

ΕΠΑΛ Οινόης – Σχηματαρίου  
Ερευνητική Εργασία στην Τεχνολογία  
Α΄ Τάξη (3<sup>ο</sup> τμήμα)  
Σχ. Έτος 2016-2017

## Η τεχνολογία του αερόστρωμνου (hovercraft)



Μάιος 2017

### **Μέλη ομάδας**

Μιχαηλίδου Αναστασία

Ντρέτσα Αλντίτ

Πανταζής Δημήτριος

Παπάρας Δημήτριος

Σινγκ Τζουβράτζ

Σινγκ Χαρμάν

Σιχ Μπαλτζίντερ

Στούκος Παναγιώτης Περίανδρος

Τόλης Ευστράτιος

Τουπέ Νικόλα

Τσάκωνας Ανδρέας

Φλώτσιος Απόστολος

Χρυσικός Παναγιώτης

Ψαρρά Μαρία Ελπιδοφόρα

### **Επιβλέπων καθηγητής**

Εστιάδης Βασίλειος ΠΕ 17.02

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Εισαγωγή .....                                  | 4  |
| Ιστορική εξέλιξη .....                          | 5  |
| Η Φιλοσοφία του αερόστρομνου (Hovercraft) ..... | 7  |
| Λειτουργία του Hovercraft.....                  | 9  |
| Τεχνολογία του Hovercraft .....                 | 10 |
| Τεχνικά χαρακτηριστικά .....                    | 12 |
| Χρήσεις των αερόστρομων.....                    | 13 |
| Παράρτημα(Κατασκευή αερόστρομνου σκάφους) ..... | 14 |
| Βιβλιογραφία.....                               | 22 |

## Εισαγωγή

Το αερόστρωμνο ή περισσότερο γνωστό ως χόβερκραφτ (hovercraft) είναι ειδικός τύπος πλοίου που η κίνησή του γίνεται πάνω σε στρώμα αέρος που επιτυγχάνεται με ειδικούς επιπρυμναίους αεροστροβίλους (ανεμιστήρες) πίσω από τους οποίους φέρονται τα πηδάλια. Αυτό το στρώμα αέρος μειώνει στο ελάχιστο τις τριβές με αποτέλεσμα το όχημα να κινείται με μεγάλη ταχύτητα.

Στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής εργασίας, θα γίνει προσπάθεια κατασκευής ενός αερόστρωμνου "σκάφους" χρησιμοποιώντας απλά υλικά και εργαλεία της καθημερινότητας.

## ΙστορικήΕξέλιξη

### Η Ιστορία του Hovercraft

Το πρώτο καταγεγραμμένο ιστορικά σχέδιο αερόστρωμνου σκάφους (A.C.V.-AIR CUSHION VEHICLE – HOVERCRAFT) παρουσιάζεται κατά το 1716 από τον Σουηδό σχεδιαστή και φιλόσοφο EmmanuelSwedenborg.



Όταν ακόμα η μηχανοκίνηση ήταν άγνωστη, ο Swedenborgκατόρθωσε να ανασηκώσει από το έδαφος μια ναυτική πλατφόρμα και να την κινήσει πάνω σε στρώμα αέρα φουσκώνοντας κατά κάποιον τρόπο το κάτω μέρος της με έναν αεροσυμπιεστή ο οποίος έπαιρνε κίνηση με πεντάλ. Το σχέδιό του δεν υλοποιήθηκε ποτέ και το σκάφος του παρέμεινε στη φάση της σχεδίασης. Ο λόγος ήταν διότι ο Swedenborg συνειδητοποίησε πως για να λειτουργήσει τη μηχανή του σκάφους του, θα χρειαζόταν πολύ περισσότερη ισχύ από εκείνη που η τεχνολογία της εποχής του, θα μπορούσε να του προσφέρει.

Κατά το 1870 ο Βρετανός μηχανικός SirJohnThornycroft κατασκεύασε μία σειρά μοντέλων προκειμένου να μελετήσει τις επιδράσεις του συμπιεσμένου αέρα όσον αφορά την κίνηση των πλοίων, και ειδικότερα πάνω στη συμπεριφορά της γάστρας. Το επίπεδο βέβαια της τεχνολογίας, της εποχής εκείνης, εμπόδισε τον Thornycroft όχι μόνο να υλοποιήσει αλλά και να ολοκληρώσει το σχέδιό του. Από το 1870 και μετά, τόσο οι Αμερικανοί όσο και οι Ευρωπαίοι μηχανικοί συνέχισαν να εργάζονται με μεγαλύτερη επιμονή πάνω στο ACV και να μελετούν τρόπους επίλυσης των διαφόρων τεχνικών προβλημάτων.

