



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Πειραματική μελέτη απόδοσης υδραυλικού αποσβεστήρα οχήματος  
σε συνθήκες αύξησης θερμοκρασίας του υδραυλικού μέσου**

ΦΟΙΤΗΤΕΣ : ΜΑΛΛΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ( Α.Μ. 43791 )

ΧΑΤΖΗΣ ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΟΣ ( Α.Μ. 44069 )

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Τσολάκης Αντώνιος

Αθήνα, Μάρτιος 2019

## Περίληψη

Σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι η ανάδειξη της θερμοκρασιακής διαφοράς στο υδραυλικό μέσο με αμορτισερόμετρο πάγκου σε εργαστηριακές συνθήκες.

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε πολλά επιμέρους κομμάτια. Αρχικά θα υπάρξει ιστορική αναδρομή από τα παλαιότερα είδη αποσβεστήρων έως και τα πιο σύγχρονα. Έπειτα θα ακολουθήσει η πειραματική διαδικασία, κατά την οποία αποσβεστήρας συγκεκριμένου είδους, εταιρείας, ο οποίος ανήκει σε συμβατικό αυτοκίνητο υποβλήθηκε σε δοκιμές. Μέσα από αυτές τις δοκιμές προκαθορισμένες από τον κατασκευαστή και μη, θα προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε την σημασία που έχουν τα εσωτερικά μέρη του αποσβεστήρα, από το πιο μικρό έως και το μεγαλύτερο, καθώς επίσης και τον κρίσιμο ρόλο που έχει το λάδι που βρίσκεται στο εσωτερικό του κατά την αύξηση της θερμοκρασίας στον αποσβεστήρα.

Παράλληλα με την ανάδειξη της θερμοκρασιακής διαφοράς στις επιμέρους καταστάσεις που υπήρξε ο αποσβεστήρας, θα μελετηθούν οι δυνάμεις επαναφοράς και βύθισής του. Η πειραματική διαδικασία χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα ανάλογα με την κατάσταση του αποσβεστήρα. Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές όπου ο αποσβεστήρας ήταν μεταχειρισμένος και χαλασμένος, μερικώς επισκευασμένος αλλάζοντας τα εσωτερικά του μέρη έχοντας το μεταχειρισμένο λάδι, και πλήρως επισκευασμένος αλλάζοντας και το λάδι με καινούριο. Σε κάθε κατάσταση που προμήρυχε ο αποσβεστήρας, ακολουθήθηκε η ίδια φιλοσοφία στις δοκιμές έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι συγκρίσιμο και αποδεκτό. Σαν τελικό στάδιο της πειραματικής διαδικασίας θα αναλυθεί εκτενέστερα η σημασία του λιπαντικού στο υδραυλικό μέσο, μέσω χημικής ανάλυσης από διαπιστευμένο εργαστήριο καθώς και η αλλοίωση των χαρακτηριστικών του έπειτα από την εκτεταμένη χρήση.

Τέλος, με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας, θα ακολουθήσουν σχόλια και συμπεράσματα που αφορούν την θερμοκρασιακή διαφορά του υδραυλικού μέσου, την καταπόνηση που υφίσταται και ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη την πειραματική διαδικασία.

## **Abstract**

The purpose of this diploma thesis is to highlight the temperature difference in the hydraulic liquid with a damper measurement bench under laboratory conditions.

This particular diploma thesis is divided into several individual pieces. Initially there will be a historical retrospection from the oldest types of dampers to the most modern ones. Afterwards, will be carried out the experimental procedure, in which a damper of a particular type and a company belonging to a conventional car is tested. Through these tests, predetermined by the manufacturer or not, we will try to understand the importance of the internal parts of the damper, from the smallest to the largest, as well as the crucial role of the oil, when raising the temperature in the damper.

Along with the elevation of the temperature difference in the individual states of the damper, rebound and compression forces will be studied. The experimental procedure is divided into individual parts depending on the condition of the damper. Tests were carried out where the damper was used and damaged, partially repaired by changing its internal parts with the used oil, and completely repaired by changing the oil with a new one. In every condition that the damper was, the same philosophy was followed in the tests so that the end result was comparable and acceptable. As a final stage of the experimental process, the importance of lubricant in the hydraulic liquid will be further analyzed through chemical analysis by an accredited laboratory and the alteration of its characteristics after extensive use.

Finally, upon completion of the experimental process, comments and conclusions will be followed regarding the temperature difference of the hydraulic liquid, the stress that exists and the way it was used throughout the experimental process.

## Ευχαριστίες

Ξεκινώντας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Δρ. Αντώνη Τσολάκη για την ανάθεση της πτυχιακής εργασίας καθώς και τους Αντώνη Τσόλη και Γιάννη Μυλωνά που μας έδωσαν της ευκαρία να συνεργαστούμε μαζί τους.

Πιο συγκεκριμένα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Δρ. Αντώνη Τσολάκη για την ανάθεση της πτυχιακής εργασίας και την αμέριστη βοήθεια που μας πρόσφερε καθ όλη τη διάρκεια μέχρι την υλοποίηση της. Θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε όχι μόνο για την ανάθεση της πτυχιακής εργασίας αλλά και την βοήθεια που μας παρείχε κατά τα προπτυχιακά μαθήματα όπου μπορούσε.

Παράλληλα ευχαριστούμε την εταιρεία ΤΡΟΧΟΣεπε και πιο συγκεκριμένα τους Αντώνη Τσόλη και Γιάννη Μυλωνά που μας παρείχαν όλα τα απαραίτητα εργαλεία και τις γνώσεις τους για την επίτευξη του πειράματος, καθώς χωρίς αυτούς δεν θα είχε επιτευχθεί η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την εταιρεία KW suspensions που μας παρείχε τον αποσβεστήρα της εταιρείας της και χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις δοκιμές, καθώς επίσης και τα εργαστήρια SPECTRUM – LABS για την χημική ανάλυση που μας παρείχαν δωρεάν.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για της στήριξη που μας παρείχαν όλα τα χρόνια των σπουδών μας.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	ii
Ευχαριστίες.....	iv
<b>1. Συστήματα ανάρτησης.....</b>	<b>3</b>
1.1 Ακαμπτος άξονας.....	3
1.2 Ημιάκαμπτος άξονας.....	4
1.3 Στρεπτική ράβδος.....	5
1.4 Αντιστρεπτική ράβδος.....	5
1.5 Ανεξάρτητη ανάρτηση.....	6
1.5.1 Γόνατα Mac-Pherson.....	6
1.5.2 Ανάρτηση με διπλά ψαλίδια.....	7
1.5.3 Ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων.....	8
1.5.4 Υστερούντες - Ημυστερούντες βραχίονες.....	8
1.6 Ελατήρια.....	10
1.6.1 Ημιελλειπτικά ελατήρια.....	10
1.6.2 Ελικοειδή ελατήρια.....	11
1.7 Αποσβεστήρες κραδασμών ( Αμορτισέρ ).....	12
1.7.1 Υδραυλικός Τηλεσκοπικός Αποσβεστήρας.....	12
1.7.2 Ρυθμιζόμενα αμορτισέρ.....	13
1.7.3 Μαγνητοροικά αμορτισέρ.....	13
<b>2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....</b>	<b>15</b>
2.1 Εισαγωγή.....	15
2.2 Μηχάνημα MTS Roehrig Damper Test Systems.....	15
2.2.1 Μηχάνημα Roehrig 2VS.....	17
2.3 Εισαγωγή στην πειραματική διαδικασία.....	19
2.3.1 Αποσβεστήρας πειραματικής διάταξης.....	20
2.3.2 Διαδικασία πειράματος.....	22
2.4 Πειραματικά στάδια.....	24
2.4.1 Πρώτη πειραματική κατάσταση.....	24
2.4.2 Δεύτερη πειραματική κατάσταση.....	30

2.4.3 Τρίτη πειραματική κατάσταση.....	41
2.4.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων μέσω διαγραμμάτων.....	46
2.4.5 Σύγκριση δυνάμεων βύθισης – επαναφοράς στις πειραματικές καταστάσεις.....	50
<b>2.5 Δοκιμές σταθερής ταχύτητας.....</b>	<b>58</b>
<b>2.6 Χημική ανάλυση λαδιών.....</b>	<b>63</b>
<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>66</b>
<b>A) Βιβλιογραφία.....</b>	<b>67</b>
<b>B) Επιστημονικές δημοσιεύσεις.....</b>	<b>67</b>
<b>Γ) Πηγές διαδικτύου.....</b>	<b>68</b>

## 1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

Η ανάρτηση αποτελείται από διάφορα ανεξάρτητα μέρη τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με στόχο τον έλεγχο της κατακόρυφης ταλάντωσης που δημιουργείται από την ανωμαλία του οδοστρώματος και επιτρέπουν τη σύνδεση των τροχών με το πλαίσιο του αμαξώματος. Ο λόγος χρήσης των αναρτήσεων είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς παρέχει προστασία στους επιβάτες από τυχόν κραδασμούς, στους επιμέρους μηχανισμούς του οχήματος, ενώ παράλληλα προσφέρει την κατάλληλη οδική συμπεριφορά προς τον οδηγό.

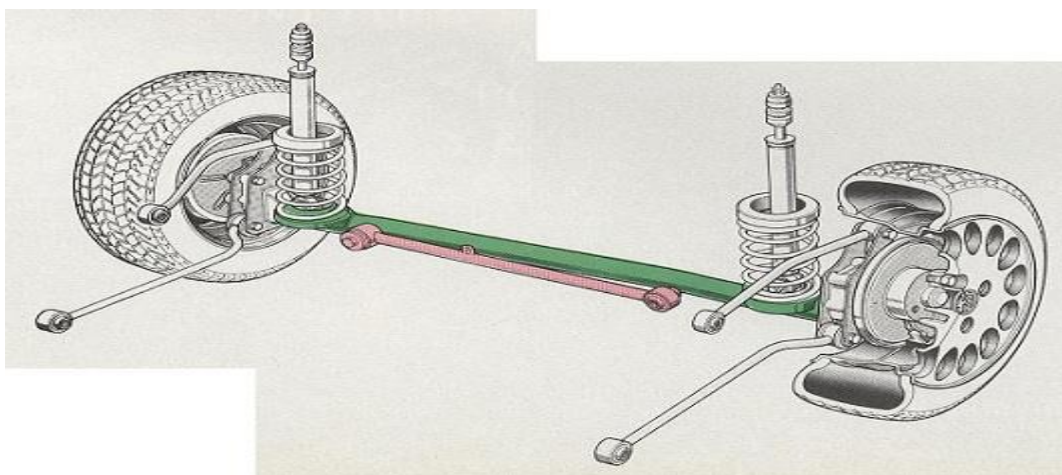
Το σύστημα της ανάρτησης χωρίζεται στα επιμέρους μηχανικά - ελαστικά μέρη τα οποία είναι:

- κεντρικός άξονας
- ελατήρια
- αποσβεστήρας κραδασμών ( αμορτισέρ )

### 1.1 Άκαμπτος άξονας

Ο άκαμπτος άξονας θεωρείται από τους παλαιότερους άξονες καθώς έβρισκε εφαρμογή στις άμαξες. Έχει την πιο απλή διάταξη αξόνων αφού οι τροχοί του οχήματος συνδέονται μεταξύ τους με έναν άκαμπτο άξονα. Πλεονέκτημα του συγκεκριμένου είδους είναι η απλότητα και το κόστος του, προσφέρει πολύ καλή ευθυγράμμιση των τροχών μειώνοντας την φθορά των ελαστικών, ενώ μειονέκτημα του είναι οι πολλοί κραδασμοί που μεταφέρονται στο σασί του οχήματος και κατά συνέπεια στους επιβάτες. Κάποια είδη άκαμπτων αξόνων είναι :

- άξονας Hotchkiss
- άκαμπτος άξονας τετραπλών συνδέσμων ( four link )
- άξονας De Dion
- άξονας τύπου Banjo



**Εικόνα 1:** Άκαμπτος άξονας

## 1.2 Ημιάκαμπτος άξονας

Είναι από τους πιο διαδεδομένους πίσω άξονες σε επιβατικά οχήματα λόγω της απλότητας και του χαμηλού κόστους κατασκευής. Πλεονέκτημα του είναι η σταθερότητα που δημιουργεί στο όχημα στις στροφές. Η διάταξη του, αποτελείται από μια διαμήκη δοκό, ενώ στα άκρα της είναι συγκολλημένοι δύο διαμήκεις χαλύβδινοι βραχίονες όπου στερεώνονται οι τροχοί. Στα άκρα του ημιάκαμπτου άξονα, υπάρχουν σημεία πρόσδεσης, όπου ενώνεται το αμάξωμα με τον άξονα με κοιλίες μέσω ελαστικών εδράνων.

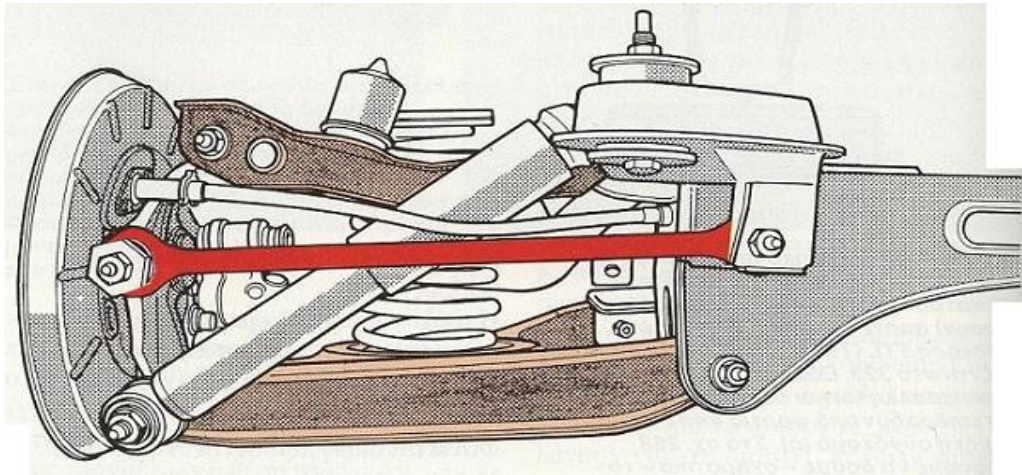


**Εικόνα 2:** Ημιάκαμπτος άξονας

## 1.3 Στρεπτική ράβδος

Η στρεπτική ράβδος είναι μια ράβδος κυκλικής διατομής κατασκευασμένη από ειδικό χάλυβα ελατηρίων, όπου η μια της μεριά είναι ενωμένη με το αμάξωμα, ενώ η άλλη στερεωμένη σε βραχίονα που συνδέεται με τον τροχό. Λόγω των ανωμαλιών που υπάρχουν στο δρόμο, οι τροχοί ανεβοκατεβαίνουν στο βραχίονα που είναι ενωμένη η ράβδος με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στρεπτικές ροπές, τις οποίες πρέπει να αντιμετωπίσει ανάλογα. Πλεονέκτημα της στρεπτικής ράβδου είναι το μικρό της βάρος και ο χώρος που καταλαμβάνει, ενώ μπορεί να τοποθετηθεί διαμήκη ή εγκάρσια προς το αμάξωμα. Μειονέκτημά της είναι ότι επειδή δεν έχει καθόλου τριβές, χρειάζεται το κατάλληλο σύστημα αποσβεστήρων για να λειτουργήσει σωστά. Τέλος η στρεπτική ράβδος πρωτοεμφανίστηκε στα αγωνιστικά αυτοκίνητα στα τέλη της δεκαετίας του 1930, ενώ πλέον τη συναντάμε κυρίως σε αυτοκίνητα με τετραδιεύθυνση.

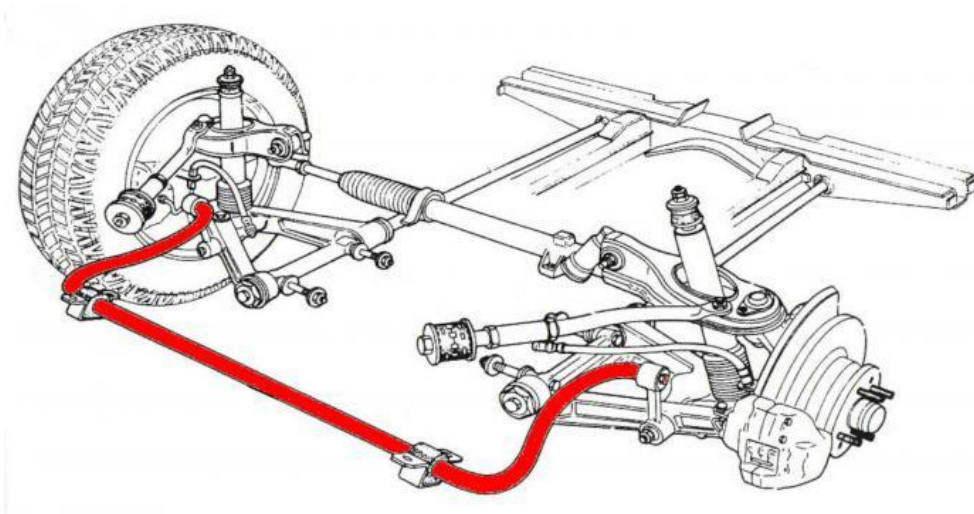




**Εικόνα 3:** Στρεπτική ράβδος

#### 1.4 Αντιστρεπτική ράβδος

Η αντιστρεπτική ράβδος είναι διαδεδομένη λόγω του χαρακτηριστικού της σχήματος Π, ενώ εμφανίστηκε στην αγορά όταν χρησιμοποιήθηκαν οι ανεξάρτητες αναρτήσεις. Είναι μια ράβδος, ελαστική σε στρέψη, η οποία ενώνεται με τις αναρτήσεις των τροχών αλλά και με το πλαίσιο του αυτοκινήτου μέσω αρθρώσεων. Η χρήση της αν και απλή, είναι πολύ σημαντική στην σωστή οδική συμπεριφορά αφού όταν ο ένας τροχός τείνει να ανυψωθεί ή να χαμηλώσει, η ράβδος μεταφέρει τη δύναμη που προκαλεί την ανύψωση ή το χαμήλωμα στο άλλο άκρο και εξισορροπεί την παραγόμενη ενέργεια που προκαλείται.

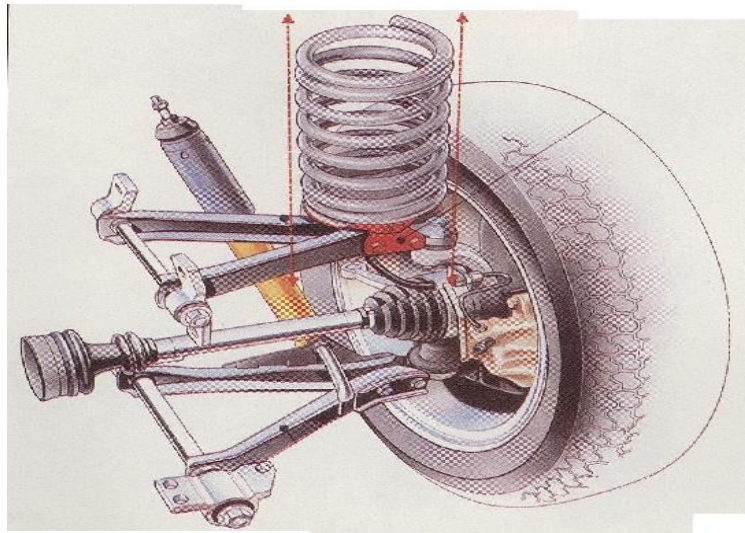


**Εικόνα 4 :** Αντιστρεπτική ράβδος

## 1.5 Ανεξάρτητη ανάρτηση

### 1.5.1 Γόνατα Mac-Pherson

Η πλέον διαδεδομένη ανεξάρτητη ανάρτηση στην εποχή μας είναι τα γόνατα Mac-Pherson. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα αρθρωτό διχαλωτό ψαλίδι, από ένα σπειροειδές ελατήριο και ένα αποσβεστήρα ταλαντώσεων. Το άνω άκρο συνδέεται με το πλαίσιο του αυτοκινήτου ( στους θόλους των τροχών), ενώ το κάτω άκρο στον άξονα του τροχού με αρθρωτό διχαλωτό ψαλίδι. Στο σύστημα αυτό μπορεί να προστεθεί και η αντιστρεπτική ράβδος για καλύτερη οδική συμπεριφορά. Πλεονέκτημα είναι η απλότητα της κατασκευής, ο μικρός χώρος που καταλαμβάνει και η καλή οδική συμπεριφορά που προσφέρει. Μειονέκτημά της είναι κακή ακαμψία που έχει κάτω από μεγάλες καταπονήσεις.



