



# **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

## **ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

### **ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

#### **Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστικών Συστημάτων**

#### **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μελέτη και σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για  
αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών**

**Θεοχάρης Δ. Φιλάνδρας  
Α.Μ. 21028**

**Εισηγητής: Στυλιανός Βουτσινάς**

**(Κενό φύλλο)**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μελέτη και σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για αντιμετώπιση  
φυσικών καταστροφών**

**Θεοχάρης Δ. Φιλάνδρας  
Α.Μ. 21028**

**Εισηγητής:**

**Στυλιανός Βουτσινάς**

**Εξεταστική Επιτροπή: Βογιατζής Ιωάννης  
Φατούρος Σταύρος  
Βουτσινάς Στυλιανός**

**Ημερομηνία εξέτασης: 20/02/2023**

**(Κενό φύλλο)**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φιλάνδρας Θεοχάρης, του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 21028 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Προηγμένες Τεχνολογίες Υπολογιστικών Συστημάτων του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο Δηλών



**(Κενό φύλλο)**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτό της κατασκευής ενός αυτόνομου μη επανδρωμένου οχήματος. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου, Στυλιανός Βουτσινάς, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω.

**(Κενό φύλλο)**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη μελέτη και τη σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών. Το όχημα που κατασκευάστηκε ανήκει στην κατηγορία της έρευνας και διάσωσης (Search and Rescue- SaR) και έχει τη μορφή ενός rocker-bogie. Τα οχήματα αυτά αποτελούνται από έξι τροχούς πάνω στους οποίους βρίσκονται 6 κινητήρες, οι άξονες των οποίων έχουν ανεξάρτητη κίνηση για ευκολία κίνησης αφ' ενός σε ανώμαλο έδαφος και αφ' εταίρου για την αναρρίχηση του.

## ABSTRACT

This thesis deals with the study and design of an unmanned vehicle to manage in natural disasters. The vehicle that was built belongs to the Search and Rescue (SaR) category and has the form of a rocker-bogie. These vehicles consist of six wheels on which there are 6 motors, the axles of which have independent movement for ease of movement on the one hand on rough terrain and on the other hand for climbing.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Σχεδίαση και προγραμματισμός μη επανδρωμένων επίγειων οχημάτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: UGV, unmanned ground vehicle, μη επανδρωμένο επίγειο όχημα, Raspberry Pi Pico, LoRa, GPS, Gas sensor, six wheels, natural disasters, φυσικές καταστροφές, σεισμός, earthquake

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	11
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	12
1.2 Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	15
2.1 STANFORD CART .....	15
2.2 ROBOT FIRE .....	16
2.3 LUNOKHOD I & II .....	18
2.4 CURIOSITY MARTIAN ROVER .....	20
2.5 ΠΟΜΠΟΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ PANDORA .....	23
2.6 R+D PROJECT ROBOT .....	24
2.7 PELOTE PROJECT MOBILE ROBOT MERLIN .....	25
2.8 HYBRID-WHEELED ASGUARD .....	26
2.9 ALMIRA-CLASS USAR VEHICLE .....	27
2.10 PER-CORKY ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ .....	29
2.11 ROBOCUE, THE TOKYO FIRE DEPARTMENT'S RESCUE-BOT .....	30
2.12 THE BREATH-SENSOR .....	31
2.13 KINECT-POWERED RESCUE-BOT .....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> - ΥΛΙΚΑ .....	34
3.1 Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ-ΣΑΣΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	34
3.2 Η ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΗ ΠΛΑΚΕΤΑ .....	37
3.3 ΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....	39
3.4 ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΤΩΝ .....	39
3.5 Η ΠΛΑΚΕΤΑ ESP32CAM .....	40
3.6 Η ΔΙΑΤΑΞΗ SX1278 LoRa .....	43
3.6.1 Συνδεσμολογία LoRa με Raspberry Pi Pico .....	44
3.6.2 Συνδεσμολογία πομπού και δέκτη .....	46
3.7 Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ MQ-02 .....	48
3.8 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	50

## Μελέτη και σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών

4.1 Σασί – πλατφόρμα οχήματος.....	50
4.2 Επικοινωνία Πομπού - δέκτη.....	55
4.3 Ο αισθητήρας αερίων MQ2.....	61
4.4 GPS Carius Cirocomm .....	62
4.5 Οι Οδηγοί κίνησης L298N .....	64
4.6 Η Καμερα ESP32-cam.....	65
4.7 Τροφοδοσία οχήματος .....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	69
5.1 Προβλήματα και περιορισμοί.....	69
5.2 Μελλοντικές προεκτάσεις και προτάσεις.....	70
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	71

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1 Η επιλογή πλατφόρμας του rover.....	36
Σχήμα 3.13 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico με SX1278 LoRa module.....	46
Σχήμα 3.14 Συνδεσμολογία SX1278 LoRa module με Arduino.....	46
Σχήμα 3.15 Συνδεσμολογία στη πλευρά της εκπομπής.....	47
Σχήμα 3.16 Συνδεσμολογία στη πλευρά του δέκτη.....	48
Σχήμα 4.11 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico και SX1278 (LoRa-02).....	56
Σχήμα 4.12 Συνδεσμολογία Arduino Uno και SX1278 (LoRa-02).....	57
Σχήμα 4.22 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – sensor MQ2.....	61
Σχήμα 4.24 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – GPS CRIUS.....	64
Σχήμα 4.26 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – L298N.....	65
Σχήμα 4.28 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – ESP32CAM.....	67

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 Συνδεσμολογία ακίδων Arduino & LoRa-02.....	47
Πίνακας 3.2 Συνδεσμολογία ακίδων Arduino Uno & LoRa-02 – δέκτης.....	48
Πίνακας 4.1 Πίνακας συνδεσμολογίας Raspberry Pi Pico με SX1278 (LoRa -02).....	57
Πίνακας 4.2 Πίνακας συνδεσμολογίας Arduino με SX1278(LoRa -02).....	57
Πίνακας 4.3 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – sensor MQ-02.....	62
Πίνακας 4.3 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – GPS CRIUS.....	63
Πίνακας 4.5 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – L298N.....	65

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

**UGV** Unmanned Ground Vehicle

**UAV** Unmanned Ground Vehicle

**LoRa** Long Range

**GPS** Global Positioning System

**IoT** Internet of things

**MOSI** Master Out, Slave In

**MISO** Master in Slave Out

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι στατιστικές σε όλο τον κόσμο καταγράφουν μόνιμα τις καταστροφές και τις επιπτώσεις τους. Φυσικές καταστροφές όπως σεισμοί, πλημμύρες, πυρκαγιές κ.λπ., καθώς και ανθρωπογενείς όπως βανδαλισμοί, εκρήξεις και άλλες, οδηγούν σε πολλές απώλειες [2]. Το ποσοστό καταστροφών που καταγράφηκε τα έτη 2001–2020 είναι 357. Ενώ καταγράφηκαν 432 γεγονότα καταστροφών το έτος 2021, που αποτελεί σημαντική αύξηση για αυτές τις καταστροφές («2021 Disasters in numbers, 2021»). Αυτό τονίζει τη σημασία της εξέτασης του προβλήματος και της αντιμετώπισης του, σοβαρά και με ακρίβεια. Οι απώλειες από καταστροφές συνήθως αφήνουν τραυματίες, θύματα ή αγνοούμενους και μπορούν επίσης να προκαλέσουν γενικές απώλειες, όπως καταστροφή κτιρίων, αποκοπή δρόμων ή επικοινωνιών και άλλες οικονομικές απώλειες που επηρεάζουν αρνητικά ολόκληρη την περιοχή.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και σχεδίαση ενός αυτόνομου μη επανδρωμένου οχήματος για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών και πιο συγκεκριμένα σε περίπτωση σεισμού. Ακόμη και σήμερα επειδή η πρόβλεψη των σεισμών είναι μια δύσκολη διαδικασία, γίνεται προσπάθεια για τον μετριάσμο των συνεπειών που θα έχει μια φυσική καταστροφή. Οι συνέπειες αυτές μπορεί να αφορούν την αναζήτηση και διάσωση ανθρώπων αλλά και την πρόληψη επικίνδυνων καταστάσεων, τις επόμενες ώρες και μέρες. Η προσπάθεια αυτή γίνεται με μελέτες και έρευνες που έχουν ως στόχο τη κατασκευή ρομποτικών οχημάτων, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περιοχή που έλαβε χώρα η φυσική καταστροφή, όπου η ανθρώπινη πρόσβαση είναι αδύνατη και επικίνδυνη. Για το λόγο συστήνεται η χρήση αυτόνομων μη επανδρωμένων οχημάτων, αποφεύγοντας απώλειες ανθρώπινης ζωής σε περίπτωση μετασεισμού ή αναζωπύρωσης αλλά και για οικονομικό κόστος. Τα οχήματα αυτά μπορεί να είναι είτε εναέρια, UAV unmanned aerial vehicles, είτε επίγεια UGV-unmanned ground vehicles. Τα επίγεια οχήματα που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες καταστάσεις ανήκουν στην κατηγορία των SaR (search and rescue) ρομπότ, δηλαδή έρευνας και διάσωσης.

Τα μη επανδρωμένα αεροχήματα - MEA unmanned aerial vehicle - UAV, Unmanned Aerial System - UAS ή Remotely Piloted Aircraft System - RPAS) ή drones ονομάζονται τα κάθε είδους ιπτάμενα οχήματα που δεν έχουν χειριστή στην

άτρακτό τους, αλλά πραγματοποιούν πτήσεις είτε αυτόνομα είτε μέσω τηλεκατεύθυνσης. Οι προαναφερθείσες ονομασίες αναφέρονται στους ορισμούς που κατά καιρούς έχουν δοθεί για την περιγραφή αυτών των οχημάτων. Ο όρος UAV περιγράφει μόνο το χωρίς χειριστή αεροσκάφος. Ο όρος UAS περιλαμβάνει όλες τις συσκευές, το προσωπικό και τις διαδικασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται προκειμένου το μη επανδρωμένο αεροσκάφος να θεωρείται ως ολοκληρωμένο σύστημα. Τέλος, ο όρος RPAS καθιερώθηκε σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και με την ανάγκη όλες οι πτήσεις μη επανδρωμένων αεροσκαφών να έχουν τουλάχιστον έναν επιβλέποντα πιλότο στο έδαφος. Τα μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα συνήθως έχουν τη μορφή μικρού αεροπλάνου ή ελικοπτέρου με έναν ή περισσότερους κινητήρες και έλικες συντονισμένους για πλήρως ελεγχόμενη πτήση από ειδικό πρόγραμμα ή χειριστήριο εδάφους [20].

Ένα μη επανδρωμένο όχημα εδάφους (UGV) ή αλλιώς rover όπως έχει επικρατήσει, είναι ένα όχημα που λειτουργεί ενώ βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος και χωρίς ανθρώπινη παρουσία επί του σκάφους. Τα UGV μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλές εφαρμογές όπου μπορεί να είναι άβολο, επικίνδυνο ή αδύνατο να υπάρχει ανθρώπινος χειριστής. Γενικά, το όχημα θα έχει ένα σύνολο αισθητήρων για την παρατήρηση του περιβάλλοντος και είτε θα λαμβάνει αυτόνομα αποφάσεις για τη συμπεριφορά του είτε θα διαβιβάζει τις πληροφορίες σε έναν άνθρωπο χειριστή σε διαφορετική τοποθεσία, ο οποίος θα ελέγχει το όχημα μέσω τηλελειτουργίας.

Το UGV είναι το επίγειο αντίστοιχο των μη επανδρωμένων αεροσκαφών και των μη επανδρωμένων υποβρυχίων οχημάτων. Η μη επανδρωμένη ρομποτική αναπτύσσεται ενεργά τόσο για πολιτική όσο και για στρατιωτική χρήση για την εκτέλεση ποικίλων δύσκολων και επικίνδυνων δραστηριοτήτων.

Η γρήγορη και αποτελεσματική ανίχνευση είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας, στον χώρο της αντιμετώπισης φυσικών καταστροφών. Προσπάθειες για την αυτοματοποίηση επιμέρους συστημάτων έχουν γίνει παλιότερα, αλλά μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, βασισμένη σε ένα πρακτικό συνδυασμό διαφορετικών συστημάτων ανίχνευσης φαίνεται ότι είναι μια αποδεκτή λύση. Η αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών με χρήση αυτόνομων ρομποτικών συστημάτων μπορεί να συμβάλλει στον γρηγορότερο εντοπισμό της θέσης του υποψήφιου θύματος και στην αναγνώριση των συνθηκών γύρω του. Κατά την ίδια έννοια, η χρήση αυτόνομων αεροσκαφών που θα σαρώνουν εκτάσεις όπου είτε υπάρχει κίνδυνος

πυρκαγιά, είτε μπορεί να παρακολουθηθεί το μέτωπο της φωτιάς με την έγκαιρη ανίχνευση αυτού. Στα πλαίσια αυτού του παραδοτέου θα εξεταστεί πως ένα αυτόνομο μη επανδρωμένο επίγειο όχημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση ενός σεισμού, για τον εντοπισμό θυμάτων και προσδιορισμό υλικών καταστροφών.

## **1.2 Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η βιβλιογραφική έρευνα που έγινε με σκοπό να διαπιστωθούν οι ανάγκες και οι απαιτήσεις της συγκεκριμένης κατασκευής, οι οποίες αφορούν το είδος του σασί, τον αριθμό των τροχών, τους κινητήρες κίνησης και την οδήγησή τους, τα αισθητήρια όργανα που θα χρησιμοποιηθούν, όπως αισθητήρες αερίων και κάμερα, την επικοινωνία ανάμεσα στο όχημα και το χειριστή, τη τροφοδοσία του οχήματος, όπως επίσης και το μικροελεγκτή που θα χρησιμοποιηθεί.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλύσουμε λεπτομερέστερα τα δομικά στοιχεία του αυτόνομου οχήματος, όπως σασί, μικροελεγκτής κίνηση, τροφοδοσία, επικοινωνία, τηλεχειρισμός. Τη συνδεσμολογία τους και τη χρησιμότητά τους, στη κατασκευή

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η κατασκευή που υλοποιήθηκε, τα ηλεκτρονικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, η καλωδίωσή τους και οι τοποθέτησή τους πάνω στην κατασκευή με εικόνες. Τέλος θα παρουσιαστούν και οι μετρήσεις που προέκυψαν και τα αποτελέσματα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα κατά την έρευνα και υλοποίηση, τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν αλλά και πιθανές βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

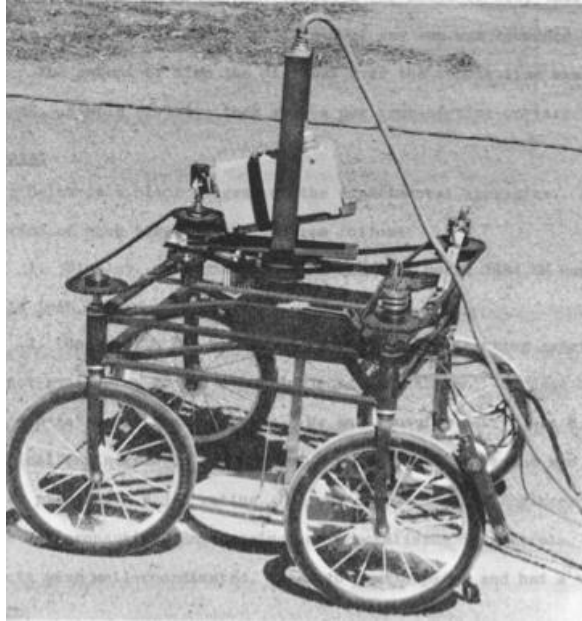
Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στις εργασίες που έχουν εκπονηθεί για τα αυτόνομα μη επανδρωμένα οχήματα εδάφους, τα οποία χρησιμοποιούνται για την διαχείριση καταστροφών, όπως πυρκαγιές, πλημμύρες, σεισμοί κ.ά. Ο λόγος της συγκεκριμένης έρευνας είναι για να διαπιστωθούν και να καταγραφούν οι ιδιαίτερες προδιαγραφές, ιδιαιτερότητες και απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν τα συγκεκριμένα οχήματα. Αυτά είναι το είδος του σασί κατασκευής, οι κινητήρες και οι γέφυρες οδήγησης που χρειάζονται, οι αισθητήρια όργανα όπως κίνησης, αερίων ήχου, απόστασης που απαιτούνται, ο τρόπος κίνησης, τα διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία όπως κάμερες και βραχίονες και άλλων ειδών ηλεκτρονικά στοιχεία. Εκτός όμως από τα βασικά χαρακτηριστικά τέτοιων οχημάτων που θα εξεταστούν θα μελετηθεί και η εξέλιξή τους. Ο σκοπός της έρευνας μας είναι για να επιλεγεί το κατάλληλο σασί και τα κατάλληλα αισθητήρια όργανα που θα χρησιμοποιηθούν.

### 2.1 STANFORD CART

Το Stanford Cart κατασκευάστηκε αρχικά από τον μεταπτυχιακό φοιτητή Μηχανολόγων Μηχανικών (ME) James L. Adams για να υποστηρίξει την έρευνά του σχετικά με το πρόβλημα του ελέγχου ενός απομακρυσμένου οχήματος χρησιμοποιώντας πληροφορίες βίντεο. Εργαζόταν στο Jet Propulsion Laboratory σε ένα έργο της NASA που ονομαζόταν Project Prospector, το οποίο στηριζόταν στην υπόθεση ότι κάποιος που βρίσκεται στη γη θα μπορούσε να οδηγήσει το όχημα γύρω από τη Σελήνη χρησιμοποιώντας μια τηλεοπτική κάμερα και έναν ραδιοσύνδεσμο ελέγχου. Ωστόσο ο Adams η υπόθεση αυτή δεν επαληθεύτηκε.

Το Cart είχε τέσσερις μικρές ρόδες ποδηλάτου με ηλεκτρικούς κινητήρες που τροφοδοτούνταν από μπαταρία αυτοκινήτου και έφερε μια κάμερα τηλεόρασης με σταθερή κατεύθυνση προς τα εμπρός. Οι δοκιμές διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας τόσο σύστημα διεύθυνσης με δύο τροχούς, όπως ένα αυτοκίνητο, όσο και σύστημα διεύθυνσης με 4 τροχούς, στο οποίο οι τροχοί και η κάμερα της τηλεόρασης περιστρέφονται μαζί. Το όχημα συνδέθηκε με ένα πολύ μακρύ καλώδιο σε μια κονσόλα ελέγχου με οθόνη τηλεόρασης και χειριστήρια για το τιμόνι και την ταχύτητα. Ένας βρόχος μαγνητικής ταινίας κατέστησε δυνατή τη μεταβολή της χρονικής καθυστέρησης των εντολών διεύθυνσης, για την προσομοίωση καθυστερήσεων επικοινωνίας.



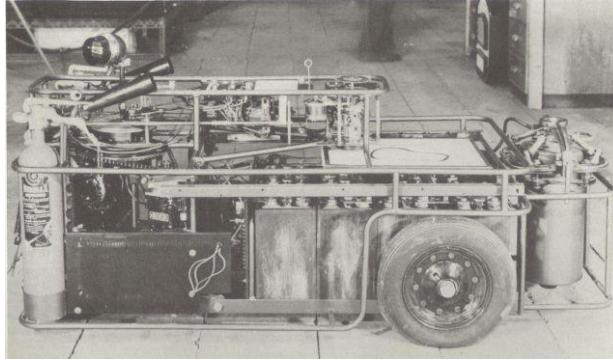


Εικόνα 2.1 Stanford Cart [12]

Ο Adams διερεύνησε τη δυνατότητα ελέγχου του οχήματος αποφεύγοντας τα εμπόδια με διάφορους συνδυασμούς καθυστέρησης επικοινωνίας και ταχύτητας. Όταν οι εντολές διεύθυνσης καθυστερούν λόγω των επικοινωνιών, υπάρχει η τάση ο χειριστής να υπερκατευθύνει και να χάσει τον έλεγχο. Μεταξύ άλλων, ο Adams έδειξε στη διατριβή του ότι με μια καθυστέρηση επικοινωνίας που αντιστοιχεί στο ταξίδι μετ' επιστροφής στη Σελήνη (περίπου 2 1/2 δευτερόλεπτα) το όχημα δεν μπορούσε να ελεγχθεί αξιόπιστα εάν ταξίδευε με ταχύτητα μεγαλύτερη από περίπου 0,2 mph (0,3 km/h) [12].

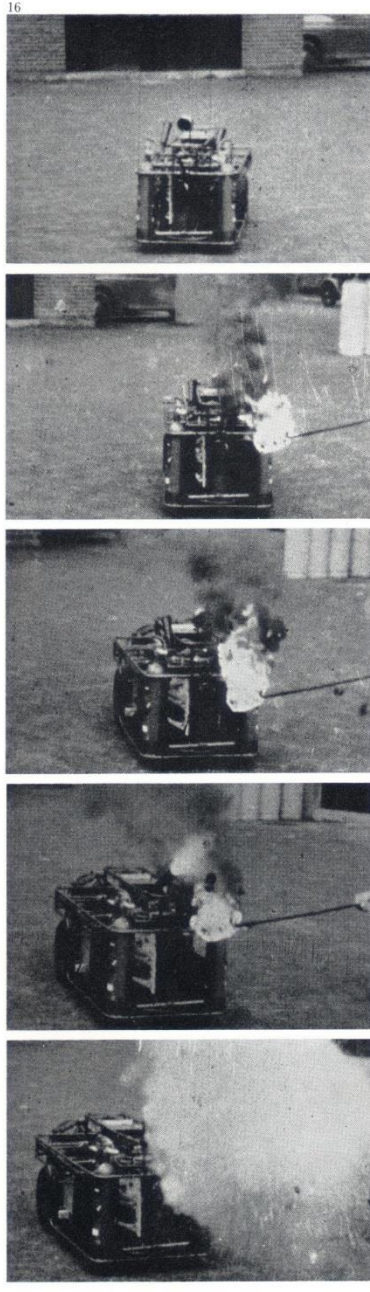
## 2.2 ROBOT FIRE

Ο Μερντιθ Thring στο Πανεπιστήμιο Queen Mary, κατασκεύασε ένα ρομπότ πυρόσβεσης το 1962. Αυτό το ρομπότ μπορούσε να περιηγηθεί σε έναν χώρο χρησιμοποιώντας σήματα από μια γυροσκοπική πυξίδα και μετρώντας την απόσταση με τη περιστροφή τροχού. Κινούταν στον χώρο όταν αντιλαμβάνονταν τη φωτιά με ένα είδος αισθητήρα, για να σβήσει τη φωτιά. Η ιδέα ήταν να αναπτυχθεί ένας πλήρως αυτόματος νυχτοφύλακας που θα μπορούσε να ταξιδεύει σε μια αποθήκη και να ελέγχει την ύπαρξη φωτιάς[13].



Εικόνα 2.2 Το ρομπότ πυροσβέστης του Queen Mary [13]

Στη παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα ρομπότ επίδειξης «πυροσβέστη», που κατασκευάστηκε το 1962. Ακολουθεί μονοπάτι που είναι σχεδιασμένο σε ένα τραπέζι. Το μονοπάτι ανιχνεύεται από φωτοκύτταρα που καθορίζουν την κατεύθυνση με τη βοήθεια μιας γυροσκοπικής πυξίδας, η οποία βρίσκεται στο πίσω μέρος. Η απόσταση που διανύθηκε καθορίζεται μετρώντας τις στροφές των πίσω τροχών και η κίνηση και το τιμόνι ήταν από τον μπροστινό τροχό που μπορούσε να περιστραφεί κατά  $\pm 90^\circ$  από ευθεία. Ένας βραχίονας που προεξείχε μπροστά έφερε έναν διμεταλλικό διακόπτη όπου υπήρχε ένας ανιχνευτής σε έναν προβολέα στερεωμένο στο μπροστινό τροχό. Αυτό το φορείο ταλαντευόταν κατά τη διαδικασία διεύθυνσης και αν το φωτοκύτταρο έβλεπε μια φλόγα, το ρομπότ άφηνε το ίχνος του, έμεινε στη φλόγα και όταν ο διμεταλλικός διακόπτης ανίχνευσε τη θερμότητα της φλόγας, το ρομπότ σταμάτησε και έφερε τα ακροφύσια του πυροσβεστήρα στη φλόγα. Αυτό το πρώτο πρωτότυπο ήταν ικανό να κυνηγήσει τον ήλιο.