Στις αρχές του 1950 ο Βρετανός εφευρέτης ChristopherCockerell άρχισε να πειραματίζεται με σκάφη τύπου ACV και το 1955 κατείχε μία ευρεσιτεχνία (πατέντα) για ένα όχημα το οποίο δεν ήταν ούτε αεροπλάνο, ούτε πλοίο, ούτε αυτοκίνητο.



Το πρωτότυπο όχημά του, είχε τη μορφή πλοίου. Το 1956 το παρουσίασε στον Βρετανικό στρατό χωρίς όμως ο τελευταίος να δείξει κάποιο ενδιαφέρον. Ο Cockerell όμως δεν εγκατέλειψε το φιλόδοξο σχέδιό του και το 1959 ένα μονοθέσιο εμπορικό Hovercraft διέσχισε τη Μάγχη – χάρη στη δική του επιμονή.

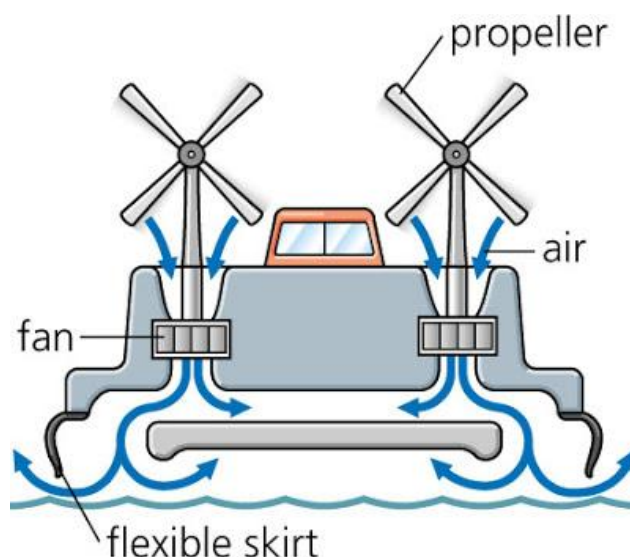


Το 1962 το σχέδιο του Cockerell τέθηκε σε εφαρμογή, και το σκάφος του μπήκε σε υπηρεσία με τη μορφή ferry πιάνοντας 19 κόμβους την ώρα.



## Η Φιλοσοφία του Αερόστρωμνου (Hovercraft)

Το αερόστρωμνο (Hovercraft) είναι ένα όχημα το οποίο έχει σχεδιαστεί για να κινείται πάνω σε χερσαίες ή υδάτινες επιφάνειες. Τα οχήματα αυτά υποστηρίζονται από κινητήρες τέτοιους ώστε να παρέχεται αέρας μεταξύ επιφάνειας (χερσαίας ή υδάτινης) και οχήματος. Ο αέρας που παρεμβάλλεται προκαλεί ανύψωση του οχήματος και με τη βοήθεια είτε προπελών είτε υδάτινων πιδάκων (Airpropellers or waterjets) παράγεται η προωστική ώση.



Οι κινητήρες που παρέχουν αέρα μεταξύ επιφάνειας και οχήματος συνδέονται με αεροπροπέλες (αεροπορικός τύπος προπέλας / έλικας), οι οποίες τροφοδοτούν με αέρα την ποδιά (skirt) του οχήματος. Ο αέρας εγκλωβίζεται στο skirt (ποδιά) το οποίο είναι μια μεγάλη ουσιαστική ελαστική επιφάνεια, με διόδους εξόδου του αέρα ώστε το όχημα να προσαρμόζεται στη μορφολογία της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται. Αυτήν εντελώς συνοπτικά είναι και η φιλοσοφία λειτουργίας ενός ACV Aircraft.

Το αερόστρωμνο είναι μία κατασκευή (όχημα) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε αποκλειστικά στη στεριά, είτε αποκλειστικά στη θάλασσα, είτε και στα δύο (θάλασσα και στεριά). Η κεντρική ιδέα για την κατασκευή τέτοιων οχημάτων βασίζεται στο τρίπτυχο! Απαλοιφή τριβών, ελαχιστοποίηση μηχανικής ισχύος, μεγιστοποίηση της ταχύτητας.

