

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ
ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία
Της
Πολύχρου Αικατερίνης
mai18050

Θεσσαλονίκη, 2018

ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ

Πολύχρου Αικατερίνη

Διπλωματική Εργασία

υποβαλλόμενη για τη εκπλήρωση των απαιτήσεων του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Επιβλέπων:
ΨΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ηη/μμ/εεεε

Όνοματεπώνυμο 1

Όνοματεπώνυμο 2

Όνοματεπώνυμο 3

.....

.....

.....

ΠΟΛΥΧΡΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

.....

Περίληψη

Η τεχνολογία γεωργίας ακριβείας (precision agriculture) και το διαδίκτυο των πραγμάτων είναι η τελευταία τάση στον αγροτικό τομέα με μεγάλη οικονομική αξία και περιβαλλοντική. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται, βιομηχανικά, αισθητήρες, επικοινωνιακά και άλλα της καθημερινότητας συνδέονται μεταξύ τους δίνοντας γνώση και δύναμη στους αγρότες. Περίπου το 70-80% του νέου γεωργικού εξοπλισμού που πωλείται στην Ευρώπη ενσωματώνει τώρα κάποια μορφή τεχνολογίας αγροτικών συστατικών ακριβείας. Υπάρχουν 4.500 κατασκευαστές που παράγουν 450 διαφορετικούς τύπους μηχανών, μετατρέποντας περίπου 26 δισ. Ευρώ ετησίως και απασχολώντας 135.000 άτομα. Στον ελλαδικό χώρο έχει καταγραφεί έντονη τάση υιοθέτησης της τεχνολογίας της λίπανσης ακριβείας των αγροτεμαχίων. Αφού κατανοήσουμε την συμβολή της γεωργίας ακριβείας στην φυτική παραγωγή και έχουμε δει να χρησιμοποιείται κερδίζοντας έδαφος στην καθημερινότητα των αγροτών μέρα με την μέρα, σημαντικό θα ήταν να εξετάσουμε την χρήση της γεωργίας ακριβείας στην υδάτινη καλλιέργεια σε περιοχές όπως η χαλάστρα. Η οποία έχει κερδίσει, πέραν του μεγάλου κάμπου -παραγωγή ρυζιού, εδώ και χρόνια ένα μεγάλο μερίδιο της Ευρωπαϊκής αγοράς στον τομέα της μυδοκαλλιέργειας. Αφού πρώτα έχουμε εξετάσει ενδελεχώς όλη την διαδικασία παραγωγής μυδοκαλλιέργειας έως την πώληση των μυδιών και κατανοώντας κάθε εμπόδιο που προκύπτει σε κάθε στάδιο, είμαστε στην θέση να προτείνουμε λύσεις που βασίζονται στην τεχνολογία αυτήν.

Λέξεις Κλειδιά: Γεωργία Ακριβείας, Iot, ορυζοκαλλιέργεια, μυδοκαλλιέργεια, χαλάστρα, μελέτη ραδιοκάλυψης, ThingsBoard.

Abstract

Precision farming technology and the Internet of Things is the latest trend in the agricultural sector with great economic and environmental value also can be used in agriculture to provide farmers with a large amount of information. Precision agriculture (PA) is a management strategy that employs information technology to improve quality, production and saving energy. Utilizing precision farming technologies and management tools can lead to a highly effective, green agriculture. Each chapter address a different topic starting with an overview of PA technologies that are currently available, followed by specific topic from rice produce by Chalastra area. Finally we explore the mussel life cycle from Chalastra region extensively in order to review the current quality mussel problem, followed by suggested solutions based on PA management. This approach may also increase the number of mussel farmers opportunities for processing Precision Agriculture and promise greater opportunities for many farmers.

Keywords: Precision Agriculture, Iot, rice agriculture, mussel farming, Chalastra, Thessaloniki, CloudRF software, ThingsBoard.

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί διπλωματική εργασία στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Ηλεκτρονικού επιχειρείν και τεχνολογίες καινοτομίας» του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Πριν από την παράθεση των ερευνών της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω αρκετούς ανθρώπους που συνέβαλαν πρακτικά και ηθικά για την ολοκλήρωσή της. Πρώτα από όλους θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, Καθηγητή Ψάννη Κωνσταντίνο για την πολύτιμη καθοδήγηση του και την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου. Εν συνεχεία ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στους γονείς μου Πολύχρο Ανδρέα και Καρακώστα Ελένη όπου η βοήθεια τους ήταν καθοριστική στην πορεία των σπουδών μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την αδελφή μου Χρύσα Πολύχρου που με στήριξε και με παρότρυνε να ερευνήσω το θέμα εις βάθος, αλλά και να αφιερώσω την προσπάθειά μου αυτή στην ανιψιά μου Μαρία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή	
1.1 Πρόβλημα – Σημαντικότητα του θέματος.....	1
1.2 Σκοπός.....	3
1.3 Διάρθρωση της μελέτης.....	3
2 Κύκλος Γεωργίας Ακριβείας.....	4
2.1 Internet of Things στην Γεωργία Ακριβείας.....	5
2.2 Στάδια Κύκλου Γεωργίας Ακριβείας.....	5
2.3 Γεωργία Ακριβείας στη Φυτική Παραγωγή.....	8
3 Συλλογή δεδομένων και για την ερμηνεία-λήψη αποφάσεων ΓΑ.....	11
3.1 Δειγματοληψία Εδάφους.....	11
3.2 Χαρτογράφηση.....	13
3.3 Εδαφολογικοί Χάρτες.....	17
3.3.1 Διαχειριστικές Ζώνες.....	18
3.4 Χαρτογράφηση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Εδάφους.....	21
3.5 Αισθητήρες στη Γεωργία.....	24
3.6 Αισθητήρες Χαρτογράφησης.....	25
3.6.1 Αισθητήρες σε γεωργικά μηχανήματα και ρομπότ.....	27
3.6.2 Γενική ταξινόμηση αισθητήρων παραγωγής.....	27
3.7 GIS και GPS.....	28
3.8 Δορυφορικές Εικόνες.....	30
4 Λίπανση Ακριβείας.....	32
5 Εντομοπαγίδες.....	37
6 Ψεκασμός Ακριβείας.....	40
7 Drones.....	41
8 Αυτόματο Σύστημα Διεύθυνσης.....	47
9 Σπορά Ακριβείας.....	48
10 Άρδευση ακριβείας.....	49

11	Εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας στην περιοχή της χαλάστρας.....	57
11.1	Η περιοχή της Χαλάστρας.....	57
11.2	Το ρύζι στην περιοχή της χαλάστρας.....	59
11.3	Ευκαιρίες Αξιοποίησης του ρυζιού και των υποπροϊόντων του.....	61
11.4	Η Λύση στο ρύζι με την γεωργία ακριβείας στην χαλάστρα.....	62
12	Η μυδοπαραγωγή στην χαλάστρα.....	66
12.1	Εισαγωγή μυδικαλλιέργειας.....	66
12.2	Ελληνική Παραγωγή.....	67
12.3	Περιοχή μελέτης.....	67
12.4	Πολλαπλασιασμός μυδιού.....	71
12.5	Φυσικοχημικοί παράμετροι νερού.....	72
13	Σύστημα παρακολούθησης μυδοκαλλιέργειας.....	74
13.1	Ασύρματο δίκτυο LoraWan.....	74
13.2	Αρχιτεκτονική δικτύων LoraWAN.....	76
13.3	Τεχνολογία LoraWAN.....	77
13.4	Μελέτη Ραδιοκάλυψης.....	79
13.4.1	Περιγραφή προγράμματος ραδιοκάλυψης.....	79
13.4.2	Εισαγωγή στη Μελέτη Ραδιοκάλυψης.....	80
13.5	Επιλογή αισθητήρων.....	86
13.6	Πλατφόρμα διαχείρισης δεδομένων.....	88
13.6.1	Σχεσιακή μη σχεσιακή βάση δεδομένων.....	88
13.6.2	Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης δεδομένων IOT με MongoDB.....	91
14	Πλατφόρμα διαχείρισης δεδομένων.....	93
14.1	ThingsBoard V2.0+.....	93
15	Μεθοδολογία.....	105
16	Αποτελέσματα.....	106
17	Επίλογος.....	109
18	Σύνοψη και Συμπεράσματα.....	110
19	Όρια και Περιορισμοί.....	111
20	Μελλοντικές επεκτάσεις.....	112
21	Βιβλιογραφία.....	114

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Κύκλος γεωργίας ακριβείας στην φυτική παραγωγή.....	7
Εικόνα 2 Εφαρμοσμένη Γεωργία Ακριβείας.....	11
Εικόνα 3 Δειγματοληψία Πλέγματος (Παπαιοκονόμου Αγροχημικά ABEE)	12
Εικόνα 4 Βάση τύπου πλέγματος (Παπαιοκονόμου Αγροχημικά ABEE)	13
Εικόνα 5 Χαρτογραφημένο τεμάχιο (http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c03-p01.gr.html)	14
Εικόνα 6 Γειτνίαση κλασσικής μεθόδου	15
Εικόνα 7 Απεικόνιση χαρτογράφησης αγροτεμαχίου από λογισμικό Soil-R.	16
Εικόνα 8 Αποτέλεσμα εδαφ.χάρτη	17
Εικόνα 9 Είσοδος δεδομένων από την χαρτογράφηση (Sendra & Lloret, 2017).....	17
Εικόνα 10 Εδαφολογικός χάρτης φωσφόρου (www.agrolab.gr)	18
Εικόνα 11 απεικόνιση διαχειριστικών ζωνών	19
Εικόνα 12 Απεικόνιση παραγωγικότητας αγροτεμαχίου	20
Εικόνα 13 Απεικόνιση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (https://pubs.ext.vt.edu/442/442-508/442-508.html).....	22
Εικόνα 14 Μέθοδος ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (Grisso & Alley & Thomason & Holshouser, 2011)	23
Εικόνα 15 Αισθητήρας NVDI.....	25
Εικόνα 16: Δείκτης NVDI (https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_GR/SEMRT ITWT1H_0.html)	26
Εικόνα 17 Σύστημα αισθητήρα ψεκασμού (http://www.agro-office.com/en/agro-office-maps-2/).....	26
Εικόνα 18 Ταξινόμηση αισθητήρων γεωργικής εκμετάλλευσης	27
Εικόνα 19 Απεικόνιση επικοινωνίας GPS από λογισμικό Κράββα	29
Εικόνα 20 Απεικόνιση αγροτεμαχίου με δείγμα GPS (Sendra & Lloret, 2017).....	31
Εικόνα 21 απεικόνιση σε περίπτωση άρδευσης (όσο πιο πράσινο τόσο μεγαλύτερη βλάστηση).....	32
Εικόνα 22 χάρτης πιθανότητας απόδοσης με ορισμό στόχου συνδυασμός χαρτών	34
Εικόνα 23 Χάρτης σύστασης λίπανσης.....	35
Εικόνα 24 Συνδυασμός χαρτών.....	36
Εικόνα 25 Μέθοδοι αντιμετώπισης εντόμων	37
Εικόνα 26 Υφιστάμενη τεχνολογία αντιμετώπισης εντόμων.....	39
Εικόνα 27 Απεικόνιση Ψεκασμού ακριβείας (https://www.pinterest.com/pin/316448311289440608).....	40
Εικόνα 28 drone σταθερής πτέρυγας (http://www.geosense.gr/)	42
Εικόνα 29 Πολυκόπτερο (http://www.geosense.gr/).....	42
Εικόνα 30 VTOL (http://www.geosense.gr/)	42
Εικόνα 31 Απεικόνιση επικοινωνίας μέσω drones.....	45
Εικόνα 32 Χαρτογράφηση με drone (https://droneblog.gr)	46
Εικόνα 33 Αυτόματο σύστημα οδήγησης (https://www.trimble.com)	48
Εικόνα 34 Εφαρμογή σποράς ακριβείας (https://blog.farmacon.gr/).....	49
Εικόνα 35 Απεικόνιση άρδευσης ακριβείας (https://cropmetrics.com/).....	50
Εικόνα 36 Λειτουργία χρονοδιακοπών άρδευσης	51
Εικόνα 37 Άρδευση με κάμερες.....	53
Εικόνα 38 Κάμερα Άρδευσης	53

Εικόνα 39 Προτεινόμενο σύστημα άρδευσης (Cambra, Sendra & Lloret, 2017).....	55
Εικόνα 40 868MHz mesh τοπολογία (Sendra & Lloret, 2017).....	56
Εικόνα 41 Χάρτης Χαλάστρας από google.....	58
Εικόνα 42 χαρτογράφηση εδάφους μέσω Soil-R πακέτου.....	63
Εικόνα 43 PreFeR: real – time παρακολούθηση της απορρόφησης του Αζώτου από κτήμα Κράββα και καθορισμός ζωνών διαχείρισης.....	64
Εικόνα 44 Χρήση GPS για εφαρμογή εισροών και οδήγηση από κτήμα Κράββα.....	64
Εικόνα 45 Ιδιοκατασκευή για την εφαρμογή μεταβλητού ρυθμού ψεκασμού από κτήμα Κράββα.....	65
Εικόνα 46 Σταθμός στο κτήμα Κράββα.....	65
Εικόνα 47 Εξοπλισμός ψεκασμού λίπανσης ΓΑ από κτήμα Κράββα.....	66
Εικόνα 48 Καλλιέργεια μυδιών από Patrick Walton (http://connemaramussselfestival.com/).	67
Εικόνα 49 Οι γνωστές ελληνικές περιοχές για την αλιεία οστράκων (Πολύχρου, 2014).....	68
Εικόνα 50 Σύστημα πλωτής (Ζαιμάκη, 2015).....	70
Εικόνα 51 Σύστημα πασσαλωτής (http://axiosdelta.gr).....	71
Εικόνα 52 Παράκτια ζώνη στη Χαλάστρα Θεσσαλονίκης, Οι καλύβες των μυδοκαλλιεργητών της Χαλάστρας (http://axiosdelta.gr).....	74
Εικόνα 53 LoRa Class of Device (https://www.semtech.com/technology/lora/what-is-lora).....	76
Εικόνα 54 Αρχιτεκτονική Lora (https://www.semtech.com/technology/lora/what-is-lora).....	77
Εικόνα 55 Ideetron’s Lorank8v1 Gateway.....	78
Εικόνα 56 Χαλάστρα - Περιοχή Ενδιαφέροντος.....	80
Εικόνα 57 Ανάλυση Επιφάνειας.....	81
Εικόνα 58 Okumura Hata Μαθηματικός τύπος.....	81
Εικόνα 59 Επιλογή μοντέλου Okumura Hata.....	82
Εικόνα 60 Παραμετροποίηση πομπού.....	83
Εικόνα 61 Παραμετροποίηση δέκτη.....	84
Εικόνα 62 Παράμετροι πομπού.....	84
Εικόνα 63 Παράμετροι κεραίας.....	85
Εικόνα 64 Αισθητήρας Leveline CTD.....	86
Εικόνα 65: Τυπική αρχιτεκτονική συλλογής δεδομένων IOT.....	92
Εικόνα 66: Αρχιτεκτονική cluster Atlas MongoDB.....	93
Εικόνα 67: Δημιουργία MongoDB Atlas cluster.....	93
Εικόνα 68: Ορισμός asset.....	94
Εικόνα 69: Δημιουργία asset.....	95
Εικόνα 70: Ορισμός συσκευής.....	95
Εικόνα 71: Καθορισμός αισθητήρα 1.....	96
Εικόνα 72 Καθορισμός αισθητήρα 2.....	96
Εικόνα 73: Παραμετροποίηση relation.....	97
Εικόνα 74: Παραμετροποίηση relation 2.....	97
Εικόνα 75: Ορισμός διαδρομής.....	98
Εικόνα 76: Ορισμός διαδρομής 2.....	98
Εικόνα 77: Προσθήκη κανόνα.....	99
Εικόνα 78: Δημιουργία random τιμών.....	99
Εικόνα 79: Επικοινωνία κόμβων.....	100
Εικόνα 80: Ορισμός real time dashboard.....	100

Εικόνα 81: Ορισμός παραμέτρων συσκευών	101
Εικόνα 82: Θερμοκρασία συσκευής.....	101
Εικόνα 83: Δημιουργία ιστορικού.....	101
Εικόνα 84: Ιστορικό θερμοκρασίας.....	102
Εικόνα 85: Δημιουργία ειδοποίησης	102
Εικόνα 86: Ορισμός threshold.....	103
Εικόνα 87: Σύνδεση δεδομένων με ειδοποιήσεις.....	103
Εικόνα 88: Εισαγωγή κανόνα ειδοποίησης	104
Εικόνα 89: Σχέση ειδοποιήσεων threshold και trigger ειδοποιήσεων.....	104
Εικόνα 90: Σύνδεση κανόνων και ειδοποιήσεων	105
Εικόνα 91: Ειδοποίηση θερμοκρασίας.....	105

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Αξιολόγηση μεθόδων αντιμετώπισης εντόμων	39
Πίνακας 2 Ασύρματες Τεχνολογίες.....	77
Πίνακας 3 Θερμοκρασία συντήρησης κατά την μεταφορά των οστράκων.	106
Πίνακας 4 Κίνδυνοι κατά την μεταφορά των οστρακοειδών.....	107
Πίνακας 5 Περίοδος απαγόρευσης αλιείας μυδιών.....	107
Πίνακας 6: Τρόπος παράδοσης προϊόντων στους πελάτες.....	108
Πίνακας 7: Χρονικά περιθώρια για διεκπεραίωση παραγγελίας.....	109

1 Εισαγωγή

1.1 Πρόβλημα – Σημαντικότητα του θέματος

Η έννοια της γεωργίας είναι ένας μεγάλος τομέας και αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας ο οποίος απαρτίζεται από την καλλιέργεια (ρύζι, σιτάρι κτλ), αλλά και την εκτροφή ζώων, η οποία έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εκτροφή και στην διατήρηση και αύξηση του πληθυσμού, αφού η καλλιέργεια έχει αυξήσει την ζήτηση της παραγωγής τροφίμων. Η γεωργία έχει τις ρίζες της πριν από χιλιάδες χρόνια, όταν η ανθρωπότητα έφερε μια τεράστια ανάπτυξη στην παραγωγή τροφίμων, η οποία καθοδηγείται κυρίως από παράγοντες όπως το κλίμα, ο πολιτισμός κλπ. Τώρα, λόγω της ανάπτυξης της βιομηχανοποίησης, η βιομηχανική γεωργία έδωσε τη θέση της στην εμπορική αγορά, με την απόδοση της βιομηχανικής γεωργίας να συνεχίζει να αυξάνεται παράλληλα με την πρόοδο της τεχνολογίας φτάνοντας στο σημείο της γεωργίας ακριβείας. Η επιστήμη της διαχείρισης του εδάφους και της χρήσης φυτοφαρμάκων έχει αυξήσει σημαντικά την παραγωγή καλλιεργειών, καθώς η χρήση φυτοφαρμάκων έχει μεγάλη επίδραση στην ανθρωπότητα. Προκειμένου να αυξηθεί η ποιότητα της παραγωγής, εφαρμόστηκαν πολλές μέθοδοι, όπως η υβριδική καλλιέργεια, οι καλλιέργειες υψηλής απόδοσης με πολλές αρνητικές συνέπειες. Με σημαντικότερα ζητήματα αυτά της διαχείρισης των υδάτινων πόρων και αυτά της υπερβολικής χρήσης λιπασμάτων, της επανειλημμένης παραγωγής της ίδιας καλλιέργειας με αποτέλεσμα να έχει μειωθεί η γονιμότητα του εδάφους και επίσης να έχουμε οδηγηθεί στην εξάντληση των υπογείων υδάτων που παρατηρήθηκε τα τελευταία χρόνια. Μην αμελώντας και την επίδραση της υπερθέρμανσης του πλανήτη η οποία έχει μεγάλη επίδραση στην υποβάθμιση του γεωργικού τομέα. Με την εμφάνιση της γεωργίας ακριβείας η γεωργία μπορεί να γίνει πιο ακριβής, οικονομικά αποδοτική και λιγότερο επίπονη. Με την τεχνολογία στον αγροτικό τομέα υιοθετούμε ορισμένες μεθοδολογίες για την παραγωγή καλύτερης ποιότητας τροφίμων, δεδομένου ότι περιοχές εύκρατες της Ελλάδας που έχουν ένα τροπικό κλίμα παρέχει ένα κατάλληλο περιβάλλον για να αναπτυχθούν όλες οι ποικιλίες των καλλιεργειών και δη του ρυζιού. Όπως αντιλαμβανόμαστε η Γεωργία ακριβείας ολοένα κερδίζει έδαφος προσφέροντας έλεγχο επεξεργασίας υψηλής ακρίβειας, πολύτιμη συσσώρευση πληροφοριών αποτελώντας αναπόσπαστο κομμάτι της τεχνολογίας του ΙΟΤ. Οι αισθητήρες ΙοΤ είναι κατάλληλοι για την παροχή στους

αγρότες, δεδομένων σχετικών με τις αποδόσεις της συγκομιδής αλλά και όλων των απαραίτητων χρήσιμων στοιχείων για τους αγρότες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση των καλλιεργητικών συστημάτων στο εγγύς μέλλον. Ο τομέας της γεωργίας θα είναι πιο σημαντικός τα επόμενα χρόνια συγκριτικά με το παρελθόν και αυτό γιατί όλος ο κόσμος θα πρέπει να παράγει 70% περισσότερο φαγητό το 2050 από ό,τι το 2006 προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ζωτικές ανάγκες των ανθρώπων σύμφωνα με την UNO Food and Agricultural Organization. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η ανάγκη, οι συνεταιρισμοί ανά τον κόσμο χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο των πραγμάτων για τη διερεύνηση και την παραγωγική ικανότητα των αγροτεμαχίων. Οι γεωργοί έχουν αρχίσει από τώρα να χρησιμοποιούν μερικές καινοτόμες στρατηγικές καλλιέργειας με συγκεκριμένο τελικό στόχο να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα της καθημερινής εργασίας τους. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες που τοποθετούνται σε χωράφια επιτρέπουν στους αγρότες να αποκτήσουν γεωλογικούς χάρτες αλλά και να έχουν γνώση των θρεπτικών στοιχείων των αγροτεμαχίων τους. Επιπλέον ήδη και στην Ελλάδα οι γεωργοί μπορούν να χρησιμοποιούν τα κινητά τους τηλέφωνα για να θέσουν σε λειτουργία από απόσταση τα εργαλεία τους, να ελέγξουν τις αποδόσεις τους και επιπλέον να έχουν λεπτομερή γνώση της εκάστοτε κατάστασης των αγροτεμαχίων αλλά και των μονάδων που έχουν. Επιπλέον, οι συσκευές που χρησιμοποιούν οι αγρότες για την αυτοματοποίηση των εργασιών τους, δίνουν πλέον την δυνατότητα και στους αγρότες (τελικούς χρήστες) να προσθέτουν επιπλέον παραμέτρους επεξεργασίας (δυναμική προσθαφαίρεση ιδιοτήτων) και ακόμη σε συνδυασμό με την χρήση των δορυφορικών συστημάτων. Η υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτής μπορεί να επιφέρει θεαματικά αποτελέσματα και σε περιοχές που συνδυάζουν και την ορυζοκαλλιέργεια και την μυδοκαλλιέργεια, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις αυτοί οι δύο πυλώνες ενασχόλησης αποτελούν τα κύρια εισοδημάτων περιοχών που συνδυάζουν κάμπο και θάλασσα, όπως αυτής της χαλάστρας.

1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να δοθεί μια εικόνα της παρούσας κατάστασης όσον αφορά την χρήση τεχνολογίας στον αγροτικό τομέα, αλλά και της τεχνολογίας που είναι διαθέσιμη στους αγρότες και πως ήδη έχει εφαρμοστεί στον χαλαστρινό κάμπο σε καλλιέργειες ρυζιού για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε πως οι αγρότες την έχουν εντάξει στην ζωή τους και ως συνέπεια, να εξετάσουμε πως μπορεί να εφαρμοστεί στον τομέα της οστρακοκαλλιέργειας. Αφού πρώτα μελετήσουμε τα προβλήματα παραγωγής στην περιοχή της Χαλάστρας και εφαρμόσουμε μελέτη ραδιοκάλυψης στην περιοχή, μετρώντας με αισθητήρες περιβαλλοντικούς παραμέτρους παραγωγής μυδιών (θερμοκρασία, αλατότητα).

1.3 Διάρθρωση της μελέτης

Αρχικά δίνεται η τεκμηρίωση της σημαντικότητας του θέματος υπό μελέτη και αναλύεται ο κύκλος εργασίας της γεωργίας ακριβείας, εκ των οποίων τα συμπτύξαμε σε δυο στάδια για την καλύτερη κατανόηση του θέματος. Έτσι αρχικά στο δεύτερο κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός της γεωργίας ακριβείας στην φυτική παραγωγή και του κύκλου της, στην συνέχεια αναλύεται η συλλογή και η ερμηνεία δεδομένων και της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται. Στο τέταρτο κεφάλαιο έως το δέκατο αναλύεται το δεύτερο κομμάτι που αφορά την γεωργία ακριβείας εφαρμοσμένη στην φυτική παραγωγή. Και κλείνει με την εφαρμογή της προαναφερθείσας τεχνολογίας που εφαρμόστηκε στον κάμπο της χαλάστρας σε καλλιέργειες ρυζιού, αφιερώνοντας τα τελευταία κεφάλαια στην πρακτική εφαρμογή μελέτης ραδιοκάλυψης στην περιοχή με την χρήση αισθητήρα για την μέτρηση της θερμοκρασίας και της αλατότητας του υδάτινου περιβάλλοντος που αναπτύσσονται τα μύδια. Τα τελευταία κεφάλαια, δηλαδή από το ενδέκατο έως το δέκατο τέταρτο αφορούν την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, από την παραγωγή, εξάπλωση, ανάπτυξη έως την εξυγίανση και διακίνησης ,στον τομέα της μυδοκαλλιέργειας και παράλληλα προτείνονται λύσεις βασισμένες στην γεωργία ακριβείας και του λογισμικού Cloudrf για μελέτη ραδιοκάλυψης και του Thingsboard για χρήση αισθητήρων στο υδάτινο περιβάλλον, προτείνοντας για συλλογή δεδομένων την MongoDB σε περίπτωση επέκτασης της προτεινόμενης λύσης που αναφέρουμε.

2. Κύκλος Γεωργίας Ακριβείας

Με τον όρο Γεωργία Ακριβείας ορίζουμε τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των αγρών, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και να επιτευχθεί μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την μη ορθολογική χρήση των εισροών (Bongiovanni & Lowenberg, 2004). Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε πως με την τεχνολογία αυτή (Γεωργία Ακριβείας) δίνεται η δυνατότητα στους αγρότες να παίρνουν αποφάσεις για την βέλτιστη διαχείριση των αγροτεμαχίων τους. Και ως βέλτιστες ορίζουμε την αυξημένη οικονομική απόδοση μεν αλλά και τον σεβασμό του περιβάλλοντος δίνοντας την κατάλληλη ποσότητα εισροών (λιπασμάτων κτλ) σε κάθε αγροτεμάχιο ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες. Η βελτίωση της ακρίβειας των GPS και η ανάπτυξη των αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής καλλιεργειών που προσαρμόζονται στις εκάστοτε ανάγκες μηχανές συγκομιδής, έδωσε τη δυνατότητα χαρτογράφησης της παραγωγής. Οι πρώτες εφαρμογές χαρτογράφησης χωρικής κατανομής της παραγωγής με χρήση λογισμικού (GIS) των σιτηρών ξεκίνησαν την δεκαετία του 1980, και συνδύαζαν λειτουργίες μέτρησης υγρασίας των σπόρων του σιταριού για να υπολογίζουν τα ξηραντικά έξοδα αλλά και ταχύτητας της εργασίας και της γεωγραφικής θέσης κάθε μηχανήματος. Υπάρχουν αρκετοί ορισμοί της γεωργίας ακριβείας, η πιο πληρέστερη με αυτά που αναφέραμε και αυτά που θα αναλύσουμε παρακάτω θα μπορούσε να περιγραφεί ως «αντιστοίχιση των αγρονομικών εισροών και πρακτικών με τις τοπικές συνθήκες εντός ενός πεδίου και τη βελτίωση της ακρίβειας της εφαρμογής τους (Gemtos et al.,2002).

Έτσι λοιπόν μπορούμε να πούμε πως η διαδικασία ακριβείας μπορεί να συνοψιστεί ως εξής: Στα δεδομένα που αφορούν τους συντελεστές απόδοσης και τους δυνητικούς συντελεστές απόδοσης που αρχικά συλλέγονται και στη συνέχεια αναλύονται για να προσδιοριστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν στην πραγματικότητα την απόδοση. Εάν επηρεάζεται η απόδοση, ο υπεύθυνος της εκμετάλλευσης αποφασίζει τον τύπο, τη διανομή και την ποσότητα επεξεργασίας που πρέπει να εφαρμοστεί. Στη συνέχεια μπορούν να εφαρμοστούν διορθωτικά μέτρα για να διασφαλιστεί ότι εφαρμόζεται η σωστή θεραπεία με τον απαιτούμενο ρυθμό και στην κατάλληλη περιοχή εντός ενός πεδίου. Στην πραγματικότητα, η χωρική μεταβλητότητα πραγματοποιείται μέσω της χειρισμού εισροών όπως τα λιπάσματα και τα παρασιτοκτόνα. Η μεταβλητή εφαρμογή των εισροών ενδέχεται να μην αυξάνει πάντοτε τις αποδόσεις, αλλά απλά να

τους κρατά σταθερούς ενώ ταυτόχρονα μειώνει το κόστος των εισροών. Η γεωργία ακριβείας δίνει τη δυνατότητα στον αγρότη να αποκομίσει αυξημένα κέρδη μέσω καλύτερης διαχείρισης και η εφαρμογή πιο κατάλληλων χημικών επεξεργασιών συμβάλλει επίσης στη διατήρηση του περιβάλλοντος. Όπως κάθε σύστημα που έχει σχεδιαστεί για να προσφέρει βελτίωση, υπάρχει ένας κύκλος γεγονότων που πρέπει να λάβει χώρα για να παρακολουθεί την αποτελεσματικότητά του και βοηθά τους ανθρώπους να κατανοήσουν ορισμένους από τους παραπάνω ορισμούς.

2.1 Internet of things στην γεωργίας ακριβείας

Όταν αναφερόμαστε στο IOT και στον αγροτικό τομέα ,αναπόσπαστο κομμάτι αποτελεί η συγχώνευση των τεχνολογιών του IOT για την συλλογή δεδομένων αγροτικής εκμετάλλευσης, διότι υπαινίσσεται ένα σύστημα αυτό-σχεδιαζόμενου απομακρυσμένου συστήματος και συλλογής πληροφοριών. Αυτό το σύστημα διαχείρισης πληροφοριών είναι πολύ χρήσιμο για τους τελικούς χρήστες (αγρότες) για να έχουν γνώση της ευρείας χρήσης της εφαρμογής που χρησιμοποιούν , διότι αυτό το σύστημα είναι σύνολο επικοινωνούντων gadgets (Ojo & Giordano & Procissi & Seitanidis, 2018). Απώτερος σκοπός του IOT είναι να σχετίζει - να φέρνει σε επικοινωνία αντικείμενα απτά, οπουδήποτε είναι εγκατεστημένα ανά τον κόσμο και αναλόγως της τεχνολογίας να επικοινωνούν, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Τα δεδομένα που συλλέγονται διαχειρίζονται με εικονικό τρόπο και ενσωματώνονται όλα μαζί αποσκοπώντας στην δημιουργία των βέλτιστων σεναρίων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, το βάρος, οι καιρικές συνθήκες παραμετροποιούνται και με την επεξεργασία τους μας δίνουν τα βέλτιστα σενάρια για την υλοποίηση μιας στρατηγικής με σκοπό την καλύτερη χρησιμοποίηση των πόρων (Memos, Psannis, Ishibashi, Kim & Gupta, 2017). Όπως ψεκασμός ακριβείας, χαρτογράφηση εδάφους, διαχειριστικές ζώνες κτλ.

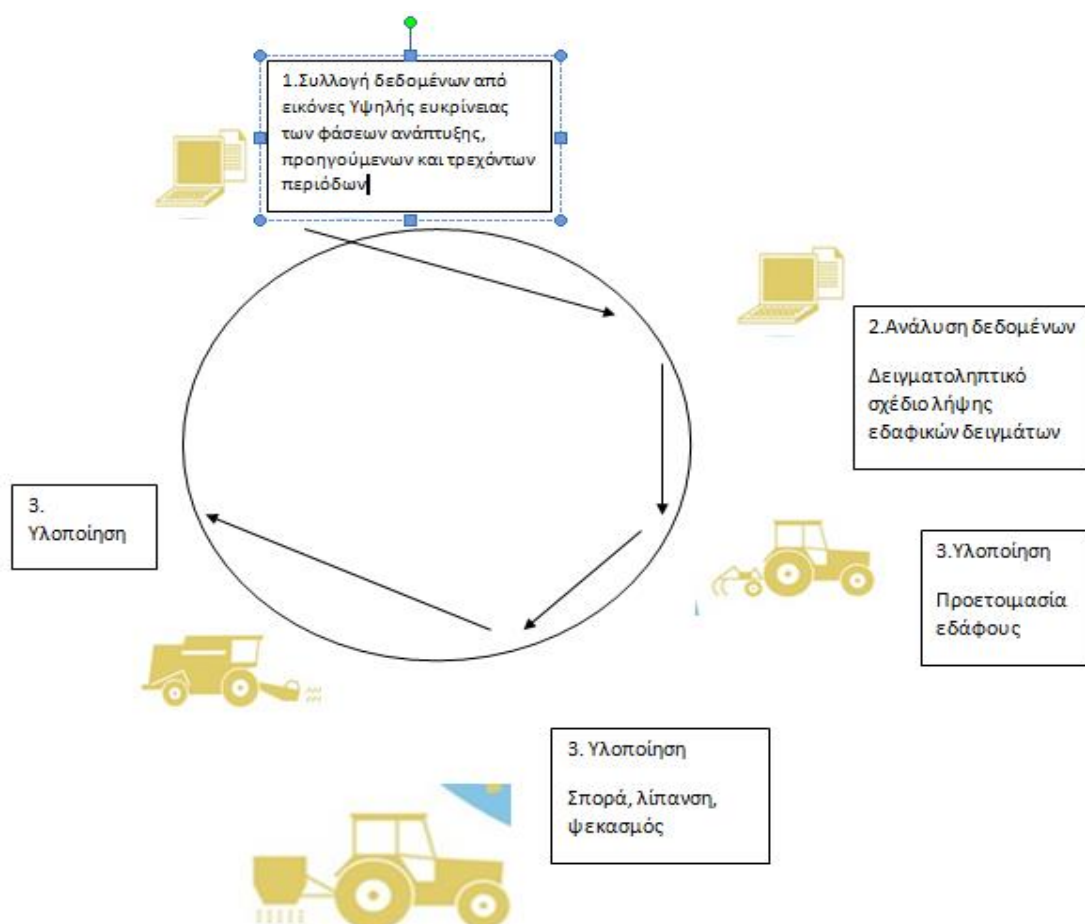
2.2 Στάδια Κύκλου Γεωργίας Ακριβείας

Η τεχνολογία της αγροτικής ακρίβειας είναι μια κυκλική διαδικασία, και κάθε αγρότης πρέπει να εκτελεί ετήσιο προγραμματισμό, συλλογή δεδομένων και ανάλυση βημάτων για την επίτευξη αυτού του κύκλου. Επομένως μπορούμε να ορίσουμε πως η διαδικασία ενός ολοκληρωμένου συστήματος Γεωργίας Ακριβείας (PA) διαχωρίζεται σε 3 στάδια (κύκλος γεωργίας ακριβείας) (Niero et.al, 2015).

Το πρώτο αφορά τη **συλλογή δεδομένων** που είναι χρήσιμα για την επεξεργασία, συγκεκριμένα πριν από τη φύτευση πραγματοποιούνται έλεγχοι εδάφους, στην συνέχεια ανάλυση δεδομένων για τον προσδιορισμό χωρικών μεταβολών στις συνθήκες του εδάφους που απαιτούν ποικίλες επεξεργασίες ή μεθόδους φύτευσης. Γεγονός που σχετίζεται με τους αισθητήρες που συλλέγουν μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο, το οποίο μπορεί να επιτευχθεί είτε χειροκίνητα, είτε αυτοματοποιημένα, όπως θα δούμε παρακάτω. Αναλυτικότερα στην περίοδο της καλλιέργειας με βάση τα δεδομένα του εδάφους που υπάρχουν ή έχουν συλλεχθεί η σπορά επιτυγχάνεται με μεταβλητά ποσοστά σποράς προσαρμοσμένα σε κάθε ζώνη και όχι απλά σε κάθε αγροτεμάχιο, γεγονός που συμβαίνει και στα λιπάσματα. Το ποσοστό αυτό προκύπτει από δεδομένα που αφορούν ασθένειες, παράσιτα κτλ. Κατά τη συγκομιδή, η παρακολούθηση απόδοσης καταγράφεται σε συνδυαστικά αρχεία που αναλύονται και χαρτογραφούνται, όπου οι μεταβλητές τιμές βοηθούν τον αγρότη να αποφασίσει αν οι μέθοδοι που χρησιμοποίησε ήταν οι βέλτιστες και πως θα προγραμματίσει την επόμενη περίοδο του. Επιπλέον για τα δεδομένα που εξάγονται (δειγματοληψία) από το έδαφος γίνονται και εργαστηριακές αναλύσεις θρεπτικών συστατικών (άζωτο, φώσφορο, κάλιο). Δίνοντας μια βάση μεταβλητών πληροφοριών .

Το δεύτερο στάδιο αφορά την **ερμηνεία/ανάλυση και λήψη αποφάσεων**: συγκρίνει τις μετρήσεις με τους κανόνες που έχουν τεθεί που καθορίζουν την επιθυμητή απόδοση (στόχοι συστήματος που αφορούν π.χ. τις παραμέτρους της ποσότητας, της ποιότητας και του χρόνου παραγωγής), σηματοδοτεί αποκλίσεις και αποφασίζει για την κατάλληλη παρέμβαση σε περιοχές που έχουν σηματοδοτηθεί βάσει των αναγκών τους. Με απώτερο στόχο τον καθορισμό ζωνών διαχείρισης εντός του αγροτεμαχίου (Blackmore et al., 2003). Το στάδιο αυτό σχετίζεται με την VRT (τεχνολογία μεταβλητών τιμών) και VRA (εφαρμογή μεταβλητού ρυθμού) η οποία αναφέρεται στην ανάπτυξη αυτοματοποιημένων ψεκαστήρων μεταβλητού ρυθμού, οι οποίοι αποτελούν ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο στη γεωργία ακριβείας. Οι μηχανές αυτές προγραμματίζονται για να παρέχουν ακριβώς τη σωστή ποσότητα χημικών ουσιών που είναι απαραίτητες σε ένα πεδίο, μετά από εισροή από την αναζήτηση καλλιεργειών και την ανάλυση της μεταβλητότητας των συνθηκών του εδάφους.

Το τρίτο στάδιο αφορά την **υλοποίηση της** επιτόπιας εργασίας και των παρεμβάσεων κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προηγούμενου σταδίου σχεδιάζεται και υλοποιείται την επιλεγείσα παρέμβαση για να διορθώσει τις επιδόσεις των γεωργικών διαδικασιών. Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να προσαρμοστεί ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη στήριξη της εφαρμογής των μεταβλητών στις ανάγκες καλλιέργειας (VRA) σε κάθε μία από τις ζώνες διαχείρισης του αγροτεμαχίου (Bowers et al., 2001). Για την επίτευξη του κύκλου γεωργίας ακριβείας αρχικά επιτυγχάνεται η συλλογή δεδομένων είτε από προηγούμενα έτη είτε της παρούσης, κατόπιν ακολουθεί η ανάλυση των δεδομένων και τέλος η υλοποίηση. Όπου στην υλοποίηση περιλαμβάνονται η προετοιμασία του εδάφους, η διαχείριση (σπορά, λίπανση, ψεκασμός) και η συγκομιδή. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1 Κύκλος γεωργίας ακριβείας στην φυτική παραγωγή

Αναλυτικότερα και εντάσσοντας τα παραπάνω στον κύκλο ΓΑ φυτικής παραγωγής που προαναφέραμε έχουμε ως εξής: (κατά την παρούσα εργασία ενοποιούμε τα δύο πρώτα στάδια)

Για την συλλογή δεδομένων και για την ερμηνεία-λήψη αποφάσεων ΓΑ:

- Δειγματοληψία
- Χαρτογράφηση
- Εδαφολογικοί χάρτες- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
- Αισθητήρες Χαρτογράφησης
- GPS-GIS
- Δορυφορικές εικόνες

Για την εφαρμογή- υλοποίηση ΓΑ:

Λίπανση

Εντομοπαγίδες

Ψεκασμός ακριβείας

Drones

Αυτόματο Σύστημα διεύθυνσης

Σπορά Ακριβείας

Άρδευση Ακριβείας

Και το οποίο παρακάτω κεφάλαιο θα έχει την ίδια δομή.