Εικόνα 2.3 Επίδειξη λειτουργίας του οχήματος robot fire [13]

### 2.3 LUNOKHOD I & II

Το Lunokhod (ρωσικά: Луноход, IPA: [lʉnɐ'xot], "Moonwalker") ήταν μια σειρά σοβιετικών ρομποτικών σεληνιακών ρόβερ που σχεδιάστηκαν για να προσγειωθούν στη Σελήνη μεταξύ 1969 και 1977. Το Lunokhod 1 ήταν το πρώτο περιπλανώμενο τηλεκατευθυνόμενο ρομπότ που προσγειώθηκε σε εξωγήινο έδαφος.

Το Lunokhod 1A του 1969 καταστράφηκε κατά την εκτόξευση, το Lunokhod 1 του 1970 και το Lunokhod 2 του 1973 προσγειώθηκαν στη Σελήνη και το Lunokhod

3 (Lunokhod No. 205, δεν είχε προγραμματιστεί να εκτοξευθεί ποτέ το 1977). Οι επιτυχείς αποστολές λειτούργησαν ταυτόχρονα με τις σειρές Zond και Luna αποστολών πτήσης, τροχιάς και προσγείωσης σε Σελήνη.

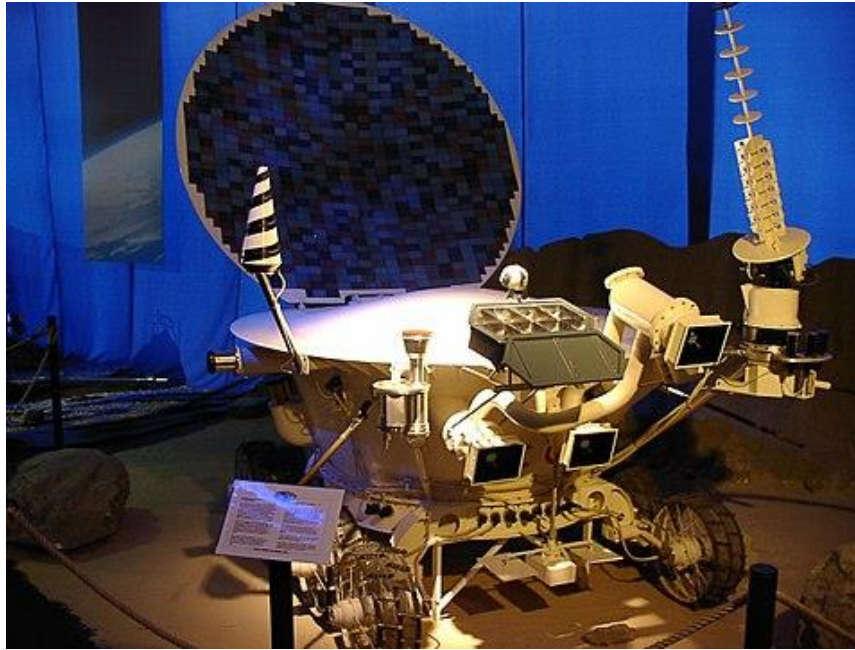
Τα ρόβερ Lunokhod ήταν σεληνιακά οχήματα που σχηματίζονταν από ένα διαμέρισμα που μοιάζει με μπανιέρα με ένα μεγάλο κυρτό καπάκι σε οκτώ τροχούς με ανεξάρτητη κίνηση. Το μήκος ήταν 2,3 μέτρα. Ήταν εξοπλισμένα με μια κεραία σε σχήμα κώνου, μια άκρως κατευθυντική ελικοειδή κεραία, τηλεοπτικές κάμερες και ειδικές επεκτεινόμενες συσκευές για πρόσκρουση στο σεληνιακό έδαφος για μετρήσεις πυκνότητας και μηχανικές δοκιμές, καθώς και επιστημονικό ωφέλιμο φορτίο που ποικίλλει ανάλογα με την αποστολή [14].



Εικόνα 2.4 Lunokhods I [14]

Τα Lunokhods σχεδιάστηκαν υπό την ηγεσία του Georgy Babakin[8] στο γραφείο σχεδιασμού Lavochkin. Το ίδιο το μεταλλικό σασί σχεδιάστηκε από τον Alexander Kemurdzhian.

Τα οχήματα τροφοδοτούνταν από μπαταρίες. Το ρόβερ έτρεχε κατά τη διάρκεια της σεληνιακής ημέρας, σταματώντας περιστασιακά για να επαναφορτίσει τις μπαταρίες του χρησιμοποιώντας τα ηλιακά πάνελ του. Η τροφοδοσία τροφοδοτούνταν κατά τη διάρκεια της σεληνιακής ημέρας από μια ηλιακή συστοιχία GaAs στο εσωτερικό ενός στρογγυλού αρθρωτού καπακιού που κάλυπτε τη θήκη οργάνων, η οποία φορτίζει τις μπαταρίες όταν άνοιγε. Κατά τις σεληνιακές νύχτες, το καπάκι ήταν κλειστό και μια θερμαντική μονάδα ραδιοϊσοτόπου πολώνιο-210 διατηρούσε τα εσωτερικά εξαρτήματα σε θερμοκρασία λειτουργίας.



Εικόνα 2.5 Lunokhods II [14]

Για να είναι σε θέση να εργαστεί σε κενό, χρησιμοποιήθηκε ειδικό λιπαντικό με βάση το φθόριο για τα μηχανικά μέρη του ρόβερ και οι ηλεκτρικοί κινητήρες, ένας σε κάθε πλήμνη τροχού, ήταν κλεισμένοι σε δοχεία υπό πίεση.

Τα ρόβερ είχαν ύψος 135 εκατοστά (4 πόδια 5 ίντσες) και μάζα 840 κιλά (1.850 λίβρες). Ήταν περίπου 170 εκατοστά (5 πόδια 7 ίντσες) μήκος και 160 εκατοστά (4 πόδια 11 ίντσες) πλάτος και είχε οκτώ τροχούς ο καθένας με ανεξάρτητη ανάρτηση, κινητήρα και φρένο. Το rover είχε δύο ταχύτητες, περίπου 1 και 2 km/h (0,6 και 1,2 mph) [14].

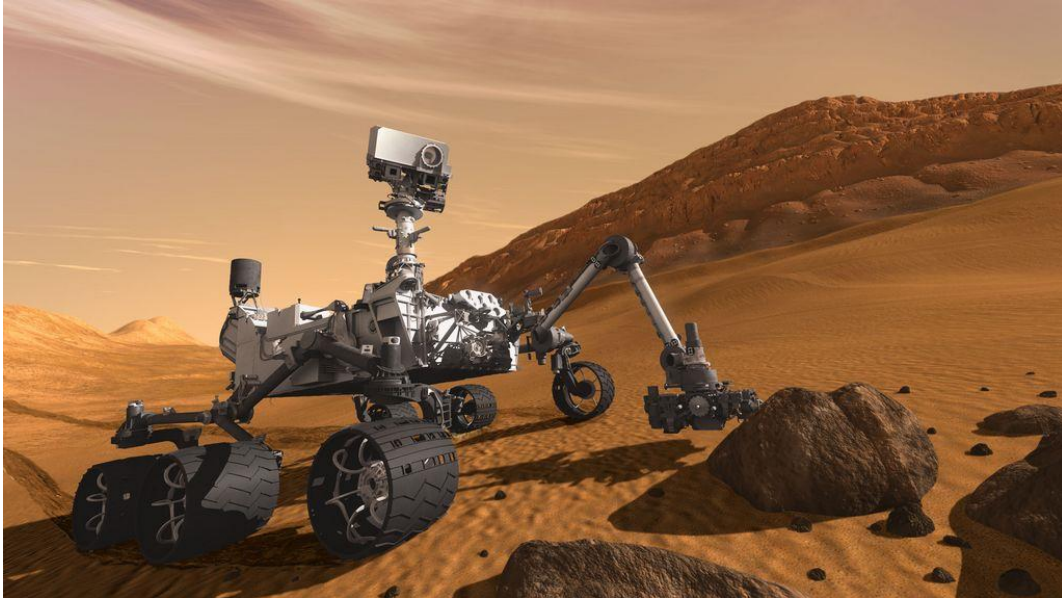
Τα Lunokhods μεταφέρθηκαν στη σεληνιακή επιφάνεια με διαστημόπλοια Luna, τα οποία εκτοξεύτηκαν με πυραύλους Proton-K. Το τμήμα προσεδάφισης σελήνης του διαστημικού σκάφους Luna για το Lunokhods ήταν παρόμοιο με αυτό για αποστολές δειγματοληψίας.

## 2.4 CURIOSITY MARTIAN ROVER

Το Curiosity είναι ένα ρόβερ του πλανήτη Άρη σε μέγεθος αυτοκινήτου που σχεδιάστηκε για να εξερευνήσει τον κρατήρα Gale στον Άρη ως μέρος της αποστολής Mars Science Laboratory (MSL) της NASA. Το Curiosity εκτοξεύτηκε από το Ακρωτήριο Κανάβεραλ (CCAFS) στις 26 Νοεμβρίου 2011, στις 15:02:00 UTC και προσγειώθηκε στο Aeolis Palus μέσα στον κρατήρα Gale στον Άρη στις 6 Αυγούστου 2012, 05:17:57 UTC. Η τοποθεσία του Bradbury Landing απείχε



λιγότερο από 2,4 χλμ (1,5 μίλια) από το κέντρο του στόχου προσγείωσης του ρόβερ μετά από ένα ταξίδι 560 εκατομμυρίων χλμ (350 εκατομμυρίων μίλια) [16].



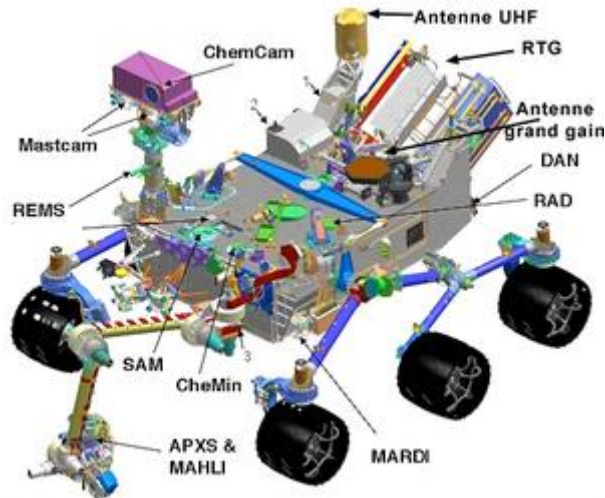
Εικόνα 2.6 Curiosity Martian Rover [17]

Οι στόχοι της αποστολής περιλαμβάνουν τη διερεύνηση του κλίματος και της γεωλογίας του Άρη, την αξιολόγηση του εάν η επιλεγμένη περιοχή πεδίου μέσα στο Gale έχει ποτέ προσφέρει περιβαλλοντικές συνθήκες ευνοϊκές για τη μικροβιακή ζωή (συμπεριλαμβανομένης της διερεύνησης του ρόλου του νερού) και μελέτες για την προετοιμασία για ανθρώπινη εξερεύνηση. Το Curiosity εξερευνά τον κρατήρα Gale και αποκτά δείγματα πετρωμάτων, εδάφους και αέρα για ανάλυση επί του σκάφους. Το rover μεγέθους αυτοκινήτου είναι περίπου τόσο ψηλό όσο ένας μπασκετμπολίστας και χρησιμοποιεί ένα βραχίονα μήκους 7 ποδιών για να τοποθετήσει εργαλεία κοντά σε βράχους που έχουν επιλεγεί για μελέτη. Το μεγάλο μέγεθος του Curiosity του επιτρέπει να μεταφέρει ένα προηγμένο κιτ 10 επιστημονικών οργάνων. Διαθέτει εργαλεία που περιλαμβάνουν 17 κάμερες, ένα λέιζερ για την εξάτμιση και τη μελέτη μικρών σημείων βράχων σε απόσταση, και ένα τρυπάνι για τη συλλογή δειγμάτων πετρωμάτων σε σκόνη. Κινηγάει ειδικούς βράχους που σχηματίζονται στο νερό ή/και έχουν σημάδια οργανικών [17].

Το Curiosity φέρει τα μεγαλύτερα, πιο προηγμένα όργανα για επιστημονικές μελέτες που στάλθηκαν ποτέ στην επιφάνεια του Άρη. Η ιστορία του κλίματος και της γεωλογίας του Άρη είναι γραμμένη στη χημεία και τη δομή των πετρωμάτων και του εδάφους. Το Curiosity διαβάζει αυτό το αρχείο αναλύοντας δείγματα σε σκόνη που έχουν τρυπηθεί από βράχους. Μετρά επίσης τα χημικά αποτυπώματα που

Μελέτη και σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών

υπάρχουν σε διαφορετικούς βράχους και εδάφη για να καθορίσει τη σύνθεση και την ιστορία τους, ειδικά τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις τους με το νερό.



Εικόνα 2.7 Τα προηγμένα όργανα του rover [17]

Το Curiosity διαθέτει ένα σύστημα δοκιμής οχήματος (VSTB - vehicle system test bed), ένα δίδυμο ρόβερ που χρησιμοποιείται για δοκιμές και επίλυση προβλημάτων, το ρόβερ MAGGIE (Mars Automated Giant Gizmo for Integrated Engineering) με εγκέφαλο υπολογιστή και ένα ρόβερ Scarecrow χωρίς εγκέφαλο υπολογιστή. Στεγάζονται στο JPL Mars Yard για επίλυση προβλημάτων σε προσομοιωμένο έδαφος του Άρη [15].



Εικόνα 2.8 Maggie Rover [17]



Εικόνα 2.9 Scarecrow Rover [17]

Τον Δεκέμβριο του 2012, η διετής αποστολή του Curiosity παρατάθηκε επ' αόριστον και στις 5 Αυγούστου 2017, η NASA γιόρτασε την πέμπτη επέτειο από την προσγείωση του ρόβερ Curiosity. Στις 6 Αυγούστου 2022, αναφέρθηκε μια λεπτομερής επισκόπηση των επιτευγμάτων του ρόβερ Curiosity τα τελευταία δέκα χρόνια. Το rover εξακολουθεί να λειτουργεί και από τις 10 Ιανουαρίου 2023, το Curiosity ήταν ενεργό στον Άρη για 3708 sols (3809 συνολικά ημέρες· 10 έτη, 157 ημέρες) από την προσγείωσή του.

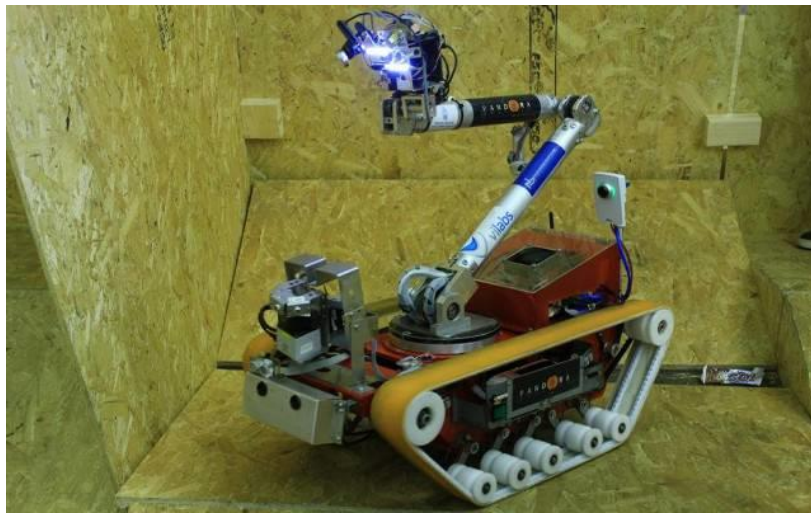
## 2.5 ΡΟΜΠΟΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ PANDORA

Η ομάδα P.A.N.D.O.R.A. (Program for the Advancement of Non Directed Operating Robotic Agents) δημιουργήθηκε το 2005 στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου και αφού ανέπτυξε έναν «ευφυή» βραχίονα που ανιχνεύει ζωή μέσα σε χαλάσματα, δημιούργησε ένα όχημα που κινείται αυτόνομα και χωρίς τηλεχειρισμό μέσα σε προσομοιωμένο χώρο καταστροφών έχοντας τη δυνατότητα να αποφεύγει εμπόδια και να ανιχνεύει πιθανούς επιζώντες με τη χρήση κατάλληλων αισθητήρων [20].





Εικόνα 2.10 Το όχημα της ομάδας Pandora [20]



Εικόνα 2.11 Το δεύτερο ρομποτικό όχημα της ομάδας Pandora [20]

Το πρώτο ρομποτικό όχημα είναι αυτό της εικόνας 2.10 ενώ με το όχημα της εικόνας 2.11 κατέκτησε την δεύτερη θέση στον διαγωνισμό Robocup το 2013.

## 2.6 R+D PROJECT ROBOT

Το R+D Project είχε ως στόχο να σχεδιάσει και να εφαρμόσει τις τεχνολογίες ελέγχου και συνεργασίας που απαιτούνται για την ανάπτυξη της πρώτης γενιάς ρομπότ για διάσωση. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, δημιουργήθηκαν στεγανά ρομποτικά συστήματα για να χρησιμοποιηθούν σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης σε ρηχά ή επιφανειακά νερά [18].



Εικόνα 2.11 R+D Project Robot [18]

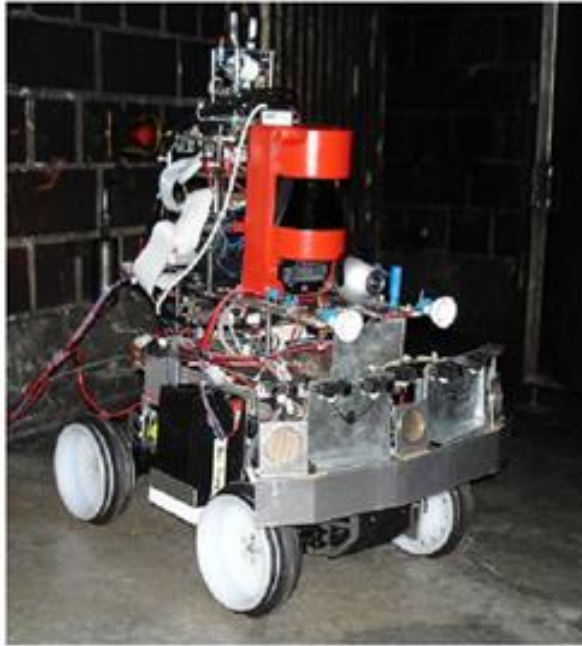
Στην πρώτη κατάσταση λειτουργίας, το αυτόνομο ρομποτικό σύστημα έχει την δυνατότητα να καταγράφει πληροφορίες για την κατάσταση των επιζώντων καθώς και την διαδρομή που έχει εκτελέσει, και μόνο όταν δεν μπορεί να εντοπίσει επιζώντες, επιστρέφει στο κέντρο ελέγχου για επαναφόρτιση. Στην δεύτερη κατάσταση λειτουργίας, με την βοήθεια ενός GPS και μίας μονάδας ελέγχου, το ρομπότ έχει την δυνατότητα να φιλτράρει τα πλάνα που παίρνει, καθώς και να διατηρεί αυτά που δείχνουν μεγάλη πιθανότητα ότι εντοπίστηκε επιζών, ενώ παράλληλα στο κέντρο ελέγχου, αποστέλλεται και η θέση αυτού. Με αυτόν τον τρόπο το ρομπότ επικεντρώνεται μόνο στα σημεία που είναι πιθανά να βρεθεί εγκλωβισμένος άνθρωπος.

## 2.7 PELOTE PROJECT MOBILE ROBOT MERLIN

Κατά τη διάρκεια του προγράμματος PeLoTe (Building Presence through Localization for Hybrid Telematic Teams), χρησιμοποιήθηκαν διαφόρων τύπων ρομποτικά οχήματα βασισμένα κυρίως σε ήδη υπάρχουσα τεχνολογία, ενώ στις περισσότερες εφαρμογές επιβεβαιώθηκε η αποτελεσματικότητα της ρομποτικής πλατφόρμας MERLIN (Mobile Experimental Robot for Locomotion and Intelligent Navigation). Η κίνησή του ρομπότ καθορίζεται μέσω δύο κινητήρων, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την μεταφορά/περιστροφή του οχήματος. Ενσωματωμένα σε αυτό υπάρχουν ένας μεγάλος αριθμός αισθητήρων, όπως encoders, υπερηχητικοί και

Μελέτη και σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών

υπέρυθροι πομποδέκτες (sonars/IR), γυροσκόπιο, μαγνητική πυξίδα, laser, δικτυακή κάμερα, καθώς και κεραία για τηλεχειρισμό και τήλε-επιοπτεία[18].



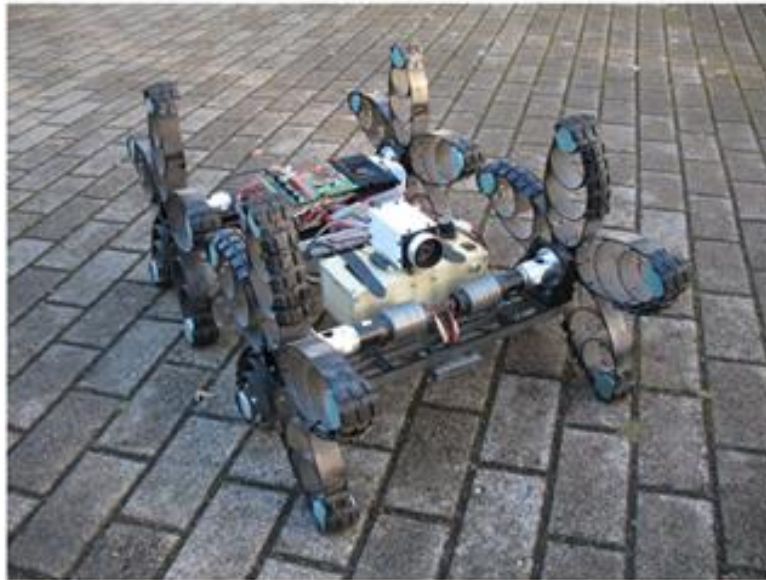
Εικόνα 2.12 PeLoTe Project mobile robot MERLIN [18]

Η ρομποτική αυτή πλατφόρμα επικοινωνεί μέσω μίας κεντρικής διεπαφής μεταξύ ανθρώπου-υπολογιστή, διαμέσου WLAN-Wireless Local Area Network, απ' όπου μπορεί να λαμβάνει εντολές για την τροχιά που πρέπει να ακολουθηθεί ή/και να αποστείλει σε μία κεντρική βάση τα δεδομένα από το χώρο που ερευνά, όπως φωτογραφίες του χώρου. Παράλληλα με τις διαδικασίες πλοήγησης του ρομπότ, πραγματοποιείται και η χαρτογράφηση της περιοχής κίνησης αυτού.

