μικρότερης ποσότητας νερού σε αναλογία με τα υπόλοιπα στοιχεία κάθε ράγας. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει επιπλέον συμπύκνωση στην οξύτητα και περισσότερη ορυκτότητα όπως συμβαίνει με τα κρασιά από τα ηφαιστειογενή εδάφη των Azores Islands της Πορτογαλίας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ξενόγλωσση**

- Arnalds & Óskarsson & Bartoli & Buurman & Stoops & García-Rodeja, (2007), Soils of Volcanic Regions in Europe, Springer Berlin, doi: 10.1007/978-3-540-48711-1
- Bates & Wolf, (2008), Wine Grape Production Guide for Eastern North America, PALS
- Brady Nyle & Weil Ray, (2022), Nature and Properties of Soils, Pearson. doi: 10.2134/agronj1960.00021962005200110030x
- Brown, (2013), Soil sampling vineyards and guidelines for interpreting the soil test results, Michigan State University Extension
- Horwath, (2023), Soil Science Society of America Journal
- Jakšić, (2021), The State of Soil Organic Carbon in Vineyards as Affected by Soil Types and Fertilization Strategies. doi: 10.3390/agronomy11010009
- Jenny H., (2011), Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology, Dover Publications. doi: 10.2134/agronj1941.00021962003300090016x
- Karakasis, (2021), The Wines of Santorini

- Koundouras, (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*. doi: 10.1021/jf0605446
- La Manna & Tarabini & Gomez & Rostagno, (2021), Changes in soil organic matter associated with afforestation affect erosion processes: The case of erodible volcanic soils from Patagonia. doi:10.1016/j.geoderma.2021.115265
- Leeuwen , (2010), Terroir: The effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes, Woodhead Publishing. doi: 10.1016/C2016-0-02279-9
- Maltman, (2008), The role of vineyard geology in wine typicity. doi: 10.1080/09571260802163998
- Malwuori, (1984), Nutrient Balances and Fertilizer Needs in Temperate Agriculture
- Manual on Test Sieving Methods, (1972), ASTM Committee E-29
- Moustakas & Georgoulas, (2005), Soils developed on volcanic materials in the island of Thera, Greece, *Geoderma*. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.12.039
- Nicholas, (2004), Soil, irrigation and nutrition, Wine Publishers Pty Ltd tradin
- Retallack & Burns, (2016), The effects of soil on the taste of wine
- Smith, (2017), Test sieving methods
- Soil and plant analysis council, Soil Analysis Inc., (1999), Handbook of Reference Methods, CRC Press
- White & Krstic, (2019), Healthy Soils for Healthy Vines: Soil Management for Productive Vineyards, CABI

## **Ελληνική**

- Αντωνιάδης, *Εδαφολογία: Τα εδάφη στα οικοσυστήματα*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Βουτσινος, (2009), *Γεωλογία και διαχείριση φυσικών πόρων*, ΙΤΥΕ- ΟΕΔΒ
- Καλύβας, (2003), *Εδαφολογία: Αξιολόγηση εδαφών, τοποκλιματικές συνθήκες και κρασί*, Εκδόσεις Ιων
- Κόρκας, (2018), *Σημειώσεις του μαθήματος Εδαφοκλιματικό Σύστημα και Άμπελος*, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Μπερής, (2018), Σημειώσεις του μαθήματος Εδαφοκλιματικό Σύστημα και Άμπελος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής  
Παναγόπουλος, (2007), Ασθένειες καρποφόρων δένδρων και αμπέλου, Εκδόσεις Σταμούλης  
Πανίδης, (2017), The world of Greek wine Hestia certificate advanced, W.S.P.C/ Επαγγελματικό κέντρο οίνου και αποσταγμάτων Ε.Π.Ε.  
Παντελάκης, (2019), Εδαφολογία, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας  
Τσακίρης, (2010), Ελληνική Οινογνωσία, Εκδόσεις Ψύχαλος

## Πηγές από το Διαδίκτυο

Antoniou & Lappas & Leoussis & Nomikou, (2017). Landslide Risk Assessment of the Santorini Volcanic Group. Retrieved from: <https://www.scitepress.org/papers/2017/63858/63858.pdf>

Ashley, (2009), Grapevine Nutrition-An Australian Perspective. Retrieved from: <https://ucanr.edu/sites/nm/files/76731.pdf>

Beris, (2020), Volcanic soil of Santorini. Retrieved from: <https://estateargyros.com/news/article/1/volcanic-soil-santorini-cursed-desert-or-blessed-treasure/>

Bozika, (2020), Master Thesis: Soil Erosion assessment in the island complex of Santorini using Geographic Information Systems (GIS). Retrieved from: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2924494/theFile>

Decade Volcano. (2004). Geology of Santorini. Geographic Setting of Santorini. Retrieved from: [http://www.decadevolcano.net/santorini/santorini\\_geology\\_geography.htm](http://www.decadevolcano.net/santorini/santorini_geology_geography.htm)

Denig, (2022), Understanding Volcanic Soils in Wine, Wine Enthusiast. Retrieved from: <https://www.winemag.com/2022/03/11/volcanic-soils-wine-science/>