2.3 Γεωργία Ακριβείας στη Φυτική Παραγωγή

Οι μεγάλες τεχνολογικές εξελίξεις έχουν δώσει την ώθηση σε πολλούς ανθρώπους να ασχοληθούν με τομείς που βελτιώνουν την ποιότητα ζωής τους. Με τάση των ανθρώπων να δαπανούν λιγότερο από το 10% του εισοδήματός τους για τρόφιμα, προτιμώντας την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, έτσι καταλαβαίνουμε πως με την κουλτούρα των ανθρώπων για συνεχή βελτίωση, ανεπηρέαστος τομέας δεν μπορούσε να μείνει και ο τομέας της γεωργίας της οποίας καθοριστικός παράγοντας επιτυχίας και υιοθέτησης των τεχνολογιών γεωργίας ήταν και μεν τα τεράστια επιτεύγματα αλλά και τα διατηρούμενα στην πάροδο του χρόνου γεωργικά επιτεύγματα (Gandini, 2010). Συγκεκριμένα τον περασμένο αιώνα οι τεχνολογικές εξελίξεις που βιώσαμε ήταν η μηχανοποίηση κατά την οποία στα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1900 τα ζώα

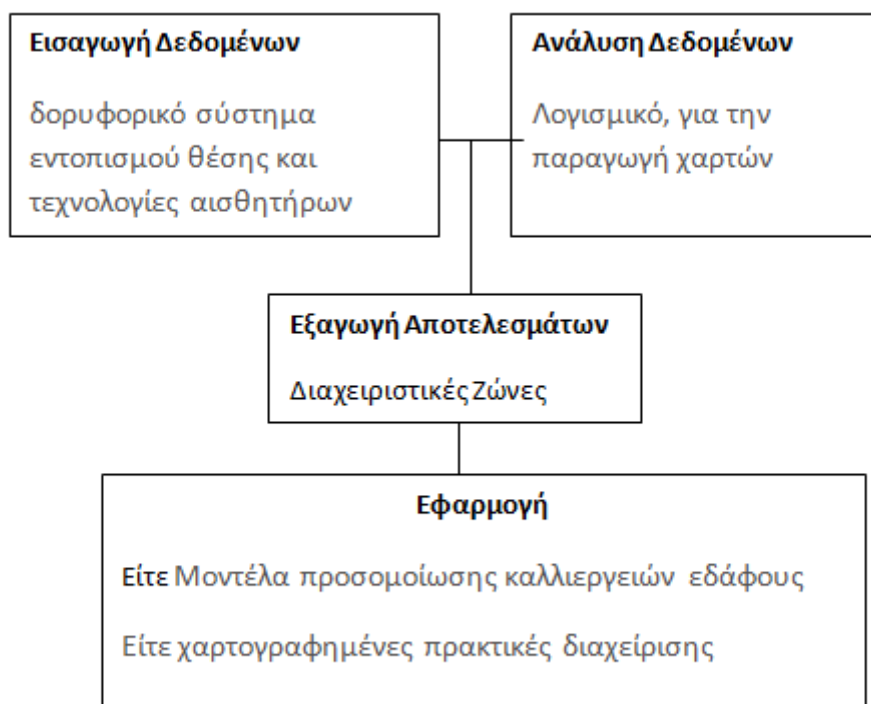
αντικαθίστανται από μηχανήματα και κατ' επέκταση υπήρξε και περισσότερη έκταση γης προς διάθεση καλλιέργειας αφού πλέον δεν διατίθεται για παραγωγή ζωοτροφών. Δημιουργήθηκε μια εντελώς νέα βιομηχανία γεωργικών μηχανημάτων και οι ενεργειακές πηγές άλλαξαν τελείως. Οι αυξήσεις στην αποδοτικότητα ήταν τεράστιες, αυξάνοντας σημαντικά την έκταση και την παραγωγή που θα μπορούσε να διαχειριστεί ένας γεωργός. Παράλληλα επανάσταση έφεραν τα χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία που αναπτύχθηκε στην πολεμική προσπάθεια, έγιναν διαθέσιμα νέα, φθηνότερα χημικά λιπάσματα και παρασιτοκτόνα για να αντιμετωπιστεί μια μεγάλη ποικιλία ασθενειών και παρασίτων των εντόμων που από καιρό είχαν μαστίσει τους αγρότες. Ο συνδυασμός βελτιωμένης γονιμότητας και φυτοπροστασίας ενίσχυσε περαιτέρω τις αποδόσεις και βελτίωσε τη κερδοφορία των γεωργών (Sabur & Molla, 2001). Στη συνέχεια, πιο πρόσφατα, οι παραγωγοί των Η.Π.Α. κινήθηκαν γρήγορα για να υιοθετήσουν γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες, ξεκινώντας από τη σόγια Roundup Ready της Monsanto το 1996. Τα τεράστια οφέλη για τους αγρότες έχουν ωθήσει τις φυτείες σε 169 εκατομμύρια στρέμματα στις ΗΠΑ, κυρίως καλαμπόκι, σόγια και βαμβάκι. Η παγκόσμια φύτευση υπερβαίνει σήμερα τα 430 εκατομμύρια στρέμματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των Υβριδίων αποτελεί το ρύζι και συγκεκριμένα στις Φιλιππίνες εδρεύει το Διεθνές έρευνας ρυζιού (IRRI), που ιδρύθηκε το 1962 με χρηματοδότηση των ΗΠΑ (<http://irri.org/blogs/irri-history>), σε μια εποχή που η τεράστια πληθυσμιακή έκρηξη απειλούσε την ίδια την επιβίωση των πεινασμένων λαών της Ασίας. Για να αυξήσουν την παραγωγή του ρυζιού, οι τεχνικοί του IRRI δημιούργησαν στα εργαστήρια νέες πιο ανθεκτικές και παραγωγικές ποικιλίες. Τα λιπάσματα έδωσαν τόσο πολύ καρπό που οι ίδιοι αναγκάστηκαν να βρουν τρόπο να μειώσουν το ύψος του φυτού, για να μην τσακίζεται από το βάρος του. Έτσι μείωσαν την περίοδο ανάπτυξης του φυτού από 160 σε 110 μέρες ώστε με το κατάλληλο πότισμα να φυτρώνουν δυο με τρεις σοδειές κάθε χρόνο. Οι νέες ποικιλίες-νάνοι του IRRI ήταν τόσο αποδοτικές και ευπροσάρμοστες ώστε σε περίοδο 25 ετών από το 1967 έως το 1992 η παγκόσμια παραγωγή ρυζιού διπλασιάστηκε (προσ. συν/ξη. Κουκουρικής Κωνσταντίνος).

Πολλοί εμπειρογνώμονες υποδεικνύουν ότι οι δυνατότητες των ΓΤΟ (γενετικά τροποποιημένων οργανισμών) παραμένουν τεράστιες όταν εισάγονται περισσότερα γνωρίσματα με οφέλη που προκύπτουν άμεσα στους καταναλωτές (Wunderlich & Gatto,

2015). Ένα τέτοιο όφελος είναι η γεωργία υψηλής ακρίβειας, η οποία βελτιώνει σημαντικά την αποδοτικότητα της χρήσης των πόρων, αυξάνει τις αποδόσεις και μειώνει το μοναδιαίο κόστος, ενώ παράλληλα συμβάλλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της γεωργίας. Ταυτόχρονα, άλλες νέες προσεγγίσεις περιλαμβάνουν καλύτερη αξιοποίηση μηχανών, βελτιωμένες λειτουργίες υποβολής εκθέσεων και συμμόρφωσης, αλλά και αυξημένες αξίες περιουσιακών στοιχείων. Πλέον σήμερα, είμαστε στο στάδιο για εξ ολοκλήρου αυτόνομες μηχανές, ελκυστήρες και εργαλεία που ελέγχονται από εξαιρετικά ευαίσθητους και εξελιγμένους αισθητήρες και συστήματα καθοδήγησης και υλοποιούν την κατεύθυνση του ελκυστήρα (Baillie et..al.. 2018). Τώρα αρχίζουν να υλοποιούνται πλήρως, αλλά και υπόσχονται τεράστιες δυνατότητες για πολύ ενισχυμένη διαχειριστική ικανότητα. Παράδειγμα χαρακτηριστικό αυτού αποτελεί η συγκομιδή 350 στρέμματα καλαμποκιού την ημέρα (Cohen, 2016) Προκειμένου όμως να εφαρμοστεί η γεωργία ακριβείας απαιτούνται τα ακόλουθα μέσα:

- ένα δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης, για την ανίχνευση της θέσης στην οποία πρέπει να γίνεται γεωγραφική αναφορά οποιασδήποτε μετρούμενης παραμέτρου πεδίου και, στη συνέχεια, επίσης και για τη θέση στην οποία πρέπει να εφαρμόζεται κάθε συντελεστής εισροής καλλιέργειας ώστε κάθε μηχανή να μπορεί να εφαρμόσει τον μεταβλητό ρυθμό εισαγωγής που απαιτείται από την καλλιέργεια σε κάθε περιοχή πεδίου (ζώνη διαχείρισης) (Georgi, Spengler, Itzerott, Kleinschmit, 2017).
- αισθητήρες, για τη μέτρηση των παραμέτρων του εδάφους και της καλλιέργειας ενός πεδίου (Gemtos, Cavalaris, Caramoutis, Anagnostopoulos, Giouvanidis & Fountas, 2015).
- Συσκευές για τη ρύθμιση και τον έλεγχο των εφαρμογών εισροών καλλιέργειας με μεταβλητό ρυθμό (Yang, 2001).
- Λογισμικό, για την παραγωγή χαρτών των παραμέτρων εδάφους και καλλιέργειας εντός του πεδίου και εκείνων των εφαρμογών εισροών ποσοστών καλλιέργειας, καθώς και για την ερμηνεία των μετρηθέντων δεδομένων (Psannis, Stergiou & Gupta.Finch, 2014).

- Μοντέλα προσομοίωσης καλλιεργειών εδάφους, για τον εντοπισμό των αιτίων της χωρικής μεταβλητότητας εντός του πεδίου, προκειμένου να προσαρμοστούν οι ρυθμοί εισροών των καλλιεργειών από την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Tola, Madugundu, Zeyada, Kayad & Biradarc, 2016).



Εικόνα 2 Εφαρμοσμένη Γεωργία Ακριβείας

3. Συλλογή δεδομένων και για την ερμηνεία-λήψη αποφάσεων ΓΑ

3.1 Δειγματοληψία Εδάφους

Ο όρος αυτός αναφέρεται στην καταγραφή των ιδιοτήτων του εδάφους και της καλλιέργειας. Αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '90 και ήταν η βάση για την δημιουργία ζωνών. Η κλασική διαχείριση των αγροτεμαχίων βασιζόταν σε ένα δείγμα των εδαφικών ιδιοτήτων του αγρού. Η κάθε εργασία που αφορούσε το χωράφι γινόταν ενιαία για όλο το αγροτεμάχιο είτε πρόκειται για λίπασμα είτε για νερό είτε άλλων παραγόντων που αφορούσαν κάθε αγροτεμάχιο. Πλέον, η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στη γεωργία επέτρεψε την εκτίμηση της παραλλακτικότητας των αγρών και οδήγησε στην ανάπτυξη ενός νέου κλάδου, της Γεωργίας Ακριβείας (ΓΑ). Έτσι η διαχείριση

γίνεται με γνώμονα της δειγματοληψίας (με βάση συγκεκριμένων εδαφολογικών χαρακτηριστικών) (Ηλιοπούλου 2017).

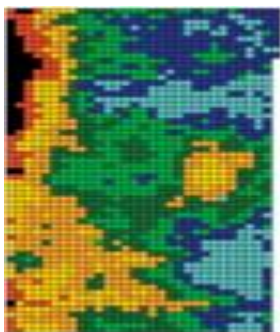
Η τακτική δειγματοληψία και ανάλυση του εδάφους είναι η βάση για ένα πρόγραμμα λίπανσης με μεταβλητές δόσεις. Ένα ορθό πρόγραμμα δειγματοληψίας πρέπει να ακολουθεί κάποιους κανόνες, συγκριμένα πρέπει να:

1. Γίνεται διαχωρισμός του αγροτεμαχίου λόγω της ενδεχόμενης ανομοιογένειας που θα παρουσιάζει.
2. Συλλέγεται δείγμα από σημεία με ανομοιογένεια
3. Συλλέγεται ίση ποσότητα εδάφους από κάθε σημείο
4. Αποκλείεται η συλλογή δείγματος από σημεία που έχουν επιρροή από διαφόρους εξωτερικούς παράγοντες (υγρασία)
5. Συλλέγεται δείγμα πριν την σπορά
6. Σε καθιερωμένες καλλιέργειες η δειγματοληψία γίνεται κάθε 3 χρόνια
7. Σε κάθε αλλαγή φυτείας γίνεται δειγματοληψία (Ηλιοπούλου 2017)

Οι δύο πιο κύριες μέθοδοι δειγματοληψίας του εδάφους είναι:

- Δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling)
- Δειγματοληψία με βάση τον τύπο του εδάφους (soiltypesampling)

Στην περίπτωση δειγματοληψίας πλέγματος γίνεται διαχωρισμός του αγροτεμαχίου τε κελιά, τα οποία αντιπροσωπεύουν ιδιότητες του κελιού εξάγοντας έτσι αποτελέσματα για μέρος του χωραφιού. Η διαφορά με την δειγματοληψία με βάση τον τύπο εδάφους είναι πως μπορούμε να έχουμε περισσότερα δείγματα, αλλά και δείγματα από μια μικρή περιοχή (Erickson et..al. 2015).



Εικόνα 3 Δειγματοληψία Πλέγματος (Παπαιοκονόμου Αγροχημικά ΑΒΕΕ)

Στη δειγματοληψία με βάση τον τύπο του εδάφους, ο παραγωγός ορίζει από τους εδαφολογικούς χάρτες τις ζώνες διαχείρισης κάνοντας δειγματοληψία από το μέρος του χωραφιού που παρουσιάζει παραπλήσια χαρακτηριστικά (Erickson et.al. 2015).



Εικόνα 4 Βάση τύπου πλέγματος (Παπαικονόμου Αγροχημικά ΑΒΕΕ)

Η διαφορά με την προηγούμενη μέθοδο είναι ότι εδώ οι αποστάσεις μεταξύ των δειγμάτων δεν είναι ίδιες, Μπορεί να έχει πιο πολύπλοκα σχέδια, εξοικονόμηση χρόνου και λιγότερα δείγματα, υποθέτει ότι η μεταβλητότητα πεδίου χαρτογραφείται με ακρίβεια συνεπώς ελλοχεύει και ο κίνδυνος ανάμιξης εδάφους με ποικίλες ιδιότητες. Στις μέρες μας η δειγματοληψία του εδάφους γίνεται με ένα μοντέρνο τρόπο με την χαρτογράφηση εδάφους όταν πρόκειται για μεγάλες εκτάσεις αγροτεμαχίων. (Erickson et.al. 2015)

3.2 Χαρτογράφηση

Η χαρτογράφηση των εδαφών είναι ο προσδιορισμός της παραλλακτικότητας του εδάφους και όταν αναφερόμαστε σε παραγωγή εννοούμε την διαδικασία με την οποία επιδιώκουμε να μετρήσουμε την παραγωγή ενός χωραφιού σε κάθε σημείο του κατά τη διάρκεια της συγκομιδής και να την αναπαραστήσουμε γραφικά με τη μορφή ενός χάρτη. Με την ψηφιακή χαρτογράφηση προκύπτουν εδαφολογικοί χάρτες διαφορετικών παραμέτρων για κάθε χωράφι και στη συνέχεια καθορίζονται σε κάθε προκύπτων χάρτη, ζώνες διαχείρισης με απώτερο σκοπό την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις. Από τη χαρτογράφηση των αγροτεμαχίων με τις καινούριες μεθόδους, προκύπτουν ψηφιακοί εδαφικοί χάρτες διαφόρων εδαφικών παραμέτρων για κάθε χωράφι. (Φούντας κ.α.2015). Η πείρα των αγροτών τους έχει διδάξει εδώ και χρόνια πως δεν έχουν όλα τα σημεία του χωραφιού την ίδια απόδοση, οδηγώντας έτσι στην ανάγκη μέτρησης και

χαρτογράφησης αυτής της μεταβλητότητας η οποία ονομάζεται χαρτογράφηση ζώνης. Οι χάρτες ζωνών χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό περιοχών εντός ενός πεδίου που εκφράζουν μια παρόμοια σύνθεση ενός ή περισσότερων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των εδαφικών ιδιοτήτων (δομή, οργανικό περιεχόμενο, βάθος και αποστράγγιση), επίπεδα θρεπτικών ουσιών, τοπογραφία (επίπεδες, κυλιόμενες εκβολές) ανάπτυξη και απόδοση. Προϋπόθεση για τη χαρτογράφηση αυτών των παραγόντων είναι η ικανότητα να μετρηθούν με ακρίβεια και συνέπεια με αρκετά υψηλή ανάλυση ώστε να είναι σε θέση να διορθώσουν διαφορές στο επίπεδο υποπεδίων. Το οποίο επιτυγχάνεται με την χρήση φασματικών αισθητήρων οι οποίοι συλλέγουν εικόνες σε ανάλυση 30 μέτρων για πολυφασματικές ζώνες. Χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς ζωνών, είναι δυνατόν να μετρηθούν διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες, ιδιαίτερα οι ιδιότητες του εδάφους και η κατάσταση της βλάστησης. Χρησιμοποιούμενες η κάθε μία από αυτές ξεχωριστά ή και σε συνδυασμό μπορούμε να έχουμε δεδομένα σχετικά με τις συνθήκες του αγρού, όπως οι ιδιότητες του εδάφους, η κατάσταση της βλάστησης, η ιστορική απόδοση και η κατάσταση της καλλιέργειας (Doraiswamy κ.α, 2004).

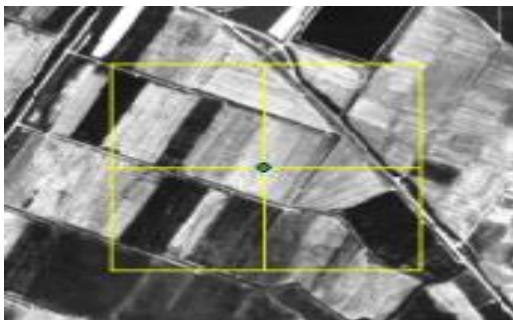


Εικόνα 5 Χαρτογραφημένο τεμάχιο (<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c03-p01.gr.html>)

Υπάρχουν 2 μέθοδοι χαρτογράφησης των αγροτεμαχίων, αυτές είναι οι εξής: Κλασσική, και μέσω αεροφωτογραφιών.

Κλασσική μέθοδος:

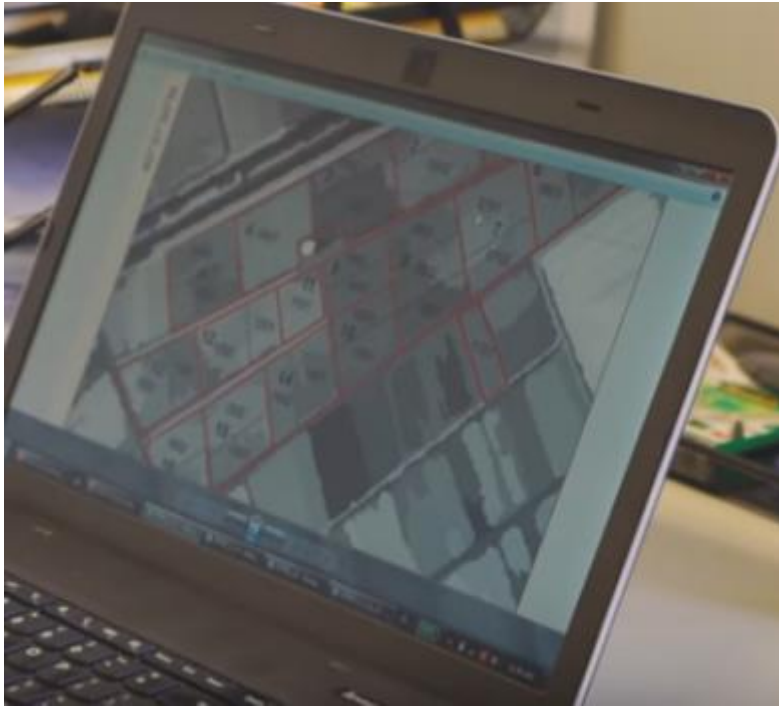
Η μελέτη και ο καθορισμός σημείων σταθερών, που εξαρτώνται από την κλίμακα χαρτογράφησης, σημεία που έχει εξετάσει γεωπόνος και ορίζει την παραλλακτικότητα τους και τέλος ο συνδυασμός και των δυο. Η μέθοδος αυτή πλέον χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που η καλλιεργητική επιφάνεια είναι επίπεδη και ο ορισμός του αγρού έχει πολύ συγκεκριμένα σημεία, όπως και στην περίπτωση του χαλαστρινού κάμπου. Γεγονός όμως που αυξάνει τον χρόνο προετοιμασίας, το πλήθος του προσωπικού αλλά και μας παρέχει ένα μη αντικειμενικό δείγμα, αφού κατά τον προσωπικό έλεγχο που πραγματοποιήθηκε, κάθε γεωπόνος για το ίδιο τεμάχιο μας έδινε άλλα χαρτογραφικά σημεία (προς. συν/ξη με αγρότες).



Εικόνα 6 Γειτνίαση κλασσικής μεθόδου

Αεροφωτογραφίες

Είναι η μέθοδος με την οποία συλλέγουμε δεδομένα που μας αφορούν για το εκάστοτε αγροτεμάχιο και των παραμέτρων που θέλουμε να εξετάσουμε, βάσει των καλλιεργειών που σκοπεύουμε να σπείρουμε. Τα δεδομένα αυτά πολλές φορές αποτελούνται και από παρελθοντικά πρόσφατα έτη.



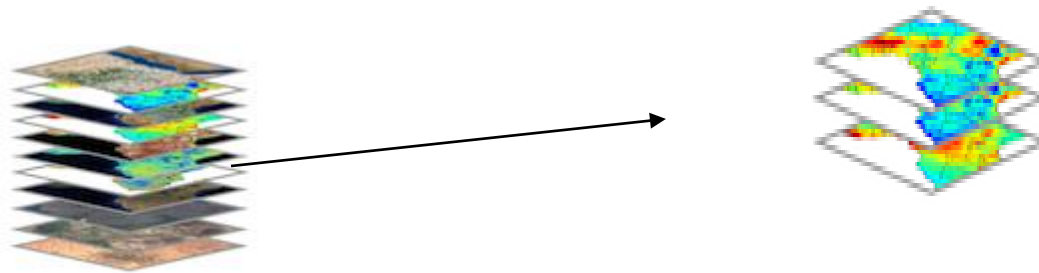
Εικόνα 7 Απεικόνιση χαρτογράφησης αγροτεμαχίου από λογισμικό Soil-R.

Τέτοιες παράμετροι που επηρεάζουν τη διαδικασία προετοιμασίας ενός χωραφιού, είναι:

1. Η ποσότητα των θρεπτικών ουσιών του εδάφους όπως N, P, K, αλλά και ιχνοστοιχεία (Ca, Mg, S, B κ.α.). διότι με βάση αυτά τα στοιχεία θα καθοριστεί η σωστή ποσότητα που θα χρησιμοποιηθεί και η ορθή εφαρμογή τους. (κατάλληλο βάθος)
2. Η οξύτητα του εδάφους
3. Το ποσοστό υγρασίας
4. Η θερμοκρασία που συσχετίζεται με την γονιμότητα του εδάφους.

3.3 Εδαφολογικοί Χάρτες

Ο εδαφολογικός χάρτης είναι μια γεωγραφική απεικόνιση που αναπαριστά τις ιδιότητες του εδάφους που έχουν συλλεχθεί από την χαρτογράφηση και αφορούν τα ιχνοστοιχεία, το βάθος και την οργανική ύλη. Τα αποτελέσματα από την παραπάνω ανάλυση αποτελούν την είσοδο στο λογισμικό του καλίου (K_2O), του φωσφόρου (P_2O_5) και του επιπέδου pH, που χρησιμοποιείται από την εκάστοτε υπηρεσία ή οργανισμό, τα οποία εξάγουν χάρτες που αφορούν αυτά τα ιχνοστοιχεία και την κατανομή τους στο υπό μελέτη αγροτεμάχιο (www.agrolab.gr).



Εικόνα8 Αποτέλεσμα εδαφ.χάρτη

Εικόνα 9 Είσοδος δεδομένων από την χαρτογράφηση (Sendra & Lloret, 2017)

1. Τα διαφορετικά χρώματα στον χάρτη πεδίου αποτυπώνουν την έλλειψη ή την κάλυψη στα θρεπτικά συστατικά. Οι εδαφολογικοί χάρτες πλέον προκύπτουν από σύγχρονες τεχνικές χαρτογράφησης εδάφους και από GIS, γιατί και μας παρέχουν αρκετές λεπτομέρειες του εδάφους (Bobryk et.al 2016).

Οι χάρτες μπορούν να βοηθήσουν στο να αποφασιστεί ποια καλλιέργεια καλλιεργείται και ποιο λίπασμα να επιλέξει.



Εικόνα 10 Εδαφολογικός χάρτης φωσφόρου (www.agrolab.gr)

Από την παραπάνω απεικόνιση μπορούμε να αποφασίσουμε με ακρίβεια και ταχύτητα πόση ποσότητα φωσφόρου απαιτείται σε κάθε καθορισμένο σημείο

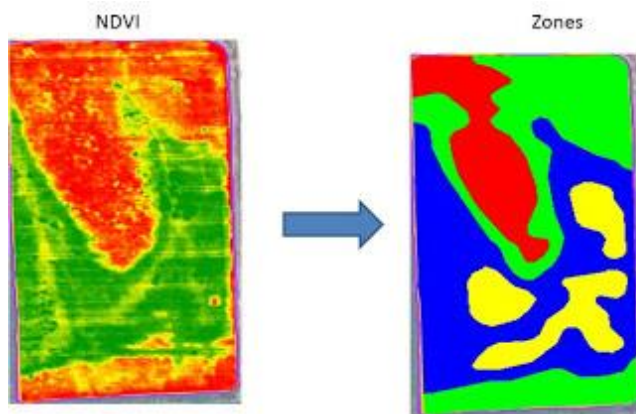
Η διαδικασία προετοιμασίας εδαφολογικών χαρτών ακολουθεί μια συγκεκριμένη σειρά η οποία έχει ως ακολούθως:

1. Εισαγωγή των ιχνοστοιχείων ως δεδομένα για το σύστημα
2. Τμηματοποίηση σε ζώνες διαχείρισης που καθορίζονται από τα παραπάνω αποτελέσματα
3. Διαστρωματική απεικόνιση για την κατανόηση όλων των παραμέτρων ακόμη και του βάθους του εδάφους.

3.3.1 Διαχειριστικές ζώνες

Η Γεωργία Ακριβείας στηρίζεται στη διαμόρφωση ζωνών διαχείρισης στο χωράφι. Λέγοντας ζώνη διαχείρισης, εννοούμε τμήμα του αγροτεμαχίου που παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διεύθυνση μπορεί να είναι κοινή με άλλα τμήματα του αγροτεμαχίου (Kitchen et al., 2005). Όπως προαναφέραμε για να κατανοηθεί και να αναλυθεί η αξία αυτών των δεδομένων πρέπει να ενσωματωθούν σε εξειδικευμένο λογισμικό, με αποτέλεσμα ο χάρτης ζωνών που προκύπτει να έχει όλες τις συνιστώσες που στοχεύει η εφαρμογή γεωργίας ακριβείας. Για καλλιέργειες όπως καλαμπόκι και ρύζι, που είναι ποτιστικές καλλιέργειες, εξαρτώνται από τις βροχοπτώσεις, οι χάρτες ζωνών αναπτύσσονται συνήθως για εφαρμογή λιπασμάτων και σπόρων με μεταβλητό ρυθμό (VR). Οι κανόνες που διέπουν τις αγροτικές διαχειριστικές

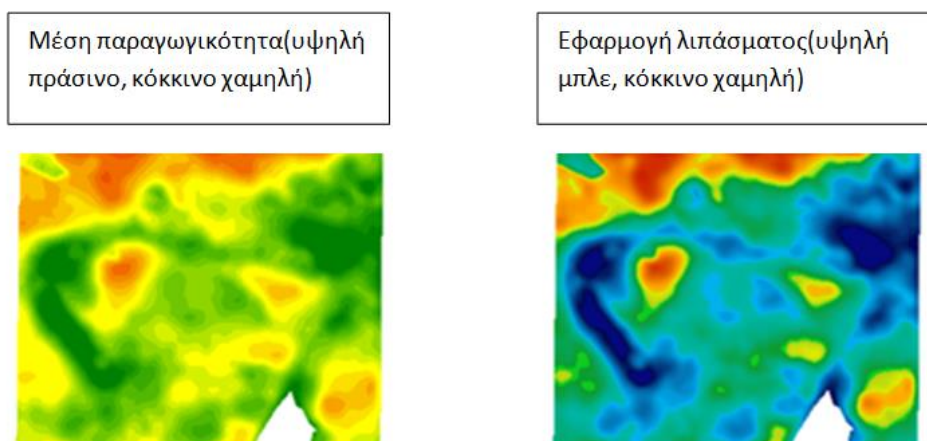
ζώνες είναι η πρόβλεψη για μη μεταβλητότητα κάθε καλλιεργητικής περιόδου, η ευκολία χρήσης τους, το χαμηλό κόστος και η καλλιεργητική απόδοση κάθε ζώνης. Αλλά και το μέγεθος κάθε ζώνης συνδέεται άμεσα με το μέγεθος του χωραφιού, την δυνατότητα του αγρότη να μεταβάλλει κάθε φορά τις εισροές αλλά και την παραλλακτικότητα του αγροτεμαχίου. Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης μας δίνει έναν δείκτη, το δείκτη NCE (normalized classification entropy) με δύο διακριτές τιμές 0 και 1, όπου μας δίνει το ποσοστό της ασάφειας από μια συγκεκριμένη γειτνίαση. Συγκεκριμένα όταν οι τιμές είναι πιο κοντά στο 0 τότε το δείγμα είναι περισσότερο οργανωμένο, σε αντίθεση με το δείγμα όταν είναι κοντά στο 1 που μας δείχνει την μη συσχέτιση των κλάσεων (Cillis et..al. 2018).



Εικόνα 11 απεικόνιση διαχειριστικών ζωνών

Έπειτα ακολουθεί η εφαρμογή των εισροών (νερό, σπόρος, λίπασμα) που εξαρτάται από τις ανάγκες της κάθε ορισμένης ζώνης, ονομάζοντας την τεχνική αυτή εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις. Καθώς την στηρίζουν δυο μέθοδοι εφαρμογής εισροών μεταβλητών δόσεων με χρήση χαρτών (mapBased VRA) και με χρήση αισθητήρων (sensor based VRA) και διακρίνονται σε τρεις τύπους ανάλογα με το προϊόν που εφαρμόζεται, υγρά, στερεά και σπόρος. Στην δεύτερη περίπτωση η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων χρησιμοποιεί δεδομένα από αισθητήρες που δουλεύουν σε πραγματικό χρόνο (realtime). Οι αισθητήρες αυτοί παίρνουν δεδομένα που

σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, ενώ παράλληλα το μηχάνημα μετακινείται στο αγροτεμάχιο (on-the-go) (Heege, 2013). Στη συνέχεια, το σύστημα ελέγχου χρησιμοποιεί αυτόματα τα δεδομένα από τους αισθητήρες για να προσαρμόσουν τις εισροές (πχ λιπάσματα, φυτοφάρμακα) στις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών. Βασικό χαρακτηριστικό είναι πως οι αισθητήρες πρέπει να παρέχουν συνεχώς δεδομένα στον controller , έτσι ώστε να επιτυγχάνεται προσαρμοσμένη λειτουργία εισροών σε κάθε σημείο του αγρού. Επομένως μιλάμε για πραγματικού χρόνου εισροές(απαραίτητη χρήση GPS), των οποίων τα δεδομένα είναι η βάση για μετέπειτα χάρτες παραγωγής. (Doraiswamy et..al. 2004). Επομένως με τον ορισμό των ζωνών διαχείρισης αυξάνουμε τον βέλτιστο διαμοιρασμό εισροών για την μεγαλύτερη επίτευξη απόδοσης, αφού έχουμε ελαχιστοποιήσει τις απώλειες και το αναδιανέμαμε σε σημεία που ήταν απαραίτητο (Zhang et.al. 2010).



Εικόνα 12 Απεικόνιση παραγωγικότητας αγροτεμαχίου

Ωφέλη

1. Λαμβάνονται ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τις θρεπτικές ουσίες στο έδαφος.
2. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δοκιμών του εδάφους, μπορεί να γίνει σχέδιο απλού ή μεταβλητού ρυθμού λίπανσης.
3. Όταν είναι γνωστή η οξύτητα του εδάφους, είναι πιθανό να αποφασιστεί εάν ένα πεδίο ή ορισμένα τμήματα του θα πρέπει να λιπανθούν με ασβεστόχο λίπανση.

4. Η δειγματοληψία και η δοκιμή του εδάφους συμβάλλουν στην εξοικονόμηση χρημάτων, καθώς η γνώση των ακριβών αποτελεσμάτων σε διάφορα τμήματα του πεδίου επιτρέπει τη μικρότερη κατανάλωση λιπασμάτων.

5. Ο έλεγχος του εδάφους θα συμβάλει στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας και της οικονομικής βιωσιμότητας στο αγρόκτημα.

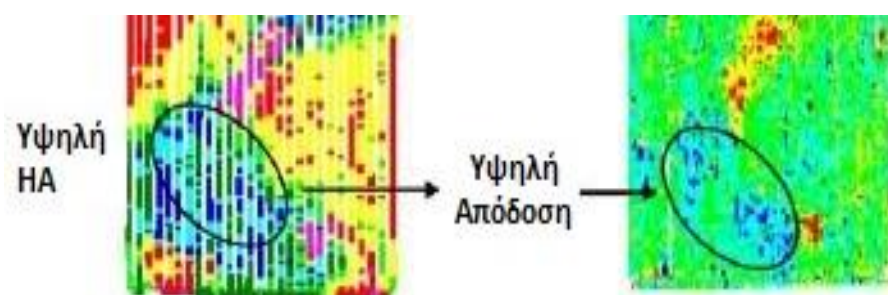
3.4 Χαρτογράφηση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Εδάφους

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας η μέτρηση της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ομοιογενών ζωνών διαχείρισης στο έδαφος (Kitchen et al., 2005) του αγρού που χαρακτηρίζονται σαφέστερα με την ανάλυση εδαφικών δειγμάτων. Οι αγρότες που εφαρμόζουν γεωργία ακριβείας μπορούν πλέον να συλλέγουν λεπτομερέστερες πληροφορίες σχετικά με τα χωρικά χαρακτηριστικά των γεωργικών τους δραστηριοτήτων από ποτέ άλλοτε. Εκτός από τους χάρτες αποδόσεων, ορίων και πεδίων, αναπτύσσονται νέοι ηλεκτρονικοί, μηχανικοί και χημικοί αισθητήρες για τη μέτρηση και τη χαρτογράφηση πολλών ιδιοτήτων εδάφους και φυτών. Η Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (ΗΑ) του εδάφους είναι μία από τις απλούστερες, λιγότερο ακριβές μετρήσεις εδάφους που διατίθενται σήμερα στους αγρότες ακριβείας. Η μέτρηση της ΗΑ του εδάφους μπορεί να παρέχει περισσότερες μετρήσεις σε μικρότερο χρονικό διάστημα από την παραδοσιακή δειγματοληψία εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ορίζεται ως η ευκολία με την οποία περνάει το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τη μάζα του. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται σε mSiemens/m και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι (Friedman, 2005) :

- Η μηχανική σύσταση του εδάφους.
- Η συμπίεση του εδάφους. Όσο πιο μεγάλη τόσο μεγαλύτερη και η αγωγιμότητα
- Η περιεκτικότητα σε νερό. Όσο πιο μεγάλη τόσο μεγαλύτερη και η αγωγιμότητα
- Η αλατότητα. Όσο πιο μεγάλη τόσο μεγαλύτερη και η αγωγιμότητα .
- Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Όσο πιο μεγάλη τόσο μεγαλύτερη και η αγωγιμότητα

- Η θερμοκρασία του εδάφους.

Πέραν από τους παραπάνω σταθερούς παράγοντες υπάρχουν και άλλοι που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα, και αυτοί σχετίζονται με τους παράγοντες της χαρτογράφησης που αναφέραμε παραπάνω, συγκεκριμένα όταν αποφασίζεται να αλλάξει μια καλλιέργεια ή όταν γίνεται συγκομιδή και κατ' επέκταση ισοπέδωση αγροτεμαχίων. Διότι σχετίζονται με την μεταφορά της ύλης, αλλάζει το βάθος του αγρού, αλλά μεταβάλλεται το είδος καλλιέργειας που ενδεχομένως θα έχει άλλες αρδευτικές ανάγκες.



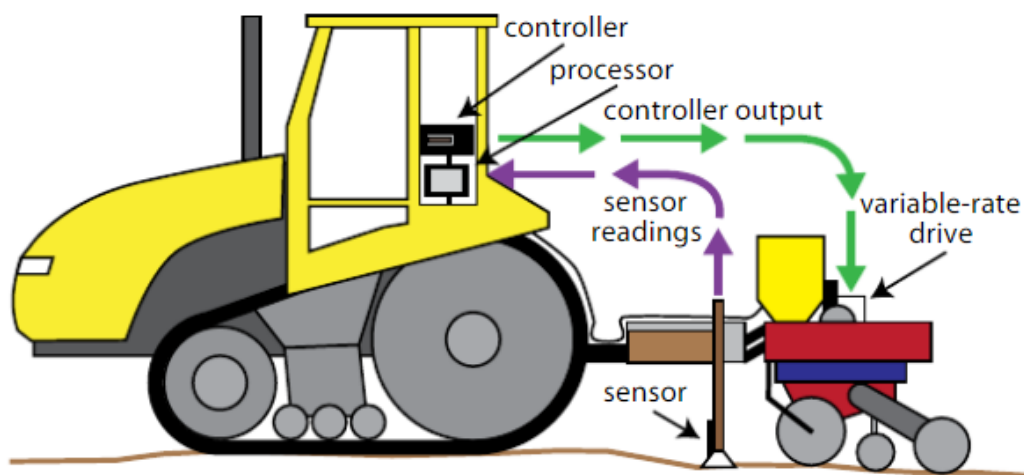
Εικόνα 13 Απεικόνιση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (<https://pubs.ext.vt.edu/442/442-508/442-508.html>)

Πως μπορεί η ΗΑ να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία?

Οι αγρότες με την χρήση γεωργίας ακριβείας μπορούν να προβούν σε μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας και κατά συνέπεια να φτιάξουν συγκεντρωμένα ως προς την διάταξη δεδομένα που περιγράφουν την σύσταση του εδάφους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα όπως αναφέρθηκε και παραπάνω διαφοροποιείται, επομένως καταλήγουμε στο γεγονός πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα εξαρτάται άμεσα από την υφή του εδάφους και επιδρά άμεσα στην παραγωγική απόδοση του εκάστοτε αγροτεμαχίου, δηλαδή όσο μεγαλύτερη η ηλεκτρική αγωγιμότητα τόσο μεγαλύτερη και η απόδοση αγροτικής εκμετάλλευσης. Αναλυτικότερα, όταν αναφερόμαστε στην ΗΑ εννοούμε τέσσερα κριτήρια, α) την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων μεταξύ πηλού και οργανικής ύλης, β) το βάθος του πηλού γ) πορώδες διότι όσο πιο μικρή είναι σύσταση (πορώδες) τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση ηλεκτρικής ενέργειας δ) Αποστράγγιση που σχετίζεται με την δυνατότητα συγκράτησης νερού, επομένως περιοχές με συγκράτηση νερού παρέχουν μεγαλύτερη αρδευτική κάλυψη, επομένως και απόδοση (Φουντάς κ.α. 2015).

Για να μετρηθεί η ηλεκτρική αγωγιμότητα υπάρχουν δύο μέθοδοι οι οποίες είναι: με ηλεκτρομαγνητική επαφή και με επαφή

Στην πρώτη, της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, μετριέται η επίδραση του εδάφους σε συγκεκριμένο μαγνητικό πεδίο, όπου επίδραση αυτή σχετίζεται με την εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η μέθοδος αυτή είναι δύσκολη στην εφαρμογή απαιτεί συχνή βαθμονόμηση, είναι ευαίσθητη σε παρεμβολές μεταλλικών αντικειμένων και δίνει μετρήσεις που αφορούν ένα βάθος (Grisso & Alley & Thomason & Holshouser, 2011).



Εικόνα 14 Μέθοδος ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (Grisso & Alley & Thomason & Holshouser, 2011)

Με την **μέθοδο της επαφής** (contact method) μετριέται η πτώση δυναμικού μεταξύ ηλεκτροδίων στο έδαφος. Δηλαδή το ρεύμα διέγερσης δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο χαμηλής συχνότητας με ισχύ που αντιστοιχεί στην απόσταση μεταξύ του καθετήρα και του υλικού βάσης. Ο τρόπος αυτός προσφέρει ευκολία, ταχύτητα και χαμηλό κόστος. Αυτός επιτυγχάνεται με την μηχανισμό υψηλής τεχνολογίας, κατά την διάρκεια κίνησης-σάρωσης του αγροτεμαχίου με έναν ελκυστήρα δίνοντας μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο και με την βοήθεια μια οθόνης που υπάρχει μέσα στο όχημα ο γεωργός βλέπει το κάθε σημείο που έχει σαρώσει βάσει δεδομένων GPS. Εν συνεχεία οι τιμές και το στίγμα μεταφέρονται σε υπολογιστή και με το κατάλληλο λογισμικό μετατρέπονται σε χάρτη.

Όπου και εδώ πραγματοποιείται σε κάθε διαχειριστική ζώνη , εισροή μεταβλητών δόσεων (Φουντάς κ.α. 2015).

3.5 Αισθητήρες στη Γεωργία

Η απόκτηση των πληροφοριών περιβάλλοντος μας παρέχει μια πολύτιμη συμβολή στην μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών των αγροτεμαχίων, η οποία επιτυγχάνεται μέσω αισθητήρων. Η χρήση των αισθητήρων στηρίζει τις γεωργικές πρακτικές σε όλους τους τομείς χρήσεών τους, αλλά και μειώνοντας το μέγεθός τους με την πρόοδο της τεχνολογίας, έχουν καταστεί μέρος της καθημερινότητάς μας. Η εφαρμογή τους στον αγροτικό τομέα θέτουν τις απαιτήσεις τους που σχετίζονται με 1) την συλλογή των πληροφοριών σχετικά με την καλλιέργεια του εδάφους και των καιρικών συνθηκών, 2)την παρακολούθηση των αγροτεμαχίων ως προς την παραλλακτικότητα τους, 3) την δυνατότητα καλλιέργειας διαφορετικών καλλιεργειών σε ένα χωράφι, 4) την κάλυψη διαφορετικών αναγκών σε νερό και λίπασμα, 5) την κάλυψη καλλιεργητικών αναγκών σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες (Skierucha, Wilczek & Walczak, 2004). Ο εξοπλισμός των γεωργικών μηχανημάτων καλύπτει σύγχρονες, όπως τρακτέρ, ψεκαστήρες, λεβητοστάσια πραγματοποιώντας διαφορετικές μετρήσεις στις οποίες οι οποίες εμπίπτουν στις ακόλουθες κατηγορίες:

Σε αυτόματο σύστημα οδήγησης για την αποφυγή εμποδίων με χρήση των GPS, (Krantz et..al. 2014) σε σύστημα ελέγχου εργαλείων πχ (ύψος βραχιόνων ψεκασμού), σε συστήματα παρακολούθησης απόδοσης όπως η συγκομιζόμενη ποσότητα καλλιέργειας, σε σύστημα ελέγχου ποσότητας λιπασμάτων και άρδευση για την ομαλή καλλιέργεια, αντιμετώπιση ζιζανίων- εντόμων, αλλά και όσον αφορά τις μετρήσεις που γίνονται από τον «αέρα» μέσω drones και δορυφόρων (Φουντάς κ.α, 2015). Οι τελευταίες μετρήσεις χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για τον προσδιορισμό της υγείας της καλλιέργειας και μπορούν να καθορίσουν τους δυσμενείς παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια, όπως έλλειψη θρεπτικών ουσιών ή παρουσία παρασίτων. Ομοίως, μπορούν να διεξάγουν τοπογραφικές και άλλες φυσικές έρευνες όπως η διάβρωση και η παρακολούθηση των πλημμυρών.

3.6 Αισθητήρες Χαρτογράφησης

Στους αισθητήρες χαρτογράφησης συγκαταλέγονται οι απλοί αισθητήρες εδάφους, οι οποίοι μας παρέχουν αποτελέσματα σχεδόν αμέσως μετά την εισαγωγή ενός καθετήρα στο έδαφος έχοντας μια απλή οθόνη LCD, οι σύγχρονοι αισθητήρες μέσω wifi ή καλωδίου USB και οι οπτικοί. Για την κατανόηση της κατηγοριοποίησης των αισθητήρων τους διακρίνουμε σε αισθητήρες που εφαρμόζονται για την μέτρηση της καλλιέργειας του εδάφους (χαρτογράφηση) και σε αισθητήρες των γεωργικών μηχανημάτων (Zhang, Wang, Wang, 2002).

Αρχικά στους αισθητήρες χαρτογράφησης πλέον αναφερόμαστε στους οπτικούς αισθητήρες και συγκεκριμένα σε αυτούς που μετρούν την βλάστηση κάθε φυτού βάσει του NVDI (δείκτης βλάστησης) για την ποσοτικοποίηση των συγκεντρώσεων πράσινης βλάστησης παγκοσμίως. Για να μπορέσουν να προσδιορίσουν την χλωροφύλλη σε ένα μέρος αγροτεμαχίου πρέπει να μετρηθούν τα διακριτά μήκη κύματος του υπέρυθρου ηλιακού φωτός που ανακλάται στα φυτά (<https://www.esa.com>). Όταν το ηλιακό φως προσπίπτει πάνω στο φυτό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται και άλλο αντανακλάται, η οποία διαφορά μετράται και ποσοτικοποιείται προκύπτοντας ο δείκτης αυτός ο οποίος δίνεται από τον λόγο: $NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$



Εικόνα 15 Αισθητήρας NVDI



Εικόνα16: Δείκτης NDVI (https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_GR/SE_MRTITWT1H_0.html)

Η μη υγιής ή αραιή βλάστηση (δεξιά) ανακλά περισσότερο ορατό φως και λιγότερο εγγύς υπέρυθρο φως. Οι αριθμοί στην εικόνα αντιπροσωπεύουν πραγματικές τιμές, ωστόσο η πραγματική βλάστηση είναι πολύ πιο μεταβλητή (Mosleh et..al. 2015). Ένα παράδειγμα οπτικού συστήματος ανίχνευσης της ανάπτυξης της καλλιέργειας που χρησιμοποιείται σε οχήματα εδάφους είναι το N-sensor της Νορβηγικής εταιρείας Yara International. Το οποίο χρησιμοποιεί το ανακλώμενο φως και το απορροφημένο καθώς διέρχεται από την καλλιέργεια για να υπολογίσει την ποσότητα της χλωροφύλλης του φυτού για τον υπολογισμό απαιτήσεων του σε άζωτο. Συγκεκριμένα το LS (Active Light Source) χρησιμοποιεί λαμπτήρες φώτων xenon αντί για φυσικό φως, επιτρέποντάς του να λειτουργεί σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού περιβάλλοντος και τη νύχτα.