## 2.8 HYBRID-WHEELED ASGUARD

Με σκοπό την κίνηση των αυτόνομων ρομποτικών συστημάτων σε εξωτερικούς χώρους, θα πρέπει, εν γένει, να ληφθούν υπόψη πολλές παράμετροι που σχετίζονται με το είδος του εδάφους. Οι αντίστοιχες ρομποτικές πλατφόρμες θα πρέπει να είναι ευέλικτες και γρήγορες σε ευθύ έδαφος, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι ικανές να ανταπεξέλθουν σε περιστάσεις ανώμαλου εδάφους όπως χαλίκια, πέτρες, λάσπη, χαλάσματα ή ακόμα και σκάλες. Αυτό είναι σχεδόν απαραίτητο για ρομποτικές πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται σε αποστολές αναζήτησης και διάσωσης επιζώντων σε εξωτερικά περιβάλλοντα, όπως και για επίβλεψη/επιοπτεία χώρων, όπως για παράδειγμα ανίχνευση τοξικών ουσιών σε κρίσιμες περιστάσεις.

Η επιστημονική κοινότητα, θεωρεί τα ερπυστριοφόρα ρομπότ ως μία από τις βέλτιστες κατασκευές, στον χώρο της έρευνας και της διάσωσης, κυρίως λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως είναι η ταχύτητα και η ευελιξία αυτών σε ανώμαλα εδάφη. Από μία διαφορετική θεώρηση, το κυριότερο μειονέκτημα των κατασκευών αυτών, είναι η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας (λόγω της έντονης τριβής που αναπτύσσεται), που περιορίζει την διάρκεια της αυτονομίας τους. Επιπλέον τα ρομποτικά αυτά οχήματα δεν είναι ικανά να ανέβουν σκαλοπάτια ή να προχωρήσουν σε επίπεδα που χαρακτηρίζονται από μεγάλη κλίση. Εναλλακτικά, υπάρχουν ρομποτικές πλατφόρμες με πόδια, τα οποία παρότι είναι πολύ ευέλικτα υστερούν σε θέμα ταχύτητας, καθώς και κλασσικά ρομπότ με τροχούς [18].



Εικόνα 2.13 Hybrid-Wheeled ASGUARD [18]

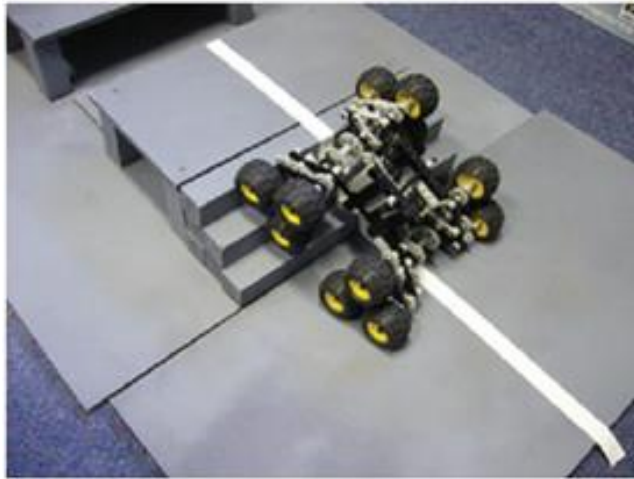
Η ρομποτική πλατφόρμα ASGUARD, αποτελεί ένα υβριδικό είδος μεταξύ ρομπότ με τροχούς και με πόδια, εκμεταλλευόμενο έτσι τα πλεονεκτήματα και από τις δύο αυτές κατηγορίες. Το ρομπότ σχεδιάστηκε για χρήση σε ιδιαίτερα ανώμαλα εδάφη εξωτερικού χώρου, με έμφαση σε θέματα ασφάλειας/επίβλεψης χώρων ή και για αποστολές όπου έχει προκληθεί κάποια καταστροφή. Η πλατφόρμα ASGUARD είναι ικανή να ανέβει σκαλιά, μέσω προσαρμοστικών ελεγκτών, εμπνευσμένων από τη φύση, ενώ ταυτοχρόνως μπορεί να αναπτύξει μεγάλες ταχύτητες σε επίπεδες επιφάνειες.

## 2.9 ALMIRA-CLASS USAR VEHICLE

Η ρομποτική πλατφόρμα της USAR (Urban Search and Rescue) αποτελεί ένα πρωτότυπο ρομπότ τύπου Almira. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι το γεγονός



ότι κάθε τροχός του αποτελείται από 3 υπό-τροχούς (12 σε σύνολο) σε τριγωνική διάταξη. Επιπλέον, κάθε σετ τριών τροχών σε κάθε άξονα, δύναται να περιστρέφεται ανεξάρτητα από την περιστροφή του κεντρικού άξονα (που αποτελεί το κέντρο της κάθε τριγωνικής διάταξης). Αυτό επιτρέπει στο όχημα να κινείται χωρίς καμία δυσκολία σε ομαλές επιφάνειες, ενώ παράλληλα έχει τη δυνατότητα να ανέβει σκάλες, καθώς και απότομες επικλινείς επιφάνειες έως και 75 μοιρών.



Εικόνα 2.14 Almira-class USAR vehicle [18]

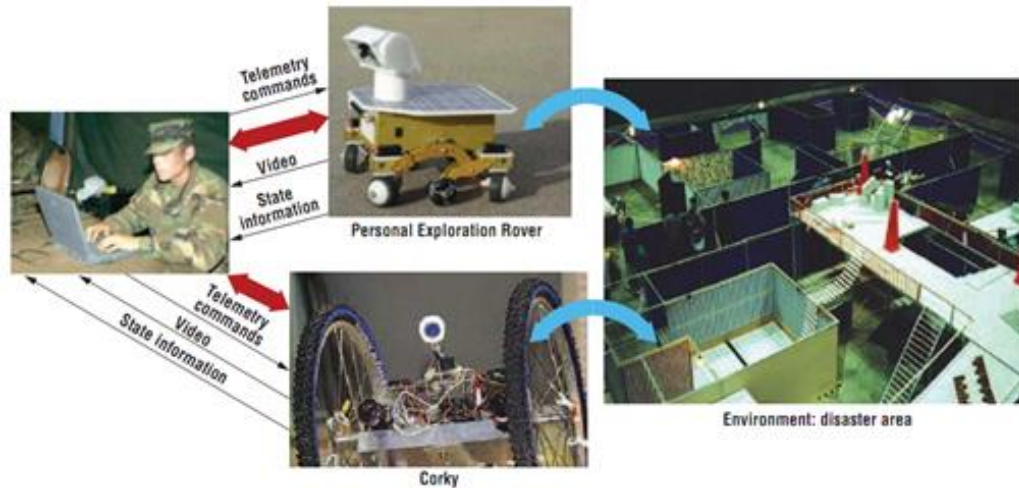
Η πλατφόρμα είναι εφοδιασμένη με υπερηχητικούς και υπέρυθρους αισθητήρες, καθώς και με μικρόφωνα. Επιπλέον, στο εμπρόσθιο και όπισθεν μέρος του ρομπότ είναι τοποθετημένες δύο ασύρματες βίντεο κάμερες για πιο πλήρη εποπτεία του χώρου, καθώς και για την αναζήτηση επιζώντων. Το ρομποτικό όχημα έχει δοκιμαστεί στην αρένα δοκιμών Coala που αποτελείται από περιοχές με διαφορετική κλίμακα δυσκολίας, όπως και στις 3-επιπέδων δοκιμαστικές αρένες της USAR, με πολύ καλά πειραματικά αποτελέσματα.



Εικόνα 2.15 Αρένα Δοκιμών για Almir-class USAR vehicle [18]

## 2.10 PER-CORKY ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ

Οι ρομποτικές πλατφόρμες Personal Exploration Robot (PER) και Corky είναι δύο αυτόνομα οχήματα που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν στα πλαίσια πειραματισμών της USAR, και είχαν ως στόχο την αναγνώριση επιζώντων σε χώρους όπου έχουν προκληθεί καταστροφές, με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά συνεργασίας. Η συνεργατικότητα σε αυτήν την περίπτωση βασίζεται σε μετρήσεις από πολλούς αισθητήρες, αλλά και από πολλά ρομπότ ταυτόχρονα, μέσω ενδοεπικοινωνίας μεταξύ τους, και εν συνεχεία κατάλληλης επεξεργασίας. Για παράδειγμα, υπέρυθροι αισθητήρες (IR) μπορούν να αναγνωρίσουν θύματα εγκλωβισμένα κάτω από ερείπια, αλλά οι μετρήσεις τους μπορούν πολύ εύκολα να παρανοηθούν σε περιπτώσεις αυξημένης θερμότητας του περιβάλλοντος (όπως π.χ. σε περιπτώσεις πυρκαγιάς). Επιπλέον τα συστήματα όρασης που βασίζονται σε αυτή την τεχνολογία, αποτυγχάνουν σε περιστάσεις χαμηλού φωτισμού ή έντονης σκόνης στο περιβάλλον.



Εικόνα 2.16 PER-Corky πλατφόρμες [18]

Τα ρομπότ PER και Corky είναι εφοδιασμένα με σύστημα ενδοεπικοινωνίας μεταξύ τους, ενώ οι πληροφορίες που λαμβάνονται συνδυάζονται με τις ληφθείσες από αισθητήρες επί της εκάστοτε πλατφόρμας, ώστε να αναγνωρίζονται τυχόν θύματα στον περιβάλλοντα χώρο με σιγουριά. Η ευελιξία του PER ρομπότ έγκειται στους 6 τροχούς του, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να περιστρέφονται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, ενώ η ευελιξία του Corky έγκειται στο μεγάλο συγκριτικά μέγεθος των τροχών του, καθιστώντας το ικανό να κινείται εύκολα σε χώρους με συντρίμια.

## 2.11 ROBOCUE, THE TOKYO FIRE DEPARTMENT'S RESCUE-BOT

Το RoboCue, ένα ρομπότ ειδικά σχεδιασμένο για επιχειρήσεις διάσωσης, της Πυροσβεστικής υπηρεσίας του Τόκιο, έχει σχεδιαστεί για να εντοπίζει και να ανασύρει τα θύματα με ασφάλεια από τόπους καταστροφής, συγκεκριμένα σε περιοχές που έχει γίνει βομβιστική επίθεση, αλλά θα μπορούσε με επιτυχία να χρησιμοποιηθεί και σε καταστάσεις φυσικών καταστροφών. Στην επόμενη φωτογραφία, παρουσιάζεται το ρομποτικό σύστημα που προσπαθεί να σώσει ένα ομοίωμα ανθρώπου και αποτελεί μια άσκηση της ελεγχόμενης επιχείρησης διάσωσης σε περίπτωση καταστροφής.

Το αυτόνομο ρομποτικό όχημα RoboCue, είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες υπερήχων και υπέρυθρες κάμερες για να εντοπίζει εγκλωβισμένους ανθρώπους, να φορτώνει το θύμα επάνω σε ένα καλάθι και στην συνέχεια να το μεταφέρει με ασφάλεια. Το ρομποτικό όχημα, είναι σχεδιασμένο από την Ιαπωνική Πυροσβεστική Υπηρεσία, ενώ η ρομποτική κατασκευή είναι συνδεδεμένη με

καλώδιο 100 μέτρων και είναι εξοπλισμένη με υπέρυθρες κάμερες, με μεγάφωνο και αισθητήρες υπερήχων με στόχο τον εντοπισμό των θυμάτων σε χώρους στους οποίους η ανθρώπινη παρουσία δεν είναι δυνατή, όπως σε σπίτια που έχουν πάρει φωτιά. Τα θύματα, μετά από την αναγνώριση τους φορτώνονται από το ρομπότ σε ένα φορείο που μοιάζει με έλκθρο και μεταφέρονται με ασφάλεια μακριά από το χώρο της καταστροφής. Το μόνο μειονέκτημα του ρομποτικού συστήματος είναι το γεγονός ότι δεν μπορεί να μεταφέρει πολλά άτομα ταυτόχρονα από το σημείο της καταστροφής [19].



Εικόνα 2.17 RoboCue, the Tokyo Fire Department's Rescue-Bot [19]

## 2.12 THE BREATH-SENSOR

Το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Chiba έχει δημιουργήσει ένα μικρό αλλά μοναδικά προικισμένο ρομπότ το λεγόμενο Quince. Το συγκεκριμένο ρομπότ είναι εξοπλισμένο με τέσσερις ομάδες από τροχούς με πέλματα και έξι ηλεκτρικούς κινητήρες, και δύναται να κινηθεί ακόμα και σε επίπεδα που παρουσιάζουν κλίση 82 μοιρών. Επίσης, το ρομπότ διαθέτει ένα ρομποτικό βραχίονα με αρπάγη, με σκοπό την παροχή τροφίμων και άλλων προμηθειών στους επιζώντες. Επιπλέον, το ρομποτικό όχημα έχει την δυνατότητα να εκτελεί, παράλληλα, χαρτογράφηση της περιοχής στην οποία κινείται.

Το ρομπότ είναι εφοδιασμένο με έναν αισθητήρα υπέρυθρων, καθώς και έναν αισθητήρα μέτρησης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, ο οποίος χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό της αναπνοής και της θερμότητας τους σώματος του θύματος. Επίσης οι εγκλωβισμένοι δύναται να ακούσουν τις φωνές των ομάδων διάσωσης μέσω ενός ηχείου που έχει τοποθετηθεί στο ρομπότ, με σκοπό την απομακρυσμένη αναπαραγωγή αυτών [19].





Εικόνα 2.18 The Breath-Sensor [19]

### 2.13 KINECT-POWERED RESCUE-BOT

Ερευνητές του Πανεπιστημίου του Ηνωμένου Βασιλείου του Warwick, δημιούργησαν ένα ρομπότ ειδικά για περιπτώσεις έρευνας και διάσωσης σε φυσικές καταστροφές, στο οποίο έχει προσαρτηθεί το Kinect της Microsoft ως κύριος αισθητήρας, αντί ενός LIDAR laser (το οποίο είναι πιο ακριβό και λιγότερο αποτελεσματικό). Το Kinect προσφέρει μια 3D απεικόνιση του χώρου, που είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις ομάδες διάσωσης για την κατάσταση και τη θέση των θυμάτων στα χαλάσματα. Η ομάδα ανάπτυξης του συγκεκριμένου αυτόνομου ρομποτικού οχήματος σκοπεύει στο μέλλον να το εξοπλίσει και με έναν τηλεχειριζόμενο ρομποτικό βραχίονα, μέσω του οποίου θα μεταφέρονται νερό και τρόφιμα στα παγιδευμένα θύματα. Το ρομπότ κέρδισε το Ευρωπαϊκό πρωτάθλημα διάσωσης RoboCup στη Γερμανία [19].



Εικόνα 2.19 Kinect-Powered Rescue-Bot [19]

Μετά από την βιβλιογραφική έρευνα που έγινε καταλήξαμε στα ακόλουθα συμπεράσματα. Το όχημά μας έχει τη μορφή Rocker-bogie. Το σασί μας αποτελείται από έξι τροχούς με δυνατότητα ανεξάρτητης κίνησης στον κάθετο άξονα πάνω στους οποίους βρίσκονται έξι κινητήρες, οι οποίοι θα δίνουν τη δυνατότητα στο rover να κινείται με ευκολία σε ανώμαλο έδαφος και να μπορεί να ανεβαίνει σε χαλάσματα-εμπόδια, σκαλοπάτια κ.ά. Τα αισθητήρια όργανα που θα χρησιμοποιηθούν είναι μια κάμερα, με την οποία θα μπορούμε να έχουμε εικόνα στην ευρύτερη περιοχή της καταστροφής αλλά και στο εσωτερικό ενός κτηρίου. Ακόμη ένα αισθητήριο όργανο που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι κάποιο με το οποίο θα μπορούμε να ελέγχουμε έκλυση πιθανών αερίων και την ποιότητα του αέρα. Ο έλεγχος της κίνησης μπορεί να γίνει απομακρυσμένα με τηλεχειρισμό, καθώς έχουμε οπτική επαφή. Για να επιτευχθεί αυτό θα χρησιμοποιηθεί μια διάταξη πομπού-δέκτη, η οποία θα έχει μεγάλη εμβέλεια μέσω ραδιοκυμάτων. Όλη η κατασκευή θα τροφοδοτείται από μπαταρία λιθίου, η οποία εξαρτάται από τις καταναλώσεις ενέργειας των κινητήρων και των ηλεκτρονικών διατάξεων. Αναλυτικά τα δομικά στοιχεία της κατασκευής θα τα εξετάσουμε στο επόμενο κεφάλαιο.

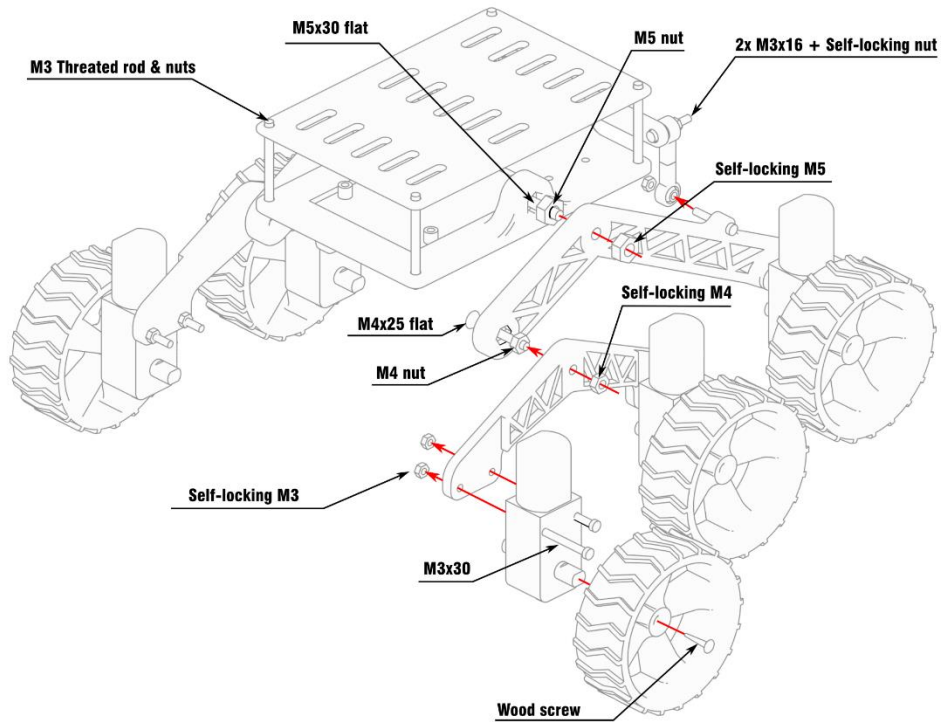
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> - ΥΛΙΚΑ

Με βάση λοιπόν τα προηγούμενα τα συμπεράσματα που προέκυψαν για την επιλογή και κατασκευή του επίγειου οχήματος-rover είναι τα παρακάτω.

- Αρχικά η πλατφόρμα ή σασί πάνω στο οποίο θα τοποθετηθούν τα δομικά στοιχεία, οι ηλεκτρονικές διατάξεις.
- Το ενσωματωμένο σύστημα ή προγραμματιζόμενη πλακέτα
- Οι κινητήρες και οι οδηγοί κίνησης
- Τα αισθητήρια όργανα
- Το σύστημα επικοινωνίας
- Ο απομακρυσμένος χειρισμός του οχήματος

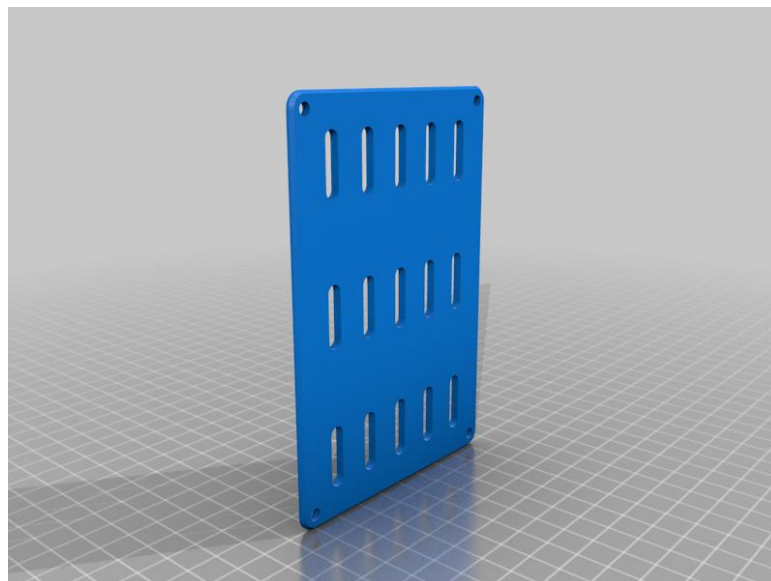
### 3.1 Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ-ΣΑΣΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Μετά από την έρευνα και μελέτη των διαφόρων εργασιών που έχουν γίνει αλλά και τις απαιτήσεις της εργασίας, καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως θα ήταν χρήσιμο η πλατφόρμα ή σασί της κατασκευής μας να έχει τη μορφή ενός rocker-bogie, δηλαδή να αποτελείται από έξι τροχούς, οι άξονες των οποίων να έχουν ευελιξία και να είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Το σχέδιο που επιλέξαμε να κατασκευάσουμε δηλαδή να το εκτυπώσουμε 3D εκτυπωτή απεικονίζεται στη παρακάτω εικόνα (εικόνα 3.1). Οι διαστάσεις της κατασκευής είναι περίπου 28εκ\*13 εκ, το κύριο σώμα είναι 13\*9 εκ, οι ρόδες 7 εκ και οι βραχίονες 4,5\*13 εκ.

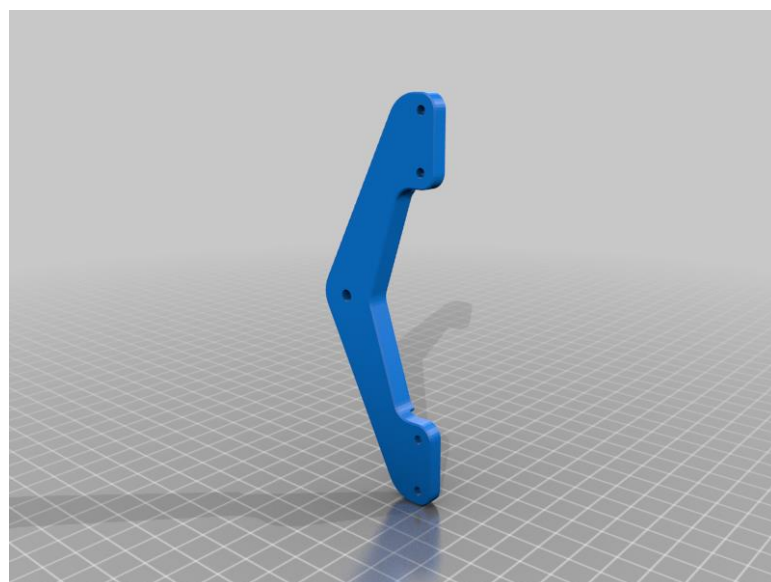


Εικόνα 3.1 Η επιλογή πλατφόρμας του rover [57]

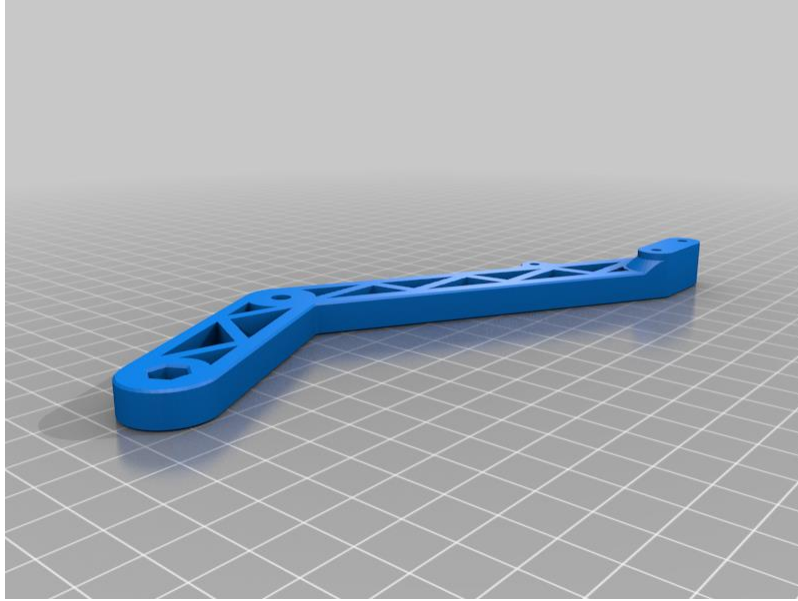
Η επιλογή της συγκεκριμένης πλατφόρμας έγινε αφού θέλουμε το όχημά μας να μπορεί να κινείται με ευκολία σε μια περιοχή, η οποία έχει υποστεί ζημιές στο οδικό δίκτυο σε κτηριακές υποδομές και γενικά έχει δύσβατα σημεία. Επίσης θεωρήθηκε σωστό εκτός από την ευελιξία στην κίνηση να αποτελείται και από έξι κινητήρες σε κάθε τροχό, παρέχοντάς της δύναμη. Ακόμη ένας λόγος ήταν και το κόστος, όπου δεν προτιμήθηκε κάποια πλατφόρμα του εμπορίου αλλά η εκτύπωση στον τρισδιάστατο εκτυπωτή του εργαστηρίου. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι PETG. Το PETG είναι το τέλειο νήμα για συνδυασμό αντοχής και ολκιμότητας, γι' αυτό και χρησιμοποιείται σε τόσα πολλά μηχανικά μέρη και τη ρομποτική. Έχει μεγάλη χημική αντοχή με καλή αντοχή στο νερό και την υγρασία, την όξινη και την αλκαλική αντίσταση με αποτέλεσμα να μπορεί να ανταπεξέλθει στις δύσκολες συνθήκες που θα επικρατούν στην περιοχή. Στις εικόνες που ακολουθούν απεικονίζονται τα εξαρτήματα του σασί.