Τα σκάφη αυτά κινούνται πάνω σε ένα λεπτό στρώμα αέρα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν πολύ λιγότερες τριβές σε σχέση με τα συμβατικά πλοία και κινούνται σαφώς γρηγορότερα. Η ερμηνεία βρίσκεται στην τριβή και πώς αυτή επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική πίεση. Η ατμοσφαιρική πίεση έχει ως αποτέλεσμα να ασκείται μία μεγάλη κατακόρυφη δύναμη στο σκάφος, που με τη σειρά της αυξάνει την τριβή. Σε ένα αερόστρωμνο, διοχετεύεται αέρας στο κάτω μέρος του σκάφους εξισορροπώντας την ατμοσφαιρική πίεση και το βάρος του. Το αποτέλεσμα είναι να μειώνεται ο συντελεστής τριβής αφού δεν ακουμπά με την επιφάνεια και ουσιαστικά αιωρείται. Μικρότερη τριβή συνεπάγεται ευκολότερη και μεγαλύτερη σε διάρκεια κίνηση.

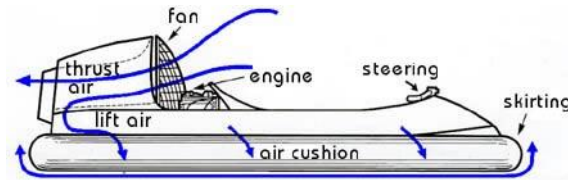
Παράδειγμα χρήσης στην ξηρά αποτελεί ο Γαλλικός και ο Βρετανικός αεροσιδηρόδρομος, ενώ στη θάλασσα, η ακτοπλοϊκή σύνδεση Dover-Calais με τα ταχύπλοα ACV της Hoverspeed. Συμπερασματικά, το ACV χρησιμοποιεί απλές αρχές φυσικής ενώ ταυτόχρονα δανείζεται (ενσωματώνει) τεχνικά χαρακτηριστικά από το χώρο της αεροπορίας και της ναυτιλίας.





## Λειτουργία του Hovercraft

Το Αερόστρωμνο (Hovercraft) είναι ένα όχημα (σκάφος) που γλιστρά επάνω σε λεία επιφάνεια και αιωρείται πάνω ένα στρώμα αέρα. Εξαιτίας αυτού, το hovercraft ονομάζεται και όχημα «αερομαξιλάρι» ή μαξιλάρι του αέρα. Το hovercraft έχει ανοίγματα (αεραγωγούς) παροχής αέρα χαμηλής πίεσης που ωθούνται προς τα κάτω και επάνω στην επιφάνεια ολίσθησης.



Τα σύγχρονα hovercrafts έχουν έλικες ή προπέλες ή ανεμιστήρες, για να δημιουργούν το επιθυμητό ρεύματα αέρα. Γύρω από τη βάση υπάρχει μια ελαστική (λαστιχένια) ποδιά που ονομάζεται «κουρτίνα», η οποία παγιδεύει τα ρεύματα του αέρα, κρατώντας τα κάτω από το hovercraft. Τα παγιδευμένα ρεύματα αέρα από την κουρτίνα δημιουργούν το μαξιλάρι αέρα σε οποιαδήποτε λεία επιφάνεια, νερό, πάγο.



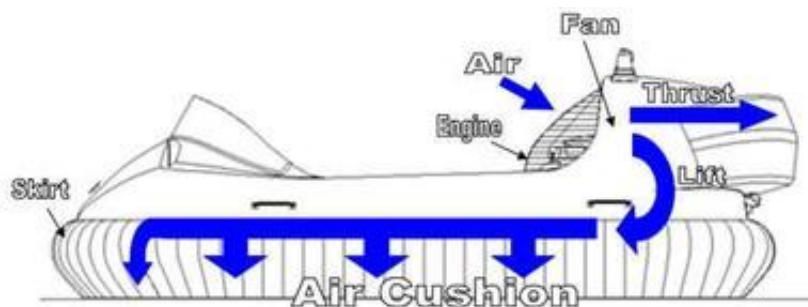
Το όχημα-σκάφος κινείται επάνω σε ένα συμπαγές στρώμα αέρα που δημιουργείται από το σύστημα ανύψωσης του σκάφους (ανάλογα με το μοντέλο κατασκευής είτε με έναν επιπλέον έλικα τοποθετημένο στο εμπρόσθιο μέρος, είτε με εκμετάλλευση της πρόωσης του αέρα) και ανανεώνεται συνεχώς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το όχημα-σκάφος μπορεί να κινηθεί με πολύ μεγαλύτερη ευελιξία από τα συμβατικά πλοία, ακόμα και σε νερά με πολύ μικρό βάθος, ενώ μπορεί να αναπτύξει ταχύτητες 30-40 κόμβους. Δεδομένου ότι ένα hovercraft μπορεί να ταξιδέψει πάνω στην επιφάνεια του νερού, εντάσσεται στην κατηγορία των αμφιβίων.

