

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΒΑΘΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΤΟΥ ΘΕΩΡΗΜΑΤΟΣ

BERNOULLI

ΟΝΟΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ-ΑΓΓΕΛΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής: ΔΙΒΙΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Ημερομηνία κατάθεσης:

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΒΑΘΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΤΟΥ ΘΕΩΡΗΜΑΤΟΣ

BERNOULLI

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ-ΑΓΓΕΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΙΒΙΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Ημερομηνία κατάθεσης:

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	4
Abstract	4
1. Εισαγωγή	
1.1 Μηχανική των ρευστών	5
1.2. Τύποι ροής και ο αριθμός Reynolds	5
1.3. Κυρίαρχες εξισώσεις	6
1.4. Εφαρμογές της Μηχανικής των ρευστών	6
1.5 Εφαρμογή της Μηχανικής των ρευστών στα πλοία	11
2. Εξίσωση Bernoulli	
2.1 Εισαγωγή	14
2.2 Η εξίσωση Bernoulli	16
3. Πειραματικό μέρος	
3.1. Περιγραφή συσκευής	18
3.2 Επισκευή	18
4. Προτάσεις για μελλοντική δουλειά	37
5. Βιβλιογραφία	38

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασία είναι η εκτενής επισκευή της πειραματικής διάταξης που μελετάει το θεμελιώδες θεώρημα Bernoulli, και η οποία βρίσκεται στις εγκαταστάσεις της Ακαδημίας Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας. Μετά από επιθεώρηση της διάταξης, έγινε εντοπισμός ζημιών. Συνοπτικά οι ζημιές αφορούσαν την αντλία (αδυναμία περιστροφής, κατεστραμμένο impeller) και τα περιφερειακά συστήματα (καμένες ασφάλειες, κατεστραμμένος σένσορας των στροφών, διαρροές σε όλες τις σωληνώσεις, σπασμένο δοχείο αποθήκευσης νερού). Έγιναν οι απαραίτητες εργασίες για την αποκατάσταση των ζημιών, οι οποίες αφού ολοκληρώθηκαν έγινε ο επιτυχής έλεγχος της καλής λειτουργίας της συσκευής κατά ένα μέρος. Η συσκευή χρησιμοποιείται ως εργαστηριακή άσκηση στα πλαίσια του μαθήματος της μηχανικής των ρευστών για την σχολή των μηχανικών εμπορικού ναυτικού Μακεδονίας.

ABSTRACT

The aim of this thesis is the extensive repair of experimental device that studies Bernoulli's fundamental theorem, which is found in the installations of the Merchant Marine Academy of Macedonia. After the inspection of the device, all the damaged parts were found. Concisely the damage concerned the pump (unable to rotate, destroyed impeller) and the regional systems (burned fuses, destroyed speed sensor, leaking piping, broken water storage container). Essential work was done for the re-establishment of damaged parts, after the parts were repaired, a hydraulic test was made to ensure good operation of the parts. This device is used as a laboratory exercise in the course of fluid mechanics of the Merchant Marine Academy of Macedonia.

1. Εισαγωγή

1.1. Μηχανική των ρευστών

Εξ ορισμού, ένα ρευστό είναι μια υλική συνέχεια που είναι ανίκανη να αντισταθεί μια στατική διατμητική τάση. Αντίθετα από ένα ελαστικό στερεό που αποκρίνεται σε μια διατμητική τάση με μια ανακτήσιμη παραμόρφωση, ένα ρευστό αποκρίνεται με μια μη ανακτήσιμη ροή. Οι μεταβλητές που καθορίζουν ένα ρευστό και το περιβάλλον του τις βλέπουμε στον πίνακα 1.1

Πίνακας 1

Ποσότητα	Σύμβολο	Μονάδα Μέτρησης
Πίεση	p	N/m ²
Ταχύτητα	v	m/s
Πυκνότητα	ρ	Kg/m ³
Ιξώδες	μ	Kg/m-s
Δύναμη σωμάτων	b	N/Kg
Χρόνος	t	s

Παραδείγματα ρευστών είναι τα αέρια και τα υγρά. Χαρακτηριστικά, τα υγρά θεωρούνται ασυμπίεστα, ενώ τα αέρια θεωρούνται συμπιέσιμα. Εντούτοις, υπάρχουν εξαιρέσεις στις καθημερινές εφαρμογές εφαρμοσμένης μηχανικής.

1.2. Τύποι ροής και ο αριθμός Reynolds

Η ροή των ρευστών μπορεί να είναι είτε στρωτή είτε ταραχώδεις. Ο παράγοντας ο οποίος καθορίζει ποιος τύπος ροής είναι παρών είναι η αναλογία των δυνάμεων αδράνειας στις δυνάμεις ιξώδους μέσα στο ρευστό, που εκφράζεται από το μη διαστατικό αριθμό Reynolds,

$$R = (\rho \cdot V \cdot D) / \mu$$

όπου τα V και D είναι η χαρακτηριστική ταχύτητα του ρευστού και η απόσταση. Για παράδειγμα, για υγρό που ρέει σε σωλήνα V θα ήταν η μέση ταχύτητα του υγρού και D η διάμετρος του σωλήνα. Χαρακτηριστικά, οι δυνάμεις ιξώδους μέσα σε ένα ρευστό τείνουν να σταθεροποιήσουν και να οργανώσουν τη ροή, ενώ η υπερβολική αδράνεια του υγρού τείνει να αναστατώσει την οργανωμένη ροή που οδηγεί στη χαοτική ταραχώδη συμπεριφορά. Η ροή ενός ρευστού είναι στρωτή για αριθμό Reynolds μέχρι το 2000. Πέρα από αριθμό Reynolds 4000, η ροή είναι στρωτής απολύτως ταραχώδης. Μεταξύ 2000 και 4000, η ροή είναι στη φάση της μετάβασης μεταξύ

στρωτής και ταραχώδους ροής. Είναι δυνατό να βρεθούν οι υπό περιφέρειες και των δυο τύπων ροής μέσα σε ένα δεδομένο τομέα ροής

1.3. Κυρίαρχες εξισώσεις

Η στρωτή ροή ενός ρευστού περιγράφεται από τις εξισώσεις των Navier-Stokes. Για τις περιπτώσεις ατριβής ροής, η εξίσωση Bernoulli μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τη ροή. Όταν η ροή είναι μηδέν (δηλ. στατική), χρησιμοποιούμε τις εξισώσεις της στατικής ρευστό μηχανικής.

1.4. Εφαρμογές της Μηχανικής των ρευστών

. Η μηχανική των ρευστών είναι για τα καλά μέσα στην ζωή μας σε καθημερινές και μη εφαρμογές όπως τα αυτοκίνητα, τα αεροπλάνα, σε κτήρια, στις Μ.Ε.Κ. Κλπ. Οι εικόνες παρακάτω δείχνουν χαρακτηριστικά δείγματα αυτών των εφαρμογών, όπως Υπολογιστική δυναμική των ρευστών στις άκρες εναλλάκτη θερμότητας κινητήρα Μ.Ε.Κ., Ροική εξέλιξη σε κυλινδροκεφαλή αυτοκινήτου, Η μελέτη της ροής του αέρα σε κτίρια με μη συμβατικά σχέδια είναι σημαντική για την αποφυγή υψηλών ταλαντώσεων κ.α.