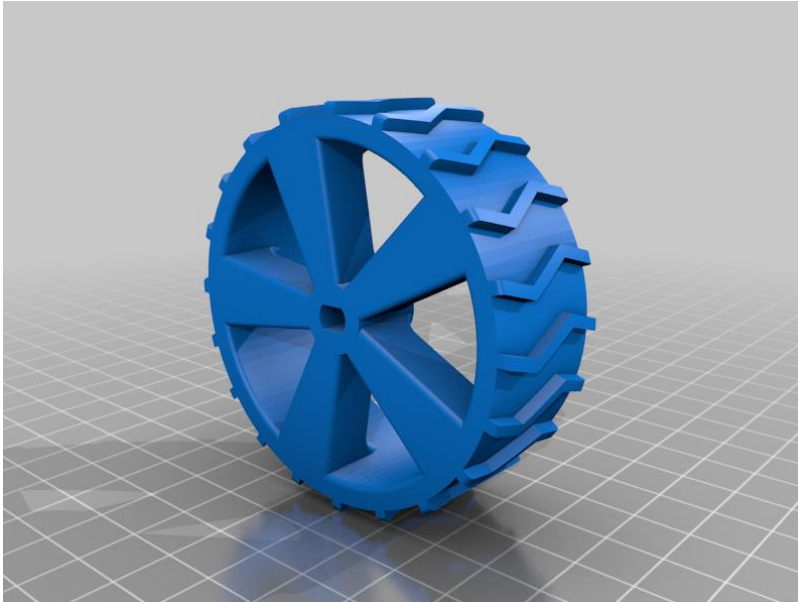
Εικόνα 3.2 Το κύριο σώμα [57]



Εικόνα 3.3 Βραχίονας κίνησης [57]



Εικόνα 3.4 Βραχίονας κίνησης [57]



Εικόνα 3.5 Τροχός [57]

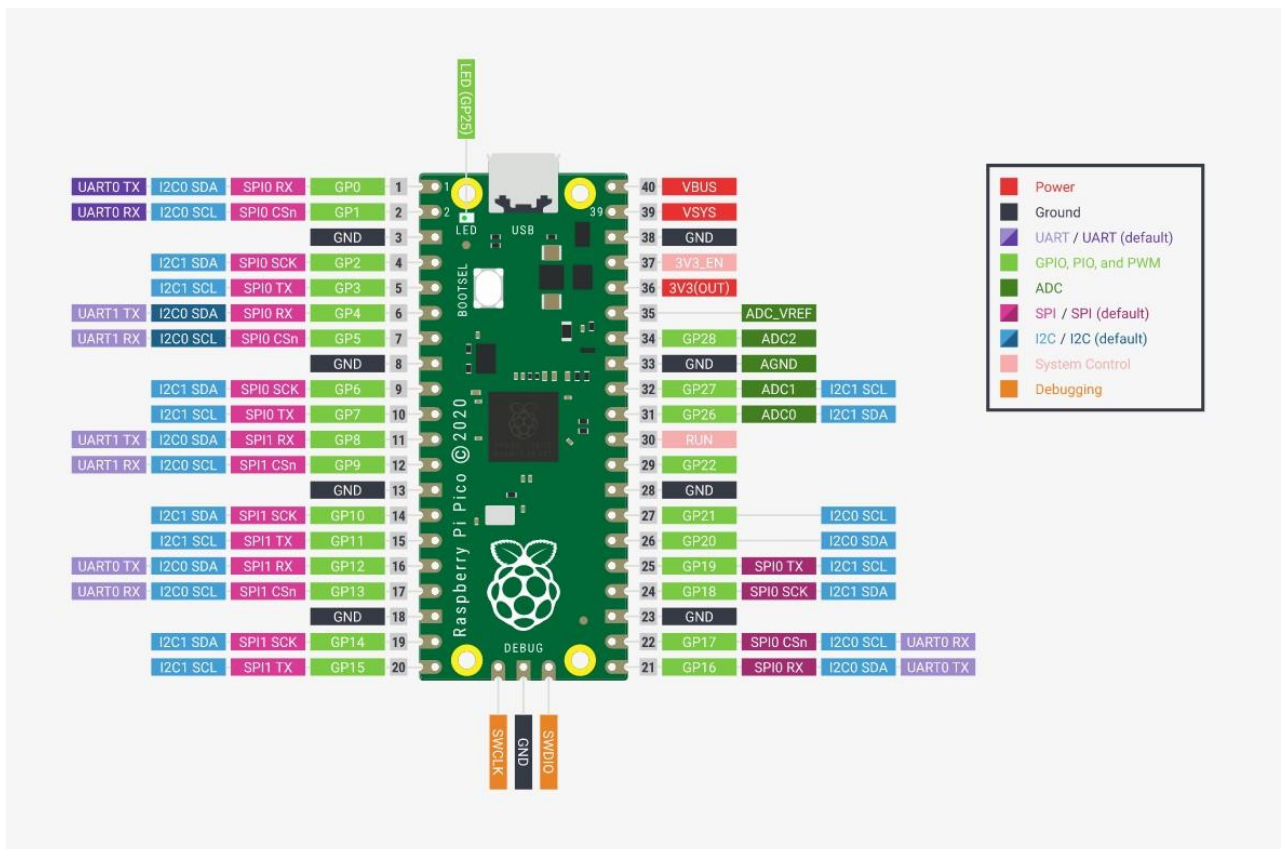
### 3.2 Η ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΗ ΠΛΑΚΕΤΑ

Μετά από μελέτη και έρευνα που έγινε για την επιλογή της προγραμματιζόμενης πλακέτας μικροελεγκτή καταλήξαμε στη Raspberry Pi Pico H (εικόνα 3.6). Η συγκεκριμένη επιλογή έγινε αρχικά για τις δυνατότητες που προσφέρει σε πολύ καλό κόστος, μια εξ αυτών είναι ο μεγάλος αριθμός των εισόδων/εξόδων (26 GPIO). Τα χαρακτηριστικά της προγραμματιζόμενης πλακέτας είναι τα ακόλουθα:

- Τσιπ μικροελεγκτή RP2040 που σχεδιάστηκε από την Raspberry Pi Pico στο Ηνωμένο Βασίλειο.



- Επεξεργαστής Dual-core Arm Cortex M0+, ευέλικτο ρολόι που λειτουργεί έως και 133 MHz.
- 264 kB SRAM και 2 MB ενσωματωμένης μνήμης flash.
- USB 1.1 με υποστήριξη συσκευής και κεντρικού υπολογιστή.
- Λειτουργίες ύπνου χαμηλής κατανάλωσης και αδράνειας.
- Προγραμματισμός μεταφοράς και απόθεσης με χρήση μαζικής αποθήκευσης μέσω USB.
- 26 x ακίδες GPIO πολλαπλών λειτουργιών.
- 2 x SPI, 2 x I2C, 2 x UART, 3 x 12-bit ADC, 16 x ελεγχόμενα κανάλια PWM.
- Ακριβές ρολόι και χρονοδιακόπτης στο τσιπ.
- Αισθητήρας θερμοκρασίας.
- Επιταχυνόμενες βιβλιοθήκες κινητής υποδιαστολής σε τσιπ.
- 8 x Προγραμματιζόμενες μηχανές κατάστασης I/O (PIO) για προσαρμοσμένη περιφερειακή υποστήριξη.



Εικόνα 3.6 Σχεδιάγραμμα ακίδων Raspberry Pi Pico H

Ο προγραμματισμός της πλακέτας του μικροελεγκτή προτιμήθηκε να γίνει σε γλώσσα C, αντί της MicroPython, καθώς είναι ταχύτερη η μετάφραση (compiling)

των προγραμμάτων στο περιβάλλον Arduino IDE. Η πλακέτα εξ' ορισμού είναι έτοιμη για προγραμματισμό σε MicroPython. Έτσι λοιπόν αν επιθυμούμε να την προγραμματίσουμε με γλώσσα C, αρκεί να κρατήσουμε πατημένο το πλήκτρο Bootsel πριν συνδεθεί με USB σε υπολογιστή. Στη συνέχεια μπορούμε να μεταφορτώσουμε το πρόγραμμα (sketch) που θέλουμε.

### 3.3 ΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη παράγραφο η κίνηση του σασί θα γίνεται από 6 τροχούς πάνω στους οποίους θα είναι τοποθετημένοι 6 DC κινητήρες (εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7 Ηλεκτροκινητήρας

Υψηλής ποιότητας κινητήρας 130rpm, αποδεκτή τάση 3-6V. Μαγνητικός κινητήρας επιβράδυνσης συνεχούς ρεύματος, αναλογία μείωσης 48:1, κινητήρας δύο αξόνων. Υψηλής ποιότητας στερέωση σύρματος DuPont με συγκόλληση, θέρμανση και τήξη κόλλας. Η γραμμή DuPont έχει μήκος 10 cm και η διεπαφή είναι η αρσενική κεφαλή της DuPont. Τάση λειτουργίας ρεύμα χωρίς φορτίο και ταχύτητα χωρίς φορτίο: 6V  $\leq$ 200mA 200 $\pm$ 10% rpm ή 3V  $\leq$ 150mA 90 $\pm$ 10% rpm.

### 3.4 ΟΔΗΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΤΩΝ

Η οδήγηση των ηλεκτροκινητήρων θα γίνει με την γέφυρα L298N (εικόνα 3.8). Η μονάδα L298N H-bridge, η οποία επιτρέπει να ελέγχουμε την ταχύτητα και την κατεύθυνση δύο κινητήρων συνεχούς ρεύματος ή να ελέγχουμε εύκολα έναν διπολικό βηματικό κινητήρα. Η μονάδα L298N H-bridge μπορεί να χρησιμοποιηθεί



με κινητήρες που έχουν τάση μεταξύ 5 και 35 V DC. Το L298N είναι ένα ολοκληρωμένο μονολιθικό κύκλωμα. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα οδήγησης διπλής πλήρους γέφυρας υψηλής τάσης, υψηλού ρεύματος που έχει σχεδιαστεί για να δέχεται τυπικά λογικά επίπεδα TTL και να οδηγεί επαγωγικά φορτία όπως ρελέ, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, DC και βηματικούς κινητήρες.

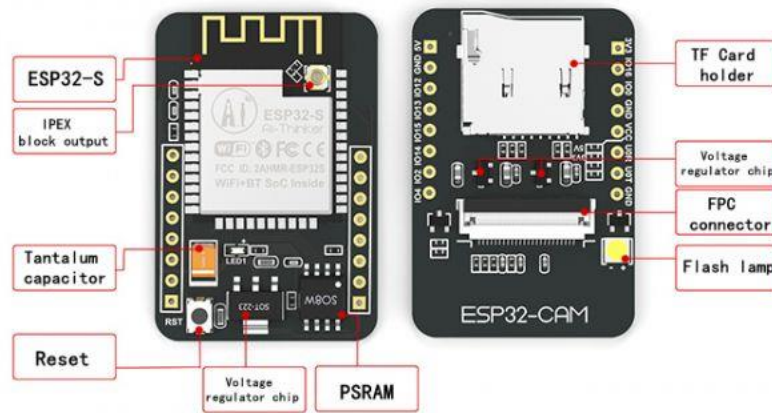
Τα χαρακτηριστικά της διάταξης είναι: πρόγραμμα οδήγησης: L298N Dual H Bridge DC Driver IC, τροφοδοσία κινητήρα  $V_s$ : +5 V έως +35 V, μέγιστο μέσο ρεύμα: 2A, ρεύμα αιχμής  $I_o$ : 3A, ισχύς λογικού επιπέδου  $V_{ss}$ : +5 V ~ +7 V (Ο ενσωματωμένος ρυθμιστής 5V μπορεί να χρησιμοποιηθεί εάν η ισχύς κινητήρα είναι > 7,0V), ισχύς λογικού επιπέδου: 0 - 36mA, εύρος εισόδου λογικού σήματος: [ Χαμηλό:  $-0,3V \leq V_{in} \leq 1,5V$ ] [ Υψηλό:  $2,3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$ ], μέγιστη απαγωγή ισχύος: 20 W (όταν η θερμοκρασία  $T = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ )



Εικόνα 3.8 Η μονάδα L298N H-bridge

### 3.5 Η ΠΛΑΚΕΤΑ ESP32CAM

Το ESP32-CAM είναι μια πολύ μικρή μονάδα κάμερας με το τσιπ ESP32-S και αρκετά οικονομική (εικόνα 3.9). Εκτός από την κάμερα OV2640 και πολλά GPIO για τη σύνδεση περιφερειακών, διαθέτει επίσης μια υποδοχή κάρτας microSD που μπορεί να είναι χρήσιμη για την αποθήκευση εικόνων που τραβήχτηκαν με την κάμερα ή για την αποθήκευση αρχείων για προβολή σε clients.



Εικόνα 3.9 Module Esp32 Cam

Το ESP32-CAM δεν συνοδεύεται από υποδοχή USB, επομένως χρειαζόμαστε έναν προγραμματιστή FTDI για να ανεβάσουμε κώδικα μέσω των ακίδων U0R και U0T (σειριακές ακίδες). Στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 3.10) φαίνεται το διάγραμμα ακίδων, ενώ στην επόμενη εικόνα 3.11 απεικονίζεται η συνδεσμολογία μεταξύ της Esp32 Cam και του FTDI.

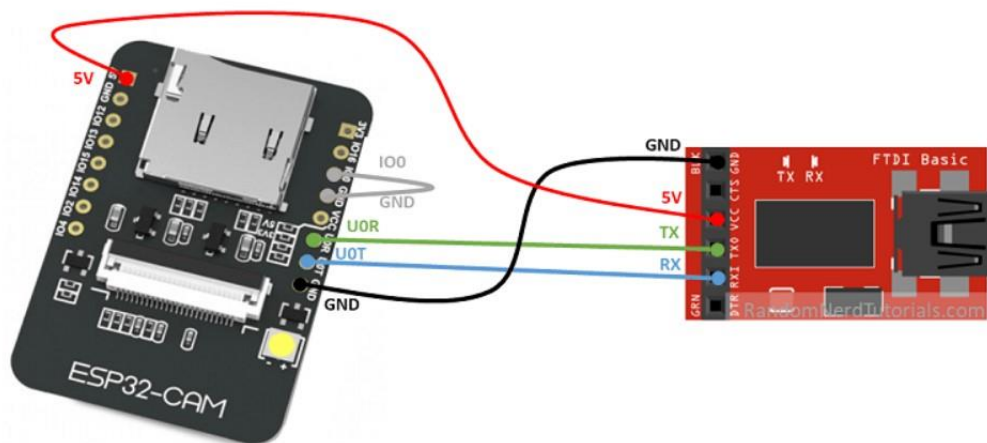


Εικόνα 3.10 Διάγραμμα ακίδων ESP32 Cam

Υπάρχουν τρεις ακίδες GND και δύο ακροδέκτες για τροφοδοσία: είτε 3,3V είτε 5V.

Το GPIO 1 και το GPIO 3 είναι οι σειριακές ακίδες. Χρειάζεστε αυτές τις καρφίτσες για να ανεβάσετε κώδικα στον πίνακα σας. Επιπλέον, το GPIO 0 παίζει επίσης σημαντικό ρόλο, καθώς καθορίζει εάν το ESP32 βρίσκεται σε λειτουργία flash ή όχι. Όταν το GPIO 0 είναι συνδεδεμένο στο GND, το ESP32 βρίσκεται σε λειτουργία flash. Οι ακόλουθες ακίδες συνδέονται εσωτερικά στη συσκευή ανάγνωσης καρτών microSD: GPIO 14: CLK, GPIO 15: CMD, GPIO 2: Data 0, GPIO 4: Data 1 (επίσης συνδεδεμένο με το ενσωματωμένο LED), GPIO 12: Data 2, GPIO 13: Data 3.

Τα χαρακτηριστικά της πλακέτας ESP32 CAM είναι: Η μικρότερη μονάδα 802.11b/g/n Wi-Fi BT SoC, CPU 32-bit χαμηλής ισχύος, μπορεί επίσης να εξυπηρετήσει τον επεξεργαστή εφαρμογών, Ταχύτητα ρολογιού έως 160 MHz, συνοπτική υπολογιστική ισχύς έως 600 DMIPS, ενσωματωμένη SRAM 520 KB, εξωτερική 4MPSRAM, υποστηρίζει UART/SPI/I2C/PWM/ADC/DAC, υποστήριξη καμερών OV2640 και OV7670, ενσωματωμένη λάμπα φλας, υποστήριξη μεταφόρτωσης εικόνας WiFi, υποστήριξη κάρτας TF, υποστηρίζει πολλαπλές λειτουργίες ύπνου, ενσωματωμένα Lwip και FreeRTOS, υποστηρίζει τη λειτουργία STA/AP/STA+AP, υποστηρίζει τεχνολογίας Smart Config/AirKiss, υποστήριξη για τοπικές και απομακρυσμένες αναβαθμίσεις υλικολογισμικού σειριακής θύρας (FOTA).

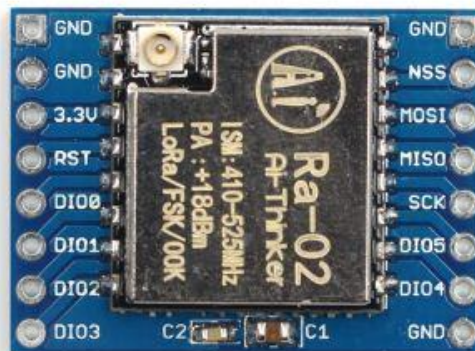


Εικόνα 3.11 Συνδεσμολογία Esp32 Cam και FTDI

Ένα από τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης πλακέτας είναι πως το πλήκτρο reset και η ακίδα για την επέκταση της κεραίας βρίσκεται στην πίσω όψη, πράγμα που δυσκολεύει λίγο την τοποθέτησή της και την συνδεσμολογία σε μια κατασκευή.

### 3.6 Η ΔΙΑΤΑΞΗ SX1278 LoRa

Το LoRa-02 είναι μια μονάδα ασύρματης μετάδοσης που βασίζεται στον ασύρματο πομποδέκτη SX1278 της SEMTECH. Υιοθετεί προηγμένη τεχνολογία εξάπλωσης φάσματος LoRa, με απόσταση επικοινωνίας 10.000 μέτρων. Έχει ισχυρή ικανότητα της anti-jamming και έχει τη λειτουργία της air wake-up consumption. Η μονάδα RF SX1278 χρησιμοποιείται κυρίως για επικοινωνία ευρέως φάσματος, μεγάλης εμβέλειας και μπορεί να ελαχιστοποιήσει της κατανάλωσης ρεύματος.



Εικόνα 3.12 Διάταξη SX1278 LORA

Το SX1278 έχει υψηλή ευαισθησία -148 dBm με ισχύ εξόδου +20 dBm και μεγάλη απόσταση μετάδοσης και υψηλή αξιοπιστία. Ταυτόχρονα, σε σύγκριση με την παραδοσιακή τεχνολογία διαμόρφωσης, η τεχνολογία διαμόρφωσης LoRa™ έχει προφανή πλεονεκτήματα στο antiblocking και την επιλογή, γεγονός που λύνει το πρόβλημα ότι ο παραδοσιακός σχεδιασμός δεν μπορεί να λάβει υπόψη την απόσταση, τις παρεμβολές και την κατανάλωση ενέργειας ταυτόχρονα. Μπορεί να καλύπτει χιλιάδες άτομα στο περιβάλλον της περιοχής της καθιστώντας το ιδιαίτερα κατάλληλο για ανάγνωση απόστασης, έξυπνο σπίτι, εξοπλισμό συναγερμού διαρρήξεων και ρομποτικές κατασκευές.

Πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά της είναι: απόσταση επικοινωνίας έως 15Km, ευαισθησία έως -148dBm, προγραμματιζόμενοι ρυθμοί απόδοσης 300kbps, ασύρματη συχνότητα RSSI 433MHz, δυναμικό εύρος RSSI: 127dB, τάση λειτουργίας: 1,8 - 3,7V, θερμοκρασία λειτουργίας: -40 - 80°C.

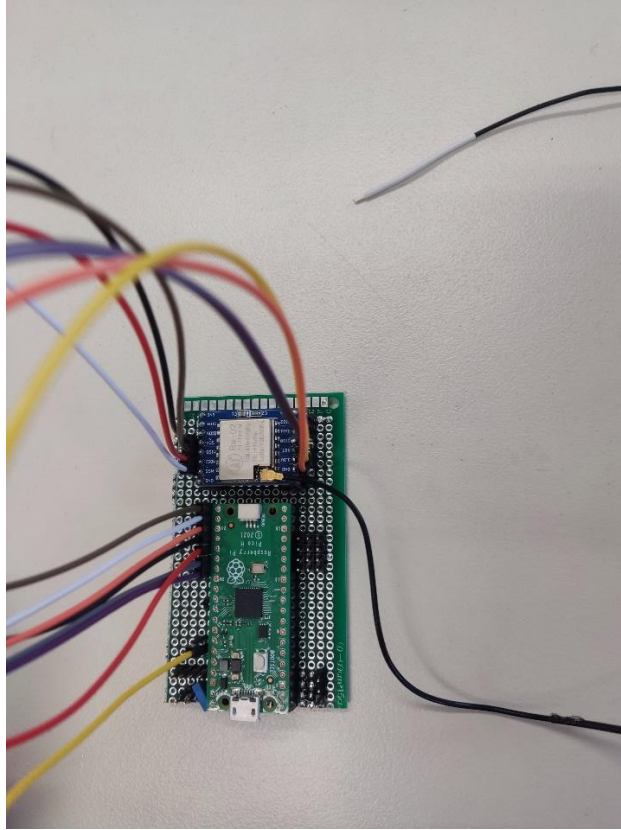
Ο όρος LoRa σημαίνει Long Range. Είναι μια ασύρματη τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων που εισήχθη από μια εταιρεία που ονομάζεται Semtech. Αυτή η τεχνολογία LoRa μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση αμφίδρομων πληροφοριών σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να καταναλώνει μεγάλη ενέργεια. Αυτή η ιδιότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από απομακρυσμένους αισθητήρες που πρέπει να μεταδώσουν τα δεδομένα του λειτουργώντας απλώς με μια μικρή μπαταρία. Τυπικά, η Lora μπορεί να πετύχει μια απόσταση 15-20 km (θα μιλήσουμε περισσότερο για αυτό αργότερα) και μπορεί να λειτουργήσει με μπαταρία για χρόνια.