Εικόνα 17 Σύστημα αισθητήρα ψεκασμού (<http://www.agro-office.com/en/agro-office-maps-2/>)

Ένα παρόμοιο σύστημα ψεκασμού φυτοφαρμάκων είναι είναι το GreenSeeker και WeedSeeker από την Trimble. Το σύστημα είναι τοποθετημένο συνήθως στον βραχίονα ψεκασμού, όπου τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό ποσοτήτων φυτοφαρμάκων. Η weedseeker βασίζεται σε πηγή φωτός led με δύο μήκη κύματος στο οποίο ο αισθητήρας συγκρίνει το ανακλώμενο φως του φυτού αναγνωρίζοντας έτσι εν έχει κάποιο ζιζάνιο το φυτό και ενεργοποιείται μια σωληνοειδής βαλβίδα που ψεκάει το

το φυτό αι όχι το έδαφος, μειώνοντας έτσι και την περιττή ποσότητα χημικών (<https://www.trimble.com/mappinggis/index.aspx>).

3.6.1 Αισθητήρες σε γεωργικά μηχανήματα και ρομπότ

Ότι αφορά την μέτρηση των καλλιεργειών σε μηχανήματα και ρομπότ διακρίνονται δύο κατηγορίες μέτρησης, οι ποσοτικές και οι ποιοτικές.

Οι ποσοτικές αφορούν αισθητήρες μέτρησης της ροής του σπόρου, μέθοδοι μέτρησης του όγκου του σπόρου, μέθοδοι μέτρησης του βάρους του σπόρου, συστήματα με μέτρηση της δύναμης ή της πίεσης από τη ροή του σπόρου και τα ποιοτικά την Συστήματα καταγραφής της υγρασίας του σπόρου, μέτρηση της περιεκτικότητας του σπόρου, μέτρηση της ταχύτητας εργασίας (Φουντάς κ.α 2015)

Οι ρομποτικές μηχανές αποτελούν το αντικείμενο μιας σημαντικής προσπάθειας έρευνας και ανάπτυξης και παίζουν ολοένα και σημαντικότερο ρόλο σε μια σειρά γεωργικών εφαρμογών και θα είναι καθοριστικής σημασίας για τη γεωργία ακριβείας. Είναι εξοπλισμένα με ένα ευρύ φάσμα αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή λειτουργιών όπως καθοδήγηση, πλοήγηση, αποφυγή εμποδίων, ανίχνευση καλλιεργειών και σειρών, χαρακτηρισμός καλλιεργειών και ανίχνευση ζιζανίων (Φουντάς κ.α 2015).

3.6.2 Γενική ταξινόμηση των αισθητήρων παραγωγής

Με βάση τα προαναφερόμενα μπορούμε να ταξινομήσουμε τους αισθητήρες όπως παρακάτω:

Τύπος αισθητήρα	Εφαρμογή
Υπερηχητικοί αισθητήρες	Ψεκασμός από απόσταση
Υπέρυθροι αισθητήρες	Σπορά ακριβείας- αποξήρανση
Φορτίου	Υπολογισμός βάρους σποράς
Λείζερ	Καθοδήγηση, μέτρηση ύψους καλλιέργειας, αποφυγή εμποδίων
Αισθητήρες μαγνητικής ροής	Απομάκρυνση περιστροφικών αξόνων
Χωρητικότητας	Υπολογισμός υγρασίας σποράς
Ροής	Υπολογισμός βάρους
Φωτοηλεκτρικοί	Όγκος σποράς
Κρούσης	Παρακολούθηση απώλειας σποράς

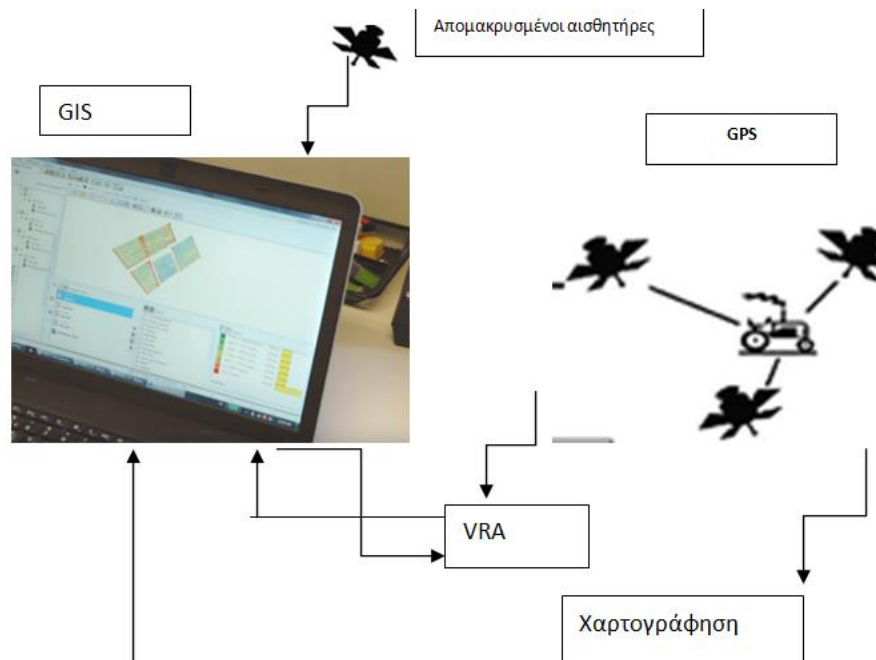
Εικόνα 18 Ταξινόμηση αισθητήρων γεωργικής εκμετάλλευσης

3.7 GIS και GPS

Η χρήση του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS), και το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), σε εφαρμογές γεωργικών εκμεταλλεύσεων έγκειται στην δημιουργία χαρτογράφησης του εδάφους, οι οποίοι χάρτες παράγονται μέσω GPS και GIS και γίνεται η οριοθέτηση των ομοιογενών μονάδων για να αποφασιστεί το μέγεθος της δειγματοληψίας. Με την χρήση των εν λόγω συστημάτων είναι εφικτή η παρακολούθηση των αναγκών για λίπανση σε μια χρονική περίοδο. Καθώς με την βοήθεια των χαρτών οι αγρότες μπορούν να αποφασίσουν για την βέλτιστη παροχή λιπασμάτων σε περιοχές που είναι αναγκαίο, κάνοντας τα αγροτεμάχια πιο εύφορα (<https://el.wikipedia.org/wiki>).

Το GPS αποτελείται από τρία βασικά μέρη: το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης. Το δορυφορικό τμήμα (SS) αποτελείται από 24 έως 32 δορυφόρους σε μεσαία τροχιά της Γης. Αυτοί βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη σε απόσταση 20.200 χιλιόμετρα από την επιφάνεια της γης με ακτίνα της τροχιάς είναι περίπου 26.600 χλμ , κάθε δορυφόρος κάνει δύο πλήρεις τροχιές κάθε μέρα, επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία κάθε μέρα. Γεγονός που σημαίνει πως ακόμη και με 4 δορυφόρους κάποιος θα είναι διαθέσιμος. Από τον Φεβρουάριο του 2016, υπάρχουν 32 δορυφόροι εκ των οποίων οι 31 χρησιμοποιούνται, βελτιώνοντας την ακρίβεια αποτελεσμάτων στον δέκτη. Πλέον Περίπου εννέα δορυφόροι είναι ορατοί από οποιοδήποτε σημείο στη γη ανά πάσα στιγμή ,εξασφαλίζοντας διαθεσιμότητα πάνω από τους ελάχιστους τέσσερις δορυφόρους που απαιτούνται για μια θέση (https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System). Το δεύτερο βασικό μέρος του GPS είναι το τμήμα ελέγχου. Αυτό αποτελείται από 4 επίγειους σταθμούς οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε συγκεκριμένα σημεία στη γη. Αυτοί είναι εφοδιασμένοι με δέκτες για να λαμβάνουν τις πληροφορίες από τους δορυφόρους και μετά από την επεξεργασία τους τα στέλνουν στον κεντρικό σταθμό ελέγχου που βρίσκεται στο Colorado των ΗΠΑ. Στη συνέχεια, ο κεντρικός σταθμός ελέγχου επεξεργάζεται περαιτέρω τις πληροφορίες για να υπολογίσει τις ακριβείς τροχιές των δορυφόρων και να ενημερώνει τα σήματα πλοήγησης. Το τρίτο βασικό μέρος του GPS είναι το τμήμα χρήσης και απαρτίζεται από τους χρήστες του GPS που είναι κυρίως απλοί πολίτες σε όλο τον κόσμο οι οποίοι δεν χρειάζεται να έχουν κάποια ειδική άδεια λειτουργίας, καθώς

δεν έχουν το δικαίωμα να στέλνουν πληροφορίες παρά μόνο να δέχονται (Φουντάς κ.α 2015).



Εικόνα 19 Απεικόνιση επικοινωνίας GPS από λογισμικό Κράββα

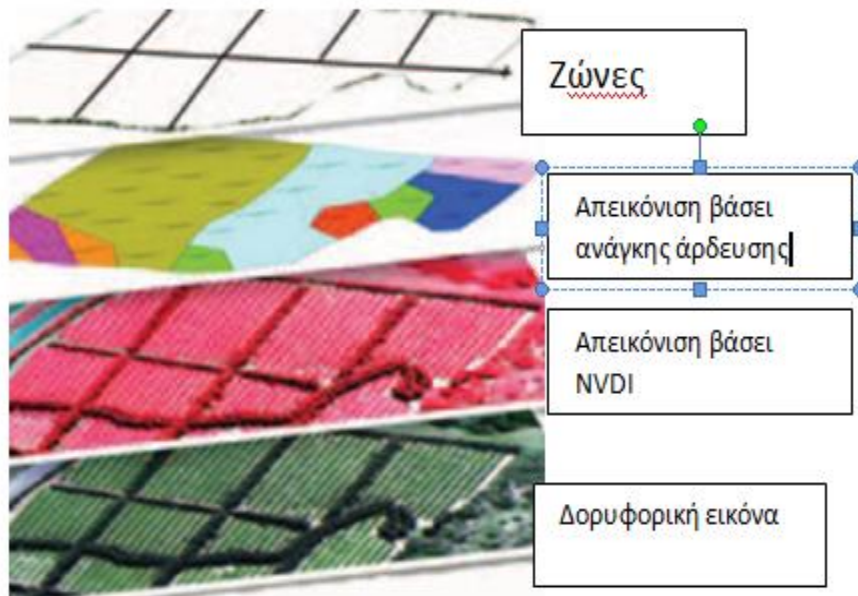
Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι τα σημαντικότερα εργαλεία στη Γεωργία Ακριβείας. Πρόκειται για υπολογιστικά συστήματα σχεδιασμένα να υποστηρίζουν τη συλλογή, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, μοντελοποίηση και απεικόνιση δεδομένων που αναφέρονται στον χώρο (συνδεδεμένα με συντεταγμένες) και μεταβάλλονται στον χρόνο (Longley et al. 2005). Σημαντική δυνατότητα αυτών των συστημάτων, που τα διαφοροποιεί από τη συνήθη απεικόνιση των δεδομένων, είναι η δυνατότητα συνδυασμού μη όμοιων δεδομένων σε μια κοινή βάση δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά περιέχουν πληροφορίες σχετικές με το ανάγλυφο της επιφάνειας της γης, τα χαρακτηριστικά και τα στοιχεία που την απαρτίζουν (National Research Council, 1997). Τα δεδομένα της βάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολλούς χρήστες, να επεξεργάζονται, να εμπλουτίζονται και γενικά να αποτελούν μια δυναμική πηγή δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται ως επίπεδα (layers) που μπορούν να αντιπροσωπεύουν μια σειρά από μεταβλητές. Ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών

(GIS Software) έχει σχεδιαστεί με στόχο την αποθήκευση, ανάκτηση, διαχείριση, εμφάνιση και ανάλυση όλων των τύπων γεωγραφικών και χωρικών δεδομένων. Το λογισμικό GIS επιτρέπει τη δημιουργία στοιχείων όπως χάρτες και άλλες γραφικές απεικονίσεις γεωγραφικών πληροφοριών για ανάλυση και παρουσίαση (Wieczorek & Delmerico, 2009).

Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε πως σήμερα η γεωργία ακριβείας είναι αδύνατη χωρίς το λογισμικό GIS και συσκευές GPS. Κάθε έξυπνη τεχνολογία συνεργάζεται με δεδομένα GIS και GPS. Από όλα τα είδη χαρτών έως και τη διαδικασία για δειγματοληψία εδάφους και όλα τα δεδομένα παρακολούθησης, όλα βασίζονται στο GIS. Είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν χάρτες VRA, να ληφθούν δείγματα εδάφους από σωστά πεδία, να παρακολουθείται η απόδοση και πολλά άλλα έργα στην αγροτική ακρίβεια χωρίς συσκευή GPS (Tayari, Jamshid & Goodarzi, 2015).

3.8 Δορυφορικές Εικόνες

Οι δορυφορικές εικόνες είναι χαρτογραφικές απεικονίσεις διάφορων χωρικών, φασματικών και χρονικών αναλύσεων για να εξυπηρετήσει σκοπούς εκτίμησης υγείας φυτών, εντοπισμό ενδεχόμενης προσβολής παρασίτων, καθορισμού απόδοσης και ανάλυσης εδαφών ακόμη και του βάθους τους (Zhang, Huang, Yuan, Yang & Chunjiang Zhao, 2015). Οι εικόνες μπορούν να παρουσιάσουν διακυμάνσεις της οργανικής ύλης και των μορφών αποστράγγισης. Τα εδάφη που είναι υψηλότερα στην οργανική ύλη μπορούν να διαφοροποιηθούν από το ελαφρότερο αμμώδες έδαφος που έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ύλη. Αυτές οι πληροφορίες είναι πολύτιμες όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με βοηθητικά δεδομένα για τον ορισμό ζωνών διαχείρισης ενός πεδίου. Μόλις συλλεχθούν τα δεδομένα, μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα περιβάλλον χαρτογράφησης όπως το GIS για τη διαχείριση και τον έλεγχο της γεωργίας. (Kussul 2015). Συνήθως για να ελέγξουμε την κατάσταση του αγροτεμαχίου που το κάνουμε μέσω aerial tools (δορυφορικές φωτογραφίες), σε αυτές περιλαμβάνονται 4 επιπέδων αεροφωτογραφίες. (σε περίπτωση αναγκών άρδευσης)

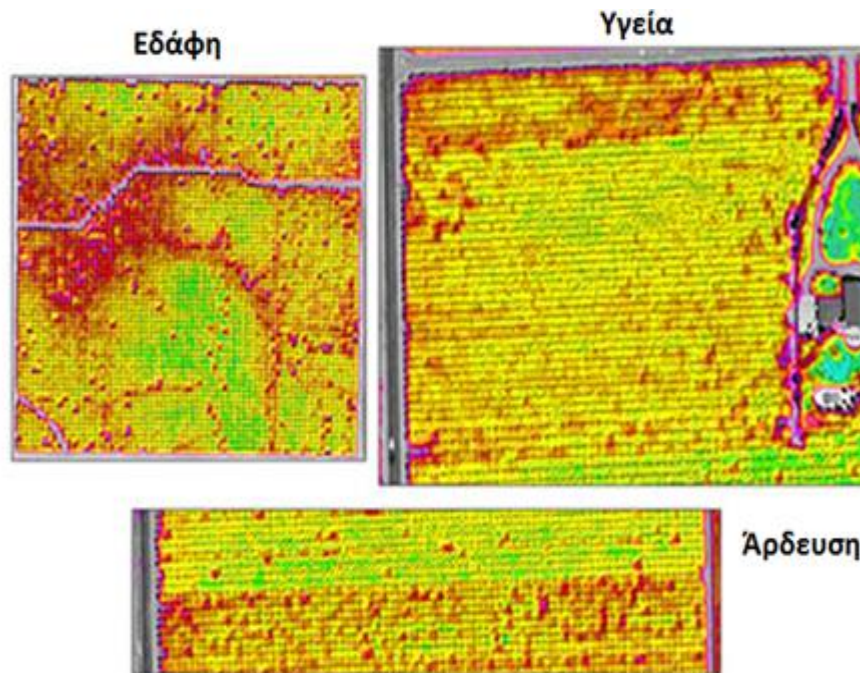


Εικόνα 20 Απεικόνιση αγροτεμαχίου με δείγμα GPS (Sendra & Lloret, 2017)

T

ο

πρώτο επίπεδο το οποίο μας δίνει τις δορυφορικές συντεταγμένες και την ακριβή χαρτογράφηση των εκάστοτε αγροτεμαχίων. Το NDVI επίπεδο μας απεικονίζει μέσω αλγόριθμου υπολογισμού δείκτη βλάστησης την υγεία των καλλιεργειών, ακόμη και την αρδευτική πίεση που περνά. Το αμέσως επόμενο επίπεδο υπολογισμού άρδευσης είναι ένα επίπεδο υπολογισμού το οποίο απεικονίζει μετά από υπολογισμούς τις διαφορετικές ζώνες αναγκών άρδευσης κάθε σημείου. Τέλος το επίπεδο ζωνών είναι το επίπεδο στο οποίο μπορούμε να επεξεργαστούμε το αγροτεμάχιο και να ανασχεδιάσουμε την περιοχή (Arango et..al 2017).



Εικόνα 21 απεικόνιση σε περίπτωση άρδευσης (όσο πιο πράσινο τόσο μεγαλύτερη βλάστηση)

Με σημαντικότερες στη γεωργία ακριβείας τις εικόνες υπέρυθρων φίλτρων οι οποίες συνήθως αναλύονται μέσω του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης διαφοράς (NDVI), ο οποίος όπως προαναφέραμε είναι ένας απλός γραφικός δείκτης που μετρά την ποσότητα της ζωντανής βλάστησης σε ένα φυτό, όπως η περιεκτικότητά του σε χλωροφύλλη.

4.Λίπανση Ακριβείας

Σε ότι αφορά τις εφαρμογές των δεδομένων μέσω των συστημάτων που προαναφέραμε αρχικά σε αυτές περιλαμβάνεται η λίπανση ακριβείας στην οποία εφαρμόζονται οι παραπάνω τεχνολογίες που προαναφέραμε. Η Γεωργία Ακριβείας(ΓΑ) χρησιμοποιείται μέσω VRI (variable rate inputs), που επιτρέπει τη διαφοροποίηση των εισροών ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα σε πρακτικό επίπεδο μπορούμε να εφαρμόσουμε άλλη ποσότητα λιπάσματος σε διαφορετικά μέρη του χωραφιού, αλλού να ψεκάσουμε και αλλού όχι, αλλού να εφαρμόσουμε λιγότερο νερό και αλλού περισσότερο Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους (Pedersen et..al 2017)

1. Με πληροφορίες που αποσπάμε από παρελθοντικά έτη που αφορούν τα αγροτεμάχια. Συγκεκριμένα αναλύουμε τα στοιχεία των προηγούμενων ετών που αφορούν τις εκάστοτε ανάγκες παραγωγής κάθε σημείου και εφαρμόζουμε την αντίστοιχη ποσότητα λιπάσματος. Γεγονός που ήδη θα έχουμε αποσπάσει μέσω χαρτογράφησης προκύπτοντας είτε σημεία παραγωγής με μέγιστη, ελάχιστη παραγωγή, όχι όμως αυτά τα σημεία με μεταβλητότητα στην παραγωγή, εκεί θα πρέπει να εξετάσουμε τι είναι αυτό που προκαλεί μεταβολές. Οι παραπάνω ενέργειες (ιστορικό, αναλύσεις, μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας), γίνονται με όργανα που εύκολα υπάρχουν. Για την εφαρμογή λιπάσματος παίρνοντας σαν δεδομένα τα στοιχεία από προηγούμενες περιόδους δημιουργούμε χάρτες εφαρμογής που τροφοδοτούν τους λιπασματοδιανομείς για την επίτευξη δόσεων που έχουμε καθορίσει, η οποία επιτυγχάνεται μέσω μεταφοράς δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, από αισθητήρες (Kokkonis, Psannis & Roumeliotis, 2016).
2. Κατά την εφαρμογή του λιπασματοδιανομέα λαμβάνονται κάποια χαρακτηριστικά του εδάφους ή των φυτών και η δόση ρυθμίζεται επί τόπου "on the go". Με πιο σύνθητη τακτική την μέτρηση χρώματος των φυτών, αφού όπως προαναφέραμε, το χρώμα υποδηλώνει την υγεία των φυτών και την επάρκεια αζώτου, που σε θεωρητικό επίπεδο αν εξαιρέσουμε όλες τις άλλες ασθένειες, θα εφαρμόσουμε λίπασμα σε φυτά με λιγότερο πράσινο χρώμα (συνήθως σιτάρι και βαμβάκι). Γενικότερα τα μηχανήματα άμεσης ρύθμισης δεν χρειάζονται GPS για να λειτουργήσουν και είναι απλούστερα στη χρήση από τους αγρότες καθώς δεν χρειάζονται χάρτες εφαρμογής και προηγούμενα συγκεντρωμένα στοιχεία (Maguire, 2009).

Ο σκοπός της δημιουργίας ενός χάρτη λίπανσης αποσκοπεί στην γραφική αναπαράσταση για κάθε ζώνη και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως

- η σύσταση του εδάφους
- Δειγματοληψία

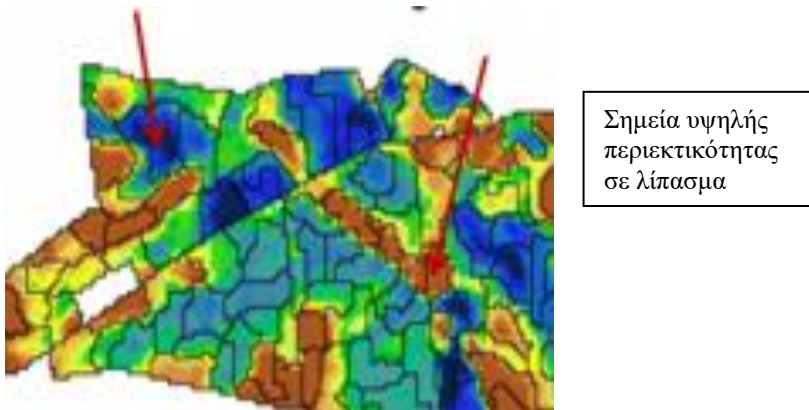
- Είδος καλλιέργειας
- Κοκκομετρική σύνθεση εδάφους

Από παράγοντες που αφορούν προηγούμενα έτη

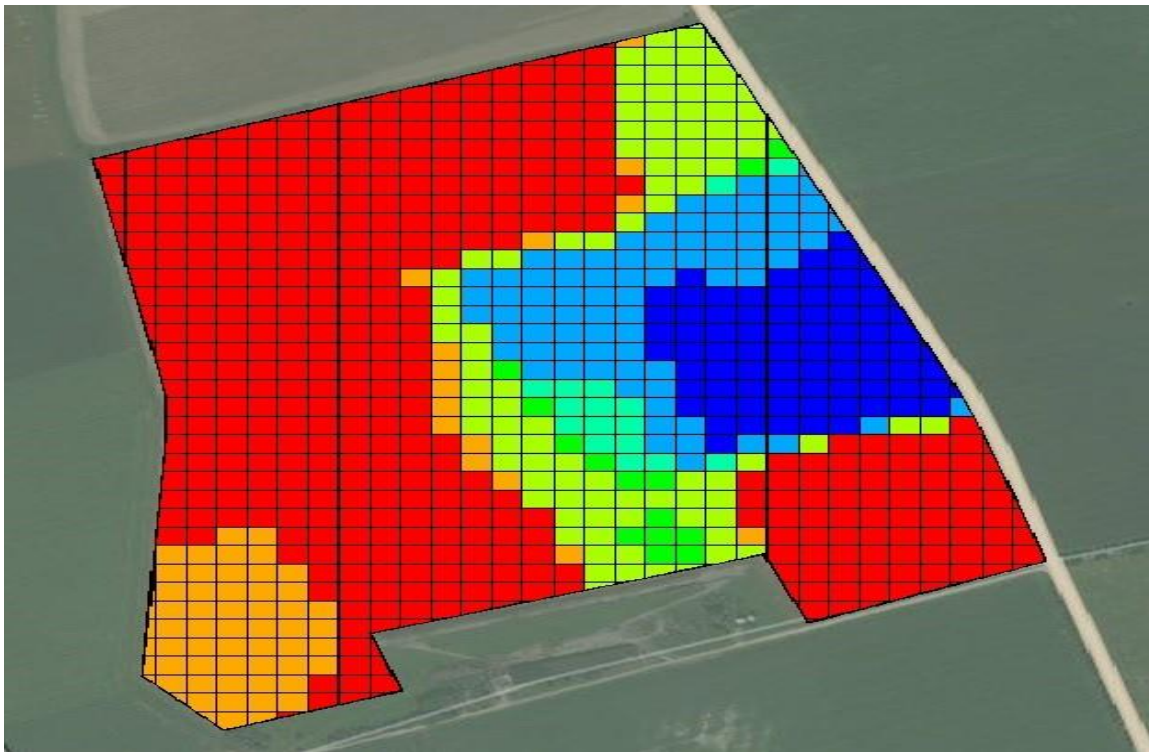
- Προηγούμενη απόδοση
- Προηγούμενο είδος καλλιέργειας
- Και από την νομοθεσία
- Απαγόρευση λίπανσης

Σε πρακτικό επίπεδο σε περίπτωση εφαρμογής αζωτούχων λιπασμάτων υπάρχουν 3 στάδια. Αρχικά είναι:

Ο βασικός χάρτης για την εξαγωγή ζωνών διαχείρισης με διαφορετικές ανάγκες λίπανσης, ακολουθεί ο χάρτης πιθανότητας απόδοσης που μας προσφέρει την δυνατότητα προγραμματισμού της λίπανσης με άζωτο, σύμφωνα με τον στόχο που θέσαμε και τέλος ένας συνδυαστικός χάρτης που μας επιτρέπει τόσο την προσαρμογή λίπανσης όσο και τον προσδιορισμό ιδανικού χρονισμού για την εφαρμογή αζώτου. Ο βασικός χάρτης αποτελεί την ιδανική βάση για τον προγραμματισμό συγκεκριμένων εφαρμογών λίπανσης, η οποία εξαρτάται από τις ανάγκες κάθε ζώνης. Παρακάτω βλέπουμε σχετικό παράδειγμα.



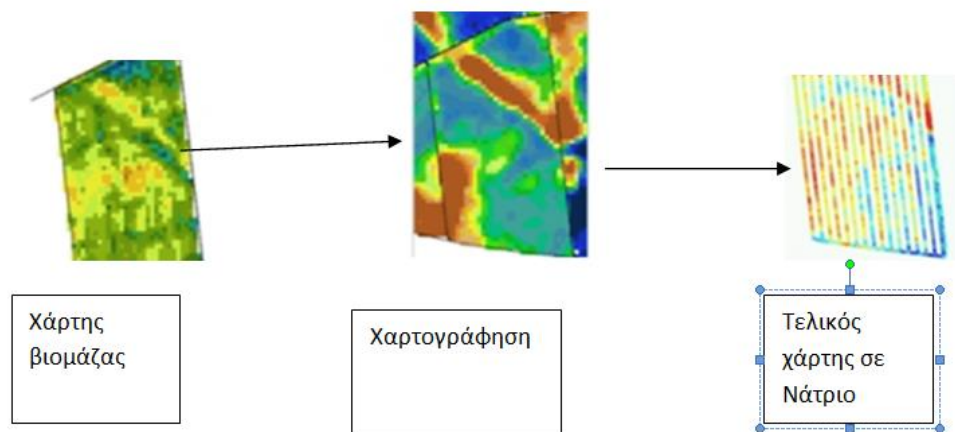
Εικόνα 22 χάρτης πιθανότητας απόδοσης με ορισμό στόχου συνδυασμός χαρτών



Εικόνα 23 Χάρτης σύστασης λίπανσης

Μια δεύτερη επιλογή είναι να συνδυάσουμε τον συγκεκριμένο χάρτη δυναμικού απόδοσης με τη σύσταση λίπανσης για την καλλιεργούμενη ποικιλία σε κάθε πεδίο για να προσαρμόσουμε τη γονιμοποίηση στην απόδοση στόχου. Λαμβάνοντας υπόψη την αποθήκευση αζώτου (N_{min}) στο έδαφος και τη συγκεκριμένη σύσταση λιπάσματος για συγκεκριμένες ζώνες, η πρώτη εφαρμογή του οργανικού λιπάσματος προσαρμόζεται στο συγκεκριμένο δυναμικό από τον Χάρτη Πιθανότητας Απόδοσης. Με τον τρόπο αυτό η προετοιμασία του εδάφους βρίσκεται σε βέλτιστο επίπεδο για την επερχόμενη περίοδο ανάπτυξης χωρίς περιττή επιβάρυνση του περιβάλλοντος (Pedersen et..al. 2017).

Τέλος Διάφορες επιστημονικές μελέτες και πρακτικές δοκιμές έδειξαν ότι ένας συνδυασμός μακροπρόθεσμου δυναμικού απόδοσης και της τρέχουσας κατάστασης ανάπτυξης και προμήθειας της καλλιέργειας οδηγεί στα καλύτερα αποτελέσματα στην αζωτούχο λίπανση. Με την εξαγωγή μακροπρόθεσμων προτύπων βιομάζας από δεδομένα αρχειοθέτησης και τον υπολογισμό της τρέχουσας κατάστασης βιομάζας με τρέχοντα δορυφορικά δεδομένα και ένα μοντέλο ανάπτυξης επιτρέπεται η κατασκευή του χάρτη προσέγγισης επικάλυψης σε μια ενιαία, περιεκτική πηγή δεδομένων. (Blaes et..al 2016)._



Εικόνα 24 Συνδυασμός χαρτών

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός σχεδίου λίπανσης ακριβείας:

- Εξοικονόμηση χρημάτων,
- Υψηλότερες αποδόσεις.
- Μειωμένη ρύπανση του περιβάλλοντος .
- Διατήρηση της ισορροπίας θρεπτικών συστατικών στο έδαφος
- Αποφεύγονται οι επικαλύψεις
- Η περιοχή λίπανσης και η ποσότητα του λιπάσματος που εφαρμόζεται είναι ορατά.
- Η οικονομία είναι καλύτερη και επιτυγχάνονται υψηλότερες αποδόσεις.
- Μειώνεται η ρύπανση του περιβάλλοντος.

Κάθε περιοχή πεδίου χωρίζεται χωριστά ακριβώς όπως απαιτείται για την αύξηση της απόδοσης και η έκπλυση είναι ελάχιστη.

Πολύ συχνά οι αγρότες χρησιμοποιούν μηχανές για ανόργανα λιπάσματα με ηλεκτροϋδραυλικά και συστήματα ελέγχου συστήματος διεύθυνσης GPS και συστήματα ηλεκτρονικών τρακτέρ. Είναι πολύ σημαντικό να μπορεί ο χειριστής να βλέπει μια περιοχή λίπανσης, μια διαδρομή οδήγησης και ένα πραγματικό εύρος εφαρμογής στην οθόνη του υπολογιστή του (www.trimble.com).

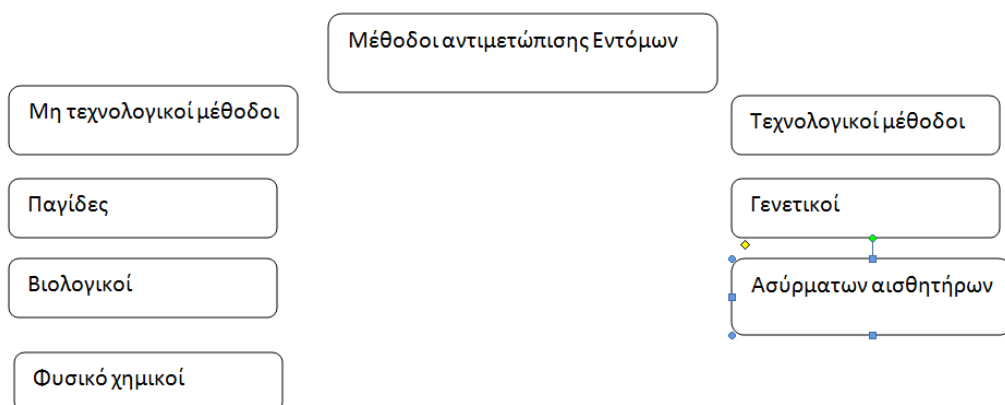
Τα πιο σημαντικά σημεία στην ακρίβεια κατά τη λίπανση:

1. κατάλληλο λίπασμα
2. κατάλληλη τοποθεσία
3. κατάλληλο ποσοστό
4. κατάλληλη ώρα

Όσον αφορά την νομοθεσία ένα επαγγελματικά προετοιμασμένο πρόγραμμα λίπανσης συμμορφώνεται με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις, επομένως δεν θα υπάρχουν κυρώσεις για πληρωμές ή διοικητικές κυρώσεις (eu 2014)

5.Εντομοπαγίδες

Οι εντομοπαγίδες χρησιμοποιούνται για την μείωση ή και τον έλεγχο του πληθυσμού των εντόμων (Azfar et..al 2018) είτε με οπτικά δολώματα, με φερομόνες τα οποία είναι τοποθετημένα σε ασφαλές σημείο προς αποφυγή τραυματισμού ανθρώπων και ζώων. Η πρώτη περίπτωση αναφέρεται στα δολώματα που χρησιμοποιούν φωτεινά χρώματα για να ελκύσουν τα έντομα, (Charlet et..al 2002) η δεύτερη η οποία αποτελεί και επιδοτούμενη ενέργεια είναι η προσπάθεια των επιστημόνων να καταπολεμήσουν τα παράσιτα των εντόμων μετατρέποντας τις δικές τους ορμόνες εναντίον τους, σε αντικατάσταση των φυτοφαρμάκων (Patil et..al 2002). Σχηματικά οι μέθοδοι αυτές είναι οι παρακάτω:



Εικόνα 25 Μέθοδοι αντιμετώπισης εντόμων

Ένα διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Horizon 2020 της ΕΕ θα αναπτύξει νέες μεθόδους καταπολέμησης των παρασίτων που δεν

προκαλούν περιβαλλοντική ρύπανση ούτε βλάπτουν τα ευεργετικά έντομα. Το οικονομικό κόστος των γεωργικών επιβλαβών οργανισμών είναι εξαιρετικά δύσκολο να εκτιμηθεί, καθώς οι βιολογικές απειλές όπως τα έντομα και οι ασθένειες αντιπροσωπεύουν περίπου το 40% όλων των απωλειών καλλιεργειών παγκοσμίως. Η αυξανόμενη ανάγκη για τρόφιμα παγκοσμίως απαιτεί ολοένα και πιο αποτελεσματικές μεθόδους για την καταπολέμηση των γεωργικών παρασίτων. Μέχρι το 2017, ο κόσμος δαπάνησε περισσότερα από 65 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως για τα φυτοφάρμακα. Ταυτόχρονα, υπάρχει μια πιεστική ανάγκη για την ανάπτυξη «πιο πράσινων» φυτοφαρμάκων που στοχεύουν τα επιβλαβή έντομα, ενώ προστατεύουν τα ευεργετικά. Μια διεθνής κοινοπραξία επιστημόνων, συμπεριλαμβανομένων των συμμετεχόντων από το Ινστιτούτο Ζωολογίας στο Πανεπιστήμιο της Κολωνίας ελπίζει να αναπτύξει νέα, φιλικά προς το περιβάλλον εντομοκτόνα που θα καταστήσουν πολλά εντομοκτόνα λιγότερο καταστρεπτικά. Το πρόγραμμα Horizon 2020, το ταμείο έρευνας και καινοτομίας της ΕΕ, χορήγησε 7 εκατομμύρια ευρώ στο σχέδιο EUROSTRESSPEP, το οποίο θα μελετήσει τις εξελίξεις (μέχρι το 2021) στα ορμονικά συστήματα επιλεγμένων ειδών εντόμων. Οι ερευνητές στοχεύουν να επηρεάσουν αυτά τα συστήματα με τεχνητές ορμονικές ουσίες, τα αποκαλούμενα πεπτιδομιμητικά. Τα νευροπεπτίδια είναι μια εξαιρετικά ρυθμιζόμενη ομάδα ορμονών που βοηθούν τον εγκέφαλο και τους ιστούς να επικοινωνούν μεταξύ τους (<https://en.wikipedia.org/wiki/DDT>).

Παραδοσιακά χρησιμοποιούμενα φυτοφάρμακα είναι δηλητήρια που δεν κάνουν καμία διαφορά ανάμεσα σε επιβλαβή και ωφέλιμα έντομα ή αράχνες. Επιπλέον, παρά τη χρήση αυτών των χημικών ουσιών, μεμονωμένα δείγματα των εντόμων γενικά επιβιώνουν και αναπτύσσονται ανθεκτικά στο φυτοφάρμακο. Οι φυσικοί τους θηρευτές συχνά πλήττονται σοβαρά επειδή υπάρχουν σε πολύ μικρότερο αριθμό. Ως αποτέλεσμα, στην επόμενη γενιά ο πληθυσμός των εντόμων εκρήγνυται επειδή μειώθηκε ο αριθμός των φυσικών θηρευτών. Για την κατανόηση αυτής της πρωτοβουλίας πρέπει να εξετάσουμε την μέχρι τώρα αντιμετώπιση των εντόμων.

Ανάλυση Δεδομένων	Αντιμετώπιση εντόμων	Papers
Αναγνώριση εντόμων πραγματικού χρόνου βασισμένο στις καιρικές συνθήκες	Αυτόματος ψεκασμός φυτών όταν οι πιθανότητες είναι μεγάλες	Sarika Datir 2014
Συλλογή δεδομένων χειρονακτικά σε τακτά χρονικά διαστήματα	Λήψη αποφάσεων πραγματικού χρόνου για την πρόβλεψη ασθένειας	Tripathy 2013
Συνεχής παρακολούθηση δεδομένων αισθητήρων όταν πλησιάζουν τα όρια	Ενημέρωση αγροτών για ενδεχόμενη ασθένεια	Shrivastav N 2013
Συλλογή δεδομένων πραγματικού χρόνου βασισμένα στις καιρικές συνθήκες δεδομένου ότι η ασθένεια εξαπλώνεται	Χορήγηση φυτοφαρμάκων όταν είναι εξαιρετικά επείγον	Mauro Prevostini 2011
Στατικές απεικονίσεις μέσω φωτογραφιών	Χρήση εντομοπαγίδων	Lopez 2012

Εικόνα 26 Υφιστάμενη τεχνολογία αντιμετώπισης εντόμων

Για την υιοθέτηση της κάθε τεχνικής πρέπει να εξετάσουμε και τον αντίκτυπο που έχει ως προς τους παράγοντες που αφορούν κάθε αγρότη δηλαδή το κόστος, τον σεβασμό προς το περιβάλλον, την δημόσια υγεία, την ποιότητα και την αποτελεσματικότητά του.

Πίνακας 1: Αξιολόγηση μεθόδων αντιμετώπισης εντόμων

Μέθοδος	Κόστος	Περιβάλλον	Υγεία	Ποιότητα	Αποτελεσματικότητα
Φυτοφαρμακα-παγίδες	Χαμηλό	Χαμηλό	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό
Βιολογικοί	Μέτριο	Υψηλό	Υψηλό	Μέτριο	Μέτριο
Γενετικοί	Μέτριο	Υψηλό	Υψηλό	Μέτριο	Μέτριο
Ασύρματοι	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλό

Άξιο αναφοράς είναι το Πακιστάν που είναι μια γεωργική χώρα και η γεωργία αποτελεί τον μεγαλύτερο τομέα της οικονομίας της, η πλειοψηφία του πληθυσμού εξαρτάται άμεσα ή έμμεσα από αυτόν τον τομέα καθώς περίπου το 24% του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ) αντιπροσωπεύει το ήμισυ του (<http://www.pbs.gov.pk/content/agriculture-statistics>). Για την αντιμετώπιση επίμονων ζιζανίων χρησιμοποιούν ακουστικό αισθητήρα για την πρόωμη ανακάλυψη της παρουσίας ενός καταστροφικού εντόμου του βαμβακιού. Αυτοί οι αισθητήρες καταγράφουν την ακουστική εκπομπή που παράγεται από το έντομο που μολύνει και στη συνέχεια αναλύεται χρησιμοποιώντας επεξεργασία σήματος μεθόδων. Στην περίπτωση αυτή έχουν τοποθετηθεί ακουστικοί αισθητήρες στον φυτό προκειμένου να καταγράφεται ο ήχος που παράγουν τα έντομα στο στάδιο της προνύμφης και αυτό διότι σε αυτό το στάδιο οι ανάγκες του εντόμου σε διατροφή είναι μεγάλες. Στη συνέχεια, τα

δεδομένα μεταδίδονται στον χώρο ελέγχου μέσω ασύρματου δικτύου αισθητήρων όπου με διανυσματική ανάλυση – προσομοίωση θα ελέγξουν το πλήθος των εντόμων και θα αποφασιστεί η αντιμετώπιση τους. Με μειονέκτημα της μεθόδου αυτής ο χρόνος εγκατάστασης αισθητήρων.

6. Ψεκασμός Ακριβείας (ΡΑΑΤ)

Ο ψεκασμός με μεταβλητό ρυθμό μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα τρακτέρ και ψεκαστήρα σε συνδυασμό με έξυπνες τεχνολογίες, αλλά και με ένα αεροπλάνο όπως προαναφέραμε. Ο ψεκασμός με μεταβλητό ρυθμό απαιτεί ειδικό χάρτη πεδίου με ποσοστά ψεκασμού ανάλογα με τα ζιζάνια, τις ασθένειες και τα παράσιτα που εντοπίζονται σε αυτό το πεδίο. Οι σύγχρονοι ψεκαστήρες διαθέτουν αισθητήρες που αναγνωρίζουν τα ζιζάνια και ο ψεκασμός πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο παράλληλα το πεδίο ανιχνεύεται κατά την οδήγηση και ταυτόχρονα ψεκάζονται τα φυτά με τα ζιζάνια (Seanet..al 2018).



