



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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΜΠΕΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, Δρ. ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑΣ
ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΣΤΑΘΑΚΗ ΜΑΡΙΑ (718161101)**

ΑΘΗΝΑ, 2021

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

ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΚΑΙ Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΣΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΥΣ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Μπερής Ευάγγελος, PhD. Έκτακτος Διδάσκων του τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Κόρκας Ηλίας, PhD. Καθηγητής του τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Μπανίλας Γεώργιος, PhD. Αναπληρωτής Καθηγητής του τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Πτυχιακή βιβλιογραφική μελέτη, Εργαστήριο αμπελουργίας
Σταθάκη Μαρία
Αθήνα, 2021

Διασαφήσεις εξεταστικής επιτροπής

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη διπλωματική εργασία με τίτλο «**Αμπελουργία ακριβείας και η δυνατότητα χρήσης τεχνολογικών μέσων σε Ελληνικούς αμπελώνες**» που παρουσιάστηκε από την **ΣΤΑΘΑΚΗ ΜΑΡΙΑ** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

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

Περίληψη

Η αμπελουργία ακριβείας είναι ένας καινοτόμος τρόπος παρακολούθησης και λήψης αποφάσεων για τον αμπελώνα με τη χρήση αισθητήρων, GPS και τη χρήση τηλεπισκόπησης. Ενδιαφέρον προκαλεί η λειτουργία των συστημάτων GPS και GIS που χρησιμεύουν στην δημιουργία εδαφικών χαρτών αφού βοηθούν στην ανάκτηση δεδομένων τοποθεσίας και επιπλέον γίνεται αναφορά στους σύγχρονους τρόπους παρακολούθησης του αμπελώνα όπως τα συστήματα παρατήρησης, τα συστήματα παρακολούθησης παραγωγής, τα συστήματα παρακολούθησης των χαρακτηριστικών των εδαφών που μπορούν να μεταβληθούν όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις ανάλογα με τις ανάγκες του αμπελώνα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαφέρει ανάλογα με την αλατότητα του εδάφους, την υγρασία και τη θερμοκρασία, ενώ επηρεάζεται και από την περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο ή άμμο. Αναφέρεται ο αισθητήρας παραγωγής WSN (Wireless Sensor Network) ο οποίος επιτρέπει τη παρακολούθηση αμπελώνων σε πραγματικό χρόνο και η χρήση του αισθητήρα βλάστησης NDVI που σχετίζεται με τις ιδιότητες του φυλλώματος. Αναφέρεται η χρήση του Oenoview, που αρχίζει να κερδίζει έδαφος σιγά-σιγά στην Ελλάδα, το οποίο βοηθά στην χαρτογράφηση των αμπελώνων και της παραγωγής, όπως και η ύπαρξη ρομποτικών συστημάτων στον αμπελώνα όπως το VineRobot το οποίο επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση της απόδοσης, του υδατικού στρες, της ποιότητας των σταφυλιών καθώς λαμβάνει και αποφάσεις για την εφαρμογή εισροών. Το Wall-Ye, είναι ένα ρομποτικό σύστημα το οποίο μπορεί να κινείται αυτόνομα στον αμπελώνα και να πραγματοποιεί κλάδεμα σε κάθε πρέμνο ανάλογα με τις ανάγκες του. Το TED, είναι ένα αυτόνομο ρομπότ το οποίο βοηθάει στο ξεχορτάρισμα των αμπελώνων με εξαιρετική ακρίβεια ακόμα και μετά από δυσμενείς βροχές που ενδεχομένως να έχουν αλλοιώσει το έδαφος. Στα ρομποτικά συστήματα αναφέρεται και το VINBOT το οποίο διαθέτει αισθητήρες για 3D ανακατασκευή των φύλλων ενώ ταυτόχρονα παρακολουθείται η ζωτικότητα των αμπελιών. Τέλος, γίνεται αναφορά σε μεθόδους φυτοπροστασίας ακριβείας με τη βοήθεια των συστημάτων της αμπελουργίας ακριβείας όπου η πρόληψη γίνεται πιο εύκολη από ποτέ, για ασθένειες όπως το Ωίδιο, ο Περονόσπορος και η Ίσκα.

Λέξεις κλειδιά: Αμπελουργία ακριβείας, GPS, GIS, ηλεκτρική αγωγιμότητα, WSN, NDVI, Oenoview, VineRobot, Wall-Ye, TED, VINBOT, ωίδιο, περονόσπορος, ίσκα.

Abstract

Precision viticulture is an innovative way of monitoring and making decisions about vineyard practice using sensors, GPS and the use of remote sensing. The operation of GPS and GIS systems in modern Viticulture, present great interest as those systems serve to create terrain maps and they help in the retrieval of location data. In addition, reference is attributed to modern ways of monitoring the vineyard such as observation systems, production monitoring systems, monitoring systems of soil, variable characteristics such as electrical conductivity and the application of inputs with adjustable doses depending on the needs of the vineyard. The electrical conductivity differs depending on soil's salinity, humidity, temperature and even its clay or sand content. The production sensor WSN (Wireless Sensor Network) is also mentioned. This system allows the monitoring of vineyards in real time and the use of the NDVI vegetation sensor related to the properties of the foliage. The use of Oenoview is constantly gaining popularity in Greek viticulture. Oenoview, among other applications, helps in the mapping of vineyards and the production levels. The existence of robotic systems in vineyards, such as VineRobot, is also referred in the present essay. VineRobot allows continuous monitoring of the performance of water stress and the quality of grapes, while it is taking decisions regarding the implementation of inputs. The Wall-Ye is a robotic system that can move autonomously in the vineyard and prune each vine according to its needs. TED is a self-directed robot that helps to weed the vineyards, with great precision, even after adverse rains that may have damaged the soil. In terms of robotic systems, VINBOT is also mentioned, which has sensors for 3D reconstruction of the leaves while at the same time the vitality of the vines is monitored. Last but not least, some methods of precision Plant Protection with the aid of Precision Viticulture systems are mentioned. These modern methods make disease prevention easier than ever before, especially for diseases such as Powdery mildew, Downy mildew and Esca.

Keywords: Precision Viticulture, GPS, GIS, electrical conductivity, WSN, NDVI, Oenoview, VineRobot, Wall-Ye, TED, VINBOT, mildew, downy mildew, esca.

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής στο τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών.

Για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Ευάγγελο Μπερή, διδάκτωρ αμπελουργίας του τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών που με εμπιστεύτηκε από τη πρώτη στιγμή και δέχθηκε να μελετήσουμε μαζί το ζήτημα της αμπελουργίας ακριβείας και πως αυτό έχει συνεισφέρει στην εξέλιξη της αμπελουργίας και της φυτοπροστασίας παγκοσμίως έστω και βιβλιογραφικά αφού οι υπάρχουσες συνθήκες με τον Covid-19 δε μας επέτρεψαν τη διεξαγωγή ενός πειραματικού μέρους σε Ελληνικό αμπελώνα. Τον ευχαριστώ για τον χρόνο που διέθεσε για να με καθοδηγήσει όχι μόνο επάνω στο θέμα αλλά και γενικά στο να μπορώ να υποστηρίξω και στο μέλλον μια διατριβή καθώς και για την γνώση και την αγάπη που μου έχει μεταδώσει για το αμπέλι και τον οίνο σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, ένα τεράστιο ευχαριστώ στους γονείς μου Ευαγγελία και Ευστάθιο και στην αδερφή μου Νικολέτα για την στήριξη, την ενθάρρυνση και την αγάπη τους σε κάθε βήμα μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract.....	vi
Ευχαριστίες.....	vii
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Στόχοι της εργασίας.....	1
1.2. Η καταγωγή της αμπέλου.....	1
1.3. Εισαγωγή στον Ελληνικό αμπελώνα.....	2
1.4. Η εξέλιξη της αμπελουργίας στην Ελλάδα και όλο τον κόσμο.....	5
2. Βιβλιογραφική επισκόπηση.....	7
2.1. Εισαγωγή στην γεωργία ακριβείας.....	7
2.1.1. Η συνεισφορά της γεωργίας ακριβείας στην αμπελουργία.....	7
2.1.2. Οι πρώτες προσεγγίσεις της αμπελουργίας ακριβείας και η πορεία της προς αυτό που είναι σήμερα.....	9
2.1.3. Η επίδραση της αμπελουργίας ακριβείας στον οίνο.....	10
2.2. Χρήση τεχνολογικών μέσων στην σύγχρονη αμπελουργία.....	13
2.2.1. Χρήση GPS - (Global Positioning System).....	13
2.2.2. Χρήση συστημάτων παρατήρησης.....	17
2.2.3. Εδαφική παρακολούθηση.....	18
2.2.4. Αισθητήρες τηλεανίχνευσης και εφαρμογές.....	20
2.2.5. Αισθητήρες για χαρτογράφηση παραγωγής.....	22
2.2.6. Παρακολούθηση καλλιέργειας.....	22
2.2.7. Χρήση ρομποτικών συστημάτων στην αμπελουργία ακριβείας.....	26
2.2.8. Δημιουργία εδαφικών χαρτών και διαχείριση ζωνών.....	29
2.2.9. Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application).....	32
2.3. Φυτοπροστασία ακριβείας και η εφαρμογή της σε αμπελώνες.....	35
2.3.1. Διάγνωση Ωιδίου (Powdery mildew) μέσω εξελιγμένων συστημάτων της αμπελουργίας ακριβείας.....	35
2.3.2. Διάγνωση Περονόσπορου (Downy mildew) μέσω εξελιγμένων συστημάτων της αμπελουργίας ακριβείας.....	36
2.3.3. Διάγνωση της Ίσκας (Esca) μέσω εξελιγμένων συστημάτων της αμπελουργίας ακριβείας.....	38
2.3.4. Η χρήση των συστημάτων DSSs στην φυτοπροστασία ακριβείας.....	39
2.4. Εφαρμογές Αμπελουργίας Ακριβείας σε Ελληνικούς αμπελώνες - Συμπεράσματα.....	40
3. Βιβλιογραφία.....	43

1. Εισαγωγή

1.1. Στόχοι της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι:

- Η ενημέρωση ως προς τις εξελίξεις που έχει επιφέρει η τεχνολογία στην αμπελουργία ακριβείας και πόσο αυτές έχουν βοηθήσει στην προστασία του περιβάλλοντος και τη λήψη αποφάσεων για τις καλλιεργητικές τεχνικές του αμπελώνα.
- Παροχή πληροφοριών για τη χρήση τεχνολογικών μέσων στην αμπελουργία ακριβείας και πως αυτά λειτουργούν στον αμπελώνα. Γίνονται αναφορές για την χρήση αισθητήρων, σε τι χρησιμεύουν και τι κάνουν καθώς επίσης δίνονται και λεπτομέρειες για το πως μπορεί να ξεκινήσει η εισχώρηση λεπτομερειών του αμπελώνα σε χάρτες για παρακολούθηση των αμπελώνων σε συνεργασία με τους αισθητήρες.
- Παροχή πληροφοριών για σύγχρονη ανίχνευση ασθενειών στους αμπελώνες με τη χρήση της αμπελουργίας ακριβείας ώστε να προλαμβάνονται ασθένειες πριν την εμφάνιση συμπτωμάτων τους ή στην αρχή της συμπτωματολογίας για να μπορέσει αν σωθεί το πρέμνο και κατά συνέπεια η υγιεινή των σταφυλιών και η αρτιότητα του οίνου από αυτά.
- Τα αποτελέσματα και οι πληροφορίες που παρέχει αυτή η εργασία να ευαισθητοποιήσουν τους αμπελουργούς και τους αγρότες και να συμβάλλουν σε μια πιο ορθή αντίληψη προς την υιοθέτηση της αμπελουργίας ακριβείας στους αμπελώνες τους.

1.2. Η καταγωγή της αμπέλου

Το αμπέλι στη Γη σύμφωνα με παλαιοντολογικά ευρήματα βρέθηκε πριν από 100 εκατομμύρια και, πλέον έτη κατά την ανώτερη κρητιδική υποπερίοδο του μεσοζωικού αιώνα. Τα αγγειόσπερμα τότε, εξαπλώθηκαν αρκετά σε όλη την Γη και παρουσίασαν μεγάλη ποικιλομορφία στην επίγεια βλάστηση. Τα πρώτα ίχνη αμπελιού τότε

εμφανίστηκαν ως: *V.stantonii* (Β.Αμερική), *V.olrikii* (Γροιλανδία και Αλάσκα) και *V.islandica* (Ισλανδία). Κέντρο καταγωγής και εξάπλωσης των αγγειόσπερμων θεωρείται η σημερινή νοτιοανατολική Ασία, όπου βρέθηκαν αρκετά ευρήματα τα οποία οδήγησαν στα παραπάνω συμπεράσματα. Στις υποπεριόδους ηώκαινο και ολιγόκαινο (60 μέχρι 25 εκατομμύρια χρόνια πριν) εμφανίστηκαν τα είδη: *V.arctica* (Γροιλανδία), *V.teutonica* (Ρωσία και Γερμανία), *V.brittanica* (Βρετανία), *V.segannensis* (Γαλλία) και *V.sachalinensis* (Ανατολική Ασία). Σε διασταυρώσεις του μειοκαίνου και του πλειοκαίνου (25 έως 2 εκατομμύρια χρόνια πριν) βρέθηκαν υπολείμματα του *V.vinifera* στην Ευρώπη και συγκεκριμένα στην Γαλλία και την Ολλανδία. Μαζί βρέθηκαν και τα παρακάτω είδη *V.braunii* (Ιταλία), *V.lanata*, *V.praevinifera* (Γαλλία), *V.silvestris* (Ολλανδία, Πολωνία, Δανία και Γερμανία) και *V.tokaynensis* (Ουγγαρία). Την ίδια περίοδο στην Ισπανία βρέθηκε το *V.labrusca* ενώ 2 εκατομμύρια χρόνια πριν βρέθηκε η μεγάλη ομοιότητα μεταξύ του *V.vinifera* με το *V.ausoniae*. Η γενετική διαφοροποίηση μεταξύ *Muscadinia* και *Euvitis* έγινε πριν ξεκινήσει η εποχή των παγετώνων. Η οينوφόρος άμπελος επιβίωσε και αναπτύχθηκε κυρίως στην Αρμενία και στις ακτές της Μεσογείου.

1.3. Εισαγωγή στον Ελληνικό αμπελώνα

Ο αμπελώνας της Ελλάδας, είναι ένας ιστορικός αμπελώνας ο οποίος καλλιεργείται και δίνει οινοποιήσιμα, επιτραπέζια σταφύλια και σταφίδα με την κατάλληλη διαδικασία των ποικιλιών της Μαύρης Κορινθιακής και της Σουλτανίνας. Η οινοποίηση είναι διαδικασία η οποία ασκείται χιλιάδες χρόνια στην Ελλάδα και οφείλεται στο ευνοϊκό Μεσογειακό κλίμα που επιτρέπει την αμπελοκαλλιέργεια σε όλη την έκταση και από άποψη γεωγραφικής περιοχής (35° έως 41° βόρειο γεωγραφικό πλάτος). Η θάλασσα παίζει ισχυρό ρόλο αφού περιβάλλει όλη την Ελλάδα και όσοι αμπελώνες βρίσκονται κοντά της ευνοούνται σημαντικά από τους δροσερούς ανέμους τα καλοκαιρινά βράδια που βοηθούν στην καλύτερη ωρίμανση των σταφυλιών. Η διακύμανση μεταξύ των εδαφών είναι μεγάλη σε σύσταση καθώς και σε υψόμετρο αφού οι αμπελώνες ξεκινούν από το ύψος της θάλασσας και μπορούν να φτάσουν σε υψόμετρο παραπάνω από 1.000 μέτρα. Οι γεωγραφικές ενότητες του αμπελώνα της Ελλάδας περιλαμβάνουν τον αμπελώνα της Πελοποννήσου και των Ιονίων νήσων, της κεντρικής Ελλάδας που περιλαμβάνει και την Αττική, της Κρήτης, των νησιών του Αιγαίου και της Βόρειας Ελλάδας. Οι παραπάνω αμπελώνες χωρίζονται και σε μικρότερους