**Εικόνα 5 :** Γόνατα Mac-Pherson

### 1.5.2 Ανάρτηση με διπλά ψαλίδια

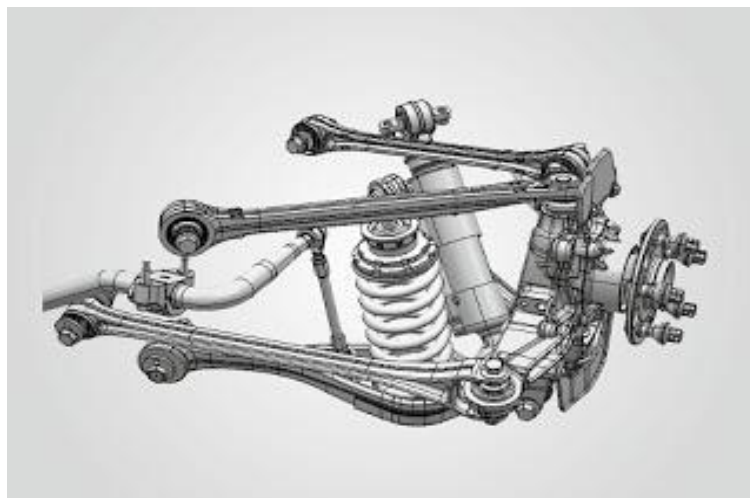
Όπως και τα γόνατα Mac-Pherson τα διπλά ψαλίδια είναι πλέον πολύ διαδεδομένα ως σύστημα ανεξάρτητης ανάρτησης αφού χρησιμοποιούνται σε αγωνιστικά αυτοκίνητα ή αμάξια επιδόσεων. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε αυτοκίνητα που έχουν τον κινητήρα στο εμπρός μέρος του αμαξώματος και διαθέτουν πισωκίνηση. Το σύστημα αυτό αποτελείται από δύο αρθρωτά ψαλίδια στο άνω και κάτω άκρο, τα οποία ενώνονται στο πλαίσιο του αυτοκινήτου και στον φορέα του άξονα του τροχού. Πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι το μικρό βάρος, η αντοχή και η εύκολη συντήρηση. Μειονέκτημά τους ο χώρος που καταλαμβάνουν και η περίεργη γεωμετρία που έχουν.



**Εικόνα 6 :** Ανάρτηση με διπλά ψαλίδια

### 1.5.3 Ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων

Η ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων αποτελείται από διπλά ψαλίδια, από τα οποία το καθένα από αυτά έχει χωριστεί σε δύο βραχίονες και πολλές φορές προστίθεται και πέμπτος. Όλοι οι βραχίονες συνδυάζονται αρμονικά έτσι ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη λειτουργία της θέσης και της κίνησης του τροχού όμως ο καθένας δρα ανεξάρτητα από τους άλλους. Τα ψαλίδια είναι στερεωμένα στη γέφυρα, ενώ η γέφυρα είναι στερεωμένη στο πλαίσιο του αυτοκινήτου.



**Εικόνα 7 :** Ανάρτηση πολλαπλών συνδέσμων

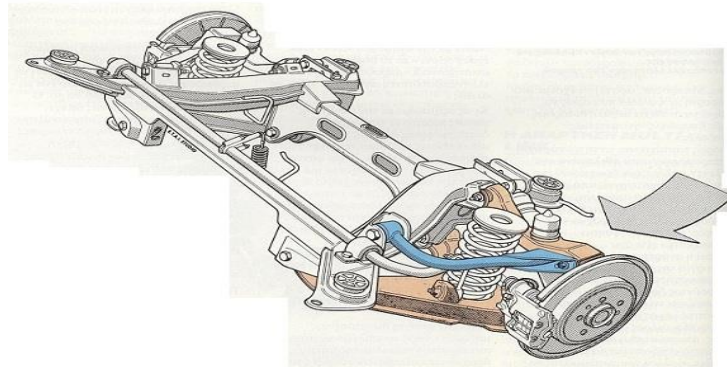
#### 1.5.4 Υστερούντες - Ημιστερούντες βραχίονες

Δύο επιπλέον συστήματα ανεξάρτητης ανάρτησης είναι οι υστερούντες και οι ημιστερούντες βραχίονες. Οι πρώτοι, είναι απλοί διαμήκεις βραχίονες, που χρησιμοποιούνται σαν πίσω άξονας σε προσθιοκίνητα αυτοκίνητα. Καταλαμβάνουν μικρό χώρο στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου, δημιουργώντας έτσι μεγάλο αποθηκευτικό χώρο, ενώ έχουν ακόμη φθηνή κατασκευή. Οι υστερούντες βραχίονες είναι συνδεδεμένοι με τους τροχούς, είναι παράλληλοι ως προς τον άξονα κίνησης, ενώ επιτρέπουν μεγάλες διαδρομές των ελατηρίων.

Οι δεύτεροι, είναι βραχίονες των οποίων ο άξονας περιστροφής τους, δημιουργεί 25° κλίση ως προς τον διαμήκη άξονα του οχήματος. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε αυτοκίνητα με πίσω κίνηση, ενώ όπως και οι υστερούντες, είναι φθηνοί στην κατασκευή και καταλαμβάνουν λίγο χώρο. Μειονέκτημα τους, είναι ότι μοιράζονται τις κλίσεις του αμαξώματος στις στροφές με τους τροχούς, χειροτερεύοντας έτσι την οδική συμπεριφορά.



**Εικόνα 8 :** Υστερούντες βραχίονες



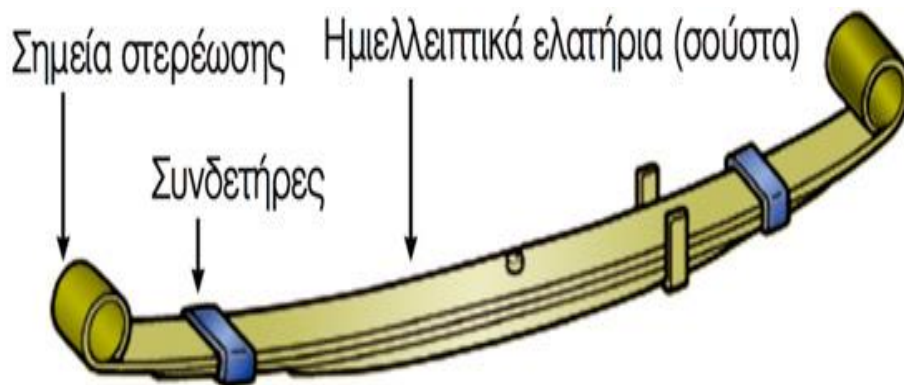
**Εικόνα 9 :** Ημιστερούντες βραχίονες

## 1.6 Ελατήρια

Ένα από τα κύρια μέρη μια ανάρτησης, είναι τα ελατήρια. Τα ελατήρια, έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν την παραγόμενη μηχανική ενέργεια και να την απελευθερώνουν, μόλις επανέλθουν στη φυσική τους θέση. Τα ελατήρια γίνονται ένα ταλαντούμενο σύστημα με το αυτοκίνητο δημιουργώντας μια ιδιοσυχνότητα ανάλογα με το βάρος του δεύτερου. Κάθε ελατήριο, έχει το δικό του συντελεστή σκληρότητας, βάσει του αρχικού υλικού κατασκευής, της δύναμης και της παραμόρφωσης που υφίσταται. Τα ελατήρια χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα με το λόγο χρήσης τους.

### 1.6.1 Ημιελλειπτικά ελατήρια

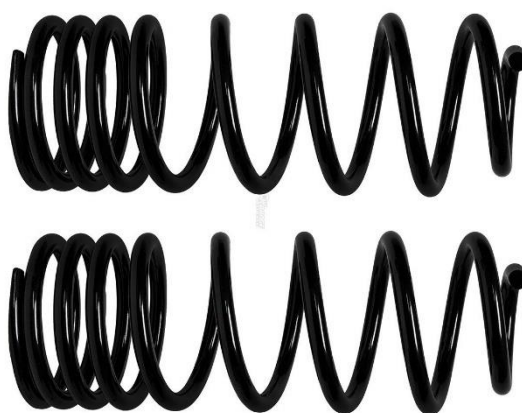
Είναι τα πρώτα ελατήρια που χρησιμοποιήθηκαν για το σύστημα ανάρτησης των αυτοκινήτων, ενώ πλέον χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε βαρέου τύπου οχήματα. Πρόκειται για μια σειρά από χαλύβδινα ελάσματα, το οποίο μήκος τους μειώνεται διαδοχικά. Τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο και συνδέονται στη μέση με ένα κεντρικό πείρο. Επίσης, λόγω της τριβής που δημιουργείται μεταξύ των ελασμάτων, αναπτύσσεται μια απόσβεση στο ελατήριο και μειώνονται οι κραδασμοί. Ο αριθμός τους κυμαίνεται από δύο για ελαφρά επιβατηγά, μέχρι και παραπάνω από δέκα για βαριά οχήματα (φορτηγά).



Εικόνα 10 : Ημιελλειπτικά ελατήρια ( σούστες )

### 1.6.2 Ελικοειδή ελατήρια

Τα ελικοειδή ελατήρια, αποτελούνται από μια χαλύβδινη ράβδο κυκλικής διατομής και ελικοειδούς σχήματος. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ελαφρού τύπου οχήματα (επιβατηγά), ενώ ο ρυθμός φόρτισης τους εξαρτάται από τον αριθμό των σπειρών του ελατηρίου και τη διάμετρο του ελατηρίου. Τα ελικοειδή ελατήρια μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες :  
α) απλά, με ίδιο συντελεστή σκληρότητας σε όλες τις σπείρες, ίδια διάμετρο, βήμα και πάχος,  
β) ελατήρια με μεταβλητό συντελεστή σκληρότητας, όπου οι σπείρες είναι διατεταγμένες η μια κοντά στην άλλη, με αποτέλεσμα μετά τα πρώτα εκατοστά βύθισης, το ελατήριο να αλλάζει σκληρότητα.



Εικόνα 11 : Ελικοειδή ελατήρια

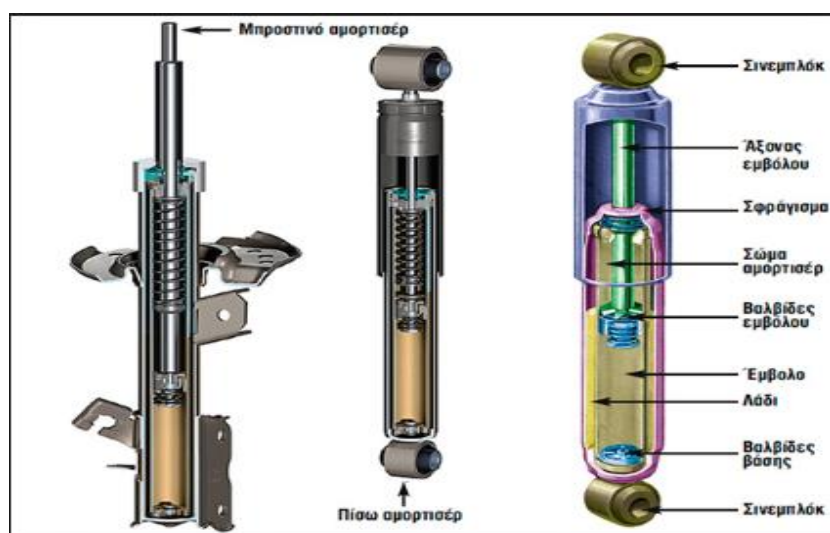
## 1.7 Αποσβεστήρες κραδασμών ( Αμορτισέρ )

Στόχος των αποσβεστήρων κραδασμών, γνωστοί και ως αμορτισέρ είναι η απόσβεση των ταλαντώσεων που δημιουργούν τα ελατήρια και οι τροχοί στο πλαίσιο του αμαξώματος από τις ανωμαλίες του οδοστρώματος. Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκαν διάφορα είδη αποσβεστήρων, τα οποία διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες.

### 1.7.1 Υδραυλικός Τηλεσκοπικός Αποσβεστήρας

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας οι αποσβεστήρες ξηρής τριβής ( αποσβεστήρας που αποτελείται από βραχίονες ενωμένους με άρθρωση τριβής ) αντικαταστάθηκαν από τους υδραυλικούς. Τα κύρια μέρη των αποσβεστήρων αυτών είναι ένα έμβολο το οποίο πραγματοποιεί παλινδρομική κίνηση μέσα σε ένα κύλινδρο, ο οποίος περιέχει λάδι. Το έμβολο είναι συνδεδεμένο στο πλαίσιο του αυτοκινήτου, ενώ ο κύλινδρος με τους τροχούς.

Κατά την κίνηση του αμορτισέρ έχουμε ροή του λαδιού από τη μια πλευρά στην άλλη μέσα από τις οπές των βαλβίδων ( οι διάμετροι των βαλβίδων - οπών διαφέρουν στο άνω και κάτω μέρος του αμορτισέρ, δηλαδή στην συμπίεση και αποσυμπίεση του ). Η ροή του λαδιού επιτυγχάνεται εύκολα όταν έχουμε αργή κίνηση του εμβόλου, ενώ στις γρήγορες κινήσεις του, το λάδι πέρνα με δυσκολία λόγω της αντίστασης που δημιουργεί το έμβολο. Η ροή του λαδιού μέσα στον κύλινδρο δημιουργεί τριβή και θερμότητα, η οποία αποβάλλεται. Κανονικά ένα υδραυλικό σύστημα πρέπει να είναι ασυμπίεστο, όμως πολλές φορές συναντάμε αέρα μέσα σ αυτό με αποτέλεσμα να αλλάζει η συμπεριφορά του λαδιού. Για αυτό το λόγο αυτοκίνητα υψηλών επιδόσεων χρησιμοποιούν ένα θάλαμο υψηλής πίεσης, αζώτου κατά κύριο λόγο, το οποίο αποτρέπει τις υψηλές θερμοκρασίες και την επαφή των εσωτερικών μερών του αμορτισέρ με οξυγόνο και τη δημιουργία φυσαλίδων.



Εικόνα 12 : Υδραυλικός τηλεσκοπικός αποσβεστήρας

### 1.7.2 Ρυθμιζόμενα αμορτισέρ

Κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι η λειτουργία τους μέσω ηλεκτρομαγνητικά ελεγχόμενων διόδων ( μία ή δύο ), οι οποίες παρέχουν μία εναλλακτική διαδρομή μέσω μιας συνεχόμενα ανοιχτής διόδου από την κεντρική. Στις διόδους συναντάμε βαλβίδες που λειτουργούν σε θέσεις On - Off, κρατώντας της διόδους ανοιχτές ή κλειστές. Με αυτόν το τρόπο αλλάζουν τα χαρακτηριστικά της απόσβεσης του αμορτισέρ, καθώς μπορούμε να ελέγξουμε το συνολικό εμβαδό των ανοιγμάτων που περνά το υγρό. Έτσι επιτυγχάνουμε 3 διαφορετικές ρυθμίσεις :

- **Θέση Normal** : Η μία βαλβίδα είναι ανοιχτή και η άλλη κλειστή.
- **Θέση Sport** : Και οι δύο βαλβίδες είναι κλειστές.
- **Θέση Comfort** : Και οι δύο βαλβίδες είναι ανοιχτές.

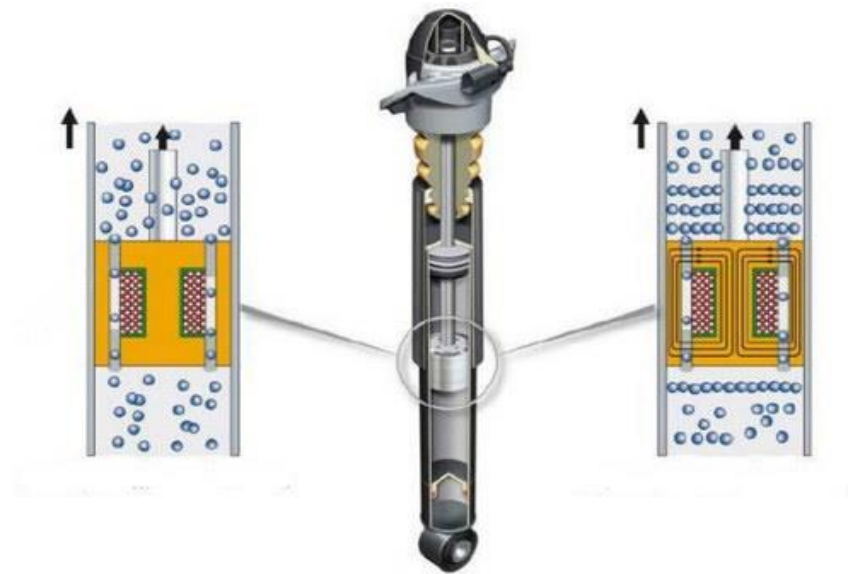


Εικόνα 13 : Ρυθμιζόμενα αμορτισέρ ( Εταιρεία KW )

### 1.7.3 Μαγνητοροικά αμορτισέρ

Η λειτουργία του αμορτισέρ αυτού είναι πολύ απλή, αφού δεν διαθέτει οπές, κλαπέτα, ελατήρια παρά μόνο έναν ηλεκτρομαγνήτη ο οποίος δημιουργεί μαγνητικό πεδίο αλλάζοντας ακαριαία τη συμπεριφορά ενός ειδικού λαδιού. Το λάδι αυτό μπορεί να γίνεται λεπτόρρευστο ή παχύρρευστο σχεδόν ακαριαία ανάλογα με την ένταση του μαγνητικού πεδίο στο οποίο βρίσκεται. Δημιουργία των αμορτισέρ αυτών φέρει η αμερικάνικη εταιρεία Delphi.





**Εικόνα 14 :** Μαγνητοροικά αμορτισέρ ( εταιρείας Delphi )

## 2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 2.1 Εισαγωγή

Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήσαμε είχε ως στόχο την ανάδειξη της καταπόνησης που υφίσταται ένα συγκεκριμένο είδος αμορτισέρ αυτοκινήτου με την αύξηση της θερμοκρασίας του σε πειραματικές δοκιμές. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αποσβεστήρα επιτεύχθηκε μέσω εξειδικευμένου μηχανήματος που θα αναφερθεί λεπτομερώς και πως αυτή επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του.

### 2.2 Μηχάνημα MTS Roehrig Damper Test Systems

Βασιζόμενοι στις ανάγκες των βιομηχανιών για καθαρά, γρήγορα και οικονομικά τεστ, η εταιρεία MTS δημιούργησε τα μηχανήματα MTS Roehrig Damper Test Systems. Τα μηχανήματα αυτά χρησιμοποιούνται από μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες, από εταιρείες παραγωγής αμορτισέρ για τον καλύτερο χειρισμό του αυτοκινήτου και από ομάδες με αγωνιστικά αυτοκίνητα. Η ιδιαιτερότητα του μηχανήματος αυτού, είναι η εύκολη χρήση του, ο ελαφρύς σχεδιασμός του, είναι γρήγορο και ακριβές σε επαναλαμβανόμενες δοκιμές, φιλικό προς το περιβάλλον, απαιτεί μικρή συντήρηση και είναι εύκολο στην μετακίνηση.

Το MTS Roehrig SYD χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο από ομάδες αγωνιστικών αυτοκινήτων που χρειάζονται ένα μηχάνημα το οποίο θα πραγματοποιεί γρήγορες και ακριβές δοκιμές στο αμορτισέρ με στόχο την μέγιστη απόδοση αυτού στην πίστα.

Το μηχάνημα που χρησιμοποιήσαμε στην πειραματική μας διαδικασία είναι το MTS Roehrig SYD 2VS, ένα από τα οκτώ μοντέλα που κατασκεύασε η MTS για τη σειρά SYD series και αποτελεί το μικρότερό της. Η χρήση των μοντέλων είναι ίδια, με τη διαφορά ότι το καθένα έχει διαφορετικές ανοχές και μέγεθος.

Model	(m/sec )	kN
2VS	0.5	3.0
3VS	0.5	4.4
3VS HV	1.0	2.3
5VS	1.0	3.8
10VS	2.0	3.8
10VS HV	2.5	6.0
20VS	2.0	7.5
20VS HV	2.5	6.0

Πίνακας 1: SYD Models.

Description	Units	SYD	SYD	SYD	SYD	SYD	SYD	SYD	SYD
		2VS	3VS	3VS HV	5VS	10VS	10VS HV	20VS	20VS HV
Peak Force	kN	5.5	8.9	8.9	13.2	15.5	15.5	20.0	20.0
Maximum Displacement	mm	50.0	50.0	50.0	50.0	150.0	150.0	150.0	150.0
Maximum Velocity	m/sec	0.5	0.5	1.0	1.0	2.0	2.5	2.0	2.5
Stated Performance	m/sec @ kN force	0.5 @ 3.0	0.5 @ 4.4	1.0 @ 2.3	1.0 @ 3.8	2.0 @ 3.8	2.5 @ 6.0	2.0 @ 7.5	2.5 @ 6.0

Πίνακας 2: SYD Specification.