Εικόνα 27 Απεικόνιση Ψεκασμού ακριβείας (<https://www.pinterest.com/pin/316448311289440608>)

Η δυνατότητα οπτικής ανίχνευσης των συμπτωμάτων της νόσου εξαρτάται από τις τροποποιήσεις που προκαλούνται από το εκάστοτε ζιζάνιο στον φυτικό ιστό και, με τη σειρά του, από τον τρόπο με τον οποίο το φως αλληλεπιδρά με αυτό. Τα αποτελέσματα φυτικών ασθενειών συνδέονται με φασματικές ζώνες απορρόφησης χλωροφύλλης, όπου αποδίδεται ιδιαίτερη έμφαση στην αποικοδόμηση ιστού που συμβαίνει από τα παράσιτα. Οι προσεγγίσεις ψεκασμού ακριβείας έχουν κοινό στόχο να μειώσουν την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων χημικών ενώ παράλληλα αυξάνουν την αποτελεσματικότητα της προστασίας μέσω βελτιωμένης στόχευσης στη βλάστηση. Η χρήση ψεκασμού ακριβείας σε ένα αγρόκτημα μπορεί να μειώσει τη χρήση

φυτοφαρμάκων έως και 90% και αυτό βοηθά στην εξοικονόμηση πολλών χρημάτων και χρόνου (Baio et..al 2018). Ο ψεκασμός ακριβείας (PAAT) θα οδηγήσει σε πιο ορθολογική χρήση των φυτοφαρμάκων, διατηρώντας παράλληλα την αποτελεσματική εφαρμογή και προστατεύοντας το περιβάλλον από τις δυσμενείς επιπτώσεις. Παράλληλα οι μεγάλες εκμεταλλεύσεις θα ωφεληθούν πολύ από τη χρήση αυτών των τεχνολογιών, αλλά και οι μικροκαλλιεργητές θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν τεχνολογίες αγροτικής ακρίβειας χρησιμοποιώντας ένα συνεργατικό σύστημα για την αντιμετώπιση επειγόντων ζητημάτων διαχείρισης παράσιτα σε όλη την περιοχή. Η PAAT θα επιτρέψει επίσης την εισαγωγή στόχων σε συγκεκριμένους τομείς πεδίων, επιτρέποντας στους αγρότες να παραμείνουν επιτυχημένοι σε μια όλο και πιο ανταγωνιστική βιομηχανία. Επιπλέον, αναμένεται ότι μέσα στα επόμενα 5-10 χρόνια θα πραγματοποιηθούν αρκετές ανακαλύψεις για την επέκταση των βασικών θεωριών της PAAT και της σχετικής έρευνας εξοπλισμού, όπως η επεξεργασία εικόνων σε πραγματικό χρόνο και η VRT, σε συνδυασμό με την τεχνολογία drones (Dai et..al 2017) .

7.Drones

Η τεχνολογία των συστημάτων drones μας παρέχει συλλογή και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Οι εικόνες που μας δίνουν πέραν της χρονικής ενημερότητας είναι και υψηλότερες σε γραφική ανάλυση, γεγονός που τις καθιστά αναγκαίες και σε περιπτώσεις εφαρμογών γεωργίας ακριβείας (Mahajan et..al. 2017).

Καθώς το αεροσκάφος παίρνει συνεχείς φωτογραφίες κατά τη διάρκεια της αποστολής, καταγράφει πολλές φωτογραφίες από κάθε ξεχωριστό αγροτεμάχιο, ζώνη, σημείο που έχει οριστεί , από πολλαπλές γωνίες. Αυτά τα χαρακτηριστικά αναγνωρίζονται και αντιστοιχίζονται με μια μαθηματική διαδικασία και ευθυγραμμίζονται το ένα πάνω στο άλλο. Το λογισμικό ελέγχει αυτόματα τις ασάφειες, τις αποκλείσεις και τα κενά στα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Εν συνεχεία λαμβάνει διορθωτικά μέτρα για την επίλυση τυχόν προβλημάτων. Για παράδειγμα, αν εντοπιστεί θολή εικόνα, η κλήση ανακατευθύνεται αυτόματα και η εικόνα συλλαμβάνεται ξανά. (Mahajan et..al. 2017).

Τα Drones ή UAVs (Unmanned Air Vehicles) είναι ιπτάμενα ρομπότ. Υπάρχουν τρία είδη:

1. Συστήματα σταθερής πτέρυγας, όπως τα τυπικά αεροπλάνα
2. Πολυκόπτερα: Με ένα ή πολλούς κινητήρες
3. VTOL συνδυασμός των δύο παραπάνω

Αντίστοιχα η εικόνα τους είναι όπως παρακάτω:



Εικόνα 28 drone σταθερής πτέρυγας (<http://www.geosense.gr/>)



Εικόνα 29 Πολυκόπτερο (<http://www.geosense.gr/>)



Εικόνα 30 VTOL (<http://www.geosense.gr/>)

Όσον αφορά την υψηλή ανάλυση απεικόνισης μελέτες έχουν δείξει πως μπορεί και εξετάζεται με μεγάλη ακρίβεια η παράμετρος LAI (Leaf Area Index), η οποία σχετίζεται με την μέτρηση του δείκτη βλάστησης NVDI που προαναφέραμε. Η LAI είναι μια βασική παράμετρος που μπορεί να συνδέσει την πολλαπλή φασματική τηλεπισκόπηση με την καλλιέργεια και την κατάσταση των καλλιεργειών για βιολογικές μετρήσεις (Passoni et al., 2016). Οι άλλες μετρήσεις που χρησιμοποιούν δεδομένα τηλεπισκόπησης περιλαμβάνουν τις επιφανειακές ιδιότητες των εδαφών (Sullivan et al., 2005), το υδατικό στρες, την βλάστηση (Laliberte et al., 2005), το ύψος καλλιέργειας (Gomez-Casero et al., 2010) και να απαριθμηθούν είδη καλλιεργειών. Αυτά τα δεδομένα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση άλλων βιολογικών παραμέτρων όπως η περιεκτικότητα χλωροφύλλης στις καλλιεργείες. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ το 2009, η υιοθέτηση δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών στην PA άλλαξε από 16,1 σε 30,3% μεταξύ 2004 και 2009 (Whipker και Akridge 2009). Η χρήση τους βρίσκει εφαρμογή στις παρακάτω εφαρμογές γεωργίας ακριβείας:

Παρακολούθηση εξοπλισμού άρδευσης

Παρέχουν πρόσβαση στους ψεκαστήρες και τα ακροφύσια και επιτρέπουν τον αποτελεσματικό έλεγχο χωρίς την χειρονακτική περιστροφή βραχιόνων

Διαχείριση ζιζανίων

Τα αεροσκάφη είναι εξελιγμένα τμήματα εξοπλισμού με εξελιγμένο λογισμικό διαθέσιμο για την περαιτέρω ενίσχυση των δυνατοτήτων τους. Ένα τέτοιο κομμάτι του λογισμικού ενσωματώνεται με τη λειτουργία κάμερας και επιτρέπει τον έλεγχο των αγροτεμαχίων για παράσιτα. Τα drones μπορούν να εξοπλιστούν με όλα όσα χρειάζονται για να αντιμετωπίσουν τα ζιζάνια-παράσιτα. (Mahajan et.al 2017)

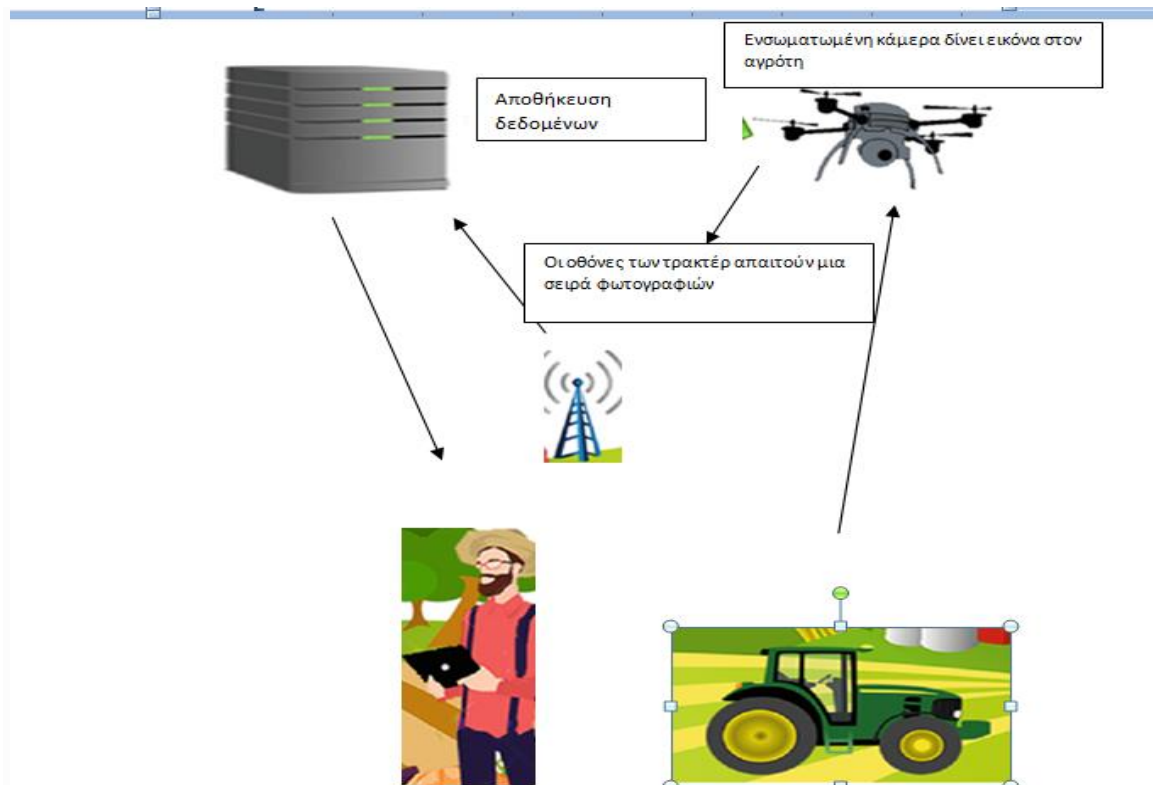
Έλεγχος υγείας φυτών

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα αεροσκάφη είναι ικανά να αναγνωρίσουν τις καλλιεργείες σας σε επίπεδο μονάδας. Μπορούν επίσης να αναζητήσουν δείκτες που θα ενημερώσουν εάν οι καλλιεργείες αποδίδουν. Πρακτικά, κατά τη φύτευση ένας αγρότης θα έχει μια καλή ιδέα για το συνολικό μέγεθος της καλλιέργειας, αλλά εκτός από τον

έλεγχο της καλλιέργειας που πραγματοποιεί ενδεχομένως με το χέρι κάθε τόσο, συχνά είναι δύσκολο να απαριθμήσει κανείς προβλήματα σε πραγματικό χρόνο και ακόμη πιο δύσκολο να πει με ακρίβεια την απαιτούμενη ποσότητα. Έτσι με τα drones μπορούν να μετρήσουν τις καλλιέργειες, να μετρήσουν το μέγεθος και να δουν την υγεία των φυτών. Καθορίζουν αν η καλλιέργεια αναπτύσσεται σε βέλτιστες συνθήκες και επισημαίνονται περιοχές που θα μπορούσαν να βελτιωθούν. Τέλος αυτό επιτυγχάνεται σε συγκεκριμένες ζώνες γεγονός που μας εξυπηρετεί στον καθημερινό έλεγχο διαφορετικών ζωνών σε καθημερινή- προγραμματισμένη βάση. (Laliberte et al., 2005 and Mahajan et..al. 2017),

Ψεκασμός

Ο αγροτικός ψεκασμός, αποτελεί μια σημαντική υπηρεσία γεωργικής «αεροπορίας» που παρέχει αποτελεσματική εφαρμογή για τον έλεγχο των παρασίτων των καλλιεργειών, επιτρέποντας την ταχεία αντιμετώπιση ξαφνικών επιδημιών επιβλαβών οργανισμών και την ικανότητα εφαρμογής φυτικών προϊόντων προστασίας (συστημάτων εδάφους), τα οποία αντιμετωπίζονται με δύσκολο τρόπο, όπως το ρύζι. Επιπλέον, ο μη επανδρωμένος ψεκασμός της γεωργικής αεροπορίας έχει το πλεονέκτημα του χαμηλού λειτουργικού κόστους εργασίας χωρίς καμία ζημιά στις καλλιέργειες ή στη φυσική δομή του εδάφους λόγω ζημιών σε τροχιά (Mogili et.al.2018) . Συγκεκριμένα η τεχνολογία αεροψεκασμού βασισμένη σε UAV αναπτύχθηκε ταχέως σε εφαρμογές γεωργικής αεροπορίας λόγω των πλεονεκτημάτων της που αφορά το χαμηλό λειτουργικό ύψος, τη μικρότερη μετατόπιση λόγω του μικρού μεγέθους του, το χαμηλό κόστος και την υψηλή ευελιξία και ότι συνεπάγεται λόγω ευελιξίας του μεγέθους που διαθέτουν (Whitehead et.al. 2014).



Εικόνα 31 Απεικόνιση επικοινωνίας μέσω drones

Όπως υποδείχθηκε, το κόστος και η διαθεσιμότητα δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης συχνά περιορίζουν τις εφαρμογές τους στην Γεωργία Ακριβείας (Wu et al., 2007). Επομένως η λύση των UAS αποτελεί μια οικονομική πρακτική για τα αεροσκάφη δορυφορικής υψηλής ανάλυσης, καθώς αυτά (UAS) τα τελευταία χρόνια είναι διαθέσιμα για γεωργικές λύσεις.



Εικόνα 32 Χαρτογράφηση με drone (<https://droneblog.gr>)

Συνοψίζοντας μπορούμε να απαριθμήσουμε τα πλεονεκτήματα χρήσης τους ως παρακάτω:

1. Ανάλυση εδάφους: χρησιμοποιούνται για την δημιουργία χαρτών 3d, προς ανάλυση εδάφους και μετέπειτα για την φύτευση, την άρδευση και την κατανομή αζώτου. (Torres-Sánchez et..al. 2015)
2. Φύτευση: Οι νεοσύστατες επιχειρήσεις έχουν δημιουργήσει συστήματα φύτευσης που επιτυγχάνουν υψηλό ποσοστό αξιοποίησης των εισροών και μειώνουν το κόστος φύτευσης κατά 85%. Αυτά τα συστήματα "αφήνουν" σπόρους και φυτικά θρεπτικά συστατικά στο έδαφος, παρέχοντας στο φυτό όλα τα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ζωής. (Whitehead et.al. 2014)
3. Ψεκάσμος καλλιεργειών: τα drones μπορούν να ανιχνεύσουν το έδαφος και να ψεκάσουν τη σωστή ποσότητα υγρού, ρυθμίζοντας την απόσταση από το έδαφος και ψεκάζοντας σε πραγματικό χρόνο για ομοιόμορφη κάλυψη. Το αποτέλεσμα: αυξημένη αποτελεσματικότητα με μείωση της ποσότητας χημικών ουσιών που διεισδύουν στα υπόγεια ύδατα. Στην πραγματικότητα, οι εμπειρογνώμονες εκτιμούν ότι ο αεροψεκάσμος μπορεί να ολοκληρωθεί μέχρι πέντε φορές ταχύτερα με τα drones από ό,τι με τα παραδοσιακά μηχανήματα. (Driggers 2018)

4. Παρακολούθηση των καλλιεργειών: Τα μεγάλα χωράφια και η χαμηλή αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης των καλλιεργειών δημιουργούν από κοινού το μεγαλύτερο εμπόδιο της γεωργίας. Οι προκλήσεις παρακολούθησης επιδεινώνονται από τις ολοένα και πιο απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες, οι οποίες οδηγούν στην αύξηση του κόστους. Δεδομένου ότι οι δορυφορικές εικόνες προσέφεραν την πιο προηγμένη μορφή παρακολούθηση παράλληλα όμως υπήρξαν και μειονεκτήματα. Οι εικόνες έπρεπε να παραγγελθούν εκ των προτέρων, μπορούσαν να ληφθούν μόνο μία φορά την ημέρα και ήταν ανακριβείς. Επιπλέον, οι υπηρεσίες ήταν εξαιρετικά δαπανηρές και η ποιότητα των εικόνων ήταν χαμηλή. Σήμερα, οι εικόνες μπορούν να δείξουν την ακριβή ανάπτυξη μιας καλλιέργειας και να αποτυπώσουν ανεπάρκειες στην παραγωγή, επιτρέποντας καλύτερη διαχείριση των καλλιεργειών. (Whitehead et.al. 2014)

5. Άρδευση: UAVs που φέρουν υπερφασματικούς, πολυφασματικούς ή θερμικούς αισθητήρες μπορούν να προσδιορίσουν ποια μέρη ενός πεδίου είναι ξηρά ή χρειάζονται βελτιώσεις. Επιπλέον, μόλις αναπτυχθεί η καλλιέργεια, τα αεροσκάφη επιτρέπουν τον υπολογισμό του δείκτη βλάστησης (NDVI), ο οποίος περιγράφει τη σχετική πυκνότητα και την υγεία της καλλιέργειας και δείχνει την ποσότητα ενέργειας ή θερμότητας που εκπέμπει η καλλιέργεια.

8.Αυτόματο Σύστημα Διεύθυνσης

Το αυτόματο σύστημα διεύθυνσης είναι ένα σύστημα οδήγησης των γεωργικών μηχανημάτων (τρακτέρ) λειτουργεί μέσω GPS ενισχύοντας τα κενά του αγρού και εξαλείφοντας τις επικαλύψεις της καλλιέργειας. Είναι το σύστημα με το οποίο βρίσκουν εφαρμογή όλες οι προαναφερόμενες λειτουργίες (προετοιμασία εδάφους, σπορά, καλλιέργεια, λίπανση, ψεκασμός, συγκομιδή, ισοπέδωση). Με την χρήση του οι αγρότες εξοικονομούν καύσιμα, προϊόντα παρέχοντας μεγάλη ακρίβεια. Χρησιμοποιώντας τις οπτικές τεχνικές που εξετάστηκαν παραπάνω, ένα τέτοιο παράδειγμα πρωτότυπου μηχανής που στοχεύει στη γεωργία ακριβείας είναι ένα ρομπότ, αυτόνομο ρομπότ με ηλιακή ενέργεια είναι εξοπλισμένο με συνδυασμό GPS / INS (σύστημα αδρανειακής πλοήγησης), ανίχνευσης και εύρεσης φωτός προς τα εμπρός και πίσω (LIDAR) και ψηφιακής βιντεοκάμερας υψηλής ανάλυσης. (Lee et..al 2018)

Τα δεδομένα από αυτούς τους αισθητήρες επιτρέπουν στο ρομπότ να πλοηγείται αυτόνομα, να εντοπίζει και να αποφεύγει εμπόδια και να ανιχνεύει τις σειρές των

καλλιέργειών. Για να ταξινομήσει και να αναλύσει την καλλιέργεια, χρησιμοποιεί μια υπερφασματική κάμερα απεικόνισης, δημιουργώντας εικόνες RGB αλλά και καταγράφει δεδομένα IR και UV. Οι φασματικές πληροφορίες επιτρέπουν στο σύστημα να αναγνωρίζει το σχήμα και το χρώμα των καλλιέργειών και τα φασματικά αποτυπώματα τους παρέχουν δεδομένα για την υγεία των φυτών, ενώ το ύψος της καλλιέργειας προσδιορίζεται με αισθητήρα λέιζερ. Τα ζιζάνια που υπάρχουν στην καλλιέργεια μπορούν επίσης να ανιχνευθούν με ανάλυση εικόνας, επιτρέποντας την ακριβέστερη τοπική εφαρμογή ζιζανιοκτόνων. Τέλος οι διενέξεις που δημιουργούνται από επικάλυψη σφαλμάτων οδήγησης εξαλείφονται και δίνεται η σταθερή χάραξη-τμηματοποίηση των αγροτεμαχίων (Luhua Zhao et.al 2018).



Εικόνα 33 Αυτόματο σύστημα οδήγησης (<https://www.trimble.com>)

Κάθε τέτοιο σύστημα επιτυγχάνει με την λειτουργία εμφάνισης της θέσης του μηχανήματος και της πορείας που ακολουθεί. Αλλά και η αποθήκευση των δεδομένων των αγροτεμαχίων σε μορφή SHP, KML και bitmap σε όλα τα στάδια της καλλιεργητικής περιόδου από την καλλιέργεια έως την συγκομιδή.

9.Σπορά Ακριβείας

Παράδειγμα εφαρμογής της παραπάνω τεχνολογίας αυτόματης οδήγησης είναι η σπορά ακριβείας, μέσω της οποίας επιτυγχάνεται ομοιόμορφη βλάστηση λόγω στην

ακριβή εναπόθεση σπόρων σε καθορισμένα σημεία, αλλά και του βάθους των σπόρων. (Heege 2015)

Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται

- ακριβής ποσότητα σπόρων
- μη επικάλυψη σημείων καλλιέργειας
- Καθορισμός βάθους σποράς
- Χαμηλότερο κόστος σποράς
- Εργασία 24 ώρες το 24 ωρο
- Καταγραφή και εξαγωγή δεδομένων κάθε αγροτεμαχίου.

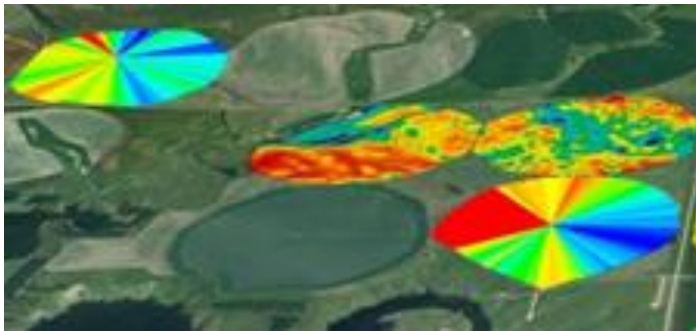


Εικόνα 34 Εφαρμογή σποράς ακριβείας (<https://blog.farmacon.gr/>)

10. Άρδευση ακριβείας

Περίπου το 20% των αγροτών σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν συστήματα άρδευσης εξαιτίας της έλλειψης νερού σε ορισμένες περιοχές. (LesLevidow et. al 2014)
Η έλλειψη νερού μειώνει τις αποδόσεις ή μπορεί ακόμη και να τις καταστρέψει. Οι διαφορετικοί τύποι εδάφους απορροφούν το νερό πολύ διαφορετικά: αυτός είναι ο λόγος

για τον οποίο ο ομοιογενής ρυθμός άρδευσης σε ένα σημείο του πεδίου μπορεί να είναι πολύ υψηλός και σε άλλο χαμηλός. Η άρδευση ακριβείας ή μεταβλητού ρυθμού είναι ένα σύστημα που εξασφαλίζει ακριβή παροχή νερού μόνο στο σημείο όπου είναι απαραίτητο. Το έδαφος και οι διάφορες καλλιέργειες είναι επίσης παράγοντες που καθορίζουν παροχή νερού. Έτσι η κατανάλωση νερού μειώνεται στο σημαντικό και η απορροή και η έκλυση ελαχιστοποιούνται. (Whitley et al., 2000)



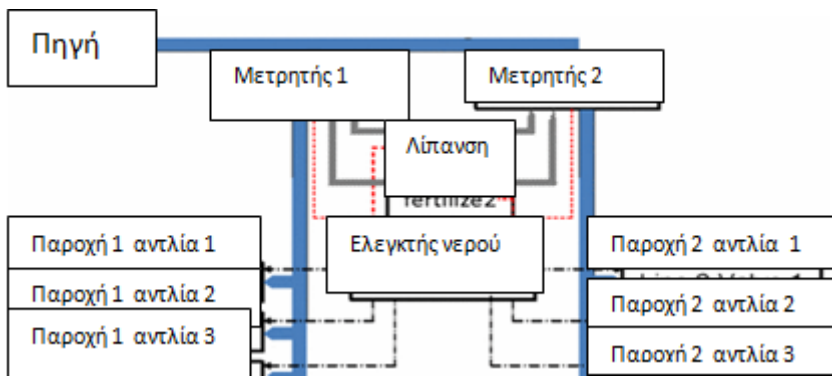
Εικόνα 35 Απεικόνιση άρδευσης ακριβείας (<https://cropmetrics.com/>)

Πλεονεκτήματα άρδευσης ακριβείας:

- Υψηλότερο δυναμικό απόδοσης.
- Αυξημένη απόδοση ενέργειας, νερού και χημικών ουσιών.
- Ρυθμιζόμενα ποσοστά εφαρμογής για διαφορετικές καλλιέργειες, τύπους εδάφους και εδάφη.
- Μειωμένη απορροή και έκλυση.

Σχετική δουλειά στον αγροτικό τομέα

Πριν χρόνια οι αυτόνομοι controllers άρδευσης καθοριζόταν από αναλογική τεχνολογία, δηλαδή βασιζόταν η λειτουργία τους σε χρονοδιακόπτες, όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 36 Λειτουργία χρονοδιακοπών άρδευσης

αν η δεξαμενή ήταν γεμάτη τότε λειτουργούσε το σύστημα άρδευσης αν όχι δεν λειτουργούσε, πλέον τα περισσότερα συστήματα άρδευσης λειτουργούν μέσω κινητών συσκευών και εφαρμογών τους, σε πραγματικό χρόνο και με δυνατότητα εξ αποστάσεως χρονοπρογραμματισμού δεδομένου την βλάστηση και τις εκάστοτε ανάγκες. Παρακάτω θα περιγράψουμε τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για έξυπνα συστήματα άρδευσης (Cambra, et. Al. 2017).

1. Άρδευση με ψεκαστήρα

Η άρδευση με ψεκαστήρες είναι μια μέθοδος εφαρμογής νερού άρδευσης που είναι παρόμοια με τη βροχόπτωση. Το νερό διανέμεται μέσω ενός συστήματος σωλήνων, συνήθως με άντληση. Στη συνέχεια ψεκάζεται στον αέρα και αρδεύεται ολόκληρη η επιφάνεια του εδάφους μέσω των κεφαλών ψεκασμού, έτσι ώστε να διασπάται σε μικρές σταγόνες νερού που πέφτουν στο έδαφος. Οι ψεκαστήρες παρέχουν αποτελεσματική κάλυψη για μικρές έως μεγάλες περιοχές και είναι κατάλληλες για χρήση σε όλους τους τύπους ιδιοτήτων. Είναι επίσης προσαρμόσιμο σε σχεδόν όλα τα αρδευτικά εδάφη, καθώς οι ψεκαστήρες είναι διαθέσιμοι σε ένα ευρύ φάσμα χωρητικότητας εκκένωσης. Η απόδοση της άρδευσης με ψεκαστήρα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από παράγοντες όπως η ταχύτητα του ανέμου, της οποίας η βραχυχρόνια μεταβλητότητα απαιτεί τακτικές προσαρμογές του χρονοδιαγράμματος άρδευσης. Το κόστος της εγκατάστασης ενέργειας απαιτεί συχνά την εξέταση της εξέλιξης των τιμολογίων μέρα με την ημέρα. Για τον έλεγχο νερού υπάρχουν συνεταιρισμοί χρηστών νερού χρησιμοποιούν εξειδικευμένες βάσεις δεδομένων για τη διαχείριση των υδάτων (Yunseop et.al 2008).

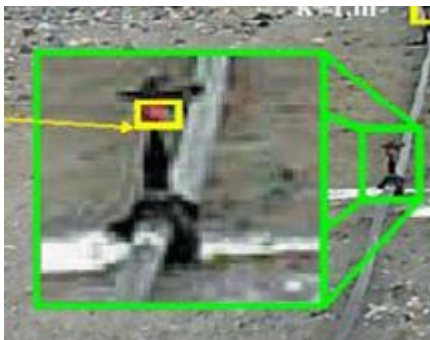
2. Έλεγχος άρδευσης με κάμερες

Η άρδευση με ψεκαστήρες χρησιμοποιείται ευρέως στη γεωργία. Όταν ένας περιστρεφόμενος ψεκαστήρας παρουσιάζει δυσλειτουργίες λόγω εμπλοκής, φραγής ή φθοράς, το νερό συνεχίζει να ρέει μέσω της γραμμής άρδευσης με τον ίδιο ρυθμό. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ένα μικρό τμήμα της καλυπτόμενης περιοχής έχει αρδευτεί και το μεγαλύτερο μέρος της στεγασμένης περιοχής της στεγνώνει, και οι δύο είχαν ως αποτέλεσμα μόνιμη ζημιά στις καλλιέργειες. Παλαιότερες γνωστές λύσεις απαιτούν αντικατάσταση όλων των καταιωνιστήρων με αποτέλεσμα μια δαπανηρή εγκατάσταση. Σε αυτό το σύστημα όμως έχουμε αναπτύξει ένα σύστημα ελέγχου άρδευσης με βάση την κάμερα, για χρήση σε γεωργικές εφαρμογές. Το προτεινόμενο σύστημα παρακολουθεί τους ψεκαστήρες χρησιμοποιώντας τυπικές κάμερες ασφαλείας και έχει τυποποιημένη διεπαφή στους ελεγκτές άρδευσης. Είναι το πρώτο του είδους που χρησιμοποιεί υπάρχοντες ψεκαστήρες, γραμμές άρδευσης και ελεγκτή άρδευσης. Το σύστημα έχει ισχυρή απόδοση κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Είναι ευαίσθητο, απαιτώντας λίγα pixels ανά ψεκαστήρα, καλύπτοντας έτσι αποτελεσματικά μεγάλες εκτάσεις και πολλαπλούς ψεκαστήρες ανά φωτογραφική μηχανή. Πολλοί τύποι κάμερας υποστηρίζονται από το σύστημα. Οι κάμερες ασφαλείας μπορούν αυτόματα να καταγράφουν ως ειδοποίηση συναγερμού μόλις αντιληφθούν τις αλλαγές ιστογράμματος ή ανίχνευσης κίνησης και είναι επίσης εξοπλισμένες με LED που μπορούν να λειτουργούν τη νύχτα.. Σε περίπτωση κάμερας που εντοπιστεί χωρίς δυνατότητα ανίχνευσης κίνησης, το σύστημα μπορεί να συνδεθεί με την κάμερα από το δίκτυο. Οι κάμερες ασφαλείας συνήθως καταγράφουν τα αρχεία εξόδου τους σε έναν συγκεκριμένο φάκελο. Έτσι μετά από κάθε παρακολούθηση είναι εφικτή η εξαγωγή του συγκεκριμένου βίντεο κάθε φωτογραφικής μηχανής. Είναι αξιοσημείωτο πως τα σύντομα βίντεο κλιπ χρησιμοποιούνται ως είσοδος για τον προσδιορισμό της κατάστασης του ψεκαστήρα, όπως περιγράψαμε σε προηγούμενη ενότητα. (Zhou et..al. 2011)



Εικόνα 37 Άρδευση με κάμερες

Σημαντικός παράγοντας είναι η σταθερότητα της κάμερας οι μικρές μετατοπίσεις-κινήσεις της κάμερας κατά την εγγραφή μπορούν να μεταφέρουν τους ψεκαστήρες από τη γεωγραφική τους περιοχή και η έξοδος του συστήματος δεν θα αντιπροσωπεύει την κατάσταση του ψεκαστήρα και η έξοδος θα οδηγήσει σε λανθασμένη ερμηνεία της ροής νερού που παρακολουθεί το σύστημα.



Εικόνα 38 Κάμερα Άρδευσης

Η κάμερα πρέπει να σταθεροποιηθεί σε τρίποδο ή να στερεωθεί σε πόλο σε περίπτωση άρδευσης μέσα σε ένα σπίτι ή ένα θερμοκήπιο. Δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις υψηλής εντάσεως των ανέμων διότι ο άνεμος μπορεί να πετάξει την κάμερα, αλλά και η άρδευση με ψεκαστήρα δεν συνιστάται σε θυελλώδεις καιρικές συνθήκες, λόγω της επιτάχυνσης της εξάτμισης και της μετατόπισης νερού. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι πως στις περισσότερες περιπτώσεις το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με σχεδόν κάθε κάμερα της αγοράς (HaiyangChao et. al 2008). Προτείνεται από την Βιομηχανία πληροφορικής διότι συγκαταλέγει όλες τις προαναφερόμενες τεχνολογίες, αντί του καθιερωμένου σχήματος επικοινωνίας service provider-farmers. Είναι βασισμένο στην

SOA SERVICE ORIENTED ARCHITECTURE της οποίας πρωταρχικός στόχος της SOA είναι να παρέχει ευελιξία στις επιχειρήσεις, επιτρέποντάς τους να προσαρμόζονται γρήγορα και οικονομικά στις αλλαγές στην αγορά. Το SOA χωρίζει τις λειτουργίες σε καλά καθορισμένα στοιχεία, τα οποία οι προγραμματιστές των υπολογιστών καθιστούν προσβάσιμα ως υπηρεσίες μέσω δικτύου. Αυτό καθιστά δυνατή την εκτέλεση SOA σε μια ποικιλία κατανομημένων πλατφορμών, οι οποίες είναι προσβάσιμες σε διάφορα δίκτυα. Η κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών είναι η καρδιά των επιχειρησιακών εφαρμογών SOA. Αυτές οι εφαρμογές έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν με API, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα την ενοποίηση εφαρμογών και την κοινή χρήση λειτουργιών. Τα συστήματα που βρίσκονται στην ίδια επιχείρηση, καθώς και διαφορετικά συστήματα, επιτυγχάνουν την ολοκλήρωση επιχειρηματικών διαδικασιών ενώ τηρούν ένα τυποποιημένο μοντέλο επιχειρηματικών διαδικασιών. Το αποθετήριο SOA είναι μια βάση δεδομένων που περιέχει μεταδεδομένα ή μεγάλα ποσά δεδομένων, τα οποία είναι διαδραστικά και διαρκώς μεταβαλλόμενα. Αυτός ο χώρος αποθήκευσης επιτρέπει επικοινωνίες μεταξύ επιχειρήσεων μέσω υπηρεσιών Web. Οι μετρήσεις δοκιμών επικυρώνονται μέσα στα αποθετήρια SOA και η υποστήριξη ροής εργασίας υπάρχει σε όλα τα αποθετήρια. Το αποθετήριο SOA περιλαμβάνει επίσης τα σχήματα, τις πολιτικές και τις διαδικασίες που περιλαμβάνουν τις αρχές και τις μεθοδολογίες που είναι κρίσιμες για την SOA (XuLiyuan et..al 2011).

Το σύστημα ελέγχου ύδρευσης PLATEM PA



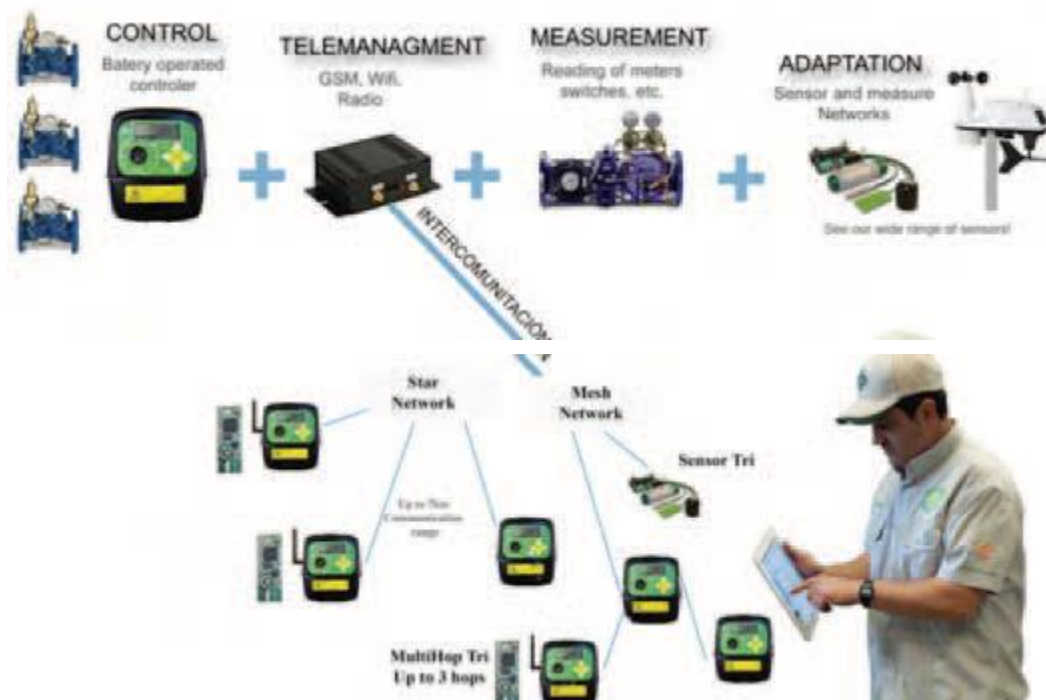
Εικόνα 39 Προτεινόμενο σύστημα άρδευσης (Cambra,Sendra & Lloret, 2017)

Αρχιτεκτονική Συστήματος

Είναι ένα προτεινόμενο-σύστημα άρδευσης που έχει ως σκοπό να προσφέρει υπηρεσίες διαμέσω πολλαπλών και διαφόρων καναλιών. Αρχικά το concept της εφαρμογής είναι να παρέχει πληροφορίες πρόβλεψης για τον καιρό εντός της εβδομάδας διαφορετικών περιοχών, πληροφορίες για τις εκάστοτε ανάγκες συγκεκριμένων αγροτεμαχίων που αφορούν την καλλιέργεια. Αυτό θα επιτυγχάνεται μέσω των ήδη υπάρχοντων καναλιών στο σύστημα άρδευσης προκειμένου να παρθούν οι καταλληλότερες αποφάσεις για τα χωράφια με την καλύτερη δυνατή εξοικονόμηση, αλλά και να ληφθούν υπόψιν ενδεχόμενες παρεμβολές των συνεργαζομένων συστημάτων με σκοπό την αποφυγή τους.

Αποτελείται από ένα mesh δίκτυο το οποίο λειτουργεί στα 868MHz και αποκαλείται Lora WAN, το οποίο έχει σχεδιαστεί για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και λειτουργεί για έναν χρόνο μεταφέροντας δεδομένα άνω των 15χιλιομέτρων. Το LORA είναι μίας μορφής LPWAN το οποίο παρέχει μεγάλου εύρους και χαμηλής κατανάλωσης συνδεσιμότητα για συσκευές, οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί σε smart meters. --Low – Power Wide – Area Networking (LPWAN): Ασύρματα δίκτυα σχεδιασμένα να επιτρέπουν μεγάλης εμβέλειας επικοινωνία με ένα χαμηλό ρυθμό δεδομένων, μειώνοντας το κόστος ενέργειας και εκπομπής. Διαθέσιμες τεχνολογίες και πρωτόκολλα LPWAN είναι: LoRaWan, Sigfox, NB – IoT, Weightless--. Το middleware του δικτύου έχει υλοποιηθεί και δρομολογεί δυναμικά την κίνηση μεταξύ του coordinator access point και των controllers ύδρευσης. Οι αισθητήρες χωρίζονται σε δυο κατηγορίες σε

sensors σαν εισαγωγή δεδομένων οι δέχονται πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες, οι αισθητήρες που είναι ανιχνευτές και συλλέγουν δεδομένα υγρασίας περιβάλλοντος, ηλιακής ενέργειας κτλ. Σημαντικό είναι να τονίσουμε πως ανά πάσα στιγμή έτσι όπως είναι στημένο το δίκτυο μπορεί να προστεθεί σχήμα για ανίχνευση γεγονότος-κινδύνου οποιασδήποτε μορφής. Οι controllers άρδευσης φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 40 868MHz mesh τοπολογία (Sendra & Lloret, 2017)

Εν συνεχεία τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί αποθηκεύονται σε μια MySQLDataBase, έτσι ο κύριος engine πλέον με τα προηγούμενα δεδομένα που έχει αποθηκεύσει σε συνδυασμό με τα τωρινά, να πάρει αποφάσεις αλλά και να στείλει ειδοποιήσεις που να αρμόζουν στον περιορισμό που ζητήθηκε από τον χρήστη. Συγκεκριμένα ο τελικός χρήστης(αγρότης) μέσω της εφαρμογής αλληλεπιδρά με το σύστημα δίνοντας εντολές όπως να ανοίξει μια βαλβίδα, να ζητήσει να δει δεδομένα σχετικά με την υγρασία ενός συγκεκριμένου αγροτεμαχίου (Cambra, et. Al. 2017) .

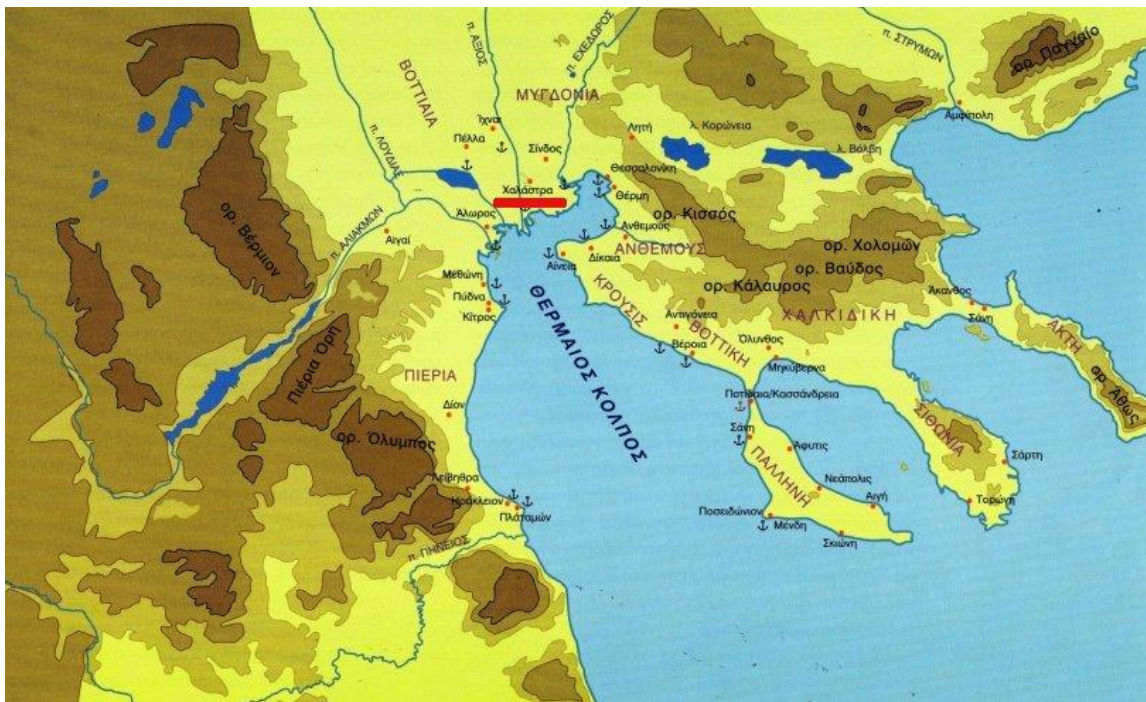
Σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της εφαρμογής είναι πως οι κινητοί αισθητήρες μπορούν να συγκεντρώσουν δεδομένα από οποιοδήποτε σημείο, δεδομένου του πλεονεκτήματος πως ανά πάσα στιγμή μπορούν να προστεθούν ή να αφαιρεθούν αισθητήρες. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι το γεγονός πως το δίκτυο σε mesh τοπολογία αυξάνει την κινητικότητα των εμπλεκόμενων κόμβων διότι επιτυγχάνεται επικοινωνία άνευ

υποδομής. Και αυτό χρειάζεται διότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι περιοχές οι αγροτικές είναι δυσπρόσιτες και χωρίς ρεύμα επομένως χωρίς κάλυψη δικτύου (3G,GSM). Επίσης το σύστημα σε κάθε μεταφορά φέρει και επιπλέον πληροφορίες στην βάση, όπως κατάσταση μπαταρίας, ισχύς σήματος, επιπλέον τίθεται σε κατάσταση αδράνειας 1 λεπτού για να μπορέσει να εντοπίσει-«ακούσει» το μέσον για πιθανές συγκρούσεις, επιπλέον μπορεί να βρει εναλλακτικές διαδρομές για περισσότερα των 3 hops και τέλος επιτυγχάνεται μείωση κατανάλωσης ενέργειας για τον λόγο ότι μεταδίδει για διάρκεια 10sec.