ανάλογα με τις κλίσεις των αμπελοτόπιων, το υψόμετρο, την ιδιαιτερότητα της κάθε ποικιλίας και άλλα πολλά χαρακτηριστικά. Η Ελλάδα ξεκίνησε να γίνεται παγκοσμίως γνωστή με την κατανάλωση της Ρετσίνας η οποία έγινε γνωστή την δεκαετία του 60 λόγω των τουριστών που επισκέπτονταν την χώρα και την δοκίμαζαν. Παρόλα αυτά η Ρετσίνα καταναλωνόταν στην Ελλάδα από τα τέλη του 19ου αιώνα. Η Ρετσίνα ήταν ένα κρασί το οποίο φτιαχνόταν συνήθως από σταφύλια της ποικιλίας Ροδίτη και σε αυτό προστίθενταν ρητίνη ρετσινιού η οποία αποσκοπούσε στην καλύτερη συντήρηση του κρασιού αφού το θειώδες τότε ήταν άγνωστο. Η προσθήκη ρητίνης από πεύκα προέκυψε όταν στην αρχαιότητα οι αμφορείς δεν είχαν καλή στεγανότητα με αποτέλεσμα το κρασί να αλλοιώνεται από την επαφή του με το οξυγόνο αρωματικά και γευστικά. Οι αρχαίοι ώστε να σώσουν το κρασί τους χρησιμοποιούσαν ρετσίνι ώστε να στεγανοποιήσουν τους αμφορείς τους ενώ παράλληλα κατά τη διάρκεια του χρόνου στο κρασί προσδίδονταν γευστικά και αρωματικά χαρακτηριστικά από το ρετσίνι. Το 1971 και το 1972 καθιερώθηκαν οι οίνοι Ο.Π.Α.Π (Ονομασία Προέλευσης Ανώτερης Ποιότητας) και οι οίνοι Ο.Π.Ε (Ονομασία Προέλευσης Ελεγχόμενη) οι οποίοι ήταν με προδιαγραφές που έπρεπε να τηρούνταν ορθά και στη συνέχεια εξελίχθηκαν με τη σημερινή τους ονομασία όπως τους γνωρίζουμε οι Ο.Π.Α.Π σε Π.Ο.Π (Προστατευμένη Ονομασία Προέλευσης) και οι Ο.Π.Ε σε Π.Γ.Ε (Προστατευμένη Γεωγραφική Ένδειξη). Την δεκαετία του 70 ο κάθε τόπος είχε μόνο τις ποικιλίες που καλλιεργούνταν εκεί και οι εκτάσεις ήταν λίγες με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν μονοποικιλιακά κρασιά. Η εμφάνιση των μονοποικιλιακών κρασιών έγινε από τις ποικιλίες του Μοσχοφίλερου, Αγιωργίτικου, Ξινόμαυρου, Ροδίτη, Σαββατιανού, Chardonnay και του Cabernet Sauvignon. Η δεκαετία του 80 ήταν μια δεκαετία άνθισης αφού δόθηκε μεγάλη έμφαση στην αμπελουργία καθώς και την παραγωγή οίνων ποιότητας. Η σωστή καλλιέργεια αμπελώνων, η χρήση τεχνολογικών μέσων και η αξιοποίηση εξειδικευμένων επαγγελματιών βοήθησε στην εξέλιξη του εμφιαλωμένου κρασιού. Τα λευκά κρασιά σε αντίθεση με τα ερυθρά κρασιά κυριαρχούν και αποτελούν το ένα τρίτο της συνολικής παραγωγής. Το ποσοστό των κρασιών που παράγονται από Ελληνικές ποικιλίες αγγίζει το 90% της συνολικής παραγωγής. Οι τρεις πιο σημαντικές ποικιλίες από πλευρά ποσότητας είναι το Σαββατιανό, ο Ροδίτης και το Αγιωργίτικο. Ο Ελληνικός αμπελώνας σήμερα αναγνωρίζει μεγάλη αναγνώριση παγκοσμίως με εξαγωγές γηγενών ποικιλιών παγκοσμίως γνωστές για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τους προσδίδει το terroir της χώρας μας. Η διαρκής εξέλιξη της αμπελουργίας και την οινολογίας στο Ελληνικό έδαφος, βοηθά τους

οίνους της χώρας να ανεβαίνουν κάθε φορά ένα σκαλί στην απέραντη οινική σκάλα του πλανήτη. Οι τρεις μεγαλύτερες ζώνες Π.Ο.Π στην Ελλάδα είναι η Σαντορίνη με το Ασύρτικο, η Νεμέα με το Αγιωργίτικο και η Νάουσα με το Ξινόμαυρο. Φυσικά οι υπόλοιπες ζώνες Π.Ο.Π βρίσκονται παρακάτω, έχοντας μεγάλες πιθανότητες να εξελιχθούν αφού οι συνθήκες ήδη ευνοούν την παραγωγή οίνων εξαιρετικής ποιότητας.

- **Αγκίαλος** (Ροδίτης τουλάχιστον 80%, Σαββατιανό).
- **Αμύνταιο** (Ξινόμαυρο 100%).
- **Αρχάνες** (Κοτσιφάλι, Μανδηλαριά).
- **Γουμένισσα** (Ξινόμαυρο, Νεγκόσκα τουλάχιστον 20%).
- **Δαφνές** (Λιάτικο 100%).
- **Ζίτσα** (Ντεμπίνα 100%).
- **Λήμνος** (Μοσχάτο Αλεξανδρείας 100%).
- **Μαντίνεια** (Μοσχοφίλερο τουλάχιστον 85%, Ασπρούδες).
- **Μαυροδάφνη Κεφαλονιάς** (Μαυροδάφνη Κεφαλονιάς).
- **Μαυροδάφνη Πατρών** (Μαυροδάφνη, Μαύρη Κορινθιακή).
- **Μεσενικόλας** (Μαύρο Μεσενικόλα 70%, Carignan + Syrah έως 30%).
- **Μονεμβασία** (Μονεμβασία τουλάχιστον 51%, Ασύρτικο, Ασπρούδες, Κυδωνίτσα).
- **Μοσχάτος Κεφαλλονιάς** (Μοσχάτο άσπρο 100%).
- **Μοσχάτος Λήμνου** (Μοσχάτο Αλεξανδρείας 100%).
- **Μοσχάτος Πατρών** (Μοσχάτο άσπρο 100%).
- **Μοσχάτος Ρίου Πατρών** (Μοσχάτο άσπρο 100%).
- **Μοσχάτος Ρόδου** (Μοσχάτο άσπρο, μοσχάτο di Trani).
- **Νάουσα** (Ξινόμαυρο 100%).
- **Νεμέα** (Αγιωργίτικο 100%).
- **Πάρος**, για τον λευκό οίνο: Μονεμβασία 100%.

Για τον ερυθρό οίνο: Μανδηλαριά, Μονεμβασία (αναλογία 1/2 κατά βάρος).

- **Πάτρα** (Ροδίτης 100%).
- **Πεζά**, για τον λευκό οίνο: Βηλάννα 100%.

Για τον ερυθρό οίνο: Κοτσιφάλι, Μαντηλάρι (Μανδηλαριά).

- **Πλαγιές Μελίτωνα**, για τον λευκό: Αθήρι, Ασύρτικο, Ροδίτης.

Για τον ερυθρό: Λημνιό, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc.

- **Ραψάνη** (Ξινόμαυρο, Κρασάτο, Σταυρωτό ή Αμπελακιώτικο).
- **Ρόδος**, για το λευκό: Αθήρι 100%.

Για τον ερυθρό: Αμοργιανό (Μανδηλαριά) 100%.

- **Κεφαλλονιά** (Ρομπόλα 100%).
- **Σάμος** (Μοσχάτο άσπρο 100%).
- **Σαντορίνη**, για τον ξηρό οίνο: Ασύρτικο (τουλάχιστον 75%), Αηδάνι άσπρο, αθήρι.

Για τον γλυκό οίνο: Ασύρτικο (τουλάχιστον 51%), Αηδάνι άσπρο (επιτρέπονται και μικροποσότητες από άλλες λευκές γηγενείς ποικιλίες).

- **Σητεία**, για τον λευκό οίνο: Βηλάνα 70%, Θραψαθήρι 30%.

Για τον ερυθρό οίνο: Λιάτικο (τουλάχιστον 80%), Μανδηλαριά.

1.4. Η εξέλιξη της αμπελουργίας στην Ελλάδα και όλο τον κόσμο

Με την πάροδο του χρόνου η ανάγκη για καλύτερη ποιότητα στον οίνο και κατά συνέπεια στο σταφύλι και την άμπελο βοήθησε στην εξέλιξη των καλλιεργητικών τεχνικών. Η άνθιση της αμπελουργίας επέφερε και την εξέλιξη της τεχνολογίας πάνω σε αυτή όπως αυτή αναφέρεται παρακάτω μέσω του θέματος της εργασίας. Πέρα από την ανάγκη για καλύτερη ποιότητα, η κλιματική αλλαγή ώθησε επιπλέον σε εφεύρεση νέων μεθόδων προστασίας της αμπέλου και εγκλιματισμού της στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η τυχαία επιλογή ποικιλιών αμπέλου αντικαταστάθηκε από τα υποκείμενα που μπορούν να υποστηριχθούν από τα θρεπτικά συστατικά, το pH, το υψόμετρο καθώς και τις ασθένειες που ταλαιπωρούν μια συγκεκριμένη περιοχή. Οι αποστάσεις μεταξύ

των πρέμνων για μείωση του ανταγωνισμού, η επιλογή γραμμικών συστημάτων καθώς και η λίπανση, τα βιολογικά συστήματα φυτοπροστασίας και τα συστήματα διαμόρφωσης των αμπελιών συνέβαλλαν αρκετά στην σημερινή εικόνα της αμπελουργίας. Ειδικά τα συστήματα διαμόρφωσης έχουν συμβάλλει σε ένα ποιοτικότερο σταφύλι αφού αυτά τα συστήματα προσαρμόζονται στο τύπο εδάφους. Το κύπελλο προτιμάται σε θερμές και ξηρές περιοχές με μη αρδευόμενους αμπελώνες και φτωχά εδάφη. Τα γραμμοειδή τα οποία χωρίζονται σε μονόπλευρο και αμφίπλευρο χρησιμοποιούνται στις πιο θερμές περιοχές ενώ αντιθέτως το σχήμα Guyot σε ψυχρότερες. Το σχήμα U χρησιμοποιείται για καλύτερο αερισμό, διείσδυση του ήλιου και ηλιακή σκίαση επομένως λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω μπορούμε να αντιληφθούμε πόσο σημαντικό είναι και το παραμικρό βήμα προς την εξέλιξη. Στην σημερινή εποχή μέσω της τεχνολογίας η εξέλιξη της αμπελουργίας ακριβείας είναι το επόμενο βήμα. Η αμπελουργία ακριβείας πέρα από τις ενδείξεις που μας δίνει για τους εχθρούς της αμπέλου και τότε κινδυνεύουμε από την εγκατάσταση τους στον αμπελώνα μας προσφέρει την ευκολία των σύγχρονων τεχνολογικών μέσων για να διαχειριστούμε έναν αμπελώνα εξοικονομώντας λιγότερους πόρους και με αγάπη προς το περιβάλλον να χρησιμοποιούμε το καθετί όσο χρειάζεται.

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

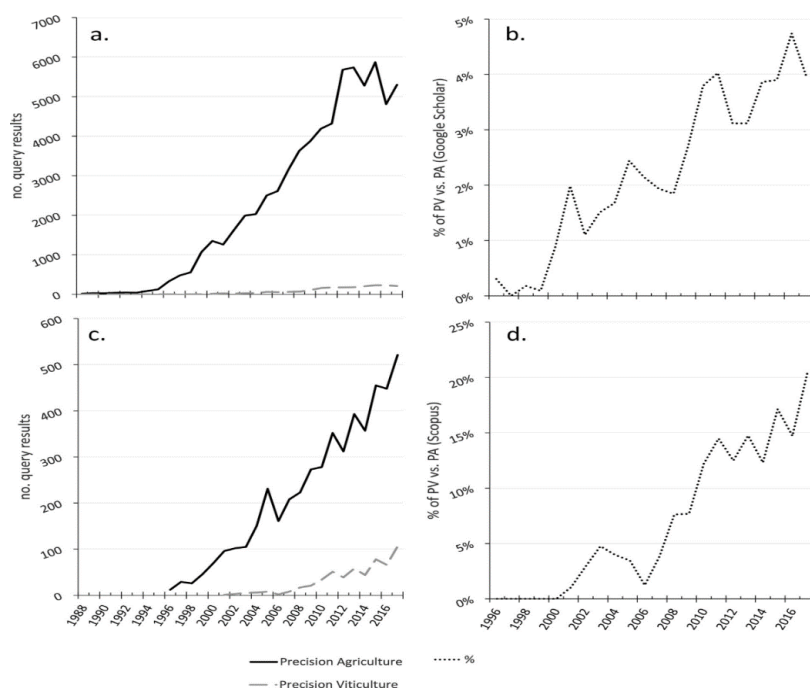
2.1. Εισαγωγή στην γεωργία ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture) εμπεριέχει τον σύγχρονο τρόπο διαχείρισης αγροτεμαχίων καθώς μέσω αυτής οι καλλιεργητικές φροντίδες παύουν να γίνονται με τις παλιές, συμβατικές μεθόδους ασύστολης άρδευσης, φύτευσης και λίπανσης. Οι καλλιεργητικές φροντίδες γίνονται πλέον βάσει γονιμότητας και παραγωγής του αγροκτήματος ανάλογα με τις πραγματικές ανάγκες του αγρού, αφού το κάθε αγροτεμάχιο διαχειρίζεται ως ξεχωριστή οντότητα. Γίνεται χρήση των χωρικών πληροφοριών οι οποίες αξιοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής ποιοτικά και ποσοτικά. Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιείται χρόνια στη γαλακτοκομία και στη συνέχεια υιοθετήθηκε από τις ΗΠΑ και την Αυστραλία οι οποίες την αξιοποίησαν στην βιομηχανία σιτηρών αφού οι εκτάσεις οι καλλιεργητικές ήταν τόσο μεγάλες που ήταν δύσκολο να διαχειρίζονται από άτομα ενώ ταυτόχρονα και η ανάλυση τους για αύξηση της ποιότητας της παραγωγής ήταν πολύ χρονοβόρα διαδικασία.

2.1.1. Η συνεισφορά της γεωργίας ακριβείας στην αμπελουργία

Παρατηρείται ότι η Γεωργία Ακριβείας έχει περισσότερη απήχηση στις βόρειες χώρες κυρίως με ιδιαίτερη επικράτηση στην Δανία, η οποία υπήρξε και πρωτοπόρος στην παραγωγή αγροτικών μηχανημάτων με τη χρήση GPS. Οι νότιες χώρες αντιθέτως φαίνεται να μην προτιμούν τέτοιου είδους καλλιεργητικές τεχνικές. Η προσαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στους αμπελώνες έχει ονομαστεί ως «Αμπελουργία Ακριβείας» (Precision Viticulture) και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην Αυστραλία και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και συγκεκριμένα στην Καλιφόρνια κατά το έτος 1999 σε αμπελώνες όπου η συγκομιδή γινόταν με τη βοήθεια μηχανημάτων (Wample et al., 1999; Bramley et al., 2001) ενώ στη συνέχεια εφαρμόστηκε και στην Γαλλία (Tisseyre et al., 2001). Το έτος 2001 στη Χιλή πραγματοποιήθηκαν πειράματα χωρικής παραλλακτικότητας και ποιότητας καρπών (Ortega et al., 2003). Στην Ισπανία η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2002 (Arno et al., 2005). Η Γεωργία Ακριβείας στην αμπελουργία (Bramley et al., 1999) έγινε διαθέσιμη εμπορικά στην Αυστραλία το έτος 1999. Τα τελευταία χρόνια η Αμπελουργία Ακριβείας προήλθε και αποτελεί την επίτευξη συσχέτισης μεταξύ της

μεταβλητότητας στην αμπελουργία (Bramley et al., 2007; Tisseyre et al., 2007) και στην τελική συσχέτιση αυτής προς τη ποιότητα του σταφυλιού και κατά συνέπεια στη κερδοφορία του οινοποιείου (Proffitt & Pearse, 2004; Trought & Bramley, 2011). Εξαιτίας του γεγονότος ότι η πλειοψηφία των αμπελιών έχουν φυτευτεί δίχως να ληφθούν υπόψιν πρωτίστως τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εδαφών τους, η αμπελουργία αντιθέτως αποσκοπεί στην μελέτη των ιδιαίτερων αυτών χαρακτηριστικών των εδαφών και στην εφαρμογή διαφορετικής πρακτικής σε κάθε σημείο όπου εμφανίζεται ιδιαιτερότητα καθώς και στην ενδεχόμενη καθυστέρηση του τρύγου σε μερικά σημεία του χωραφιού για παραγωγή οίνων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά λόγω της ποικιλομορφίας του εδάφους. Η ιστορία έχει δείξει βέβαια ότι περισσότερες μελέτες γίνονται πάνω στην Αμπελουργία Ακριβείας σε αντίθεση με τη Γεωργία Ακριβείας, γεγονός που ενδεχομένως οφείλεται στην αυξημένη τεχνολογική ανάπτυξη των αισθητήρων και των βάσεων δεδομένων καθώς και στην εξέλιξη της ποιότητας των σταφυλιών τα οποία επιφέρουν με τη σειρά τους αύξηση στις τιμές των οίνων. Η παραπάνω μελέτη απεικονίζεται και με διαγράμματα, του Google Scholar καθώς και του Scopus που είναι βάσεις δεδομένων επιστημονικών αναρτήσεων, παρακάτω.