## Τεχνολογία του Hovercraft

Τα ACV λειτουργούν βάσει δύο αρχών, της ανύψωσης (lift) και της πρόωσης. Η ανύψωση είναι η σημαντικότερη παράμετρος διότι επιτρέπει τη μεσολάβηση συμπιεσμένου αέρα μεταξύ του σκάφους και της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται. Η διαδικασία ανύψωσης ξεκινά με την παροχή συμπιεσμένου αέρα στην περιοχή της ποδιάς (γάστρα: κατώτερο σημείο του σκάφους). Η ποδιά αποτελεί ουσιαστικά ένα προφυλακτικό περίβλημα του αέρα μεταξύ κυρίως κύτους και γάστρας. Το υλικό της είναι ελαστικό και έχει ουσιαστικά τη μορφή μιας μεγάλης σαμπρέλας.



Η παροχή αέρα στο κάτω μέρος του σκάφους συντελεί στη δημιουργία αεροστατικής πίεσης η οποία και ανυψώνει το ACV από το έδαφος. Ο ελεγχόμενος ρυθμός παροχής αέρα στην ποδιά του σκάφους συντηρεί τη σταθερότητά του κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Η υπερβολική παροχή αέρα μπορεί να προκαλέσει ανατροπή του σκάφους, (να πάρει δηλαδή απότομα ύψος, να μετατοπιστεί το κέντρο βάρους και να αναποδογυρίσει), ενώ η χαμηλή παροχή αέρα δεν θα του επιτρέψει να σηκωθεί από το έδαφος. Ο μηχανισμός που τροφοδοτεί με αέρα την ποδιά είναι ένας ανεμιστήρας.



Ο ανεμιστήρας αυτός (fan), χρησιμοποιείται τόσο στο στάδιο της ανύψωσης όσο και στο στάδιο της πρόωσης. Η χρήση του μπορεί να γίνει είτε σταδιακά (1ο στάδιο: ανύψωση, 2ο στάδιο: πρόωση) είτε ταυτόχρονα (ανύψωση και πρόωση). Ανεξάρτητα από τον τρόπο που θα επιλεγεί για να χρησιμοποιηθεί ο ανεμιστήρας (σε 1 ή 2 χρόνους) η σταθερότητα του σκάφους θα επηρεαστεί. Αυτό θα συμβεί διότι, με το που θα ξεκινήσει η παροχή αέρα προς την ποδιά ώστε να δημιουργηθεί το αέριο υπόστρωμα, ο αέρας μέσω αγωγού θα διαπεράσει κάθετα το σκάφος έως τη βάση του.



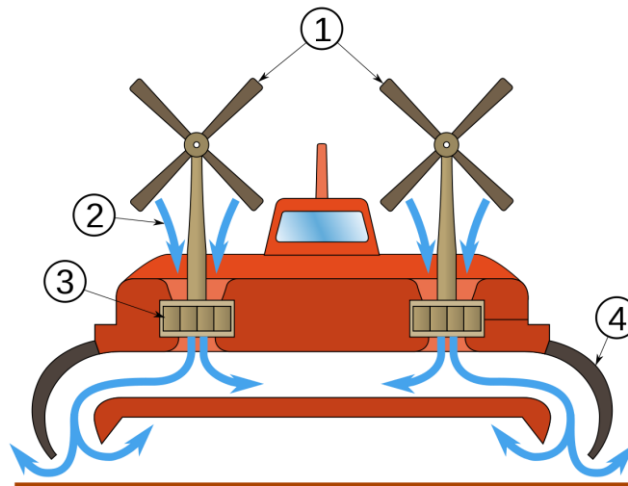
Στο πίσω μέρος του σκάφους βρίσκεται ο κινητήρας, του οποίου το βάρος είναι σημαντικό. Για την ομοιόμορφη ανύψωση του σκάφους χρειάζεται επιπλέον παροχή αέρα. Η επιπλέον αυτή παροχή πραγματοποιείται σε δεύτερο χρόνο μέσω των αγωγών που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Η μετάβαση από το πρώτο στο δεύτερο χρόνο είναι στιγμιαία. Ουσιαστικά το σκάφος ανυψώνεται ταυτόχρονα. Μέχρι όμως ο συμπιεσμένος αέρας να φτάσει και στο πίσω μέρος του σκάφους η σταθερότητα του ACV είναι πολύ ευαίσθητη. Για το λόγο αυτό ο έλεγχος της παροχής αέρα αποτελεί ζωτικής σημασίας διαδικασία τόσο στη φάση της ανύψωσης όσο και κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

Όσον αφορά την πρόωση, αυτή είναι και που διαφοροποιεί το Hovercraft όχι μόνο από τα ταχύπλοα αλλά και από τους άλλους τύπους πλοίων. Ο λόγος είναι απλός, ωστόσο δύσκολα μπορεί να τον φανταστεί ο κοινός νους: Το Hovercraft για να κινηθεί χρειάζεται πολύ λίγη ισχύ. Η πρόωση του σκάφους προέρχεται από αεροπροπέλες. Αυτές παράγουν ώση περισσότερη από εκείνη που χρειάζεται το ACV για να κινηθεί. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη τριβών.