Model	Voltage	Phase	A in	A out
SYD 2VS	200-240	1	17.8	8
SYD 3VS	200-240	1	24	11
	200-240	3	14.9	11
	380-500	3	8.8	5.5
SYD 5VS	200-240	3	23.8	17.5
SYD 10VS	200-240	3	46.1	33
	380-500	3	26.6	17
SYD 20VS	380-500	3	41	28

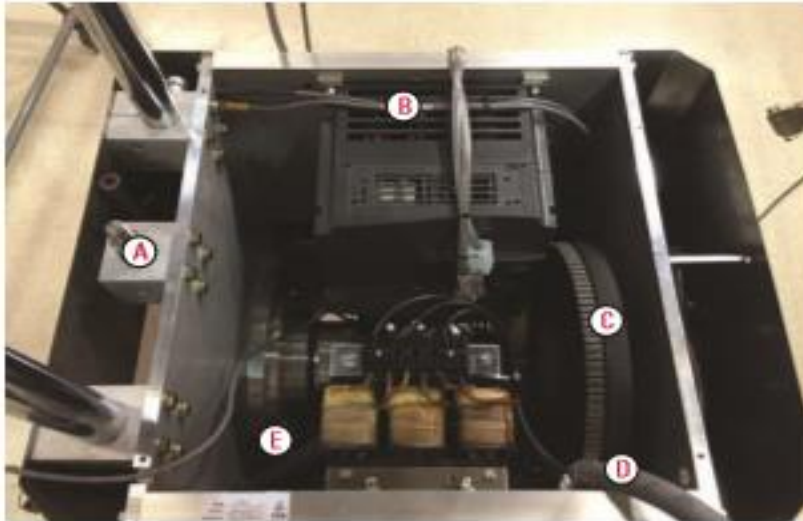
Πίνακας 3: Power Supplies.

### 2.2.1 Μηχάνημα Roehrig 2VS

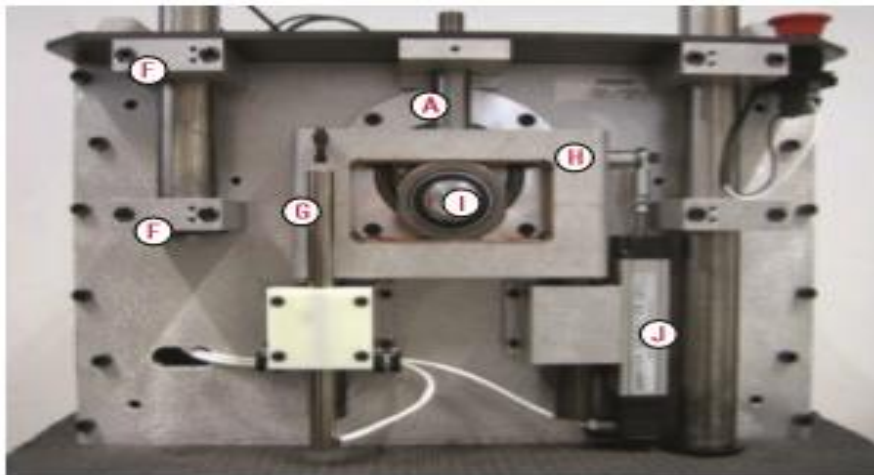
Ο τρόπος λειτουργίας του μηχανήματος, είναι πολύ απλός. Αρχικά, ο εσωτερικός κύλινδρος του αποσβεστήρα, πακτώνεται στο άνω άκρο του μηχανήματος, ενώ ο εξωτερικός κύλινδρος αρθρώνεται στο κάτω μέρος, το οποίο είναι συνδεδεμένο με τον κεντρικό άξονα κίνησης του μηχανήματος. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, ο εξωτερικός κύλινδρος πραγματοποιεί παλινδρομική κίνηση με συγκεκριμένη διάρκεια και ταχύτητα, η οποία ορίζεται σύμφωνα με τα πρότυπα του κατασκευαστή του εκάστοτε αποσβεστήρα. Το μηχάνημα είναι συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή, που φέρει το πρόγραμμα του και όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων και δοκιμών εμφανίζονται και αποθηκεύονται σε αυτόν. Το πρόγραμμα του μηχανήματος, είναι ικανό να εμφανίσει πληθώρα συνδυαστικών γραφημάτων, ανάλογα με το τι ζητάει ο καθένας στις δοκιμές του.



**Εικόνα 15 :** Μηχάνημα Roehrig 2VS πειραματικής διάταξης.



**Εικόνα 16 :** Άνω όψη εσωτερικού μηχανήματος Roehrig 2VS.



**Εικόνα 17 :** Κεντρική όψη μηχανήματος Roehrig 2VS.

Στις εικόνες 16-17 βλέπουμε το εσωτερικό του μηχανήματος 2VS από την άνω και κεντρική όψη του και κάποια από τα κύρια μέρη του συστήματός του τα οποία αναγράφονται με λατινικά γράμματα στην εικόνα. Τα κύρια μέρη του μηχανήματος βάση και των εικόνων είναι :

- A: κεντρικός άξονας
- B : Λογισμικό κατασκευαστή μηχανήματος
- C : Ιμάντας μηχανήματος
- D : Σωλήνας τροφοδοσίας
- E : ηλεκτροκινητήρας μηχανήματος
- F : σφιγκτήρες
- G : αισθητήρας ταχύτητας
- H : μετατροπέας γραμμικής κίνησης σε περιστροφική
- I : έδρανο ολίσθησης
- J : αισθητήρας μετατόπισης

### **2.3 Εισαγωγή στην πειραματική διαδικασία**

Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήσαμε χωρίζεται σε τέσσερα επιμέρους τμήματα. Αρχικά, για το πείραμα μας χρησιμοποιήσαμε έναν αποσβεστήρα της γερμανικής εταιρείας KW, και συγκεκριμένα το μοντέλο Variant 2. Το συγκεκριμένο αμορτισέρ, ήταν μεταχειρισμένο με 150.000 km και τοποθετημένο σε συμβατικό αυτοκίνητο γερμανικής εταιρείας. Το πρώτο πειραματικό στάδιο αφορούσε τη δοκιμή του αποσβεστήρα σε αμορτισερόμετρο πάγκου ( Roehrig 2VS ). Ο λόγος που πραγματοποιήθηκε η πρώτη δοκιμή, ήταν για να συμπεράνουμε αν ο αποσβεστήρας συνιστούσε επισκευή.

Καταλήγοντας στο συμπέρασμα, ότι ο αποσβεστήρας χρειαζόταν επισκευή, ξεκινήσαμε το δεύτερο πειραματικό στάδιο. Αυτό αφορούσε, την αντικατάσταση διαφόρων εσωτερικών μερών του αποσβεστήρα, τα οποία θα αναφερθούν εκτενέστερα παρακάτω. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε εκ νέου δοκιμή του αποσβεστήρα. Το τρίτο πειραματικό στάδιο, αφορούσε την αλλαγή του λαδιού του αποσβεστήρα και την εκ νέου δοκιμή του στο αμορτισερόμετρο, αφού οι μετρήσεις που είχαμε λάβει από τις προηγούμενες δοκιμές, δεν ανταποκρινόντουσαν στις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Τέλος, στο τέταρτο πειραματικό στάδιο, πραγματοποιήθηκε η χημική ανάλυση του παλαιού και νέου λαδιού, έτσι ώστε να γίνει η σύγκρισή τους και να εξαχθούν συμπεράσματα.

### 2.3.1 Αποσβεστήρας πειραματικής διάταξης

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο συγκεκριμένος αποσβεστήρας είναι της Γερμανικής εταιρίας KW και το μοντέλο του αμορτισέρ που χρησιμοποιήσαμε είναι Variant 2. Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου αμορτισέρ και μερικές από τις βασικές του ρυθμίσεις είναι :

- Ο αποσβεστήρας είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα. Πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου υλικού, είναι ότι παρουσιάζουν αντοχή στη διάβρωση, υψηλή μηχανική αντοχή και επιπλέον, χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.
- Είναι ένας ρυθμιζόμενος αποσβεστήρας σε ύψος και ταχύτητα επαναφοράς ( rebound = 18 κλικ ρύθμισης ).
- Η βασική του ρύθμιση από τον κατασκευαστή είναι : πλήρως κλειστός ο αποσβεστήρας και 9 κλικ αριστερά.
- Στην επαναφορά, ρυθμίζουμε το low speed ( ταχύτητα επαναφοράς μετά από βύθιση ).
- Στον αποσβεστήρα πέρα από το λάδι συγκεκριμένων προδιαγραφών, στο τέλος κάθε επισκευής προσαρτάται 5 bar άζωτο.



**Εικόνα 18 :** Αποσβεστήρας πειραματικής διάταξης.

Χαρακτηριστικά	Μονάδα μέτρησης ( mm)
Διάμετρος εμβόλου	33.2
Υψος εμβόλου	11
Εσωτερική διάμετρος εσωτερικού σωλήνα	34
Μήκος εσωτερικού σωλήνα	270
Μήκος καλαμιού χωρίς σπείρωμα	252
Συνολικό μήκος γονάτου	320
Εξωτερική διάμετρος γονάτου	51
Εσωτερική διάμετρος γονάτου	45.5
Υψος βαλβίδας βύθισης	10.4

**Πίνακας 4 :** Γεωμετρικά χαρακτηριστικά αποσβεστήρα.

speed (m/s)	force rebound ( N )	tolerance		force compression ( N )	tolerance	
		min.	max.		min.	max.
0	1	-29,1	31,1	-1	29,1	-31,1
0,026	105	64,5	145,5	-183	-134,7	-231,3
0,052	261	204,9	317,1	-287	-228,3	-345,7
0,078	445	370,5	519,5	-417	-345,3	-488,7
0,131	871	753,9	988,1	-627	-534,3	-719,7
0,183	1069	935,375	1202,625	-690	-591	-789
0,262	1243	1087,625	1398,375	-750	-645	-895
0,34	1382	1209,25	1554,75	-809	-698,1	-919,9
0,524	1667	1458,625	1875,375	-974	-846,6	1101,4

**Πίνακας 5 :** Ανοχές αποσβεστήρα βάσει προδιαγραφών κατασκευαστή.



### 2.3.2 Διαδικασία πειράματος

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το πείραμα χωρίζεται σε τέσσερα σκέλη. Στο πρώτο σκέλος πραγματοποιήθηκαν δοκιμές έτσι ώστε να συμπεράνουμε βάσει διαγραμμάτων αν το αμορτισέρ χρειαζόταν επισκευή. Έγιναν 3 δοκιμές των 80sec σε συγκεκριμένο εύρος ταχυτήτων που ορίζει ο κατασκευαστής έτσι ώστε να συμπεράνουμε αν το αμορτισέρ χρειαζόταν επισκευή.

Εν συνεχεία ξεκινήσαμε το πείραμά μας κάνοντας 30 δοκιμές των 80sec χωρίς να επισκευάσουμε το αμορτισέρ ενώ χρειαζόταν. Το χρονικό κενό μεταξύ των 30 δοκιμών ήταν 5sec. Κατά την διάρκεια της δοκιμής λαμβάναμε την εκάστοτε αύξηση της θερμοκρασίας μέσω ειδικού αισθητήρα που διαθέτει το μηχάνημα. Οι 30 δοκιμές χωρίστηκαν σε τρία μέρη του αμορτισέρ. Οι πρώτες 10 λήφθηκαν στο κίτ στεγάνωσης, οι 10 επόμενες στη βαλβίδα βύθισης και οι 10 τελευταίες στο κέντρο του αμορτισέρ.

Μετά το πέρας των 30 δοκιμών και αφού αφήσαμε ένα χρονικό κενό 5 λεπτών, κάναμε τρεις επιπλέον δοκιμές με διαφορά ενός λεπτού μεταξύ τους με τα εξής χαρακτηριστικά :

- 6min συνεχόμενης δοκιμής με σταθερή ταχύτητα 0.25m/sec και συχνότητας 1.57Hz.
- 6min συνεχόμενης δοκιμής με σταθερή ταχύτητα 0.25m/sec και συχνότητας 1.57Hz.
- 3min συνεχόμενης δοκιμής με σταθερή ταχύτητα 0.5m/sec και συχνότητας 3.14Hz.

Απώτερος σκοπός όλων των πειραματικών δοκιμών σε κάθε σκέλος του πειράματος μας, ήταν η ανάδειξη και καταγραφή της θερμοκρασιακής μεταβολής του υδραυλικού μέσου, μέσα από την συνεχή καταπόνησή του σε δοκιμές.

Κατά το δεύτερο σκέλος του πειράματός μας ακολουθήσαμε την ίδια φιλοσοφία με το πρώτο σκέλος. Η μόνη ουσιαστική διαφορά με το πρώτο, ήταν η επισκευή των εσωτερικών εξαρτημάτων του αποσβεστήρα, εκτός της αλλαγής του λαδιού. Μετά το πέρας όλων των δοκιμών καταγράψαμε τις επιμέρους θερμοκρασίες των δοκιμών.

Σε συνέχεια των πειραματικών δοκιμών, και αφού τα διαγράμματα δεν ικανοποιούσαν τις απαιτήσεις μας και παράλληλα του κατασκευαστή, περάσαμε στο τρίτο σκέλος της πειραματικής διαδικασίας. Η αλλαγή του λαδιού στο εσωτερικό του αποσβεστήρα ήταν αναγκαία για τη σωστή λειτουργία του. Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν ήταν ίδιες με τα προηγούμενα σκέλη.

**Σημείωση 1 :** Κάθε δοκιμή από τις 30 ακολουθεί το ίδιο μοτίβο και είναι προκαθορισμένη σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Κάθε δοκιμή ακολουθεί συγκεκριμένο εύρος ταχυτήτων ( 0-0,524m/s ), αυξάνοντας την ταχύτητα σταδιακά μέχρι τη μέγιστη τιμή και ολοκληρώνοντας τον κύκλο με μείωση της ταχύτητας μέχρι την παύση του τεστ στα 80sec.

**Σημείωση 2 :** Η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε κάθε μας πείραμα ήταν κατά απόκλιση ενός με δύο βαθμών ίδια, ενώ τα πειράματά μας δεν πραγματοποιήθηκαν την

ίδια μέρα, αφού για το κάθε σκέλος χρειαζόταν το αμορτισέρ να βρίσκεται στην αρχική του θερμοκρασιακή κατάσταση

**Σημείωση 3 :** Οι τιμές της θερμοκρασίας που λήφθηκαν στα τρία μέρη του ασποσβεστήρα αφορούν τη θερμοκρασία του εξωτερικού κυλίνδρου. Το μοντέλο αισθητήρα θερμοκρασίας που χρησιμοποιήθηκε βάση του κατασκευαστή και φέρει το μηχανήμα είναι το **RAC13A, SN : 97760080, Power requirements : 12-24 VDC.**

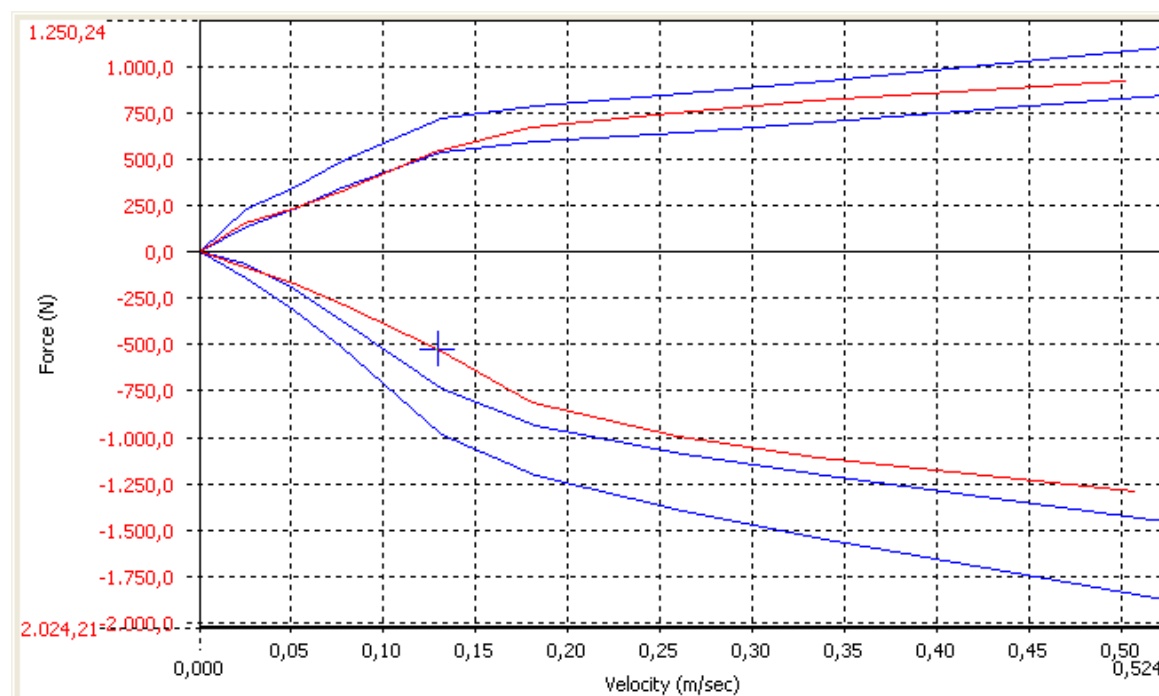


**Εικόνα 19 :** Αισθητήρας θερμοκρασίας RAC13A.

## 2.4 Πειραματικά στάδια

### 2.4.1 Πρώτη πειραματική κατάσταση

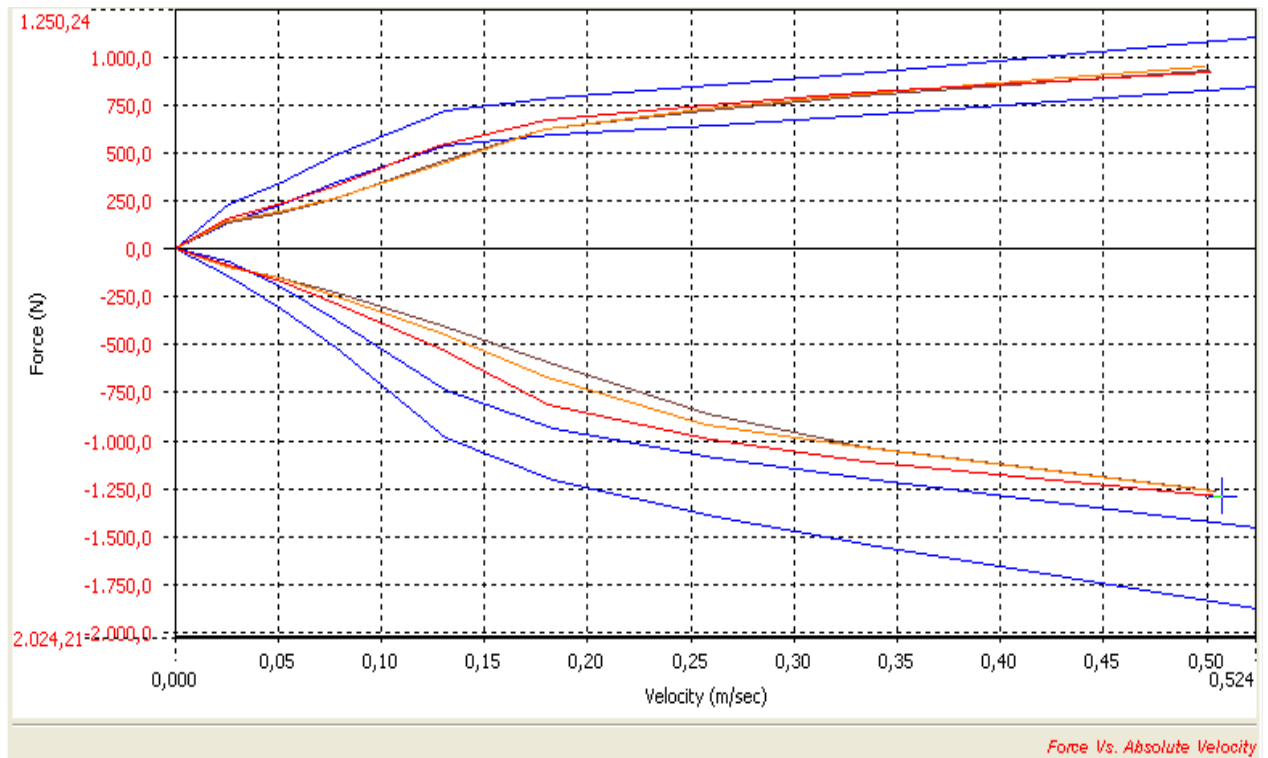
Αρχικά έγινε δοκιμή για να διαπιστώσουμε αν ο αποσβεστήρας συνιστούσε επισκευή. Οι μπλε καμπύλες φανερώνουν τα όρια του κατασκευαστή, ενώ οι κόκκινες του αποσβεστήρα. Για να συμπεράνουμε αν ένας αποσβεστήρας συνιστά επισκευή αρκεί να παρατηρήσουμε την κόκκινη καμπύλη του διαγράμματος. Εφόσον η μία από τις καμπύλες είναι εκτός των μπλε καμπύλων ο αποσβεστήρας χρήζει επισκευής. Ο συγκεκριμένος αποσβεστήρας έχει πρόβλημα στην επαναφορά ( rebound ).