Το LoRa γίνεται όλο και πιο δημοφιλές με την εμφάνιση του IoT, των Connected Cars, του M2M, του Industry 4.0 κ.λπ. Λόγω της ικανότητάς του να επικοινωνεί σε μεγάλες αποστάσεις με πολύ λιγότερη ισχύ, χρησιμοποιείται κατά προτίμηση από σχεδιαστές για την αποστολή/λήψη δεδομένων από ένα πράγμα που τροφοδοτείται από μπαταρία. Αν και η τεχνολογία προοριζόταν αρχικά για έναν κόμβο LoRa να επικοινωνεί με μια πύλη LoRa, υπάρχουν πολλά σενάρια στα οποία ένας κόμβος LoRa πρέπει να επικοινωνήσει με έναν άλλο κόμβο LoRa για να ανταλλάξει πληροφορίες σε μεγάλη απόσταση.

Πολλοί συγκρίνουν το LoRa με το Wi-Fi ή το Bluetooth, αλλά αυτά τα δύο δεν βρίσκονται πουθενά κοντά στο LoRa. Το Bluetooth χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ δύο συσκευών Bluetooth και το Wi-Fi χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ σημείου πρόσβασης (δρομολογητής) και σταθμού (κινητό). Αλλά η τεχνολογία LoRa κατά κύριο λόγο εφευρέθηκε για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ δύο μονάδων LoRa.

### **3.6.1 Συνδεσμολογία LoRa με Raspberry Pi Pico**

Το SX1278 είναι μια μονάδα Lora 16 ακίδων που επικοινωνεί χρησιμοποιώντας SPI σε 3,3V Logic. Το Raspberry Pi Pico λειτουργεί επίσης σε λογικό επίπεδο 3,3V και έχει επίσης ενσωματωμένη θύρα SPI και ρυθμιστή 3,3V. Έτσι μπορούμε να συνδέσουμε απευθείας τη μονάδα LoRa με το Raspberry Pi Pico. Ο πίνακας σύνδεσης φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 3.13 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico με SX1278 LoRa module

Οι συνδέσεις είναι αρκετά απλές, το μόνο πρόβλημα που μπορεί να αντιμετωπίσουμε είναι ότι το SX1278 δεν είναι συμβατό με breadboard, επομένως πρέπει να χρησιμοποιήσουμε καλώδια σύνδεσης απευθείας για να κάνουμε τις συνδέσεις ή να χρησιμοποιήσουμε δύο μικρές πλακέτες. Επίσης, λίγοι προτείνουν να τροφοδοτήσουμε τη μονάδα LoRa με ξεχωριστή ράγα τροφοδοσίας 3,3 V, καθώς το Raspberry Pi Pico μπορεί να μην μπορεί να τροφοδοτήσει αρκετό ρεύμα. Ωστόσο, η Lora ως μονάδα χαμηλής ισχύος θα πρέπει να λειτουργεί στην ακίδα 3,3 V του Raspberry Pi Pico.





Εικόνα 3.14 Συνδεσμολογία SX1278 LoRa module με Arduino Uno

Η σύνδεση για τη μονάδα Arduino Uno παραμένει η ίδια με αυτή που χρησιμοποιήσαμε στο προηγούμενο σεμινάριο μας. Η μόνη διαφορά θα είναι πως πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη βιβλιοθήκη Rspreal που βασίζεται στην Radio Head.

### 3.6.2 Συνδεσμολογία πομπού και δέκτη

Η μονάδα LoRa αποτελείται από 16 ακίδες με 8 ακίδες σε κάθε πλευρά. Από αυτές τις 16 ακίδες, οι έξι χρησιμοποιούνται από ακίδες GPIO που κυμαίνονται από DIO0 έως DIO5 και τέσσερις χρησιμοποιούνται από ακίδες γείωσης. Η μονάδα λειτουργεί σε 3,3V και ως εκ τούτου η ακίδα 3,3V στο LoRa συνδέεται με την ακίδα 3,3v στην πλακέτα Arduino UNO. Στη συνέχεια συνδέουμε τον ακροδέκτη SPI στο LoRa με τους ακροδέκτες SPI στον πίνακα Arduino Uno όπως φαίνεται παραπάνω.



Εικόνα 3.15 Συνδεσμολογία στη πλευρά της εκπομπής

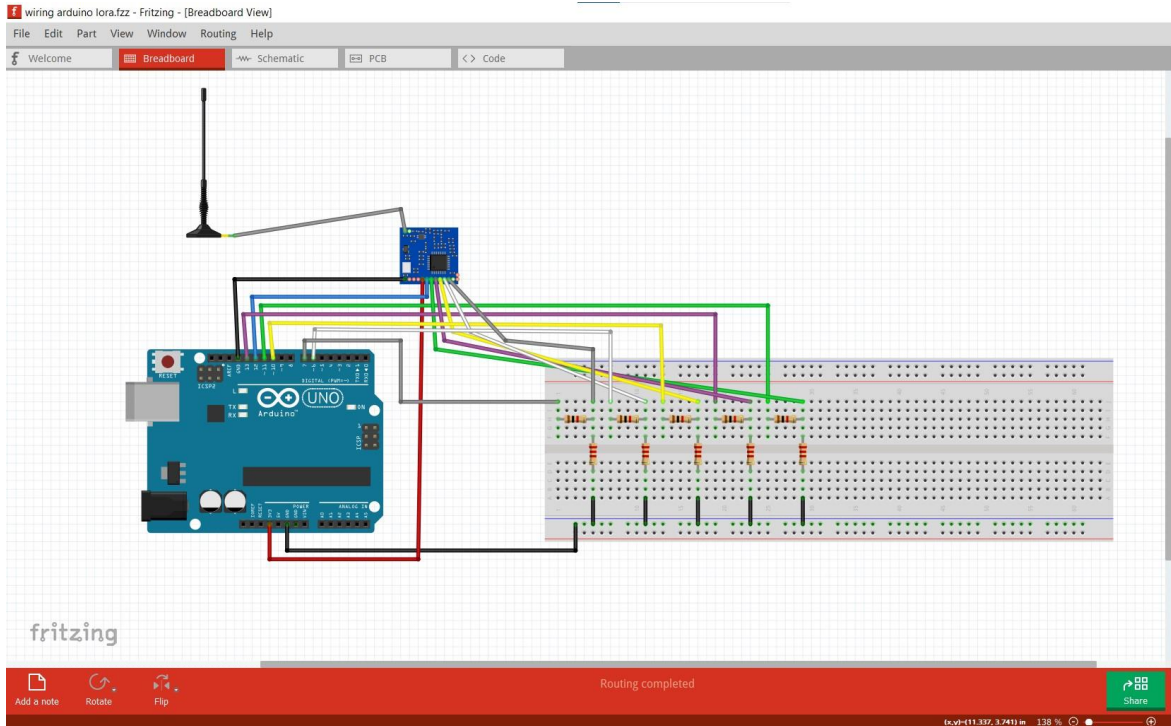
LoRa SX1278	3.3V	GND	EN/Nss	G0/DIO0	SCK	MISO	MOSI	RST
Arduino Uno	3.3V	GND	D10	D2	D13	D12	D11	D9

Πίνακας 3.1 Συνδεσμολογία ακίδων Arduino Uno & LoRa-02

Για την πλευρά λήψης θα χρησιμοποιήσουμε πάλι μια μονάδα Arduino συγκεκριμένα τη Uno με LoRa. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιαδήποτε πλακέτα Arduino Uno που έχουμε για πομπό και δέκτη, αλλά ο τρόπος συνδεσμολογίας είναι διαφορετικός. Το διάγραμμα κυκλώματος για τη σύνδεση του Arduino Uno με το LoRa είναι το παρακάτω (εικόνα 3.16).

Οι συνδέσεις παραμένουν σχεδόν οι ίδιες εκτός από μια ανεπαισθητη αλλαγή. Ο ακροδέκτης 3,3 V της μονάδας LoRa δεν τροφοδοτείται από το Arduino Uno αλλά με έναν εξωτερικό ρυθμιστή 3,3 V. Αυτό συμβαίνει επειδή ο ενσωματωμένος ρυθμιστής στο Arduino Uno δεν μπορεί να παρέχει αρκετό ρεύμα για τη λειτουργία της μονάδας LoRa. Εκτός από αυτό, οι συνδέσεις παραμένουν οι ίδιες. Τέλος αξίζει να σημειωθεί πως και στις δυο περιπτώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κεραία στα 433MHz.





Εικόνα 3.16 Συνδεσμολογία στη πλευρά του δέκτη

LoRa SX1278	3.3V	GND	En/Nss	G0/DIO0	SCK	MISO	MOSI	RST
Arduino Uno	3.3V	GND	D10	D6	D13	D12	D11	D7

Πίνακας 3.2 Συνδεσμολογία ακίδων Arduino Uno & LoRa-02 - δέκτης

### 3.7 Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ MQ-02

Ο αισθητήρας MQ-02 (εικόνα 3.17) είναι ένα όργανο με το οποίο μετράμε την ποιότητα του αέρα, ευαίσθητο στις συγκεντρώσεις του υγραερίου, του προπάνιου και του υδρογόνου. Αυτό επιτυγχάνεται με ενίσχυση της τάξης εξόδου καθώς παρατηρείται αύξηση των συγκεντρώσεων των μετρούμενων αερίων. Έχει γρήγορη απόκριση και ανάκτηση, διαθέτει κύκλωμα ενίσχυσης, ρυθμιζόμενη ευαισθησία και ένδειξη σήματος εξόδου. Η τάση λειτουργίας του είναι 2.5V -5V. Η συνδεσμολογία του γίνεται ως εξής:

VCC ↔ 2.5V ~ 5.0V

GND ↔ power supply ground

AOUT ↔ MCU.IO (analog output)

DOUT ↔ MCU.IO (digital output)



3.17 Ο αισθητήρας αερίων MQ-02

### 3.8 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η τροφοδοσία της κατασκευής μας θα γίνει με power-bank χωρητικότητας 5000MAh. Το συγκεκριμένο power-bank θα τροφοδοτήσει το Raspberry Pi Pico με 5V/1A. Πιο αναλυτικά θα το δούμε στο επόμενο κεφάλαιο.



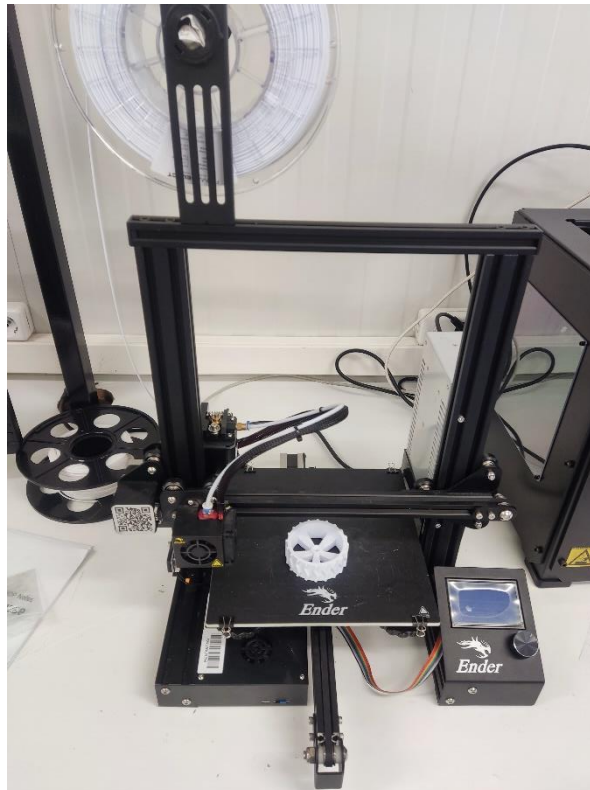
3.18 Η τροφοδοσία της κατασκευής μέσω power bank

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

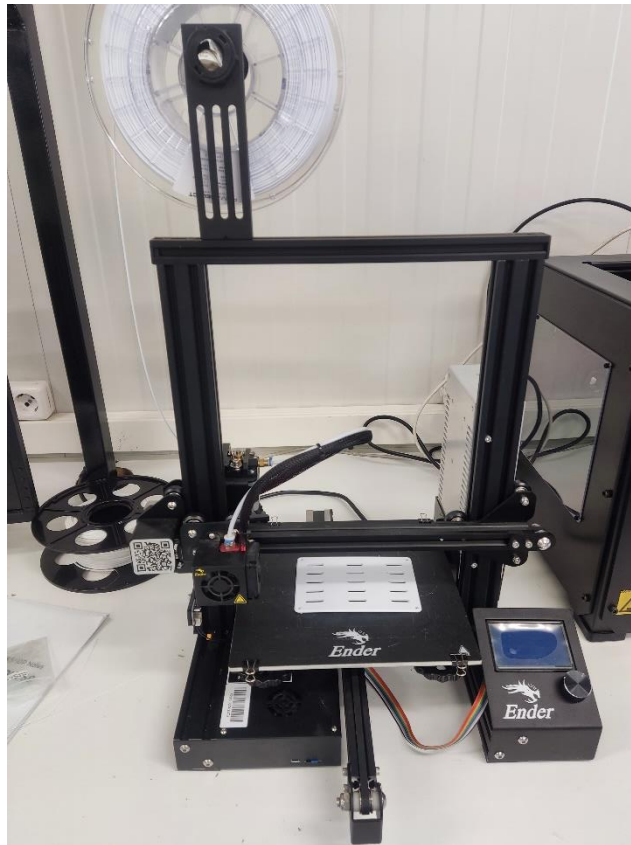
Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει περιγραφή της υλοποίησης της κατασκευής μας. Αφού λοιπόν καταλήξαμε στα ηλεκτρονικά στοιχεία και τις προδιαγραφές που θα πληροί τον όχημά μας ξεκινήσαμε την εκτύπωση της πλατφόρμας – σασί του rover. Όπως αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο το όχημά μας αποτελείται από 6 ρόδες, δηλαδή είναι της μορφής rocker-bogie, πάνω στις οποίες βρίσκονται 6 ηλεκτροκινητήρες. Οι κινητήρες αυτοί, ανά δυο, οδηγούνται από ένα κύκλωμα H-L298N. Επίσης η επικοινωνία ανάμεσα σε πομπό και δέκτη θα γίνει με ολοκληρωμένο SX1278, το οποίο (LoRa δηλαδή "μακράς εμβέλειας") είναι μια φυσική ιδιόκτητη τεχνική ραδιοεπικοινωνίας, που βασίζεται σε τεχνικές διαμόρφωσης εξάπλωσης φάσματος που προέρχονται από την τεχνολογία διασποράς φάσματος chirp (CSS). Ακόμη, χρησιμοποιούμε μια συσκευή GPS έτσι ώστε να βρίσκουμε το στίγμα του οχήματος και ένα αισθητήριο όργανο ποιότητας του αέρα, σε περίπτωση που έχουν εκλυθεί αέρια. Το όχημά μας διαθέτει μια κάμερα, αφ' ενός για την οδήγησή του αφετέρου για να έχουμε «εικόνα» των συνεπειών που έχει υποστεί η περιοχή από τις καταστροφές.

### 4.1 Σασί – πλατφόρμα οχήματος

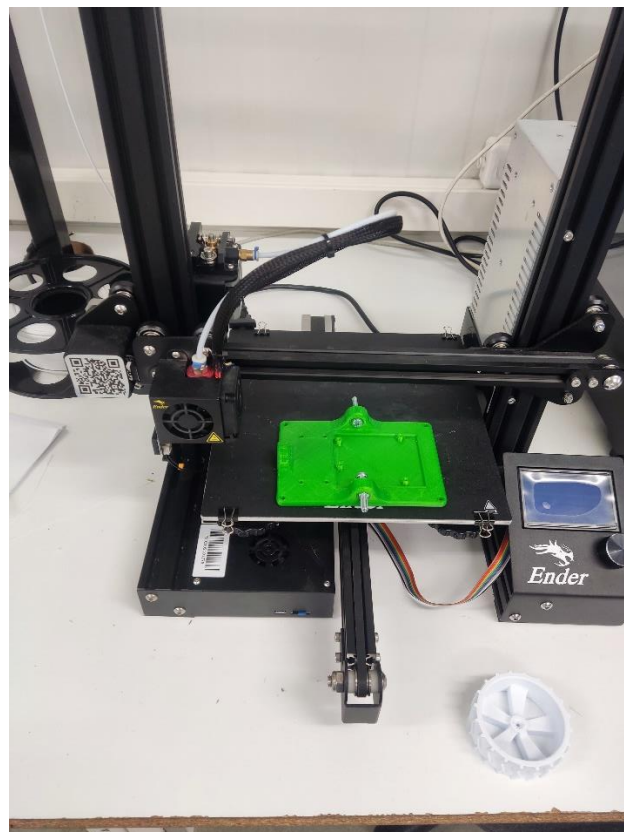
Όπως αναφέραμε το σασί μας θα γίνει με εκτύπωση από το 3D εκτυπωτή του εργαστηρίου με υλικό PETG. Παρακάτω απεικονίζονται τα εξαρτήματα όπως αυτά εκτυπώθηκαν αλλά και η συναρμολόγησή τους.



Εικόνα 4.1 Εκτύπωση ρόδας

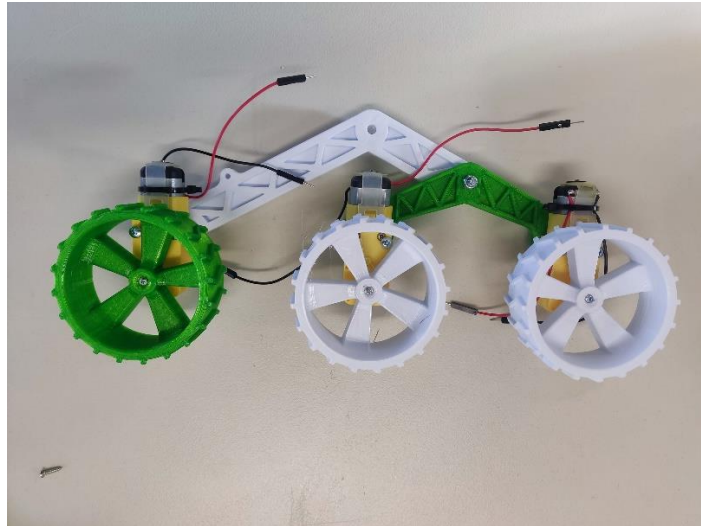


Εικόνα 4.2 Εκτύπωση κύριου σώματος



Εικόνα 4.3 Εκτύπωση κάτω κύριου σώματος





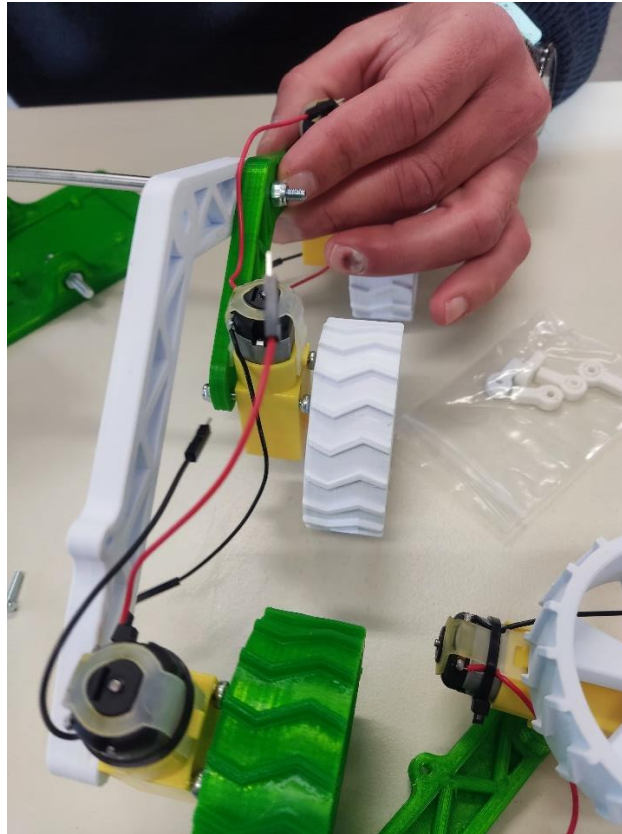
Εικόνα 4.4 Συναρμολόγηση κινητήρων αρθρώσεων και ροδών



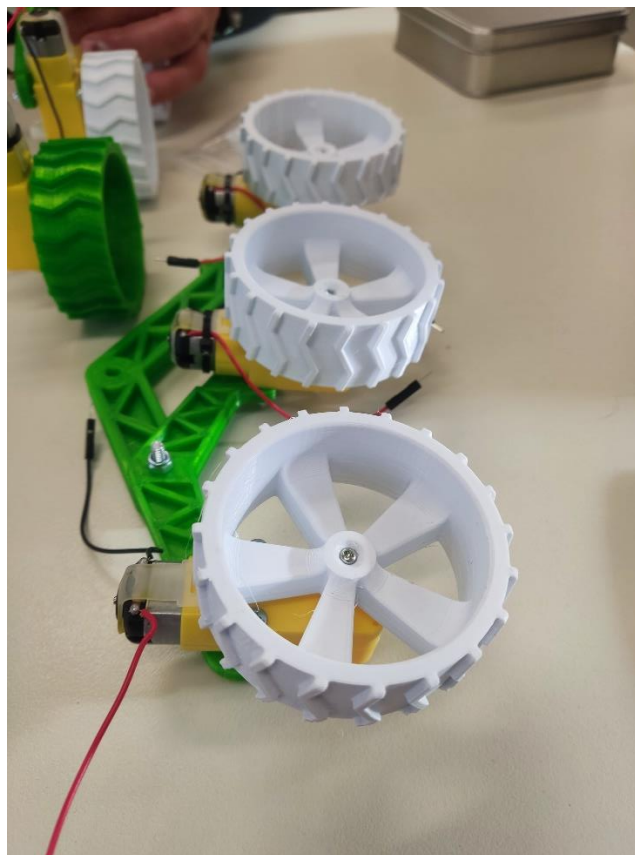
Εικόνα 4.5 Εκτύπωση συνδέσμων για δημιουργία διαφορικού