11.Εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας στην περιοχή της χαλάστρας

11.1 Η περιοχή της Χαλάστρας

Η Χαλάστρα είναι κωμόπολη νοτιοανατολικά της Θεσσαλονίκης και απέχει 20 χιλιόμετρα από αυτήν. Οι κάτοικοι της ανέρχονται σύμφωνα με την απογραφή του 2011 σε 7.270. Συνορεύει με τον Αξιό ποταμό που εκβάλλει στο δέλτα του το οποίο προστατεύεται από την συνθήκη ραμσάρ. Το συγκεκριμένο δέλτα ποικίλει από την πλούσια πανίδα και χλωρίδα και από τα σπάνια αποδημητικά πουλιά. Ο κάμπος της ευρύτερης περιοχής συγκαταλέγεται από τους μεγαλύτερους σε παραγωγή ρυζιού στην Ευρώπη. Επίσης ένα σημαντικό κομμάτι είναι και η αλιεία με πλούσια παραγωγή εξαγωγής (Ιταλία, Ισπανία, Γαλλία) μυδιού.



Εικόνα 41 Χάρτης Χαλάστρας από google

Κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας η Χαλάστρα μετονομάστηκε σε Κουλακιά. Σύμφωνα με τον Στ. Παπαδόπουλο. Ο Αξιός, ο πλέον σημαντικός ποταμός στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης, με τις συνεχείς πλημμύρες δημιούργησε προβλήματα στους κατοίκους της Χαλάστρας κατά τους πρώτους αιώνες της τουρκοκρατίας και ανάγκαζε τους κατοίκους της αλλάζουν συχνά τον τόπο διαμονής. (www.wikipedia.gr)

Οι κάτοικοι της Κουλακιάς ασχολούνταν κυρίως με την αλιεία στις εκβολές των ποταμών Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα και στο Θερμαϊκό Κόλπο καθώς και με την αλιεία οστράκων και χταποδιών, ακόμα από τις αρχές του 19ου αιώνα. Διοχέτευαν τα προϊόντα της αλιείας στη μεγάλη αγορά της Θεσσαλονίκης, όπου πωλούσαν και αυγοτάραχο (χαβιάρι), το οποίο παρήγαγαν από ορισμένα είδη ψαριών. Επίσης, υπάρχουν αναφορές ότι σε παλιότερες εποχές ασχολούνταν με τις αλυκές. Αρκετοί Κουλακιώτες ασχολούνταν ακόμη με το κυνήγι της πλούσιας πανίδας που υπήρχε στις δασοσκεπείς όχθες των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα και περιστασιακά με το εμπόριο των αυτοφυών καλαμιών. Σημαντικό μέρος από τα θηράματα προωθούνταν προς εξαγωγή στις αγορές της Αυστρίας και της Γερμανίας. Η γεωργία και η κτηνοτροφία αποτελούσαν συμπληρωματικές παραγωγικές δραστηριότητες. Ωστόσο, οι πλημμύρες του Αξιού που κατέκλυζαν την περιοχή κατέστρεφαν συχνά τις παραγωγές του σιταριού

και έπνιγαν τα ζώα, μην επιτρέποντας τη συστηματική ενασχόληση των κατοίκων με τη γεωργία και την κτηνοτροφία. Αργότερα, προσαρμοζόμενοι στις αντίξοες συνθήκες, οι Κουλακιώτες προσανατολίστηκαν σε καλλιέργειες ρυζιού και καλαμποκιού που ευδοκίμουν, αλλά και στην καλλιέργεια του σουσαμιού (Γραβά 2018).

11.2 Το ρύζι στην περιοχή της χαλάστρας

Λίγα λόγια την ιστορία του ρυζιού

Επίκεντρο της καθημερινής ζωής για τον μισό πληθυσμό της γης εδώ και 80 αιώνες, είναι το ρύζι, βασική τροφή και συγχρόνως ισχυρό σύμβολο ευτυχίας ευημερίας και γονιμότητας. Η σοδειά του ρυζιού παγκοσμίως ξεπερνά τα 500 εκ τόνους και αποτελεί βασική τροφή 2,7 δις ανθρώπων παγκοσμίως. Τις περισσότερες φορές καλλιεργείται σε επίπεδους αγρούς μέσα σε 10εκατοστά νερό το οποίο συγκρατείται με μικρά αναχώματα. Το 90% της παγκόσμιας παραγωγής ρυζιού προέρχεται από την Ασιατική ήπειρο. (προσωπ. Συνεντ. Κουκουρίκης Κων/νος). Το ρύζι καλλιεργήθηκε αρχικά στην Ανατολική και ΝΑ Ασία πριν 40 αιώνες. Σε ανασκαφές στην Κίνα βρέθηκαν σπόροι ρυζιού μαζί με νεολιθικά εργαλεία και κάποια άλλα ευρήματα, παλαιότερα, κοντά στις εκβολές του ποταμού Γιαγκτσέ τα οποία ανήκουν σε έναν Νεολιθικό πολιτισμό που άκμασε πριν 7000 χρόνια. Η Ευρώπη ανακάλυψε την ύπαρξη του ρυζιού από τους ιστορικούς και φυσιολόγους που συνόδευαν τον Μέγα Αλέξανδρο στην Ινδία οι οποίοι και συνιστούσαν το ρύζι ως φάρμακο.

Στην Ευρώπη η περιοχή Πιεμόντε της Ιταλίας έχει τόσο μεγάλη παραγωγή που εξάγει ένα σημαντικό μέρος της. Κάθε χρόνο την άνοιξη τα χωράφια πλημμυρίζουν από τα χιόνια που λιώνουν στις Άλπεις και τα χωριά της περιοχής μοιάζουν με νησιά που πλέουν. Το ρύζι των περιοχών αυτών σπείνεται κατά την αποφλοίωση σε σχέση με αυτό της Χαλάστρας που προέρχεται από θερμότερα νερά. Η εκβιομηχάνιση της γεωργίας του ρυζιού εξαπλώθηκε την δεκαετία του 1960, σαρώνοντας τους παραδοσιακούς τρόπους καλλιέργειας. (προσωπ. Συνεντ. Κουκουρίκης Κων/νος και Ευαγγέλου Πηνελόπη)

Στην Χαλάστρα η εκβιομηχάνιση της Γεωργίας καθυστέρησε μια δεκαετία. Κάποιος Λαμιώτης που επισκέφθηκε τα ρυζοχώρα της Κοιλιάδας του Πάδου, υπέδειξε κάτι απλό και επαναστατικό για την καλλιέργεια του ρυζιού σε έναν τοπικό αγρότη, την αντικατάσταση των ροδών των τρακτέρ με σιδερένιες οδοντωτές ρόδες, το οποίο είχε

εφαρμοστεί στην Ιταλία. Το πείραμα πετυχαίνει και σώζει πολλούς κατοίκους από την σκληρή δουλειά μέσα στην λάσπη. (προσωπ. Συνεντ. Κουκουρίκης Κων/νος και Ευαγγέλου Πηνελόπη). Κάτοικοι της δυτικής Αφρικής όταν έφτασαν ως δούλοι στην αποικιακή Αμερική, μετέφεραν μαζί τους την παράδοση της καλλιέργειας του ρυζιού στις ΗΠΑ. Αρχικά στην Νότια Καρολίνα απ'όπου διαδόθηκε στις πολιτείες Μισισίπι Λουιζιάνα, Αρκάνσας, Τέξας και τελικά Καλιφόρνια, όπου σήμερα οι μέθοδοι παραγωγής είναι τελείως βιομηχανοποιημένοι. Παράδειγμα αποτελεί η σπορά 4 στρεμμάτων/λεπτό ρυζιού με drones, η ισοπέδωση με laser εκσκαφείς, μειώνοντας κατά 30% την συνολική κατανάλωση νερού, αλλά και οι θεριζοαλωνιστικές μηχανές συλλέγουν 250 τόνους ρύζι την ημέρα, αφήνοντας τα στάχυα όρθια. (προσωπ. Συνεντ. Κουκουρίκης Κων/νος και Ευαγγέλου Πηνελόπη)

Τα ζιζάνια και οι μικροοργανισμοί του ρυζιού.

Τα ζιζάνια του ρυζιού δύσκολα καταπολεμούνται με τα συνήθη ζιζανιοκτόνα. Συγκεκριμένα η κύπερη αναπτύσσει χαρακτηριστικά ριζώματα σαν μικρούς βολβούς. Η μεγάλη έξαρση της κύπερης στις καλλιέργειες και στους κήπους οφείλεται στην ικανότητά της να επιζεί και να αναπαράγεται μέσω των ριζωμάτων της κατά τη διάρκεια αντίξοων συνθηκών. Τέλος, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η κύπερη αναπτύσσεται καλά σχεδόν σε όλους τους τύπους εδαφών, σε μεγάλη κλίμακα υγρασίας και υψομέτρου. (προσωπ. Συνεντ. Κουκουρίκης Κων/νος και Ευαγγέλου Πηνελόπη)

Εχينوχλόη: Ετήσιο ζιζάνιο το οποίο αναπαράγεται με σπόρο. Βρίσκεται τόσο στον καλλιεργούμενο αγρό όσο και στα αναχώματά του. Έχουν επισημανθεί τουλάχιστον τέσσερις βιότυποι του οι οποίοι διακρίνονται μεταξύ τους από την παρουσία ή μη αγάνου, διαφορετική μορφολογία φόβης και διαφορετικό βιολογικό κύκλο και ύψος φυτού. Είναι το πιο δυσεξόντωτο ζιζάνιο διότι

1. παράγει μεγάλο αριθμό σπόρων οι οποίοι τινάζονται εύκολα και μπορούν να διατηρούν τη βλαστική τους ικανότητα μέχρι 13 έτη,
2. ανταγωνίζεται πολύ έντονα τα φυτά του ρυζιού λόγω της ταχύτερης ανάπτυξής του και του μεγαλύτερου ύψους των φυτών του και
3. έχει διαφοροποιηθεί σε ανθεκτικούς στα ζιζανιοκτόνα βιότυπους.

Αντιμετώπιση με ζιζανιοκτόνα

Ουτρικουλάρια, Λύθρον τα οποία καταπνίγουν το φυτό και αντιμετωπίζονται με ψεκασμό.

Βακτήρια που προσβάλλουν το ρύζι όπως ο Βάκυλλος της ορύζης, μύκητες όπως πρικοουλάρια της ορύζης. Και φυσικά η περιοχή μαστίζεται από πολλή μεγάλη εμφάνιση κουνουπιών που ταλαιπωρεί ιδιαίτερα και τους αγρότες αλλά και τους κατοίκους. (προσωπ. Συνεντ. Κουκουρίκης Κων/νος και Ευαγγέλου Πηνελόπη)

11.3 Ευκαιρίες Αξιοποίησης του ρυζιού και των υποπροϊόντων του

Οι ορυζώνες της Χαλάστρας και γενικά των περιοχών που περικλείονται ανάμεσα στον γαλλικό και στον Αλιάκμονα ποταμό αποτελούν ένα τεχνητό υγροβιότοπο, καταφύγιο για χιλιάδες υδρόβια πουλιά. Η αλλαγή χρήσης της γης δεν πρέπει να αντισταθμιστεί με κανένα οικονομικό όφελος όχι γιατί το επιβάλλουν διεθνείς συνθήκες(RAMSAR-NATURA), αλλά γιατί όλοι μας πρέπει να έχουμε υπόψιν μας το μακροπρόθεσμο όφελος. Η συγκεκριμένη περιοχή που αναλύθηκε παραπάνω εκτός της παραγωγής ρυζιού παράλληλά έχει να μας προσφέρει και άλλα οφέλη αρκεί να αξιοποιηθούν ορθά και με σεβασμό στο περιβάλλον. (προσωπ. Συνεντ. Κουκουρίκης Κων/νος και Ευαγγέλου Πηνελόπη)

Πιο συγκεκριμένα:

- Η πολιτεία κατασκεύασε εγχειοβελτιωτικά έργα μεγάλου κόστους με συνέπεια να παράγεται στην Χαλάστρα το 70%της πανελλήνιας αγοράς ρυζιού και MONON στην Χαλάστρα.
- Η γειτνίαση του υγροβιοτόπου με μεγάλο αστικό κέντρο (Θεσσαλονίκη) μπορεί να οδηγήσει σε δραστηριότητες αγροτουρισμού
- Οι αγρότες λόγω της επίπτωσης της χημικής καλλιέργειας του ρυζιού στο περιβάλλον και στο κόστος θα πρέπει να εντατικοποιήσουν τον περιορισμό λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων με τις εφαρμογές έξυπνου ψεκασμού, οι οποίες ξεκίνησαν να εφαρμόζονται στην περιοχή από την John Deere. Από το 2003 άρχισε να περιορίζεται η χρήση νιτρικών αζωτούχων λιπασμάτων λόγω επίδρασής τους στους υδρόβιους οργανισμούς και στα υπόγεια νερά. Αποβλέποντας στην καλλιέργεια βιολογικού ρυζιού

που θα περιορίσει τον όγκο παραγωγής αλλά θα αυξησει το εισόδημα αν καθετοποιήσουν με την παραγωγή (παραγωγή-αποφλοίωση-συσκευασία-εμπορία)

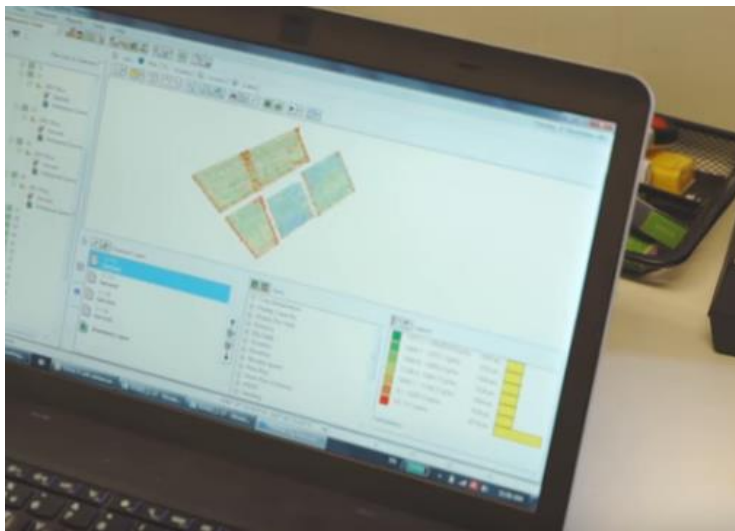
- Ο φλοιός του ρυζιού και η ρυζοκαλαμιά ως εναλλακτική μορφή ενέργειας έχουν χρησιμοποιηθεί εδώ και χιλιάδες χρόνια από τους λαούς της Άπω Ανατολής. Σήμερα το εργοστάσιο της Καλιφόρνια καίει 600 τόνους φλοιού την ημέρα και παράγει ηλεκτρισμό για 30.000 νοικοκυριά.
- Οι καλλιεργητές μετά τον αλωνισμό καίνε την καλαμιά ρυζιού για να καταστρέψουν τα αυγά και τις προνύμφες των παρασιτικών εντόμων και τους σπόρους των ζιζανίων. Γεγονός που δημιουργεί μεγάλα ποσά ρύπων και εμποδίζει την ορατότητα στην εθνική οδό. Αυτό το φαινόμενο μέχρι στιγμής ελέγχεται μέσω δορυφόρων χωρίς ακόμη να ενημερώνονται οι αρμόδιες αρχές. Μπορεί κάλλιστα η καλαμιά (κυτταρίνη) να χρησιμοποιηθεί ως οργανικό λίπασμα. Αλλά και να κατασκευαστούν ψάθινα αντικείμενα, όπως γίνεται και στην Κίνα.

11.4 Η Λύση στο ρύζι με την γεωργία ακριβείας που εφαρμόστηκε στην χαλάστρα

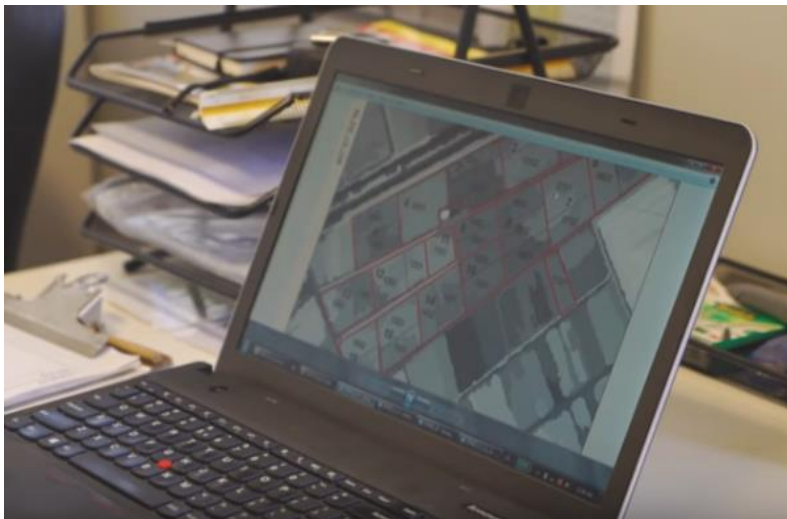
Ο κ. Κράββας το 2016 ξεκίνησε την πλήρη εφαρμογή γεωργίας ακριβείας στα αγροτεμάχια του με καλλιέργεια ποικιλιών ρυζιού και μόλις από την πρώτη καλλιεργητική περίοδο εξασφάλισε αύξηση του κόστους παραγωγής κατά 10%, έναντι της συμβατικής καλλιέργειας και μείωση της παραγωγής σε ποσοστό 14%. Και την δεύτερη τόνισε πως σημείωσε αύξηση της παραγωγής του κατά 14% και στην προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας τις δαπάνες λίπανσης κατά 20%. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την υιοθέτηση της τεχνολογίας γεωργίας ακριβείας στον χαλαστρινό κάμπο αφορά την χρήση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων από συγκεκριμένες φάσεις του αγροτεμαχίου, εδαφικές αναλύσεις, χρήση drones για τον καθορισμό των ζωνών και αγροτική λίπανση βασισμένη σε λογισμικό. Και ακολουθείται από τα παρακάτω στάδια: Καθορισμός στόχου κάθε παραγωγού, χρήση δορυφορικών εικόνων σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του ρυζιού, καθορισμός ζωνών προς λίπανση δειγματοληψία ζωνών για τον καθορισμό άρδευσης, απόδοσης, επιλογή των γεωργικών μηχανημάτων, σύνταξη χρονοδιαγράμματος εργασιών. Συγκεκριμένα ο λιπασματοδιανομέας της KVERNELAND, κάνοντας χρήση του Geopoint, χωρίζει σε

τμήματα την καλλιεργούμενη έκταση και, μέσω των χαρτών μεταβλητής δόσης, διανέμει τη σωστή ποσότητα λιπάσματος σε κάθε σημείο του χωραφιού. (προσωπ. Συνέντευξη γεωργών)

Ξεκινώντας από την χαρτογράφηση εδάφους μέσω **Soil-R** πακέτου.



Εικόνα 42 χαρτογράφηση εδάφους μέσω **Soil-R** πακέτου



Εικόνα 43 PreFeR: real – time παρακολούθηση της απορρόφησης του Αζώτου από κτήμα Κράββα και καθορισμός ζωνών διαχείρισης



Εικόνα 44 Χρήση GPS για εφαρμογή εισροών και οδήγηση από κτήμα Κράββα



Εικόνα 45 Ιδιοκατασκευή για την εφαρμογή μεταβλητού ρυθμού ψεκασμού από κτήμα Κράββα



Εικόνα 46 Σταθμός στο κτήμα Κράββα



Εικόνα 47 Εξοπλισμός ψεκασμού λίπανσης ΓΑ από κτήμα Κράββα

12.Η μυδοπαραγωγή στην χαλάστρα

12.1 Εισαγωγή

Παρά την μικρή έκταση της χώρας μας η ίδια διαθέτει ποικιλία ακτών (περίπου 17.000 χιλιόμετρα) αλλά και νησιών που σε συνδυασμό με το εύφορο κλίμα της καθίσταται κατάλληλη για την καλλιέργεια θαλάσσιων ειδών και ιδιαίτερα αυτή των μυδιών, κατέχοντας κιάλας κύρια καλλιέργεια του είδους αυτού (Delamotte & Βαρδαλλά-Θεοδώρου, 1994). Συγκεκριμένα η θρεπτική τους αξία και ο γρήγορος τρόπος με τον οποίο μεγαλώνουν και πολλαπλασιάζονται έδωσε έναυσμα για την αξιοποίησή τους. Η εκμετάλλευση των μυδιών έχει αποφέρει πολλαπλά οφέλη στους παραγωγούς εκ των οποίων συγκαταλέγονται τα οικονομικά οφέλη: αφού η παραγωγή έχει μεγάλη ζήτηση σε εξωτερικό (όπου και απορροφάται το μεγαλύτερο μέρος της εγχώριας παραγωγής). Διατροφικά οφέλη διότι τα οστρακοειδή αποτελούν μια ισορροπημένη διατροφή στην οποία συμπεριλαμβάνονται πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, κορεσμένα λίπη, ωμέγα 3 λιπαρά οξέα, χοληστερόλη, νάτριο, ασβέστιο, σίδηρος, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη αφού από την αξιοποίηση και την επεξεργασία των κελυφών τους παράγονται διακοσμητικά προϊόντα αλλά και φαρμακευτικά (<https://worldoceanreview.com>).

Η καλλιέργεια των μυδιών άρχισε γύρω στο 1235 όταν ο Ιρλανδός ταξιδιώτης Patrick Walton είχε πέσει θύμα από ναυάγιο στον κόλπο του Aiguillon της Δυτικής Γαλλίας όταν κατασκήνωσε εκεί, προσπάθησε να κάνει παγίδες πουλιών. Γρήγορα όμως κατάλαβε ότι οι δοκοί που συγκρατούσαν τα δίχτυα καλύφθηκαν από μύδια (<http://connemaramussselfestival.com/>). Με βάση τα στοιχεία του έτους 2004 (FAO

Fishery Statistics) η καλλιέργεια μυδιών αποδίδει περίπου 1.900.000 t παγκόσμιας κατανάλωσης και η ευρωπαϊκή παραγωγή των μυδιών ξεπερνά τα 90.000 εκ, όπου το ένα τρίτο αφορά την ελληνική παραγωγή. Με ένα μεγάλο μέρος να εξάγεται στην Ιταλία. Συγκεκριμένα η ελληνική ενασχόληση των μυδοπαραγωγών ξεκίνησε το 1980 εν αντιθέσει με την Ευρώπη που ξεκίνησε μια εικοσαετία πριν, και γνώρισε άνθιση την πενταετία από 1995-2000 (Πολύχρου, 2014).



Εικόνα 48 Καλλιέργεια μυδιών από Patrick Walton
(<http://connemaramussselfestival.com/>).

12.2 Ελληνική Παραγωγή

Η ραγδαία αύξηση παραγωγής των μυδιών φάνηκε στην τελευταία δεκαετία και συγκεκριμένα σύμφωνα με το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων η παραγωγή των μονάδων οστρακοκαλλιέργειας για το 2000 ανήλθε στους 30.000 t συνολικά συμπεριλαμβανομένων και των εξαγωγών με αντίστοιχη αξία 12 εκατομμύρια ευρώ. Ανασταλτικό παράγοντα όμως αποτελεί η καλλιέργειά του μόνο σε φυσικό περιβάλλον αφού η περισυλλογή των αυγών γίνεται ολοένα και δυσκολότερη με αποτέλεσμα την έλλειψη αρκετών ειδών (Γαληνού- Μητσούδη, 2003).

12.3 Περιοχή Μελέτης

Ο Θερμαϊκός Κόλπος αποτελεί την αλιευτική των μυδιών όπως επίσης και η Αλεξανδρούπολη, το Πόρτο Λάγος, η Κεραμωτή, η νότια Κασσάνδρα (Τορωναίος), ο Μαλιακός, Ευβοϊκός, Σαρωνικός, Αμβρακικός και ο κόλπος της Καλλονής (Πολύχρου, 2008). Στις θαλάσσιες περιοχές του ασκείται η μυδοκαλλιέργεια και στις χερσαίες

βρίσκονται καταφύγια για την στήριξη της καλλιέργειας. Ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής προέρχεται κυρίως από τις περιοχές του Βορειοδυτικού κόλπου Θεσσαλονίκης (Χαλάστρα, Νομός Θεσσαλονίκης).



Εικόνα 49 Οι γνωστές ελληνικές περιοχές για την αλιεία οστράκων (Πολύχρου, 2014)

Οι γνωστές ελληνικές περιοχές για την αλιεία οστράκων: 1-Αλεξανδρούπολη, 2-Πόρτο-Λάγος, 3-Κεραμωτή, 4-Νότια Κασσάνδρα (Τορωναίος), 5 & 6-κόλποι Θεσσαλονίκης & Θερμαϊκού, 7-Μαλιακός κόλπος, 8-Βόρειος Ευβοϊκός, 9- Αμβρακικός, 10-Σαρωνικός και 11-κόλπος της Καλλονής(Λέσβος). (Γαληνού -Μητσούδη 2001). (Πολύχρου, 2014). Ο Δήμος Χαλάστρας έχει υψηλή συγκέντρωση Ζωικού κεφαλαίου για αυτό έχει και αυξημένη παραγωγή κτηνοτροφικών φυτών και κυρίως μηδικής. Στο Θερμαϊκό κόλπο παράγεται το 90% των μυδιών της παραγωγής της χώρας. Στην περιοχή του Αξιού παράγεται σχεδόν το 72% της εθνικής παραγωγής με το 80% αυτού να εξάγεται. Στην περιοχή του Δέλτα ανέκαθεν ασκείται η παραδοσιακή αλιεία και η οστρακοκαλλιέργεια-ειδικότερα η μυδοκαλλιέργεια -με άριστες προοπτικές. Στην 25 περιοχή Χαλάστρας οι αλιείς ανέρχονται στους 200 εκ των οποίων οι 110 είναι μυδοτρόφοι. Λοιπά είδη του αλιεύματος είναι λαβράκια, γλώσσες, κεφαλόπουλα, κουτσομούρες, σουπιές, γαρίδες και από τα οστρακοειδή μύδια και χάβαρα. Η ανάπτυξη χερσαίων εγκαταστάσεων για την υποστήριξη της οστρακοκαλλιέργειας στις εκβολές

του Λουδία, συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση της παραγωγικότητας, καθώς και στην ποιοτική και υγιεινή παραγωγή. Βασική εκκρεμότητα για την περαιτέρω ανάπτυξη της οστρακοκαλλιέργειας είναι η έγκριση της ΠΟΑΥ Θερμαϊκού (εκκρεμεί η έγκριση του Π.Δ από το Συμβούλιο της Επικρατείας και η ψήφισή του) Με τον καθορισμό της ΠΟΑΥ Θερμαϊκού, τίθεται το πλαίσιο για την ορθολογική λειτουργία της οστρακοκαλλιέργειας στην περιοχή, θα λήξει δε η εκκρεμότητα που ταλαιπωρεί μεγάλο αριθμό παραγωγών, αφού η αρμόδια υπηρεσία της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Μακεδονίας- Θράκης, δεν ανανέωνε τις άδειες τους τα τελευταία 4-5 χρόνια, ενόψει καθορισμού της ειδικής Περιοχής, με αποτέλεσμα να έχει αυξηθεί ο αριθμός των μη νόμιμων μονάδων. Εκτιμάται ότι ο αριθμός των μη αδειοδοτημένων μονάδων, σήμερα, είναι ίσος και μεγαλύτερος των νόμιμων. Σύμφωνα με την πρόταση οι εν λόγω εκτάσεις της ΠΟΑΥ είναι: 1) Χαλάστρα : 13.046,61 στρ. 2) Κύμινα : 3.255,73 στρ. Στη Χαλάστρα λειτουργούν δύο αγροτικοί συνεταιρισμοί. Οι δραστηριότητες των συνεταιρισμών είναι αρκετά διευρυμένες και περιλαμβάνουν τη λειτουργία ξηραντηρίων ρυζιού, καταστήματα λιανικής πώλησης και τη χρησιμοποίηση μηχανημάτων. Επίσης λειτουργεί ένας αλιευτικός οστρακοπαραγωγικός, ένας αλιευτικός και ένας γαλακτοκομικός συνεταιρισμός ενώ στην κοινότητα Ανατολικού ένας αγροτικός και ένας γαλακτοκομικός. Στον Αξιό λειτουργούν οι παρακάτω συνεταιρισμοί : Αγροτικός Συνεταιρισμός Κυμίνων Αγροτικός Συνεταιρισμός Ν. Μαλγάρων Αγροτικός Συνεταιρισμός Βραχιάς Αλιευτικός Συνεταιρισμός Κυμίνων - Ν. Μαλγάρων Οστρακοκαλλιεργητικός Συνεταιρισμός (www.dimosdelta.gr)

Οι συνηθέστεροι τρόποι καλλιέργειας είναι δύο: της πλωτής (long line) και της πασσαλωτής καλλιέργειας. Η καλλιέργεια των οστρακοειδών με τους παραπάνω τρόπους ξεκινά με τη συλλογή του γόνου. Η συλλογή επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση την εποχή της αναπαραγωγής κατάλληλου υποστρώματος για την προσκόλλησή του (Ζαιμάκη, 2015).



Εικόνα 50 Σύστημα πλωτής (Ζαιμάκη, 2015)

Αυτή η μέθοδος καλλιέργειας επιλέγεται σε περιπτώσεις που υπάρχει βάθος νερού (Κασπίρης 1998)., Σε αντίθετη περίπτωση της σειράς-πασσαλωτή που επιλέγεται σε πιο ρηχά νερά. Οπότε μπορεί να εύκολα με δειγματοληψία εξ επαφής να ληφθεί δείγμα.



Εικόνα 51 Σύστημα πασσαλωτής (<http://axiosdelta.gr>)

Πλέον στις εκβολές του Αξιού η πλειοψηφία καλλιεργειών είναι οι πάσσαλοι λόγω μικρότερου βάθους σε σχέση με την Κατερίνη- Πιερία. Αξιοσημείωτο είναι πως σύμφωνα με το Ε.Κ.Θ.Ε (2001) η παραγωγή των μυδιών στην περιοχή της Χαλάστρας ανήλθε σε 34 τόνους.

12.4 Πολλαπλασιασμός μυδιού

Για να μπορέσουμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα έλλειψης οστράκων πρέπει να εξετάσουμε την διαδικασία παραγωγής τους. Συγκεκριμένα μελέτες έχουν δείξει ότι ο ρυθμός αύξησης των μυδιών ποικίλει από περιοχή σε περιοχή, καθώς επηρεάζεται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία του νερού, η μόλυνση του νερού, και της διαθέσιμης τροφής. Τα μύδια έχουν ανάγκες τροφής στην περίοδο ανάπτυξής τους γιατί και παρατηρούμε το μεγάλο μέγεθός τους σε σημεία παλλίροιας, αφού αποσπών θρεπτικά συστατικά (Walters 2008). Η οποία μπορεί να ελεγχθεί με την τοποθέτηση κατάλληλων αισθητήρων σε επικοινωνία με τους συνεταιρισμούς και τις υποδομές των οστρακοπαραγωγών. Αλλά και το μήκος του μυδιού μπορεί να ξεπεράσει τα 10-13 cm. Το μύδι είναι ένα αρκετά ευαίσθητο είδος και οποιαδήποτε μεταβολή του περιβάλλοντος

επιδρά άμεσα στο ίδιο, έτσι για να μπορέσει να αναπτυχθεί πρέπει να εξεταστούν παράγοντες που σχετίζονται με το νερό και συγκεκριμένα: 1. Θερμοκρασία, 2. Αλατότητα, 3. Διαθεσιμότητα τροφής, 4. Έκθεση στην παλίρροια, 5. Παράσιτα, α αλλά και η νομοθεσία προβλέπει πως η περίοδος προστασίας αναπαραγωγής είναι 1 Νοεμβρίου μέχρι και 31 Μαρτίου (Πολύχρου, 2014. Ζαιμάκη, 2015).

Περίοδος αναπαραγωγής

Ένας ακόμη παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπόψιν είναι η περίοδος αναπαραγωγής. Συγκεκριμένα η γονιμοποίηση στα μύδια μπορεί να παρουσιαστεί με επιτυχία μεταξύ 5-22 °C και αλατότητα 15-40 psu (Walters et al 2008). (Στοιχεία εισόδου προς έλεγχο.) Παρακάτω βλέπουμε τους μήνες αναπαραγωγής των μυδιών.

Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάιο	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοέ	Δεκ
X	X	X		X					X	X	X

12.5 Φυσικοχημικοί παράμετροι του νερού

Σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των μυδιών είναι η ποιότητα του νερού που αναπτύσσονται. Το κατάλληλο υδάτινο περιβάλλον για τα μύδια σύμφωνα με την βιβλιογραφία είναι: η αλατότητα να έχει τιμές 20-40% psu και η θερμοκρασία να κυμαίνεται 8-25°C (Φώτης 1999). Συγκεκριμένα στην περιοχή της Χαλάστρας η διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών είναι μεγαλύτερη, αφού στην περιοχή αυτή ασκείται έντονη γεωργική εκμετάλλευση και με τις βροχές γίνεται αποστράγγιση του εδάφους, με τα υπολείμματα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων να καταλήγουν στην θάλασσα. Αναλυτικότερα, κατά το Φθινόπωρο ενισχύεται η αύξηση του φυτοπλαγκτού λόγω των νιτρικών αλάτων των λιπασμάτων (Okumu, 2001. ΕΚΘΕ, 2001).

Με βάση την έρευνα η μυδοκαλλιεργητική παραγωγή της χαλάστρας χαρακτηρίζεται από προβλήματα και ιδιαίτερα αυτό της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού, αφού καταγράφηκε για την περίοδο του 2000 μείωση σωματικού βάρους μυδιών (Κράββα 2000, ΕΚΘΕ 2001) με αποτέλεσμα η παραγωγή κατά το ήμισυ να μειωθεί παρόλο που

εκτάσεις καλλιέργειας αυξήθηκαν. Για τον λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η μέτρηση των τιμών του νερού, προκειμένου να ενισχύεται η παραγωγή των μυδιών.

Για την μελέτη των μυδιών επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες επιχειρήσεις γιατί είναι δυο από τις μεγαλύτερες επιχειρήσεις που παράγουν και εξάγουν συνολικά το 85% της παραγωγής των μυδιών στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

Δείγμα

1) Η Εταιρεία Δημούδη Αφοί ABEE με έδρα την χαλάστρα Θεσσαλονίκης δραστηριοποιείται στο χώρο των οστρακοκαλλιεργειών με κύρια ενασχόληση της μυδοκαλλιέργειας, κατέχει την πρώτη θέση στην εμπορία οστράκων κατέχοντας το 70% της ετήσιας παραγωγής, διαθέτοντας δικό της χώρο εξυγίανσης. (<http://www.dimoudis.gr/index.php?act=viewCat&catId=68>)

2) Η εταιρεία MEGAOSTRAKON είναι μία σύγχρονη μονάδα, η οποία δραστηριοποιείται στον χώρο των οστρακοειδών. Ιδρύθηκε το 1989 στην Θεσσαλονίκη από τον Δημήτρη Μεγασθένη. Η δραστηριότητά της εκτείνεται στην παραγωγή συσκευασία και αποστολή οστράκων. (<https://www.megaostrakon.gr/el>). Επιπλέον η εταιρεία σε συνεργασία με την AGROLAB (www.agrolab.gr) διεξάγει αναλύσεις στα όστρακα σε συχνότητα μια φορά τον μήνα.



Εικόνα 52 Παράκτια ζώνη στη Χαλάστρα Θεσσαλονίκης, Οι καλύβες των μυδοκαλλιεργητών της Χαλάστρας (<http://axiosdelta.gr>)

13. Σύστημα παρακολούθησης μυδοκαλλιέργειας

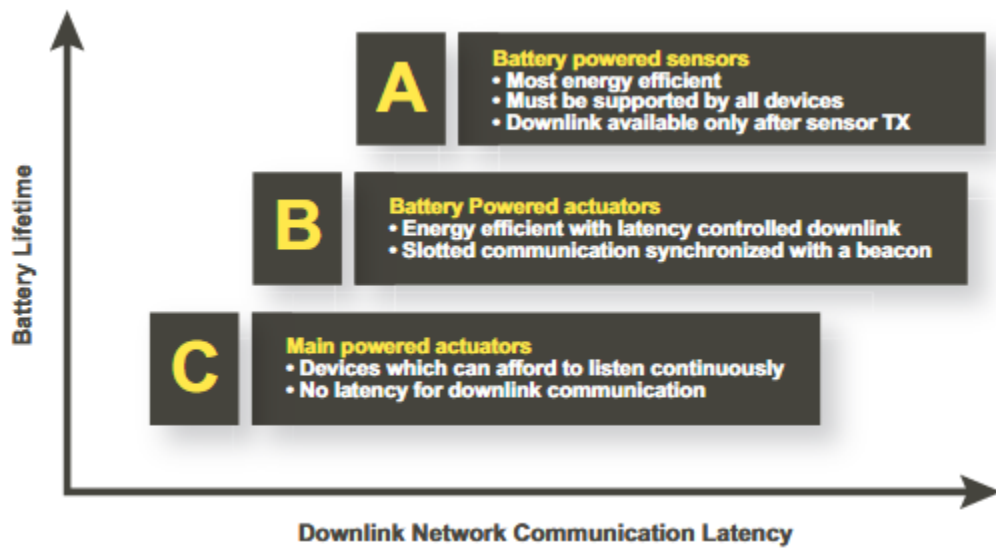
13.1 Ασύρματο δίκτυο LoraWan

Το LoRaWAN είναι ένα δίκτυο ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος με λειτουργίες που υποστηρίζουν αμφίδρομη επικοινωνία χαμηλού κόστους, κινητού και ασφαλούς για το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), machine to machine (M2M) έξυπνες πόλεις και βιομηχανικές εφαρμογές. Το LoRaWAN αφορά την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει μεγάλα δίκτυα απαρτιζόμενα από εκατομμύρια συσκευές. Είναι μια σύμπραξη 400 εταιρειών, δίνοντας την δυνατότητα σε επιχειρήσεις να αναπτύξουν δημόσια και ιδιωτικά δίκτυα. Η συχνότητα που χρησιμοποιεί το Lora είναι μικρότερη από 1 GHz η οποία διαφέρει από χώρα σε χώρα, π.χ στην Ευρώπη η τιμή που χρησιμοποιείται είναι 868 MHz, ενώ στη Βόρεια Αμερική η συχνότητα που χρησιμοποιείται είναι 915 MHz. Επίσης στα τεχνικά χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου αυτού συγκαταλέγονται το χαμηλό κόστος, διότι το κόστος εγκατάστασης είναι φθηνότερο αφού οι αισθητήρες έχουν δικό τους δίκτυο. Η ανίχνευση γεωγραφικής θέσης παρέχεται δωρεάν. Η χαμηλή ισχύς που κυμαίνεται από 13mA έως 15mA, συνεπώς η

διάρκεια της μπαταρίας μπορεί να φτάσει και τα είκοσι χρόνια. Ασφάλεια, αφού παρέχει ενσωματωμένη κρυπτογράφηση AES128 από άκρο σε άκρο. Μεγάλη εμβέλεια που αγγίζει τα 100χιλιόμετρα, αλλά και υψηλή χωρητικότητα υποστηρίζοντας εκατομμύρια μηνύματα ανά gateway, καθιστώντας το κατάλληλο για πάροχους δημοσίου δικτύου.

Το πρωτόκολλο Lora διέπεται από πέντε παραμέτρους μετάδοσης οι οποίοι είναι οι παρακάτω: 1. ισχύς μετάδοσης (transmission power) η οποία κυμαίνεται από -4 dBm και 20 dBm. 2. Από την συχνότητα φορέα (Carrier Frequency) με την τιμή που κυμαίνεται μεταξύ 137 MHz έως 1020 MHz. 3. Από τον παράγοντα κατανομής (Spreading Factor) με αριθμό chips από 6 έως 12. 4. Από το εύρος ζώνης (bandwidth) το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 7,8 kHz και 500 kHz. Και τέλος από τον ρυθμό κωδικοποίησης (Coding Rate) ο οποίος χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των παρεμβολών (<https://www.semtech.com/technology/lora/what-is-lora>) (Tsakos, 2018).

Το LoRaWAN ορίζει τρεις τύπους συσκευών, την κλάση A, B και C. Οι συσκευές κατηγορίας A χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ALOHA για την uplink traffic. Μετά την αποστολή ενός πακέτου, μια συσκευή ακούει μια απόκριση από την πύλη. Η κατηγορία A έχει ως αποτέλεσμα τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Οι συσκευές κλάσης B αφορούν εφαρμογές που απαιτούν περισσότερη downlink traffic γιατί και αυτές οι συσκευές ανοίγουν επιπλέον παράθυρα σε προγραμματισμένο χρόνο όταν λαμβάνουν από την πύλη συγκεκριμένο beacon. Και οι συσκευές κλάσης Γ ακούν το κανάλι καθ'όλη την επικοινωνία με αποτέλεσμα την υψηλή κατανάλωση ισχύος .



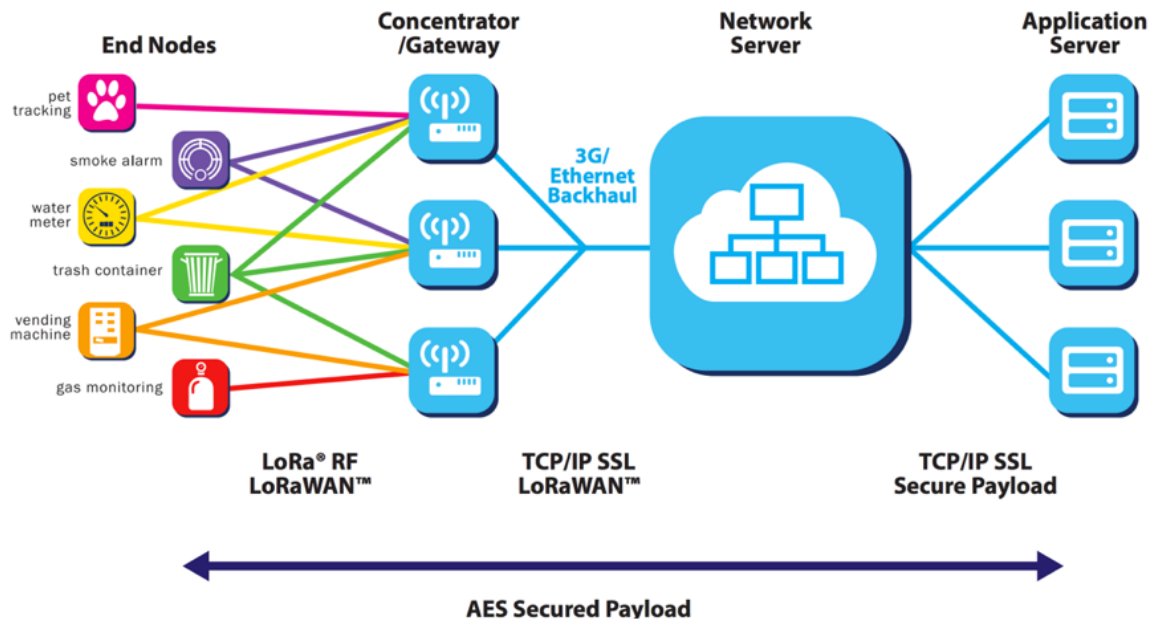
Εικόνα 53 LoRa Class of Device (<https://www.semtech.com/technology/lora/what-is-lora>)

13.2 Αρχιτεκτονική δικτύων LoraWAN

Τα δίκτυα LoraWAN αποτελούνται από 4 οντότητες.

1. Από τους τελικούς κόμβους (End Nodes) που είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο της συσκευής.
2. Από τους σταθμοί βάσης (Gateways) που είναι υπεύθυνοι για την ασύρματη επικοινωνία των end nodes.
3. Από τον κεντρικό εξυπηρετητή που εξυπηρετεί την επικοινωνία nodes και εφαρμογών

4. Την εφαρμογή που επεξεργάζεται δεδομένα των nodes.