**Διάγραμμα 1 :** Βύθιση ( θετικό μέρος )

Επαναφορά ( αρνητικό μέρος )

Η συνέχεια του πρώτου σκέλους έχει αναφερθεί και στην προηγούμενη ενότητα. Πραγματοποιήθηκαν 30 δοκιμές των 80sec με διαφορά κάθε δοκιμής των 5sec με στόχο την αύξηση και την καταγραφή της θερμοκρασίας του υδραυλικού μέσου. Το παρακάτω διάγραμμα φανερώνει την καταπόνηση που δέχθηκε ο αποσβεστήρας, καθώς και τη μείωση των δυνάμεων του με το πέρασ των δοκιμών.



**Διάγραμμα 2 :** Αποτελέσματα μετά από 30 μετρήσεις.

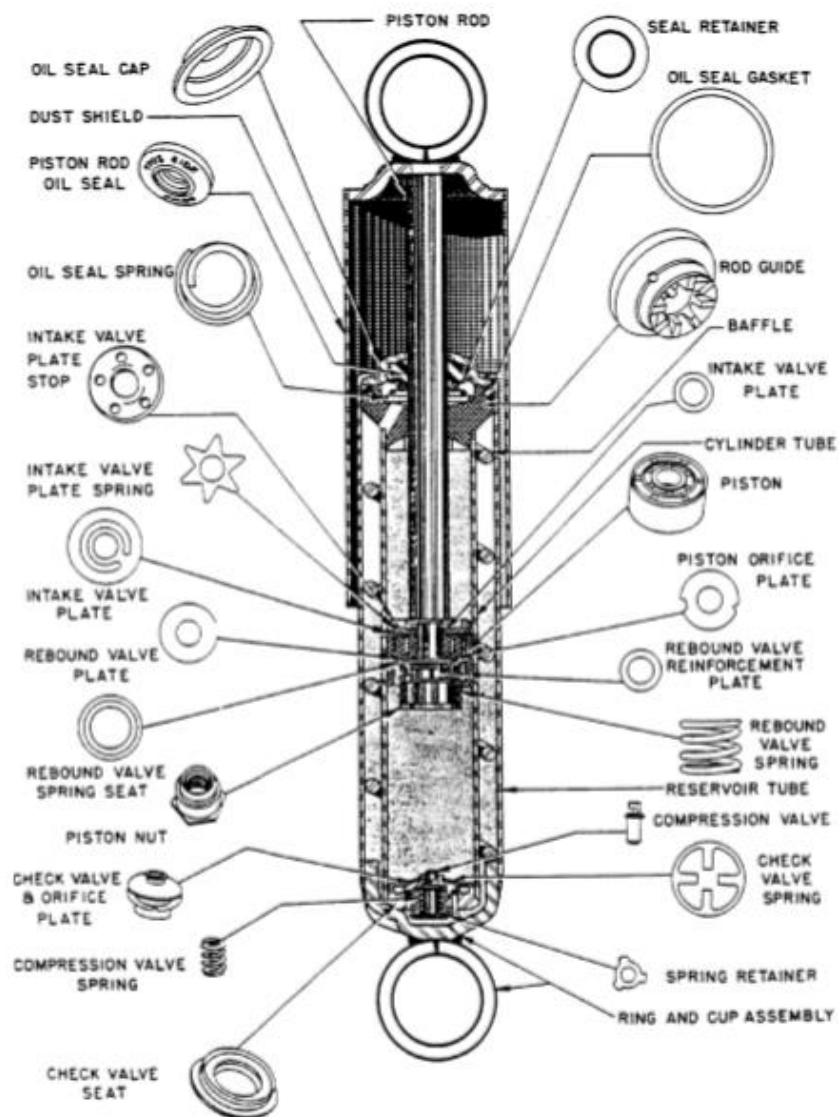
**Κόκκινη :** 1<sup>η</sup> μέτρηση

**Κίτρινη :** 15<sup>η</sup> μέτρηση

**Μαύρη :** 30<sup>η</sup> μέτρηση

**Σημείωση :** Παρατηρείται σημαντική μείωση της δύναμης του αποσβεστήρα κατά την επαναφορά.

Κατά τις 30 δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν λήφθηκε η θερμοκρασία του αποσβεστήρα σε 3 συγκεκριμένα σημεία. Τα τρία σημεία είναι α) το κίτ στεγάνωσης, β) η βαλβίδα βύθισης, γ) το κέντρο του αποσβεστήρα. Ο λόγος που λαμβάναμε την θερμοκρασία σε σταθερό σημείο σε κάθε δοκιμή ήταν ότι ο αισθητήρας του μηχανήματος δεν μπορούσε να μετρήσει την θερμοκρασία σε όλο το μήκος του αποσβεστήρα. Κατά την 30<sup>η</sup> και τελευταία μέτρηση αφού λάβαμε την τελική θερμοκρασία στο κέντρο του αποσβεστήρα μετακινήσαμε τον αισθητήρα στα άλλα 2 προκαθορισμένα σημεία για να ληφθεί η τελική θερμοκρασία και σε αυτά.



Εικόνα 20 : Εσωτερικά μέρη αποσβεστήρα.

**Α) Κίτ στεγάνωσης**

Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
27,58 ( 1 <sup>η</sup> μέτρηση )	0
32,51 ( 10 <sup>η</sup> μέτρηση )	800
39,59 ( 30 <sup>η</sup> μέτρηση )	2400

**Πίνακας 6 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κιτ στεγάνωσης για 1<sup>η</sup>, 10<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.

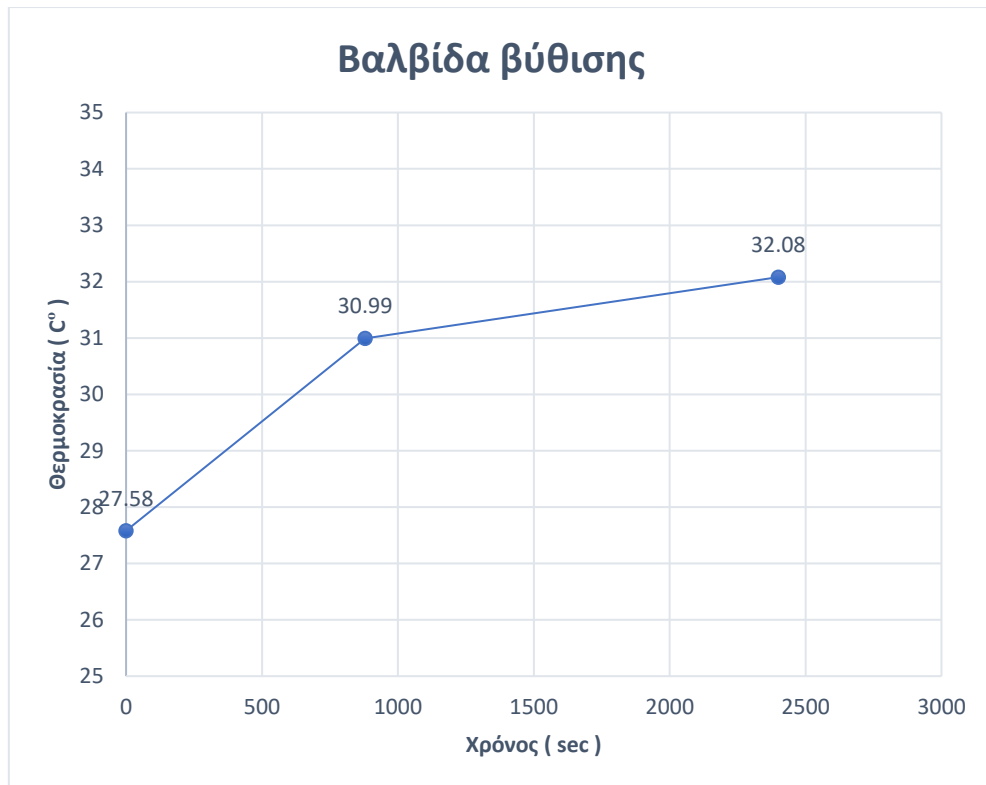


**Διάγραμμα 3 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κίτ στεγάνωσης σε διάρκεια 30 δοκιμών για μεταχειρισμένο αποσβεστήρα.

### **B) Βαλβίδα Βύθισης**

Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
27,58 ( 1 <sup>η</sup> μέτρηση )	0
30,99 ( 11 <sup>η</sup> μέτρηση )	880
32,08 ( 30 <sup>η</sup> μέτρηση )	2400

**Πίνακας 7 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στη βαλβίδα βύθισης για 1<sup>η</sup>, 11<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.

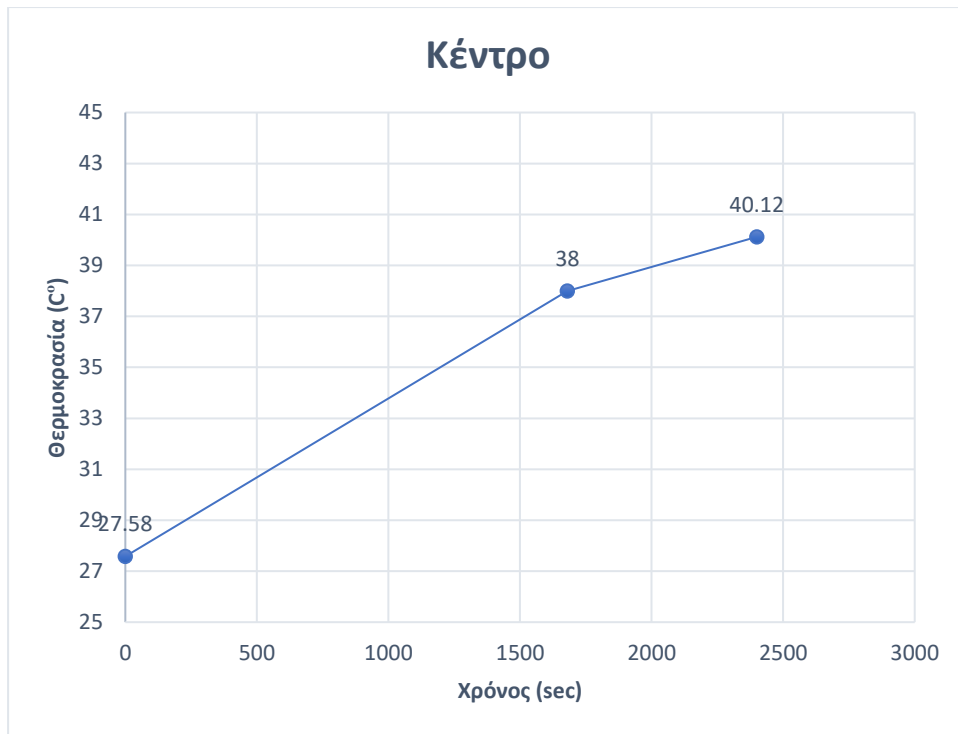


**Διάγραμμα 4 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στη βαλβίδα βύθισης σε διάρκεια 30 δοκιμών για μεταχειρισμένο αποσβεστήρα.

### Γ) Κέντρο

Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (sec)
27,58 ( 1 <sup>η</sup> μέτρηση )	0
38 ( 21 <sup>η</sup> μέτρηση )	1680
40,12 ( 30 <sup>η</sup> μέτρηση )	2400

**Πίνακας 8 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κέντρο για 1<sup>η</sup>, 21<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.



**Διάγραμμα 5 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κέντρο σε διάρκεια 30 δοκιμών για μεταχειρισμένο αποσβεστήρα.

**Σχόλια :** Από τα διαγράμματα παρατηρούμε σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας στο κέντρο και στο κίτ στεγάνωσης του αποσβεστήρα από την αρχική, ενώ στη βαλβίδα βύθισης η θερμοκρασία μετά το πέρας των 30 μετρήσεων δεν έχει αυξηθεί σημαντικά.



## 2.4.2 Δεύτερη πειραματική κατάσταση

Σε συνέχεια του πρώτου σκέλους και αφού διαπιστώσαμε ότι ο αποσβεστήρας ήταν εκτός ορίων του κατασκευαστή προχωρήσαμε στο δεύτερο σκέλος του πειράματος. Σε αυτό το σκέλος θα αναφερθεί η διαδικασία επισκευής του αποσβεστήρα καθώς και οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν με σκοπό την καταγραφή της θερμοκρασίας στα 3 σημεία που έχουμε επιλέξει.

Η διαδικασία επισκευής που ακολουθήσαμε ήταν η εξής :

- Πλήρη αποσυναρμολόγηση του αποσβεστήρα
- Αντικατάσταση των εσωτερικών εξαρτημάτων σε κιτ στεγάνωσης
- Αντικατάσταση των εσωτερικών εξαρτημάτων στη βαλβίδα βύθισης
- Καθαρισμός βαλβίδας βύθισης
- Αντικατάσταση κιτ στεγάνωσης

Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν το εσωτερικό καθώς και τα μέρη του αποσβεστήρα στο κιτ στεγάνωσης και στην βαλβίδα βύθισης που αντικαταστάθηκαν.



**Εικόνα 21** : Βαλβίδα βύθισης.



Εικόνα 22 : Βαλβίδα βύθισης.



Εικόνα 23 : Βαλβίδα βύθισης.

Στην βαλβίδα βύθισης αντικαταστάθηκαν τα εξαρτήματα της παρακάτω φωτογραφίας :

- Το έμβολο ( πιστόνι )
- Το ελατήριο
- Ροδέλες οι οποίες καθορίζουν τα χαρακτηριστικά της επαναφοράς ( rebound )



**Εικόνα 24 :** Εσωτερικά μέρη βαλβίδας βύθισης.



**Εικόνα 25 :** Βαλβίδα βύθισης. Μέσα από την συγκεκριμένη οπή περνά το λάδι κατά την λειτουργία του αποσβεστήρα. Από το σημείο αυτό μεταβάλλονται οι δυνάμεις της επαναφοράς στην περιοχή των χαμηλών ταχυτήτων ( low speed ) του αποσβεστήρα.

Στο κίτ στεγάνωσης αντικαταστάθηκαν τα εξαρτήματα της παρακάτω φωτογραφίας :

- Τσιμούχα
- Ροδέλα
- Καπάκι
- Μεταλλικός δακτύλιος με υλικό τριβής ( ρουλεμάν PU : πάνω σε αυτό δουλεύει το καλάμι )



**Εικόνα 26 :** Κιτ στεγάνωσης. Ροδέλα, τσιμούχα, ρουλεμάν PU.



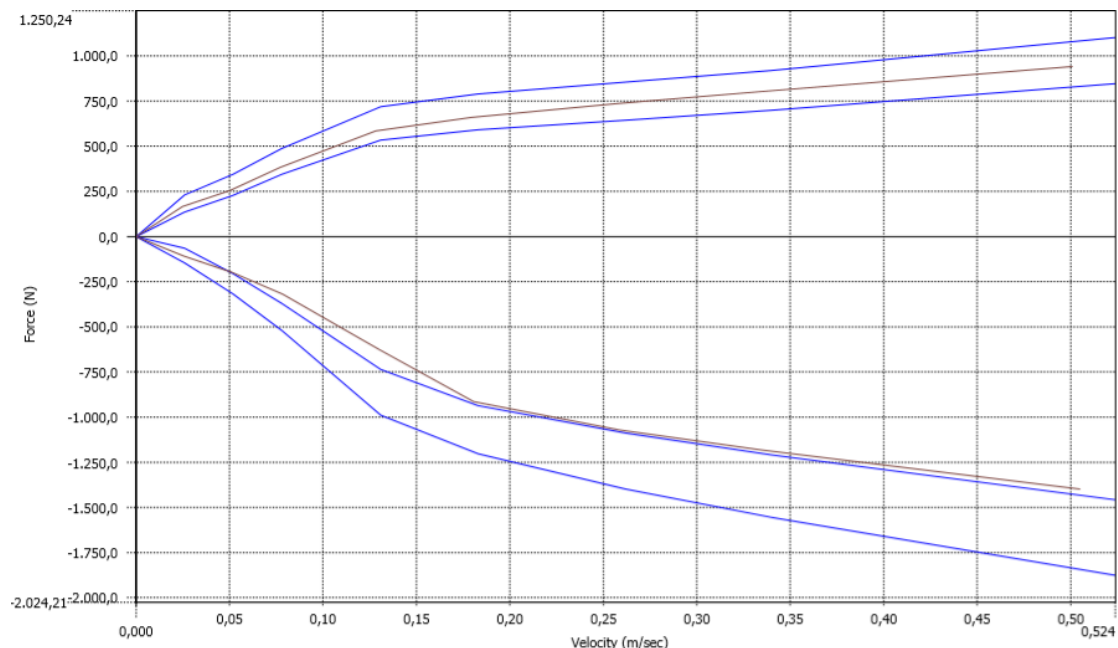
**Εικόνα 27 :** Βαλβίδα βύθισης η οποία βρίσκεται στο κάτω μέρος του εσωτερικού σωλήνα.



**Εικόνα 28 :** Εσωτερικά μέρη αποσβεστήρα και εξωτερικός κύλινδρος. Βαλβίδα βύθισης, βαλβίδα επαναφοράς δεξιά.

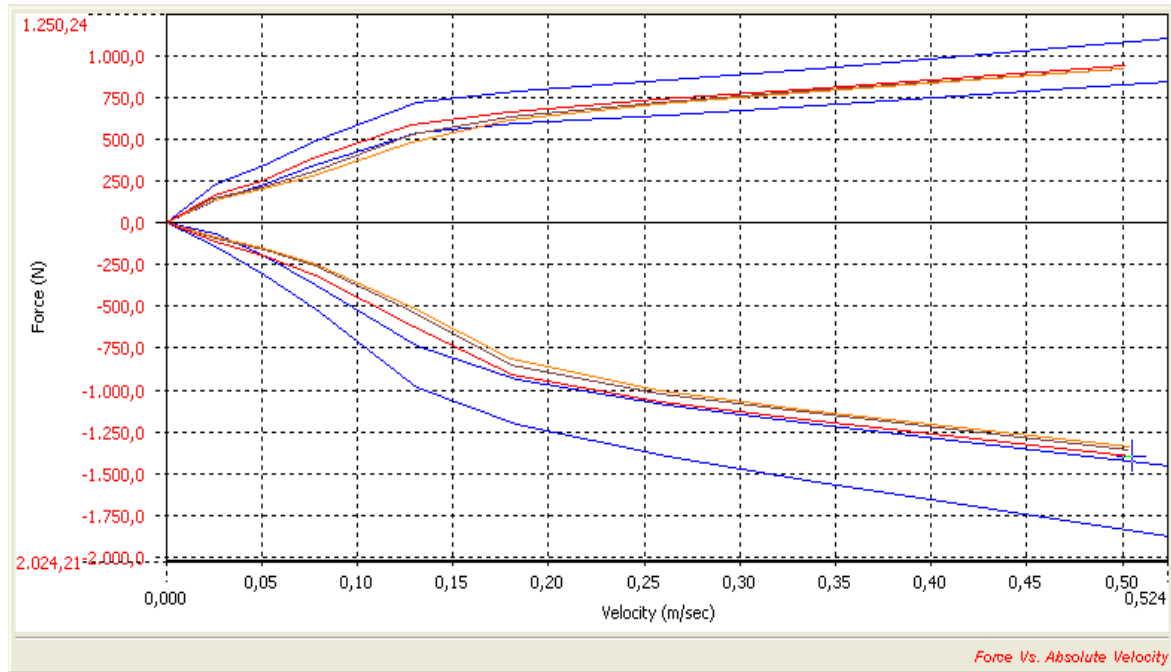
Μετά το τέλος της επισκευής πραγματοποιήθηκαν πειραματικές δοκιμές ίδιες με του πρώτου σκέλους. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις συγκεκριμένες δοκιμές το λάδι δεν αντικαταστάθηκε για να παρατηρήσουμε τη συμπεριφορά του αποσβεστήρα μόνο με την επισκευή των εσωτερικών μερών του.

Με την πρώτη δοκιμή που πραγματοποιήθηκε διαπιστώστηκε ότι ο αποσβεστήρας και πάλι δεν πληρούσε τις απαιτήσεις του κατασκευαστή καθώς στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε με κόκκινη γραμμή ότι ο αποσβεστήρας βγαίνει εκτός ορίων.



**Διάγραμμα 6 :** Πρώτη δοκιμή αποσβεστήρα στην 2<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση.

Σε συνέχεια του πειράματος μας και αφού γνωρίζουμε ότι ο αποσβεστήρας δεν πληρεί τις προδιαγραφές του κατασκευαστή συνεχίσαμε με τις 30 δοκιμές όπως στο προηγούμενο σκέλος με στόχο την αύξηση της θερμοκρασίας στο υδραυλικό μέσο. Στόχος του σκέλους αυτού ήταν η ανάδειξη της διαφοράς θερμοκρασίας που προκύπτει σε σχέση με το πρώτο σκέλος αλλάζοντας μόνο τα εσωτερικά μέρη του αποσβεστήρα και έχοντας το μεταχειρισμένο λάδι.