Εικόνα 1: Διαγράμματα του Google Scholar και του Scopus που δείχνουν την αύξηση των επιστημονικών δημοσιεύσεων πάνω στην αμπελουργία ακριβείας. Τα διαγράμματα a και c απεικονίζουν τον αριθμό δημοσιεύσεων από το 1988 μέχρι το 2016 στο Google Scholar και το Scopus

αντίστοιχα ενώ τα b και d δείχνουν τα ποσοστά αύξησης των δημοσιεύσεων της αμπελουργίας ακριβείας έναντι της γεωργίας ακριβείας τα ίδια έτη (πηγή: Luis G. Santesteban, Food Chemistry 2019, Precision viticulture and advanced analytics. A short review)

2.1.2. Οι πρώτες προσεγγίσεις της αμπελουργίας ακριβείας και η πορεία της προς αυτό που είναι σήμερα

Στην αρχή της εφαρμογής της αμπελουργίας ακριβείας έγινε προσπάθεια να καθοριστούν ζώνες βάσει φυτικών δεικτών, όπως οι δείκτες NDVI και PCD, οι οποίοι ασχολούνται με τον ετήσιο ρυθμό αύξησης βλαστών (Hall et al., 2011) αλλά και απόδοσης (Bramley & Hamilton, 2004; Arno et al., 2011). Ο δείκτης NDVI είναι αισθητήρας βλάστησης και σχετίζεται με τις ιδιότητες του φυλλώματος. Η φυλλική επιφάνεια και η ζωηρότητα μπορούν να παρέχουν πάρα πολύ χρήσιμες πληροφορίες σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα που αφορούν την επιφάνεια του φύλλου, την λίπανση και την άρδευση του πρέμνου. Η φυλλική επιφάνεια του αμπελιού είναι πολύ σημαντική καθώς καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα, το σταφύλι προς την οινοποίηση καθώς βοηθάει στην φωτοσύνθεση και την ομαλή και ορθή ωρίμανση του σταφυλιού που θα μας παρέχει έναν ισορροπημένο γευστικά και αρωματικά οίνο. Η χρήση των πληροφοριών της φυλλικής επιφάνειας μπορεί να συνεισφέρει στην δημιουργία εδαφικών χαρτών με οριοθέτηση των αμπελοτεμαχίων με βάση την κατάσταση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών (Acevedo et al., 2008). Οι αισθητήρες που διαθέτονται από διάφορες εταιρίες στα οινοποιεία μπορούν να παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες ο καθένας με σκοπό η επιλογή του καθενός να είναι στην επιλογή του αισθητήρα από την πλευρά του οινοποιείου ανάλογα με το τι ζητάει. Ακολούθησε η τεχνολογική ανάπτυξη καθώς και η εμπορική καθώς η κάθε εταιρεία μπορεί να προσφέρει αισθητήρες που παρέχουν διαφορετικές ή ακόμα και πιο λεπτομερές πληροφορίες. Η αντιστοιχία των ζωνών παρόλα αυτά δεν είναι τόσο σαφής με την σύσταση των σταφυλιών (Lamb et al., 2008). Μετά από αυτή τη παρατήρηση η οριοθέτηση των εδαφών άρχισε να χαρακτηρίζεται από άλλα χαρακτηριστικά όπως τα χαρακτηριστικά του εδάφους, το υψόμετρο και το φορτίο των καρπών ή την απόδοση από προηγούμενα έτη και εν τέλη οι ζώνες αρχίζουν να οριοθετούνται με βάσει κοινών χαρακτηριστικών. Οι πολυφαινόλες παρόλα αυτά στα σταφύλια είχαν μεγάλες διαφορές σε συγκέντρωση παρόλο που υπήρχαν αμπελώνες που καλλιεργήθηκαν σε πανομοιότυπο έδαφος με παρόμοια χαρακτηριστικά (Arno et al., 2012; Santesteban et al., 2013). Η συγκεκριμένη τεχνολογία σε συνδυασμό με

άλλα εργαλεία όπως το παγκόσμιο διαφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης (differential Global Positioning Systems, dGPS) και το γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα (Geographical Information System, GIS) δίνουν τη δυνατότητα στους οινοπαραγωγούς να αποκτήσουν εδαφικές πληροφορίες με λεπτομέρεια και να χρησιμοποιούν την ρυθμιζόμενη παραγωγή των σταφυλιών και του οίνου ανάλογα με τις αποδόσεις του αμπελώνα, την ποιότητα και το περιβάλλον.

2.1.3. Η επίδραση της αμπελουργίας ακριβείας στον οίνο

Η Αμπελουργία Ακριβείας έχει ως σκοπό την καλύτερη κατανόηση των παραμέτρων που προκαλούν την ποικιλομορφία των εδαφών καθώς και την χρονική διάρκεια που απαιτείται για αυτή την διακύμανση και αν όλα τα παραπάνω τηρηθούν θα υπάρχουν και τα σωστά αποτελέσματα στον παραγόμενο οίνο (Bramley et al., 2001). Η γνώση του τρόπου μεταβλητότητας των συνθηκών του αμπελώνα βοηθά στην καλύτερη χρήση των λιπασμάτων και του νερού καθώς αυτό μπορεί να επιφέρει μείωση των χρηματικών πόρων για τον αμπελώνα, καθώς επίσης βοηθά και στην βιωσιμότητα και την επανάληψη πρακτικών στον αμπελώνα στο μέλλον αφού σιγουρευτεί και αξιολογηθεί η μεταβλητότητα και η καλύτερη κατάσταση μετά την εφαρμογή τους (Cook et al., 1998). Στις οινοποιήσιμες ποικιλίες κύριο ρόλο έχει η ποιοτική προσέγγιση των σταφυλιών αφού αυτή διαμορφώνει την τιμή του οίνου από αυτά για αυτό τον λόγο η χαρτογράφηση των αμπελώνων ήταν ύψιστης σημασίας για τη βελτίωση της ποιότητας των σταφυλιών και της ποσότητας τους. Μελετήθηκε η ποιότητα των σταφυλιών σε δύο εμπορικούς αμπελώνες και προέκυψε ότι η παραλλακτικότητα των παραμέτρων της ποιότητας ήταν πολύ χαμηλότερη σε σχέση με αυτή της παραγωγής (Bramley et al., 2005). Επομένως η χρήση της αμπελουργίας ακριβείας και των όσων πληροφοριών μπορεί να δώσει, ο τρύγος μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάλογα με τον ποιοτικό προσδιορισμό κάτι το οποίο είναι βολικό για την βιομηχανία καθώς βοηθά στο ποιοτικότερο αποτέλεσμα (Bramley et al., 1999). Αυτό αντικατοπτρίζεται στις διαφορές των τιμών των ακριβών και φθηνών σταφυλιών και στην προστιθέμενη τιμή που σχετίζεται με την παραγωγή οίνου από φθηνά ή ακριβά σταφύλια. Οι παραγωγοί έχουν σκοπό το να εξασφαλίσουν ότι τα ακριβά κρασιά θα γίνουν ποιοτικότερα και να διασφαλίσουν ότι η ποιότητα τους δε θα μειωθεί αν σε αυτά μπουν σταφύλια χαμηλότερης ποιότητας. Όταν υπάρξει διαχωρισμός της καλλιέργειας τότε μπορούμε να έχουμε προσαρμογή της

καλλιέργειας, βάση της ζήτησης της αγοράς δηλαδή τα σταφύλια που έχουν ωριμάσει ακριβώς όπως θέλουμε για να επιτύχουμε έναν συγκεκριμένο οίνο να τρυγηθούν και να προβούμε στη διαδικασία της αλκοολικής ζύμωσης ώστε να ικανοποιήσουμε και τις παραγγελίες που ενδεχομένως να υπάρχουν για την εν λόγω ετικέτα. Επιπλέον, ο διαχωρισμός μας προσφέρει και την δυνατότητα ελέγχου του διαθέσιμου χώρου στο οινοποιείο για το καινούριο γλεύκος που θα έχουμε εφόσον αν ένας αμπελώνας δεν έχει φτάσει τους στόχους του οινολόγου για να μπορέσει να τρυγηθεί ή έχει ωριμάσει όπως επιθυμούμε ένα μέρος του αμπελώνα τότε αυτό μπορεί να τρυγηθεί αργότερα δίνοντας τον χρόνο και τον χώρο σε ένα άλλο γλεύκος το οποίο είναι έτοιμο προς ζύμωση στην δεξαμενή. Η εξασφάλιση του βέλτιστου χρόνου στις δεξαμενές ζύμωσης για την ανάπτυξη ανώτερων ποιοτικά κρασιών έχει υπάρξει ως ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στη διαχείριση του οινοποιείου. Η ανάγκη για ποιοτικότερα κρασιά είναι σημαντική καθώς παραδείγματος χάριν στην Αυστραλία οι αμπελώνες αυξάνονται ραγδαία σε αντίθεση με τη χωρητικότητα των οινοποιείων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγάλα προβλήματα στην περίοδο των τρύγων (Bramley et al., 2001). Το συγκεκριμένο πρόβλημα δημιουργείται κυρίως λόγω της αγοράς σταφυλιών τα οποία δεν ανήκουν στο οινοποιείο. Η παραπάνω γνώση μπορεί να βελτιώσει την διαδικασία δειγματοληψίας από τον αμπελώνα, για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον προγραμματισμό της συγκομιδής ή για την εφαρμογή καλλιεργητικών τεχνικών σχετικές με την απόδοση ή τον έλεγχο της ποιότητας όπως το αραίωμα του φορτίου ή των φύλλων. Οι επιστήμονες που ασχολούνται με την αμπελουργία ακριβείας οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι με την επιλεκτική συγκομιδή είναι εφικτή η ταυτόχρονη παραγωγή οίνων εξαιρετικής και κατώτερης ποιότητας από τον ίδιο αμπελώνα (Bigot et al., 2013). Το 2009 και το 2010 στην Ιταλία δημιουργήθηκαν ζώνες οι οποίες οινοποιήθηκαν χωριστά έπειτα από μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών των σταφυλιών. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε αμπελώνες της Βραζιλίας για την χωρική ανομοιομορφία των ποιοτικών χαρακτηριστικών μετρήθηκαν η περιεκτικότητα σε ανθοκυάνες, το pH, την ολική οξύτητα και η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά του γλεύκους με σκοπό την κατηγοριοποίηση της παραγωγής οίνων ανάλογα με τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (Santos et al., 2012). Η υιοθέτηση της αμπελουργίας ακριβείας σε αμπελώνες δίνει την δυνατότητα παρακολούθησης της καλλιέργειας και αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αμοιβή των καλλιεργητών βάση της ποιότητας και της απόδοσης. Η βελτιστοποίηση της χρήσης λιπασμάτων καθώς και της άρδευσης μπορεί να προέλθει μέσω του συνδυασμού των νέων

τεχνολογιών και θα επιφέρει λύσεις σε οικονομικά, περιβαλλοντικά και τεχνικά θέματα των οινοπαραγωγών (Taylor et al., 2005). Τα εργαλεία και οι τρόποι εφαρμογής τεχνικών της αμπελουργίας ακριβείας προσφέρουν μεγάλες ευκαιρίες σε καλλιέργειες πολλών ετών. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν και προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει ο κλάδος της αμπελουργίας πριν από την ευρεία υιοθέτηση των τεχνολογιών αυτών. Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της παραγωγής καθώς και η καλύτερη κατανόηση για το πώς η χρήση των αισθητήρων συνδέεται με τη φυσιολογία της αμπέλου είναι τα απαραίτητα ώστε η αμπελουργία ακριβείας να εξασφαλίσει εν συνεχεία τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η ποιότητα είναι σύνθετη κυρίως στις οινοποιήσιμες ποικιλίες αφού υπάρχουν πολλοί παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται καθώς εξαρτάται κυρίως και από τις απαιτήσεις του οινοποιού. Μετρήθηκαν ποιοτικές παράμετροι όπως ο αριθμός βότρεων ανά πρέμνο, το βάρος των βότρεων, το βάρος της ράγας καθώς και η περιεκτικότητα σε σάκχαρα, το pH, η ολική οξύτητα και οι φαινολικές ενώσεις. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά παρουσιάζουν χωρική παραλλακτικότητα που αναδεικνύουν την αμπελουργία ακριβείας (Bramley et al., 2001). Η χρονική σταθερότητα της χωρικής παραλλακτικότητας είναι δύσκολη λόγω των χημικών συνθέσεων του σταφυλιού που παρουσιάζουν πολυπλοκότητα λόγω πολλών διαφορετικών παραγόντων εκ των οποίων ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι οι καιρικές συνθήκες (Santesteban et al., 2013). Η χρήση της αμπελουργίας ακριβείας είναι επικερδής ανεξάρτητα από τον όγκο των επιχειρήσεων (Bramley et al., 2011). Η μελέτη της αμπελουργίας ακριβείας χώρισε σε δυο μέρη τον αμπελώνα, σε ομοιογενής ζώνες βάσει των δεδομένων που πάρθηκαν από φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα (αισθητήρας EM38), NDVI (αισθητήρας βλάστησης), μέτρησης απόδοσης (από πολυφασματικές αεροφωτογραφίες) και ενός εδαφικού δείκτη (TWI) που υπολογίστηκε βάσει ενός μοντέλου προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας από υψομετρικές μετρήσεις (Priori et al., 2013). Υπήρχαν διαφορές στην ένταση και την περιεκτικότητα σε ανθοκυάνες οι οποίες επιβεβαιώθηκαν οργανοληπτικά μετά από παλαίωση των οίνων που παράχθηκαν και μετά από παραμονή τους για έξι μήνες σε βαρέλια. Ο Martinez και ο Casasnovas το 2012 δημιούργησαν ζώνες ανάλογα με την ποιότητα οινοποιήσιμων σταφυλιών χρησιμοποιώντας δεδομένα χαρτογράφησης που πάρθηκαν μέσω του δείκτη NDVI και της παραγωγής της αμπέλου με στόχο την πραγματοποίηση επιλεκτικής συγκομιδής. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους έδειξαν ότι οι ζώνες που προήλθαν από τους χάρτες NDVI ήταν αποτελεσματικότερες στην αποτύπωση της διαφοροποίησης της ποιότητας των σταφυλιών σε σχέση με τις ζώνες που προήλθαν από

την χαρτογράφηση της παραγωγής. Άλλη έρευνα η οποία χαρτογράφησε την ζωηρότητα των φυτών της αμπέλου, την παραγωγή και την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα (ECa) σε αμπελώνα ποικιλίας Cabernet Sauvignon. Από την κάθε ζώνη παράχθηκαν ξεχωριστοί οίνοι οι οποίοι αναλύθηκαν δείχνοντας σημαντικές διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους (Scholasch et al., 2005).

2.2. Χρήση τεχνολογικών μέσων στην σύγχρονη αμπελουργία

2.2.1. Χρήση GPS - (Global Positioning System)

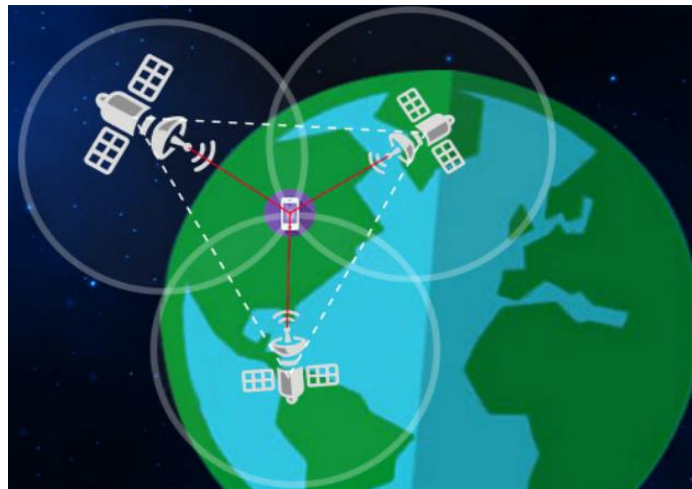
Το GPS είναι για τον εντοπισμό μιας θέσης στην επιφάνεια της γης οποιαδήποτε στιγμή χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες θέσης πάνω στις οποίες στηρίζεται η αμπελουργία ακριβείας. Για τον προσδιορισμό μιας θέσης είναι απαραίτητη η χρήση ενός δέκτη. Η ακρίβεια ενός δέκτη επηρεάζεται από :

- Την τεχνολογία του GPS
- Ο αριθμός των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα ο δέκτης και οι θέσεις αυτών
- Η εγκατάσταση του συστήματος
- Η ικανότητα διαφορικής διόρθωσης του συστήματος
- Παρεμβολές στην γύρω περιοχή λόγω κτηρίων για παράδειγμα
- Ανάκλαση του σήματος από αντικείμενα στην γύρω περιοχή
- Η επίδραση της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας
- Σφάλματα δεκτών ή και δορυφορικών χρονομέτρων
- Τροχιακά σφάλματα δηλαδή η λανθασμένη πληροφορία που μεταδίδουν οι δορυφόροι για την τροχιά τους

Προσδιορισμός θέσης μέσω GPS

Ο προσδιορισμός θέσης ενός σημείου υπολογίζεται με τα παρακάτω βήματα. Το πρώτο βήμα είναι ο τριγωνισμός (triangulation), δηλαδή ο συνδυασμός σημάτων για τη θέση του δέκτη από τρεις δορυφόρους. Στην παρακάτω εικόνα υπάρχει μια απεικόνιση της διαδικασίας του τριγωνισμού προς αναζήτηση του σημείου του δέκτη. Ο κάθε ένας

δορυφόρος βρίσκεται σε έναν κύκλο του οποίου το κέντρο είναι ο δορυφόρος και η απόσταση του από την ακτίνα είναι ίση με την απόσταση του δορυφόρου από τον δέκτη



Εικόνα 2 : Ένδειξη της διαδικασίας τριγωνισμού
(πηγή: <http://sse-resetsg.blogspot.com>)

Αν λάβουμε υπόψιν το γεγονός ότι οι δυο δορυφόροι κάνουν την ίδια ακριβώς διαδικασία, το σημείο στο οποίο βρίσκεται ο δέκτης είναι αυτό στο οποίο συμπίπτει η τομή των δυο κύκλων. Ο τρίτος δορυφόρος βρίσκεται στο κέντρο ενός τρίτου κύκλου με κέντρο τον δορυφόρο και ακτίνα από τον δορυφόρο μέχρι τον δέκτη. Η επόμενη μέτρηση σχετίζεται με το ρολόι του δέκτη που πρέπει να συγχρονιστεί με τον παγκόσμιο χρόνο. Χρόνος μετάδοσης σήματος ονομάζεται η μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται ένα ραδιοσήμα για να φτάσει από τον δορυφόρο στον δέκτη υπολογίζοντας την απόσταση των δορυφόρων από τον δέκτη. Στη συνέχεια ο χρόνος αυτός πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα μετάδοσης του ραδιοσήματος του οποίου η ταχύτητα είναι ίση επειδή είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα με την ταχύτητα του φωτός άρα 300.000 km/sec. Ο παραπάνω τρόπος είναι ο τρόπος υπολογισμού της απόστασης του δέκτη από τον δορυφόρο. Η παραγωγή ενός ψευδοτυχαίου κώδικα από τον δέκτη GPS είναι αντίγραφο ενός κώδικα που φτιάχνει ο δορυφόρος ενώ ο κώδικας του δέκτη είναι αποθηκευμένος στη βάση δεδομένων του και προσπαθεί να τον ταιριάξει με τον δορυφόρο. Ο χρόνος μετάδοσης πρέπει να συγχρονίζεται απόλυτα με τον δορυφόρο και τον δέκτη καθώς και η παραμικρή καθυστέρηση πολλαπλασιασμένη με την μεγάλη τιμή της ταχύτητας του φωτός φέρνει μεγάλο σφάλμα. Η χρονομέτρηση των δορυφόρων είναι σχεδόν τέλεια αφού την έχουν αναλάβει τέσσερα ατομικά ρολόγια μεγάλης ακρίβειας τα οποία