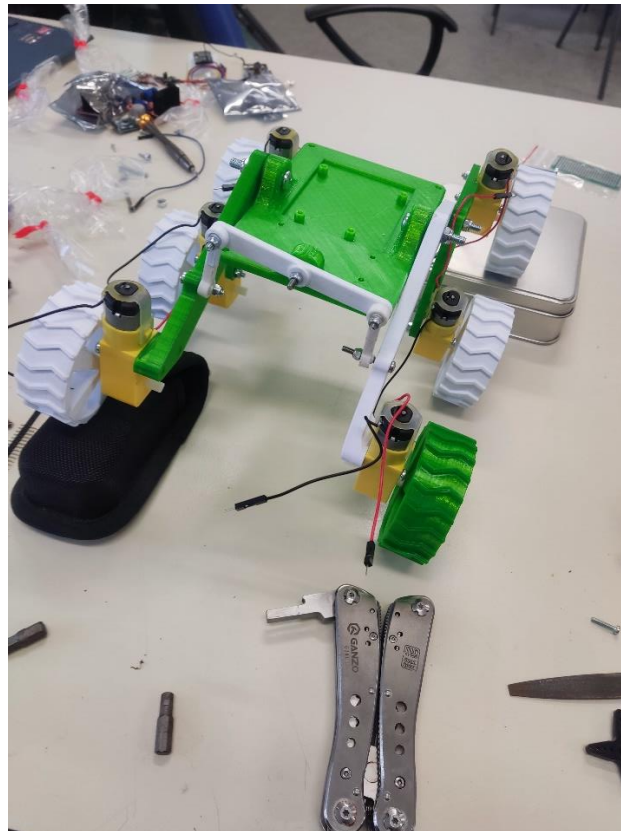
Εικόνα 4.6 Εκτύπωση συνδέσμου για κίνηση στο άξονα Y



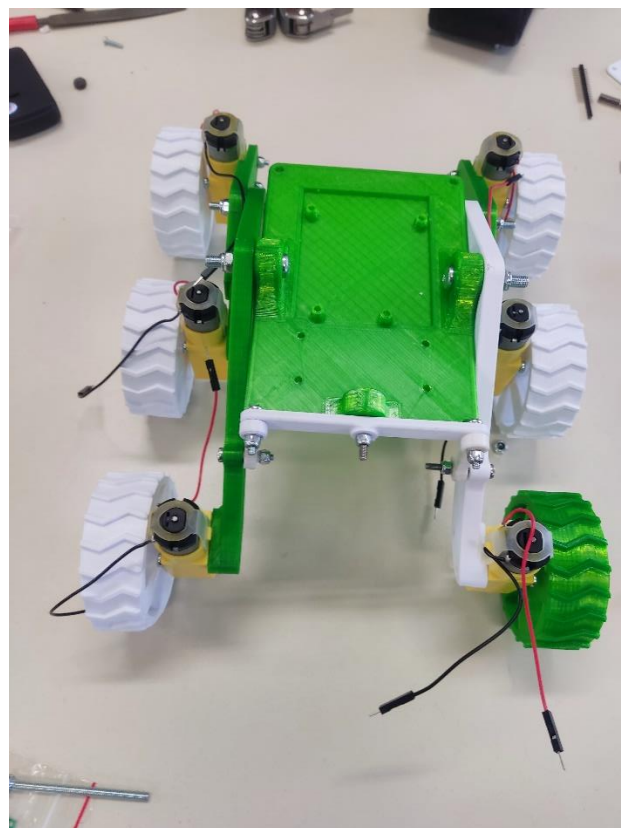
Εικόνα 4.7 Ένωση αρθρωτών αξόνων με χρήση βιδών



Εικόνα 4.8 Ολοκλήρωση αριστερής πλευράς κίνησης



Εικόνα 4.9 Παρουσίαση δυνατότητας ανεξάρτητης κίνησης στον άξονα Υ



Εικόνα 4.10 Ολοκλήρωση σασί

## 4.2 Επικοινωνία Πομπού - δέκτη

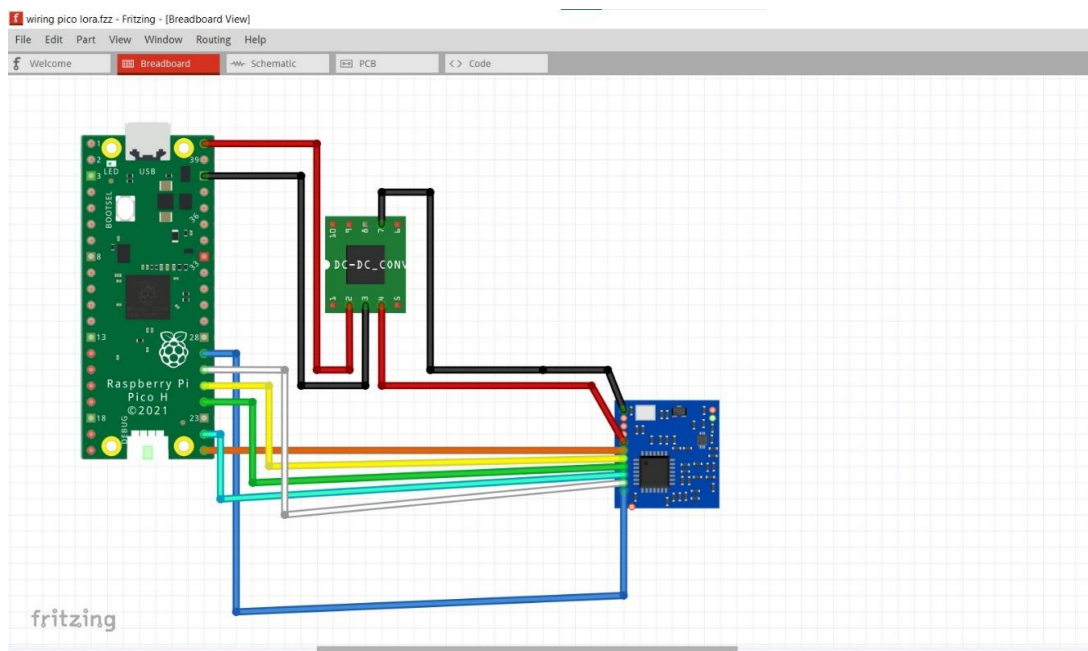
Τα κυκλώματα που δημιουργήθηκαν για επικοινωνία μεταξύ οχήματος και σταθμού βάσης ήταν δύο. Αρχικά το ένα κύκλωμα βρίσκεται πάνω στο όχημα, με το οποίο θα λαμβάνονται οι μετρήσεις από τις συγκεντρώσεις των αερίων και οι συντεταγμένες της θέσης και θα αποστέλλονται στο άλλο κύκλωμα που θα λειτουργεί ως δέκτης και το οποίο θα στέλνει τις οδηγίες κίνησης στο όχημα αλλά και θα έχουμε και οπτική επαφή μέσω της κάμερας που είναι τοποθετημένη πάνω στο όχημα. Η απόσταση επικοινωνίας των δυο μερών έχει εμβέλεια 10Km ενώ η συχνότητα επικοινωνίας είναι 433MHz με το αντίστοιχο εύρος ζώνης στα 125KHz. Η επικοινωνία γίνεται με το πρωτόκολλο SPI. Το SPI είναι ένα πρωτόκολλο «ανταλλαγής δεδομένων». Χρειάζονται τουλάχιστον μια master και μια slave συσκευή. Η master συσκευή ελέγχει:

- Την γραμμή δεδομένων, MOSI (Master Out, Slave In )
- Την γραμμή ρολογιού, SCK (συγχρονίζει τη μεταφορά δεδομένων)
- Την γραμμή επιλογής συσκευής (SS) Slave Select line

Η slave συσκευή ελέγχει:

- Την γραμμή δεδομένων,
- (MISO Master In, Slave Out) Κοινή χρήση από σκλάβους

Οι μη επιλεγμένες slave συσκευές βρίσκονται σε κατάσταση υψηλής εμπέδισης στον αντίστοιχο ακροδέκτη MISO τους. Στις επόμενες εικόνες απεικονίζεται η συνδεσμολογία μεταξύ Raspberry Pi Pico και SX1278 και η συνδεσμολογία μεταξύ Arduino Uno και SX1278 αλλά και στην κατασκευή μας. Όπως επίσης και με τους αντίστοιχους πίνακες.



Εικόνα 4.11 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico και SX1278 (LoRa-02)

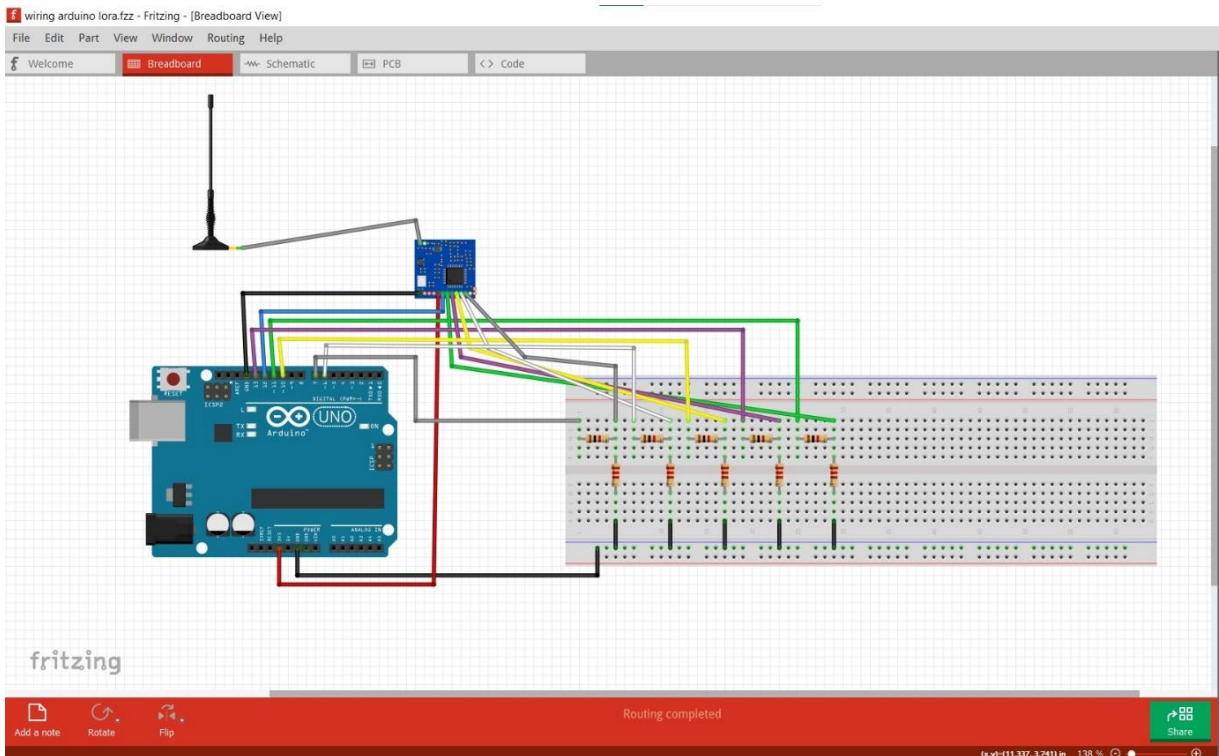


5V	GND	MISO	CS	MOSI	SCK	DIO0	RST
3.3V*	GND	21(GPIO16)	22(GPIO17)	25(GPIO19)	24(GPIO18)	26(GPIO20)	27(GPIO21)

Πίνακας 4.1 Πίνακας συνδεσμολογίας Pico με SX1278(LoRa -02)

Όπως φαίνεται και από τη συνδεσμολογία στην είσοδο Vin του LoRa η τροφοδοσία γίνεται από ένα step-down converter όπου υποβιβάζει τη τάση από τα 5V στα 3,3V, δίνοντας 120mA. Αυτό ήταν ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε και την υλοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ Raspberry Pi Pico και SX1278, καθώς η έξοδος 3,3V του Raspberry Pi Pico δεν παρέχει αρκετό ρεύμα σε αντίθεση με το Arduino Uno στο οποίο γίνεται.

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζεται ο τρόπος συνδεσμολογίας ανάμεσα στο Arduino Uno και το SX1278 και στην εικόνα 4.12 η αντίστοιχη συνδεσμολογία. Οι διαφορές σ αυτή τη περίπτωση είναι πως δεν χρειάζεται να μεσολαβήσει buck converter, αφού μπορούμε να τροφοδοτήσουμε το SX1278 κατευθείαν με 3,3V από την έξοδο που μας δίνει το Arduino, αλλά προσθέτουμε σε κάθε μια από τις MOSI, SCK, CS, RST και DIO0 ένα διαιρέτη τάσης.



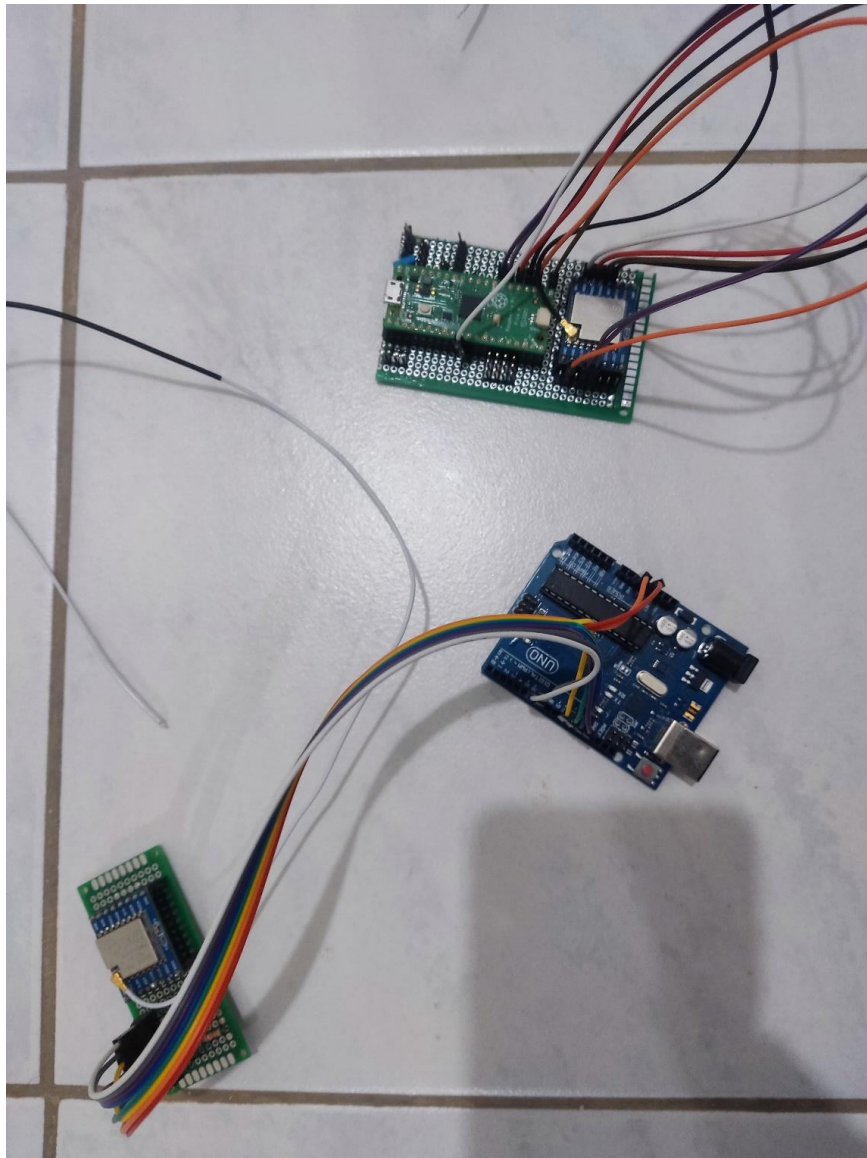
Εικόνα 4.12 Συνδεσμολογία Arduino Uno και SX1278 (LoRa-02)

5V	GND	MISO	CS*	MOSI*	SCK*	DIO0*	RST*
3.3V	GND	12	10	11	13	6	7

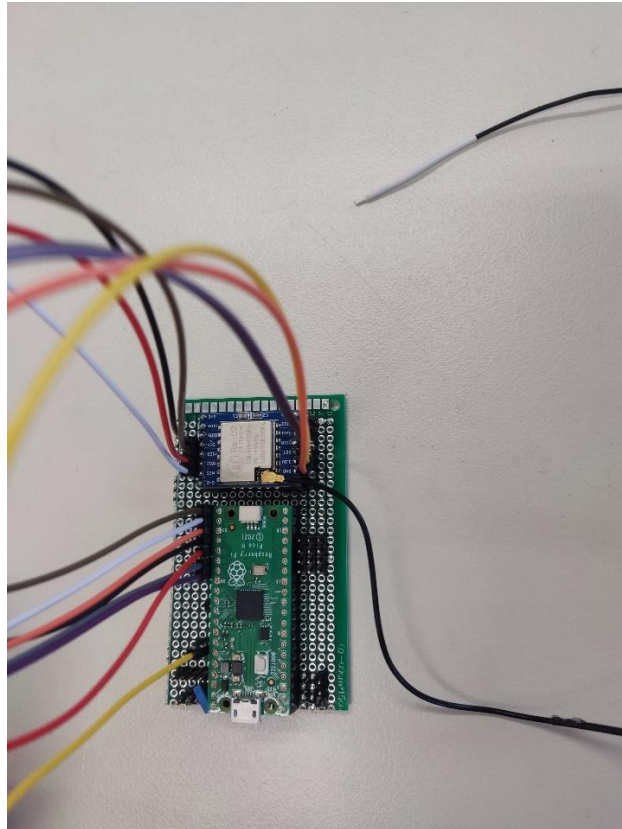
Πίνακας 4.2 Πίνακας συνδεσμολογίας Arduino με SX1278(LoRa -02)

Μελέτη και σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών

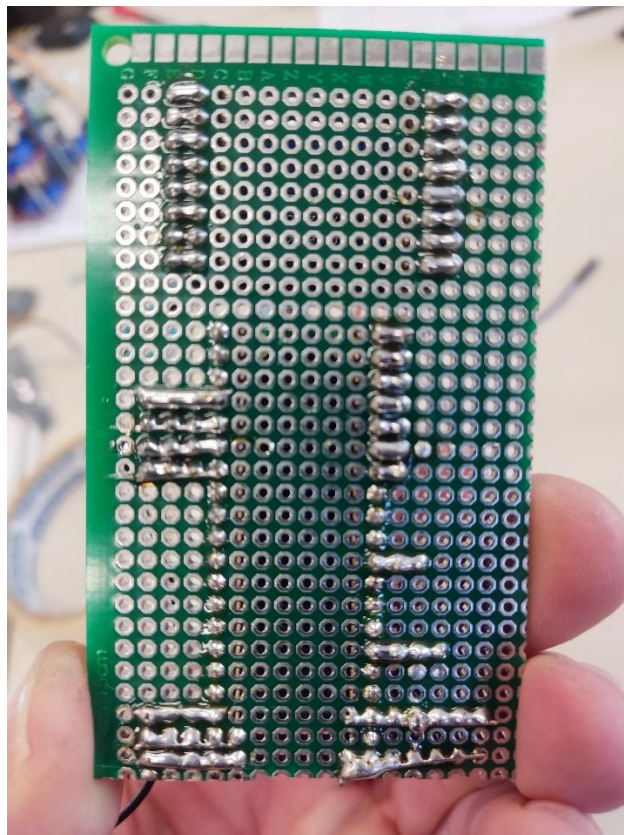
Το σύστημα αυτό των δυο μερών απεικονίζεται της κατασκευής μας απεικονίζεται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 4.13 Κατασκευή πομπού και δέκτη



Εικόνα 4.14 Raspberry Pi Pico SX1278 (LoRa) transmitter

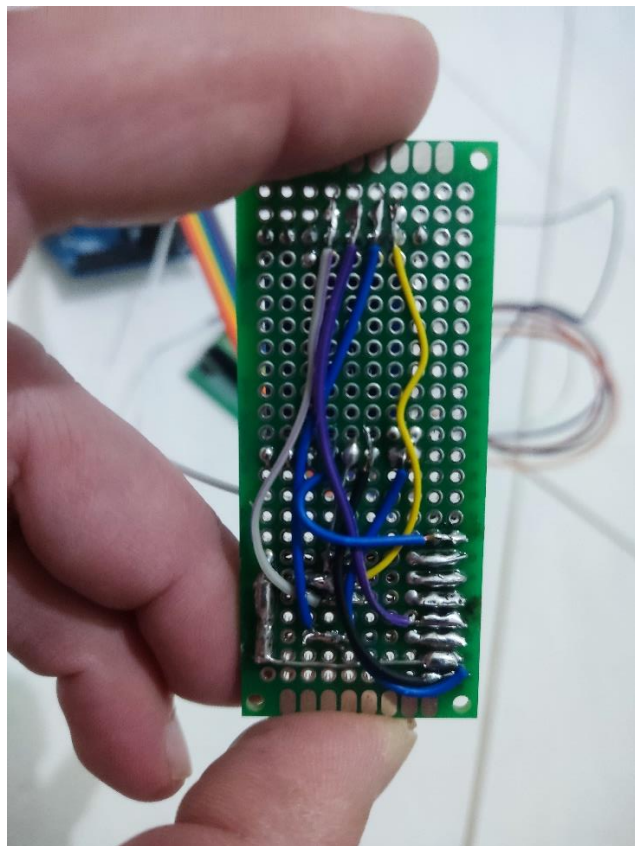


Εικόνα 4.15 Raspberry Pi Pico - SX1278 (LoRa) transmitter

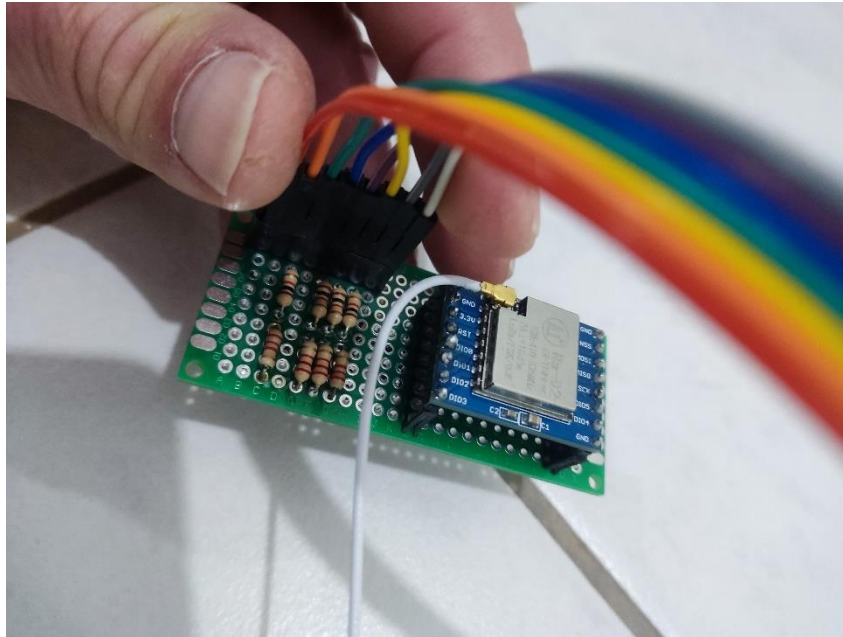




Εικόνα 4.16 Arduino Uno SX1278 (LoRa) receiver



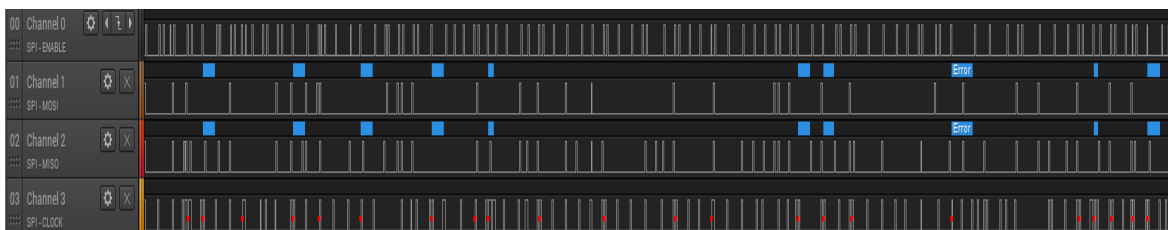
Εικόνα 4.17 Arduino Uno SX1278 (LoRa) receiver



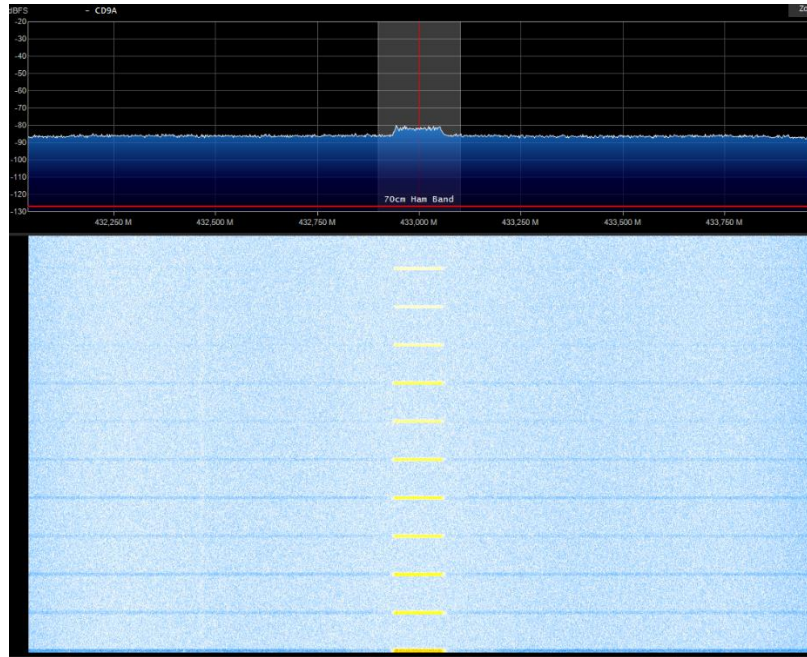
Εικόνα 4.18 SX1278 (LoRa) receiver διαιρέτες τάσης

Η επικοινωνία ανάμεσα στα δυο μέρη γίνεται με το πρωτόκολλο SPI και έχει ως εξής: Το όχημά μας συλλέγει τις συγκεντρώσεις των αερίων, το στίγμα από το δέκτη GPS και τα οποία τα αποστέλλει με πακέτα (parsePacket) που έχουν τη μορφή διακοπών. Αυτά τα πακέτα τα αποστέλλει στο σταθμό βάσης ανά 250msec (delay 250). Ο σταθμός βάσης δέχεται τα πακέτα αυτά και κάθε 1000msec αποστέλλει τις εντολές κίνησης στο όχημα προς τη κατεύθυνση που επιθυμούμε. Η κάθε κατεύθυνση προσδιορίζεται με έναν χαρακτήρα από το πληκτρολόγιο, ο οποίος εκκινεί και τους αντίστοιχους κινητήρες. Όλα τα παραπάνω επιτυγχάνονται με την συνάρτηση OnReceive.