Εικόνα 54 Αρχιτεκτονική Lora (<https://www.semtech.com/technology/lora/what-is-lora>)

Πίνακας 2 Ασύρματες Τεχνολογίες

Τεχνολογία	Κατανάλωση(mA)	Κάλυψη	Ρυθμός Μετάδοσης
3G/4G LTE	120/260	Από Δίκτυο	1-50 Mbps
Wi-Fi	60/160	100m	10-300MBps
LoRa/ LoRaWaN	48/125	7000-1500m	5 Kbps
ZigBee	58/140	100-2000m	250 Kbps
Bluetooth LE	<15	50m	1 Mbps

13.3 Τεχνολογία LoraWAN

Κύριο πλεονέκτημα της τεχνολογίας αυτής, παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα είναι η κάλυψη του σήματος που παρέχει έναντι των άλλων τεχνολογιών , WiFi, 3G, ZigBee, Bluetooth LE. Συγκεκριμένα μετρήσεις έδειξαν πως η κάλυψη κυμαίνεται από 7επτά χιλιόμετρα σε αστικό περιβάλλον και σε υπεραστικό περιβάλλον άνω των 15 χιλιομέτρων, με κατανάλωση ρεύματος από 48 έως 125 mA,η οποία και εξαρτάται από από τον ρυθμό απόδοσης, την θερμοκρασία αλλά και την απόσταση των κόμβων από την

βάση (Duda & To, 2018). Από πλευράς υλοποίησης είναι πολύ απλή διότι απαιτεί ελάχιστη παροχή ρεύματος και πρόσβαση στο διαδίκτυο



Εικόνα 55 Ideetron's Lorank8v1 Gateway

Ένας σταθμός βάσης μπορεί να εξυπηρετεί μέχρι και 10000 συσκευές στην περιοχή κάλυψης του για την συλλογή δεδομένων, των οποίων ο αριθμός ελατώνεται αν υπάρξουν ανάγκες αποστολής δεδομένων στους nodes, καθιστώντας την επέκταση του δικτύου εύκολη, προσθέτοντας σταθμούς βάσης. Επιπλέον παρέχεται και ασφάλεια των δεδομένων που διακινούνται λόγω κρυπτογράφησης δυο επιπέδων, το πρώτο που αφορά την επιβεβαίωση των κόμβων που εντάσσονται στο ίδιο δίκτυο μέσω κλειδιού και κατόπιν τα δεδομένα κρυπτογραφούνται μέσω κοινού μυστικού κλειδιού. Παρέχοντας πρόσβαση μόνο σε όσους έχουν κοινό κλειδί για συγκεκριμένο δίκτυο (Tsakos, 2018).

Ορισμένες από τις εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν στα δίκτυα LoraWAN είναι

- Μέτρηση Κατανάλωσης νερού

- Μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων (Θερμοκρασία, αλατότητα)
- Αισθητήρες ρύπανσης περιβάλλοντος
- Αισθητήρες έξυπνου πάρκινγκ
- Αισθητήρες ζωοπαραγωγής

13.4 Μελέτη Ραδιοκάλυψης

13.4.1 Περιγραφή προγράμματος ραδιοκάλυψης

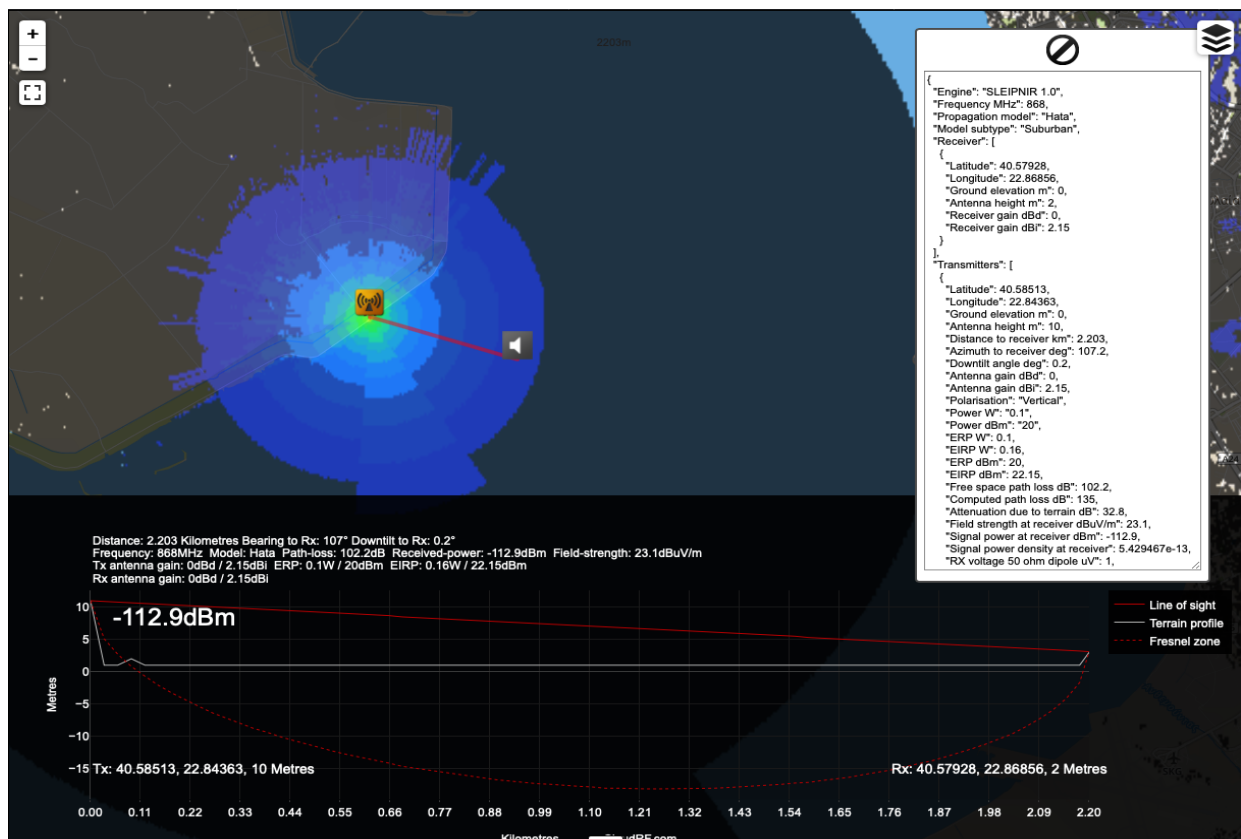
Το CloudRf είναι ένα online λογισμικό σχεδιασμού ραδιοκάλυψης (RF). Το λογισμικό στηρίζεται στην χρήση λογισμικού ανοικτού κώδικα και μπορεί να προσομοιώσει οποιοδήποτε ραδιοδίκτυο, ανεξαρτήτως μεγέθους, από την τοπική έως και την εθνική κλίμακα και να χρησιμοποιηθεί σε κάθε φάση αναπτύξεως και εκμεταλλεύσεως του ραδιοδικτύου. Τα Interfaces καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του φάσματος των ραδιοσυχνοτήτων που κυμαίνεται από 20MHz έως 100GHz με VHF, UHF, SHF, EHF, μεγάλα όρια ισχύος για τηλεοπτικούς σταθμούς μεγάλης εμβέλειας αλλά και δίκτυα IOT, αλλά και μοντέλα για κινητά δίκτυα και περιβαλλοντικές μεταβλητές για να φιλοξενήσουν παρόχους προαστιακών, αγροτικών και ορεινών περιοχών. Τα διαθέσιμα εμπειρικά μοντέλα ισχύουν για τις περισσότερες ασύρματες τεχνολογίες και οι διεπαφές πολλαπλών πλατφορμών είναι αρκετά απλές για αρχάριους με προηγμένες λειτουργίες για επαγγελματίες μηχανικούς, όπως ο καθορισμός περιβαλλοντικών μεταβλητών και κατώτατων ορίων ποσοστού σφάλματος ψηφίων.

Το CloudRF σχεδιάστηκε το 2011 από τον Alex Farrant, ο οποίος ενδιαφέρθηκε για τη διάδοση του ραδιοφώνου και τις ψηφιακές επικοινωνίες καθ' όλη τη διάρκεια μιας ενεργού σταδιοδρομίας στο Ηνωμένο Βασίλειο Royal Marines ως ειδικός ραδιοφώνου. Ο Alex ανέπτυξε την πρώτη εφαρμογή Android που είναι ικανή για σχεδιασμό RF (RFSignal for Android) που τροφοδοτείται από το SPLAT ανοικτού κώδικα. Επίσης υποστηρίζει ενισχυμένες υπηρεσίες ραδιοκάλυψης από 20-100.000MHz υποστηρίζοντας πρότυπα VHF, Air band AM, PMR, DMR, VHF / UHF PTT, LoRa, GSM, UMTS, LTE, Wi-Fi. Το CloudRF υποστηρίζει το LoRa με κατώτερο όριο στον δέκτη -140dBm, μια συλλογή από πρότυπο υλικό για αρχάριους χρήστες και μοντέλα διάδοσης κατάλληλα για το φάσμα UHF που χρησιμοποιεί. Τέλος δίνεται η δυνατότητα με τα δεδομένα LIDAR υψηλής ανάλυσης να σχεδιάζεται η μελέτη σε περιοχές αστικές ή μη (ανάλογα με το propagation model) και με ακρίβεια. Επιπλέον υποστηρίζει πλατφόρμες Android,

Linux, Mac / OSX και Windows παρέχοντας και ένα μοναδικό Plugin Google Earth "Keyhole Radio" που μας επιτρέπει να τρέξουμε το λογισμικό μέσα από αυτήν την εφαρμογή (<https://cloudf.com/>).

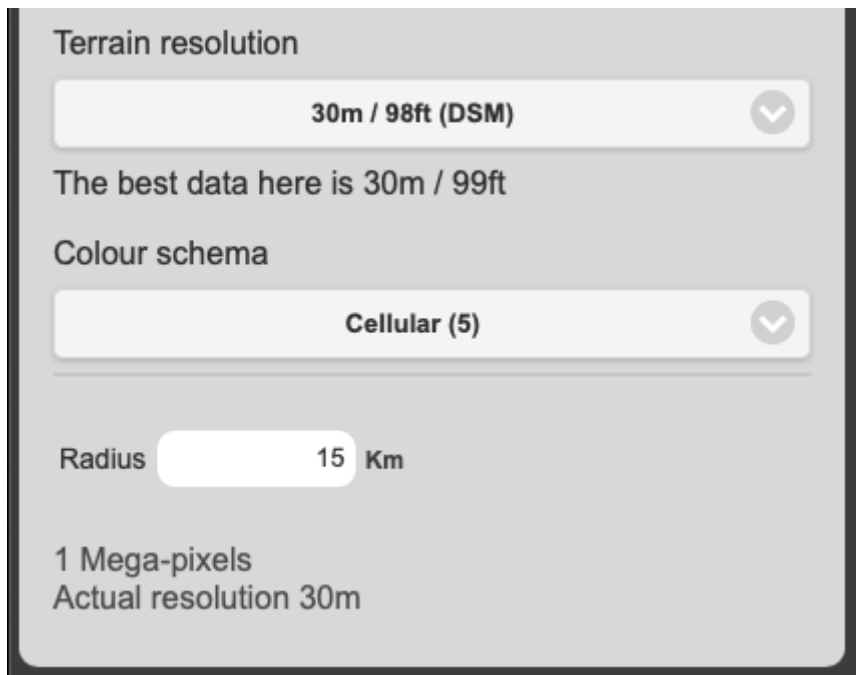
13.4.2 Εισαγωγή στη Μελέτη Ραδιοκάλυψης

Η παρούσα μελέτη ραδιοκάλυψης αφορά την ευρύτερη περιοχή του Βορειοδυτικού κόλπου της Θεσσαλονίκης δεδομένου πως κατά μήκος των ακτών, των εκβολών των ποταμών Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα, είναι εγκατεστημένες πλωτές (long line) και πασσαλωτές καλλιέργειες μυδιών σε μια συνολική έκταση άνω των 3.000 στρεμμάτων. Η ενδιαφερόμενη περιοχή ραδιοκάλυψης στον ευρύτερο χώρο του ΒΔ κόλπου που εφαρμόστηκε φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 56 Χαλάστρα - Περιοχή Ενδιαφέροντος

Για την εφαρμογή της μελέτης ραδιοκάλυψης εφαρμόστηκε ακτίνα κάλυψης περίπου 15 χιλιομέτρων από την παραλία δεδομένου της έκτασης που καλύπτουν οι μυδοκαλλιέργειες στον ΒΔ κόλπο Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 57 Ανάλυση Επιφάνειας

Επομένως απαιτείται η χρήση ενός εμπειρικού μοντέλου θαλάσσιας περιοχής (μη αστικής) και έτσι επιλέχθηκε το Okumura Hata, το οποίο μοντέλο Hata είναι ένα μοντέλο διάδοσης ραδιοσυχνοτήτων για την πρόβλεψη της απώλειας διαδρομής κυψελοειδών μεταδόσεων σε εξωτερικά περιβάλλοντα, που ισχύουν για συχνότητες μικροκυμάτων από 150 έως 1500 MHz. Είναι μια εμπειρική διατύπωση βασισμένη στα δεδομένα από το μοντέλο Okumura και επομένως αναφέρεται επίσης ως το μοντέλο Okumura-Hata. Το μοντέλο Hata για αγροτικά περιβάλλοντα αφορά μεταδόσεις σε ανοιχτές περιοχές όπου κανένα εμπόδιο δεν εμποδίζει τη σύνδεση μετάδοσης (<https://en.wikipedia.org/w/index.php?search=okumura+hata&title=Special%3ASearch&go=Go>). Και Διατυπώνεται ως εξής:

$$L = L_{FSL} + A_{MU} - H_{MG} - H_{BG} - \sum K_{\text{correction}}$$

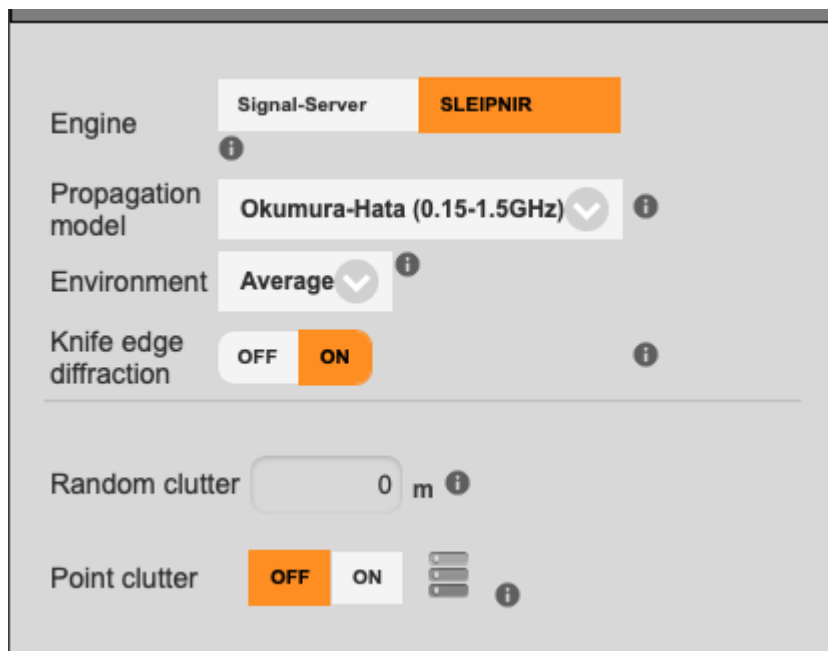
Εικόνα 58 Okumura Hata Μαθηματικός τύπος

LO = Απώλεια διαδρομής σε ανοιχτές περιοχές, Μονάδα: ντεσιμπέλ (dB)

LU = Μέση απώλεια διαδρομής από την έκδοση πόλης του μοντέλου (παραπάνω).

Μονάδα: ντεσιμπέλ (dB)

f = Συχνότητα μετάδοσης. Μονάδα: megahertz (MHz).



Εικόνα 59 Επιλογή μοντέλου Okumura Hata

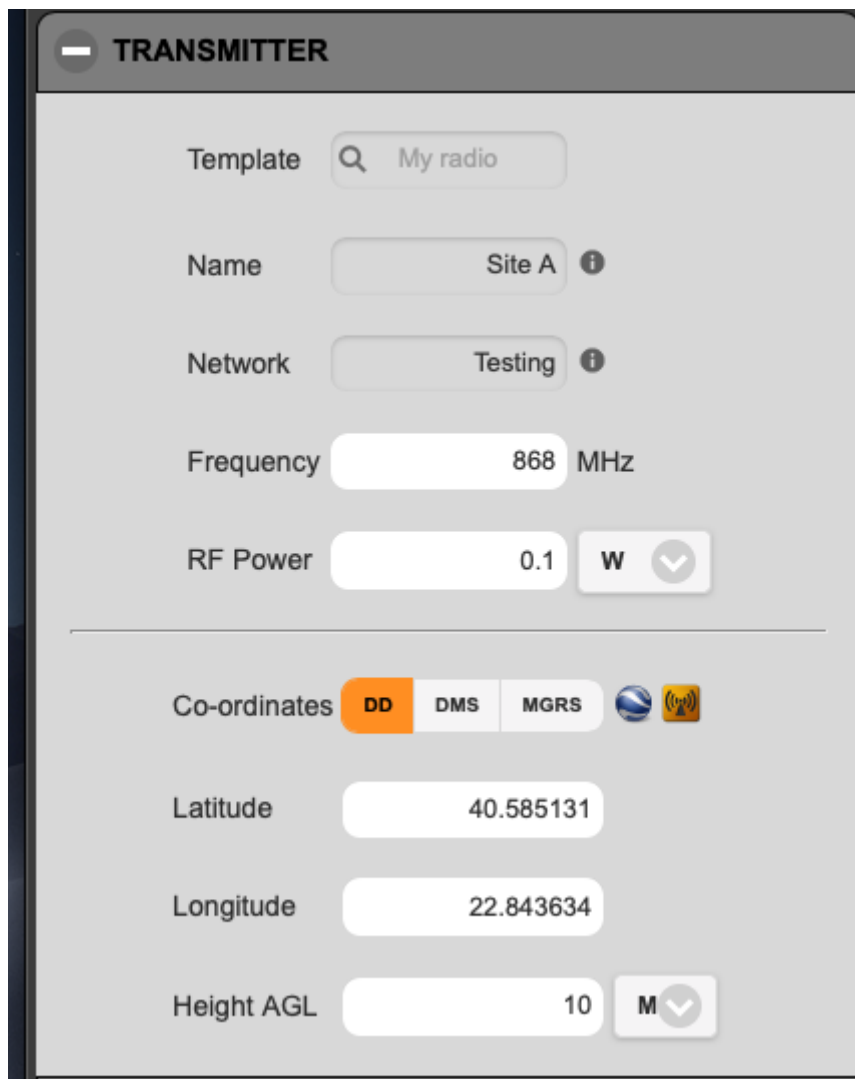
Επιπλέον η κάλυψη του αφορά:

Συχνότητα = 150-1920 MHz

Ύψος κεραίας κινητού σταθμού: μεταξύ 1 m και 3 m

Βάση κεραίας σταθμού βάσης: μεταξύ 30 m και 100 m

Απόσταση συνδέσμου: μεταξύ 1χλμ. Και 100χλμ



TRANSMITTER

Template

Name ⓘ

Network ⓘ

Frequency MHz

RF Power W ▾

Co-ordinates **DD** DMS MGRS 🌐 📶

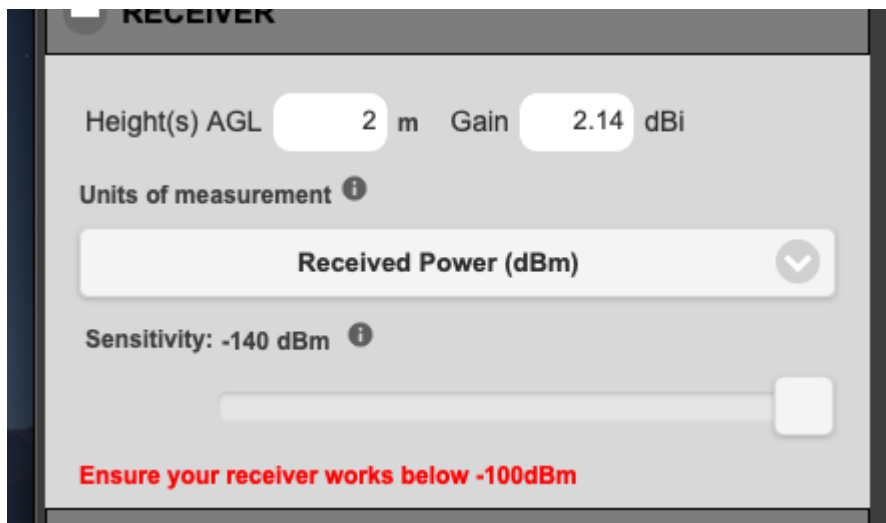
Latitude

Longitude

Height AGL M ▾

Εικόνα 60 Παραμετροποίηση πομπού

Ο πομπός τοποθετήθηκε σε ύψος δέκα μέτρων δεδομένου πως οι οικίσκοι που είναι εγκατεστημένοι πολύ κοντά στην θάλασσα άλλοτε και εντός, δεν ξεπερνούν τα πέντε μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας. Αλλά και η πρόσβαση είναι σταθερή.



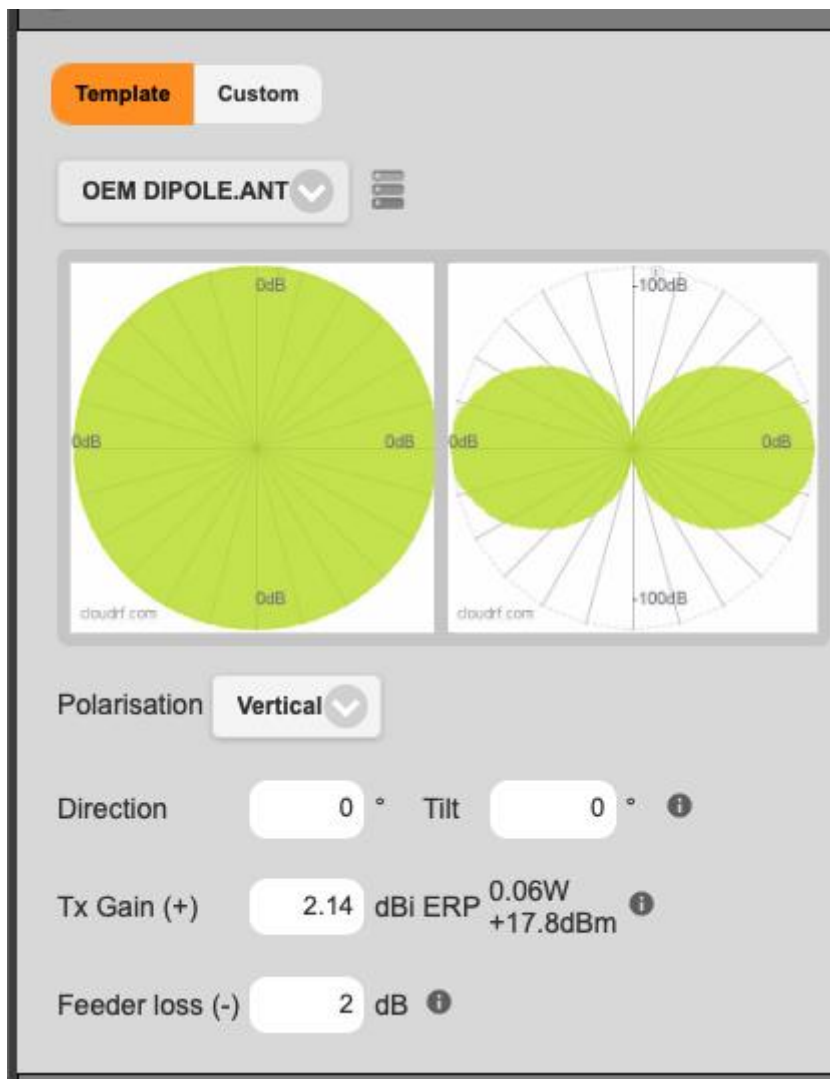
Εικόνα 61 Παραμετροποίηση δέκτη

Από την άλλη ο δέκτης τοποθετήθηκε σε σημαδούρα- πάσσαλο σε ύψος δύο μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας, δεδομένου πως ο πάσσαλος είναι βυθισμένος στην θάλασσα μιας και εφαρμόζεται στην περιοχή αυτήν η πασσαλωτή καλλιέργεια. Αλλά και υπάρχει ενδεχόμενο κινητικότητας του δέκτη.

```
],
"Transmitters": [
{
  "Latitude": 40.58513,
  "Longitude": 22.84363,
  "Ground elevation m": 0,
  "Antenna height m": 10,
  "Distance to receiver km": 2.203,
  "Azimuth to receiver deg": 107.2,
  "Downtilt angle deg": 0.2,
  "Antenna gain dBd": 0,
  "Antenna gain dBi": 2.15,
  "Polarisation": "Vertical",
```

Εικόνα 62 Παράμετροι πομπού

Έτσι με βάση τα παραπάνω ορίστηκε η απόσταση από τον δέκτη περίπου στα 2 km



Εικόνα 63 Παράμετροι κεραίας

Είναι μια απλή omnidirectional κεραία που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ένα πρότυπο ακτινοβολίας 360 μοιρών. Αυτός ο τύπος κεραίας χρησιμοποιείται όταν απαιτείται κάλυψη προς όλες τις κατευθύνσεις από την κεραία. Το κέρδος της κεραίας μετράται σε ντεσιμπέλ, το οποίο είναι ένας λόγος μεταξύ δύο τιμών. Το κέρδος μιας συγκεκριμένης κεραίας συγκρίνεται με το κέρδος μιας ισοτροπικής κεραίας. Μια ισοτροπική κεραία είναι μια θεωρητική κεραία με ομοιόμορφη τρισδιάστατη διάταξη ακτινοβολίας (παρόμοια με μια λάμπα χωρίς ανακλαστήρα). Συγκεκριμένα το dBi χρησιμοποιείται για να συγκρίνουμε τη στάθμη ισχύος μιας δεδομένης κεραίας στη θεωρητική ισότροπη κεραία, επιπλέον μια ισότροπη κεραία λέγεται ότι έχει μια

ονομαστική ισχύ 0 dB, που σημαίνει ότι έχει μηδενικό κέρδος. Οι διπολικές κεραίες έχουν διαφορετικό μοτίβο ακτινοβολίας σε σύγκριση με ισοτροπικές κεραίες. Το μοτίβο ακτινοβολίας διπόλου είναι 360 μοίρες στο οριζόντιο επίπεδο και 75 μοίρες στο κατακόρυφο επίπεδο (υποθέτοντας ότι η κεραία δίπολης στέκεται κάθετα) και το σχήμα του είναι κυκλικό. Οι διπολικές κεραίες λέγεται ότι έχουν κέρδος 2,14 dBi (σε σύγκριση με ισοτροπική κεραία). Ορισμένες κεραίες βαθμολογούνται σε σύγκριση με τις διπολικές κεραίες, η οποία υποδηλώνεται από το επίθημα dBd. Ως εκ τούτου αντιλαμβανόμαστε πως οι κεραίες διπόλου έχουν κέρδος 0 dBd (= 2,14 dBi).

13.5 Επιλογή αισθητήρων

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα το υδάτινο περιβάλλον είναι ο κύριος λόγος ανάπτυξης των μυδιών με σημαντικούς παράγοντες αυτούς της θερμοκρασίας και της αλατότητας. Επομένως κρίθηκε αναγκαίο είτε να επιλεγθεί αισθητήρας για την μέτρηση των δύο παραπάνω τιμών, της θερμοκρασίας και της αλατότητας του νερού.

Περιγραφή αισθητήρα LeveLine-CTD



Εικόνα 64 Αισθητήρας LeveLine CTD

Γενικά

Εύρος θερμοκρασίας: -20-80° C (-4-176° F)

Υλικό: Σώμα τιτανίου
 Επιλογές Output: SDI-12, RS485
 Τύπος μπαταρίας/διάρκεια: 3.6V λιθίου/ πάνω από 10 χρόνια
 Ισχύς: 6 – 24 VDC

Μνήμη

Μέγεθος: 8MB
 SDI-12 output rate: 1 ανά δευτερόλεπτο

Τύπος αισθητήρα

Υλικό: κεραμικός
 Εύρος: 10.0M, 50.0M, 20.0M , 100M
 Ανάλυση: 0.002% FS

Αλατότητα

Εύρος: 0 – 70 PSU 0 – 70 ppt (g/Kg)
 Ανάλυση: 0.01PSU / 0.01 ppt
 Ακρίβεια: ±1% reading

Θερμοκρασία:

Ακρίβεια ανάλυσης: ±0.1° C; 0.01° C
 Μονάδες μέτρησης: Κελσίου

SDI-12

Το SDI-12 (σειριακή ψηφιακή διασύνδεση στα 1200 baud) είναι ασύγχρονο πρωτόκολλο σειριακών επικοινωνιών για ευφυείς αισθητήρες που συλλέγουν δεδομένα περιβάλλοντος. Αυτά τα όργανα είναι συνήθως χαμηλής ισχύος (12V), χρησιμοποιούνται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και συνήθως επικοινωνούν με καταγραφικό ή άλλη συσκευή λήψης δεδομένων. Το πρωτόκολλο ακολουθεί μια διαμόρφωση master-slave με την οποία ένας καταγραφέας δεδομένων (recorder SDI-12) ζητά δεδομένα από τους έξυπνους αισθητήρες (αισθητήρες SDI-12), όπου ο καθένας προσδιορίζεται με μια μοναδική διεύθυνση. Όλες οι επικοινωνίες SDI-12 πραγματοποιούνται σε ASCII σε 1200 baud των 7 bits δεδομένων και ένα bit ισοτιμίας. Το πρότυπο καθορίζει επίσης ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που επιτρέπει στους αισθητήρες να παραμείνουν σε χαμηλή κατάσταση αναμονής μέχρι να ενεργοποιηθούν και πάλι μετά από ένα κατάλληλο σήμα. Ο πρώτος χαρακτήρας κάθε εντολής είναι μια μοναδική διεύθυνση αισθητήρα που καθορίζει με ποιον αισθητήρα θέλει να επικοινωνήσει ο καταγραφέας. Άλλοι αισθητήρες στο δίαυλο SDI-12 αγνοούν την εντολή και επιστρέφουν στη λειτουργία αναμονής χαμηλής κατανάλωσης. Το πρωτόκολλο καθορίζει επίσης έναν μηχανισμό επανάληψης (κυκλικός κώδικας) (CRC) για να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε απώλεια δεδομένων. Τα

CRC εισήχθησαν στο πρωτόκολλο SDI-12 με την έκδοση 1.3. Όσον αφορά τις εφαρμογές που βρίσκει, υποστηρίζεται συνήθως από υδρογραφικούς αισθητήρες (στάθμη και ροή), αισθητήρες ποιότητας νερού, μετεωρολογικά όργανα, υγρασία εδάφους και φυσιολογία φυτών και λιγότερο συχνά σε αισθητήρες για τη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας, κλίσης και άλλων γεωφυσικών παραμέτρων (<https://en.wikipedia.org/wiki/SDI-12>).

13.6 Πλατφόρμα διαχείρισης δεδομένων

13.6.1 Σχεσιακή μη σχεσιακή βάση δεδομένων

Όταν πρόκειται για την επιλογή μιας βάσης δεδομένων, υπάρχει δίλλημα αν θα επιλεγεί μια σχεσιακή (SQL) ή μια μη σχεσιακή βάση δεδομένων (NoSQL) στις οποίες υπάρχουν κάποιες διαφορές που οι χρήστες θα πρέπει να έχουν υπόψη τους. Έτσι λοιπόν για την κατανόηση των διαφορών τους θα περιγράψουμε δύο κύριες βάσεις στην σχεσιακή και στην μη σχεσιακή, την MySQL και MongoDB αντίστοιχα.

Κύριες διαφορές

Η ΓΛΩΣΣΑ

Για την κατανόηση της γλώσσα χρήσιμο είναι μέσω παρομοίωσης να δώσουμε ένα παράδειγμα, συγκεκριμένα αν σε μια χώρα όπου όλοι μιλούν την ίδια γλώσσα και η επικοινωνία τους στηρίζεται σε αυτήν την γλώσσα διότι μόνον αυτήν καταλαβαίνουν, μια οποιαδήποτε αλλαγή της γλώσσας αυτής θα επέφερες πολλή μεγάλη σύγχυση. Από την άλλη αν σε μια χώρα κάθε ομάδα ανθρώπων μπορεί να μιλήσει διαφορετική γλώσσα, όλοι αλληλεπιδρούν με τον κόσμο με διαφορετικό τρόπο και δεν υπάρχει καθολική κατανόηση, αλλά η διαφορετικότητα κάθε ομάδας δεν επηρεάζει καθόλου.

Το παραπάνω παράδειγμα βοηθάει στην απεικόνιση μιας από τις θεμελιώδεις διαφορές σχεσιακών και μη σχεσιακών βάσεων δεδομένων και η διάκριση αυτή έχει μεγάλες συνέπειες. Αναλυτικότερα οι βάσεις δεδομένων SQL χρησιμοποιούν δομημένη γλώσσα (SQL) για τον καθορισμό και τον χειρισμό δεδομένων. Από τη μία πλευρά, αυτό είναι εξαιρετικά ισχυρό διότι η SQL είναι μία από τις πιο ευέλικτες και ευρέως χρησιμοποιούμενες διαθέσιμες επιλογές, καθιστώντας την ασφαλή επιλογή για μεγάλα για σύνθετα ερωτήματα. Από την άλλη πλευρά, μπορεί να είναι περιοριστική. Η SQL

απαιτεί να χρησιμοποιούμε προκαθορισμένα σχήματα για να προσδιορίσουμε τη δομή των δεδομένων μας. Επιπλέον, όλα τα δεδομένα μας πρέπει να ακολουθούν την ίδια δομή. Αυτό μπορεί να απαιτήσει σημαντική προκαταρκτική προετοιμασία και, όπως και με το πρώτο παράδειγμα, μπορεί να σημαίνει ότι μια αλλαγή στη δομή θα είναι τόσο δύσκολη όσο και ενοχλητική για ολόκληρο το σύστημά μας. Μια βάση δεδομένων NoSQL, από την άλλη πλευρά, έχει δυναμικό σχήμα για μη δομημένα δεδομένα και τα δεδομένα αποθηκεύονται με πολλούς τρόπους: μπορεί να είναι προσανατολισμένο σε στήλες, προσανατολισμένο σε έγγραφα, βασισμένο σε γραφήματα ή οργανωμένο ως Key-Value. Δίνοντας μας ευελιξία και επεκτασιμότητα. Αυτή η ευελιξία σημαίνει ότι:

- Μπορείτε να δημιουργήσουμε έγγραφα χωρίς να χρειάζεται να καθορίσουμε πρώτα τη δομή τους
- Κάθε έγγραφο μπορεί να έχει τη δική του μοναδική δομή
- Η σύνταξη μπορεί να διαφέρει από βάση δεδομένων σε βάση δεδομένων, και
- Είναι δυνατή η προσθαφαίρεση δικών μας πεδίων.

Η επεκτασιμότητα

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι βάσεις δεδομένων SQL είναι καθέτως κλιμακούμενες, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούμε να αυξήσουμε το φορτίο σε ένα μόνο διακομιστή αυξάνοντας την μνήμη CPU, RAM ή SSD. Οι βάσεις δεδομένων NoSQL, από την άλλη πλευρά, είναι οριζόντια κλιμακούμενες. Αυτό σημαίνει ότι χειρίζομαστε περισσότερο traffic με την προσθήκη περισσότερων διακομιστών στη βάση δεδομένων μας NoSQL. Είναι σαν να προσθέτουμε περισσότερους ορόφους στο ίδιο κτίριο σε σχέση με την προσθήκη περισσότερων κτιρίων στη γειτονιά. Τα τελευταία μπορούν τελικά να γίνουν μεγαλύτερα και ισχυρότερα, καθιστώντας τις βάσεις δεδομένων NoSQL την προτιμώμενη επιλογή για μεγάλα ή συνεχώς μεταβαλλόμενα σύνολα δεδομένων.

Η ΔΟΜΗ

Οι βάσεις δεδομένων SQL βασίζονται σε πίνακες, ενώ οι βάσεις δεδομένων NoSQL είναι βασισμένα είτε σε ζεύγη με έγγραφα, είτε σε ζεύγη κλειδιών-τιμών. Αυτό καθιστά τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων SQL μια καλύτερη επιλογή για εφαρμογές που απαιτούν πολλαπλές σειρές συναλλαγών - όπως ένα λογιστικό σύστημα - ή για παλαιότερα συστήματα που χτίστηκαν για μια σχεσιακή δομή.

Ορισμένα παραδείγματα βάσεων δεδομένων SQL περιλαμβάνουν MySQL, Oracle, PostgreSQL και Microsoft SQL Server. Τα παραδείγματα βάσεων δεδομένων για το NoSQL περιλαμβάνουν τα MongoDB, BigTable, Redis, RavenDB Cassandra, HBase, Neo4j και CouchDB.

SQL vs NoSQL: MySQL vs MongoDB

Τώρα που έχουμε δημιουργήσει τις βασικές διαρθρωτικές διαφορές μεταξύ SQL και NoSQL βάσεων δεδομένων, ας δούμε τις βασικές λειτουργικές διαφορές μεταξύ των δύο, εξετάζοντας συγκεκριμένα τις MySQL και MongoDB ως παραδείγματα.

MySQL: Η σχεσιακή βάση δεδομένων SQL

Τα παρακάτω είναι μερικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της MySQL:

Εδραίωση: Η MySQL είναι μια εξαιρετικά εδραιωμένη βάση δεδομένων, που σημαίνει ότι υπάρχει μια τεράστια κοινότητα, εκτεταμένες δοκιμές και αρκετή σταθερότητα.

Συμβατότητα: Η MySQL είναι διαθέσιμη για όλες τις μεγάλες πλατφόρμες, όπως Linux, Windows, Mac, BSD και Solaris. Έχει επίσης συνδέσεις σε γλώσσες όπως Node.js, Ruby, C #, C ++, Java, Perl, Python και PHP, πράγμα που σημαίνει ότι δεν περιορίζεται στη γλώσσα ερωτήματος SQL.

Οικονομικά αποδοτική: Η βάση δεδομένων είναι ανοιχτού κώδικα και δωρεάν.

Αντιγραφή: Η βάση δεδομένων MySQL μπορεί να αναπαραχθεί σε πολλαπλούς κόμβους, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να μειωθεί ο φόρτος εργασίας και να αυξηθεί η δυνατότητα κλιμάκωσης και διαθεσιμότητας της εφαρμογής.

Διαμοιρασμός: Ενώ το sharing δεν μπορεί να γίνει στις περισσότερες βάσεις δεδομένων SQL, μπορεί να γίνει σε διακομιστές MySQL. Αυτό είναι οικονομικό και καλό για τις επιχειρήσεις.

MongoDB: Η μη σχεσιακή βάση δεδομένων NoSQL

Τα παρακάτω είναι μερικά από τα οφέλη και τα πλεονεκτήματα του MongoDB:

Δυναμικό σχήμα: Όπως αναφέρθηκε, αυτό μας δίνει την ευελιξία να αλλάξουμε το σχήμα δεδομένων χωρίς να τροποποιήσουμε κανένα από τα υπάρχοντα δεδομένα μας.

Ευελιξία: Το MongoDB είναι οριζόντια κλιμακωτό, το οποίο μας βοηθά να μειώσουμε το φόρτο εργασίας.

Διαχείριση: Η βάση δεδομένων δεν απαιτεί διαχειριστή βάσης δεδομένων. Δεδομένου ότι είναι αρκετά φιλικό προς τον χρήστη έτσι με αυτό τον τρόπο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από προγραμματιστές όσο και από διαχειριστές.

Ταχύτητα: Είναι υψηλής απόδοσης για απλά ερωτήματα.

Ευελιξία: Μπορούμε να προσθέσουμε νέες στήλες ή πεδία στο MongoDB χωρίς να επηρεάσουμε τις υπάρχουσες σειρές ή την απόδοση της εφαρμογής.

Ποια όμως βάση δεδομένων είναι σωστή για εμάς;

Η MySQL είναι μια ισχυρή επιλογή για κάθε επιχείρηση που θα επωφεληθεί από την προκαθορισμένη δομή και τα καθορισμένα σχήματα. Για παράδειγμα, οι εφαρμογές που απαιτούν πολλές σειρές συναλλαγών - όπως τα λογιστικά συστήματα ή τα συστήματα που παρακολουθούν το απόθεμα - ή που τρέχουν σε παλαιότερα συστήματα θα ευδοκιμήσουν με τη δομή MySQL.

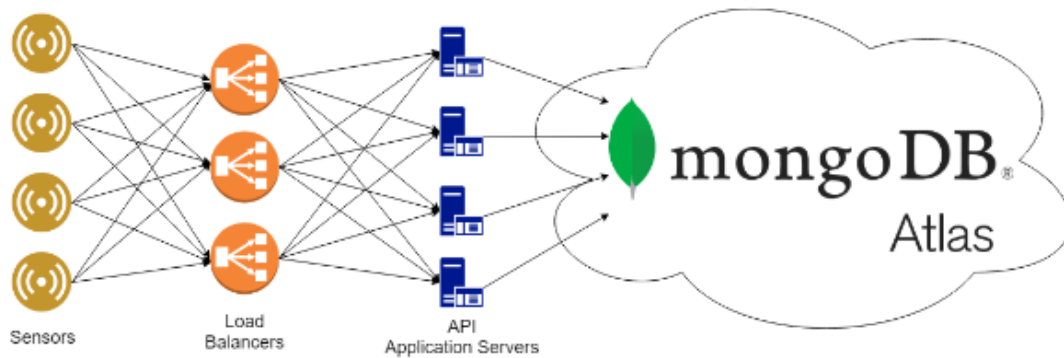
Το MongoDB, από την άλλη πλευρά, είναι μια καλή επιλογή για επιχειρήσεις που έχουν ταχεία ανάπτυξη ή βάσεις δεδομένων χωρίς σαφείς ορισμούς σχήματος. Πιο συγκεκριμένα, αν δεν μπορούμε να ορίσουμε ένα σχήμα για τη βάση δεδομένων μας, ή το σχήμα μας συνεχίζει να αλλάζει - όπως συμβαίνει συχνά με εφαρμογές για κινητά, έχοντας απαιτήσεις για αναλυτικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο, συστήματα διαχείρισης περιεχομένου κλπ.

13.6.2 Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης δεδομένων IOT με Mongodb

Η καταγραφή των δεδομένων IOT είναι ένα πολύπλοκο έργο για δύο κύριους λόγους:

1. Πρέπει να αντιμετωπίσουμε ένα τεράστιο όγκο δεδομένων
2. Διατήρηση επιπέδου ασφαλείας.