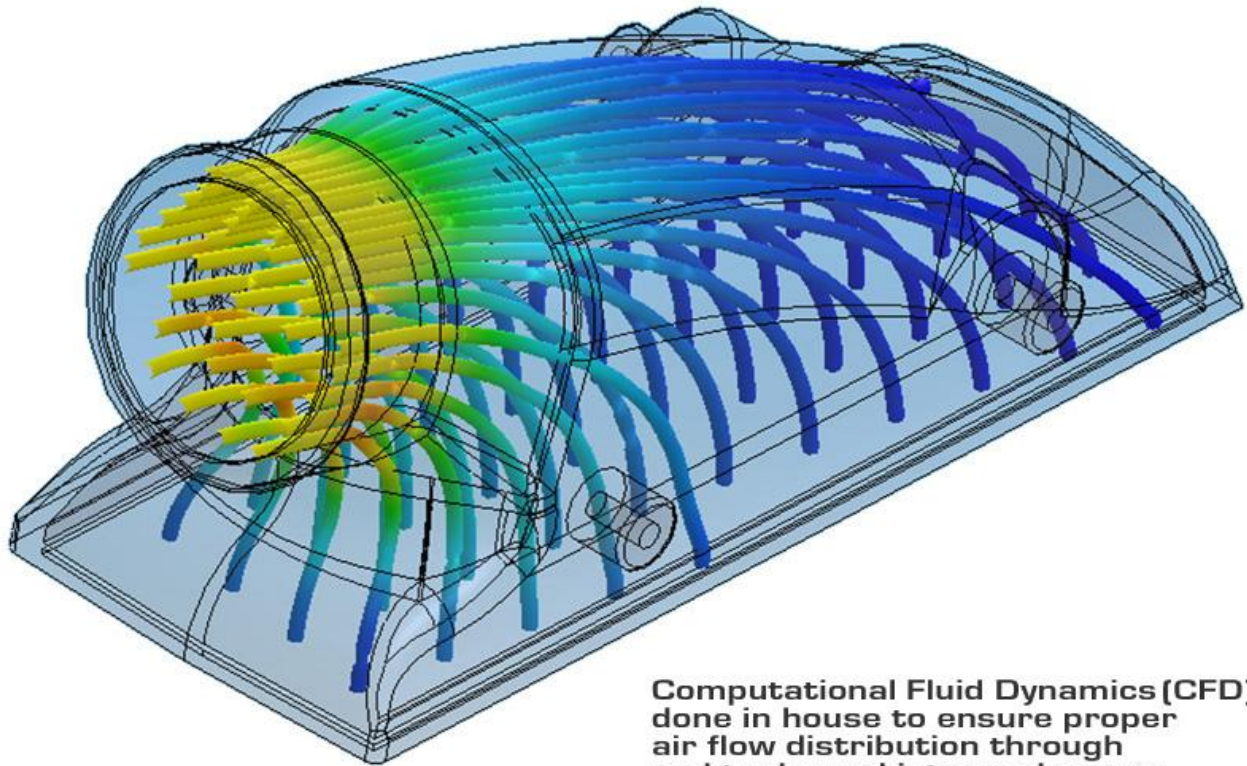
Εικόνα 1.1: Αεροτομή σε αγωνιστικό Toyota MR-S για αύξηση της κάθετης δύναμης



Εικόνα 1.2: Αγωνιστικό για αγώνες Dragster σε αεροδυναμική σήραγγα για καθορισμό της οπισθέλκουσας



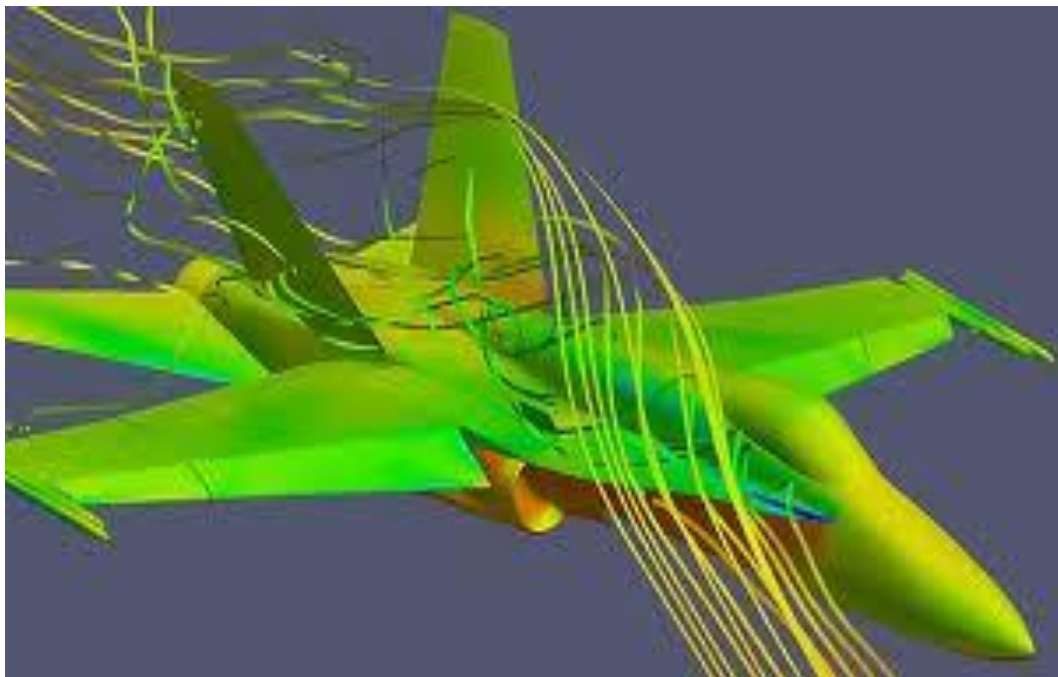
Εικόνα 1.3: Ροηκή εξέλιξη σε κυλινδροκεφαλή αυτοκινήτου



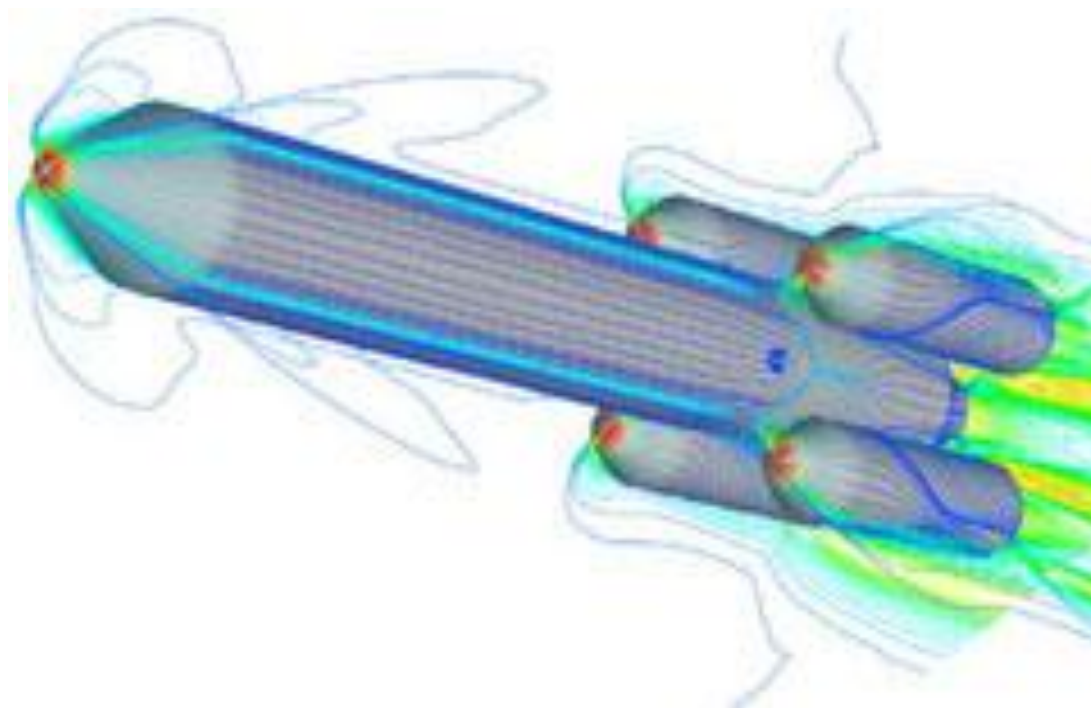
Computational Fluid Dynamics (CFD)
done in house to ensure proper
air flow distribution through
end tanks and intercooler core

AWE TUNING

Εικόνα 1.4: Υπολογιστική δυναμική των ρευστών στις άκρες εναλλάκτη θερμότητας κινητήρα Μ.Ε.Κ.