λόγω υψηλών οικονομικών απαιτήσεων δεν υπάρχουν στους δέκτες. Οι δέκτες έχουν ρολόγια τύπου quartz των οποίων ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με έναν τέταρτο δορυφόρο από τον οποίο μετρείται η απόσταση. Το δορυφορικό, το τμήμα ελέγχου καθώς και το τμήμα χρήσης αποτελούν τα 3 τμήματα του GPS. Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται από 24 δορυφόρους οι οποίοι είναι σε τροχιά γύρω από την γη, 20.200 km από την επιφάνεια της γης και κάνουν μια περιστροφή γύρω από την γη κάθε 12 ώρες. Υπάρχουν 6 τροχιές με 4 δορυφόρους η κάθε μια για την εξασφάλιση ότι 4 δορυφόροι στέλνουν σήμα σε οποιοδήποτε σημείο της γης 24 ώρες τη μέρα. Ο κάθε δορυφόρος εκπέμπει ραδιοκύματα $L_1 = 1.575,42$ MHz που λέγεται acquisition code καθώς και $L_2 = 1.227,6$ MHz που λέγεται precise code και είναι για την διόρθωση καθυστέρησης του σήματος. Το τμήμα ελέγχου περιλαμβάνει επίγειους σταθμούς 3 ειδών τον κεντρικό, τον παρακολούθησης και τον ελέγχου. Ο κεντρικός είναι στο Colorado Springs (ΗΠΑ), οι παρακολούθησης είναι στη Χαβάη, στο Colorado Springs, στους νήσους Ascension (Νότιος Ατλαντικός), στο Piego Gracias (Ινδικός Ωκεανός) καθώς και στο Kwajelein (Νότιος Ειρηνικός). Τα σήματα που εκπέμπουν οι δορυφόροι αφού υποστούν επεξεργασία πηγαίνουν στον κεντρικό σταθμό ελέγχου ενώ οι σταθμοί παρακολούθησης αποτελούν δέκτες που δέχονται τα σήματα των δορυφόρων. Οι σταθμοί ελέγχου είναι στο Ascension, στο Diego, στο Garcia και το Kwajelein. Το τμήμα χρήσης αποτελούν οι χρήστες δηλαδή οι πολίτες που χρησιμοποιούν GPS για τον εντοπισμό της θέσης ή του οχήματος τους, δωρεάν χωρίς οικονομική επιβάρυνση για τα δορυφορικά σήματα που λαμβάνουν (Αδαμακόπουλος, 2002).

Χρήση GIS (Geographic Information System)

Το GIS είναι λογισμικό με το οποίο οι πληροφορίες οργανώνονται, αναλύονται και επεξεργάζονται. Οι πληροφορίες που αφορούν τον αμπελώνα όπως μετρήσεις, διαπιστώσεις, εφαρμογή εισροής δόσης μαζί με το GPS με το γεωγραφικό του στίγμα κατοχυρώνονται σε ψηφιακούς χάρτες. Έχει και πρόσθετα εργαλεία όπως οι στατιστικές αναλύσεις και οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιούνται για να οδηγηθούμε σε συμπεράσματα και σε λήψη αποφάσεων (Westerelt et al., 2000). Στο GIS εισχωρείτε η ποσότητα της παραγωγής, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά συστατικά, οι παρατηρήσεις σχετικά με τον αμπελώνα (προσβολή του από έντομα, αρρώστιες) καθώς επίσης μπορεί να διαμορφωθεί ένας χάρτης των σημείων δειγματοληψίας μας (Fraisie et al., 2001).

Το GIS λογισμικό αποτελείται από τα παρακάτω:

- Σύστημα εισαγωγής (data input) : σε αυτό εισάγουμε χάρτες και δορυφορικές εικόνες
- Σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσης δεδομένων (data storage)
- Σύστημα εμφάνισης δεδομένων : δείχνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων
- Σύστημα ανάλυσης δεδομένων: απομακρύνει τα λάθη, υπολογίζει τις επιφάνειες, τις περιμέτρους, τις κλίμακες των χαρτών και κάνει τη γεωστατιστική ανάλυση
- Σύστημα αλληλεπίδρασης (user interface) : περιέχει το μενού και τις εντολές , αποτελεί την επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του προγράμματος

Οι μορφές απεικόνισης και αποθήκευσης δεδομένων είναι η διανυσματική μορφή (vector) και η μορφή κυψελίδων (raster). Η διανυσματική μορφή περιλαμβάνει σημεία, γραμμές και πολύγωνα ενώ η μορφή κυψελίδων έχει συνεχή δεδομένα σε κυψελώδη μορφή (grid). Τα δεδομένα από δειγματοληψία είναι διανυσματικά και τα δεδομένα από αισθητήρες σε δεδομένα κυψελίδων. Τα συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στην γεωργία ακριβείας και κατά συνέπεια στην αμπελουργία είναι το γεωγραφικό μήκος (longitude), το γεωγραφικό πλάτος (latitude) και το μετρικό σύστημα **UTM (Universal Transverse Mecaturation)**. Το μετρικό σύστημα UTM προβάλλει ένα μέρος της γης σε μια επίπεδη επιφάνεια ή σε έναν χάρτη. Το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος μετρούν από τον κεντρικό μεσημβρινό που περνάει από το Greenwich καθώς και δυο γωνίες από τον ισημερινό. Οι συντεταγμένες δίνονται σε μοίρες, πρώτα λεπτά και δεύτερα λεπτά. Το γεωγραφικό πλάτος ενός δευτέρου λεπτού είναι περίπου 30 μέτρα. Το μετρικό σύστημα στη συνέχεια μετατρέπει το γεωγραφικό μήκος και το πλάτος σε ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων βόρεια (northing) και ανατολικά (easting). Οι συντεταγμένες εκφράζονται σε μέτρα και στο σύστημα ο κατακόρυφος άξονας λέγεται northing και ο οριζόντιος easting. Όταν χρησιμοποιείται το μετρικό σύστημα συντεταγμένων πρέπει να είναι γνωστό το επίπεδο αναφοράς για το οποίο υπάρχουν δυο επιλογές το **NAD27 (North American Datum of 1927)** και το **WGS84 (World Geodetic Reference System)**. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται το δεύτερο, βρισκόμαστε στην ζώνη 34N (Φλωράς, 2004).

2.2.2. Χρήση συστημάτων παρατήρησης

Αεροσκάφη

Τα αεροσκάφη είναι ένα εργαλείο παρατήρησης των καλλιεργειών αφού επιτρέπουν την παρατήρηση του εδάφους με ευρεία κλίμακα πτήσεων και λόγω των διαστάσεων τους και του βάρους τους έχουν πλεονεκτική θέση αφού μπορούν να διαχειριστούν μεγάλο όγκο αισθητήρων.

Τα αεροσκάφη μπορούν να έχουν καλύτερες αναλύσεις εδάφους σε αντίθεση με δορυφορικά συστήματα ενώ παράλληλα μπορούν μέσω προγραμμάτων να υπολογίσουν τον χρόνο απόκτησης εικόνας. Παρόλο που προσφέρει ευκολία είναι οικονομικά υποφερτό μόνο σε εκτάσεις άνω των 10 εκταρίων. Παράδειγμα αεροσκάφους είναι το Sky Arrow 650 TC / P68 το οποίο είναι φτιαγμένο από χάλυβα και Kevlar που είναι μια ανθεκτική στη θερμότητα και ισχυρή συνθετική ίνα που σχετίζεται με άλλα αραμίδια όπως Nomex και Technora. Το Sky Arrow έχει κινητήρα 100 HP με εύρος πτήσης έως 6 ώρες και μπορεί να προσγειωθεί και να απογειωθεί σε αεροδρόμιο με μήκος διαδρομής μόλις 500 μέτρα.



Εικόνα 3 : Το αεροσκάφος Sky Arrow 650 TC (πηγή: <https://www.airliners.net>)

UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έφερε και την ύπαρξη της απομακρυσμένης παρακολούθησης καλλιεργειών μέσω σταθερών ή περιστρεφόμενων πλατφορμών που είναι ικανές να πετούν αυτόνομα, τα λεγόμενα UAV. Ο όρος 'drone' έχει επέλθει εσφαλμένα σε αυτές τις πλατφόρμες λόγω του ενοχλητικού ήχου τους που μοιάζει με την αρσενική μέλισσα. Μπορούν να ελέγχονται από πιλότο που υπάρχει στο οπτικό πεδίο του UAV από το έδαφος ή να λειτουργούν αυτόνομα σε μια διαδρομή που έχει καθορίσει ο χρήστης χρησιμοποιώντας συστήματα αισθητήρων ελέγχου πτήσης όπως GPS, μαγνητική πυξίδα, αισθητήρα πίεσης και τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα (Colomina & Molina, 2013). Τα

παραπάνω ελέγχονται από έναν μικροεπεξεργαστή. Το UAV μπορεί να φέρει μια σειρά από αισθητήρες οι οποίοι πραγματοποιούν ελέγχους σε όλο τον αμπελώνα. Η ιδιορρυθμία της εφαρμογής του UAV στην τηλεπισκόπηση είναι ο μεγάλος χώρος εδαφικής ανάλυσης σε cm και η μεγάλη και ευέλικτη παρακολούθηση εξαιτίας του μικρού χρόνου προγραμματισμού που απαιτείται. Είναι ιδανικό σε μικρούς αμπελώνες έκτασης 1 έως 10 εκτάρια και ιδιαίτερα σε αμπελώνες χαρακτηρισμένους με μεγάλο κατακερματισμό λόγω μεγάλης ετερογένειας. Το UAV έχει περιορισμό σε βάρος, φορτίο και χρόνο λειτουργίας.



Εικόνα 4 : Η εικόνα δείχνει 4 διαφορετικούς τύπους UAV α) αεροσκάφος με ενσωματωμένα φτερά, b) ελικόπτερο, c) με 4 έλικες και d) 8 έλικες (πηγή : <https://www.researchgate.net>)

2.2.3. Εδαφική παρακολούθηση

Εφαρμογή μετρήσεων ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους

Σημαντική εφαρμογή νέων τεχνικών αποτελεί και η παρακολούθηση της μεταβλητότητας του εδάφους η οποία περιλαμβάνει την ευρεία χρήση αισθητήρων. Η μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους μπορεί να εντοπιστεί με κινητές πλατφόρμες οι οποίες διαθέτουν ηλεκτρομαγνητικούς αισθητήρες και GPS για συνεχή ανταλλαγή στίγματος και εδαφικών αποτελεσμάτων. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι το πόσο εύκολα περνάει το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από την μάζα του εδάφους και μετριέται με mSiemens/m. Η αγωγή του ρεύματος γίνεται μέσω των τριχοειδών πόρων που δημιουργούνται μεταξύ των εδαφικών συσσωματωμάτων.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως :

- Μηχανική σύσταση : Η άμμος έχει μικρή αγωγιμότητα ενώ η ιλύς μέση και η άργιλος υψηλή αγωγιμότητα
- Συμπύεση του εδάφους : Η συμπύεση του εδάφους αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Περιεκτικότητα σε νερό : Η περιεκτικότητα σε νερό αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Αλατότητα : Η αύξηση της περιεκτικότητας των αλάτων στο έδαφος αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων : Τα εδάφη που έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων έχουν μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Οργανική ουσία : Αν το έδαφος έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία έχει μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα γιατί η οργανική ουσία συγκρατεί ιόντα
- Θερμοκρασία εδάφους : Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται ελάχιστα όταν η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι άνω του μηδενός. Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω του μηδενός τότε η ηλεκτρική αγωγιμότητα μειώνεται

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν αλλάζει σε σημαντικό βαθμό με την πάροδο του χρόνου. Οι πρακτικές όμως που μπορούν να επηρεάσουν τη τιμή της είναι οι εξής: προσθήκη μεγάλης ποσότητας οργανικής ουσίας, προσθήκη εδαφοβελτιωτικών για διόρθωση του pH, χρήση νερού με πολλά άλατα, το βαθύ όργωμα καθώς και η μεταφορά εδάφους. Στην αμπελουργία ακριβείας η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό ομοιογενών ζωνών διαχείρισης εδάφους καθώς εκείνα τα κομμάτια αγρού μπορούν να αντιμετωπιστούν με παρόμοιες πρακτικές και οι μέθοδοι χαρτογράφησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους που δίνουν και πανομοιότυπα αποτελέσματα είναι η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και η επαφή. Με την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή (electromagnetic induction), μετρείται η επιρροή του εδάφους στο μαγνητικό πεδίο και η μέθοδος αυτή έχει μεγάλη δυσκολία στην εφαρμογή αφού απαιτεί συχνή βαθμονόμηση και επηρεάζεται από μεταλλικά μηχανήματα και δίνει μετρήσεις που αφορούν το βάθος. Με την μέθοδο της επαφής (contact method) καταγράφεται η πτώση δυναμικού μεταξύ ηλεκτροδίων στο έδαφος. Το σύστημα αυτό είναι πιο εύκολο, πρακτικό και φθηνό. Το

σύστημα χαρτογράφησης εδαφών Veris εμπλέκει τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη μέθοδο της επαφής και τις λειτουργίες του GPS. Το σύστημα σύρεται στην επιφάνεια του εδάφους με έναν αγροτικό ελκυστήρα ή ένα αυτοκίνητο και πραγματοποιεί μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους κάθε δευτερόλεπτο, ενώ με τη βοήθεια του GPS καταγράφει και τη θέση του στον αγρό. Το μοντέλο Veris 3100 καταγράφει τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ταυτόχρονα στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους (0-30 εκ.) και στο υπέδαφος (0-90εκ.). Εν συνεχεία, οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε συνδυασμό με το γεωγραφικό στίγμα των σημείων στα οποία αναφέρονται μεταφέρονται με δισκέτα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού μετατρέπονται σε εδαφικό χάρτη. Εκτός από την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους που παρακολουθείται στον αμπελώνα είναι εξίσου σημαντική και η συνεχής παρακολούθηση των εδαφικών συστατικών. Η έλλειψη ή η παραπάνω συγκέντρωση συστατικών στο έδαφος μπορεί να έχει επιβλαβή αποτελέσματα στα φυτά και κατά συνέπεια στα σταφύλια και τον οίνο μας.

2.2.4. Αισθητήρες τηλεανίχνευσης και εφαρμογές

Οι εφαρμογές τηλεπισκόπησης στην αμπελουργία ακριβείας επικεντρώνονται στην φασματοσκοπία ανακλαστικότητας μια τεχνική που βασίζεται στην ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κυρίως σε μήκη κύματος της ορατής περιοχής (400 - 700 nm), στην υπέρυθρη (700 – 1.300 nm) και στην θερμική ακτινοβολία (7.500 - 15.000 nm). Η κάθε επιφάνεια έχει τη δική της σχέση μεταξύ της έντασης της ανακλώμενης και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

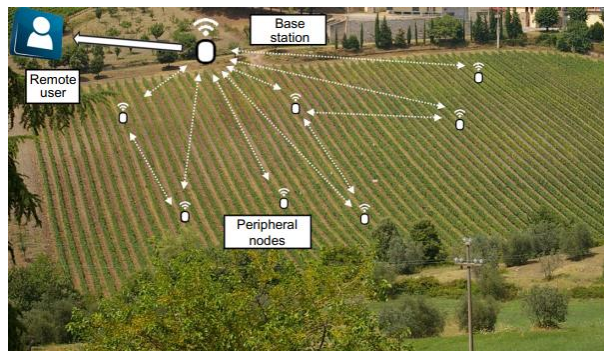
Η φασματική ανάκλαση ενός σώματος, στην προκειμένη φάση των σταφυλιών ή του χρώματος, ονομάζεται φασματική υπογραφή και παρουσιάζεται σε ένα γράφημα XY με την τιμή της ανάκλασης στην τεταγμένη και την τιμή του μήκους κύματος του φάσματος στην τετμημένη. Οι πιο συχνοί τύποι ανιχνευτών είναι ανίχνευσης αλλαγής της διαπνοής ή της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στην επιφάνεια του φύλλου. Γίνεται χρήση απομακρυσμένων θερμικών αισθητήρων ανίχνευσης της θερμοκρασίας του φύλλου η οποία όταν αυξηθεί ακολουθεί υδατικό στρες για το αμπέλι καθώς και κλείσιμο των στομάτων των φύλλων του για τη μείωση της απώλειας του νερού (Fisher & Kebede , 2010). Οι μεταβολές στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα συνδέονται με την διατροφική κατάσταση και την υγεία

των αμπελιών και μπορεί να ανιχνευθεί με πολυφασματικούς και υπερφασματικούς αισθητήρες. Η αντανάκλαση των φύλλων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες σε συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος παραδείγματος χάρη στο ορατό από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές όπως η χλωροφύλλη α, η χλωροφύλλη β και τα καροτενοειδή (Zarco-Tejada et al., 2001). Κοντά στο υπέρυθρο επηρεάζεται από τη δομή των φύλλων όπως το μέγεθος και η κατανομή τους από νερό και αέρα και στο υπέρυθρο επηρεάζεται από το νερό και από τη παρουσία βιοχημικών ουσιών όπως η λιγνίνη, η κυτταρίνη, το άμυλο, η πρωτεΐνη και το άζωτο (Zarco-Tejada et al., 2002). Οι δορυφορικές φωτογραφίες και οι αεροφωτογραφίες χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του χώρου και την βιομάζα των αμπελώνων χρησιμοποιώντας δείκτες βλάστησης όπως το NDVI. Το NDVI μπορεί να σχετίζεται με διάφορους παράγοντες όπως το LAI (Leaf Area Index) που είναι η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν τα φύλλα ανά μονάδα εδάφους και σχετίζεται με τη ποσότητα του φωτός που μπορεί να παρεμποδιστεί από τα φυτά. Με λίγα λόγια το LAI μας δείχνει πόσα στρώματα φύλλων θα μπορούσαν να δημιουργηθούν στο έδαφος αν όλα τα φύλλα έπεφταν κάτω, υποδεικνύοντας το φως που μπορεί να φτάσει στο έδαφος. Επίσης το NDVI σχετίζεται και με την παρουσία των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος και τις ελλείψεις τους, το υδατικό στρες και την υγεία των πρέμνων (Acevedo et al., 2007). Η υπερφασματική τηλεπισκόπηση παρέχει μια ισχυρή εικόνα στην φασματική απόκριση των εδαφών και των πρέμνων μελετώντας δεδομένα ανάκλασης σε ένα ευρύ φάσμα υψηλής ανάλυσης (10 nm) ενώ οι πολυφασματικοί αισθητήρες αποκτούν δεδομένα ανάκλασης σε περιορισμένα φάσματα κυρίως το μπλε, το πράσινο, το κόκκινο και κοντά στην υπέρυθρη ακτινοβολία με λιγότερη ανάλυση (τουλάχιστον 40nm). Μια άλλη εφαρμογή μελέτης της δομής και της βιομάζας γίνεται μέσω ανίχνευσης φωτός με την τεχνική LIDAR (Light Detection And Ranging). Η τεχνική αυτή βασίζεται στην εκπομπή παλμικής ακτινοβολίας λέιζερ στην ατμόσφαιρα και στην καταγραφή της οπισθοσκεδαζόμενης ακτίνας λέιζερ.