Για να το κατανοήσουν χρήσιμο είναι να παραθέσουμε μια τυπική αρχιτεκτονική συλλογής δεδομένων IOT

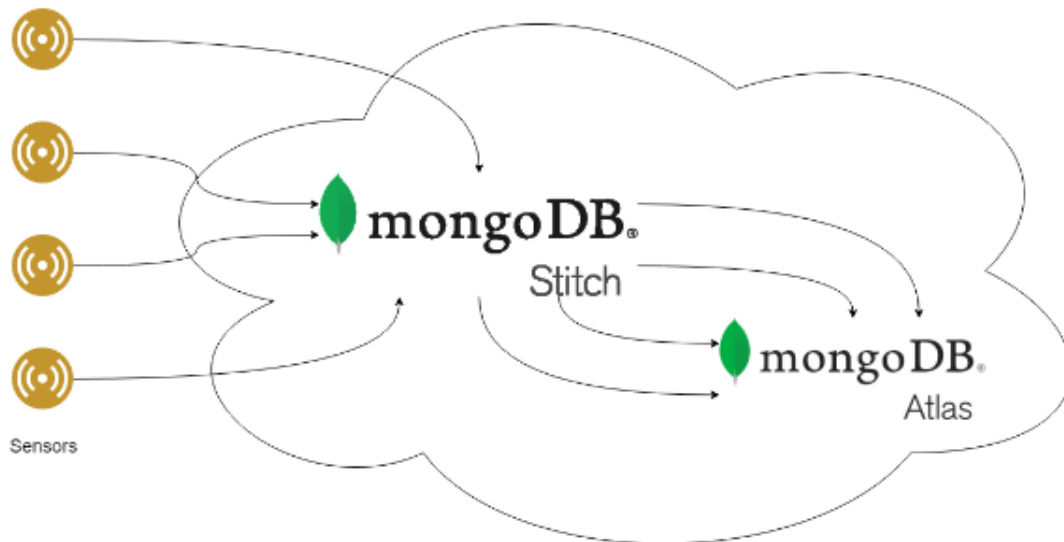


Εικόνα 65: Τυπική αρχιτεκτονική συλλογής δεδομένων IOT

Αριστερά έχουμε τους αισθητήρες μας. Ας υποθέσουμε ότι μπορούν να προωθήσουν δεδομένα κάθε δευτερόλεπτο μέσω TCP χρησιμοποιώντας ένα POST και ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα εκατομμύριο από αυτά. Χρειαζόμαστε μια αρχιτεκτονική ικανή να χειριστεί ένα εκατομμύριο ερωτήματα ανά δευτερόλεπτο και ικανή να αντισταθεί σε οποιαδήποτε αποτυχία δικτύου ή υλικού. Τα ερωτήματα TCP πρέπει να κατανέμονται ομοιόμορφα στους διακομιστές εφαρμογών χρησιμοποιώντας κατανομείς φορτίου και τέλος οι διακομιστές εφαρμογών είναι σε θέση να μεταφέρουν τα δεδομένα στους πολλαπλούς δρομολογητές Mongos από το MongoDB Sharded Cluster. Επομένως αντιλαμβανόμαστε πως η αρχιτεκτονική αυτή είναι πολύπλοκη για εγκατάσταση διότι θα πρέπει να:

- Αγοράσουμε και να διατηρήσουμε πολλούς διακομιστές
- Να γίνονται ενημερώσεις ασφαλεία στο λειτουργικό σύστημα σε τακτά χρονικά διαστήματα

Έτσι χρησιμοποιώντας την MongoDB Stitch μπορούμε να αντιμετωπίσουμε αυτά τα προβλήματα όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 66: Αρχιτεκτονική cluster Atlas MongoDB

Μόλις δημιουργήσουμε ένα cluster Atlas MongoDB, μπορούμε να επισυνάψουμε μια εφαρμογή MongoDB Stitch σε αυτήν και στη συνέχεια να δημιουργήσουμε μια υπηρεσία HTTP που θα περιέχει τον ακόλουθο κώδικα:

```
exports = function(payload, response) {
  const mongodb = context.services.get("mongodb-atlas");
  const sensors = mongodb.db("stitch").collection("sensors");
  var body = EJSON.parse(payload.body.text());
  body.createdAt = new Date();
  sensors.insertOne(body)
  .then(result => {
    response.statusCode(201);
  });
};
```

Εικόνα 67: Δημιουργία MongoDB Atlas cluster

Επειδή το MongoDB Stitch είναι ικανό να κλιμακώνεται αυτόματα ανάλογα με τη ζήτηση που υπάρχει στο δίκτυο, δεν χρειάζεται πλέον να ασχολούμαστε με την υποδομή.

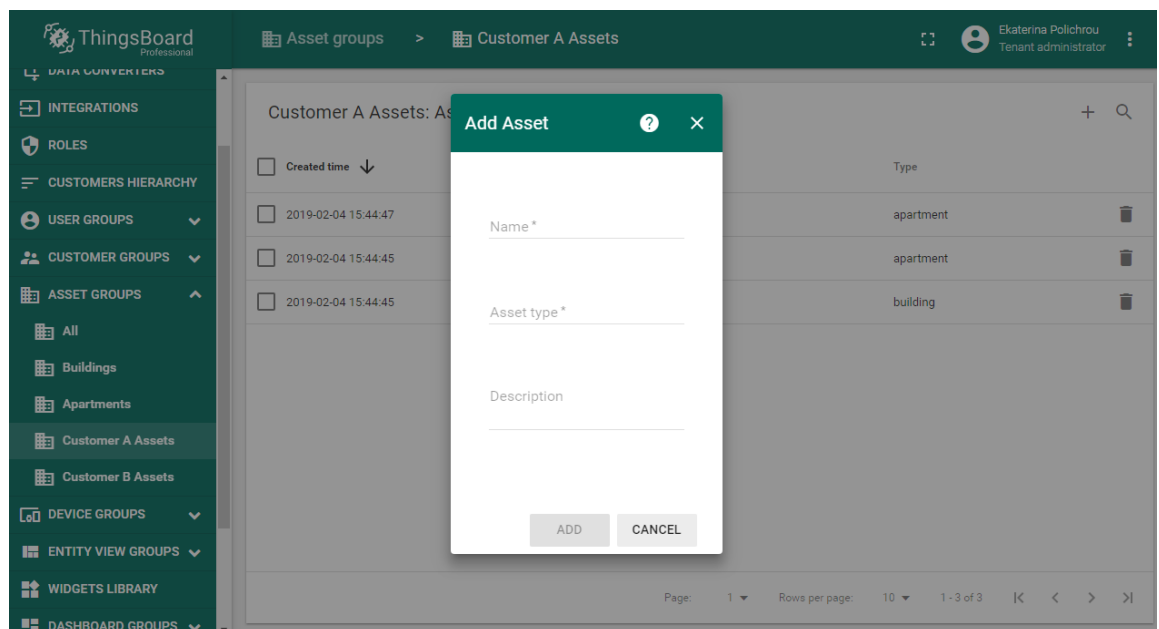
14 Πλατφόρμα διαχείρισης δεδομένων

14.1 ThingsBoard V2.0+

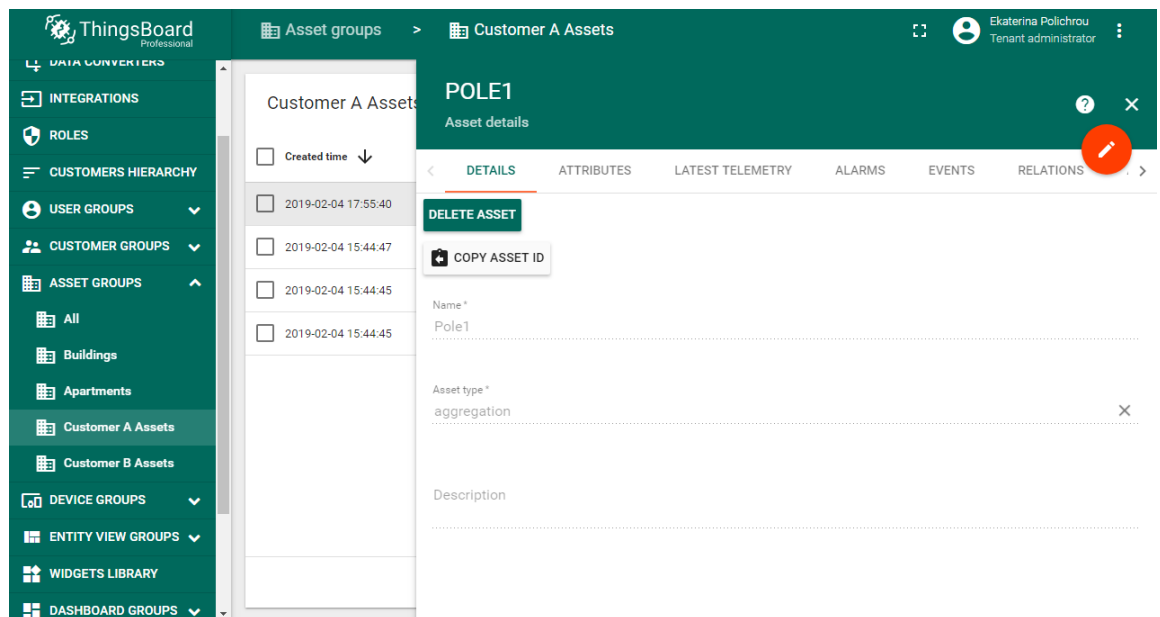
Η συλλογή των δεδομένων από τις μετρήσεις συλλέγονται σε μια IoT πλατφόρμα δικτύων (<https://thingsboard.io/smart-metering/>). Η παρακάτω πλατφόρμα στην περίπτωση μας, παρέχει σε πραγματικό χρόνο δεδομένα σχετικά με την θερμοκρασία του νερού και τα επίπεδα αλατότητας του νερού καθώς υπάρχει μια αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του κόμβου και της πλατφόρμας στην περιοχή όπου έχει στηθεί το δίκτυο αισθητήρων και αποτελείται από αυτόνομους κόμβους όπου επικοινωνούν μέσω μιας πύλης δικτύου (Gateway) για την μετάδοση τους στην πλατφόρμα.

Για την συλλογή δεδομένων μέσω thingsboard ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

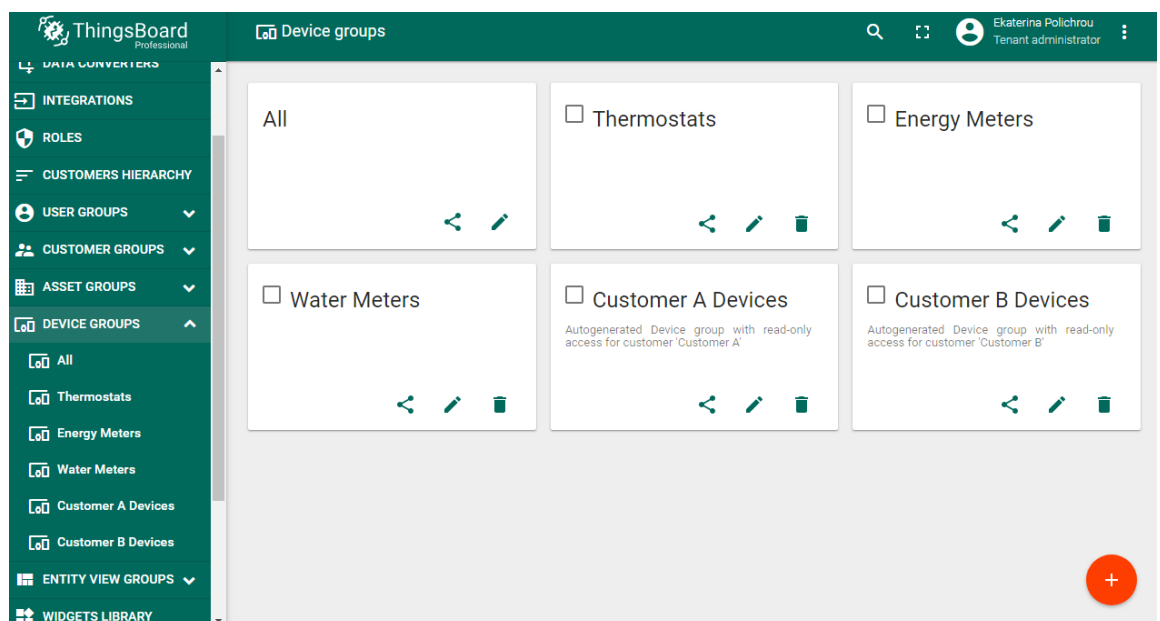
1. Ορισμός assets και συσκευών
2. Καθορισμός σχέσεων μεταξύ Assets και συσκευών
3. Προώθηση δεδομένων από την συσκευή στο λογισμικό
4. Δημιουργία real time dashboard
5. Καθορισμός threshold και trigger ειδοποιήσεων



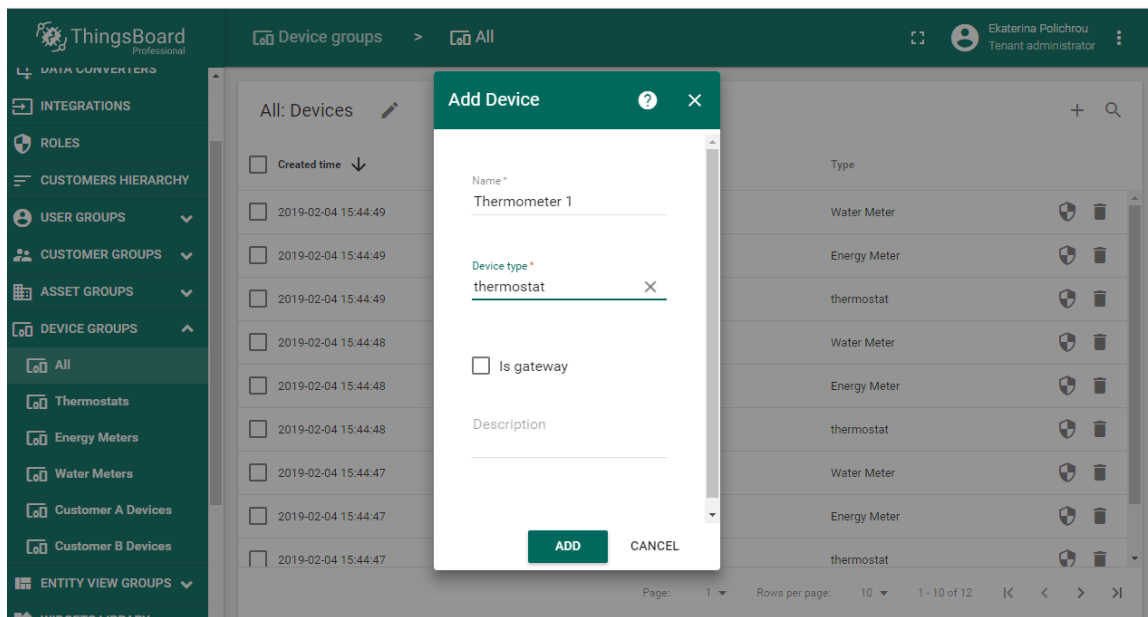
Εικόνα 68: Ορισμός asset



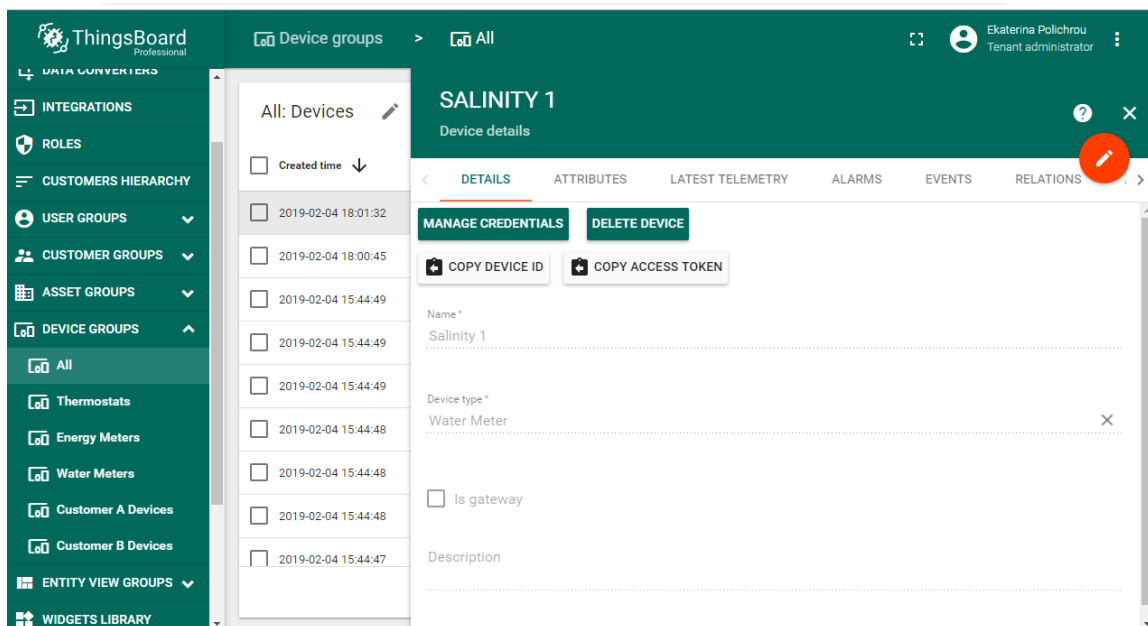
Εικόνα 69: Δημιουργία asset



Εικόνα 70: Ορισμός συσκευής

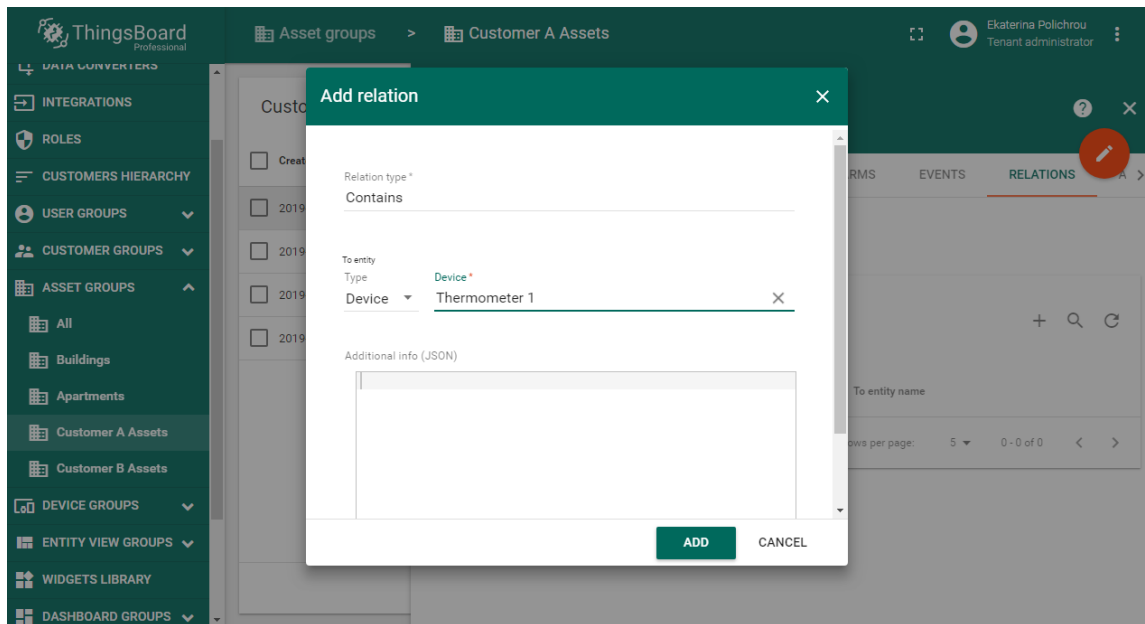


Εικόνα 71: Καθορισμός αισθητήρα 1

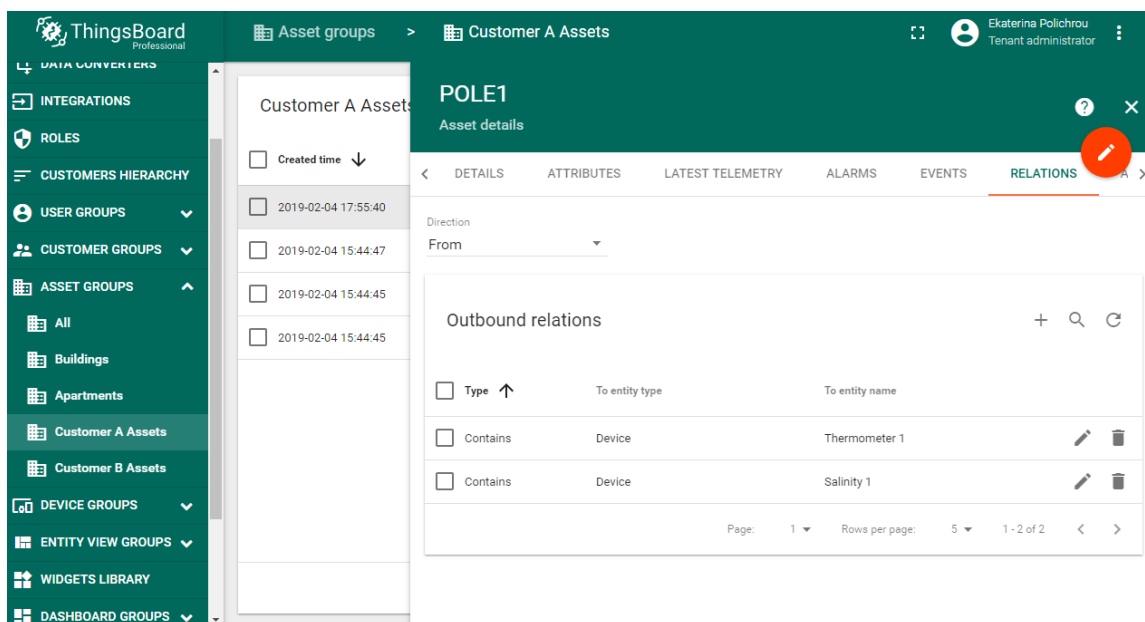


Εικόνα 72 Καθορισμός αισθητήρα 2

Βήμα 2^ο : Καθορισμός σχέσεων μεταξύ Assets και συσκευών

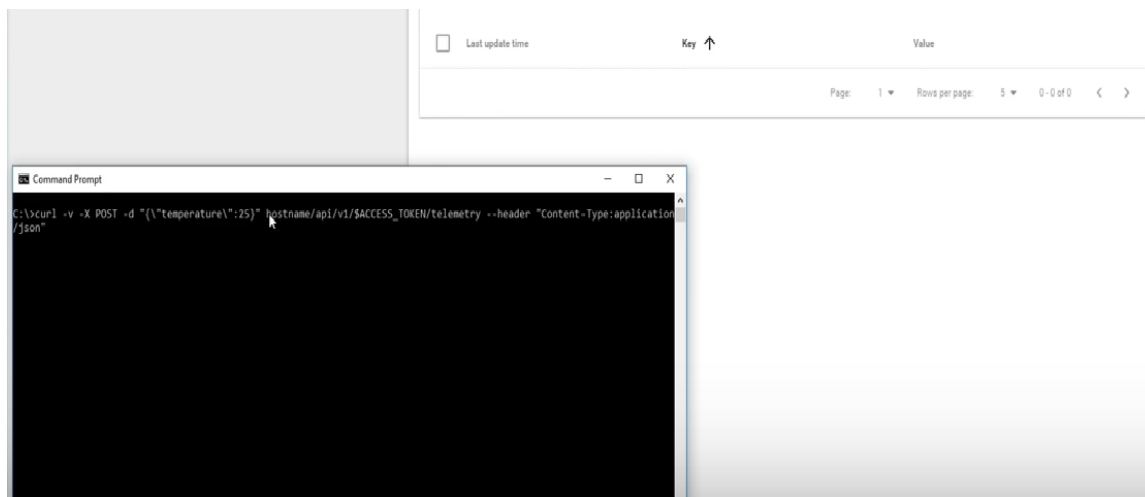


Εικόνα 73: Παραμετροποίηση relation

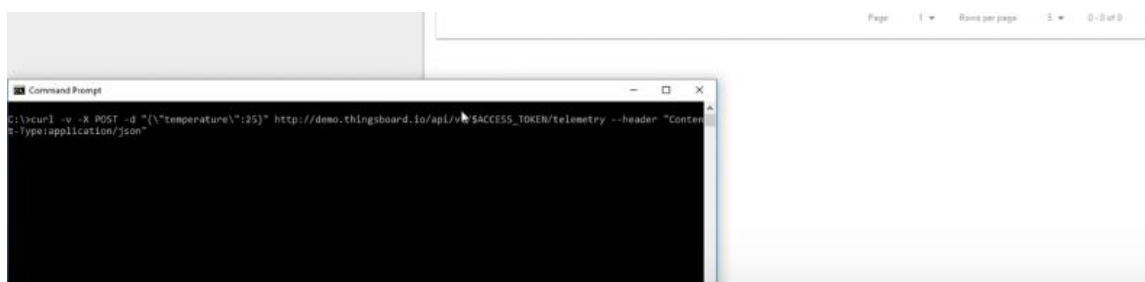


Εικόνα 74: Παραμετροποίηση relation 2

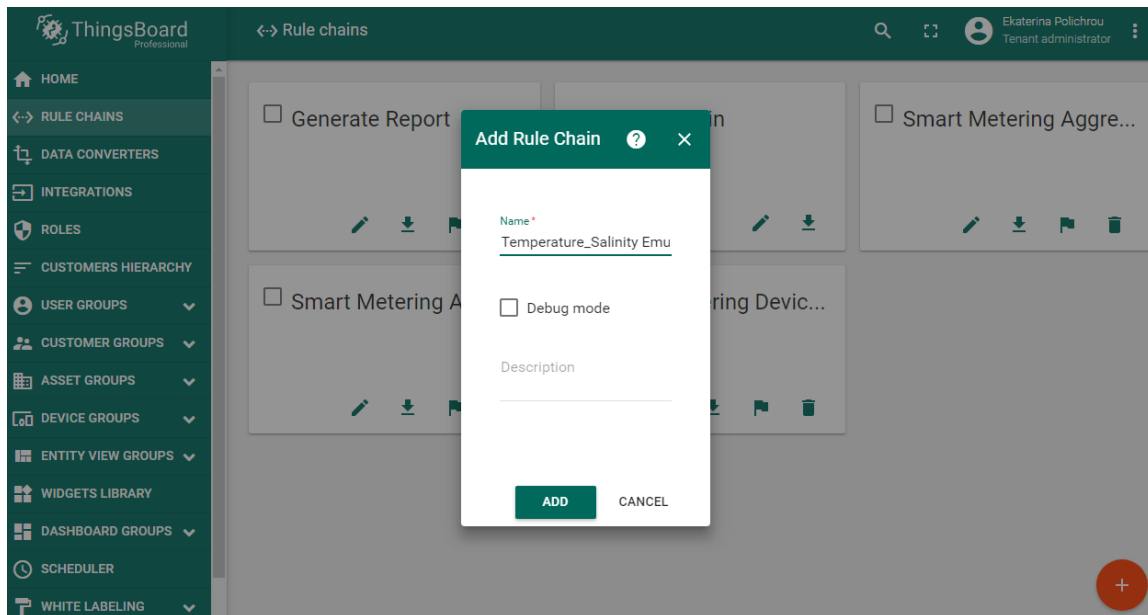
Βημα 3ο: Προώθηση δεδομένων από την συσκευή στο λογισμικό



Εικόνα 75: Ορισμός διαδρομής



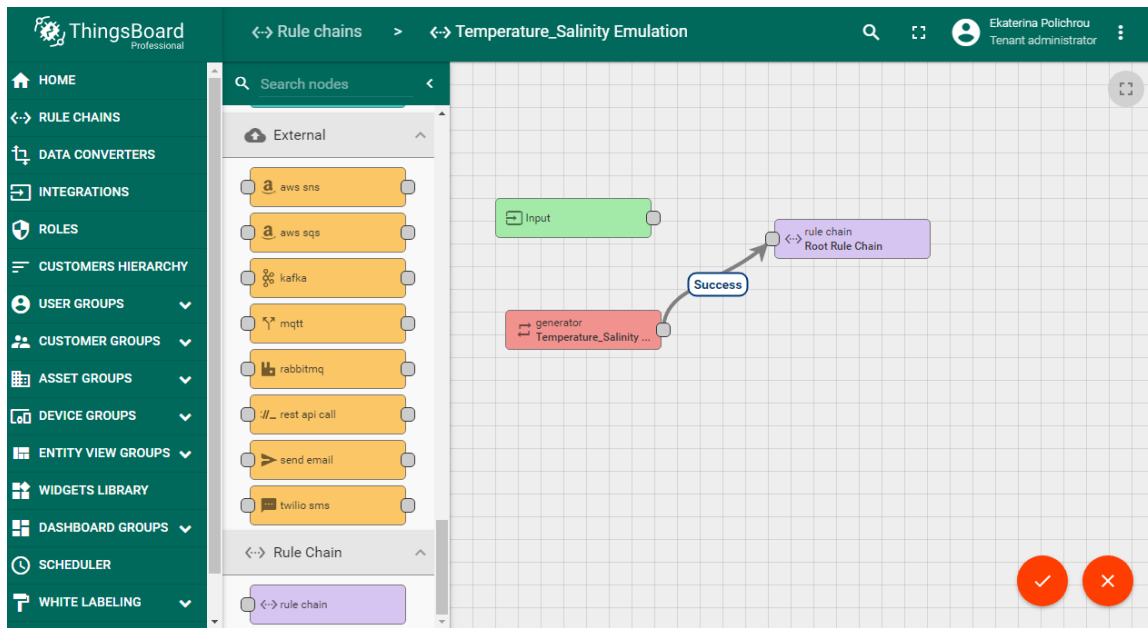
Εικόνα 76: Ορισμός διαδρομής 2



Εικόνα 77: Προσθήκη κανόνα

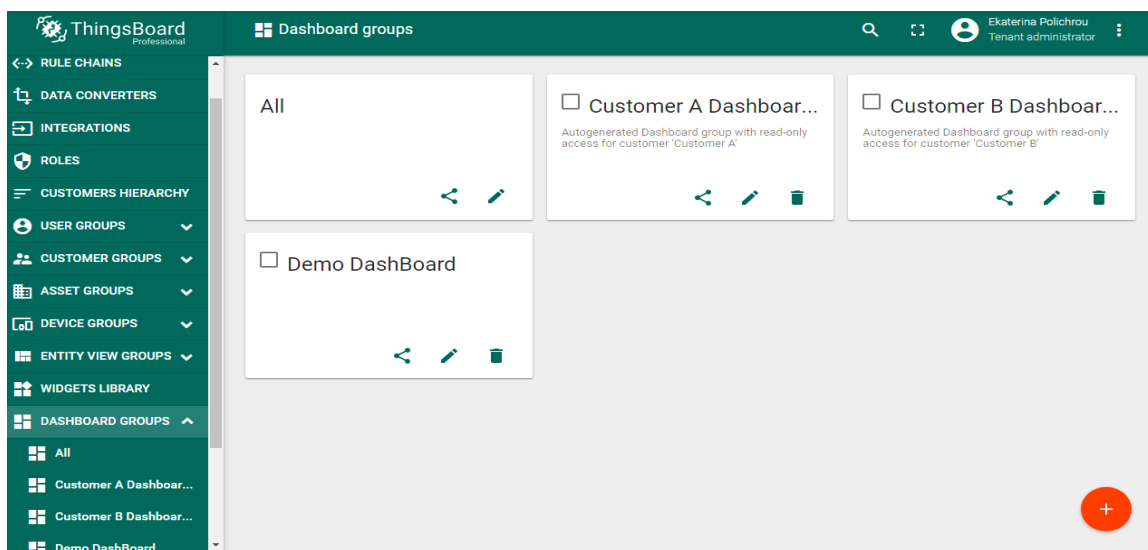
```
1 var msg = { temperature: +(Math.random()*5 + 25).toFixed(1) };
2 var metadata = { data: 40 };
3 var msgType = "POST_TELEMETRY_REQUEST";
4
5 return { msg: msg, metadata: metadata, msgType: msgType };
```

Εικόνα 78: Δημιουργία random τιμών



Εικόνα 79: Επικοινωνία κόμβων

Βήμα 4: Δημιουργία real time dashboard



Εικόνα 80: Ορισμός real time dashboard

Alias name* Thermometers Resolve as multiple entities

Filter type*
Device search query

Root entity
 Use dashboard state entity as root

Type*

- Direction* Max relation level
- From 1
- Relation type
- Any type

Device types*
Enter device type

Εικόνα 81: Ορισμός παραμέτρων συσκευών

Entity name ↑	Entity type	temperature
Thermometer A-1	Device	25.4

Εικόνα 82: Θερμοκρασία συσκευής

DATA
SETTINGS
ADVANCED
ACTIONS

0.00

General settings

Title* Temperature history

Title style
 1: {
 2: "fontSize": "16px",
 3: "fontWeight": 400
 4: }

Widget style
 1: {}

Display title
 Drop shadow
 Enable fullscreen

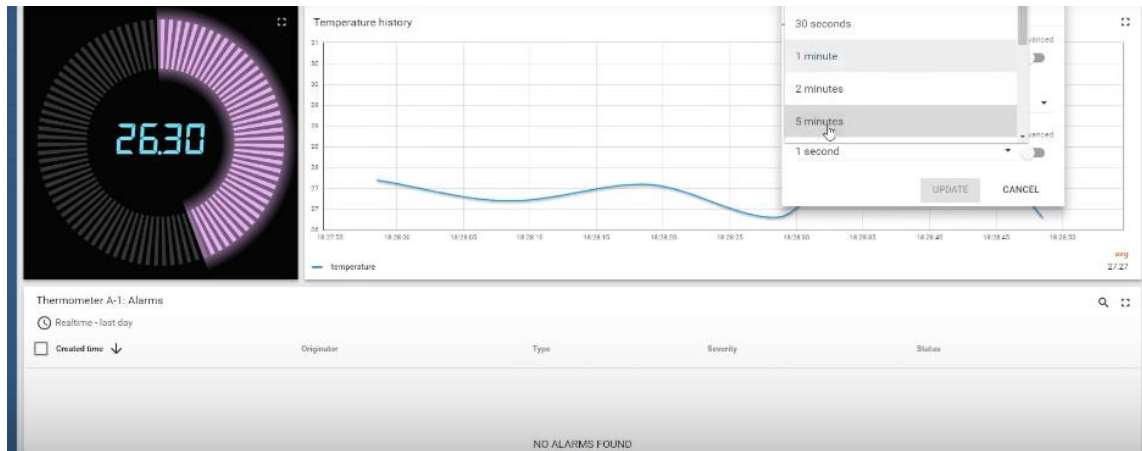
Background color: #fff
 Text color: rgba(0, 0, 0, 0.87)
 Padding: 8px
 Margin:

Special symbol to show next to value:
 Number of digits after floating point:

Display legend
 LEGEND SETTINGS

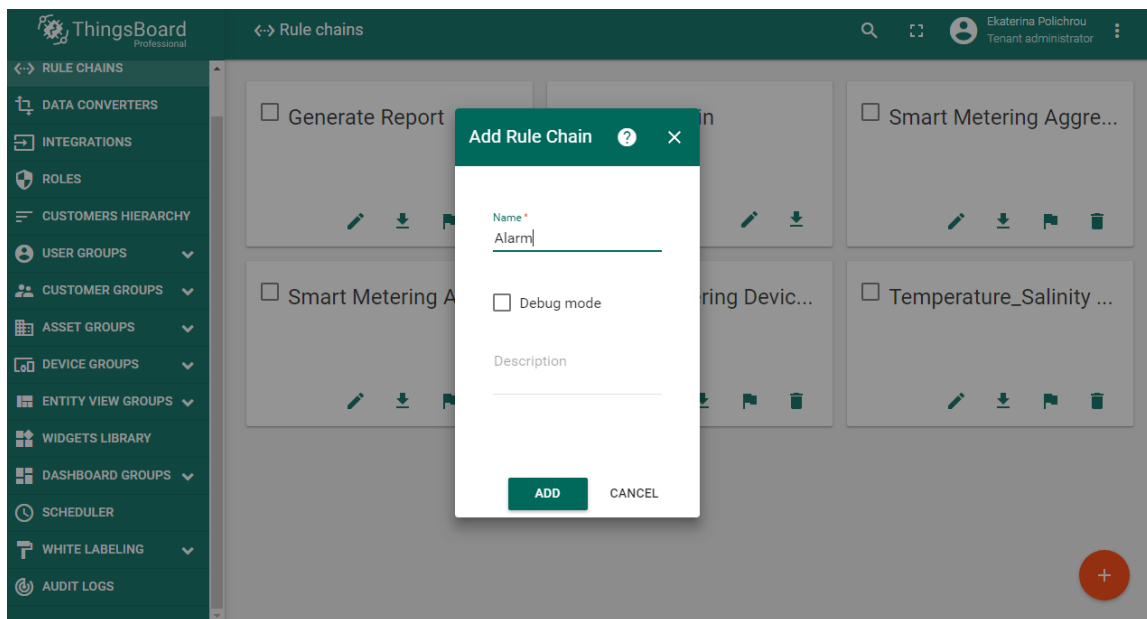
Mobile mode settings

Εικόνα 83: Δημιουργία ιστορικού

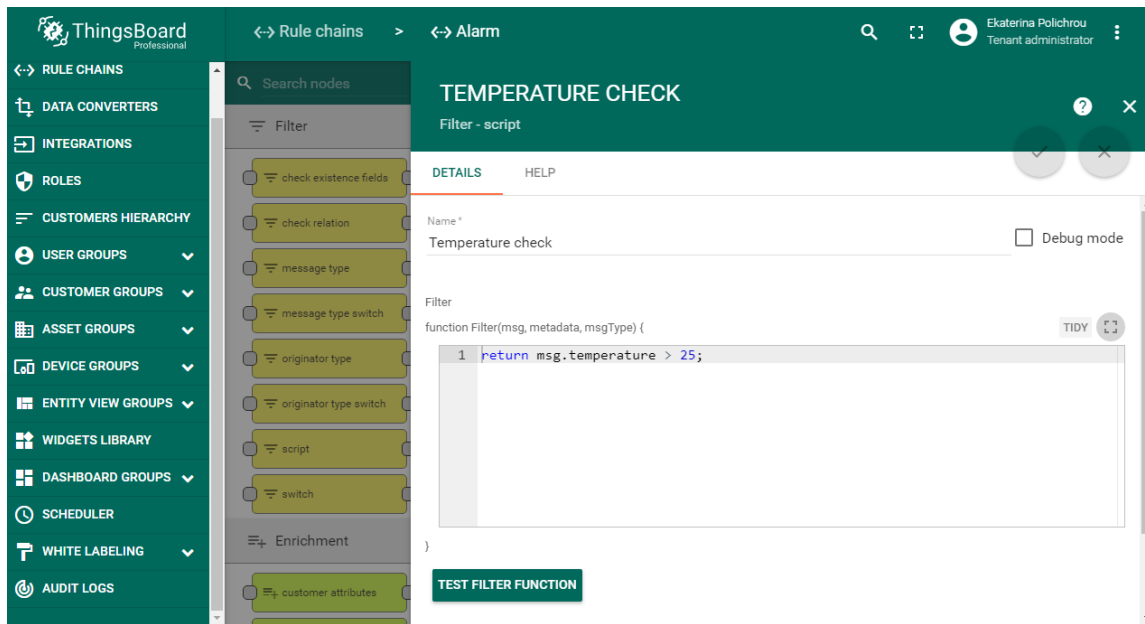


Εικόνα 84: Ιστορικό θερμοκρασίας

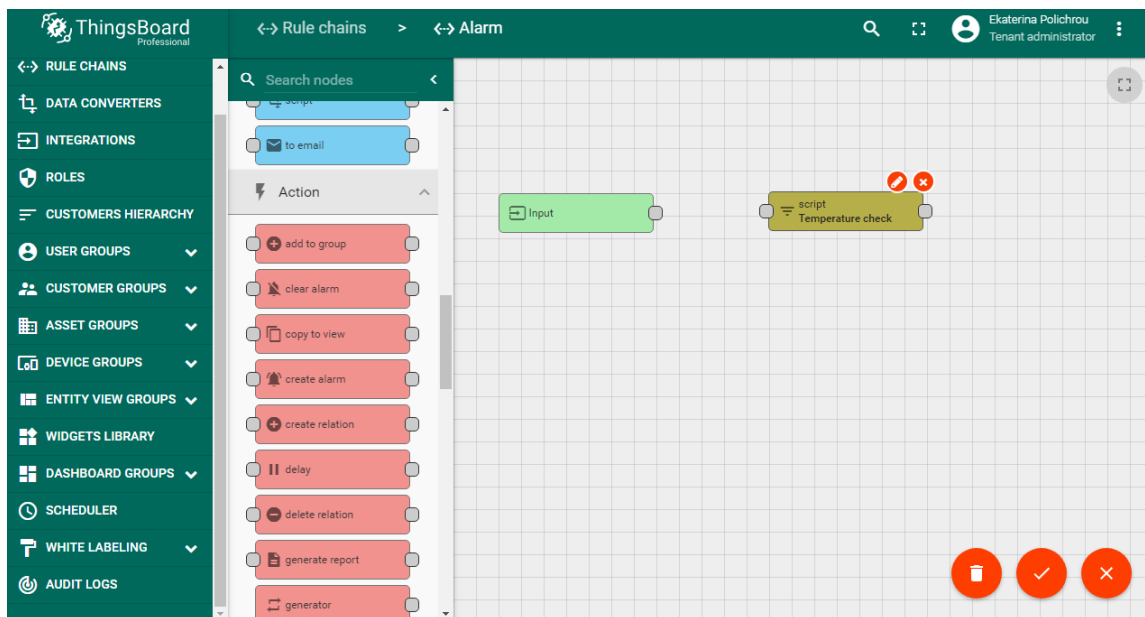
Βήμα 5: Καθορισμός threshold και trigger ειδοποιήσεων