Εικόνα 1.5: Ψηφιακή αναπαράσταση ροής αέρα σε μαχητικό αεροσκάφος



Εικόνα 1.6: Ψηφιακή αναπαράσταση σχηματισμού ροής αέρα σε πύραλο



3W2524 [RM] © www.visualphotos.com

Εικόνα 1.7: Από τις διαδεδομένες εφαρμογές το φλόγιστρο Bunsen



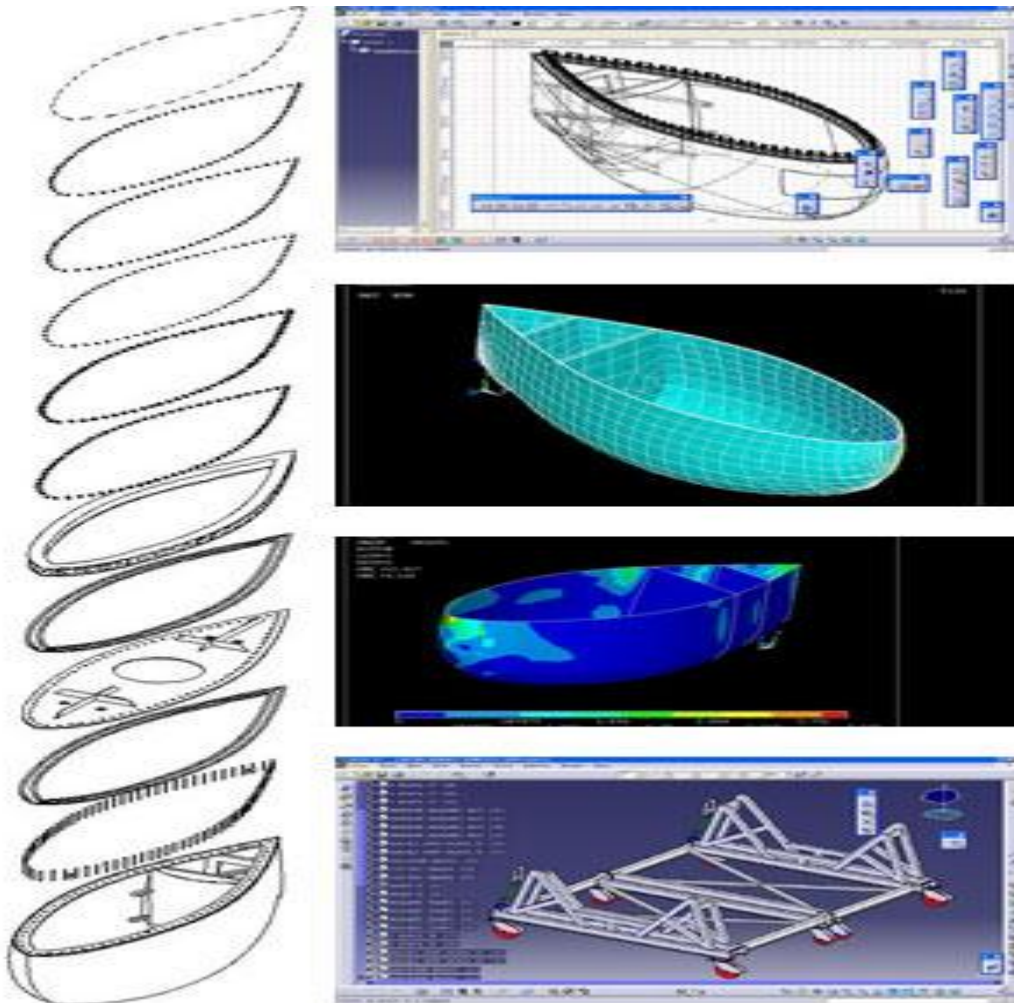
Εικόνα 1.8: Μια από τις καθημερινες εφαρμογές της Μηχανικής των ρευστών : το συντρίβανι



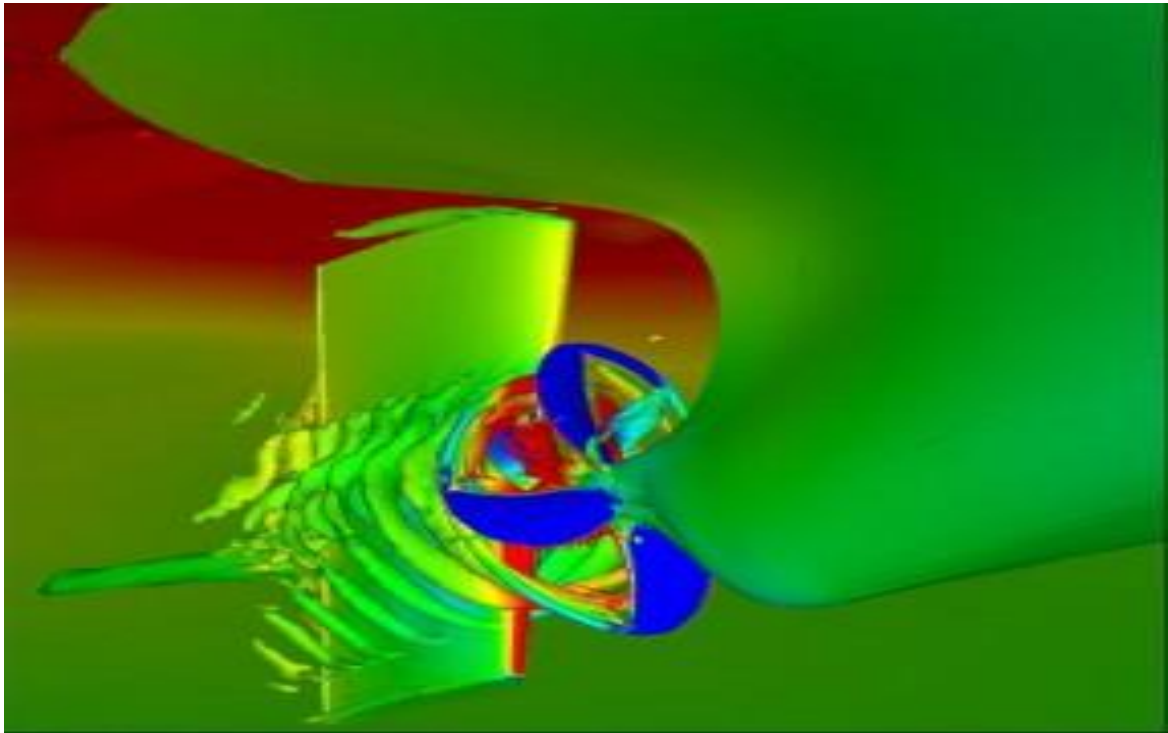
Εικόνα 1.9: Η μελέτη της ροής του αέρα σε κτίρια με μη συμβατικά σχέδια είναι σημαντική για την αποφυγή υψηλών ταλαντώσεων