Τέλος, για να διαπιστωθεί η επικοινωνία ανάμεσα στα δυο μέρη χρησιμοποιήθηκε και ένας πομπός - δέκτης ευρέου φάσματος, δηλαδή της αποστολής και λήψης των πακέτων. Οι μετρήσεις απεικονίζονται στις παρακάτω δυο εικόνες.



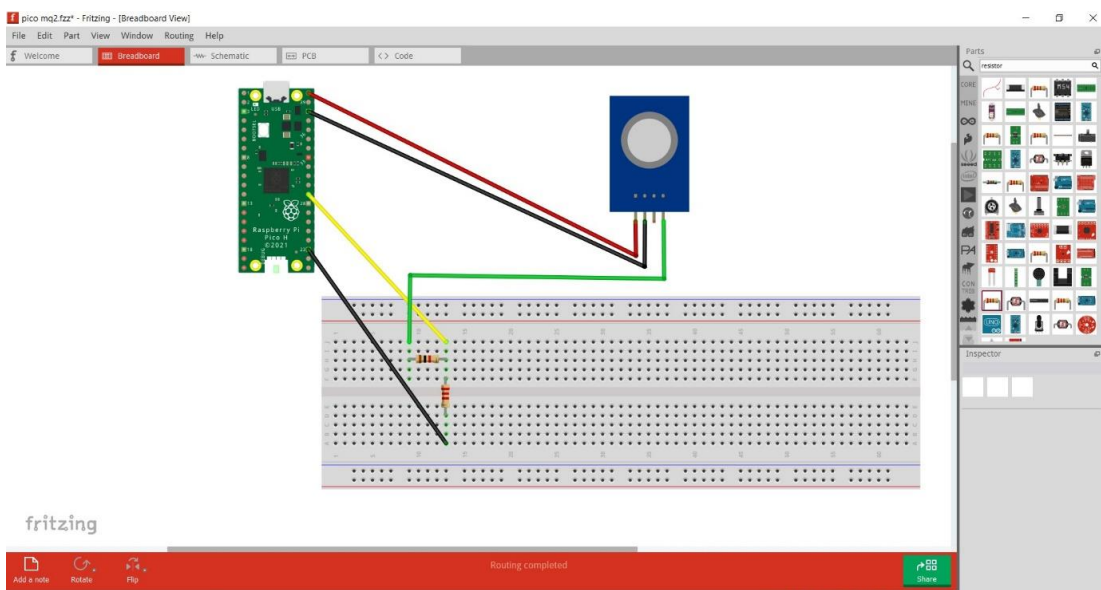
Εικόνα 4.19 Στιγμιότυπο λειτουργίας κατά την αποστολή καναλιών MISO, MOSI SCK



Εικόνα 4.20 Στιγμιότυπο λειτουργίας επικοινωνίας πομπού και δέκτη

### 4.3 Ο αισθητήρας αερίων MQ2

Ένα ακόμη ηλεκτρονικό στοιχείο που χρησιμοποιούμε στην κατασκευή μας είναι ο αισθητήρας αερίων. Το συγκεκριμένο όπως έχουμε ήδη αναφέρει χρησιμοποιείται κυρίως για να διαπιστωθεί εάν έχει εκλυθεί κάποιο αέριο στο κτήριο ή την περιοχή λόγω εξ' αιτίας των καταστροφών. Η συνδεσμολογία του συγκεκριμένου αισθητηρίου απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (4.21), στην οποία η μόνη προσθήκη που έχει γίνει είναι ο διαιρέτης τάσης που έχει συνδεθεί με την ακίδα του Pico για προστασία του pin, ενώ η τοποθέτησή του πάνω στην κατασκευή μας απεικονίζεται στην εικόνα 4.22. Με το αισθητήριο αυτό και με τη χρήση του πρωτοκόλλου SPI θα αποστέλλονται οι μετρήσεις στον σταθμό εργασίας. Ο κώδικας για το αισθητήριο βρίσκεται στο παράρτημα.

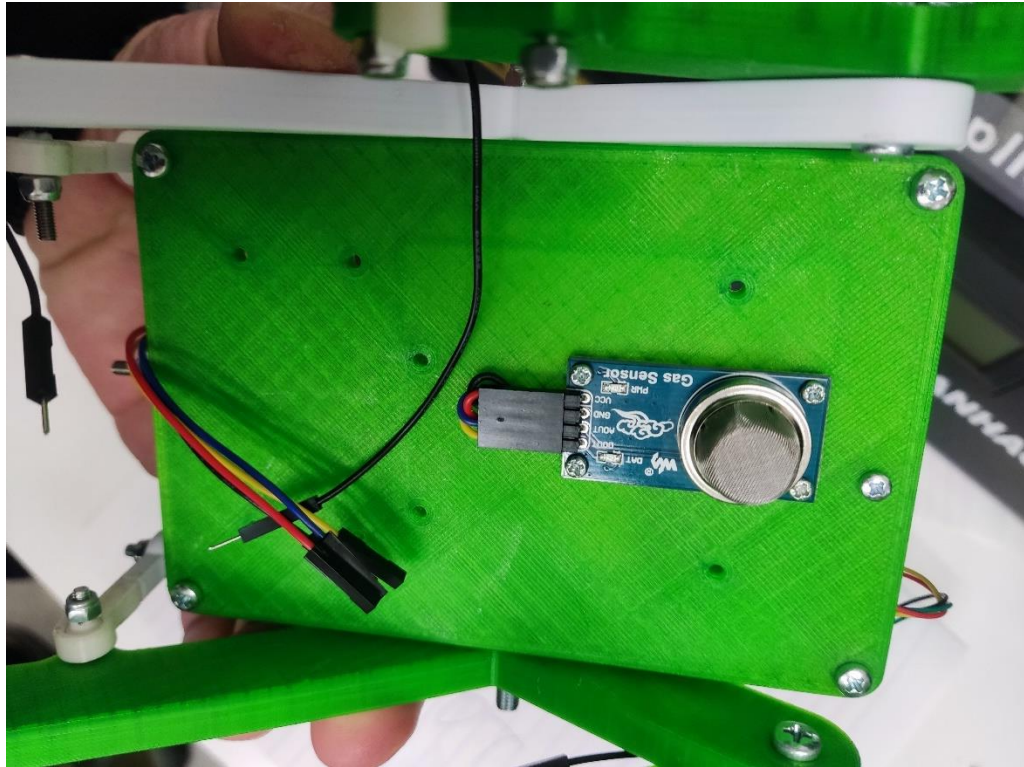


Εικόνα 4.22 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – sensor MQ2



Raspberry Pi Pico	5V	GND	22 (GPIO 29)	-
MQ-02	Vcc	GND	Aout	Dout

Πίνακας 4.3 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – sensor MQ-02



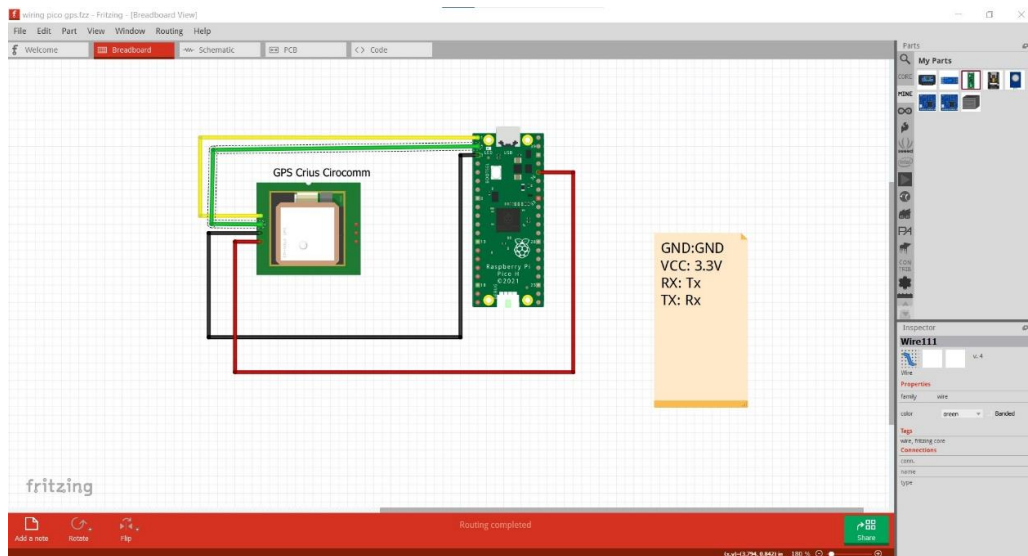
Εικόνα 4.23 Τοποθέτηση sensor MQ2

#### 4.4 GPS Crius Ciromm

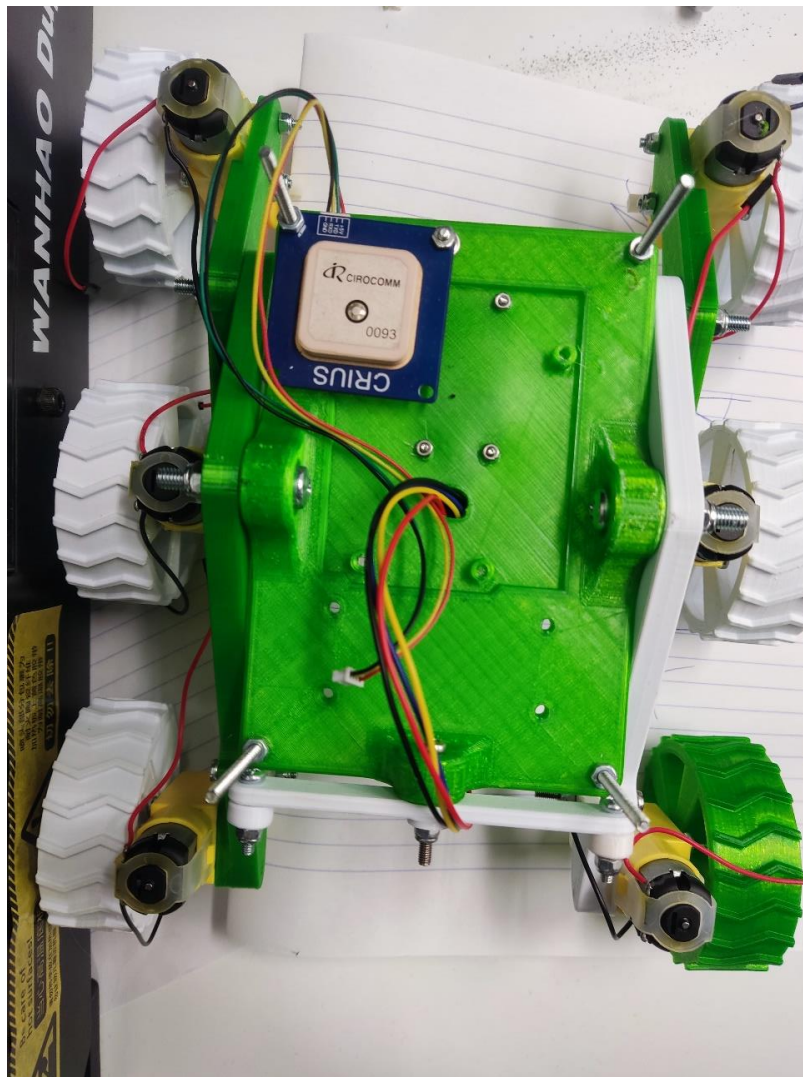
Κατά την πορεία υλοποίησης της κατασκευής θεωρήθηκε σωστό να χρησιμοποιηθεί και ένας δέκτης εντοπισμού θέσης, ένα GPS. Ο λόγος είναι προφανής, αφού θέλουμε να έχουμε ακρίβεια στον εντοπισμό της θέσης του οχήματος αλλά και να γνωρίζουμε ποιο σημείο της περιοχής έχει υποστεί ζημιές αλλά και όταν συλλέγουμε τις μετρήσεις για τις συγκεντρώσεις των αερίων να γνωρίζουμε ακριβώς που αυτά έχουν εκλυθεί. Το σχηματικό διάγραμμα για την καλωδίωση απεικονίζεται στην εικόνα 4.24 όπως επίσης και ο πίνακας συνδεσμολογίας. Επίσης στην εικόνα 4.25 φαίνεται η θέση που έχουμε τοποθετήσει το GPS στην κατασκευή μας. Τέλος, στο παράρτημα βρίσκεται ο κώδικας λειτουργίας.

Raspberry Pi Pico	VBUS	GND	GP1 Tx	GP2
GPS CRIUS	3.3V	GND	Rx	Tx

### Πίνακας 4.4 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – GPS CRIUS



Εικόνα 4.24 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – GPS CRIUS

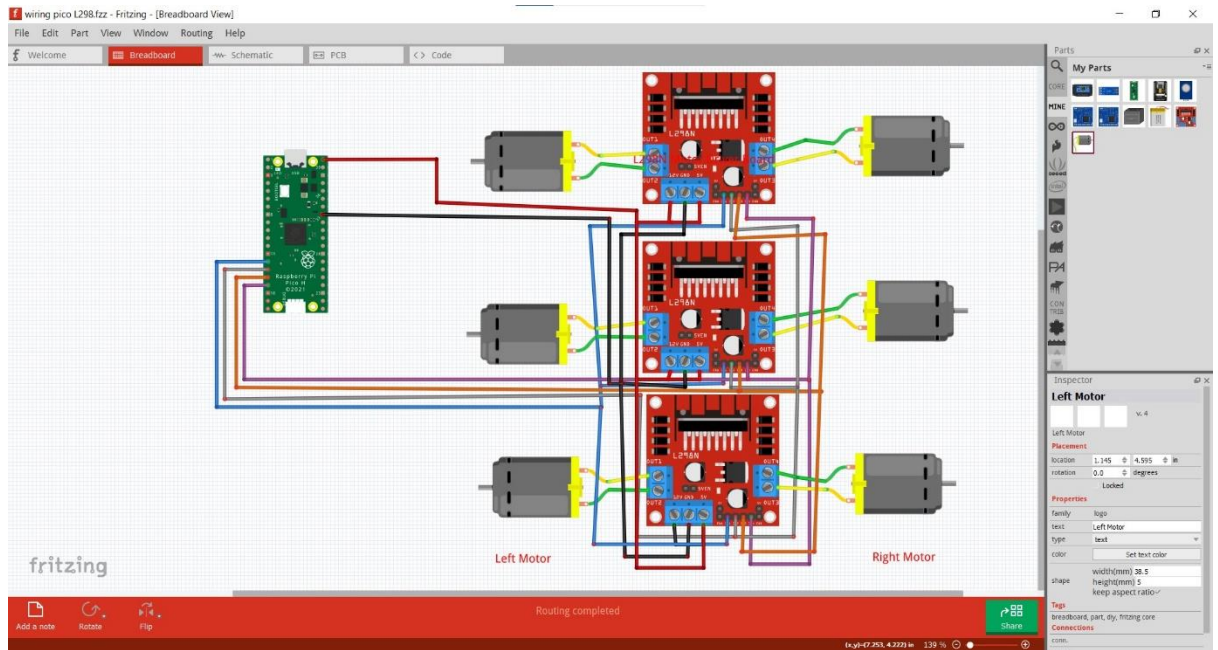


Εικόνα 4.25 Τοποθέτηση GPS Crius



#### 4.5 Οι Οδηγοί κίνησης L298N

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει οι έξι ηλεκτροκινητήρες της κατασκευής μας οδηγούνται από τρεις γέφυρες H-Bridge L298N, όπου η κάθε μια γέφυρα οδηγεί δυο κινητήρες. Η συνδεσμολογία απεικονίζεται στην εικόνα 4.26, στην οποία είναι βραχυκυκλωμένες οι γειώσεις του κάθε οδηγού και συνδέονται στη γείωση του Pico. Επίσης είναι βραχυκυκλωμένες και οι  $V_{cc}=5V$  με την  $V_{cc}=12V$  και από κοινού τροφοδοτούνται από την  $GP40=V_{bus}$  του Raspberry Pi Pico. Ακόμη οι GPIO 10-11-12-13, PWM, (όπως έχουμε ορίσει στον κώδικα), είναι συνδεδεμένες με τις IN1, IN2, IN3 και IN4 κάθε γέφυρας αντίστοιχα και οι οποίες είναι βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους. Επίσης όλες οι συνδέσεις απεικονίζονται στον πίνακα 4.4. Στη κατασκευή μας οι γέφυρες έχουν τοποθετηθεί ακριβώς πάνω από το GPS και τη μπαταρία σε ένα εκτυπωμένο «σώμα-πλάκα», όπως φαίνεται στην εικόνα 4.27

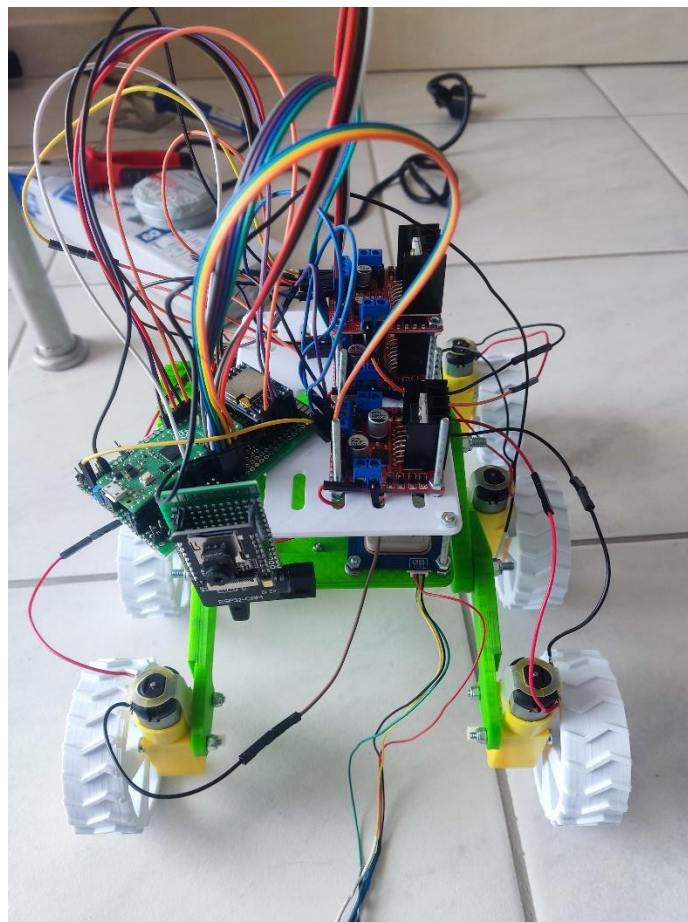
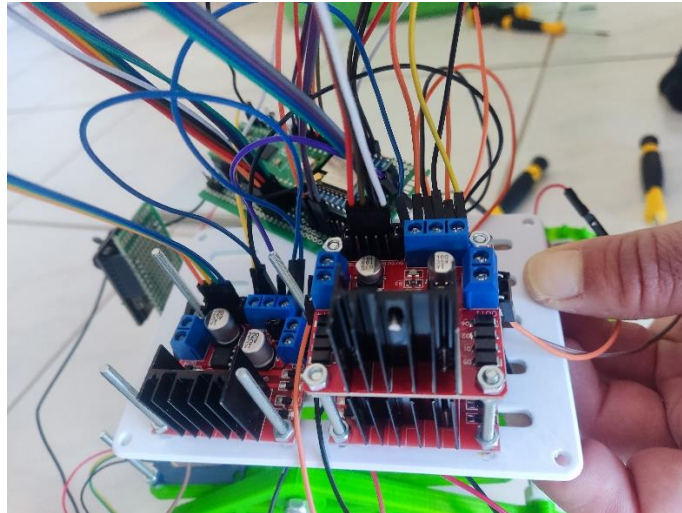


Εικόνα 4.26 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – L298N

Raspberry Pi Pico	VBUS	GP10	GP11	GP12	GP13	GND
L298N	5V	IN1*	IN2*	IN3*	IN4*	GND

\*Τα IN1, IN2, IN3, IN4 κάθε οδηγού-γέφυρας είναι βραχυκυκλωμένα.