Τα Hovercraft δεν εφάπτονται ούτε στο νερό, ούτε στην ξηρά αλλά σε ένα υπόστρωμα συμπιεσμένου αέρα. Με τον τρόπο αυτό οι τριβές εξαλείφονται και λόγω της αρχής της αδράνειας η κινητική ενέργεια που απαιτείται είναι περιορισμένη.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει όχι μόνο τη ροή του αέρα εντός ενός αερόστρωμνου αλλά και τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η ανύψωση και η πρόωση.

### Σχηματική απεικόνιση hovercraft



1. Έλικες 2. Αέρας 3. Ανεμιστήρες 4. Ποδιά

### Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ένας ζωτικός παράγοντας για τη λειτουργία του σκάφους είναι το εμβαδόν της γάστρας. Όσο πιο μεγάλο είναι το εμβαδόν της γάστρας τόσο καλύτερη συμπεριφορά στον κυματισμό παρουσιάζει το σκάφος. Με άλλα λόγια, το μεγαλύτερο πλάτος της βάσης του σκάφους, του προσδίδει και μεγαλύτερη ευστάθεια. Από την άλλη πλευρά, όσο το μήκος του ACV μεγαλώνει και οι γραμμές του στενεύουν, τόσο αυξάνεται και η ταχύτητα. Ωστόσο με τον τρόπο αυτό μειώνεται η ευστάθεια. Για να συνδυαστεί η μέγιστη ταχύτητα και ευστάθεια, τα ACV έχουν άκρα ελλειπτικής διαμόρφωσης.

Τα πλοία αυτά που είναι αερόστρωμνα (Hovercraft), αναπτύσσουν ταχύτητα 60 κόμβων και έχουν εμβέλεια 300 μίλια με σταθερή ταχύτητα 55 κόμβων. Το εκτόπισμα πλήρους φόρτου είναι 550 τόνοι με μεταφορική δυνατότητα πολλών οχημάτων και 230 ανθρώπων, συνολικού βάρους έως και 130 τόνων.

## Χρήσεις των αερόστρωμνων

Τα αερόστρωμνα οχήματα σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως για τους εξής σκοπούς:

- Για εμπορικούς σκοπούς (μεταφορά εμπορευμάτων στους παγωμένους πόλους της γης και σε λίμνες με αβαθή νερά).
- Για κοινωνικούς σκοπούς (διάσωση ή μεταφορά ατόμων).
- Για στρατιωτικούς σκοπούς (μεταφορά αρμάτων μάχης από τα στρατιωτικά πλοία στην ξηρά).





## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

### **Κατασκευή αερόστρωμνου σκάφους**

#### **Εργαλεία κατασκευής:**

- Μολύβι
- Χάρακας
- Κόλλα γενικής χρήσης
- Ψαλίδι
- Κοπίδι
- Κατσαβίδι
- Σιλικόνη
- Μονωτική ταινία
- Δεματικά καλωδίων
- Κολλητική ταινία (σελοτέιπ)

#### **Υλικά κατασκευής:**

- 1 Κομμάτι φελιζόλ
- 1 Πλαστική σακούλα
- 2 Ανεμιστηράκια από μονάδα PC
- 1 Μπαταρία 9V
- Καλώδιο

## Φωτογραφικό υλικό



















## **Βιβλιογραφία – Πηγές Πληροφόρησης**

<https://el.wikipedia.org/wiki/Αερόστρομνο>

[iep.edu.gr:8080/images/.../EPAL.../6.EET\\_HOVERCRAFT\\_AEPOΣTPΩMNO.pdf](http://iep.edu.gr:8080/images/.../EPAL.../6.EET_HOVERCRAFT_AEPOΣTPΩMNO.pdf)

[eclass.sch.gr/modules/document/index.php?course=G1431100&download=/...pdf](http://eclass.sch.gr/modules/document/index.php?course=G1431100&download=/...pdf)

[dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/1801/Foteineas.pdf?sequence=3](http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/1801/Foteineas.pdf?sequence=3)

<https://www.youtube.com/watch?v=1OMSdA4-Gn4>