1.5 Εφαρμογή της Μηχανικής των ρευστών στα πλοία

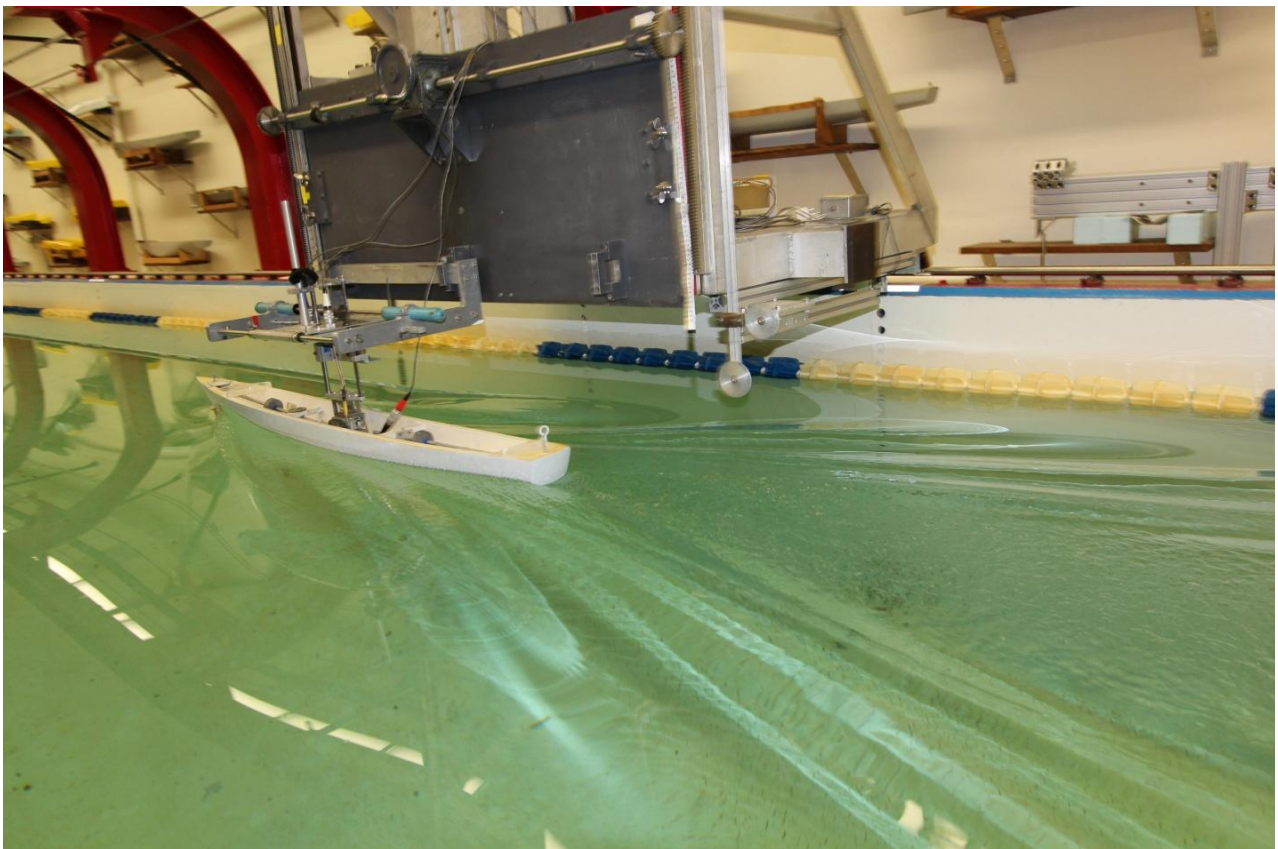
Η σημασία των ρευστών για τον τομέα της ναυτιλίας είναι τεράστια. εκτός από τα ζητήματα που σχετίζονται με την άνωση, την πλεύση και την κίνηση του πλοίου στη θάλασσα, το ίδιο το πλοίο αποτελεί μια σχετικά αυτόνομη παραγωγική μονάδα, στην οποία συναντάμε πολλά είδη ρευστών (νερό διαφόρων χρήσεων, καύσιμα, λάδια, υδρατμό, αέρα κ.α.). Οι σωληνώσεις και τα μηχανήματα διακινήσεως αυτών των ρευστών δεν περιορίζονται μόνο στο μηχανοστάσιο, αλλά εκτείνονται σε όλο το πλοίο. Όπως φαίνεται στις εικόνες παρακάτω σε κάθε μορφή πλοίου από την κατασκευή μέχρι και στην χρήση η μηχανική των ρευστών παίζει κάποιο ρόλο.



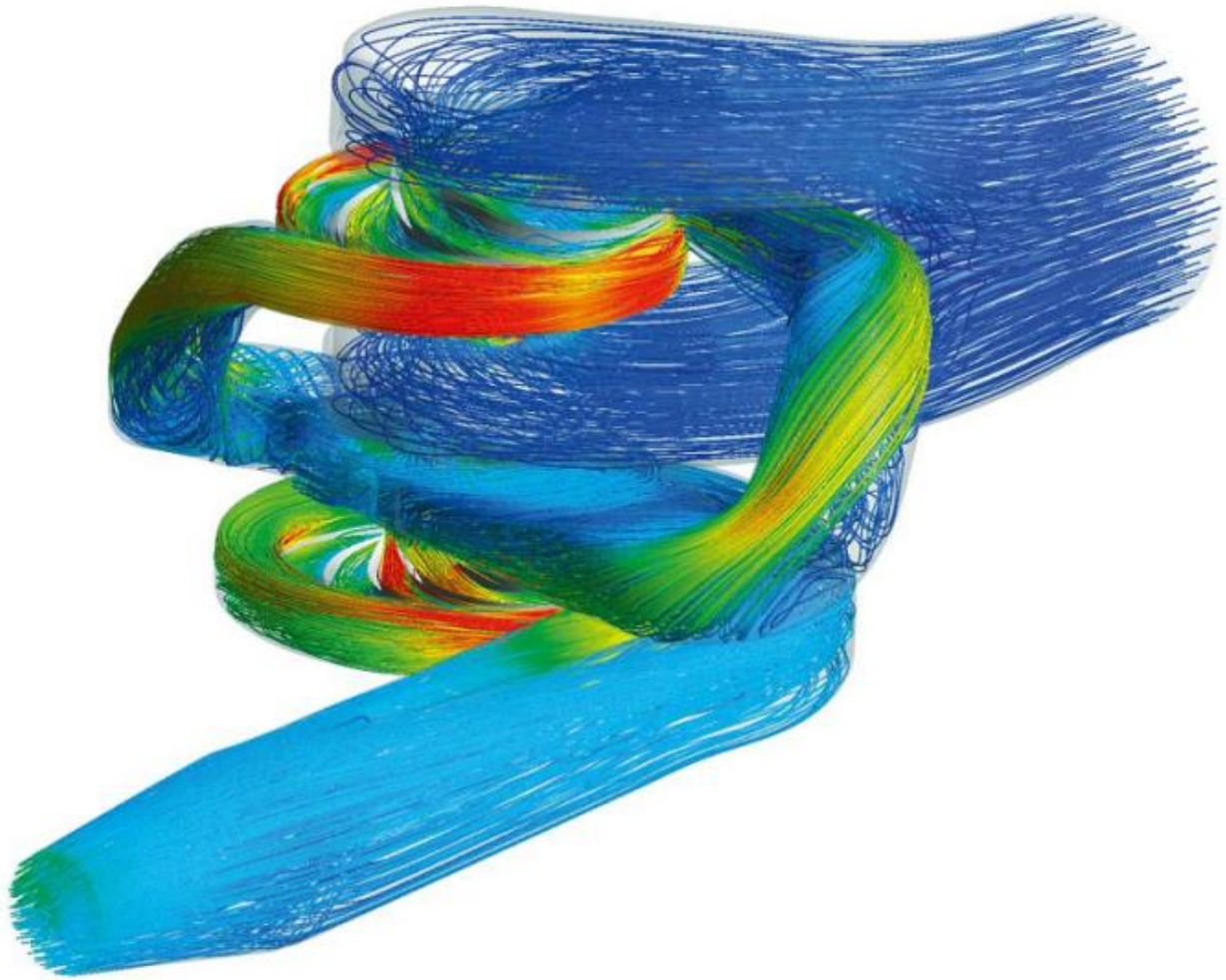
Εικόνα 1.10: Σχεδιασμός ατρακτού σκάφους