Eberl, (2022), What Is Subsoil and How Does It Help a Garden? Family Handyman. Retrieved from: <https://www.familyhandyman.com/article/what-is-subsoil/>

Essling, (2010), Soil acidification. Retrieved from: [https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/6\\_nutrition\\_soil\\_acidification.pdf](https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/6_nutrition_soil_acidification.pdf)

Essling, (2020), The importance of soil organic matter. Retrieved from: <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2021/01/s2187.pdf>



Estate Argyros, (2020), Volcanic soil of Santorini. Retrieved from: <https://estateargyros.com/news/article/1/volcanic-soil-santorini-cursed-desert-or-blessed-treasure/>

Gaia pedia, (2016), Ασβεστούχα εδάφη. Retrieved from: [http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.phpΑσβεστούχα\\_εδάφη](http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.phpΑσβεστούχα_εδάφη)

Gavalas Winery, Κατσανό. Retrieved from: <https://el.gavalaswines.gr/katsano>

Hatzidakis, Νυχτέρι. Retrieved from: <http://www.hatzidakiswines.gr/ta-krasia-mas/nychteri.html>

Lazcano & Decock & Wilson , The importance of soil health for winegrape production. Retrieved from: <https://www.ciencia-e-vinho.com/2020/10/04/the-importance-of-soil-health-for-winegrape-production/>

Mengel, (1914), Fundamentals of Soil Cation Exchange Capacity, Department of Agronomy, Purdue University. Retrieved from: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ay/ay-238.html>

National Inter-Professional Organization of Vine and Wine of Greece, Αθήρι, Wines of Greece. Retrieved from: <https://winesofgreece.org/el/varieties/%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CF%81%CE%B9/>

National Inter-Professional Organization of Vine and Wine of Greece, Νυχτέρι, Wines of Greece. Retrieved from: <https://winesofgreece.org/el/articles/%CE%BD%CF%85%CF%87%CF%84%CE%AD%CF%81%CE%B9/>

National Inter-Professional Organization of Vine and Wine of Greece.Vinsanto. Wines of Greece. Retrieved from: <https://winesofgreece.org/el/articles/vinsanto/>

NYC Earth Science, (2019), AP Environmental Science (APES) Soil Horizons [Video]. Retrieved from: YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=\\_aZbGBaP\\_7Y](https://www.youtube.com/watch?v=_aZbGBaP_7Y)

Online Κάβα House of Wine. Retrieved from: <https://www.houseofwine.gr/how/wine/about-wine/wine-+tasting/terroir.html>

Plantpro.gr, Αμπέλι: Τροφopenίες, Συμπτώματα και Αντιμετώπιση. Retrieved from: <https://plantpro.gr/post/627>

Santo Wines, (2021), Κρασιά: Σαντορίνη Νυχτέρι. Retrieved from: <https://santowines.gr/el/olata-krasia-wines-eu/eu-category/krasia/santorini-nykteri-21-detail>

Santorini Island Greece, Weather Conditions. Retrieved from:  
<https://www.santorini.com/santorini/weather.html>

Taki, (2022), Soil Horizons Development & Soil Profile, Plantlet. Retrieved from:  
<https://plantlet.org/soil-horizons-development-soil-profile/>

Teagasc, (2020), Taking soil samples correctly. Retrieved from: <https://www.teagasc.ie/news--events/daily/environment/taking-soil-samples-correctly.php>

University of Idaho, Andisols-Soil & Water Systems, Retrieved from:  
<https://www.uidaho.edu/cals/soil-orders/andisols>

Wikipedia contributors, (2021), Rhyodacite. Retrieved from:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Rhyodacite>

Wikipedia contributors, (2022), Terroir. Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Terroir>

Wikipedia contributors, (2022), Βινσάντο Σαντορίνης. Retrieved from:  
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BD%CF%83%CE%AC%CE%BD%CF%84%CE%BF\\_%CE%A3%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BD%CF%83%CE%AC%CE%BD%CF%84%CE%BF_%CE%A3%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%82)

Wikipedia contributors, (2022), Σαντορίνη. Retrieved from:  
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%BD%CE%B7>

Wines of Greece, ΠΟΠ Σαντορίνη. Retrieved from:  
<https://winesofgreece.org/el/pdo/%CF%80%CE%BF%CF%80-%CF%83%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%BD%CE%B7>

Γεωργόπουλος, (2018), Τι είναι τελικά αυτό το terroir. Retrieved from: <https://www.fnl-guide.com/gr/el/tips-n-tricks/tips-20042018/>

Καδιανάκης, (2017), Αγωγιμότητα και pH. Retrieved from:  
[https://www.kadianakis.gr/index.php?route=blog/article&article\\_id=8](https://www.kadianakis.gr/index.php?route=blog/article&article_id=8)

Παπαδοπούλου, (2022), Οι ποικιλίες της Σαντορίνης από το Α έως το Ω. Retrieved from:  
<https://www.gastronomos.gr/oinos-pota/oinos/o-thisayros-ton-poikilion/54693/>