2.2.5. Αισθητήρες για χαρτογράφηση παραγωγής

WSN (Wireless Sensor Network)

Η τεχνολογία του WSN (Wireless Sensor Network) παρέχει ένα χρήσιμο και αποτελεσματικό εργαλείο για την παρακολούθηση των αμπελώνων σε πραγματικό χρόνο. Η απομακρυσμένη αυτή παρακολούθηση επιτρέπει τη συλλογή των μεταβλητών που εμπλέκονται στην παραγωγή των σταφυλιών καθώς και την επεξεργασία αυτών των στοιχείων και αποστολή τους στους χρήστες. Το WSN είναι ένα δίκτυο περιφερειακών κόμβων που αποτελείται από μια πλακέτα αισθητήρων η οποία διαθέτει αισθητήρες και μια ασύρματη μονάδα για τη μετάδοση δεδομένων από κόμβους σε σταθμό βάση. Στον σταθμό βάση τα δεδομένα αποθηκεύονται και είναι έτοιμα για τον χρήστη. Οι κόμβοι είναι ανεξάρτητοι ενεργειακά και τοποθετούνται σε σημεία του αμπελώνα που είναι γνωστά για την ποικιλομορφία τους (Burrell et al., 2004)



Εικόνα 5: Εφαρμογή WSN σε αμπελώνα της Siena, Ιταλία (πηγή: Technology in precision viticulture: a state of the art review , Alessandro Matese Salvatore Filippo Di Gennaro)

2.2.6. Παρακολούθηση καλλιέργειας

Έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα για την παρακολούθηση αμπελώνων τα οποία παρέχουν υψηλή ανάλυση για κάθε σειρά πρέμνων σε συνδυασμό με ένα GPS για συνδυασμό των πληροφοριών του κάθε πρέμνου με γεωγραφικό του στίγμα. Παράδειγμα αυτών των αισθητήρων είναι ο αισθητήρας GrapeSense ο οποίος λαμβάνει εικόνα υψηλής ψηφιακής ανάλυσης παρέχοντας πληροφορίες για το ύψος των αμπελιών και το μέγεθος των φύλλων. Άλλα συστήματα που βασίζονται σε πολυφασματικούς αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες για τον υπολογισμό των δεικτών βλάστησης, οι οποίοι σχετίζονται με το Leaf Area Index (LAI) και τη πυκνότητα του στρώματος των φύλλων. Η χρήση LiDAR διαρκώς

αναπτύσσεται και παρέχει μια 3D γεωαναφερόμενη ανακατασκευή κάθε πρέμνου, τη δημιουργία χαρτών χωρικής μεταβλητότητας σύμφωνα με τον όγκο των φύλλων καθώς συσχετίζεται άμεσα με το LAI.



Εικόνες 6 και 7 : Στην αριστερή εικόνα ο πολυφασματικός αισθητήρας βλάστησης βρίσκεται σε τετράτροχο όχημα (Practical Precision Inc., Tavistock, Canada), ενώ στην δεξιά βρίσκεται σε τρακτέρ (Avidorhightech SA, Le Mont-Pèlerin, Switzerland).

Παρακολούθηση απόδοσης και ποιότητας

Υπάρχουν πάρα πολλά συστήματα προς ανάλυση της απόδοσης και της ποιότητας των παραγόμενων σταφυλιών και είναι ενσωματωμένα σε μηχανές συγκομιδής. Η συγκομιδή των σταφυλιών γίνεται με μηχανές και η διαδικασία χαρτογράφησης της παραγωγής γίνεται με τοποθέτηση δυναμοκυψελών κάτω από τους ιμάντες μεταφοράς. Το παραπάνω επιτρέπει τη ζύγιση των σταφυλιών κατά τη κίνηση της μηχανής μέσα στον αμπελώνα. Αν η μηχανή έχει κουβαδάκια συγκέντρωσης ραγών που λόγω δόνησης αποσπώνται οι δυναμοκυψέλες για τη ζύγιση μπαίνουν κάτω από τον ιμάντα μεταφοράς αυτών. Η μέτρηση του βάρους ακριβέστατα, γίνεται μέσω υπερήχων που υπολογίζουν τον όγκο των σταφυλιών και τον μετατρέπουν σε βάρος. Η παρακολούθηση της ποιότητας των σταφυλιών βασίζεται σε οπτικούς αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται από άτομα σαν ατομικές συσκευές και γίνονται ταυτόχρονα με τα αποτελέσματα οι γεωγραφικές αναφορές των αποτελεσμάτων με τα πρέμνα. Οι πιο σημαντικές συσκευές είναι το Spectron που είναι φορητό φασματοφωτόμετρο με ενσωματωμένο GPS και παρακολουθεί την ωρίμανση των σταφυλιών μετρώντας χωρίς να καταστρέφει τις ράγες. Η παρακολούθηση του περιλαμβάνει παράγοντες που σχετίζονται με την ποιότητα και την ωρίμανση αυτών όπως η οξύτητα, τα σάκχαρα, το νερό και η ανθοκυανίνη. Το Multiplex είναι ένας φορητός οπτικός αισθητήρας ο οποίος χρησιμοποιεί φθορισμό ποσοτικοποιώντας τη χλωροφύλλη και τις πολυφαινόλες

χρησιμοποιώντας και αυτό GPS χωρίς να έχει καμία επαφή με τα σταφύλια και τα φύλλα για τις μετρήσεις. Η απόκτηση αυτών των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε αποφάσεις που μπορούν να παρθούν σχετικά με την συγκέντρωση των φλαβονοειδών, της χλωροφύλλης καθώς και την αναγκαιότητα του αζώτου (Bates et al., 2014).



Εικόνα 8 : Σύστημα μέτρησης ροής σταφυλιών με εκτίμηση του όγκου τους με τη χρήση υπερήχων.



Εικόνα 9: Spectron στα αριστερά και Multiplex στην δεξιά εικόνα.

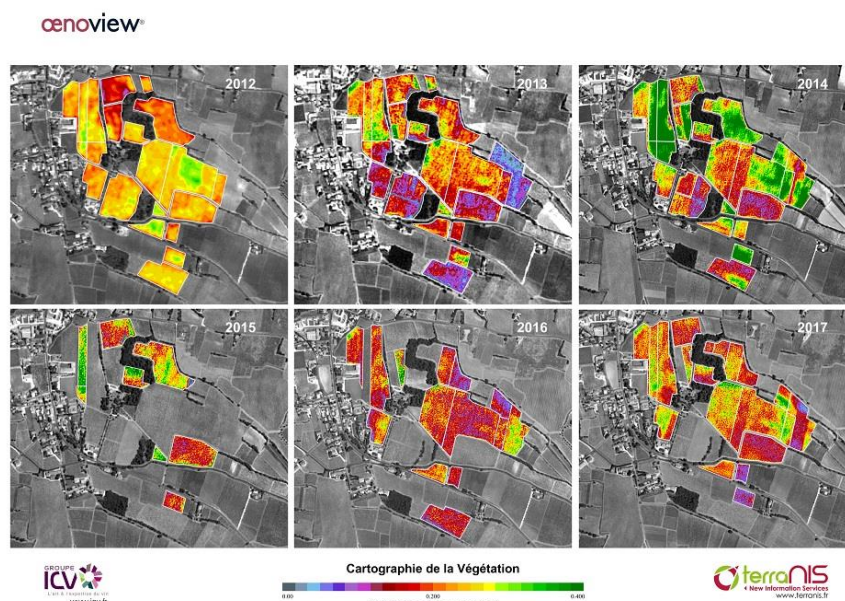
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Ο NDVI είναι αισθητήρας βλάστησης και σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του φυλλώματος όπως η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, η βιομάζα, η φυλλική επιφάνεια και η φυτική κάλυψη του αμπελιού. Η χρήση NDVI για τη χαρτογράφηση παραλλακτικότητας ιδιοτήτων φυλλώματος όπως είναι επόμενο σχετίζεται με την ποιότητα των σταφυλιών. Οι μεταβολές στο πρέμνο όπως ο ήλιος, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά επηρεάζουν το ίδιο, τη παραγωγή και τη ζωνρότητα του (Bramley et al., 2003).

Ο αισθητήρας NDVI δείχνει πόσο πράσινο και πυκνό είναι το φύλλωμα ενός πρέμνου και εκφράζεται σε τιμές -1 (0,3 για αμπέλι) για αραιό ή χλωρωτικό φύλλωμα μέχρι +1 για ζωνρό φύλλωμα. Το NDVI μέσω τηλεπισκόπησης έδειξε σε μελέτες ότι είναι πολύ πιο χρήσιμο από την καταγραφή εδαφικών ιδιοτήτων μέσω πειράματος στη Χιλή (Best et al., 2005).

Oenoview

Το Oenoview είναι μια καινούρια υπηρεσία της Αμπελουργίας ακριβείας η οποία δημιουργήθηκε από την εταιρεία TerraNIS και το Group ICV με την υποστήριξη του ερευνητικού κέντρου αγρονομίας INRA και το γεωπονικό πανεπιστήμιο του Montpellier Sup' Agro. Η χρήση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων που δίνει η υπηρεσία δίνει μια αναλυτική εικόνα της κατάστασης του αμπελώνα αφού βοηθούν στην χαρτογράφηση της εγγενούς παραλλακτικότητας του αμπελώνα. Η χαρτογράφηση περιέχει λεπτομέρειες που αφορούν την φυλλική επιφάνεια του αμπελώνα, του βάρους των τσαμπιών του αμπελώνα καθώς και της κάθε ρόγας σταφυλιού, τον καταμερισμό του νερού στον αμπελώνα και της σύνθεσης των συστατικών του σταφυλιού. Η υπηρεσία μπορεί να υποστηρίξει και πρακτικές κλαδέματος, αραιώματος φύλλων είτε κορφολογήματος καθώς επίσης και μπορούν να προσδιοριστούν ανομοιομορφοί αμπελώνες οι οποίοι έχουν μεγάλα κενά μεταξύ τους είτε έχουν προβλήματα συντήρησης. Η υπηρεσία με αυτό τον τρόπο βελτιώνει τις καλλιεργητικές τεχνικές, τη ποσότητα άρδευσης και μπορεί να επιφέρει κερδοφορία. Εφαρμόζεται στη Χιλή, τη Γαλλία, την Ιαπωνία και έχει εφαρμοστεί πιλοτικά στην Ελλάδα.



Εικόνα 10: Πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες του Oenoview που περιέχουν τη χαρτογράφηση της παραγωγής (πηγή: www.winetrails.gr).

2.2.7. Χρήση ρομποτικών συστημάτων στην αμπελουργία ακριβείας

Η χρήση της ρομποτικής στην αμπελουργία ακριβείας είναι ακόμα στην αρχή και εξελίσσεται αρκετά γρήγορα. Ο καθηγητής Simon Blackmore, κορυφαίος ειδικός στην αμπελουργία ακριβείας το 2014 στη σύσκεψη της Οξφόρδης στο Ηνωμένο Βασίλειο ανέφερε το όραμα του για τη χρήση της ρομποτικής στην αμπελουργία ακριβείας μέχρι το 2050. Στα επόμενα χρόνια η εξέλιξη της ρομποτικής στην αμπελουργία ακριβείας θα φέρει αποτελεσματικότερες λύσεις καθώς και χαμηλότερα κόστη. Όλος αυτός ο αυτοματισμός και η ρομποτική θα είναι παρόν και σε μικρές επιχειρήσεις, αφού θα συνεισφέρει στη μείωση του κόστους τους αλλά αυτό απαιτεί άτομα τα οποία έχουν εμπειρία στον χειρισμό.

VineRobot

Το VineRobot που είναι ένα πρότζεκτ που διεξήχθη από την ομάδα Televitis στο Πανεπιστήμιο της La Rioja στο Logroño έχει λάβει χρηματοδοτήσεις άνω των 2.000.000 ευρώ από την Ευρωπαϊκή Ένωση με στόχο την ανάπτυξη ενός ρομπότ που θα συμμετέχει στις αγροτικές διεργασίες. Αυτό το ρομπότ θα ήταν εξοπλισμένο με τεχνολογίες ανίχνευσης όπως αισθητήρες, ο φθορισμός, GPS και θερμική υπέρυθρη ακτινοβολία. Το ρομπότ αυτό κάνει συνεχή παρακολούθηση σε παραμέτρους του αγρού όπως η απόδοση, το υδατικό στρες, την ποιότητα των σταφυλιών και βοηθάει στη λήψη αποφάσεων, για την εφαρμογή εισροών κλπ.



Εικόνα 11 και 12: Ρομποτικά συστήματα με χρήση στην αμπελουργία (Πηγή εικόνων:

<http://robotglobe.org/>)

Wall-Ye

Το Wall-Ye έχει αναπτυχθεί για αμπελώνες αφού μπορεί να κινηθεί ανεξάρτητα κατά μήκος σειρών και να λάβει δεδομένα για κάθε αμπέλι ξεχωριστά και να δημιουργήσει έναν χάρτη πολύ λεπτομερή. Διαθέτει πολλούς οπτικούς αισθητήρες που του επιτρέπουν να κινείται και να παρακολουθεί λεπτομερώς στον αμπελώνα όπως και να κλαδεύει με ακρίβεια, ανεξάρτητα των διαφορετικών χαρακτηριστικών των αμπελιών αφού κλαδεύει το καθένα βάση των αναγκών του. Μπορεί να χειριστεί 600 αμπέλια την ημέρα, να δουλέψει 12 ώρες και να παρακολουθείται εξ αποστάσεως μέσω εφαρμογής iPad.



Εικόνα 13: Το Wall-Te μαζί με τον Γάλλο εφευρέτη του Christophe Millot εν ώρα δράσης. Η πορεία των διαδικασιών παρακολουθείται μέσω του iPad (πηγή: <http://ugvactual.blogspot.com>)

VINBOT

Το VINBOT είναι ένα άλλο πρότζεκτ το οποίο σε συνεργασία με την Ισπανική εταιρεία Robotnik Automation Company έχουν αναπτύξει ρομποτική πλατφόρμα με λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Διαθέτει αισθητήρες για 3D ανακατασκευή του περιβλήματος των φύλλων και πολυφασματικές κάμερες για τη παρακολούθηση της ζωτικότητας των αμπελιών. Το ρομπότ μπορεί να παρακολουθεί 1 εκτάριο την ώρα και να κινείται σε πλαγιές έως 45° και διαθέτει ηλεκτρικό κινητήρα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί έως 8 ώρες την μέρα.



Εικόνα 14: Το VinBot σε Ισπανικούς αμπελώνες (πηγή: <http://vinbot.eu/tag/vineyards/>).

TED

Το TED είναι το πρώτο αυτόνομο ρομπότ για ξεχορτάρισμα αμπελώνων και αποτελεί μια εξαιρετική εναλλακτική λύση για τα χημικά ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται συστηματικά σε αμπελώνες. Έχει εξαιρετική ακρίβεια και μπορεί να διατηρεί τους αμπελώνες απαλλαγμένους από ζιζάνια. Το ρομπότ μπορεί να περιοριστεί στα 900 κιλά για να αποφευχθεί η συμπίεση του εδάφους εξαιτίας του και μπορεί να προγραμματιστεί ανάλογα με τη χρονική διάρκεια που θέλει να ξεχορταριάσει ο αμπελουργός το αμπελοτεμάχιο. Είναι ικανό να επιστρέψει στον αμπελώνα έπειτα και από ένα μεγάλο βροχερό επεισόδιο στο οποίο θα ήταν πιο δύσκολη η ανθρώπινη παρέμβαση.