Εικόνα 1.11: Ψηφιακή αναπαράσταση ροής του νερού σε προπέλα πλοίου



Εικόνα 1.12: Δοκιμή μοντέλου πλοίου



Εικόνα 1.13: Δυναμική ροή σε μια διπλής-ροής, δύο σταδίων φυγοκεντρική αντλία

2. Εξίσωση Bernoulli

2.1. Εισαγωγή

Ο Ντάνιελ Μπερνούλι (Daniel Bernoulli, Γκρόνινγκεν, 8 Φεβρουαρίου 1700 - 17 Μαρτίου 1782) ήταν μαθηματικός γεννημένος στην Ολλανδία, που έζησε επί το πλείστον στην Βασιλεία της Ελβετίας, όπου και πέθανε. Γεννήθηκε σε μια οικογένεια καταξιωμένων μαθηματικών, φυσικών και μηχανικών. Ο ίδιος έδωσε βάρος σε τομείς όπως η μηχανική των ρευστών και την στατιστική.



Εικόνα 2.1: Ντάνιελ Μπερνούλι

Γεννήθηκε στο Γκρόνινγκεν, γιος του Γιόχαν Μπερνούλι, ανιψιός του Γιάκομπ Μπερνούλι, νεότερος αδερφός του Νικόλαους Μπερνούλι, και μεγαλύτερος αδερφός του Γιόχαν Μπερνούλι Β'. Ο Ντάνιελ είχε χαρακτηριστεί ως «μακράν ο ικανότερος από τους νεότερους Μπερνούλι». Φήμες ήθελαν τον Ντάνιελ και τον πατέρα του να μην τρέφουν τις αρτιότερες σχέσεις. Μάλιστα σε έναν επιστημονικό διαγωνισμό που έλαβε χώρα στο πανεπιστήμιο του Παρισιού, πατέρας και γιός ανταγωνίστηκαν και ισοβάθμησαν στην πρώτη θέση. Μην μπορώντας να αντέξει ο πατέρας την σύγκριση με το γιό του, τον έδιωξε από το σπίτι. Αργότερα επίσης, ο Γιόχαν προσπάθησε να κλέψει την ιδέα του βιβλίου του Ντάνιελ *Hydrodynamica*, μετονομάζοντάς το σε *Hydraulica*. Παρά τις επίμονες προσπάθειες του Ντάνιελ για συμφιλίωση με τον πατέρα του, εκείνος δεν μαλάκωσε ποτέ.



Εικόνα 2.2: Εξώφυλλο του βιβλίου του Ντάνιελ Μπερνούλι

Ο νεότερος αδερφός του Ντάνιελ, Γιόχαν ο Νεώτερος, γεννήθηκε όταν εκείνος ήταν πέντε ετών. Αν και όσο ο Ντάνιελ φοιτούσε στο σχολείο ο πατέρας του τον προέτρεψε να ακολουθήσει καριέρα στα οικονομικά, καθώς το μέλλον των μαθηματικών δεν έδειχνε λαμπρό, ωστόσο ο Ντάνιελ αρνήθηκε. Ο πατέρας του επέμεινε να τον κατευθύνει εκτός των μαθηματικών, αυτή τη φορά στη φαρμακευτική. Ο Ντάνιελ, μην μπορώντας να αντέξει την πίεση, δέχτηκε υπό τον όρο να του κάνει ο πατέρας του ιδιαίτερα στα μαθηματικά που αγαπούσε.

Ήταν συνομήλικος και φίλος με τον Λέοναρντ Όιλερ. Το 1724 δίδαξε σαν μαθηματικός στην Αγία Πετρούπολη, αλλά έφυγε το 1733 δυσαρεστημένος και επέστρεψε στο πανεπιστήμιο της Βασιλείας, όπου κράτησε διάφορες έδρες στα τμήματα της φαρμακευτικής, της μεταφυσικής και της φυσικής φιλοσοφίας μέχρι το τέλος της ζωής του. Το πρώτο του μαθηματικό έργο ήταν το Exercitationes (Μαθηματικές Ασκήσεις, λύσεις της διαφορικής εξίσωσης Ricatti), που εκδόθηκε το 1724. Δυο χρόνια αργότερα επεσήμανε για πρώτη φορά τη συχνή ανάγκη ανάλυσης μιας σύνθετης κίνησης σε μεταφορική κίνηση και περιστροφική κίνηση. Το κύριο έργο του είναι η Υδροδυναμική (Hydrodynamica), που εκδόθηκε στα 1738 και στην οποία διατυπώνεται η θεωρία της δυναμικής των ρευστών και η περίφημη πλέον Αρχή του Μπερνούλι με την αντίστοιχη Εξίσωση Μπερνούλι.

Το έργο μοιάζει με την Αναλυτική Μηχανική του Λαγκράνζ στο ότι όλα τα αποτελέσματα προκύπτουν από μια και μόνη αρχή, τη διατήρηση της ενέργειας.

Η εργασία ακολουθήθηκε από ένα μνημόνιο πάνω στη θεωρία των παλιρροιών για την οποία μοιράστηκε ένα βραβείο από τη Γαλλική Ακαδημία με τους Όιλερ και Μακ Λόριν που είχαν δουλέψει ανεξάρτητα πάνω στο ίδιο θέμα. Οι τρεις αυτές εργασίες αποτέλεσαν τη μόνη θεωρητική έρευνα για τις παλλίροιες μέχρι την έκδοση του *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* του Νεύτωνα και τις έρευνες του Πιέρ Σιμόν Λαπλάς. Ο Μπερνούλι έγραψε επίσης ένα μεγάλο αριθμό εργασιών πάνω σε διάφορα θέματα της μηχανικής, ειδικά στα προβλήματα της παλλόμενης χορδής, και τις λύσεις που δόθηκαν από τον Μπρουκ Τέιλορ και τον Ζαν Ντ' Αλαμπέρ. Το 1783 ο Μπερνούλι έγραψε επίσης το βιβλίο *Specimen theoriae novae de mensura sortis* (Στοιχεία μιας Νέας Θεωρίας για την Εκτίμηση Κινδύνου), στο οποίο το παράδοξο της Αγίας Πετρούπολης γινόταν η βάση της οικονομικής θεωρίας της αποστροφής κινδύνου, του ασφάλιστρου κινδύνου και της οικονομικής ωφέλειας.

Μια από τις πρώτες προσπάθειες ανάλυσης ενός στατιστικού προβλήματος με τη χρήση αποκομμένων δεδομένων ήταν η ανάλυση που στα 1766 έκανε ο Μπερνούλι σχετικά με τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα της ευλογιάς προκειμένου να αποδείξει την αποτελεσματικότητα των εμβολιασμών. Ο Μπερνούλι είναι ο πρώτος ερευνητής που προσπάθησε να θεμελιώσει μια κινητική θεωρία των αερίων, και ως εφαρμογή των ιδεών του προσπάθησε να εξηγήσει το νόμο του Μπόιλ. Εργάστηκε επίσης μαζί με τον Όιλερ πάνω στην ελαστικότητα.

2.2 Η εξίσωση Bernoulli

Ο Νόμος του Μπερνούλι, καλούμενος και *Θεμελιώδες θεώρημα της Υδροδυναμικής*, ταυτίζεται με την Αρχή διατήρησης της ενέργειας και αφορά την περίπτωση των υγρών Στην απλή του μορφή ο νόμος αυτός καθορίζει την πίεση που επικρατεί μέσα στα υγρά, όταν αυτά κινούνται.