**Διάγραμμα 7** : Αποτελέσματα μετά από 30 μετρήσεις.

**Κόκκινη** : 1<sup>η</sup> μέτρηση

**Κίτρινη** : 15<sup>η</sup> μέτρηση

**Μαύρη** : 30<sup>η</sup> μέτρηση

**Σχόλια** : Μετά το πέρας των 30 μετρήσεων και ενώ έχουμε επισκευάσει τα εσωτερικά μέρη του αποσβεστήρα παρατηρούμε ότι ενώ δεν πληρεί ακόμα τις προϋποθέσεις του κατασκευαστή, η 15<sup>η</sup> με την 30<sup>η</sup> μέτρηση έχουν έρθει πιο κοντά, πράγμα που φανερώνει τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του αποσβεστήρα σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν είναι στα 3 επιλεγμένα σημεία:

#### **A) Κιτ στεγάνωσης**

Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
27,57 (1 <sup>η</sup> μέτρηση)	0
31,6 (10 <sup>η</sup> μέτρηση)	800
33,56 (30 <sup>η</sup> μέτρηση)	2400

**Πίνακας 9** : Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κιτ στεγάνωσης για 1<sup>η</sup>, 10<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.



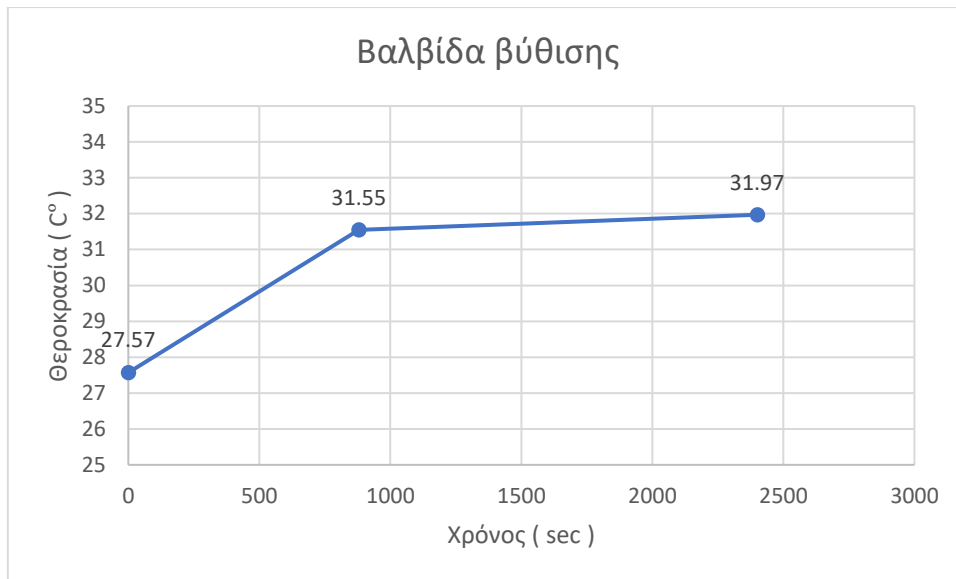


**Διάγραμμα 8 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κιτ στεγάνωσης σε διάρκεια 30 δοκιμών για επισκευασμένο αποσβεστήρα με μεταχειρισμένο λάδι.

### **B) Βαλβίδα Βύθισης**

Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
27,57 (1 <sup>η</sup> μέτρηση)	0
31,55 (11 <sup>η</sup> μέτρηση)	880
31,97 (30 <sup>η</sup> μέτρηση)	2400

**Πίνακας 10 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στη βαλβίδα βύθισης για 1<sup>η</sup>, 11<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.

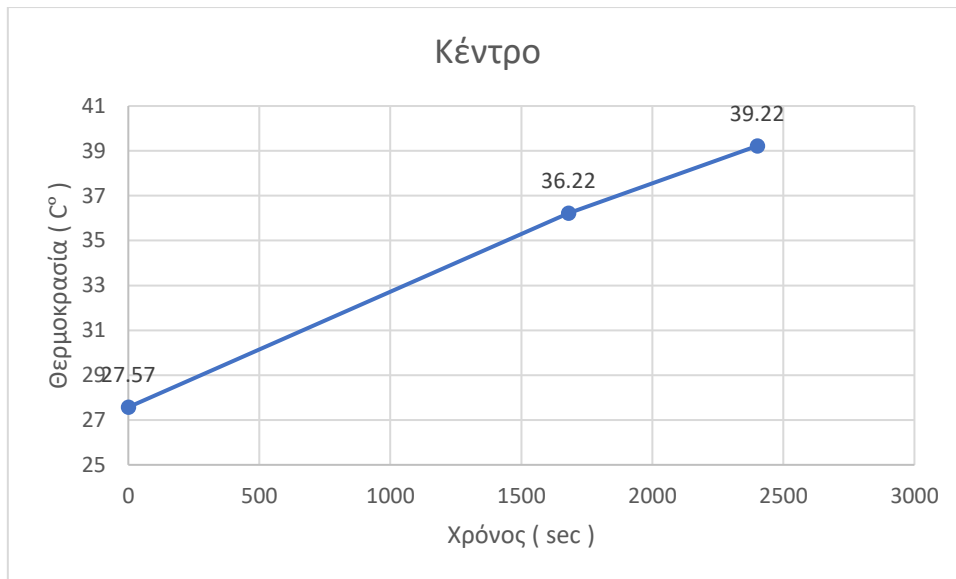


**Διάγραμμα 9 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στη βαλβίδα βύθισης σε διάρκεια 30 δοκιμών για επισκευασμένο αποσβεστήρα με μεταχειρισμένο λάδι.

### Γ) Κέντρο

Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
27,57 (1 <sup>η</sup> μέτρηση)	0
36,22 (21 <sup>η</sup> μέτρηση)	1680
39,22 (30 <sup>η</sup> μέτρηση)	2400

**Πίνακας 11 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κέντρο για 1<sup>η</sup>, 21<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.

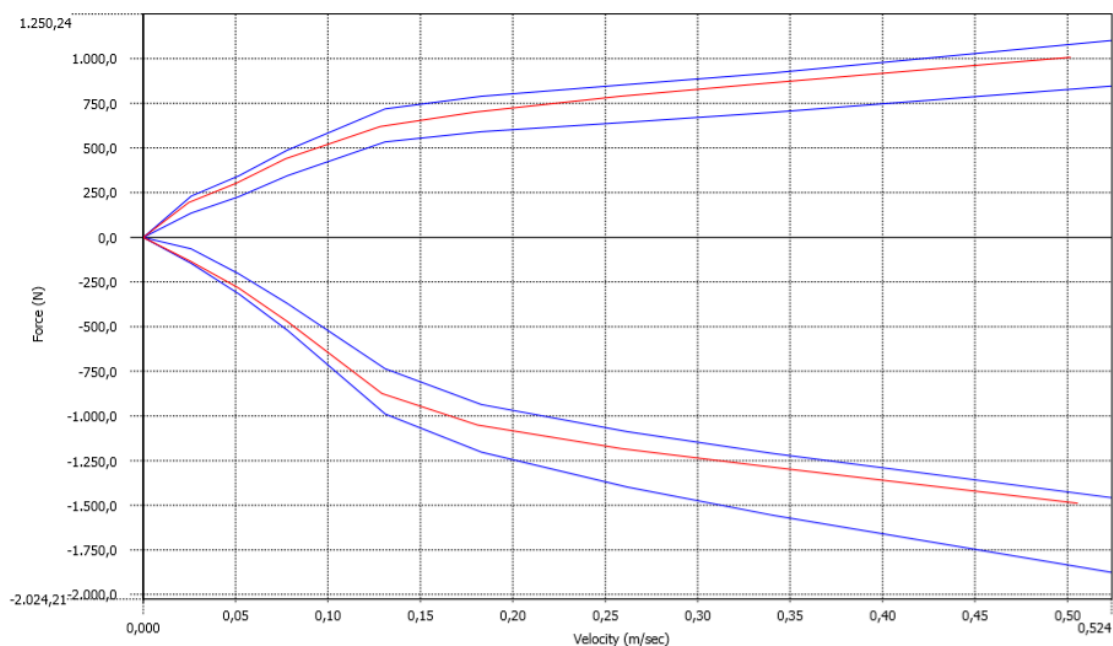


**Διάγραμμα 10 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κέντρο σε διάρκεια 30 δοκιμών για επισκευασμένο αποσβεστήρα με μεταχειρισμένο λάδι.

**Σχόλια :** Όπως και στην προηγούμενη κατάσταση, έτσι και σ αυτήν παρατηρείται σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας στο κέντρο και στο κιτ στεγάνωσης του αποσβεστήρα, ενώ στην βαλβίδα βύθισης οι τιμές της θερμοκρασίας έχουν αυξησή σε λογικά πλαίσια.

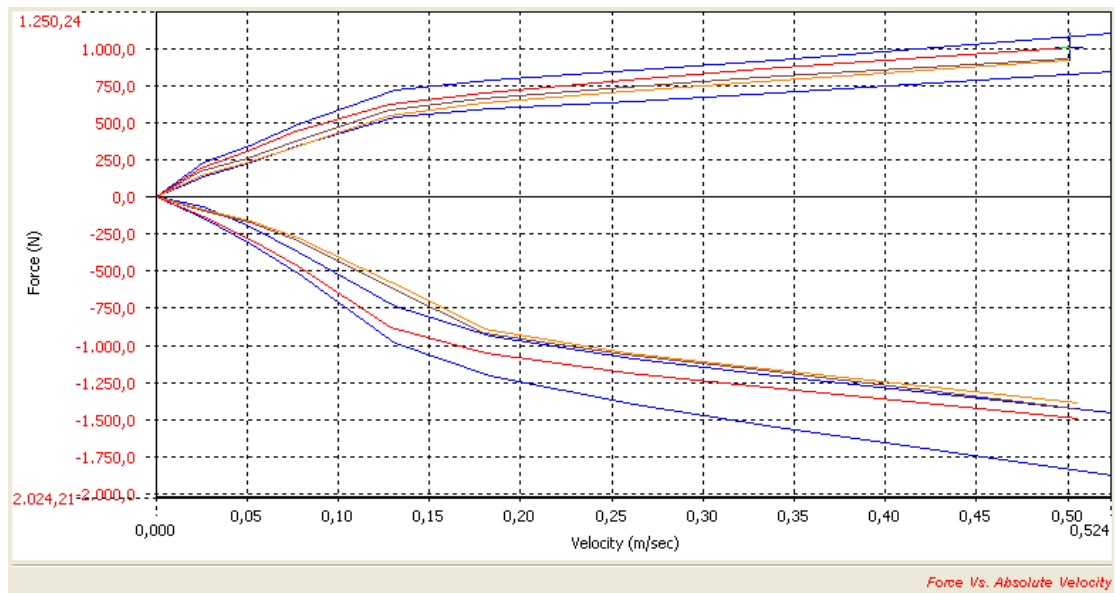
### 2.4.3 Τρίτη πειραματική κατάσταση

Στο τελικό στάδιο της επισκευής του αποσβεστήρα και αφού διαπιστώθηκε ότι από τα δύο προηγούμενα σκέλη ο αποσβεστήρας δεν πληρούσε τις προδιαγραφές του κατασκευαστή προχωρήσαμε στο τελικό στάδιο της επισκευής. Σ αυτό το στάδιο αντικαταστήσαμε το παλιό λάδι με καινούριο. Με πλήρως επισκευασμένο τον αποσβεστήρα πραγματοποιήθηκε δοκιμή με στόχο την ανάδειξη του τελικού αποτελέσματος το οποίο ήταν θετικό καθώς μέσω του παρακάτω διαγραμμάτος βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο αποσβεστήρας πληρεί όλες τις απαιτήσεις του κατασκευαστή.



**Διάγραμμα 11 :** Πρώτη δοκιμή τρίτης πειραματικής κατάστασης.

Αφού διαπιστώθηκε ότι ο αποσβεστήρας με το καινούριο λάδι πληρεί όλες τις προδιαγραφές συνεχίσαμε την πειραματική μας διαδικασία με στόχο την αύξηση της θερμοκρασίας στο υδραυλικό μέσο. Η φιλοσοφία των δοκιμών είναι ίδια με τα προηγούμενα σκέλη. Έτσι τα αποτελέσματα που λήφθηκαν για τα 3 σημεία ( κέντρο, βαλβίδα βύθισης, κίτ στεγάνωσης ) αναφέρονται παρακάτω.



**Διάγραμμα 12 :** Αποτελέσματα μετά από 30 μετρήσεις.

**Κόκκινη :** 1<sup>η</sup> μέτρηση

**Κίτρινη :** 15<sup>η</sup> μέτρηση

**Μαύρη :** 30<sup>η</sup> μέτρηση

**Σχόλια :** Κατά την 3<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση με την αλλαγή και του λαδιού με καινούριο, έχοντας πλέον τον αποσβεστήρα πλήρως επισκευασμένο παρατηρούμε στο διάγραμμα ότι η 1<sup>η</sup> μέτρηση είναι εντός ορίων του κατασκευαστή, ενώ η 15<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> που βρίσκονται εκτός ορίων έχουν δημιουργήσει σταθερή κλίση και γι αυτό το λόγο δεν υπάρχει ανυσηχία για το αν ο αποσβεστήρας χρειάζεται περαιτέρω επισκευή.

### A) Κιτ στεγάνωσης

Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
26,61 (1 <sup>η</sup> μέτρηση)	0
31,14 (10 <sup>η</sup> μέτρηση)	800
32,52 (30 <sup>η</sup> μέτρηση)	2400

**Πίνακας 12 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κιτ στεγάνωσης για 1<sup>η</sup>, 10<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.

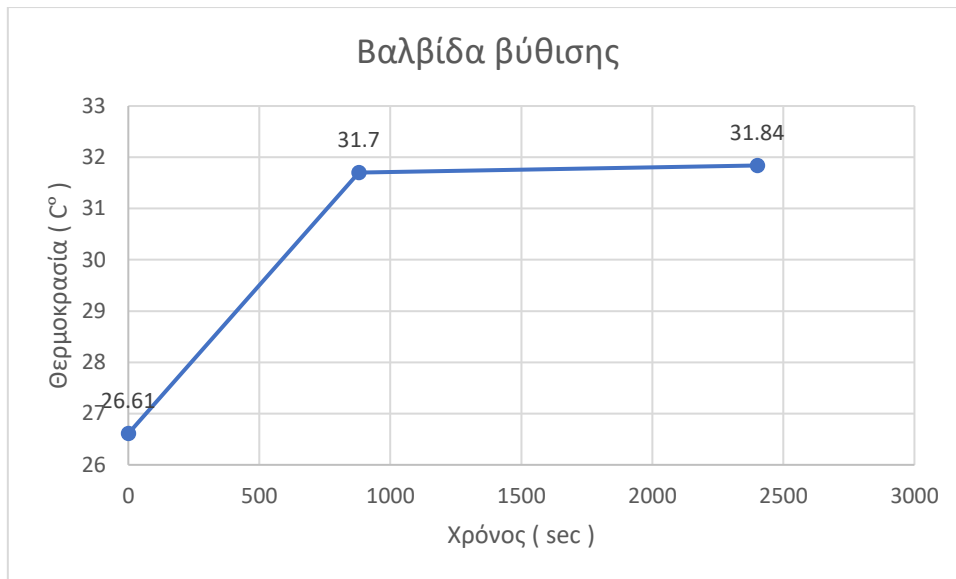


**Διάγραμμα 13 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κιτ στεγάνωσης σε διάρκεια 30 δοκιμών για επισκευασμένο αποσβεστήρα με καινούριο λάδι.

### **B) Βαλβίδα Βύθισης**

Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (sec)
26,61 (1 <sup>η</sup> μέτρηση)	0
31,7 (11 <sup>η</sup> μέτρηση)	880
31,84 (30 <sup>η</sup> μέτρηση)	2400

**Πίνακας 13 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στη βαλβίδα βύθισης για 1<sup>η</sup>, 11<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.

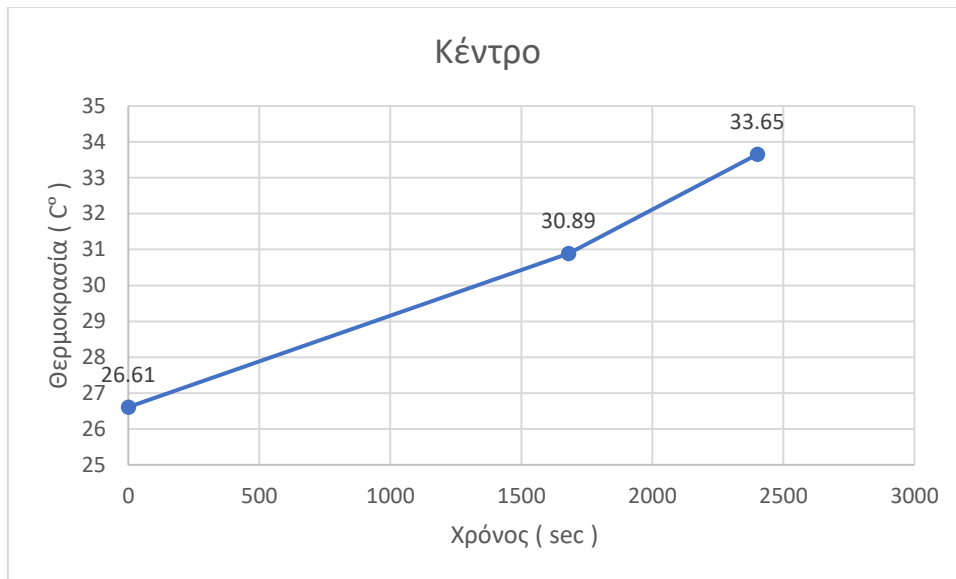


**Διάγραμμα 14 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στη βαλβίδα βύθισης σε διάρκεια 30 δοκιμών για επισκευασμένο αποσβεστήρα με καινούριο λάδι.

### Γ) Κέντρο

Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος (sec)
26,61 (1 <sup>η</sup> μέτρηση)	0
30,89 (21 <sup>η</sup> μέτρηση)	1680
33,65 (30 <sup>η</sup> μέτρηση)	2400

**Πίνακας 14 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κέντρο για 1<sup>η</sup>, 21<sup>η</sup> και 30<sup>η</sup> μέτρηση.



**Διάγραμμα 15 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κέντρο σε διάρκεια 30 δοκιμών για επισκευασμένο αποσβεστήρα με καινούριο λάδι.

**Σχόλια :** Στην 3<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση παρατηρούμε ότι και στα τρία σημεία του αποσβεστήρα έχουμε λογική αύξηση της θερμοκρασίας κατά το πέρας των 30 μετρήσεων καθώς ο αποσβεστήρας είναι πλήρως επισκευασμένος.



#### 2.4.4 Σύγκριση αποτελεσμάτων μέσω διαγραμμάτων

Μετά το πέρας όλων των δοκιμών στις διαφορετικές καταστάσεις, πραγματοποιήθηκαν διαγράμματα με στόχο την ανάδειξη της θερμοκρασιακής διαφοράς ανάμεσα στις τρεις καταστάσεις. Κάθε διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζει την διαφορά της θερμοκρασίας στα 3 επιλεγμένα σημεία ( κιτ στεγάνωσης, βαλβίδα βύθισης, κέντρο ) για τις 3 καταστάσεις. Ως σύνοψη αναφέρουμε επιγραμματικά της καταστάσεις :

1. Χαλασμένος αποσβεστήρας ( παλιός ).
2. Μερικώς επισκευασμένος αποσβεστήρας ( έχουν αλλαχθεί τα εσωτερικά μέρη πλην του λαδιού ).
3. Πλήρως επισκευασμένος αποσβεστήρας ( αλλαγή και του λαδιού ).

#### A) Κιτ στεγάνωσης

T1 θερμοκρασία ( °C )	T2 θερμοκρασία ( °C )	T3 θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
27,58	27,57	26,61	0
32,51	31,6	31,14	800
34,87	33,56	32,52	2400

**Πίνακας 15 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κιτ στεγάνωσης και για τις 3 διαφορετικές καταστάσεις.



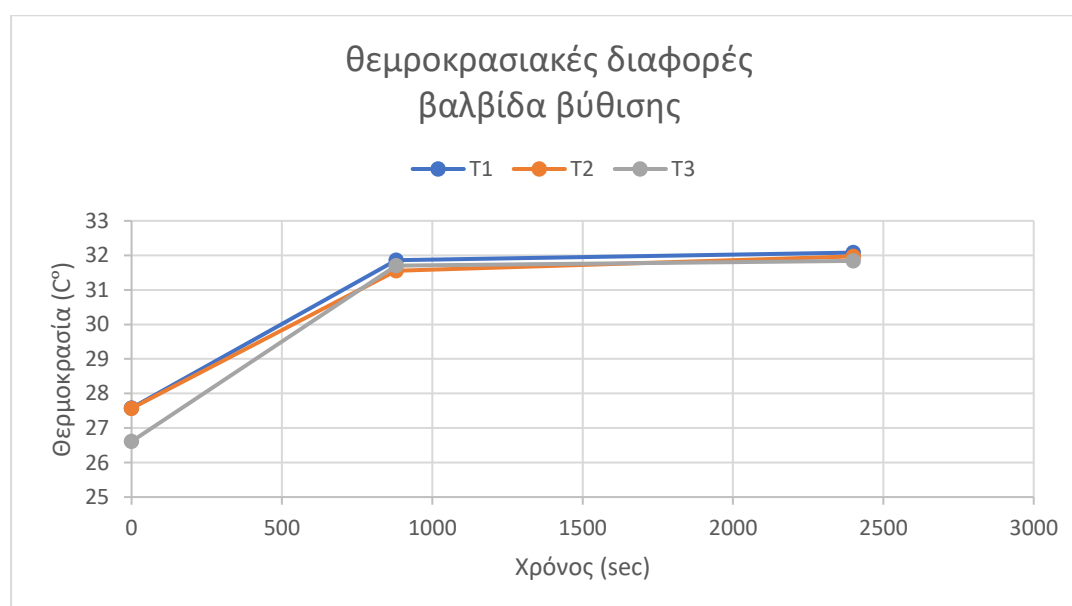
**Διάγραμμα 16 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κιτ στεγάνωσης μεταξύ των 3 καταστάσεων του αποσβεστήρα

- T1 : **Μπλε** γραμμή 1<sup>ης</sup> κατάστασης ( χαλασμένος αποσβεστήρας ).
- T2 : **Πορτοκαλί** γραμμή 2<sup>ης</sup> κατάστασης ( μερικώς επισκευασμένος αποσβεστήρας ).
- T3 : **Γκρι** γραμμή 3<sup>ης</sup> κατάστασης ( πλήρως επισκευασμένο αποσβεστήρας ).