Εικόνα 15: Το TED (πηγή εικόνας : <https://www.naio-technologies.com>)

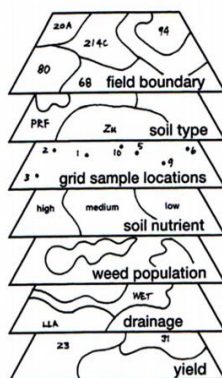
2.2.8. Δημιουργία εδαφικών χαρτών και διαχείριση ζωνών

Οι χάρτες δείχνουν την ποικιλομορφία ενός χαρακτηριστικού στον αγρό και για τη δημιουργία χαρτών ακολουθούνται τα παρακάτω :

- Εισαγωγή περιγράμματος αγρού (field boundary)
- Εισαγωγή δεδομένων
- Δημιουργία συνεχούς επιφάνειας στην οποία γίνεται εκτίμηση όσων παραγόντων μεταβάλλονται στον αγρό
- Επιλογή χρωμάτων και λεζάντας στον χάρτη
- Εκτύπωση του χάρτη

Για έναν αμπελώνα μπορούν να προστεθούν διάφορα δεδομένα σε επίπεδα (data layers) οι οποίες στη συνέχεια συνδυάζονται για να μπορέσουμε να έχουμε ορθότερες αποφάσεις για την διαχείριση του αμπελώνα. Αυτά τα στοιχεία είναι τα εξής :

- Περίγραμμα του αμπελώνα
- Χάρτης τύπων του εδάφους
- Σημεία πραγματοποίησης δειγματοληψίας
- Χάρτες θρεπτικών στοιχείων
- Πληθυσμός ζιζανίων
- Χάρτης στράγγισης
- Χάρτης παραγωγής



Εικόνα 16: Απεικόνιση των data layers (πηγή: Morgan Ess et al., 1997)

Ζώνες διαχείρισης (Management Zones)

Ζώνη διαχείρισης είναι ένα επιμέρους τμήμα του αμπελώνα το οποίο έχει παρόμοια χαρακτηριστικά και η διαχείριση αυτού μπορεί να είναι ενιαία (Kitchen et al., 2003). Η διαμόρφωση ζωνών διαχείρισης έχουν στόχο την εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application).

Χαρακτηριστικά ζωνών διαχείρισης:

- Ευκολία οριοθέτησης
- Χαμηλό κόστος δημιουργίας
- Συσχέτιση με την παραγωγή
- Σταθερότητα στον χρόνο

Ο αριθμός των ζωνών εξαρτάται από:

- Την έκταση του αμπελώνα
- Την ποικιλομορφία του αμπελώνα
- Τη δυνατότητα να διαφοροποιηθούν από τον παραγωγό οι εισροές

Και για την δημιουργία των ζωνών διαχείρισης χρειάζονται οι παρακάτω πληροφορίες:

- Περίγραμμα του αμπελώνα
- Τοπογραφικοί χάρτες
- Αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες με βλάστηση και χωρίς
- Χάρτες παραγωγής
- Εδαφικοί χάρτες
- Δείκτες βλάστησης

Για τη δημιουργία ζωνών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα εξής:

- Ελάχιστο μέγεθος ζώνης (εξαρτάται από τον εξοπλισμό)
- Δεδομένα από εδαφολογικές αναλύσεις
- Προσβολές από έντομα
- Ανωμαλίες του αγρού
- Περιοχές στράγγισης

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν στοιχεία της ιστορίας του αγρού όπως:

- Ύπαρξη παλαιών δρόμων, κτισμάτων, αποθηκών
- Χάρτες που δείχνουν τη διέλευση των οχημάτων στο παρελθόν
- Λίπανση προηγούμενων ετών
- Καλλιέργειες των προηγούμενων ετών
- Κάλυψη άρδευσης
- Σημεία του αγρού που συγκρατούν υγρασία
- Σημεία του αγρού που έχουν διαβρωθεί

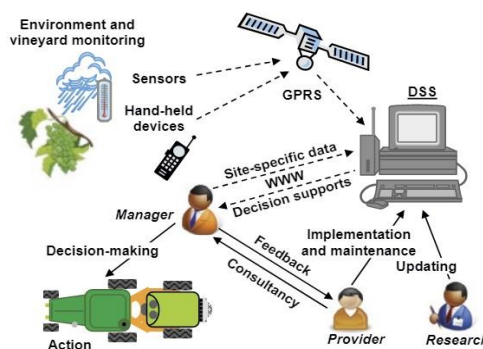
Συστήματα υποστήριξης αποφάσεων- DSSs

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων είναι υπολογιστικά πληροφοριακά συστήματα υποστήριξης ενεργειών τα οποία συλλέγουν, οργανώνουν και ενσωματώνουν όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται για την παραγωγή μιας καλλιέργειας. Έχουν την δυνατότητα ανάλυσης πληροφοριών καθώς μέσα από αυτές δίνουν συμβουλές για τη βελτίωση της καλλιέργειας. Παλαιότερα η ύπαρξη των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στις καλλιέργειες είχαν κάποια μειονεκτήματα στην αμπελοκαλλιέργεια (Magarey et al., 2002) και αυτά ήταν τα εξής:

- Έλυναν προβλήματα τα οποία δεν απασχολούσαν ιδιαίτερα τους καλλιεργητές
- Είχαν εξειδίκευση σε έναν ή λιγότερους παράγοντες
- Παρείχαν κακής ποιότητας πληροφορίες καθώς εκείνοι που τα χρησιμοποιούσαν δεν συνεργάζονταν σωστά με εκείνους που ανέπτυξαν αυτά τα συστήματα
- Είχε μεγάλο χρόνο λειτουργίας σαν σύστημα
- Δεν ήταν εφικτή η εύκολη λειτουργία χρήσης τους
- Έλλειψη συντήρησης λογισμικού και πληροφοριών

Στις δεκαετίες '80 και '90 τα DSSs έλαβαν την αναγνώριση που τους άξιζαν στις καλλιέργειες χωρίς όμως να λαμβάνουν υπόψιν οι καλλιεργητές της πολύτιμη βοήθεια τους στα IPM (Integrated Pest Management) προγράμματα τους (Knight et al., 1997). Η ορολογία 'IPM - Integrated Pest Management' όπως την γνωρίζουμε σήμερα προήλθε την δεκαετία του '50 από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια από ερευνητές οι οποίοι επισήμαναν τον κίνδυνο της

μονομερούς χρήσης φυτοφαρμάκων. Η ολοκληρωμένη διαχείριση επιβλαβών οργανισμών περιλαμβάνει μια συντονισμένη χρήση πολλαπλών τακτικών για τον έλεγχο όλων των παρασίτων όπως τα παθογόνα, τα έντονα, τα σπονδυλωτά και τα ζιζάνια. Αυτό σημαίνει περιοδική παρακολούθηση των πληθυσμών των παρασίτων και των φυσικών τους εχθρών και παρέμβαση με εντομοκτόνα αν αυτό είναι απαραίτητο ανεξάρτητα από το αν οι θεραπείες για την καταπολέμηση τους συνεπάγεται με την ημερολογιακή αντιμετώπιση τους. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη διαχείριση ταυτόχρονα πολλών διαφορετικών παρασίτων, την χρήση όλων των ανασταλτικών μέσων, την παρακολούθηση των παρασίτων καθώς και των εχθρών τους καθώς επίσης και την θεραπευτική και μόνο χρήση φυτοφαρμάκων σε περίπτωση που αυτό είναι πολύ μεγάλη ανάγκη. Η χρήση των DSSs μπορεί να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων εκεί που δεν επαρκούν τα δεδομένα για τη λήψη μιας απόφασης ενώ ταυτόχρονα μειώνει τον χρόνο απόφασης και επέμβασης καθώς και το ανθρώπινο δυναμικό που χρειάζεται για την εφαρμογή των αποφάσεων (Mc Cown et al., 2002).



Εικόνα 17: Απεικόνιση της λειτουργίας των συστημάτων DSSs όπως αυτή εμφανίστηκε στο EU project MoDeM_IVM (Monitoring and Decision Making in Integrated Vineyard Management. (πηγή: Helping farmers face the increasing complexity of decision-making for crop protection, Rossi et al., 2012)

2.2.9. Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application)

Αφού γίνει η δημιουργία ζωνών διαχείρισης σειρά έχει η εφαρμογή μεταβλητών εισροών (πρέμνα, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, νερό) ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε ζώνης και αυτό παραπάνω ονομάζεται εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις.

Οι μέθοδοι εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις γίνεται με τη :

- Χρήση χαρτών (map based VRA)
- Χρήση αισθητήρων (sensor based VRA)

Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση χαρτών διαφοροποιεί τη δόση εισροής από τις πληροφορίες που λαμβάνει από ένα χάρτη, το σύστημα πρέπει να είναι ικανό να καθορίσει το σημείο της μηχανής στον αμπελώνα και να τη συσχετίσει με την επιθυμητή δόση διαβάζοντας τον χάρτη. Η δόση είναι ο όγκος στη μονάδα επιφάνειας ή το βάρος στη μονάδα επιφάνειας της εισροής. Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων αξιοποιεί τα δεδομένα από αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο (real time). Το μηχάνημα και κατά συνέπεια οι αισθητήρες καθώς κινούνται στον αμπελώνα λαμβάνουν δεδομένα στα οποία προσαρμόζονται οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, νερό) ανάλογα με τις ανάγκες. Οι παραπάνω εφαρμογές δεν απαιτούν χρήση GPS, αν όμως χρησιμοποιήσουμε είναι ένας εναλλακτικός τρόπος για την παραγωγή χαρτών (Robertson et al., 2012).

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις αποτελούνται από :

- Αισθητήρες (sensors)
- Ελεγκτές (controllers)
- Ενεργοποιητές (actuators)

Οι ελεγκτές είναι συσκευές που αλλάζουν τον ρυθμό εφαρμογής των εισροών καθώς τα μηχανήματα λαμβάνουν μετρήσεις στον αγρό και εφαρμόζουν τις εισροές. Καθώς τα δεδομένα αλλάζουν μέσα στον αγρό (περιεκτικότητα θρεπτικών στο έδαφος, ποσότητα νερού κλπ) οι εισαγωγές εισροών αλλάζουν ανάλογα τις ανάγκες του εδάφους και των πρέμων. Οι ελεγκτές αξιοποιούν μικροεπεξεργαστές για να διαβάσουν τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες και να υπολογίσουν τις δόσεις που πρέπει να εφαρμοστούν με βάση αποθηκεμένους αλγόριθμους.

Οι ενεργοποιητές είναι οι συσκευές οι οποίες ανταποκρίνονται στα σήματα που λαμβάνονται από τους ελεγκτές και ρυθμίζουν την ποσότητα του προϊόντος που εισέρχεται στον αμπελώνα. Η ανταπόκριση του ενεργοποιητή μπορεί να προκαλέσει κινήσεις αξόνων ή

κινητήρων που στη συνέχεια μετατρέπονται σε άνοιγμα ή κλείσιμο μιας θύρας ή να προκαλέσει αλλαγή ταχύτητας ροής. Οι ενεργοποιητές έχουν σχεδιαστεί να αντιδρούν σε ηλεκτρικά, πνευματικά ή υδραυλικά σήματα που προέρχονται από τους ελεγκτές. Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις μπορούν να χωριστούν σε τρεις τύπους ανάλογα με το προϊόν που εφαρμόζεται:

- Σπόρος
- Στερεά χημικά (κοκκώδη λιπάσματα, κοκκώδη εντομοκτόνα, ασβέστη)
- Υγρά χημικά (υγρά λιπάσματα, υγρά παρασιτοκτόνα)

Οι αισθητήρες που έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις μετρούν τις παρακάτω ιδιότητες των φυτών και του εδάφους:

- Περιεκτικότητα εδάφους σε οργανική ουσία
- Περιεκτικότητα εδάφους σε νερό
- Ανάκλαση φωτός από καλλιέργειες και ζιζάνια
- Θρεπτικά στοιχεία εδάφους

Η δειγματοληψία του εδάφους μπορεί να γίνει με :

- Δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling)
- Δειγματοληψία βάση του τύπου εδάφους (soil type sampling)

Δειγματοληψία πλέγματος: Ο αγρός χωρίζεται σε τετράγωνα ή ορθογώνια κομμάτια και από το κάθε ένα λαμβάνονται πολλά δείγματα τα οποία αναμειγνύονται για να υπάρχει πιο αντικειμενική εικόνα του εδάφους. Με αυτό τον τρόπο γίνεται εκτίμηση όχι ολόκληρου του χωραφιού αλλά μερών αυτού και προστίθενται θρεπτικά συστατικά στο έδαφος μόνο εκεί που χρειάζεται και όχι σε όλη την έκταση του.

Δειγματοληψία βάση τύπου εδάφους: Η δειγματοληψία γίνεται σε τμήματα του αγρού που έχουν πανομοιότυπο τύπου εδάφους ή άλλα πανομοιότυπα χαρακτηριστικά (Fleming et al., 2000).

Αρκετά δείγματα λαμβάνονται από σημεία με διαφορετικό τύπου εδάφους και αναμειγνύονται, η διαφορά με τη δειγματοληψία δείγματος είναι οι αποστάσεις από τις οποίες λαμβάνονται τα δείγματα δεν είναι ίδιες.

Αν κατά τη λήψη του δείγματος γίνεται και λήψη σημείου μέσω GPS τότε μπορούμε να φτιάξουμε τον θεματικό χάρτη του αγρού και για κάθε σημείο δειγματοληψίας κάθε χρονιά να έχουμε τα αποτελέσματα στο σύστημα ώστε να μπορούμε να συγκρίνουμε τη πορεία του αγρού βάση χρόνου.

2.3. Φυτοπροστασία ακριβείας και η εφαρμογή της σε αμπελώνες

Οι ασθένειες της αμπέλου από έντομα, παθογόνους μικροοργανισμούς και άλλους τρόπους επιμόλυνσης της αμπέλου αποτελούν σοβαρό πρόβλημα το οποίο χρήζει επίλυσης. Οι επιπτώσεις των ασθενειών στο αμπέλι είναι εξαιρετικής σημασίας καθώς έχουν επίπτωση στην ποιότητα και την υγεία του σταφυλιού που είναι πολύ σημαντικό για την συνέχεια δηλαδή την οινοποίηση. Πολλές ασθένειες μπορούν να επιφέρουν ελαττώματα στον οίνο μας τα οποία είναι ανεπανόρθωτα. Επιπλέον, οι ασθένειες της αμπέλου μπορούν να επηρεάσουν την ποσότητα της παραγωγής και την ωρίμανση. Η αμπελουργία ακριβείας πέρα από την επεμβατικότητα της στις εισροές στα αμπελοτεμάχια και την παρακολούθηση της παραγωγής μπορεί να επέμβει και στην πρόληψη ασθενειών βάση των καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή σε αντιστοίχιση με την χρονική περίοδο που μπορεί να εμφανιστεί μια ασθένεια. Οι παραπάνω ενέργειες μπορούν να προβλέψουν μια ασθένεια πριν κάνει εμφανώς την παρουσία της στον αμπελώνα και να αντιμετωπιστεί καταλλήλως για να μην επέλθουν εισροές οι οποίες θα μας καθυστερήσουν από άλλες εργασίες του αμπελώνα εμφανώς και επιπλέον θα στρεσάρουν τα αμπέλια με την παρουσία τους. Η υγεία των πρέμνων και η διάγνωση των ασθενειών μπορεί να καταταχθεί σε δύο κατηγορίες, τις άμεσες μεθόδους εγκατεστημένες στο έδαφος (φασματοσκοπία φθορισμού και ανάκλασης, τεχνικές χαρακτηρισμού μεταβολικών αερίων) και τις άμεσες μεθόδους διάγνωσης μέσω εργαστηριακών αναλύσεων ορολογικών και μοριακών (Sankaran et al., 2010).