Πίνακας 4.5 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – L298N



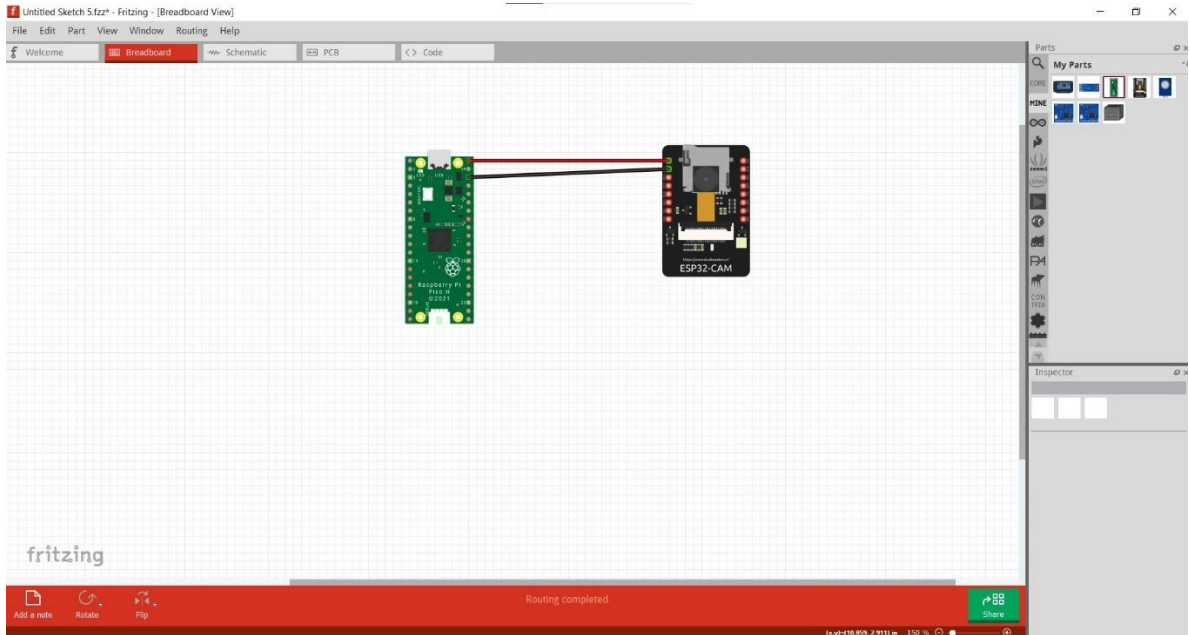
Εικόνα 4.27 Τοποθέτηση L298N στη κατασκευή

#### 4.6 Η Κάμερα ESP32-cam

Στο όχημα κρίθηκε σκόπιμο η χρήση μιας κάμερας, έτσι ώστε να μπορούμε να το καθοδηγήσουμε στη πληγείσα περιοχή αλλά και να μπορούμε να διαπιστώσουμε της συνέπειες της καταστροφής για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η κάμερα ESP32-CAM, η οποία έχει αρκετές δυνατότητες. Είναι πολύ εύκολη στη χρήση της,

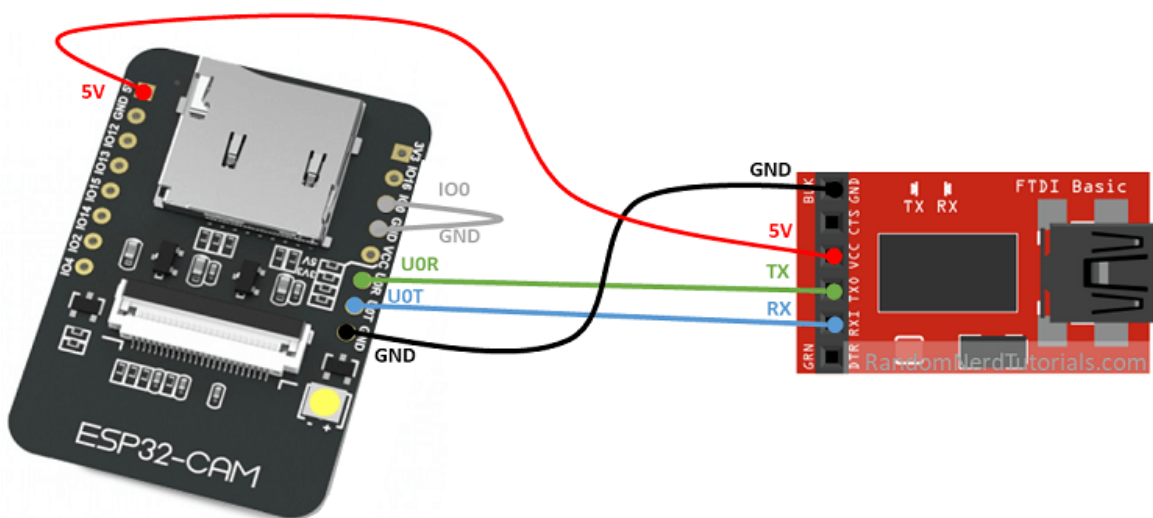
Μελέτη και σχεδίαση μη επανδρωμένου οχήματος για αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών

στη συνδεσμολογία απεικονίζεται στην εικόνα 4.28, αλλά και στην επικοινωνία είτε με wifi είτε με Bluetooth.



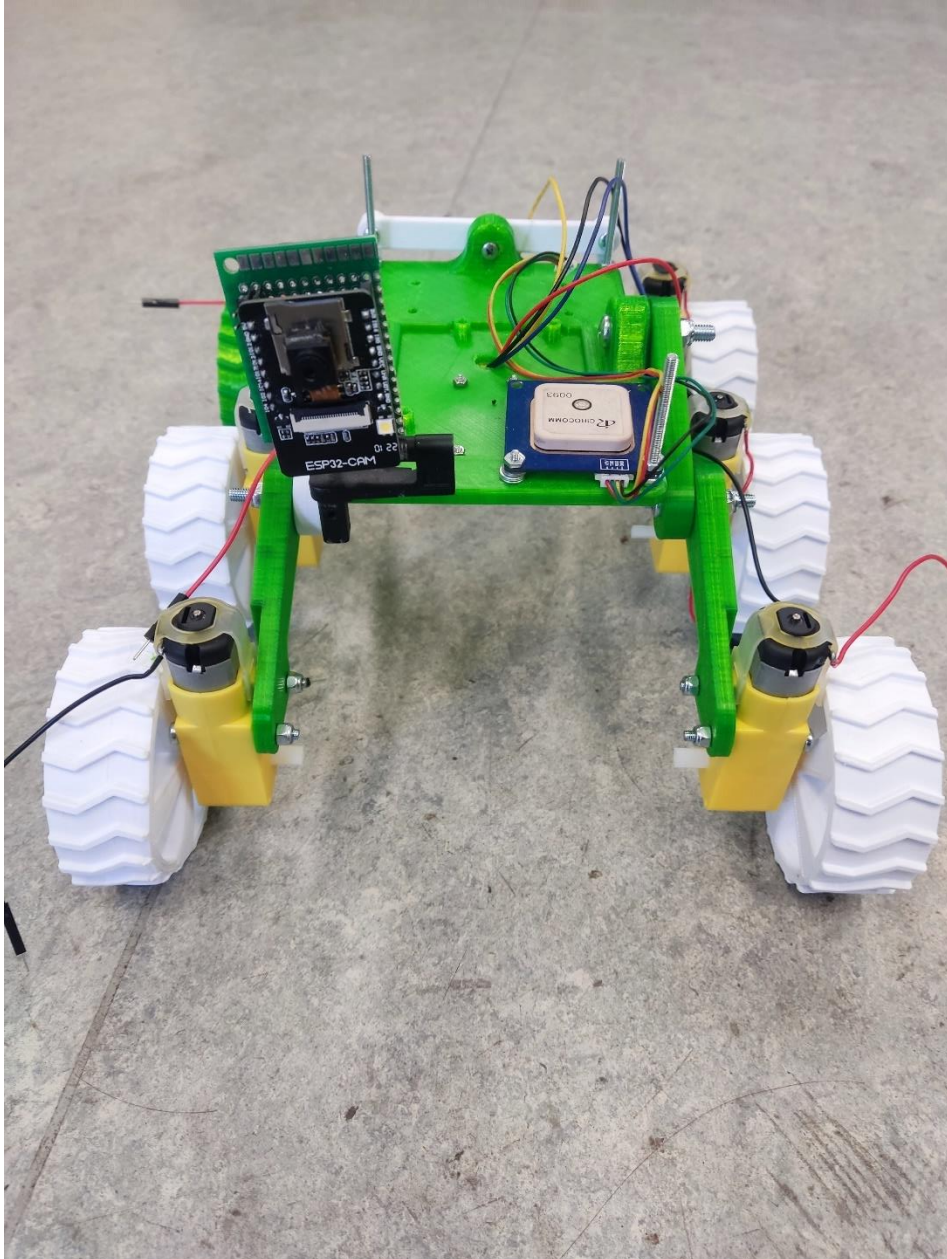
Εικόνα 4.28 Συνδεσμολογία Raspberry Pi Pico – ESP32CAM

Όταν η κάμερα συνδέεται σε τροφοδοσία, τότε δημιουργεί ένα δικό της δίκτυο στο οποίο μπορούμε εύκολα με πληκτρολόγηση της IP (192.168.4.1), να συνδεθούμε και πατώντας την «jrg\_stream», να έχουμε εικόνα από το όχημά μας. Η τοποθέτησή της πάνω στο όχημα φαίνεται στην εικόνα 4.30. Αν θέλουμε βέβαια να την προγραμματίσουμε φορτώνοντάς της κάποιο πρόγραμμα, μπορούμε να το κάνουμε με χρήση ενός FTDI, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.29.



Εικόνα 4.26 Συνδεσμολογία ESP32CAM – FTDI

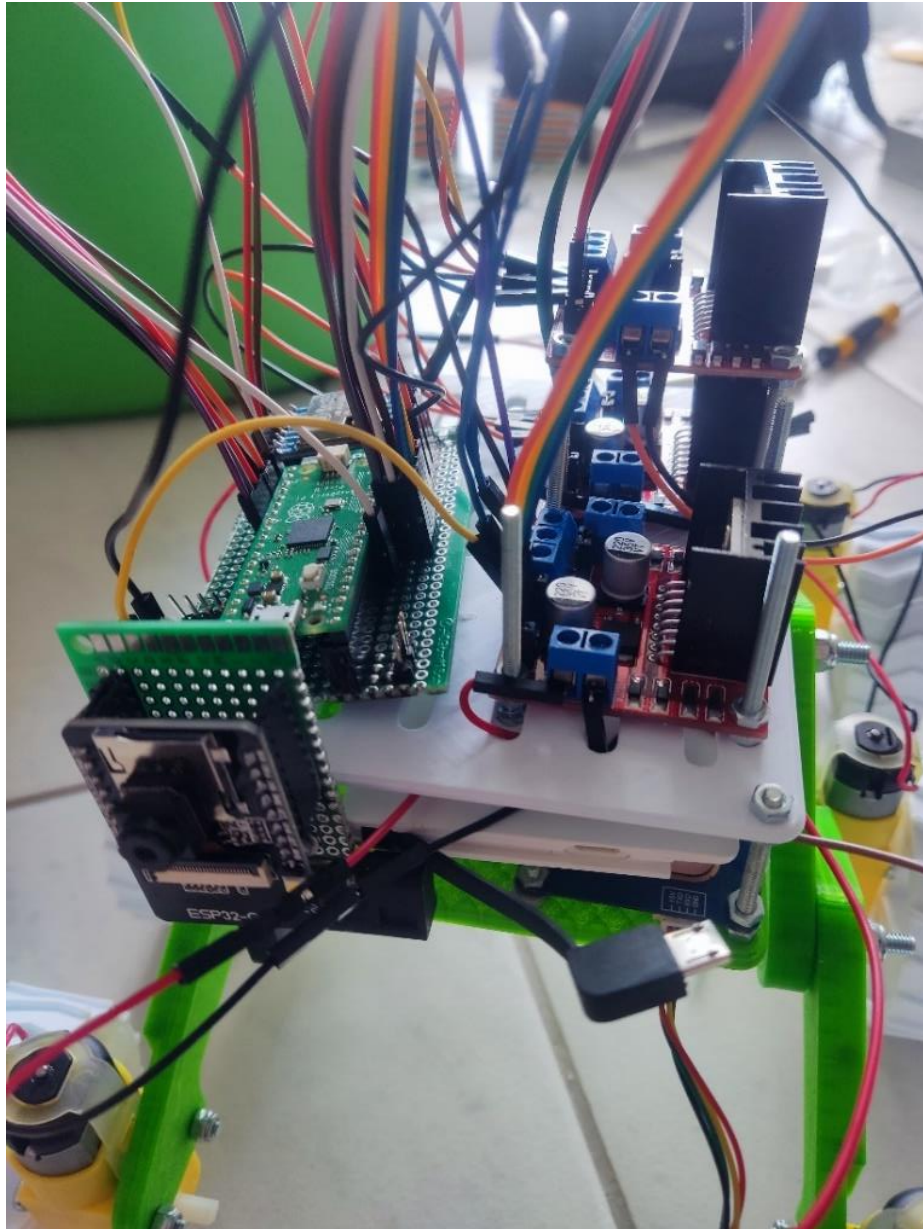




Εικόνα 4.30 Τοποθέτηση ESP32CAM στη κατασκευή

#### 4.7 Τροφοδοσία οχήματος

Η τροφοδοσία του οχήματός μας θα γίνει με τη χρήση ενός power bank χωρητικότητας 5000mAh και 1A, όπου θα δίνεται η τάση 5V στην πλακέτα του μικροελεγκτή Raspberry Pi Pico και στην συνέχεια θα τροφοδοτούνται από τις ακίδες του τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά εξαρτήματα είτε με 5V είτε με 3,3V. Η συγκεκριμένη μπαταρία μπορεί να κινήσει ανετα τη κατασκευή μας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η τοποθέτηση του power bank θα γίνει ακριβώς στον χώρο δίπλα από το GPS και κάτω από τους οδηγούς κίνησης και τη πλακέτα του μικροελεγκτή όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.31.



Εικόνα 4.32 Η τοποθέτηση του power bank

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν κυρίως από την υλοποίηση της κατασκευής. Τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν και οι ενέργειες για την αντιμετώπισή τους. Τέλος, θα γίνουν προτάσεις για μελλοντικές προεκτάσεις και βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας φτάνουμε στο προορισμό από ένα ευχάριστο ταξίδι γεμάτο έρευνα και γνώση σε ένα επιστημονικό πεδίο όπως η μελέτη, η σχεδίαση και κατασκευή ενός επίγειου μη επανδρωμένου οχήματος για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών και συγκεκριμένα στη περίπτωση σεισμών. Πέρασαμε από τη θεωρία στη πράξη η οποία δεν είναι μια απλή διαδικασία, όπως αναμέναμε άλλωστε, αλλά είναι πολύ εποικοδομητική και ευχάριστη διαδικασία. Αρχικά θα πρέπει να γίνει πολύ καλή έρευνα, έτσι ώστε να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ένα τέτοιο όχημα, όπως η πλατφόρμα πάνω στην οποία θα βασιστούμε, τα επιμέρους ηλεκτρονικά στοιχεία και η συμπεριφορά τους, ο κώδικας προγραμματισμού του οχήματος και οι επικοινωνία ανάμεσα στο όχημα και το σταθμό εργασίας.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που αξίζει να αναφερθεί είναι πως μέσα από μεγάλο αριθμό δοκιμών και αλλαγών προκύπτει η επιθυμητή γνώση για το συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο, όπου μπορεί να οδηγήσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Ακόμα η συγκεκριμένη κατασκευή μπορεί να αποτελέσει πηγή έμπνευσης για μελλοντικές εργασίες, δημιουργώντας το σωστό υπόβαθρο. Οι δοκιμές είναι αυτές που μπορούν να οδηγήσουν στο βέλτιστο αποτέλεσμα.

Ακόμη αποκτήθηκε γνώση στο πεδίο της τρισδιάστατης εκτύπωσης, κυρίως ως προς τη χρησιμότητά της σε τέτοιου είδους κατασκευές και την εύρεση της κατάλληλης πλατφόρμας πάνω στην οποία θα βασιστεί το όχημά μας.

Παράλληλα διαπιστώθηκε η χρησιμότητα τέτοιων οχημάτων για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, καθώς μπορούν με επιτυχία να αναλάβουν αποστολές αντί για τη φυσική παρουσία του ανθρώπου. Τα επίγεια οχήματα έχουν ξεκινήσει να χρησιμοποιούνται εδώ και δεκαετίες με πολύ καλά αποτελέσματα και συνεχίζουν ακόμη και σήμερα αλλά και στο μέλλον.

### 5.1 Προβλήματα και περιορισμοί

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως ένας τρόπος αντιμετώπισης προβλημάτων που μπορεί να παρουσιαστούν είναι ο μεγάλος αριθμός δοκιμών. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε είναι η επικοινωνία μεταξύ του οχήματος και του σταθμού βάσης. Το πρόβλημα αυτό παρουσιάστηκε κυρίως στη πλευρά του οχήματος καθώς το Raspberry Pi Pico δεν ικανοποιούσε τη παροχή επαρκούς ρεύματος στο SX1278, σε αντίθεση με το Arduino Uno. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με τη προσθήκη ενός dc buck converter step-down παρέχοντας έτσι ρεύμα 120mA.

Ένα από τα προβλήματα, αλλά όχι και τόσο σημαντικό είναι ο περιορισμένος χώρος της κατασκευής μας για ακόμη περισσότερα όργανα. Αυτό γίνεται ακόμη πιο σύνθετο λόγω της ύπαρξης αρκετών καλωδίων, κυρίως στην αντιμετώπιση

βλαβών. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση τυπωμένου κυκλώματος έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος των καλωδίων.

Ακόμη ένα πρόβλημα είναι η διαθεσιμότητα στο εμπόριο αρκετών ηλεκτρονικών διατάξεων.

## **5.2 Μελλοντικές προεκτάσεις και προτάσεις**

Μια πρόταση που θα μπορούσε να γίνει είναι η χρήση μεγαλύτερης μπαταρίας για μεγαλύτερη αυτονομία κίνησης, σε συνδυασμό με χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Η τοποθέτηση ενός σερβοκινητήρα στη κάμερα έτσι ώστε να μην χρειάζεται να κινηθεί το όχημα για καλύτερη «όραση». Ακόμη να προγραμματιστεί η κάμερα με έναν FTDI, ώστε να μπορεί να προγραμματιστεί, καθώς το ESP32Cam έχει απεριόριστες δυνατότητες. Ακόμη μπορεί να προτεθεί σ αυτό και μια εξωτερική κεραία για καλύτερη λήψη και αποστολή εικόνας και βίντεο.

Καλύτερη διαχείριση καλωδίων και χώρου της κατασκευής με χρήση τυπωμένων κυκλωμάτων.

Προσθήκη και άλλων αισθητήριων οργάνων, όπως αισθητήρας παλμών κατά την ανεύρεση θυμάτων και τη διαπίστωση της κατάστασής τους. Προσθήκη ρομποτικού βραχίονα για συλλογή αντικειμένων.

Αντικατάσταση των υπαρχόντων κινητήρων με λίγο μεγαλύτερους για περισσότερη ταχύτητα.

Προστασία της κατασκευής και των ηλεκτρονικών στοιχείων, από υγρασία, θερμότητα και σκόνη χρησιμοποιώντας ένα κέλυφος στο επάνω μέρος της.

Τέλος, θα μπορούσε να προστεθεί και αυτόνομη πλοήγηση εκτός από τον απομακρυσμένο τηλεχειρισμό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <https://www.semanticscholar.org/paper/Multisensory-Surveillance-Drone-for-Survivor-and-in-Rohman-Andra/598519964c47adb071de34e87853e14af7bba685>
- [2] <https://www.semanticscholar.org/paper/Flood-survivors-detection-using-IR-imagery-on-an-Sharma/048c3193942a9fa6aa416b669b9a3dc72167ab2b>
- [3] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478532040077X>
- [4] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322005820>
- [5] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015306248>
- [6] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1738573317304011>
- [7] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420915300364>
- [8] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314728818300084>
- [9] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352938522001811>
- [10] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896322010047>
- [11] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067222001146>
- [12] <https://web.stanford.edu/~learnest/sail/oldcart.html>
- [13] <http://cyberneticzoo.com/early-mobile-robots/1962-robot-fire-cart-meredith-thring-british/>
- [14] [https://en.wikipedia.org/wiki/Lunokhod\\_programme](https://en.wikipedia.org/wiki/Lunokhod_programme)
- [15] <http://bit.ly/3vYIXnj>
- [16] [https://en.wikipedia.org/wiki/Curiosity\\_\(rover\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Curiosity_(rover))
- [17] <https://mars.nasa.gov/msl/mission/overview/>
- [18] [http://www.sar-robots.upatras.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=104&Itemid=27](http://www.sar-robots.upatras.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=104&Itemid=27)
- [19] [http://www.sar-robots.upatras.gr/index.php?option=com\\_content&view=section&layout=blog&id=7&Itemid=50](http://www.sar-robots.upatras.gr/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=7&Itemid=50)
- [20] <https://lab.issel.ee.auth.gr/wp-signup.php?new=pandora.ee.auth.gr>
- [21] <https://nemertes.library.upatras.gr/jspui/handle/10889/9166?mode=full>
- [22] <https://bit.ly/3IJI35R>



- [23] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067222001146>
- [24] <https://www.youtube.com/watch?v=OB4AxmelKik>
- [25] <https://dronebotworkshop.com/esp32-cam-microsd/>
- [26] <https://randomnerdtutorials.com/program-upload-code-esp32-cam/>
- [27] <https://projecthub.arduino.cc/samanfern/c71cd04b-79fd-4d0a-8a4b-b1dacc2f7725#section1>
- [28] <https://randomnerdtutorials.com/esp32-dc-motor-l298n-motor-driver-control-speed-direction/>
- [29] [https://create.arduino.cc/projecthub/noah\\_arduino/using-esp32-cam-witharduino-b4f12c](https://create.arduino.cc/projecthub/noah_arduino/using-esp32-cam-witharduino-b4f12c)
- [30] <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/raspberry-pi-with-lora-peer-to-peer-communication-with-arduino>
- [31] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938522001811>
- [32] <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405896322010047?token=3E8D48F24483D705FF2E5A612948ABA73E7C09F2D7DE363DE0F5E03ED1B34AA098D5783126945CE8ED5C9327AFB9F282&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230113084427>
- [33] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314728818300084>
- [34] <https://www.instructables.com/How-to-Make-a-Android-Controlled-Rover/>
- [35] <https://www.youtube.com/watch?v=69w6Q40CBWw>
- [36] <https://www.youtube.com/watch?v=qtNHjTSD8vk>
- [37] <https://www.instructables.com/IOT-Moon-Rover/>
- [38] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417422000987>
- [39] <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/configuration.html>
- [40] <https://www.upesy.com/blogs/tutorials/install-raspberry-pi-pico-on-arduino-ide-software>
- [41] <https://remotexy.com/en/help/>
- [42] <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-video-streaming-face-recognition-arduino-ide/>
- [43] <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/raspberry-pi-with-lora-peer-to-peer-communication-with-arduino>
- [44] <https://community.platformio.org/t/simple-spi-communication-example-for-raspberry-pi-pico-using-arduino-framework/28934>

- [45] <https://community.platformio.org/t/change-pi-pico-serial-and-i2c-pins-and-use-both-i2c-ports/27902/3>
- [46] <https://iotprojectsideas.com/lora-based-two-way-wireless-communication-system-with-arduino/>
- [47] [https://github.com/ErtugrulKusva/Lora-SX127x-ESP32s-Arduino-Transceiver-Arduino-IDE-Code/blob/master/SX1272\\_esp32s\\_Transmit/SX1272\\_esp32s\\_Transmit.ino](https://github.com/ErtugrulKusva/Lora-SX127x-ESP32s-Arduino-Transceiver-Arduino-IDE-Code/blob/master/SX1272_esp32s_Transmit/SX1272_esp32s_Transmit.ino)
- [48] <https://github.com/akshayabali/pico-lora/blob/master/src/LoRa-RP2040.cpp>
- [49] <https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa/blob/master/API.md>
- [50] <https://www.instructables.com/Web-controlled-rover/>
- [51] <https://howtomechatronics.com/projects/diy-mars-perseverance-rover-replica-with-arduino/>
- [52] <https://lastminuteengineers.com/l298n-dc-stepper-driver-arduino-tutorial/>
- [53] <https://forum.arduino.cc/t/keyboard-controlled-robot/199374>
- [54] <https://github.com/miguel5612/MQsensorsLib/blob/master/examples/MQ-2/MQ-2.ino>
- [55] <https://github.com/mikalhart/TinyGPSPlus/tree/master/examples>
- [56] <https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa>
- [57] <https://www.thingiverse.com/thing:3576552>