Στη πραγματικότητα πρόκειται για ένα άθροισμα τριών ενεργειών: της "ενέργειας θέσεως", της "δυναμικής πίεσης", που αποτελεί το μέτρο της "κινητικής ενέργειας" του υγρού, και της "υδροστατικής πίεσης", που είναι και το μέτρο της "δυναμικής ενέργειας" λόγω ύψους ή λόγω του πεδίου βαρύτητας.

Αν για παράδειγμα ονομασθεί ρ_ϵ η πίεση ενός υγρού, γ το ειδικό βάρος του, u η ταχύτητα αυτού και h το στατικό ύψος ενός θεωρουμένου σημείου, τότε ο *Νόμος του Μπερνούλι* παρίσταται με την ακόλουθη μαθηματική διατύπωση:

$$\rho_\epsilon + \frac{\gamma u^2}{2g} + \gamma h = C \quad \text{σταθερό}$$

Στον μαθηματικό αυτό τύπο, το ρ_ϵ παριστάνει την υπό των εξωτερικών δυνάμεων δημιουργούμενη πίεση που αποτελεί ακριβώς το μέτρο της *ενέργειας θέσεως*. Η δε παράσταση $(\gamma u^2) / 2g$ εκφράζει την δυναμική πίεση και αποτελεί το μέτρο της *κινητικής ενέργειας* του υγρού. Τέλος η παράσταση (γh) είναι αυτή που εκφράζει την *υδροστατική πίεση* που είναι και το μέτρο της *δυναμικής ενέργειας* όπως προαναφέρθηκε. Το δε άθροισμα αυτών C είναι σταθερό.

Κατόπιν όλων των παραπάνω, ως κατάληξη, ο *Νόμος του Μπερνούλι* καθορίζει ότι:

"Κατά μήκος μιας φλέβας ή ενός αγωγού που διέρχεται υγρό το άθροισμα της εξωτερικής πίεσης, της δυναμικής πίεσης και της υδροστατικής πίεσης είναι σταθερό".

- Στη περίπτωση οριζόντιου αγωγού οπότε το ύψος h παραμένει σταθερό εξυπακούεται ότι ο παραπάνω μαθηματικός τύπος περιορίζεται στις δύο πρώτες παραστάσεις:

$$\rho_\epsilon + \frac{\gamma u^2}{2g} = C \quad \text{σταθερό.}$$

Εξ αυτού του τελευταίου συνάγεται ότι: *κατά τη ροή του υγρού, η πίεση είναι μικρή στα σημεία όπου η ταχύτητα είναι μεγάλη, και αντίστροφα είναι μεγάλη σε σημεία όπου η ταχύτητα είναι μικρή, ή ακόμα, το άθροισμα της "ενέργειας θέσεως" και της "κινητικής ενέργειας" είναι σταθερό.* Τούτο άλλωστε γίνεται εύκολα αντιληπτό δεδομένου ότι όταν αυξάνεται η κινητική ενέργεια του υγρού, η αύξηση αυτή πραγματοποιείται με αντίστοιχη ελάττωση της ενέργειας θέσεως προκειμένου το άθροισμα τους να παραμένει σταθερό.

3. Πειραματικό μέρος

3.1. Περιγραφή συσκευής

Η συσκευή αποτελείται από τον κύριο πάγκο και επιμέρους βοηθήματα. Ο πάγκος αποτελείται από ένα καρτσάκι-τοποθετημένο σε πλαίσιο χάλυβα με μια κατάλληλη επίπεδη επιφάνεια εργασίας. Μια δεξαμενή με τα βαθμολογημένα στόμια επιτρέπει συνεχή μέτρηση του ρυθμού ροής νερού. Το νερό παραδίδεται στον πάγκο από μια μηχανοκίνητη αντλία ή από τους κεντρικούς αγωγούς. Τα επιμέρους βοηθήματα είναι κατασκευασμένα από διαφανές Plexiglas και πλαστικό.

3.2 Επισκευή

Παρατηρήθηκε ότι η συσκευή είχε καιρό να χρησιμοποιηθεί και πολλά μέρη είχαν επισκευασθεί ξανά. Αφού αποσυναρμολογήθηκε η συσκευή για να μεταφερθεί σε προσωπικό χώρο για την επισκευή της έγιναν οι εξής εργασίες :

- Οπτικός έλεγχος για εμφανείς ζημιές
- Υδραυλική δοκιμή σε όλα τα μέρη για απώλειες με την χρήση νερού
- Εξ άρμωση όλων των αντικειμένων για έλεγχο περεταιίρω ζημιών

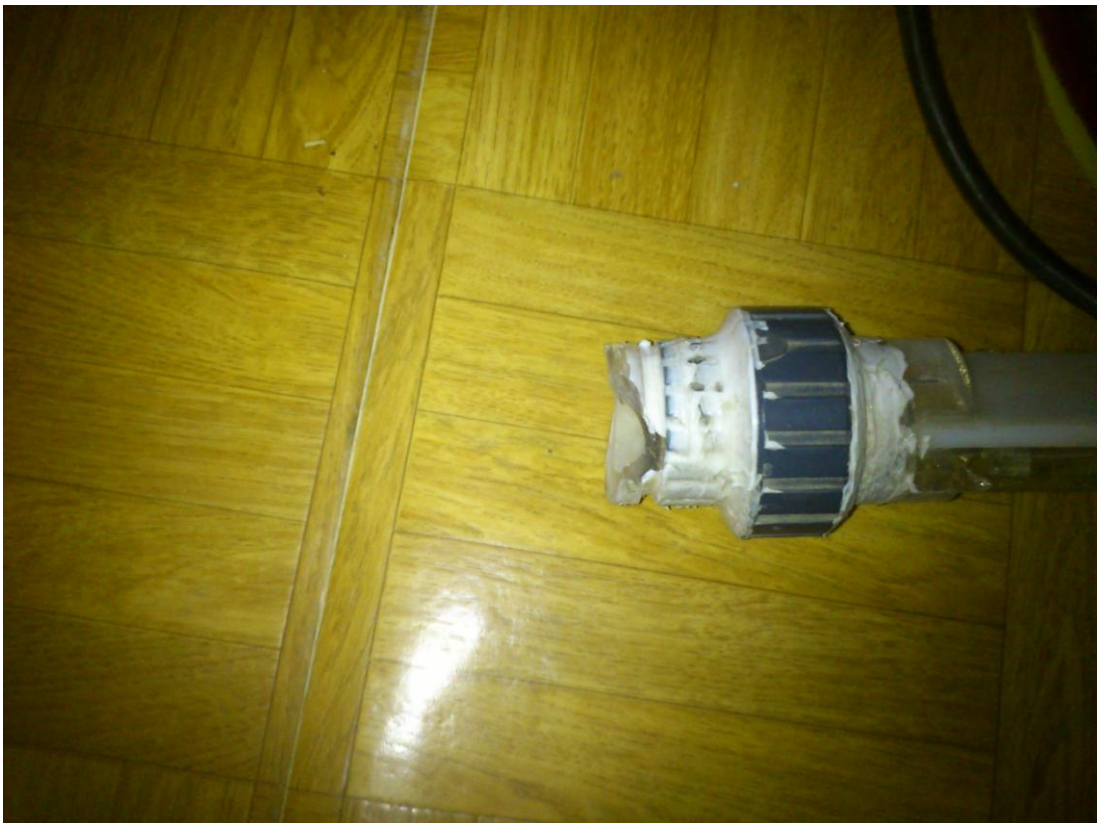
Παρατηρήθηκε ότι πολλά από τα τμήματα που είναι κατασκευασμένα από Plexiglas είχαν απώλειες και ήταν επισκευασμένα με την χρήση σιλικόνης



Εικόνα 3.1 Plexiglas επισκευασμένο με σιλικόνη



Εικόνα 3.2 Οι βάνες και οι πλαστικές σωληνώσεις επισκευασμένες επίσης με σιλικόνη



Εικόνα 3.3 Σύνδεσμος Plexiglas σπασμένος και επικαλυμμένος με σιλικόνη



Εικόνα 3.4 Το Plexiglas του μετρητικού δοχείου σπασμένο

Η αντλία ήταν φρακαρισμένη και έγινε εξ άρμωση της για περαιτέρω επιθεώρηση. Παρατηρήθηκε ότι η πλαστικοποίηση η οποία υπήρχε στο εσωτερικό της αντλίας ήταν υπερβολικά κατεστραμμένη και είχε το αποκαλύψει μεταλλικό μέρος της αντλίας το οποίο είχε διαβρωθεί και το impeller της αντλίας είχε καταστραφεί.