2.3.1. Διάγνωση Ωιδίου (*Powdery mildew*) μέσω εξελιγμένων συστημάτων της αμπελουργίας ακριβείας

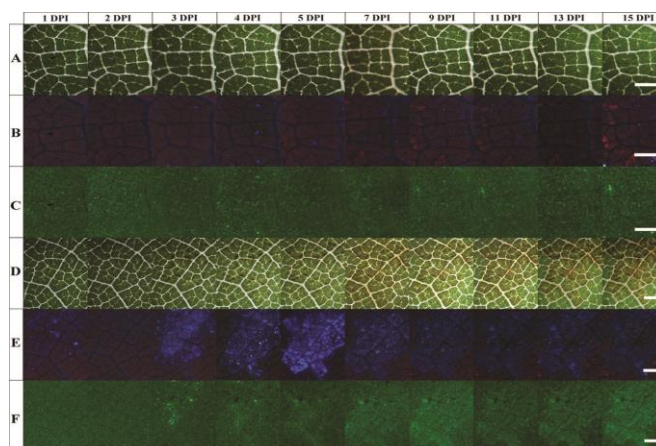
Οι μελέτες για το Ωίδιο (*Uncinula necator*) επιδεικνύουν ότι η ανάπτυξη του ευνοείται από τις υγροθερμικές συνθήκες της άνοιξης και του καλοκαιριού. Η υγρασία και η ζέστη 21°C-30°C ευνοεί περισσότερο την ανάπτυξη του ενώ σε θερμοκρασία άνω των 33°C,

αναστέλλεται. Το 2014 έγινε μια μελέτη για την αυτόματη εντόπιση του Ωιδίου σε αμπελώνες μέσω εικονικής ανάλυσης των φύλλων (Oberti et al., 2014). Το Ωίδιο είναι μια πολύ ζημιογόνα αρρώστια για το αμπέλι (*Vitis Vinifera L.*) καθώς επιφέρει μείωση της παραγωγής και μείωση της ποιότητας του οίνου. Η οπτική ανίχνευση με αισθητήρες είναι η σύγχρονη μέθοδος η οποία τείνει να υιοθετηθεί για την ανίχνευση του Ωιδίου σε όλες τις καλλιέργειες. Η ευαισθησία ανίχνευσης των συμπτωμάτων παρόλα αυτά από τα αρχικά προς τα μεσαία στάδια της ασθένειας μπορεί να μας δώσει λίγα στοιχεία ανίχνευσης της λόγω των μικρών διαστάσεων του μύκητα, της μικρής πυκνότητας την οποία έχει σε εκείνο το στάδιο καθώς και του σημείου στο φύλλο στο οποίο θα εγκατασταθεί το οποίο ενδεχομένως να δυσκολέψει τη διάγνωση με αισθητήρες οπτικής ανάλυσης. Πολυφασματικές αναλύσεις φύλλων με Ωίδιο στο εργαστήριο έδειξαν ότι αυξάνοντας την γωνία κλίσης υπάρχει καλύτερη ανίχνευση της ασθένειας με καλύτερη ανίχνευση αυτής στις 60° μοίρες. Η δημιουργία ενός ρομπότ το οποίο διαθέτει ένα ακριβείας σύστημα ψεκασμού το οποίο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον βασισμένο σε R-G-NIR πολυφασματικές εικόνες (Oberti et al., 2016) οδήγησε στο συμπέρασμα μετά από πείραμα σε 4 διαφορετικά αντίγραφα αμπελώνων τα οποία ήταν σε θερμοκήπιο, ευθυγραμμισμένα με πότισμα ότι υπήρχαν διαφορετικά επίπεδα μόλυνσης. Το ρομπότ μπόρεσε να ψεκάσει από το 85% μέχρι το 100% της περιοχής της μόλυνσης κάθε φυτού και να βοηθήσει στη μείωση χρήσης των φυτοφαρμάκων 65% με 85% σε σύγκριση με ομοιογενές ψέκασμα με συμβατικές μεθόδους.

2.3.2. Διάγνωση Περονόσπορου (Downy mildew) μέσω εξελιγμένων συστημάτων της αμπελουργίας ακριβείας

Οι μελέτες για τον Περονόσπορο (*Plasmopara viticola*) έχουν δείξει ότι ευνοείται στις συνθήκες υγρασίας και υψηλών θερμοκρασιών, ενώ η μείωση του φυλλικού του φορτίου φαίνεται πως βοηθάει το πρέμνο να έχει χαμηλότερες πιθανότητες προσβολής. Η αμπελουργία ακριβείας μέσω των σύγχρονων συστημάτων παρακολούθησης των αμπελώνων μπορεί πλέον να εισχωρήσει και να παρατηρήσει τα συμπτώματα ασθενειών όπως αυτή του περονόσπορου που μπορεί να προσβάλλει τις ταξιανθίες, τους βοτρυές και τους νεαρούς βλαστούς μειώνοντας έτσι την παραγωγή του πρέμνου. Εν συνεχεία έχουμε την πτώση των φύλλων το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ωρίμανσης των σταφυλιών και την αύξηση της ευαισθησίας του ξύλου τον χειμώνα με τις χαμηλές θερμοκρασίες (Ρούμπος, 2016). Έγινε έρευνα 15 ημερών αυτοφθορισμού σε αμπέλια με

ευπαθή γονότυπο που προσβλήθηκαν εκείνη τη στιγμή από περονόσπορο με τέσσερις διαφορετικού είδους συσκευές αισθητήρων φθορισμού ένα μακροσκόπιο, ένα φασματοφθορισμόμετρο, ένας φορητός οπτικός αισθητήρας πεδίου και ένας αισθητήρας φθορισμού πεδίου με διέγερση στα 335nm. Αποδείχθηκε ότι ο αυτοφθορισμός που οφείλεται στο σιλβένιο στο μπλέ-μωβ (VBF) αυξάνεται στο μέγιστο έξι μέρες μετά τον εμβολιασμό (DPI) και μετά μειώνεται σταθερά ενώ αυτό μπορεί να γίνει και από τις δυο πλευρές του φύλλου. Το αμπέλι στην προσπάθειά του να προστατευτεί από τις ασθένειες παράγει ρεσβερατρόλη ένα σιλβένιο φυτοαλεξίνη (Jeandet et al., 2002; Chong et al., 2009; Jeandet et al., 2010). Είναι αλήθεια ότι κάτω από την υπεριώδη ακτινοβολία τα φύλλα της αμπέλου εκπέμπουν τρεις τύπους αυτοφθορισμού: τον κόκκινο φθορισμό της χλωροφύλλης (ChlF), τον γαλαζοπράσινο φθορισμό (BGF) λόγω των υδροξυκιναμικών οξέων (Ceronic et al., 1999; Pfündel et al., 2006) και τον VBF λόγω των σιλβενίων στα εμβολιασμένα αμπέλια (Poutaraud et al., 2007; Bellow et al., 2012). Το σιλβένιο στην υπεριώδη ακτινοβολία παρουσιάζει φθορισμό στο μπλε-μωβ φάσμα (VBF), (Hillis & Ishikura, 1968). Στην κάτω πλευρά του φύλλου μπορεί να διαγνωστεί η ασθένεια από 1 DPI ενώ στην πάνω πλευρά από 3 DPI. Υπήρξε μια σταθερή αύξηση στο μπλε- ανοιχτό πράσινο η οποία ξεκίνησε από 8 DPI ενώ ταυτόχρονα βρέθηκε ότι μειώνεται η χλωροφύλλη στα φύλλα χρησιμοποιώντας την ανάκλαση και δυο δείκτες φθορισμού από το Multiplex 3. Τα παραπάνω δείγματα μας δείχνουν ότι μπορούμε να προλάβουμε την προσβολή από περονόσπορο με αυτόματο φθορισμό εγκαθιστώντας αισθητήρες στον αμπελώνα.

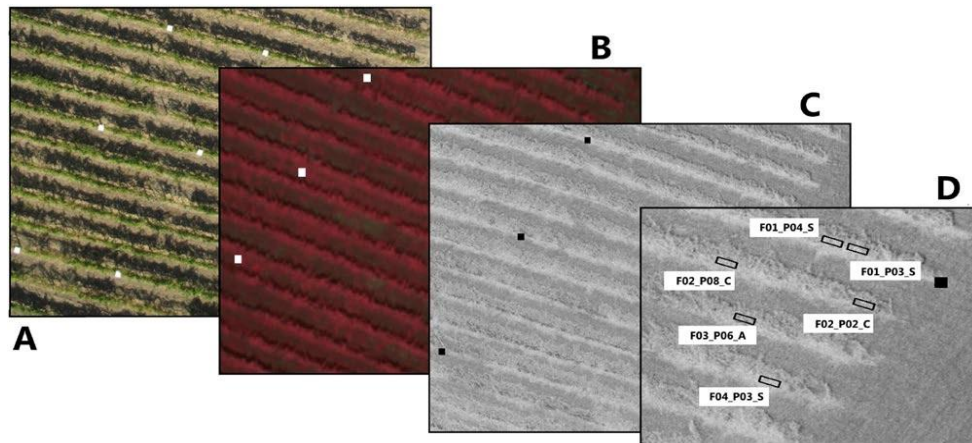


Εικόνα 18: Η κάτω πλευρά ενός φύλλου *Vitis Vinifera* της ποικιλίας Cabernet Sauvignon μετά την προσβολή του από τον *P. Viticola*. (A-C) έχουμε την περιοχή ελέγχου 2,28 x 1,71mm. Ο αριθμός των ημερών μετά τον εμβολιασμό (DPI) με την παθογόνο μικροοργανισμό αυξάνεται από την αριστερή

προς τη δεξιά πλευρά των εικόνων. (D-F) έχουμε την εμβολιασμένη περιοχή 4,07 x 3,04mm. Τα A και D είναι εικόνες μετάδοσης λευκού φωτός. Τα B και E είναι εικόνες ορατού αυτοφθορισμού με υπεριώδη ακτινοβολία. Τα C και F είναι εικόνες με μπλε-πράσινο αυτοφθορισμό. (Sébastien et al., 2012)

2.3.3. Διάγνωση της Ίσκας (Esca) μέσω εξελιγμένων συστημάτων της αμπελουργίας ακριβείας

Η Ίσκα της αμπέλου προκαλείται από ένα σύμπλεγμα παθογόνων μυκήτων οι οποίοι αναπτύσσονται μέσα στα αγγεία, τα οποία φράσσουν, ενώ παράγουν και τοξίνες που προκαλούν στα φύλλα τα χαρακτηριστικά συμπτώματα (φύλλα «τίγρεις»). Η ασθένεια εξελίσσεται αργά και προσβάλλει κυρίως πρέμνα μεγάλης ηλικίας. Παράλληλα, τα φυτά της αμπέλου αρχίζουν να αναπτύσσουν μηχανισμούς άμυνας καιρό πριν εμφανίσουν τα συμπτώματα της ασθένειας. Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV) βοηθούν στη λήψη εικόνων πολυφασματικών πολύ υψηλής ανάλυσης 0,05m/rixel τα οποία μπορούν να αναγνωρίσουν τα πρώιμα συμπτώματα ενώ παράλληλα μπορούμε να λάβουμε εδαφικές αναλύσεις και να έχουμε ένα συσχετισμό αποτελεσμάτων. Η έρευνα έδειξε υψηλή συσχέτιση μεταξύ του δείκτη βλάστησης NDVI από τα αποτελέσματα που δόθηκαν από τα UAV και της νόσου καθώς και διαφορές ανάμεσα σε συμπτωματικά και ασυμπτωματικά πρέμνα. Πείραμα έγινε σε αμπελώνες της Τοσκάνης στην Ιταλία σε αμπέλια που είχαν χαρτογραφηθεί από το 2003 και βρίσκονταν στο παγκόσμιο σύστημα θέσης κάθε πρέμνο ξεχωριστά ενώ ταυτόχρονα παρακολουθούνταν εβδομαδιαία για τα συμπτώματα της νόσου παρόλο που οι αναλύσεις εδάφους έδειξαν την παρουσία της νόσου πριν ακόμα αυτή κάνει την οπτική της εμφάνιση στα φύλλα των αμπελιών (Salvatore di Gennaro et al., 2016).



Εικόνα 19: Ροή επεξεργασίας εικόνας. Η εικόνα A δείχνει την πραγματική, την ορατή εικόνα στο μάτι του αμπελώνα. Η εικόνα B δείχνει τη πολυφασματική εικόνα, η εικόνα C είναι η εικόνα που δίνει το NDVI και τέλος η εικόνα D δείχνει την ανίχνευση των σειρών και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Στα πολύγωνα εμφανίζονται τα στατιστικά στοιχεία για κάθε αμπέλι και των ζωνών όπως ο μέσος όρος, μέση ελάχιστη και τυπική απόκλιση.

2.3.4. Η χρήση των συστημάτων DSSs στην φυτοπροστασία ακριβείας

Η αναφορά των συστημάτων DSSs που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο σχετικά με το πως λειτουργούν και την δουλειά την οποία κάνουν έχει μεγάλη αναγνώριση και στον τομέα της φυτοπροστασίας καθώς τα συστήματα τα οποία αξιοποιεί μπορούν να ανιχνεύσουν τα συμπτώματα των ασθενειών ακόμα και να προβλέψουν την επιμόλυνση των αμπελώνων λόγω των καιρικών συνθηκών και των δεδομένων που λαμβάνουν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του αμπελώνα. Κρατούν πληροφορίες για μελλοντική χρήση, όπως το ιστορικό περιοχών και των ασθενειών ώστε να υπάρχουν στοιχεία για την εξέλιξη των ασθενειών στις καλλιέργειες. Άτομα τα οποία δεν είναι γνώστες της φυτοπροστασίας μπορούν να διευκολυνθούν από τα συστήματα λήψης αποφάσεων καθώς οι πληροφορίες δίνονται με τόσο απλό τρόπο που ο χρόνος που αποσκοπείται είναι ελάχιστος και οι ενέργειες που ασκούνται είναι πολύ γρήγορες έτσι ώστε να μπορεί να σωθεί ένα μεγάλο μέρος της καλλιέργειας. Στην δεκαετία του '70 αυτά τα συστήματα βασιζόνταν στην πρόγνωση των καιρικών φαινομένων ενώ στη συνέχεια με την εξέλιξη της τεχνολογίας, του διαδικτύου και των υπολογιστών οδηγήθηκαν και στην ανάπτυξη της λήψης αποφάσεων.

Οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή των DSSs στην φυτοπροστασία ακριβείας είναι:

- Τα έγκυρα δεδομένα καιρικών φαινομένων από τους αμπελώνες
- Εξέλιξη των συστημάτων πάνω στα συμπτώματα των ασθενειών
- Υιοθέτηση των συστημάτων από τους καλλιεργητές καθώς και καθολική εφαρμογή των εντολών
- Εφαρμογή συστημάτων ακριβείας ψεκασμάτων τα οποία θα είναι προσαρμοσμένα στη φυλλική επιφάνεια του φυτού

2.4. Εφαρμογές Αμπελουργίας Ακριβείας σε Ελληνικούς αμπελώνες - Συμπεράσματα

Ως επιστέγασμα της παρούσας μελέτης, επιχειρείται η ανάδειξη των νέων μεθόδων που έχουν επέλθει λόγω της ανάπτυξης της Αμπελουργίας Ακριβείας και επηρεάζουν άμεσα και σε θετικό βαθμό την αμπελοκαλλιέργεια και κατά συνέπεια τον οίνο. Τέτοιες εφαρμογές παρουσιάζουν επίσης μεγάλη δυναμική σχετικά με μελλοντική χρήση τους σε Ελληνικούς αμπελώνες. Η παροχή πληροφοριών - μέσω της παρούσας εργασίας - σχετικά με την αμπελουργία ακριβείας, τη δημιουργία εδαφικών χαρτών και τη φυτοπροστασία ακριβείας, ενδεχομένως να παρακινήσει για περαιτέρω έρευνα επί του θέματος. Η Ελλάδα έκανε τα πρώτα της βήματα στην αμπελουργία ακριβείας στη Θεσσαλία, στο Δαμάσι Τυρνάβου και στη Ραψάνη Λάρισας, για την καλλιεργητική περίοδο 2004 – 2005, σε αμπελώνες έκτασης 6,5 και 7 στρεμμάτων αντίστοιχα. Υπήρξε μεγάλη χωρική παραλλακτικότητα παρόλο που μελετήθηκε μια μικρή έκταση και παρόλα αυτά πραγματοποιήθηκαν ζώνες διαχείρισης και διαμορφώθηκαν εδαφικοί χάρτες. Σήμερα, αρκετά οινοποιεία εφαρμόζουν την αμπελουργία ακριβείας όπως το οινοποιείο Ρούβαλη στην Αιγιάλεια με τη χρήση OenoView, το οινοποιείο Λαφαζάνης στις Αρχαίες Κλαιωνές της Νεμέας με τη χρήση μετεωρολογικών σταθμών για την πρόβλεψη ασθενειών που επιφέρει η μεταβολή των καιρικών συνθηκών καθώς και των βροχών όταν πλησιάζει τρύγος. Προς την εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού στον αμπελώνα είναι έτοιμη να προβεί και η Γαία Οινοποιητική στο Κούτσι της Νεμέας ενώ ολοκληρωμένο μετεωρολογικό σταθμό διαθέτει το κτήμα Αργυρού στη Σαντορίνη. Η οινοποιία Τσάνταλη, η οινοποιία Μπουτάρη στην Κρήτη και άλλες πολλές μεγαλύτερες ή μικρότερες μονάδες χρησιμοποιούν τις σύγχρονες μεθόδους προς όφελος τους. Η Ελλάδα χρησιμοποιεί την γεωργία ακριβείας κυρίως σε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό για τις καλλιέργειες σιτηρών στην κεντρική και την βόρεια Ελλάδα. Η αμπελουργία ακριβείας όπως

βλέπουμε φέρνει μεγάλες αλλαγές στον τομέα της καλλιέργειας και κατά συνέπεια του οίνου παγκοσμίως. Τα επόμενα χρόνια προβλέπονται να είναι κρίσιμα με μια μεγάλη αύξηση της χρήσης της στην Ελλάδα καθώς η κλιματική αλλαγή έχει επιφέρει τεράστιες επιπτώσεις σε όλων των ειδών τις καλλιέργειες λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών σε συνεργασία με την υψηλότερη υγρασία που υπάρχει στην ατμόσφαιρα που όπως είδαμε αυτοί οι δυο παράγοντες είναι σύμμαχοι για την προσβολή των καλλιεργειών από ασθένειες. Επιπλέον, οι απότομες αλλαγές των καιρικών συνθηκών δυσχεραίνουν την προστασία των καλλιεργειών π.χ χαλάζι. Η ανάγκη για την εξέλιξη της φυτοπροστασίας όπως είδαμε και η πρόληψη ασθενειών κάνει επιτακτική την ανάγκη χρήσης των νέων τεχνολογικών μέσων ανίχνευσης τους. Συμπερασματικά, η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον παγκόσμιο χάρτη, οι οποίες βοηθούν στην βελτίωση των καλλιεργητικών τεχνικών και την υιοθέτηση νέων αντιλήψεων σχετικά με την πρόγνωση, την φυτοπροστασία και τις πρακτικές καλλιέργειας.