## **B) Βαλβίδα βύθισης**

T1 Θερμοκρασία ( °C )	T2 Θερμοκρασία ( °C )	T3 Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
27,58	27,57	26,61	0
31,86	31,55	31,7	880
32,08	31,97	31,84	2400

**Πίνακας 16 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στη βαλβίδα βύθισης και για τις 3 διαφορετικές καταστάσεις.



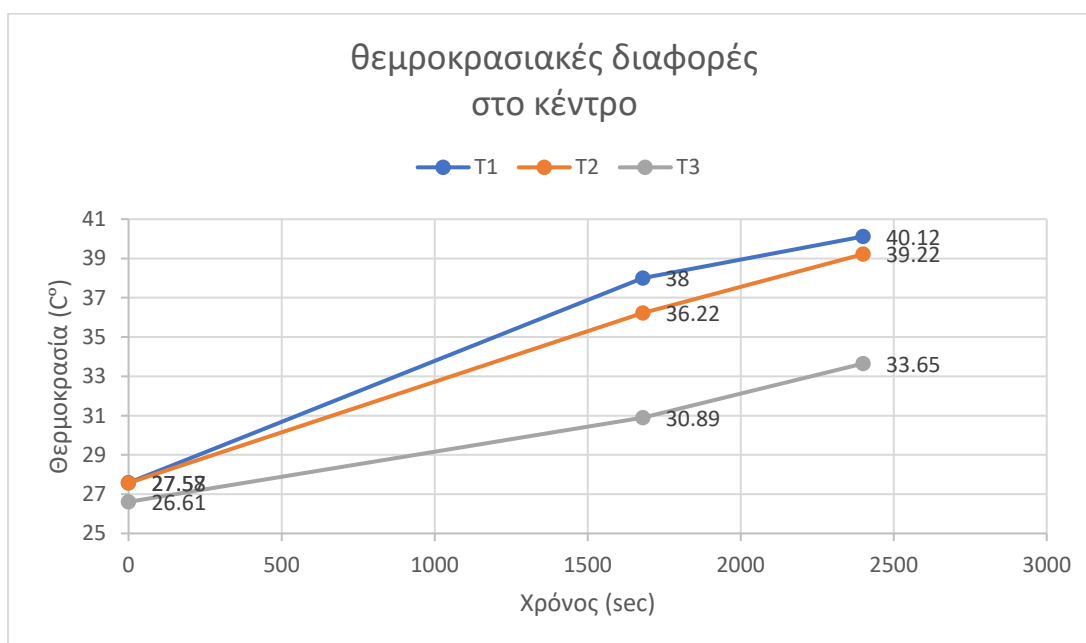
**Διάγραμμα 17 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στη βαλβίδα βύθισης μεταξύ των 3 καταστάσεων του αποσβεστήρα.

- T1 : **Μπλε** γραμμή 1<sup>ης</sup> κατάστασης ( χαλασμένος αποσβεστήρας ).
- T2 : **Πορτοκαλί** γραμμή 2<sup>ης</sup> κατάστασης ( μερικώς επισκευασμένος αποσβεστήρας ).
- T3 : **Γκρι** γραμμή 3<sup>ης</sup> κατάστασης ( πλήρως επισκευασμένο αποσβεστήρας ).

## Γ) Κέντρο

T1 θερμοκρασία ( °C )	T2 θερμοκρασία ( °C )	T3 θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος (sec)
27,58	27,57	26,61	0
38	36,22	30,89	1680
40,12	39,22	33,65	2400

**Πίνακας 17 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας στο κέντρο και για τις 3 διαφορετικές καταστάσεις.



**Διάγραμμα 18 :** Θερμοκρασιακή διαφορά στο κέντρο μεταξύ των 3 καταστάσεων του αποσβεστήρα.

- T1 : **Μπλε** γραμμή 1<sup>ης</sup> κατάστασης ( χαλασμένος αποσβεστήρας )
- T2 : **Πορτοκαλί** γραμμή 2<sup>ης</sup> κατάστασης ( μερικώς επισκευασμένος αποσβεστήρας )
- T3 : **Γκρι** γραμμή 3<sup>ης</sup> κατάστασης ( πλήρως επισκευασμένο αποσβεστήρας )

**Σχόλια :** Η θερμοκρασιακή διαφορά στο περιβάλλον είναι ίδια κατά την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση ενώ κατά την 3<sup>η</sup> είναι μειωμένη κατά 0,93°C. Παράλληλα με το πέρας των 30 μετρήσεων η θερμοκρασιακή διαφορά στο κίτ στεγάνωσης και στη βαλβίδα βύθισης είναι μικρή.

Συγκεκριμένα η διαφορά θερμοκρασίας στο κίτ στεγάνωσης μεταξύ της 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης είναι 1,21°C, της 1<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> 2,25°C και της 2<sup>ης</sup> με 3<sup>ης</sup>

κατάστασης  $1,04^{\circ}\text{C}$ . Αν λάβουμε ως παράγοντα και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος που διαφέρει στην 3<sup>η</sup> κατάσταση τότε θα παρατηρήσουμε ότι η θερμοκρασιακή διαφορά στο κίτ στεγάνωσης για την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> κατάσταση είναι  $2,25 - 0,93 = 1,32^{\circ}\text{C}$  και για 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> είναι  $1,04 - 0,93 = 0,11^{\circ}\text{C}$ .

Στη συνέχεια η διαφορά θερμοκρασίας στη βαλβίδα βύθισης στην 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση είναι  $0,09^{\circ}\text{C}$ , της 1<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup>  $0,24^{\circ}\text{C}$  και της 2<sup>ης</sup> με 3<sup>ης</sup> κατάστασης  $0,13^{\circ}\text{C}$ . Σ αυτό το σημείο παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η διαφορά 1<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> κατάστασης βάση και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος γίνεται  $0,24 - 0,93 = -0,69^{\circ}\text{C}$  και για την 2<sup>η</sup> με 3<sup>η</sup> κατάσταση  $0,13 - 0,93 = -0,80^{\circ}\text{C}$ . Το μείον στις μετρήσεις υποδηλώνει την αύξηση της θερμοκρασίας στη βαλβίδα βύθισης κατά τη 3<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση, όπου ο αποσβεστήρας είναι πλήρως επισκευασμένος σε σχέση με τις άλλες δύο καταστάσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το λάδι στη βαλβίδα βύθισης, που είναι καινούριο, είναι πιο πυκτό από το παλιό και γι αυτό έχει περισσότερη αντίσταση και η θερμοκρασία είναι λίγο ανεβασμένη.

Τελευταίο και πιο σημαντικό σημείο είναι το κέντρο όπου παρατηρούνται οι μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διαφορές. Συγκεκριμένα κατά την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση η διαφορά θερμοκρασίας είναι  $0,9^{\circ}\text{C}$ , 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> κατάστασης είναι  $5,57^{\circ}\text{C}$  και 1<sup>ης</sup> με 3<sup>ης</sup> κατάστασης  $6,47^{\circ}\text{C}$ . Ακόμα και λαμβάνοντας υπόψιν την θερμοκρασία περιβάλλοντος που υπάρχει η θερμοκρασιακή διαφορά είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με τα άλλα 2 σημεία. Ειδικότερα με την θερμοκρασιακή διαφορά στο περιβάλλον, έχουμε για την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση  $6,47 - 0,93 = 5,54^{\circ}\text{C}$  και για την 2<sup>η</sup> με 3<sup>η</sup> κατάσταση  $5,57 - 0,93 = 4,64^{\circ}\text{C}$ . Η τόσο έντονη διαφορά θερμοκρασίας που προκύπτει σ αυτό το σημείο κατά την 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup> με την 3<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση είναι δύο :

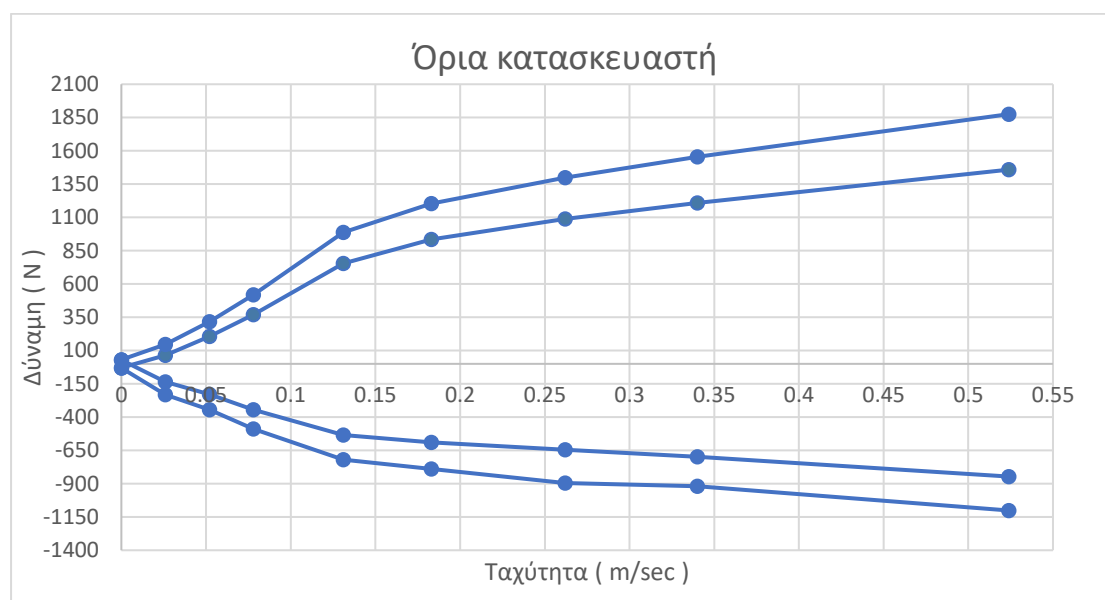
1. Το πάχος του μετάλλου του αποσβεστήρα στο κέντρο είναι μικρότερο σε σχέση με τα άλλα δύο σημεία, γι αυτό η διαφορά θερμοκρασίας είναι τόσο εμφανή
2. Παρατηρούμε ότι η 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση δεν έχουν μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι και στις 2 καταστάσεις χρησιμοποιήθηκε το μεταχειρισμένο λάδι, ενώ στην 3<sup>η</sup> κατάσταση το αντικαταστήσαμε με καινούριο.

#### 2.4.5 Σύγκριση δυνάμεων βύθισης – επαναφοράς στις πειραματικές καταστάσεις

Τελικό στάδιο της πειραματικής μελέτης ήταν η σύγκριση των δυνάμεων βύθισης – επαναφοράς στις επιμέρους πειραματικές καταστάσεις. Οι τιμές που συγκρίθηκαν αφορούσαν προκαθορισμένα σημεία τα οποία όριζε ο κατασκευαστής. Σε κάθε πειραματική δοκιμή που είχε διάρκεια 80 sec, υπήρχαν εννέα συγκεκριμένα σημεία κατά τα οποία είχαμε τη δυνατότητα να λάβουμε μετρήσεις που αφορούσαν **α)** την δύναμη βύθισης, **β)** τη δύναμη επαναφοράς, **γ)** τη θερμοκρασία σε κάθε σημείο καθ' όλη τη διάρκεια του τεστ. Τα σημεία αυτά ορίζονται από τον κατασκευαστή και αφορούν 9 συγκεκριμένες ταχύτητες που διανύει το υδραυλικό μέσο κατά την διάρκεια της πειραματικής δοκιμής.

Οι ταχύτητες από τις οποίες λήφθηκαν οι μετρήσεις είναι :

1. 0
2. 0,026 m/s
3. 0,052 m/s
4. 0,078 m/s
5. 0,131 m/s
6. 0,183 m/s
7. 0,262 m/s
8. 0,34 m/s
9. 0,524 m/s



**Διάγραμμα 19 :** Όρια κατασκευαστή πειραματικού αποσβεστήρα.

Για να γίνει σωστή σύγκριση των δυνάμεων βύθισης – επαναφοράς στα παρακάτω διαγράμματα έχουμε :

- Την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης με την εκάστοτε 1<sup>η</sup> δοκιμή των επόμενων πειραματικών καταστάσεων.

- Την 15<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης με την εκάστοτε 15<sup>η</sup> δοκιμή των επόμενων πειραματικών καταστάσεων.
- Την 30<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης με την εκάστοτε 30<sup>η</sup> δοκιμή των επόμενων πειραματικών καταστάσεων.

**A) Διάγραμμα δύναμης – ταχύτητας για 1<sup>η</sup> δοκιμή των πειραματικών καταστάσεων**

<b>Βύθιση 1 ( compression ) ( N )</b>	<b>Βύθιση 2 ( compression ) ( N )</b>	<b>Βύθιση 3 ( compression ) ( N )</b>
0	0	0
-152,44	-166,1	-196,04
-227,91	-253,86	-302,96
-327,45	-382,39	-438,76
-537,44	-584,4	-686,83
-668,84	-660,17	-701,89
-748,44	-736,49	-788,41
-818,53	-799,81	-858,28
-923,06	-940,03	-1006,64

**Πίνακας 18 :**

- Βύθιση 1 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 1<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Βύθιση 2 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 2<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Βύθιση 3 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 3<sup>ης</sup> κατάστασης.

**Σχόλια :** Μέσω του παρακάτω διαγράμματος παρατηρούμε ότι κατά τη βύθιση οι γραμμές στη βύθιση κατά την εκάστοτε κατάσταση αρχικά βγαίνουν εκτός ορίων στις χαμηλές ταχύτητες, ενώ κατά το τέλος της δοκιμής και ενώ η ταχύτητα αυξάνεται, οι γραμμές ξαναμπαίνουν εντός ορίων.

Ειδικότερα για την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης παρατηρήθηκε ότι κατά τις χαμηλές ταχύτητες 0,052m/s και 0,078m/s οι τιμές της γραμμής βγαίνουν εκτός ορίων του κατασκευαστή ενώ για όλες τις υπόλοιπες ταχύτητες η τιμές της γραμμής είναι εντός ορίων.

Για την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 2<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης και την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 3<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης οι εκάστοτε γραμμές είναι εντός ορίων του κατασκευαστή. Με την επισκευή των εσωτερικών μερών του αποσβεστήρα και στη συνέχεια την αντικατάσταση του λαδιού με καινούριο, κατευθείαν οι γραμμές του αποσβεστήρα ήταν εντός των επιθυμητών ορίων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια όλων των δοκιμών οι τιμές στην βύθιση ήταν σχεδόν πάντα εντός ορίων. Το πρόβλημα του αποσβεστήρα εμφανιζόταν κατά την επαναφορά. Έπειτα το άνοιγμα του αποσβεστήρα και την αντικατάσταση των

εσωτερικών μερών φανερώθηκε ότι το πρόβλημα του αποσβεστήρα ήταν στο ελατήριο της επαναφοράς.

Τέλος παρατηρούμε από τους πίνακες και τον πίνακα με τα όρια του κατασκευαστή ότι κατά τη βύθιση συναντάμε χαμηλότερες δυνάμεις σε σχέση με τις δυνάμεις της επαναφοράς.

Επαναφορά 1 ( rebound ) ( N )	Επαναφορά 2 ( rebound ) ( N )	Επαναφορά 3 ( rebound ) ( N )
0	0	0
88,26	109,53	135,24
174,32	199,02	283,09
284,37	317,07	470,81
528,93	622,38	875,3
812,1	913,3	1050,1
999,15	1070,9	1182,47
1105,43	1179,72	1280,25
1290,18	1398,62	1488,65

#### Πίνακας 19 :

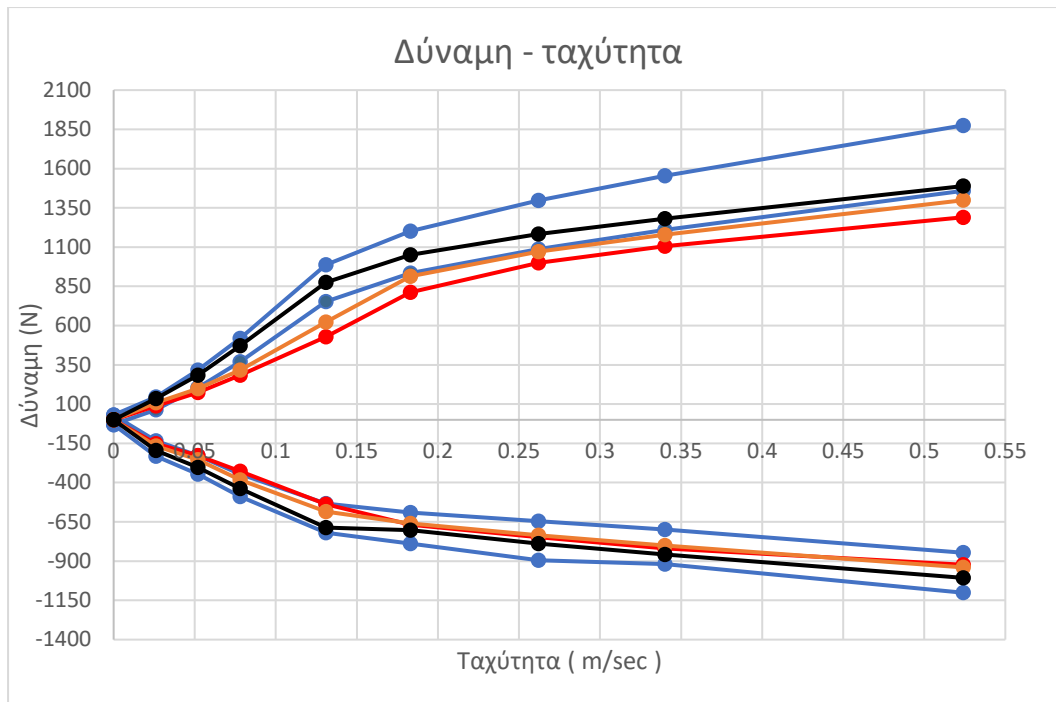
- Επαναφορά 1 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 1<sup>ης</sup> κατάστασης
- Επαναφορά 2 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 2<sup>ης</sup> κατάστασης
- Επαναφορά 3 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 3<sup>ης</sup> κατάστασης

**Σχόλια :** Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως το πρόβλημα του αποσβεστήρα εμφανιζόταν έντονα κατά την επαναφορά όπου οι δυνάμεις είναι και μεγαλύτερες.

Για την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης παρατηρούμε ότι η γραμμή της επαναφοράς είναι εντός ορίων μόνο κατά την ταχύτητα 0,026m/s ενώ για όλες τις υπόλοιπες ταχύτητες η γραμμή είναι εκτός ορίων του κατασκευαστή με συνέπεια ο αποσβεστήρας να χρήζει επισκευής.

Για την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 2<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης και αφού είχαμε αντικαταστήσει τα εσωτερικά μέρη του αποσβεστήρα, παρατηρούμε ότι η γραμμή της επαναφοράς είναι εντός ορίων μόνο κατά την ταχύτητα 0,026m/s ξανά. Στις υπόλοιπες ταχύτητες η γραμμή βγαίνει εκτός ορίων, όμως πρέπει να σημειωθεί ότι γραμμή της επαναφοράς είναι πολύ κοντά στα όρια του κατασκευαστή.

Τέλος κατά την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 3<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης όπου αντικαταστήσαμε το παλαιό λάδι με καινούριο παρατηρούμε ότι η γραμμή επαναφοράς του αποσβεστήρα είναι εντός ορίων καθ όλη τη διάρκεια της δοκιμής και σ όλες τις ταχύτητες. Αυτό φανερώνει την χρησιμότητα του λαδιού στον αποσβεστήρα καθώς και ότι πλέον ο αποσβεστήρας ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του κατασκευαστή.



**Διάγραμμα 20 :** Διάγραμμα δύναμης – ταχύτητας για βύθιση και επαναφορά για 1η μέτρηση. Το άνω μέρος αφορά τις δυνάμεις επαναφοράς του αποσβεστήρα και το κάτω μέρος του διαγράμματος αφορά τις δυνάμεις βύθισης.