Εικόνα 3.5 Η αντλία με το κέλυφος του ηλεκτρικού μοτέρ εξαρμωμένο



Εικόνα 3.6 Το ηλεκτρικό μοτέρ της αντλίας δίχως τον ανεμιστήρα



Εικόνα 3.7 Εξάρμωση του κέλυφους της αντλίας



Εικόνα 3.8 Το κέλυφος της αντλίας εσωτερικά

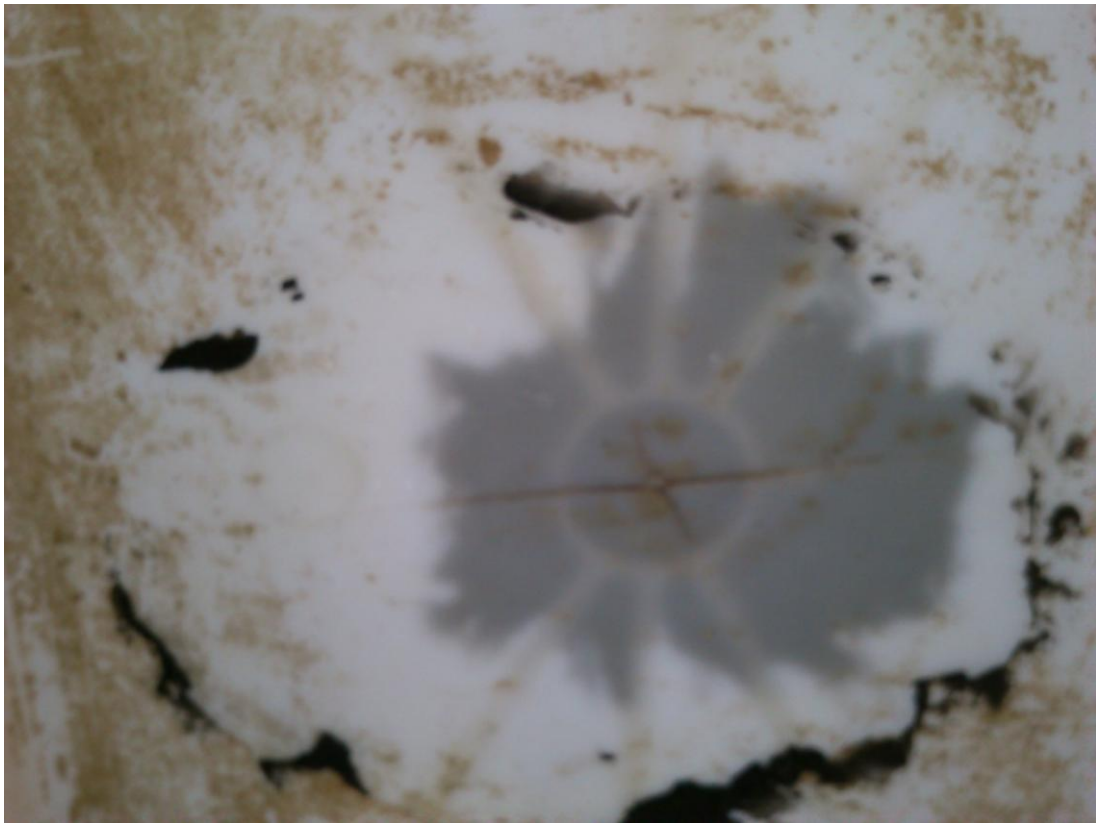


Εικόνα 3.9 Το εσωτερικό της αντλίας με το σπασμένο impeller

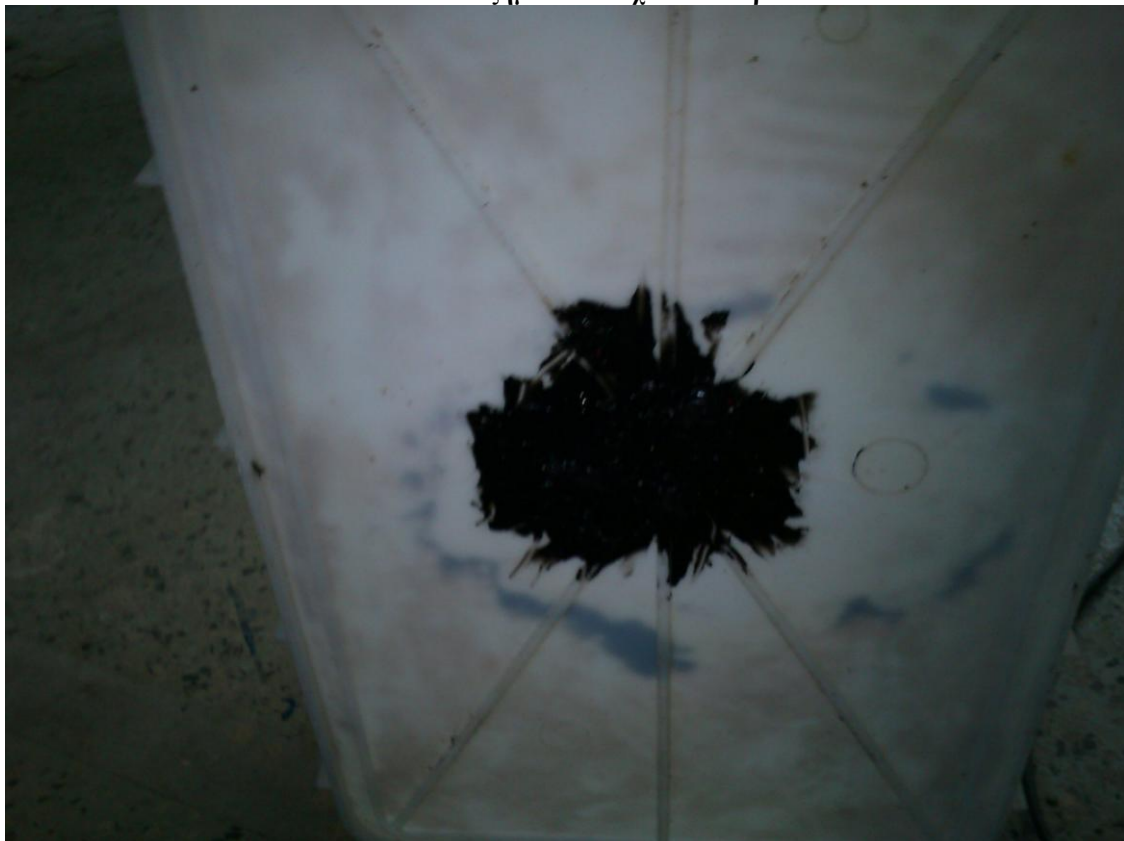
Το δοχείο παροχής νερού χωρητικότητας 60 λίτρων ήταν και αυτό σπασμένο και επισκευασμένο με την χρήση σιλικόνης και όλα τα επιστόμια της συσκευής φρακαρισμένα.