Συντομογραφίες, ακρωνύμια, σύμβολα και ορισμοί

Ο.Π.Ε	Ονομασία Προέλευσης Ελεγχόμενη
Ο.Π.Α.Π	Ονομασία Προέλευσης Ανώτατης Ποιότητας
Π.Ο.Π	Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης
Π.Γ.Ε	Προστατευόμενη Γεωγραφική Ένδειξη
GPS	Global Positioning System
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
dGPS	differential Global Positioning System
GIS	Geographical Information System
UTM	Universal Transverse Mecatur
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
LAI	Leaf Area Index
LIDAR	Light Detection And Ranging
WSN	Wireless Sensor Network
IPM	Integrated Pest Management
VRA	Variable Rate Application
VBF	Violet-Blue Fluorescence
DPI	Days Post Inoculation
BGF	Blue-Green Fluoresence

3. Βιβλιογραφία

3.1. Ξένη βιβλιογραφία

Acevedo-Opazo C, Tisseyre B, Guillaume S, Ojeda H. 2008. The potential of high spatial resolution information to define within-vineyard zones related to vine water status. *Precision Agriculture*, pp. 285–302.

Adamchuk, V., I. Hummel, J. W., Morgan, M. T. and Upadhyaya, S. K. 2004. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 44, pp. 71–91.

Arno, J., Rosell, R., Blanco, R., Ramos, M. C. and Martinez-Casasnovas, J. A. 2012. Spatial variability in grape yield and quality influenced by soil and crop nutrition characteristics. *Precision Agriculture*, pp. 393-410.

Baluja J, Diago MP, Balda P, et al. 2012. Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). *Irrigation Science*, pp.511–522.

Bates, T., Grochalsky, B. and Nuske, S. 2014. Automating Measurements of Canopy and Fruit to Map Crop Load in Commercial Vineyards Research Focus 2011-4: Cornell Viticulture and Enology.

Bigot, L., Bigot, G., Bragato, G., Masetti, D. and Sivilotti, P. 2013. La Viarte project. The knowledge of whole surface variability within a precision viticulture approach. *Acta Horticulturae (ISHS)*, pp.55-62.

Blackmore S., Godwin R.J. and Fountas S. 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering*, pp. 455-466.

Bramley, R. G. V., Pearse, B. and Chamberlain, P. 2003. Being profitable precisely - a case study of precision viticulture from Margaret River. *Australian & New Zealand Grape grower & Winemaker - Annual Technical Issue*, pp. 84-87.

Burrell J, Brooke T, Beckwith R. 2004. Vineyard computing: sensor networks in agricultural production. *IEEE Pervasive Comput*, pp.38–45.

Cerovic ZG, Samson G, Morales F, Tremblay N, Moya I. 1999. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. *Agronomie* 19, 543–578.

Chong J, Poutaraud A, Hugueney P. 2009. Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant Science* 177, 143–155.

Colomina I, Molina P. 2013. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review. *ISPRS J Photogramm Remote Sens*, pp79–97. European RPAS Steering Group (ERSG). Roadmap for the Integration of Civil Remotely-Piloted Aircraft Systems into the European Aviation Systems: Final Report from the European RPAS Steering Group.

Fleming, K.L., D.G. Westfall, D.W. Wiens, and M.C. Brodah. 2000. Evaluating farmer developed management zone maps for variable rate fertilizer application. *Precision Agriculture*, pp.201-215.

Fraisse, C.W., Sudduth, K.A. and Kitchen, N.R. 2001. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. *Transactions of the ASAE*, pp.155-166.

Hall A., Lamb, D.W., Holzapfel, B.P. and Louis, J.P. 2011. Within-season temporal variation in correlations between vineyard canopy and winegrape composition and yield. *Precision Agriculture*, pp.103-117.

Federal Aviation Administration. 2013. Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap. 1st ed. Washington, DC: US Department of Transportation, Federal Aviation Administration.

Fisher DK, Kebede H. 2010. A low-cost microcontroller-based system to monitor crop temperature and water status. *Computers and Electronics in Agriculture*, pp.168–173.

Jeandet P, Delaunois B, Conreux A, Donnez D, Nuzzo V, Cordelier S, Clement C, Courot E. 2010. Biosynthesis, metabolism, molecular engineering and biological functions of stilbene phytoalexins in plants. *Biofactors* 36, 331–341.

Knight, J., D. 1997. The role of decision support systems in integrated crop protection. *Agis. Ecocyst. Environ.*

Lamb, D. W., Frazier, P. and Adams, P. 2008. Improving pathways to adoption: Putting the right P's in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, pp.4-9.

Magarey R, D., Travis, J., W., Russo, J., M., Seem, R., C., and Magarey, P., A. 2002 Decision support systems: quenching the thirst. *Plant Dis.* 86:4e14

Matese A, Primicerio J, Di Gennaro SF, Fiorillo E, Vaccari FP, Genesio L. 2013. Development and application of an autonomous and flexible unmanned aerial vehicle for precision viticulture. *Acta Horticulturae*, pp.63–69.

Montero FJ, Meliá J, Brasa A, Segarra D, Cuesta A, Lanjeri S. 1999. Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain. *Agricultural Water Management*, pp.363–375. La Mancha, Spain.

Oberti R., Marchi M., Tirelli P., Calcante A., Iriti M., Borghese A.N., 2014. Automatic detection of powdery mildew on grapevine leaves by image analysis: Optimal view-angle range to increase the 218 sensitivity. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 104, 1-8.

Oberti R., Marchi M., Tirelli P., Calcante, A., Iriti, M., Tona, E., Hočevár, M., Baur, J., Pfaff, J., Schütz, C., Ulbrich, H. 2016. Selective spraying of grapevines for disease control using a modular agricultural robot. *Biosystems Engineering*, Vol. 146, 203-215.

Pfündel EE, Agati G, Cerovic ZG. 2006. Optical properties of plant surfaces. In: Reiderer M, Müller C, eds. *Biology of the plant cuticle*, Vol. 23. Oxford: Blackwell Publishing, 216–249.

Proffitt & Pearse, 2004, December. Adding value to the wine business precisely: using precision viticulture technology in Margaret River. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, pp.40-44.

Robertson, M. J., Llewellyn, R. S., Mandel, R., Lawes, R., Bramley, R. G. V., Swift, L., Metz, N. and O'Callaghan, C. 2012. Adoption of variable rate fertiliser application in the Australian grains industry: status, issues and prospects. *Precision Agriculture*, pp.181-199.

Sankaran S, Mishra A, Ehsani R, Davis C. 2010. A review of advanced techniques for detecting plant diseases. *Computers and Electronics in Agriculture* 72, 1–13.

Santesteban, L.G., Guillaume, S., Royo, J.B. and Tisseyre, B. 2013. Are precision agriculture tools and methods relevant at the whole-vineyard scale? *Precision Agriculture*, pp.2–17.

Santesteban Luis G. 2019. Precision viticulture and advanced analytics. A short review. *Food Chemistry* pp.58-62.

Santos, A.O., Wample, R. L., Sachidhanantham, S. and Kaye, O. 2012. Grape Quality Mapping for Vineyard Differential Harvesting. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, pp.193-204.

Zarco-Tejada PJ, Miller JR, Mohammed GH, Noland TL, Sampson PH. 2001. Scaling-up and model inversion methods with narrow-band optical indices for chlorophyll content estimation in closed forest canopies with hyperspectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.

3.2. Αναφορές σε συνέδρια

Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Guillaume, S. and Ojeda, H. 2007. Test of NDVI information for a relevant vineyard zoning related to vine water status. pp. 547-554. 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece.

Ampatzidis, Y., Vougioukas, S., Bohtis, D. and Tsatsarelis, C. 2007. A yield mapping system for hand harvested fruits based on RFID and GPS location technologies. 6th European Conference on Precision Agriculture, pp.273-280. Skiathos, Greece.

Arno, J., Bordes, X., Ribes-Dasi, M., Blanco, R., Rosell, J.R. and Esteve, J. 2005. Obtaining grape yield maps and analysis of within field variability in Raimat (Spain). pp. 899-906. 5th European Conference on Precision Agriculture, Upsala, Sweden.

Best, S., Leon, K. and Claret, M. 2005. Use of precision viticulture tools to optimize the harvest of high quality grapes. In: Proceedings of the Fruits and Nuts and Vegetable Production Engineering TIC (Frutic05), pp.249–258. Conference, Montpellier.

Bramley, R.G.V., Proffitt, A.P.B., Hinze, C. J., Pearse, B. and Hamilton, R.P. 2005. Generating benefits from Precision Viticulture through selective harvesting, pp.891-898. 5th European Conference on Precision Agriculture, Upsala, Sweden.

Blackmore S. A vision of farming with robots in 2050. Address to the Oxford Farming Conference. January 8 2014. Oxford, UK. HYPERLINK

["http://www.ofc.org.uk/videos/2014/vision-farming-robots-2050Oxford"](http://www.ofc.org.uk/videos/2014/vision-farming-robots-2050Oxford)<http://www.ofc.org.uk/videos/2014/vision-farming-robots-2050Oxford>

Farming Conference.

Lamb DW, Weedon MM, Bramley RGV. 2004. Using remote sensing to predict phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: timing observations against vine phenology and optimising image resolution. Australian Journal of Grape and Wine Research, pp. 46–54. Available from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00007.x/full>. Accessed April 28, 2015.

Ortega, R.A., Esser, A. and Santibanez, O. 2003. Spatial variability of wine grape yield and quality in Chilean vineyards: economic and environmental impacts. 4th European Conference on Precision Agriculture, pp. 499-506. Berlin, Germany.

Scholasch T, Dawson T, Bellon-Maurel V, Rubin Y. 2005. Role of vapor pressure deficit and soil moisture at different depths on stomatal conductance regulation. Insufficiency of midday stem water potential for explaining stomatal conductance (Cabernet-Sauvignon- Napa

Valley). Proceedings of the Fruits and Nuts and Vegetable Production Engineering TIC (Frutic05) Conference, pp.279-288. Montpellier, France.

Taylor, J., Tisseyre, B., Bramley, R. and Reid, A. 2005. A comparison of the spatial variability of vineyard yield in European and Australian product systems. 5th European Conference on Precision Agriculture, pp. 907-914. Uppsala, Sweden.

Tisseyre, B., Mazzoni, C., Ardoin, N. and Clipet., C. 2001. Yield and harvest quality measurement in precision viticulture- application for a selective vintage , 3rd European Conference on Precision Agriculture, pp.133-138. Montpellier, France.

3.3. Άρθρο σε επιστημονικό περιοδικό

Bellow S, Latouche G, Brown SC, Poutaraud A, Cerovic ZG. 2012. *In vivo* localization at the cellular level of stilbene fluorescence induced by *Plasmopara viticola* in grapevine leaves. *Journal of Experimental Botany* 63, 3697–3708.

Bramley, R. G. V., and Hamilton, R.P. 2004. Understanding variability in winegrape production systems 1. Within vineyard variation in yield over several vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, pp. 32-45.

Fridgen, J.J., Kitchen, N. R., Sudduth, K.A., Drummond, S. T., Wiebold, W. J. and Fraisse, C.W. 2004. Management Zone Analyst (MZA): Software for subfield management zone delineation. *Agronomy Journal*, pp.100-108.

Hillis WE, Ishikura N. 1968. Chromatographic and spectral properties of stilbene derivatives. *Journal of Chromatography* 32, 323–336.

Jeandet P, Douillet-Breuil AC, Bessis R, Debord S, Sbaghi M, Adrian M. 2002. Phytoalexins from the Vitaceae: biosynthesis, phytoalexin gene expression in transgenic plants, antifungal activity, and metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 2731–2741.

Kitchen, N.R., Drummond, S.T., Lund, E.D., Sudduth, K.A. and Buchleiter, G.W. 2003. Soil electrical conductivity and topography related to yield for three contrasting soil-crop systems. *Agronomy Journal*, pp.483-495.

Martinez-Casasnovas, J.A., Agelet-Fernandez, J., Arno, J. and Ramos, M.C. 2012. Analysis of vineyard differential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality. *Spanish Journal of Agricultural Research*, pp.326-337.

Poutaraud A, Latouche G, Martins S, Meyer S, Merdinoglu D, Cerovic ZG. 2007. Fast and local assessment of stilbene content in grapevine leaf by in vivo fluorometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 4913–4920.

Priori, S., Martini, E., Andrenelli, M.C., Magini, S., Agnelli, A.E. Bucelli, P. 2013. Improving wine quality through harvest zoning and combined use of remote and soil proximal sensing. *Soil Science Society of America Journal*, pp.1338–1348.

Sébastien Bellow, Gwendal Latouche, Spencer C. Brown, Anne Poutaraud, and Zoran G. Cerovic. Optical detection of downy mildew in grapevine leaves: daily kinetics of autofluorescence upon infection. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 63, No. 2, pp. 695–709, 2012.

Trought, M.C.T. and Bramley, R.G.V. 2011. Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: characterizing spatial and temporal changes in fruit composition and juice quality in the vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, pp.79- 89.

Zarco-Tejada PJ, Miller JR, Mohammed GH, Noland TL, Sampson PH. 2002. Vegetation stress detection through chlorophyll a + b estimation and fluorescence effects on hyperspectral imagery. *Journal of Environmental Quality*.

Αδαμακόπουλος, Τρ., Ματσούκα, Π. και Χαλκιάς, Χρ. 2002. Αξιοποίηση των τεχνολογιών GIS – GPS στη χαρτογραφική παραγωγή. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, τόμος 2, σελ. 1-8. Θεσσαλονίκη.

3.4. Ελληνική βιβλιογραφία

Φλωράς, Σ., 2004. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος.

3.5. Πηγές από διαδίκτυο

1.3. (Εισαγωγή): [Συστήματα διαμόρφωσης και υποσύλωσης \(ampeli.gr\)](http://www.crcv.com.au/research/programs/one/finalreport.pdf)

Arkun S, Honey F, Johnson L, Lamb D, Lief W, Morgan G. 2000. Airborne Remote Sensing of the Vine Canopy. *Vineyard Monitoring and Management Beyond*, pp.15–26. Wagga Wagga: Cooperative Research Centre for Viticulture, National Wine and Grape Industry Center. Available from <http://www.crcv.com.au/research/programs/one/finalreport.pdf>.

Arduino [homepage on the Internet]. The Arduino Project. Available from: <http://arduino.cc/>. Accessed February 10, 2015.

Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Fraden SC, Marcanti EP, Becker MA, editors. 3rd ERTS-1 Symposium. December 10–14, 1973. NASA SP-351, pp.309-317. Washington DC, U S A. <ftp://landsat-legacy.gsfc.nasa.gov/outgoing/documents/LL-36976330531.pdf>

TED: <https://roboticsbiz.com/top-12-agricultural-robots-for-vineyard-applications/>

VineRobot [homepage on the Internet].The VineRobot project coordinated by Televitis group, at the University of La Rioja in Spain. Available from: <http://www.vinerobot.eu/>. Accessed February 10, 2015.

Wall-ye softwares and robots [homepage on the Internet]. Available from: <http://www.wall-ye.com/>. Accessed February 10, 2015.

Οδηγίες ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας στην καλλιέργεια της αμπέλου 2016. www.minagric.gr

Oenoview [Oenoview: Καινοτόμος υπηρεσία για αμπελουργία ακριβείας | | Winetrails](#)

Εντοπισμός Ίσκακς μέσω της αμπελουργίας ακριβείας (7) (PDF) Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-based remote sensing to monitor grapevine leaf stripe disease within a vineyard affected by esca complex (researchgate.net)

3.6. Πηγές εικόνων βιβλιογραφικής επισκόπησης

1 : <http://sse-resetsg.blogspot.com/2015/12/gps-triangulation.html>

2 : <https://www.airliners.net/photo/Untitled/Sky-Arrow-650-TC/2431511>

3:https://www.researchgate.net/figure/Different-types-of-UAVs-used-in-precision-farming-a-fixed-wing-aircraft-b_fig3_286381915

4,5,6 :Technology in precision viticulture: a state of the art review , Alessandro Matese Salvatore ,Filippo Di Gennaro

7: Bates, T., Grochalsky, B. and Nuske, S. 2014. Automating Measurements of Canopy and Fruit to Map Crop Load in Commercial Vineyards Research Focus Cornell Viticulture and Enology.

8: Spectron: https://www.liendelavigne.org/cmsFiles/AG_2017/1_smartgrappe.pdf

Multiplex: <https://www.smart-akis.com/wp-content/uploads/techhtmpdf/821.htm>

9,10 : <http://robotglobe.org/a-wheeled-vinerobot-to-monitor-grape-growth/>

- 11: <http://ugvactual.blogspot.com/2014/09/wall-ye.html>
- 12: <http://vinbot.eu/tag/vineyards/>
- 13: <https://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/vineyard-weeding-robot/>
- 14: <http://ugvactual.blogspot.com/2014/09/wall-ye.html>
- 15: <https://blueberriesconsulting.com/en/lobesia-botrana-en-uvas-ciruelas-y-arandanos-comportamiento-biologico-sintomatologia-de-dano-y-analisis-de-puntos-criticos/>
- 17: [\(2\) \(PDF\) Helping farmers face the increasing complexity of decision-making for crop protection \(researchgate.net\)](#)

18: Optical detection of downy mildew in grapevine leaves: daily kinetics of autofluorescence upon infection. Sébastien Bellow, Gwendal Latouche, Spencer C. Brown, Anne Poutaraud and Zoran G. Cerovic.

19: Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-based remote sensing to monitor grapevine leaf stripe disease within a vineyard affected by esca complex. Salvatore F.Di Gennaro, Enrico Battiston, Stefano Di Marco , Osvaldo Facini , Alessandro Matese, Marco Nocentini , Alberto Palliotti and Laura Mugnai.