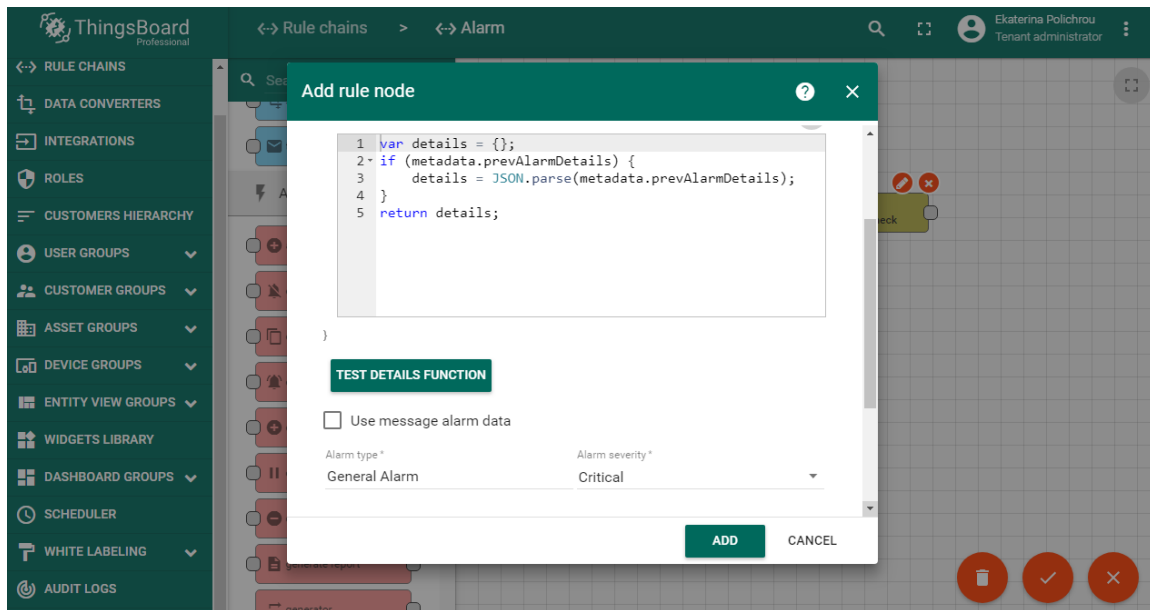
Εικόνα 85: Δημιουργία ειδοποίησης



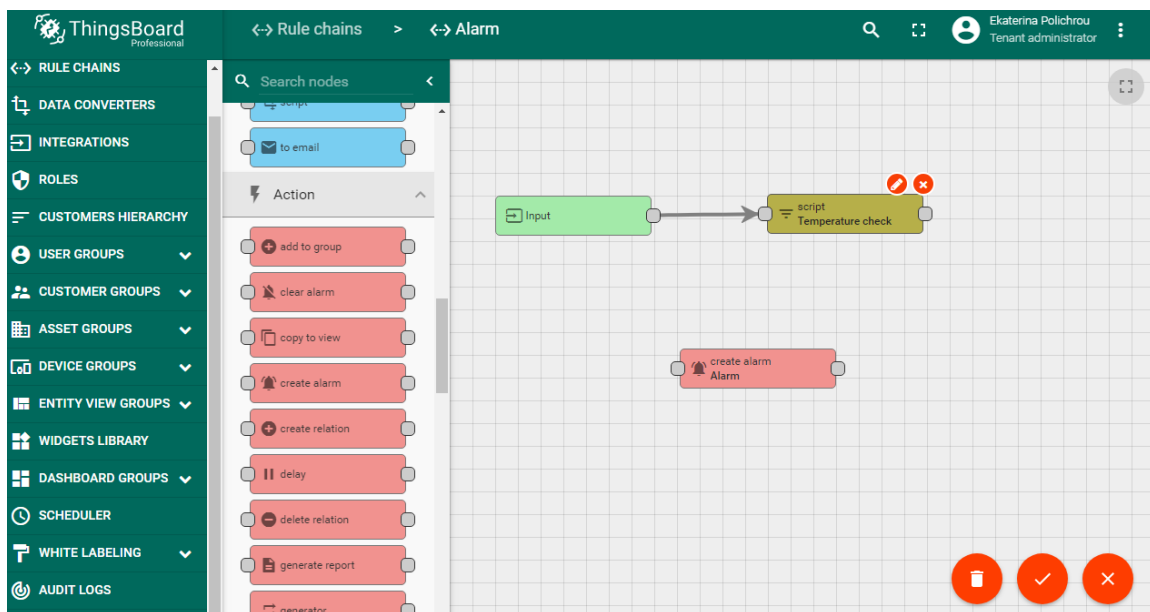
Εικόνα 86: Ορισμός threshold



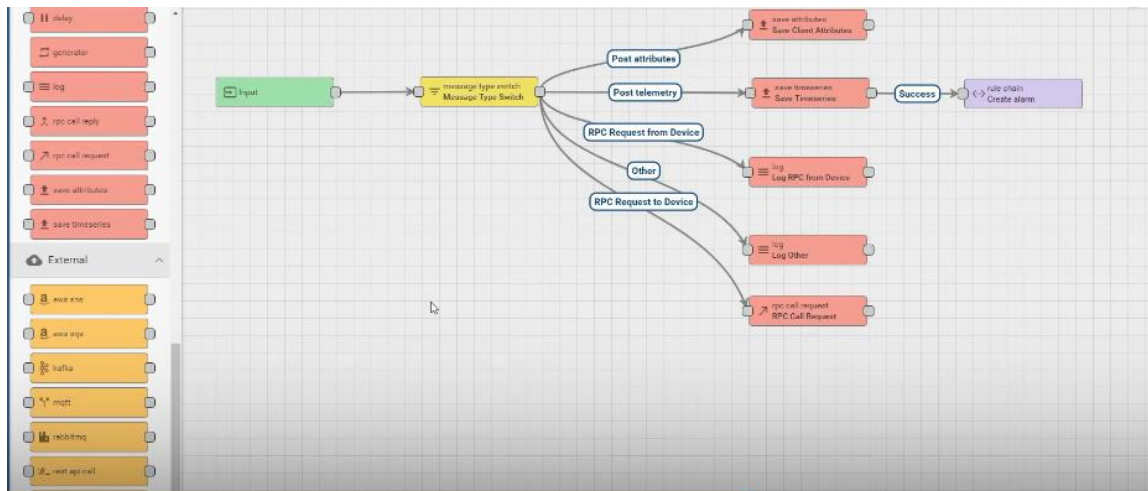
Εικόνα 87: Σύνδεση δεδομένων με ειδοποιήσεις



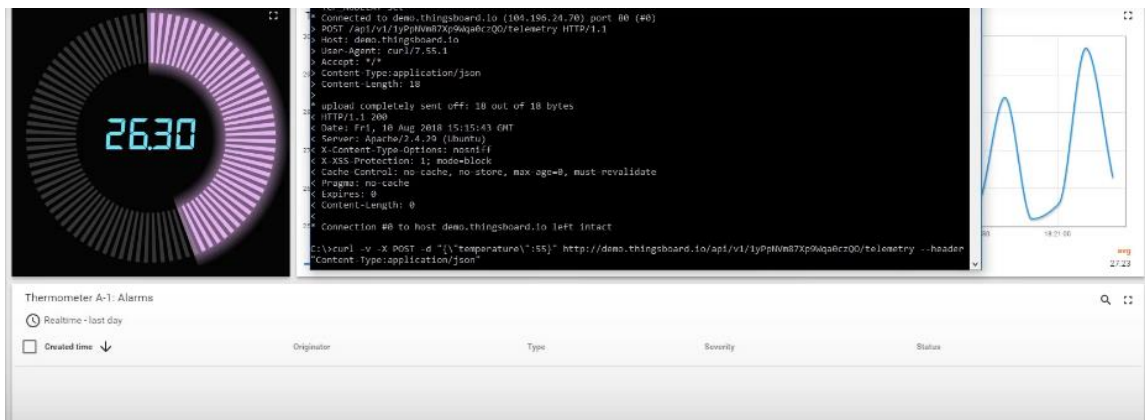
Εικόνα 88: Εισαγωγή κανόνα ειδοποίησης



Εικόνα 89: Σχέση ειδοποιήσεων threshold και trigger ειδοποιήσεων



Εικόνα 90: Συνδεση κανόνων και ειδοποιήσεων



Εικόνα 91: Ειδοποίηση θερμοκρασίας

15. Μεθοδολογία έρευνας

Βασικός στόχος της παρούσας έρευνας η καταγραφή ερευνητικών πηγών που σχετίζονται με τον τομέα της γεωργίας ακριβείας στην φυτική παραγωγή, με αυτή που χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα τα τελευταία πέντε χρόνια, με απώτερο σκοπό να κατανοηθεί η εφαρμογή της ΓΑ στον κάμπο της χαλάστρας σε καλλιέργειες ποικιλιών ρυζιού. Επιπλέον έγινε και συλλογή ερευνητικού υλικού από δυο επιλεγμένες επιχειρήσεις ώστε να καταγραφούν και να αναλυθούν οι διαδικασίες της μυδοπαραγωγής για τον εντοπισμό σημείων που θέλουν βελτίωση μέσω τεχνολογίας γεωργίας ακριβείας. Καθώς τα μύδια είναι ένα από τα εμπορικότερα είδη οστράκου στην Ελλάδα και σε άλλα μέρη του κόσμου. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην αφθονία της παραγωγής των

μυδιών παγκοσμίως, που προέρχονται από καλλιέργειες και στη χαμηλή συγκριτικά, τιμή τους. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων από την πρωτογενή και δευτερογενή έρευνά της θα συμβάλει στην βελτίωση της ποιότητας του υδάτινου περιβάλλοντος των μυδιών με την χρήση της Γεωργίας Ακριβείας. Για τους σκοπούς της διπλωματικής αυτής, επιλέχθηκαν περιοχές που φημίζονται για την παραγωγή των μυδιών. Συγκεκριμένα είναι η Χαλάστρα Θεσσαλονίκης από την οποία εξάγεται το μεγαλύτερο ποσοστό μυδιών. Επίσης σκοπός της μελέτης αυτής είναι να συγκεντρωθούν όλα τα μέχρι σήμερα διαθέσιμα στοιχεία της μυδοπαραγωγής στην Ελλάδα από διαφορετικές πηγές για να αποτελέσουν βάση πληροφορίας με δυνατότητα εντοπισμού των σημείων που χωλαίνουν για την μετέπειτα αξιολόγηση ενεργειών τεχνολογίας γεωργίας ακριβείας, αλλά και την μελέτη ραδιοκάλυψης της περιοχής παραγωγής εξετάζοντας την αλατότητα και την θερμοκρασία του νερού μέσω αισθητήρων. Η μεθοδολογία και το θεωρητικό μέρος της εργασίας στηρίχτηκε κυρίως στην βιβλιογραφία που έχει προστεθεί τα προηγούμενα χρόνια σε σχέση με το θέμα αυτό. Από την άλλη το ερευνητικό μέρος, στηρίχτηκε στην μελέτη περίπτωσης 2 επιχειρήσεων και σε συνεντεύξεις αγροτών μεγάλων εκτάσεων στην χαλάστρα, που πραγματοποιήθηκε μέσω, συμπλήρωσης ερωτηματολογίου και προσωπικής παρατήρησης στον χώρο λειτουργίας του. Καθώς και πληροφορίες από βάσεις δεδομένων και εργασιών επί του θέματος, με το πρακτικό μέρος να στηρίζεται στο λογισμικό CloudRF και ThingsBoard .

16. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αφού έχει προηγηθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο η περιγραφή της μεθοδολογίας της πρωτογενούς έρευνας, στην παρούσα ενότητα αναλύονται τα αποτελέσματα της έρευνας, ακολουθώντας τη δομή του ερωτηματολογίου:

Το 50% υποστηρίζει πως η θερμοκρασία συντήρησης είναι 2-7 βαθμούς και το υπόλοιπο δίνει 2 βαθμούς διαφορά περισσότερο. Ο προσδιορισμός κατάλληλης θερμοκρασίας διατήρησης είναι επιτεύξιμη με την χρήση αισθητήρων σε κάθε μονάδα εξυγίανσης. .

Πίνακας 3 Θερμοκρασία συντήρησης κατά την μεταφορά των οστράκων.

Θερμοκρασία συντήρησης κατά την μεταφορά των οστράκων	Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα (%)
Από 2-7 βαθμούς κελσίου	1	50%
Άλλο	1	50%
Σύνολο	2	100,0%

Το 50% υποστηρίζει η άνοδος της θερμοκρασίας ευθύνεται για την αλλοίωση και το υπόλοιπο 50% υποστηρίζει πως λόγοι κυκλοφοριακής φύσεως επενεργούν στην καθυστέρηση μεταφοράς. Με την χρήση ενός on line συστήματος (GPS) μπορεί να αντιμετωπιστεί, δίνοντας και τις εκτιμήσεις καιρικών συνθηκών αλλά και την κυκλοφοριακή κατάσταση.

Πίνακας 4 Κίνδυνοι κατά την μεταφορά των οστρακοειδών.

Κίνδυνοι κατά την μεταφορά των οστρακοειδών	Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα (%)
Διακυμάνσεις θερμοκρασίας	1	50%
Άλλο	1	50%
Σύνολο	2	100,0%

Το 100% των επιχειρήσεων του δείγματος μας, μας αναφέρει ότι η περίοδος από 1 Αυγούστου μέχρι και 31 Μαρτίου απαγορεύεται η αλίευση του μυδιού διότι αυτήν την περίοδο γίνεται η έναρξη της ωοτοκίας μέγιστη δραστηριότητα τον Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο. Ανάλογα με την ποιότητα του περιβάλλοντος, χρειάζεται από εννέα έως δέκα μήνες για ένα μύδι να φθάσει στο εμπορεύσιμο μέγεθος. Επομένως υπάρχει ανάγκη ελέγχου τήρησης, μέσω δορυφορικών εικόνων, της περιόδου απαγόρευσης αλιείας.

Πίνακας 5 Περίοδος απαγόρευσης αλιείας μυδιών.

Περίοδος απαγόρευσης αλιείας μυδιών	Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα (%)
Χειμερινούς μήνες	2	100%
Καλοκαιρινούς μήνες	0	0%
Σύνολο	2	100,0%

Το 50% των ερωτηθέντων υποστήριξε πως ιδιόκτητο μέσο γίνεται η μεταφορά και το υπόλοιπο με μέσο των πελατών. Επομένως γίνεται επιτακτική η ανάγκη ελέγχου θερμοκρασίας σε κάθε μέσο για μετέπειτα προσδιορισμό της κατάστασης του μυδιού.

Πίνακας 6: Τρόπος παράδοσης προϊόντων στους πελάτες

Τρόπος παράδοσης προϊόντων στους πελάτες	Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα (%)
Με ιδιόκτητο μέσο	1	50%
Με μεταφορικό μέσο των πελατών	1	50%
Άλλο	0	0%
Σύνολο	2	100,0%

Το 100% του δείγματος ανταποκρίνεται άμεσα στην διεκπεραίωση της παραγγελίας των πελατών τους σε χρονικό διάστημα έως και 2 ημέρες με ομοφωνία την πιο άμεση ανταπόκριση στους πελάτες, διότι όπως προαναφέρθηκε το προϊόν είναι πολύ ευπαθές και από την στιγμή της αλίευσης πρέπει να παραδοθεί σε χρονικό διάστημα 4 ημερών μέχρι και την βρώση του. Αν όμως υπάρχει απόθεμα σε όστρακα από τους παραγωγούς η εκτέλεση της παραγγελίας πραγματοποιείται άμεσα. Γεγονός που σημαίνει πως πλέον μπορεί να αντιμετωπιστεί από το σημείο της υδατογράφησης, αφού μπορεί να υπολογιστεί η απαιτούμενη ποσότητα. Αλλά και σε κάθε μέσο να γίνεται έλεγχος της θερμοκρασίας με αισθητήρες.

Πίνακας 7: Χρονικά περιθώρια για διεκπεραίωση παραγγελίας

Χρονικά περιθώρια διεκπεραίωση παραγγελίας για	Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα (%)
Άμεση	0	0%
1-2 ημέρες	3	100%
>2 ημέρες	0	0
Σύνολο	3	100,0%

17.ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ο παγκόσμιος πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνεται και προβλέπεται ότι θα φτάσει τα 10 δισ. το έτος 2050 (Lutz et al., 1997). Έτσι επιτακτική ανάγκη είναι η παραγωγή γεωργικών προϊόντων για κάλυψη αναγκών μεν, αλλά και η απόδοση παραγωγής που πρέπει να έχει κάθε παραγωγός και πόσο μάλλον όταν διαχειρίζεται μεγάλες εκτάσεις γης ή ακόμη και αγροτικοί συνεταιρισμοί- αγροτικές υπηρεσίες. Οι φορείς αυτοί αλλά και ο κάθε αγρότης ο καθένας από μόνος του πρέπει να είναι ενημερωμένος, το οποίο για να επιτευχθεί πρέπει να έχει συνεχή επαφή με την βάση γνώσης επί των θεμάτων, αλλά και με τα εργαλεία, με απώτερο σκοπό την χάραξη μια βιώσιμης στρατηγικής για τις αγροτικές καλλιέργειες και την αντίληψη των πραγματικών αναγκών κάθε αγροτεμαχίου. Αυτό θα επιφέρει και την ικανοποίηση του απώτερου σκοπού, δηλαδή το κέρδος αλλά και θα ικανοποιήσει τις συνεχείς και αυξανόμενες ανάγκες των εμπόρων για πληροφορίες των γεωργικών εκμεταλλεύσεων όπως για παράδειγμα τις εκτιμήσεις απόδοσης, τον τύπο καλλιεργειών (ενεργειακών κτλ). Η γεωργία στο σύνολό της και ειδικά τα γεωργικά συστήματα συνεχίζουν να αλλάζουν ανταποκρινόμενα στις οικονομικές, τεχνολογικές και κοινωνικές τάσεις. Η αυξημένη αποτελεσματικότητα της γεωργικής παραγωγικότητας, μέσω της καλλιέργειας φυτών, της μηχανικής και των τεχνικών διαχείρισης, ήταν όλοι σημαντικοί παράγοντες για τη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ της προσφοράς τροφίμων και της παγκόσμιας ζήτησης. Από την άλλη οι γεωργοί υπόκεινται σε αυξανόμενη πίεση για την παραγωγή τροφίμων με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον, με τη μείωση των φυτοφαρμάκων και των εισροών

διατροφής. Οι πιέσεις των περιβαλλοντικών περιορισμών και η αποδοτική χρήση των εισροών οδηγούν την αγροτική βιομηχανία προς την γεωργία ακριβείας στις καλλιέργειες ενεργειακών ή μη καλλιεργειών και τη στόχευση εισροών όπως οι χημικές ουσίες και τα λιπάσματα. Ο ουσιαστικός έλεγχος των θρεπτικών ουσιών και των παρασίτων θα εξακολουθήσει να αποτελεί τον κρίσιμο σύνδεσμο μεταξύ της παραγωγής τροφίμων για την κάλυψη των αναγκών και της μακροπρόθεσμης γεωργικής βιωσιμότητας, αλλά και η υπερφύτευση οδηγεί σε μεγαλύτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Συνεπώς, απαιτούνται προσπάθειες για την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της προσφοράς θρεπτικών ουσιών και της πρόσληψης θρεπτικών ουσιών. Οι καινοτόμες γεωργικές τεχνικές που είναι γνωστές ως γεωργία ειδικής χρήσης, συνταγογραφούμενη γεωργία, αγροτική ακρίβεια ή γεωργία ακριβείας (PA), εφαρμόζουν συνδυασμό τεχνολογιών όπως το GPS, η τηλεπισκόπηση (RS), ηλεκτρονικούς αισθητήρες και συσκευές, (GIS), προκειμένου να παράσχει τις απαραίτητες πληροφορίες που καθιστούν εφικτή την τοπική διαχείριση των γεωργικών δραστηριοτήτων εντός του κλάδου που τους αφορούν. Η αγροτική ακρίβεια είναι μια καλύτερη χρήση πόρων και μηχανισμών ελέγχου για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της παραγωγής, τη μείωση του κόστους των εισροών και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η γεωργία ακριβείας μπορεί να περιγραφεί ως μια νέα αντίληψη για την αειφόρο χρήση των γεωργικών πόρων, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με τη διαχείριση των γεωργικών συστημάτων με βάση την πληροφόρηση και τη γνώση. Αλλά και μπορούμε να την εντάξουμε και σε περισσότερους κλάδους της οικονομίας επιφέροντας τα ίδια οφέλη.

18.Σύνοψη και συμπεράσματα

Κλείνοντας συμπεραίνουμε πως όλο και περισσότερο η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιείται αφενός για την μέτρηση των χρησιμοποιούμενων πόρων αλλά και για την ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων που λαμβάνουμε από τις μετρήσεις, καθώς βοηθά τους αγρότες να χρησιμοποιούν με ακρίβεια τους πόρους που χρειάζονται. Τα γεωργικά μηχανήματα μπορούν να τοποθετηθούν μεταξύ άλλων με συστήματα εντοπισμού υψηλής ακρίβειας, με αυτοματοποιημένο σύστημα οδήγησης, με χαρτογράφηση, αισθητήρες και με τεχνολογία μεταβλητών τιμών. Η γεωργία ακριβείας μειώνει αισθητά την περιττή χρήση εισροών (λιπάσματα, σπόροι κτλ) μεγιστοποιώντας την παραγωγικότητα, στην οποία έχουν προστεθεί και τα συστήματα εντοπισμού υψηλής

ακρίβειας όπως το GPS, δίνοντας το πλεονέκτημα πλοήγησης και εναπόθεσης μηχανημάτων οπουδήποτε στον κόσμο με ακρίβεια έως 2 εκατοστών. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα διεύθυνσης μπορούν να αντικαταστήσουν την χειρωνακτική οδήγηση μειώνοντας τις πιθανότητες ανθρώπινου λάθους. Η δημιουργία χαρτών - ή η γεωγραφική χαρτογράφηση - έχει καταστεί ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία για τους παραγωγούς, καθώς επιτρέπουν μια ακριβή και στοχοθετημένη προσέγγιση των εισροών. Οι αισθητήρες μπορούν να βοηθήσουν στη δημιουργία χαρτών, τη μεταφορά δεδομένων από το αγροτεμάχιο στο λογισμικό μέσω ολοκληρωμένων συστημάτων, καθώς αυτά μπορούν να τοποθετηθούν ή να ενσωματωθούν σε κινούμενες μηχανές, μειώνοντας την ανάγκη για τους αγρότες να εισάγουν χειροκίνητα τα στοιχεία. Η τεχνολογία της Γεωργίας ακριβείας εφαρμόστηκε και σε επαρχίες με μεγάλη παραγωγή σιτηρών, όπως αυτή της Χαλάστρας και μάλιστα με επιτυχία, θα ήταν ενδιαφέρον η τεχνολογία αυτή να μπορέσει να εφαρμοστεί και στην μυδοπαραγωγή διότι για την Χαλάστρα η εκτροφή οστράκων θεωρείται άκρως σημαντική για την τοπική οικονομία και την οποία στήριξε η Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (2002), και συνεχίζει με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος ενισχύοντας προγράμματα ανακυκλούμενων υλικών. Η παράκτια ζώνη του βορειοδυτικού κόλπου Θεσσαλονίκης είναι μια συνεχής αναπτυσσόμενη δραστηριότητα που προσφέρει οικονομικά οφέλη και κοινωνικά, παρέχοντας θέσεις εργασίας και εξαγωγές, με αξία παραγωγής του Ν. Θεσσαλονίκης να ανέρχεται στα οχτώ εκατομμύρια ευρώ. Η οποία κάλλιστα θα μπορούσε να είναι διπλάσια αν η παραγωγή είχε πιο ακριβή παρακολούθηση, γιαυτό πιστεύω πως η εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας θα αποτελέσει απαρχή για υιοθέτηση νέων συνηθειών των οστρακοκαλλιεργητών που θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Ειδικότερα ελέγχοντας το στάδιο της παραγωγής με αισθητήρες θα υπάρξει άμεσος έλεγχος των προβλημάτων, προσεγγίζοντας πρώτα τους συνεταιρισμούς. Στην παρούσα διπλωματική εργασία υλοποιήθηκε μια εφαρμογή IOT για την παρακολούθηση υδάτινου περιβάλλοντος για την ανάπτυξη μυδοκαλλιέργειας. Εστιάζει στην θερμοκρασία και στην αλατότητα, η παρακολούθηση αυτή αναφέρεται σε πραγματικό χρόνο και αφορά μια εφαρμογή Γεωργίας Ακρίβειας, που αποσκοπεί να ελέγχει την κατάσταση του νερού σε περιόδους που ωριμάζουν τα μύδια, δίνοντας βέβαια και την δυνατότητα για μελέτη περισσότερων παραμέτρων μέτρησης.

Όρια και περιορισμοί της έρευνας

Η συγκεκριμένη μελέτη εξέτασε μόνο περιβαλλοντικούς παραμέτρους που σχετίζονται με την απόδοση της παραγωγής όπως αυτές της θερμοκρασίας και της αλατότητας, αφήνοντας όμως περιθώρια και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα που αφορούν και διαχειριστικά, θεσμικά και υποδομής ζητήματα. Η έρευνα εστίασε στην περιοχή της Χαλάστρας μιας κάθε χρόνο παράγονται περισσότεροι από 6.000 τόνοι μυδιών, οι οποίοι κατά 95% εξάγονται στην Ισπανία, την Ολλανδία τη Γαλλία και κυρίως την Ιταλία, αλλά η όλη μυδοκαλλιεργητική δραστηριότητα αφορά τις περιοχές της

- Πιερίας Κίτρος - Μακρύγιαλος, Θερμαϊκός, Νομός Πιερίας
- Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα που χωρίζεται διοικητικά σε :
- Αξιού - Λουδία (Κύμινια- Μάλγαρα, Νομός Θεσσαλονίκης).
- Λουδία - Αλιάκμονα (Κλειδί, Νομός Ημαθίας).
- ΒΔ κόλπου Θεσσαλονίκης (Χαλάστρα, Νομός Θεσσαλονίκης), όπου σκόπιμο θα ήταν να δοθεί λύση για τις παραπάνω περιοχές και αυτό γιατί από το 1999 έως σήμερα, όχι μόνο δεν εκδίδονται νέες άδειες, αλλά ούτε και ανανεώνονται εκείνες που είχαν εκδοθεί στο παρελθόν.

20. Μελλοντικές Επεκτάσεις

ΑΞΙΟΝΕΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

- Για την Καλλιέργεια:
 - Δειγματοληψία μέσω επαφής κατά την περίοδο εναπόθεσης των γόνων για προσδιορισμό εναπόθεσης.
 - Υδατογράφηση για προσδιορισμό καταλληλότητας (θερμοκρασία, αλατότητα, e.coli)
 - Προσδιορισμός ζωνών που είναι πλέον οι κατάλληλες για την ανάπτυξη

- Κατά την διάρκεια απαγόρευσης:
 - Έλεγχος τήρησης απαγόρευσης από φορείς όπως συνεταιρισμοί.
 - Χρήση αισθητήρων για έλεγχο μεγέθους σώματος και τιμών νερού.
 - Ενημέρωση μέσω συνεταιρισμών και εφαρμογής, με online σύστημα διαχείρισης
- Κατά την περισυλλογή: (στους παραγωγούς)
 - οι τιμές εξυγίανσης να αποστέλλονται σε βάση
 - κατά την μεταφορά να ελέγχονται οι τιμές θερμοκρασίας και να διορθώνονται αυτόματα ενημερώνοντας τους παραγωγούς

Να γίνεται εκτίμηση της απαιτούμενης ποσότητας μυδιών για την αντιμετώπιση άμεσης παραγγελίας (παρελθοντικά δεδομένα, υδατογράφηση).

Όλες οι παραπάνω ενέργειες αποσκοπούν σε μια νέα αναπτυξιακή προσέγγιση της περιοχής της Χαλάστρας και κατ' επέκταση του Δήμου Δέλτα με σκοπό να:

- 1) Διατηρηθεί και να εξυγιανθεί το εδαφουδατικό δυναμικό με απώτερο σκοπό την ανταγωνιστικότητα της υπαίθρου και της μυδοκαλλιέργειας.
- 2) Να εκσυγχρονιστεί η πρωτογενής παραγωγή με προϊόντα ανταγωνιστικά.
- 3) Να εκσυγχρονιστούν οι παραγωγικές λειτουργίες της παράκτιας ζώνης του Θερμικού.

21. Βιβλιογραφία

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andrzej Duda, Thanh-Hai To. Simulation of LoRa in NS-3: Improving LoRa Performance with CSMA. IEEE ICC, May 2018, Kansas City, United States. <hal-01835883>
- Arango, R., Campos, A., Combarro, E., Canas, E. and Díaz, I. (2017). Identification of Agricultural Management Zones Through Clustering Algorithms with Thermal and Multispectral Satellite Imagery. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 25(Suppl. 1), pp.121-140.
- Avault Jr., J.W 1996. Fundamentals of agriculture. Baton Rouge: Ava Publishing Company, Inc.
- Azfar, S., Nadeem, A. and Basit, A. (2018). Pest detection and control techniques using wireless sensor network: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, ; 3 (2)(2), pp.92-94.
- Baillie, C., Lobsey, C., Antille, D., McCarthy, C. and Thomasson, J. (2018). A review of the state of the art in agricultural automation. Part III: Agricultural machinery navigation systems<i> </i>. 2018 *Detroit, Michigan July 29 - August 1, 2018*.
- Baio, F., Neves, D., Souza, H., Leal, A., Leite, R., Molin, J. and Silva, S. (2018). Variable rate spraying application on cotton using an electronic flow controller. *Precision Agriculture*, 19(5), pp.912-928.
- Blaes, X., Lambert, M., Chome, G., Traore, P., de By3, R. and Defourny, P. (2016). YIELD MAPPING FOR DIFFERENT CROPS IN SUDANO-SAHELIAN SMALLHOLDER FARMING SYSTEMS: RESULTS BASED ON METRIC WORLDVIEW AND DECAMETRIC SPOT-5 TAKE5 TIME SERIES.
- Blackmore, S. (1994). Precision Farming: An Introduction. *Outlook on Agriculture*, 23(4), pp.275-280.
- Bobryk, C., Myers, D., Kitchen, N., Shanahan, J., Sudduth, K., Drummond, S., Gunzenhauser, B. and Gomez Raboteaux, N. (2016). Validating a Digital Soil Map with Corn Yield Data for Precision Agriculture Decision Support. *Agronomy Journal*, 108(3), p.957.
- Bongiovanni, R., & Lowenberg-Deboer, J. (2004). Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*, 5(4), 359-387. doi:10.1023/b:prag.0000040806.39604.aa

- Cambra, C., Sendra Sa , Lloret J, Garcia L 2017 : An IoT service-oriented system for agriculture monitoring 2017. *IEEE International Conference on Communications (ICC)* 21-25 May
- Carlson, D. J., Townsend, D. W., Hilyard. A. L., Eaton, J. F. (1984). Effect of an intertidal mudflat on plankton of the overlying water column. *Can. J. Fish.* pp: 1523- 1528
- Chao, H., Baumann, M., Jensen, A., Chen, Y., Cao, Y., Ren, W. and McKee, M. (2008). Band-reconfigurable Multi-UAV-based Cooperative Remote Sensing for Real-time *Water Management and Distributed Irrigation Control*. *IFAC Proceedings Volumes*, 41(2), pp.11744-11749.
- Charlet, L., Olson, D. and Glogoza, P. (2002). *Biological control of insect and weed pests in North Dakota agriculture*. Fargo, N.D.: NDSU Extension Service.
- Cillis, D., Maestrini, B., Pezzuolo, A., Marinello, F., & Sartori, L. (2018). Modeling soil organic carbon and carbon dioxide emissions in different tillage systems supported by precision agriculture technologies under current climatic conditions. *Soil And Tillage Research*, 183, 51-59. doi: 10.1016/j.still.2018.06.001
- Cillis, D., Pezzuolo, A., Marinello, F. and Sartori, L. (2018). Field-scale electrical resistivity profiling mapping for delineating soil condition in a nitrate vulnerable zone. *Applied Soil Ecology*, 123, pp.780-786.
- Cohen, R. R. H., Dresler, P. V., Philhps. E. J. P., Cory, R. L. (1984). *The effect of the Asiatic clam, Corbicula fluminea, on phytoplankton of the Potomac River*, Maryland pp170-180
- Communi FAO. (2000-2006). Fishery Statistics, FIGIS, pp.7
- Dai, B., He, Y., Gu, F., Yang, L., Han, J. and Xu, W. (2017). A vision-based autonomous aerial spray system for precision agriculture. *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*.
- Delamotte, M., Βαρδάλλα-Θεοδώρου, Ε. (1994). Κοχύλια από τις Ελληνικές Θάλασσες
- DORAISWAMY, P. (2004). Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 92(4), pp.548-559.
- Driggers, Martin, *Spraying and Surveying Applications of Drones to the Precision Agriculture Industry: Writing Prototype Software to Automatically Fly a Drone for Survey or Spray Purposes* (2018). *South Carolina Junior Academy of Science*. 47. Available at: <https://scholarexchange.furman.edu/scjas/2018/all/47>
- Erickson, B. and Widmar, D. (2015). PRECISION AGRICULTURAL SERVICES DEALERSHIP SURVEY RESULTS. *CROPLIFE MAGAZINE AND THE CENTER FOR FOOD AND AGRICULTURAL BUSINESS*, [online] pp.16-25.

Available at: <http://agribusiness.purdue.edu/files/file/2015-crop-life-purdue-precision-dealer-survey.pdf> [Accessed 6 Nov. 2018].

- Friedman, S. (2005). Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46(1-3), pp.45-70.
- G. Kokkonis, Kostas E. Psannis, M. Roumeliotis, Y. Ishibashi, Efficient algorithm for transferring a real-time HEVC stream with haptic data through the internet, *Journal of Real-Time Image Processing*, Vol. 12, no 2, pp 343–355, Aug. 2016.
- G. Kokkonis, Kostas E. Psannis, M. Roumeliotis, Real Time Wireless Multisensory Smart Surveillance With 3D - HEVC Streams for IOT, *The Journal of SuperComputing*, June 2016.
- Gandini, G., Avon, L., Bohte-Wilhelmus, D., Bay, E., Colinet, F., & Choroszy, Z. et al. (2010). Motives and values in farming local cattle breeds in Europe: a survey on 15 breeds. *Animal Genetic Resources/Ressources Génétiques Animales/Recursos Genéticos Animales*, 47, 45-58. doi: 10.1017/s2078633610000901
- Georgi, C., Spengler, D., Itzerott, S., & Kleinschmit, B. (2017). Automatic delineation algorithm for site-specific management zones based on satellite remote sensing data. *Precision Agriculture*, 19(4), 684-707. doi: 10.1007/s11119-017-9549-y
- Heege, H. (2013). *Precision in Crop Farming*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Karageorgis A. P., Skourtos M. S., Kapsimalis V., Kontogianni A. D., Skoulikidis, N.Th., Pagou K., Nikolaidis N.P., Drakopoulou P., Zanou B., Karamanos H., Levkov Z., Anagnostou Ch. (2004) An integrated approach to watershed management within the DPSIR framework: *Axios River catchment and Thermaikos Gulf. Regional Environmental Change*, Springer-Verlag, 2004.
- Kostas E, Psannis, Christos Stergiou, and B. B. Gupta, Advanced Media-based Smart Big Data on Intelligent Cloud Systems, *IEEE Transactions on Sustainable Computing (T-SUSC)*, June 2018
- Lee, J., Kim, H., Cho, B., Choi, J. and Kim, Y. (2018). Road Bump Detection Using LiDAR sensor for Semi-Active Control of Front Axle Suspension in an Agricultural Tractor. *IFAC-PapersOnLine*, 51(17), pp.124-129.
- Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M. and Scardigno, A. (2014). Improving water-efficient irrigation: *Prospects and difficulties of innovative practices. Agricultural Water Management*, 146, pp.84-94.
- Longley, P. (2005). *Geographical information systems*. New York: Wiley.
- McGrorty S., Clarke R.T., Reading C.J., Goss-Custard J.D. (1990) Population dynamics of the mussel *Mytilus edulis*: density changes and regulation of the population in the Exe estuary, Devon Mar. Ecol. Prog. Ser. Published October 18 Vol. 67: 157-169, 1990.

- Memos, V., Psannis, K., Ishibashi, Y., Kim, B., & Gupta, B. (2018). An Efficient Algorithm for Media-based Surveillance System (EAMSuS) in IoT Smart City Framework. *Future Generation Computer Systems*, 83, 619-628. doi: 10.1016/j.future.2017.04.039
- Mitchell, S., Weersink, A. and Erickson, B. (2018). Adoption of precision agriculture technologies in Ontario crop production. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(6), pp.1384-1388.
- Mogili, U. and Deepak, B. (2018). Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science*, 133, pp.502-509.
- Mosleh, M., Hassan, Q. and Chowdhury, E. (2015). Application of Remote Sensors in Mapping Rice Area and Forecasting Its Production: A Review. *Sensors*, 15(1), pp.769-791.
- Niero, M., Ingvordsen, C., Peltonen-Sainio, P., Jalli, M., Lyngkjær, M., Hauschild, M., & Jørgensen, R. (2015). Eco-efficient production of spring barley in a changed climate: A Life Cycle Assessment including primary data from future climate scenarios. *Agricultural Systems*, 136, 46-60. doi: 10.1016/j.agsy.2015.02.007
- Ojo, M., Giordano, S., Procissi, G., & Seitanidis, I. (2018). A Review of Low-End, Middle-End, and High-End Iot Devices. *IEEE Access*, 6, 70528-70554. doi: 10.1109/access.2018.2879615
- Papageorgiou, E., Markinos, A., & Gemptos, T. (2009). Application of fuzzy cognitive maps for cotton yield management in precision farming. *Expert Systems With Applications*, 36(10), 12399-12413. doi: 10.1016/j.eswa.2009.04.046
- Okumu U., Nadir Bascinar, M.kerrem Zkan (2001) The Effects of Phytoplankton Concentration, Size of Mussel and Water Temperature on Feed Consumption and Filtration Rate of the Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) *Turk J Zool* 26 (2002) 167-172
- Ostfield, A., and Salomons E. 2004. Optimal layout of early warning detection stations for water distribution system security.
- Patil P, Vidya H, Shreedevi P, Umakant K. Wireless Sensor Network for Precision Agriculture, International Conference on Computational Intelligence and and communication system, IEEE, 2011.
- Pedersen, S. and Lind, K. (2017). *Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives*. Springer, Cham, pp.5-20.
- Sona, G., Passoni, D., Pinto, L., Pagliari, D., Masseroni, D., Ortuani, B. and Facchi, A. (2016). UAV MULTISPECTRAL SURVEY TO MAP SOIL AND CROP FOR PRECISION FARMING APPLICATIONS. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B1, pp.1023-1029.

- Sudduth, K., Kitchen, N., Wiebold, W., Batchelor, W., Bollero, G., Bullock, D., Clay, D., Palm, H., Pierce, F., Schuler, R. and Thelen, K. (2005). Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46(1-3), pp.263-283.
- Theofanis Xifilidis and Kostas Psannis, Caching Hit Probability and Compressive Sensing Perspective for Mobile Cellular Networks, Simulation Modelling Practice and Theory Elsevier.
- Thompson G.B. (1979) Distribution and population dynamics of the limpet *Patella aspera* (Lamarck) in Bantry Bay. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 40: 115-135.
- Torres-Sánchez, J., López-Granados, F., Serrano, N., Arquero, O. and Peña, J. (2015). High-Throughput 3-D Monitoring of Agricultural-Tree Plantations with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology. *PLOS ONE*, 10(6), p.e0130479.
- Tsakos, K. (2018). LoRaWare: A service oriented architecture for interconnecting LoRa devices with the Cloud [Thesis]. Chania.
- Vasileios Memos, Kostas E. Psannis, Yutaka Ishibashi, Byung-Gyu Kim, Brij Gupta, An Efficient Algorithm for Media-based Surveillance System (EAMSuS) in IoT Smart City Framework, Elsevier, Future Generation Computer Systems, 2017
- Walters B.B (2008) *Aquatic Botany* 89: 220-236.
- Whitehead, K. and Hugenholtz, C. (2014). Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 1: a review of progress and challenges. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 02(03), pp.69-85.
- Whitley, K.M., Davenport, J.R., Manley, S.R., 2000. Difference in nitrate leaching under variable and conventional nitrogen fertilizer management in irrigated potato systems. *Proceedings of Fifth International Conference on Precision Agriculture* (CD), July 16–19, 2000. Bloomington, MN, USA.
- Xu, L., Chen, L., Chen, T. and Gao, Y. (2011). SOA-based precision irrigation decision support system. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(3-4), pp.944-949.
- Yunseop Kim, Evans, R. and Iversen, W. (2008). Remote Sensing and Control of an Irrigation System Using a Distributed Wireless Sensor Network. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 57(7), pp.1379-1387.
- Zhang, X., Shi, L., Jia, X., Seielstad, G. and Helgason, C. (2009). Zone mapping application for precision-farming: a decision support tool for variable rate application. *Precision Agriculture*, 11(2), pp.103-114.
- Zhou, Y. , Evans, G.H.Jr , Chowdhury, M. , Wang, K.C. and Fries, R. (2011), “Wireless communication alternatives for intelligent transportation systems: a case study”, *Journal of Intelligent Transportation Systems* , Vol. 15 No. 3, pp. 147-160

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΤΕΙΘ., (2007) Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών/μυδοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) και Διαχειριστικές Παρεμβάσεις Χωροταξικής και Περιβαλλοντικής Βελτίωσης. Επιστ. Υπεύθ. Δρ. Α. Μωρίκη, Θεσ/νίκη, Ενδιάμεση Έκθεση, 164 σελίδες.
- ΑΤΕΙΘ., 2007α. Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών/μυδοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) και διαχειριστικές παρεμβάσεις χωροταξικής & περιβαλλοντικής βελτίωσης. Τελική Τεχνική Έκθεση ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙ. Επιστ. Υπεύθ. Δρ. Α. Μωρίκη, 344 σελίδες
- Γαληνού-Μητσούδη Σ. (2001). Διαχείριση Περιοχών Παραγωγής Οστράκων. Πρακτικά ημερίδα
- ς ΑΤΕΙΘ-ΤΑΥ Ν. Μουδανιά .Το Νέο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας (Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο) «Προοπτικές εφαρμογής του από Τεχνολόγους Αλιείας Υδατοκαλλιεργειών», σελ.110-111.
- Γαληνού-Μητσούδη, Σ. (2003). Σημειώσεις Εκτροφής Οστράκων, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσ/νίκης Ν.Μουδανιά. 110 σελίδες.
- Γραβά Ελένη (2018). Η Χαλάστρα και η ευρύτερη περιοχή, ιστορικό πολιτιστικό και οικιστικό απόθεμα.
- Ε.Κ.Θ.Ε. (2001) Διαχειριστική Μελέτη των Ζωνών Παραγωγής Μυδιών των Κόλπων Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. Τελική Τεχνική Έκθεση για ΝΑΘ, Δ/ση αλιείας. Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Παπαθανασίου Ε., 146 σελίδες.
- ΖΑΪΜΑΚΗ, Μ. (2015). ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ MYTILUS GALLOPROVINCIALIS ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΑΠΟΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΨΕΥΔΟΚΟΠΡΑΝΩΝ (PSEUDOFECES)[Thesis].
- Ηλιοπούλου, Π. (2017). *Γεωγραφική Ανάλυση*. 1st ed. pp.29-45.
- Κράββα Ν. (2000) Γενετική σύσταση και αύξηση σε πληθυσμούς του μυδιού *Mytilus galloprovincialis* στο Θερμαϊκό κόλπο. Διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 2000, 158 σελίδες.
- ΠΟΛΥΧΡΟΥ, Χ. (2014). Ανάπτυξη εφοδιαστικών αλυσίδων οστρακοειδών και ανάλυση βασικών παραμέτρων [Thesis]. Χαλαστρα.
- Φάμελλος Σ., Κρεστενίτης Ι., Γεωργιάδης Γ. (2008) Θερμαϊκός κόλπος πολυπαραμετρικότητα, αξίες και απόθεμα Υπουργείο Μακεδονίας - Θράκης - Ημερίδα "Θερμαϊκός θάλασσα δίπλα μας ", 9 σελίδες.
- Φουντάς, Σ., Γέμτος, Θ., 2015. Γεωργία ακριβείας. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2670>

ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

Sunderland.ac.uk. (2018). *The University of Sunderland*. [online] Available at: <https://www.sunderland.ac.uk/> [Accessed 2 Jul. 2018].

<http://www.pbs.gov.pk/content/agriculture-statistics>. (2018). *Federal Board of Statistics, Govt. of Pakistan, Economic Wing, 2008-09.* [online] Available at: <http://www.pbs.gov.pk/content/agriculture-statistics>. Accessed October 2018 [Accessed 10 Oct. 2018].

Global Positioning System. (2018). https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System.

International Rice Research Institute - IRRI - IRRI History. Retrieved from <http://irri.org/blogs/irri-history>

World Ocean Review. Retrieved from <https://worldoceanreview.com>

Wunderlich, S., & Gatto, K. (2015). Consumer Perception of Genetically Modified Organisms and Sources of Information. *Advances In Nutrition*, 6(6), 842-851. doi: 10.3945/an.115.008870

Krantz, E., Loomis, P., Wallace, G. and Talbot, N. (2014). *Satellite navigation using side by side antennas*. [online] Available at: <https://patents.google.com/patent/US9778368B2/en> [Accessed 17 Nov. 2018].

Trimble.com. (2018). *Mapping & GIS*. [online] Available at: <https://www.trimble.com/mappinggis/index.aspx> [Accessed 6 Nov. 2018].

Agro-office.com. (2018). *Yara Agro Office® Maps – Agro Office*. [online] Available at: <http://www.agro-office.com/en/agro-office-maps-2/> [Accessed 6 Nov. 2018].

<http://www.mobility2net.eu/>. Visiting Research Scientist. (2018). *Mobility2net.eu. Research and Development JAPAN-EU-Laboratory*.

Statistics.gr. (2018). Κεντρική Σελίδα ΕΛΣΤΑΤ. [online] Available at: <http://www.statistics.gr> [Accessed 6 Aug. 2018].

Megaostrakon.gr. (2018). *Home - Mega Ostrakon*. [online] Available at: <http://www.megaostrakon.gr/> [Accessed 19 Jul. 2018]. En.wikipedia.org. (2018). DDT. [online] Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/DDT> [Accessed 18 Jul. 2018].

Dimoudis.gr. (2018). *DIMOUDIS - Center of production en distribution of shells*. [online] Available at: <http://www.dimoudis.gr> [Accessed 3 Sep. 2018].

Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού – Γνώρισε τη φύση, ζήσε την εμπειρία. Retrieved from <http://axiosdelta.gr>