- Μπλε καμπύλες : Όρια κατασκευαστή.
- Κόκκινες καμπύλες : 1<sup>η</sup> δοκιμή 1<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Πορτοκαλί καμπύλες : 1<sup>η</sup> δοκιμή 2<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Μαύρες καμπύλες : 1<sup>η</sup> δοκιμή 3<sup>ης</sup> κατάστασης.

**Β) Διάγραμμα δύναμης – ταχύτητας για 15<sup>η</sup> δοκιμή των πειραματικών καταστάσεων**

Βύθιση 1 ( compression ) ( N )	Βύθιση 2 ( compression ) ( N )	Βύθιση 3 ( compression ) ( N )
0	0	0
-131,33	-145,65	-176,46
-183,85	-212	-258,2
-259,37	-303,76	-375,54
-448,07	-523,76	-581,56
-620,49	-633,67	-659,37
-720,33	-719,25	-740,21
-792,02	-782,22	-806,81
-933,88	-920,63	-933,44

**Πίνακας 20 :**

- Βύθιση 1 : Δυνάμεις 15<sup>ης</sup> δοκιμής 1<sup>ης</sup> κατάστασης.



- Βύθιση 2 : Δυνάμεις 15<sup>ης</sup> δοκιμής 2<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Βύθιση 3 : Δυνάμεις 15<sup>ης</sup> δοκιμής 3<sup>ης</sup> κατάστασης

Επαναφορά 1 ( rebound ) ( N )	Επαναφορά 1 ( rebound ) ( N )	Επαναφορά 1 ( rebound ) ( N )
0	0	0
94,83	92,74	93,09
151,39	162,85	176,01
227,77	261,87	292,52
402,61	532	616,51
590,65	847,3	973,63
863,53	1020,46	1066,25
1029,23	1131,33	1169,36
1263,07	1354,28	1425,02

### Πίνακας 21 :

- Επαναφορά 1 : Δυνάμεις 15<sup>ης</sup> δοκιμής 1<sup>ης</sup> κατάστασης
- Επαναφορά 2 : Δυνάμεις 15<sup>ης</sup> δοκιμής 2<sup>ης</sup> κατάστασης
- Επαναφορά 3 : Δυνάμεις 15<sup>ης</sup> δοκιμής 3<sup>ης</sup> κατάστασης

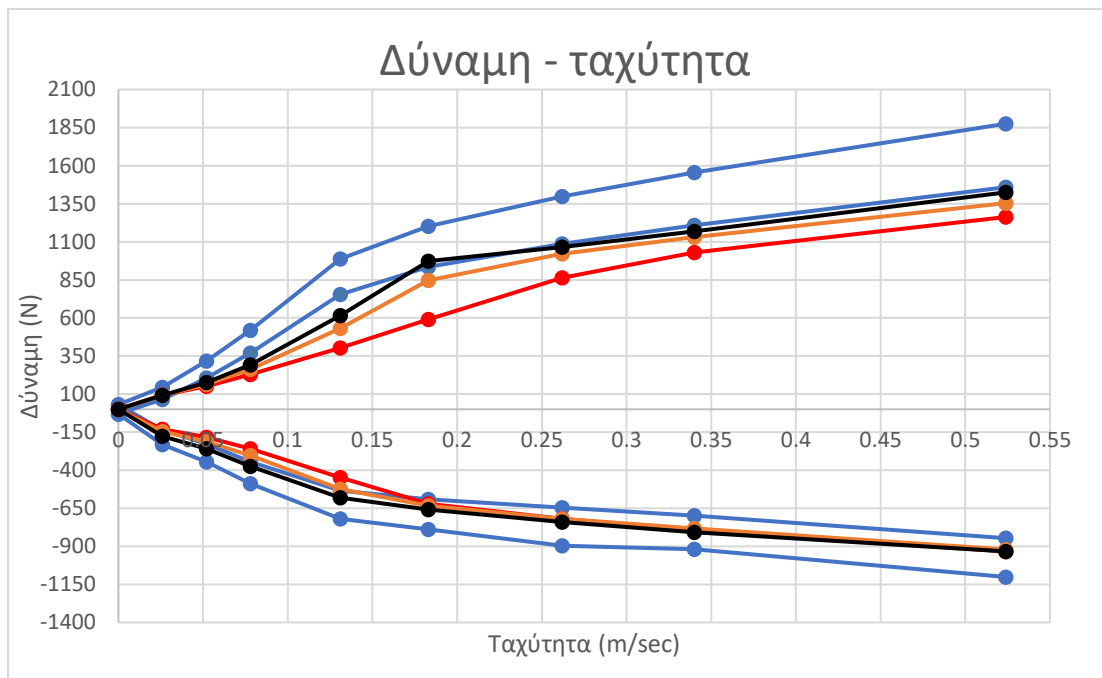
**Σχόλια :** Στην 15<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης η γραμμή βύθισης του αποσβεστήρα είναι εκτός ορίων κατά τις ταχύτητες 0,026m/s, 0,052m/s, 0,078m/s, 0,131m/s ενώ στη συνέχεια η γραμμή βύθισης επανέρχεται εντός ορίων. Παράλληλα η γραμμή επαναφοράς κατά την δοκιμή είναι εκτός ορίων σ όλη τη διάρκεια εκτός από την ταχύτητα 0,026m/s

Για την 15<sup>η</sup> δοκιμή της 2<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης η γραμμή βύθισης είναι εκτός ορίων στις ταχύτητες 0,052m/s, 0,078m/s και 0,131m/s ενώ στη συνέχεια η γραμμή είναι εντός ορίων. Η γραμμή επαναφοράς όπως και στην προηγούμενη κατάσταση βγαίνει εκτός ορίων του κατασκευαστή εκτός από την ταχύτητα των 0,026m/s ενώ η γραμμή της επαναφοράς τείνει στα όρια του κατασκευαστή.

Τέλος για την 15<sup>η</sup> δοκιμή της 3<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης η γραμμή βύθισης είναι εντός ορίων του κατασκευαστή σ όλη τη διάρκεια της δοκιμής. Για την γραμμή της επαναφοράς της τελευταίας δοκιμής παρατηρούμε ότι στις χαμηλές ταχύτητες είναι εκτός ορίων, στις μεσαίες ταχύτητες εντός ( 0,183m/s ) ενώ κατά το τέλος της δοκιμής στις υψηλές ταχύτητες βγαίνει εκτός ορίων για πολύ λίγο.

Είναι λογικό κατά την 15<sup>η</sup> δοκιμή της 3<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης και ενώ ο αποσβεστήρας είναι πλήρως επισκευασμένος η γραμμή της επαναφοράς να βγαίνει για λίγο εκτός ορίων του κατασκευαστή. Ο λόγος είναι ότι ο αποσβεστήρας υφίσταται συνεχόμενες δοκιμές σε συνθήκες εργαστηρίου και γι αυτό το λόγο δεν έχει τη δυνατότητα να ψυχθεί από κάποιο μέσο ( αέρας, νερό ) όπως σε περιβάλλον πορείας σε δρόμο. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την επισκευή ενός αποσβεστήρα πραγματοποιούνται 3 δοκιμές έτσι ώστε να συμπεράνουμε ότι ο αποσβεστήρας έχει επισκευαστεί σωστά. Κατά την πειραματική διαδικασία που ακολουθήσαμε είναι

λογικό μετά από την τόση εκταταμένη χρήση του, οι τιμές της επαναφοράς κατά κύριο λόγο να είναι εκτός ορίων μετά από κάποιο αριθμό δοκιμών.



**Διάγραμμα 21 :** Διάγραμμα δύναμης – ταχύτητας για βύθιση και επαναφορά για 1η μέτρηση. Το άνω μέρος αφορά τις δυνάμεις επαναφοράς του αποσβεστήρα και το κάτω μέρος του διαγράμματος αφορά τις δυνάμεις βύθισης.

- Μπλε καμπύλες : Όρια κατασκευαστή.
- Κόκκινες καμπύλες : 15<sup>η</sup> δοκιμή 1<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Πορτοκαλί καμπύλες : 15<sup>η</sup> δοκιμή 2<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Μαύρες καμπύλες : 15<sup>η</sup> δοκιμή 3<sup>ης</sup> κατάστασης.

**Γ) Διάγραμμα δύναμης – ταχύτητας για 30<sup>η</sup> δοκιμή των πειραματικών καταστάσεων**

Δύναμη 1 (compression) ( N )	Δύναμη 2 (compression) ( N )	Δύναμη 3 (compression) ( N )
0	0	0
-139,9	-138,23	-143,73
-191,72	-198,73	-226,92
-260,36	-278,35	-339,59
-441,64	-477,27	-549,57
-689,84	-615,04	-629,49
-725,75	-707,66	-710,71

-804,33	-776,71	-777,32
-948,09	-922,51	-923,8

**Πίνακας 22 :**

- Βύθιση 1 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 1<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Βύθιση 2 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 2<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Βύθιση 3 : Δυνάμεις 1<sup>ης</sup> δοκιμής 3<sup>ης</sup> κατάστασης

Δύναμη 1 (rebound) ( N )	Δύναμη 2 (rebound) ( N )	Δύναμη 3 (rebound) ( N )
0	0	0
93,63	87,02	85,6
156,1	151,65	164,74
245,17	248,13	279,32
441,46	504,8	572,45
666,48	815,93	886,42
919,56	1006,68	1052,77
1037,45	1117,32	1162,25
1259,4	1341,59	1391,77

**Πίνακας 23 :**

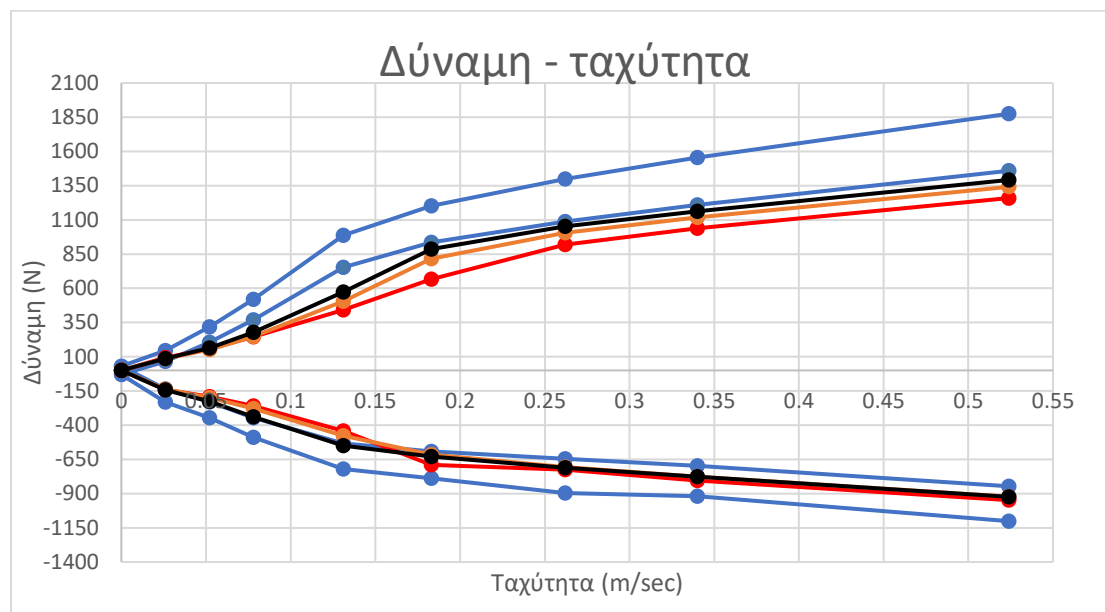
- Επαναφορά 1 : Δυνάμεις 30<sup>ης</sup> δοκιμής 1<sup>ης</sup> κατάστασης
- Επαναφορά 2 : Δυνάμεις 30<sup>ης</sup> δοκιμής 2<sup>ης</sup> κατάστασης
- Επαναφορά 3 : Δυνάμεις 30<sup>ης</sup> δοκιμής 3<sup>ης</sup> κατάστασης

**Σχόλια :** Κατά την 30<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης η γραμμές της βύθισης και επαναφοράς είναι εκτός ορίων του κατασκευαστή, ενώ η γραμμή της βύθισης είναι εντός ορίων από τις μεσσαίες ταχύτητες μέχρι το τέλος της δοκιμής. Η γραμμή της επαναφοράς είναι εκτός ορίων σ όλη τη διάρκεια της δοκιμής.

Για την 30<sup>η</sup> δοκιμή της 2<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης ξανά όπως και στην 1<sup>η</sup> κατάσταση είναι εκτός ορίων του κατασκευαστή. Στην γραμμή της βύθισης παρατηρούμε όπως και στην προηγούμενη κατάσταση να επανέρχεται στα όρια του κατασκευαστή μετά τις μεσσαίες ταχύτητες ενώ η γραμμή επαναφοράς είναι εκτός ορίων καθ όλη τη διάρκεια της δοκιμής.

Τέλος για την 30<sup>η</sup> δοκιμή της 3<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης η γραμμή βύθισης είναι εντός ορίων του κατασκευαστή μέχρι το τέλος της δοκιμής. Κατά την δοκιμή αυτή η γραμμή επαναφοράς είναι εκτός ορίων και τείνει πολύ κοντά στα όρια παρ όλο την συνεχόμενη καταπόνηση που έχει δεχθεί ο αποσβεστήρας στις 30 δοκιμές. Γι αυτό το λόγο δεν μπορούμε να πούμε ότι ο αποσβεστήρας δεν πληρεί τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Στις συνεχόμενες δοκιμές είχαμε ως στόχο την αύξηση της θερμοκρασίας στο υδραυλικό μέσο. Γι αυτό όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι λογικό οι γραμμές βύθισης και επαναφοράς να είναι εκτός ορίων μετά από το μεγάλο αριθμό δοκιμών.



**Διάγραμμα 22 :** Διάγραμμα δύναμης – ταχύτητας για βύθιση και επαναφορά για 1η μέτρηση. Το άνω μέρος αφορά τις δυνάμεις επαναφοράς του αποσβεστήρα και το κάτω μέρος του διαγράμματος αφορά τις δυνάμεις βύθισης.

- Μπλε καμπύλες : Όρια κατασκευαστή.
- Κόκκινες καμπύλες : 30<sup>η</sup> δοκιμή 1<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Πορτοκαλί καμπύλες : 30<sup>η</sup> δοκιμή 2<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Μαύρες καμπύλες : 30<sup>η</sup> δοκιμή 3<sup>ης</sup> κατάστασης.

**Σημείωση :** Τα διαγράμματα σε αυτό το σκέλος της εργασίας είναι βάση των ορίων που δίνει ο κατασκευαστής. Τα διαγράμματα που εμφανίζονταν στο πρόγραμμα του αμορτισερόμετρου ήταν ανεστραμμένα δηλαδή η βύθιση εμφανιζόταν στο άνω μέρος του διαγράμματος με θετικά πρόσημα και η επαναφορά στο κάτω μέρος με αρνητικά πρόσημα.

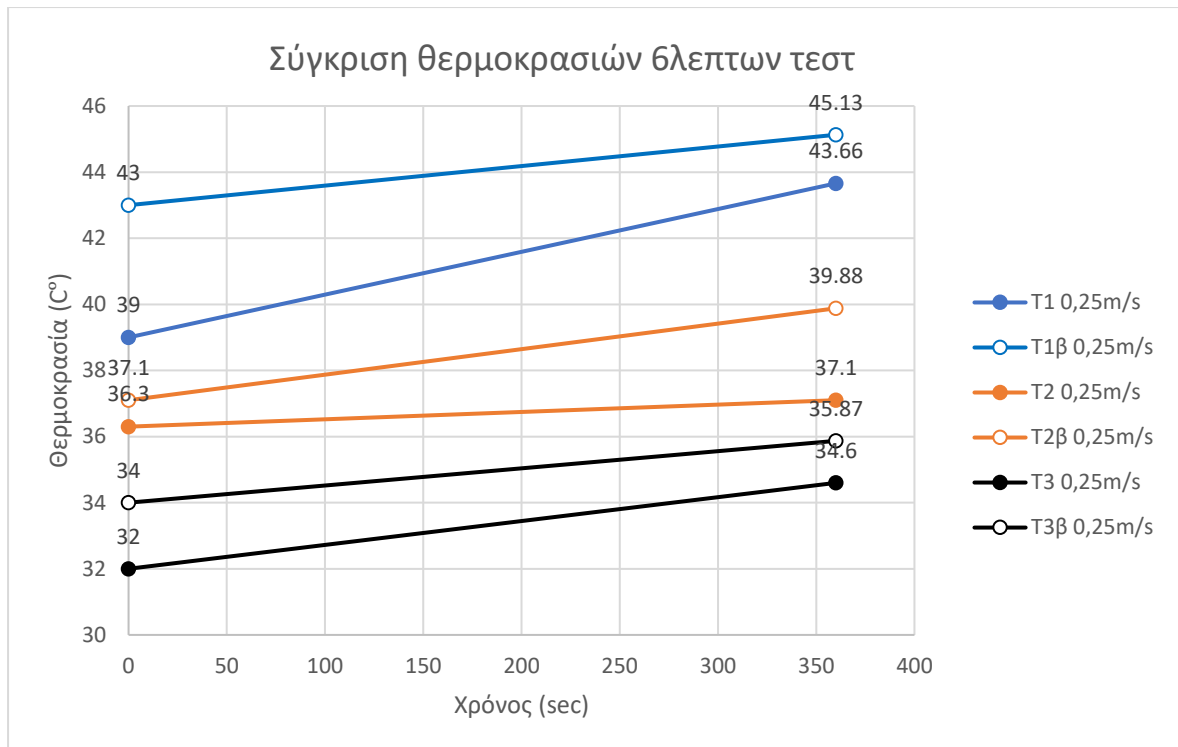
## 2.5 Δοκιμές σταθερής ταχύτητας

Όπως αναφέρθηκε στην αρχική περίληψη των πειραματικών μας δοκιμών, έπειτα από κάθε πειραματική κατάσταση και μετά το πέρας των 30 δοκιμών ( τεστ κατασκευαστή ) ο αποσβεστήρας καταπονούνται με σταθερή ταχύτητα για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Πριν ξεκινήσει αυτή η δοκιμή, σταματούσαμε την λειτουργία του μηχανήματος για 5 λεπτά έτσι ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία του αποσβεστήρα. Πραγματοποιήθηκαν 2 δοκιμές των 6 λεπτών και διαφορά 5 λεπτών μεταξύ τους με σταθερή ταχύτητα 0.25m/s ( low speed, ταχύτητα αποσβεστήρα σε συνθήκες αυτοκινητοδρόμου ) και 1 δοκιμή των 3 λεπτών με σταθερή ταχύτητα 0.52m/s ( high speed ).

Να σημειωθεί ότι η δοκιμή με ταχύτητα 0,52m/s έγινε μόνο 3 λεπτά και πραγματοποιήθηκε 1 δοκιμή για κάθε κατάσταση του αποσβεστήρα ( χαλασμένος, μερικός επισκευασμένος, πλήρως επισκευασμένος ) καθώς το μηχάνημα σταματούσε τη διαδικασία. Οι συνθήκες σε αυτή την ταχύτητα δεν μπορούν να υπάρξουν για ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Επιπλέον στόχος της δοκιμής ήταν η αύξηση της θερμοκρασίας και η τελική καταμέτρησή της και όχι το σπάσιμο του αποσβεστήρα. Τα αποτελέσματα για τις 3 διαφορετικές καταστάσεις φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.

T1 Θερμοκρασία ( °C )	T1β Θερμοκρασία ( °C )	T2 Θερμοκρασία ( °C )	T2β Θερμοκρασία ( °C )	T3 Θερμοκρασία ( °C )	T3β Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
39	43	36,3	37,1	32	34	0
43,66	45,13	37,1	39,88	34,6	35,87	360

**Πίνακας 24 :** Αποτελέσματα θερμοκρασίας 2 δοκιμών των 6 λεπτών και για τις 3 πειραματικές καταστάσεις.



**Διάγραμμα 23 :** Σύγκριση θερμοκρασιών 6 λεπτων τεστ στις τρεις διαφορετικές καταστάσεις. Κάθε δοκιμή για την εκάστοτε κατάσταση είχε διαφορά 5 λεπτών. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν μετά το πέρας των 30 δοκιμών. Αναλυτικά στο διάγραμμα παρατηρείται :

- Με **μπλε** ( T1 ) γραμμή την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> καταστασης ( χαλασμένος αποσβεστήρας ).
- Με **μπλε** ( T1β ) γραμμή και λευκές κουκίδες την 2<sup>η</sup> δοκιμή της 1<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Με **πορτοκαλί** ( T2 ) γραμμή την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 2<sup>ης</sup> κατάστασης ( μερικώς επισκευασμένη ).
- Με **πορτοκαλί** ( T2β ) γραμμή και λευκές κουκίδες την 2<sup>η</sup> δοκιμή της 2<sup>ης</sup> κατάστασης.
- Με **μαύρη** ( T3 ) γραμμή την 1<sup>η</sup> δοκιμή της 3<sup>ης</sup> κατάστασης ( πλήρως επισκευασμένη ).
- Με **μαύρη** ( T3β ) γραμμή και λευκές κουκίδες την 2<sup>η</sup> δοκιμή της 3<sup>ης</sup> κατάστασης.