Εικόνα 3.10 Το αρχικό δοχείο αποθήκευσης νερού της συσκευής



Εικόνα 3.11 Η ζημιά στο δοχείο εσωτερικά



Εικόνα 3.12 Η ζημιά στο δοχείο εξωτερικά

Επίσης το pickur για την ένδειξη των στροφών της αντλίας ήταν κατεστραμμένο.



Εικόνα 3.13 Το pickur στροφών της αντλίας

Μετά το πέρας της διάγνωσης των προβλημάτων της συσκευής ξεκίνησα με την επισκευή της. Όλα τα μέρη τα οποία ήταν κατασκευασμένα από Plexiglas επιδιορθώθηκαν με την χρήση εποξικής κόλας δυο συστατικών.

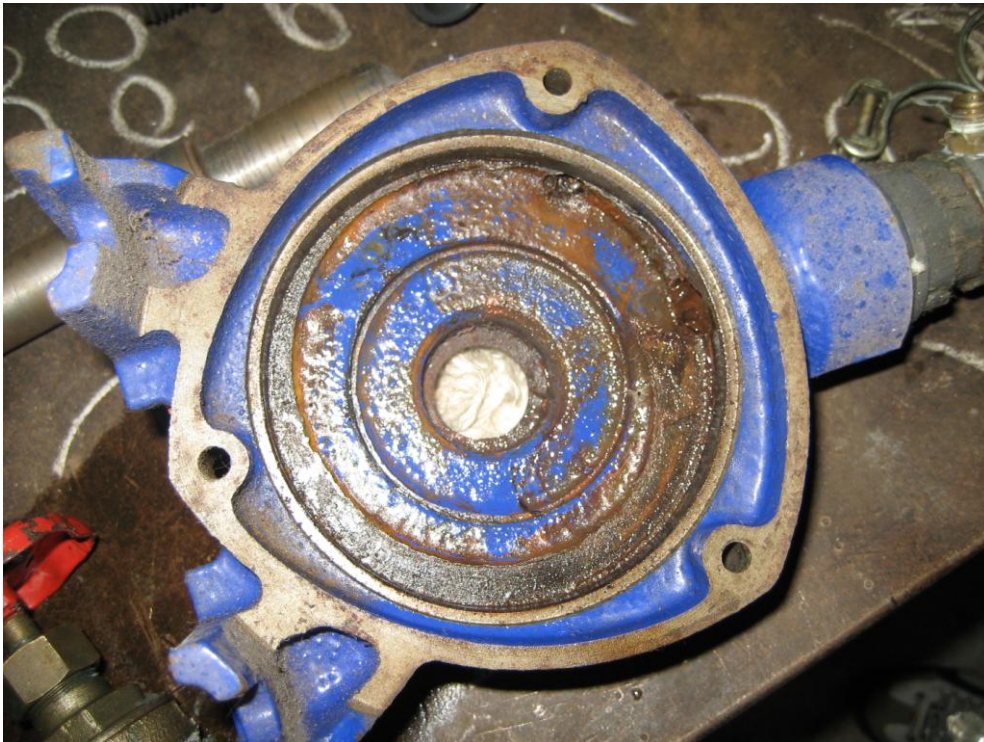


Εικόνα 3.14 Η εποξική κόλα δυο συστατικών σε μορφή πλαστελίνης



Εικόνα 3.15 Επισκευασμένο το Plexiglas δοχείο με την εποξική κόλα δυο συστατικών

Έγινε και υδραυλική δοκιμή και δεν υπάρχει καμία απώλεια. Λύθηκε η αντλία από την μεριά του κινητήρα για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει κάποιο πρόβλημα και από εκεί. Το μέρος του κινητήρα δεν είχε κανένα πρόβλημα ούτε στον ρότορα ούτε στον στάτορα του. Για να γίνει η εξάρμωση στην μεριά του impeller χρειάστηκε αρκετό λιπαντικό και αντισκουριακό (απλό μηχανέλαιο και WD-40) τα οποία παρέμειναν για 2 ώρες μέσα την αντλία. Έγινε η εξάρμωση με την χρήση εξωρκέα 3 σημείων. Αφού επικοινωνήσα με μηχανουργείο που ειδικεύεται στην κατασκευή impeller αντλιών με ενημέρωσαν ότι λόγω μεγέθους της αντλίας δεν είναι δυνατή η κατασκευή impeller γιατί θα πρέπει να γίνει χυτό με πλαστικό και το ανάλογο καλούπι το έχει μόνο ο κατασκευαστής. Μετά από προσπάθεια ήταν αδύνατο να βρεθεί ο κατασκευαστής. Μετά από έρευνα αγοράς που έγινε βάση των τεχνικών χαρακτηριστικών της αντλίας η αντικατάσταση της αντλίας με καινούρια είναι αδύνατη λόγω του υψηλού κόστους της καινούριας αντλίας. Οπότε έγινε καθαρισμός και άρμωση της αντλίας.



Εικόνα 3.14 Το κέλυφος της αντλίας καθαρισμένο



Εικόνα 3.15 Η αντλία ολόκληρη μετά από τον καθαρισμό της

Έγινε αγορά καινούριου pickur και τοποθετήθηκε στην αντλία.



Εικόνα 3.16 Το παλιό και το νέο pickur



Εικόνα 3.17 Το νέο pickup τοποθετημένο στην αντλία
Όλοι οι σύνδεσμοι και οι βάνες λύθηκαν και καθαριστήκαν.



Εικόνα 3.20 Η μια από τις τρεις βάνες πριν την επισκευή



Εικόνα 3.21 Το κολάρο σύσφιξης της βάνας



Εικόνα 3.22 Η μια από τις τρεις βάνες σε φάση επισκευής



Εικόνα 3.21 Ο σύνδεσμος του δοχείου αποθήκευσης νερού επισκευασμένη



Εικόνα3.18 Οι δυο από τις τρεις βάνες επισκευασμένες

Το δοχείο αποθήκευσης δεν επισκευαζόταν και αντικαταστήθηκε με καινούριο. Έπρεπε να ανοιχτεί οπή για να μπει ο σύνδεσμος από το παλιό δοχείο



Εικόνα 3.23 Το καινούργιο δοχείο αποθήκευσης νερού



Εικόνα 3.24 Η καινούργια οπή για τον σύνδεσμο



Εικόνα 3.25 Το καινούργιο δοχείο με τον σύνδεσμο



Εικόνα 3.26 Η συσκευή ολοκληρωμένη



Εικόνα 3.27 Η συσκευή από την πίσω μεριά



Εικόνα 3.28 Η συσκευή ολοκληρωμένη

4. Προτάσεις για μελλοντική δουλειά

Για να γίνει η συσκευή πλήρως λειτουργική στο μέλλον θα πρέπει να γίνει αγορά καινούργιας αντλίας η οποία θα πρέπει να τηρεί τον παρακάτω πίνακα προδιαγραφών

Πίνακας 4.1 Στοιχεία αντλίας

Ισχύς	0.37 kW
Ταχύτητα περιστροφής	0 έως 2900 rpm λόγω inverter
Flow rate	1.6 έως 4.8 m ³ /h
Μανομετρικό ύψος	13.3 έως 9 m H ₂ O

Επίσης θα μπορούσε να τοποθετηθεί σωλήνας στην κάτω μεριά για να μην πετάγονται πολύ τα νερά επιστροφής.

5.Βιβλιογραφία

http://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli's_principle

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/62615/Bernoullis-theorem>

<http://farside.ph.utexas.edu/teaching/336L/Fluidhtml/node56.html>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pber.html>

<http://www.answers.com/topic/bernoulli-theorem>

http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Properties%20of%20matter/Fluid%20flow/text/Bernoulli's_theorem_proof/index.html?PHPSESSID=b6795c3770323edb8bf63571ddb77530

http://www.codecogs.com/library/engineering/fluid_mechanics/fundamentals/bernoullis-theorem.php

http://didacta.it/en/lines/hydraulics_hyd.html