**Σχόλια :** Οι θερμοκρασιακές διαφορές στα τέστ των 6 λεπτών είναι σημαντικές και δείχνουν την αύξηση της θερμοκρασίας που υφίσταται ο αποσβεστήρας. Συγκεκριμένα για την 1<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση ( χαλασμένος αποσβεστήρας ), και το 1<sup>ο</sup> 6λεπτο τεστ παρατηρούμε 4,66°C αύξηση της θερμοκρασίας. Μετά το 5λεπτο κρύωμα η νέα θερμοκρασία του αποσβεστήρα είναι 43°C ενώ η τελική του 45,13°C. Η θερμοκρασία στο τελικό 6λεπτο τεστ για την 1<sup>η</sup> κατάσταση έχει αυξηθεί κατά 2,13°C. Τα δύο τεστ

έχουν αρχική διαφορά θερμοκρασίας  $43 - 39 = 4^{\circ}\text{C}$  ενώ τελική  $45,13 - 43,66 = 1,47^{\circ}\text{C}$ . Παρατηρούμε ότι κατά το δεύτερο τεστ η θερμοκρασία δεν ανεβαίνει με τον ίδιο ρυθμό σε σχέση με το 1<sup>ο</sup> τεστ.

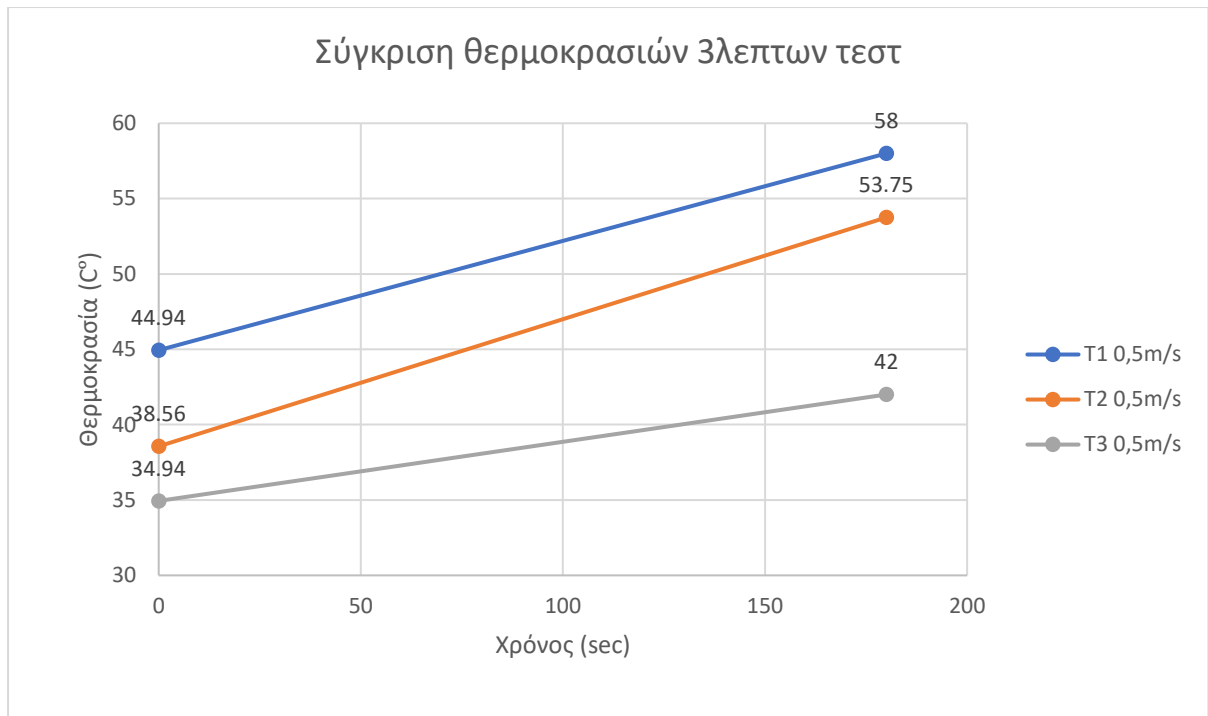
Κατά την 2<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση ( μερικώς επισκευασμένος αποσβεστήρας ) παρατηρείται εκ νέου αύξηση της θερμοκρασίας της οποίας η διαφορά είναι μεγάλη κατά την τελική θερμοκρασία μεταξύ των δύο τεστ. Συγκεκριμένα έχουμε για το 1<sup>ο</sup> τεστ αύξηση της θερμοκρασίας του υδραυλικού μέσου κατά  $0,8^{\circ}\text{C}$  και για το 2<sup>ο</sup> τεστ  $2,77^{\circ}\text{C}$ . Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των δύο τεστ που συναντάμε είναι για την αρχική θερμοκρασία σε κάθε τεστ  $37,1 - 36,3 = 0,8^{\circ}\text{C}$  και κατά την τελική θερμοκρασία των δύο τεστ  $39,88 - 37,1 = 2,77^{\circ}\text{C}$ . Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ των δύο τεστ είναι ίδιες σε σχέση με τις διαφορές της θερμοκρασίας που συναντάμε στο εκάστοτε τεστ. Με την επισκευή των εσωτερικών μερών του αποσβεστήρα παρατηρείται σταθεροποίηση μεταξύ των διαφορών των θερμοκρασιών για τα βλεπτα τεστ.

Τέλος κατά την 3<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση ( πλήρως επισκευασμένος αποσβεστήρας ) παρατηρείται αύξηση στην θερμοκρασία του αποσβεστήρα. Για το 1<sup>ο</sup> τεστ έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας κατά  $2,6^{\circ}\text{C}$  και για το 2<sup>ο</sup> τεστ  $1,87^{\circ}\text{C}$ . Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των 2 τεστ είναι για την αρχική θερμοκρασία των τεστ  $36 - 34 = 2^{\circ}\text{C}$ , ενώ για την τελική θερμοκρασία είναι  $35,87 - 34,66 = 1,21^{\circ}\text{C}$ . Με την αντικατάσταση του λαδιού παρατηρείται μείωση στην διαφορά των τελικών θερμοκρασιών των βλεπτων.

Οι θερμοκρασιακές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των τεστ και για τις 3 πειραματικές καταστάσεις είναι σημαντικές. Συγκεκριμένα στο 1<sup>ο</sup> τεστ της 1<sup>ης</sup> πειραματικής κατάστασης με τα εκάστοτε 1<sup>α</sup> τεστ των επόμενων καταστάσεων παρατηρείται διαφορά.

T1 Θερμοκρασία ( °C )	T2 Θερμοκρασία ( °C )	T3 Θερμοκρασία ( °C )	Χρόνος ( sec )
44,94	38,56	34,94	0
58	53,75	42	180

**Πίνακας 25 :** Αποτελέσματα δοκιμών των 3 λεπτών και για τις 3 πειραματικές καταστάσεις.



**Διάγραμμα 24 :** Σύγκριση θερμοκρασιών 3 λέπτων τεστ στις τρεις διαφορετικές καταστάσεις. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν μετά το πέρας των 30 δοκιμών. Αναλυτικά στο διάγραμμα παρατηρείται :

- Με **μπλε** ( T1 ) γραμμή την δομική της 1<sup>ης</sup> καταστασης ( χαλασμένος αποσβεστήρας ).
- Με **πορτοκαλί** ( T2 ) γραμμή την δοκιμή της 2<sup>ης</sup> κατάστασης ( μερικώς επισκευασμένη ).
- Με **γκρι** ( T3 ) γραμμή την δοκιμή της 3<sup>ης</sup> κατάστασης ( πλήρως επισκευασμένη ).

**Σχόλια :** Οι θερμοκρασιακές διαφορές που υπάρχουν στα 3λεπτα τεστ είναι πολύ μεγάλες και διαφέρουν από κατάσταση σε κατάσταση καθώς και σαν αρχική – τελική θερμοκρασία στο εκάστοτε τεστ. Συγκεκριμένα για την 1<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση παρατηρείται διαφορά στην θερμοκρασία κατά 13,06°C, στην 2<sup>η</sup> κατάσταση κατά 15,19°C και για την 3<sup>η</sup> κατάσταση κατά 7,06°C. Οι τελικές θερμοκρασίες για τις επιμέρους καταστάσεις είναι :

- Για την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> κατάσταση  $58 - 53,75 = 4,25^{\circ}\text{C}$
- Για την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> κατάσταση  $58 - 42 = 16^{\circ}\text{C}$
- Για την 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> κατάσταση  $53,75 - 42 = 11,75^{\circ}\text{C}$

Αν λάβουμε υπόψιν και την θερμοκρασιακή διαφορά στο περιβάλλον που υπάρχει στην 3<sup>η</sup> κατάσταση τότε έχουμε :

- Για την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> κατάσταση  $16 - 0,93 = 15,07^{\circ}\text{C}$
- Για την 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> κατάσταση  $11,75 - 0,93 = 10,82^{\circ}\text{C}$



Παρατηρούμε ότι κατά την 3<sup>η</sup> πειραματική κατάσταση η θερμοκρασία του αποσβεστήρα αυξάνεται μόνο κατά 7,06°C ενώ για τις άλλες καταστάσεις αυξάνεται για την 1<sup>η</sup> κατάσταση 13,06°C και για την 2<sup>η</sup> κατάσταση κατά 15,19°C. Η τόσο μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας στα 3λεπτα τεστ οφείλεται στο λάδι, όπου για την 3<sup>η</sup> κατάσταση είναι καινούριο ενώ για την 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> κατάσταση είναι το μεταχειρισμένο. Τέλος παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στην 2<sup>η</sup> κατάσταση σε σχέση με την 1<sup>η</sup> κατά  $15,19 - 13,06 = 2,13^\circ\text{C}$ . Η διαφορά αυτή στη θερμοκρασία είναι λογική αφού έχει προηγηθεί η 1<sup>η</sup> κατάσταση και το λάδι δεν μπορεί πλέον να διατηρήσει την θερμοκρασία σταθερή γι αυτό και χρήζει αλλαγής.

## 2.6 Χημική ανάλυση λαδιών

Το τελικό σκέλος της πειραματικής διαδικασίας αφορούσε στη χημική ανάλυση του καινούριου λαδιού και του χρησιμοποιημένου. Σκοπός της ανάλυσης ήταν η ανάδειξη των διαφορών μεταξύ των δύο λαδιών. Με τη βοήθεια των εργαστηρίων SPECTRUM-LABS πραγματοποιήσαμε την χημική ανάλυση. Ο παρακάτω πίνακας μας δίνει τα στοιχεία μετά το πέρας των ανάλυσεων που έγιναν.

		New Oil	Used Oil	
<b>Physicochemical properties</b>				
	<b>Method</b>			
Apperance	Visual	Hazy	Red	Amber
Density at 20 C	ISO 12185	856	856,7	856
Viscosity at 100	ASTM D7042	5,765	5,283	5,8
Viscosity at 40	ASTM D7042	33,1	<b>14,77</b>	33,2
TAN (mg KOH/gr)	ASTM D664	0,29	<b>1,59</b>	-
Flash point	ASTM D93	155	<b>90,5</b>	220
Insolubles contents	ASTM D893	<0,05	<0,05	-
Water (% vol)	ASTM D6304	-	0,05	-
<b>Wear metals and contaminants (ppm)</b>				
Tin (Sn)	ASTM D5185	1	3	-
Iron (Fe)	ASTM D5185	1	<b>68</b>	-
Copper (Cu)	ASTM D5185	0	<b>68</b>	-
Nickel (Ni)	ASTM D5185	0	2	-
Chromium (Cr)	ASTM D5185	0	7	-
Lead (Pb)	ASTM D5185	0	3	-
Magnesium (Mg)	ASTM D5185	0	32	-
Aluminim (Al)	ASTM D5185	1	<b>40</b>	-
Silicon (Si)	ASTM D5185	12	<b>140</b>	-
Vanadium (V)	ASTM D5185	0	0	-

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του μεταχειρισμένου και του καινούριου λαδιού που προκύπτουν για τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες ( Physicochemical properties ) καθώς και τα μέταλλα φθοράς και επιμολυντές ( Wear metals and contaminants ). Παρατηρήθηκε η οπτική αλλαγή στα δύο λάδια. Το καινούριο είχε hazy appearance ενώ το παλιό red appearance. Με τον όρο hazy εννοείται λάδι το οποίο στην εμφάνισή του ότι είναι θαμπό/μη διαυγές, ενώ με τον όρο red, η εμφάνιση του λαδιού είναι χρώματος κόκκινου. Παρακάτω αναφέρονται οι πειραματικές διαδικασίες και τα πρότυπα που ακολουθήθηκαν :

- Πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό της πυκνότητας στους 20°C βάση του προτύπου ISO 12185.
- Πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό του ιξώδους στους 40°C και 100°C βάση του προτύπου ASTM D7042.
- Πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό του σημείου ανάφλεξης ( flash point ) βάση προτύπου ASTM D93. Το σημείο ανάφλεξης αφορά την θερμοκρασία όπου μίγμα των ατμών του λαδιού και αέρα αναφλέγεται παρουσία σπινθίρα ή φλόγας.
- Πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό του TAN ( Total Acid Number ) βάση προτύπου ASTM D664. Το TAN είναι ο ολικός αριθμός οξύτητας, όπου προσδιορίζονται τα όξινα συστατικά του δείγματος.
- Πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε αδιάλυτα σωματίδια ( insoluble contents ) βάση προτύπου ASTM D893. Τα σωματίδια αδιάλυτα στο λάδι μπορεί να προέρχονται από εξωτερικούς παράγοντες π.χ φθορές και οξείδωση, υπολείμματα καύσης ή και από το ίδιο το λάδι δηλαδή σωματίδια από διάσπαση του λαδιού μετά από κάποιες ώρες ή συνθήκες χρήσης ή αποσύνθεση των προσθέτων που μπορεί να περιέχει.
- Πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό του ποσοστού του νερού στο λάδι βάση του προτύπου ASTM D6304.
- Τέλος πραγματοποιήθηκε πείραμα για τον προσδιορισμό των μετάλλων φθοράς και των επιμολυντών ( κασσίτερος, σίδηρο, χαλκός, νικέλιο, χρώμιο, μόλυβδος, μαγνήσιο, αλουμίνιο, σιλικόνη, βανάδιο) βάση προτύπου ASTM D5185.

### **Πρότυπα**

- ISO 12185 : Προσδιορισμός πυκνότητας σε πετρελαιοειδή προϊόντα με τη μέθοδο ταλάντωσης σωλήνα U.
- ASTM D7042 : Προσδιορισμός ιξώδους σε πετρελαιοειδή και λιπαντικά προϊόντα με τη χρήση ιξωδόμετρου Stabinger.
- ASTM D664 : Προσδιορισμός οξύτητας με ποτενσιομετρική ογκομέτρηση.
- ASTM D93 : Προσδιορισμός σημείου ανάφλεξης με τη μέθοδο Pensky Martens σε κλειστό κύπελλο για πετρελαιοειδή προϊόντα.
- ASTM D893 : Προσδιορισμός αδιάλυτων σωματιδίων σε χρησιμοποιημένα λιπαντικά προϊόντα.
- ASTM D6304 : Προσδιορισμός περιεκτικότητας νερού με κουλομετρική τιτλοδότηση Karl Fischer.

- ASTM D5185 : Προσδιορισμός Cu, Cr, Fe, Na, V σε καινούργια και μεταχειρισμένα λιπαντικά.

#### **ΣΧΟΛΙΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

1. Το ιξώδες στους 40°C είναι σημαντικά μειωμένο από το κατώτερο όριο σε σχέση με το καινούριο λάδι βάση των προδιαγραφών του κατασκευαστή.
2. Το σημείο ανάφλεξης έχει μειωθεί σε σχέση με τις προδιαγραφές του καινούριου.
3. Ο ολικός αριθμός οξύτητας που βρέθηκε στο χρησιμοποιημένο λάδι ήταν σε κρίσιμο επίπεδο και μπορεί να αναδεικνύει σημάδια οξείδωσης του λαδιού.
4. Η αριθμός της σιλικόνης που βρέθηκε στο παλιό λάδι ήταν πολύ υψηλός λόγω σταδιακής διάλυσης του υλικού τριβής ( τεφλόν ) του πιστονιού, το οποίο είναι αποτέλεσμα αυξημένης χρήσης του αποσβεστήρα.
5. Ο σίδηρος, ο χαλκός και το αλουμίνιο ήταν αυξημένα και υποδεικνύουν αυξημένη φθορά.
6. Τα παραπάνω αποτελέσματα προέρχονται από υλικά τα οποία βρίσκονται στο υδραυλικό μέσο.

## Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία είχε ως στόχο την ανάδειξη της θερμοκρασιακής διαφοράς στο υδραυλικό μέσο σε αμορτισερόμετρο πάγκου. Κατά την πειραματική διαδικασία ακολουθήσαμε διάφορες καταστάσεις με στόχο την αύξηση της θερμοκρασίας. Αρχικά βάση προκαθορισμένου τεστ που συνιστούσε ο κατασκευαστής πραγματοποιήσαμε συνεχόμενες δοκιμές για την αύξηση της θερμοκρασίας στο υδραυλικό μέσο. Στη συνέχεια ακολουθήσαμε το ίδιο μοτίβο και με επισκευασμένα τα εσωτερικά μέρη του αποσβεστήρα συνεχίσαμε τις δοκιμές. Τέλος αντικαταστήσαμε το λάδι με καινούριο και πλέον με ολοκληρωμένη την επισκευή τελειώσαμε τον πρώτο κύκλο δοκιμών. Παρατηρήσαμε ότι κατά τις δοκιμές στον αποσβεστήρα με αλλαγμένο το λάδι, η θερμοκρασία δεν αυξανόταν το ίδιο σε σχέση με τις άλλες δύο καταστάσεις. Διαπιστώσαμε ότι στο μεταχειρισμένο λάδι είχαν αλλοιωθεί τα χαρακτηριστικά του σε σχέση με το καινούριο μετά από την χημική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, και γι αυτό το λόγο αυξανόταν η θερμοκρασία στον αποσβεστήρα.

Σε δεύτερη πειραματική κατάσταση αναδείξαμε ξανά της θερμοκρασιακή διαφορά στον αποσβεστήρα αυτή τη φορά σε τεστ διάρκειας τριών και έξι λεπτών. Κατά τη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη παρατηρήσαμε ότι η θερμοκρασία αυξανόταν δραματικά στα τεστ με σταθερή ταχύτητα, τόσο στις χαμηλές ταχύτητες ( low speed 0,25m/s ) όσο και στις υψηλές ( high speed 0,524m/s ).

Η μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στο κέντρο του αποσβεστήρα, όπου το τοίχωμά του είναι μικρότερου πάχους σε σχέση με το υπόλοιπο. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε εργαστηριακό περιβάλλον και γι αυτό το λόγο δεν είχαμε κάποιο παράγοντα για ψύχει τον αποσβεστήρα ( νερό, αέρας ). Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν είχαν ελάχιστο χρόνο διαφοράς η μία από την άλλη, ενώ κατά τις δοκιμές με σταθερή ταχύτητα ο αποσβεστήρας κρύωνε για πέντε λεπτά.

Τέλος εκτός από την ανάδειξη της θερμοκρασιακής διαφοράς στον αποσβεστήρα στις εκάστοτε πειραματικές καταστάσεις, μελετήσαμε τις δυνάμεις βύθισης και επαναφοράς. Διαπιστώσαμε ότι με την θερμοκρασία να είναι πολύ υψηλή οι δυνάμεις βύθισης και επαναφοράς μειωνόντουσαν και έτσι χαλούσαν τα χαρακτηριστικά του αποσβεστήρα. Με την θερμοκρασία να μειώνεται, τα χαρακτηριστικά του, επανέρχονταν εντός ορίων του κατασκευαστή για την βύθιση και την επαναφορά.

## **A) Βιβλιογραφία**

- [1] Judge Arthur W., Οι Μηχανισμοί του Αυτοκινήτου 5, Εγκυκλοπαίδεια του Αυτοκινήτου, Εκδόσεις Γαλούσης Π., ( 1979 )
- [2] Καλλικούρδη Μαρ. Βάου Εύαγγ., Αυτοκίνητα και Μηχανήματα Τεχνικών Έργων Γ' Τεχνικού Λυκείου, ( 1954 )
- [3] Knowles D., Αναρτήσεις & Συστήματα Διευθύνσεως, Εκδόσεις ΙΩΝ, ( 1997 )
- [4] Κωνσταντινίδης Ν., Εργαστήριο Αυτοκινήτου, Εκδόσεις ΙΩΝ, ( 1997 )
- [5] Newton K., Steeds W., Garrett T. K., The Motor Vehicle, T.K. Garrett and Exors of K. Newton and W. Steeds, ( England,1996 )
- [6] Dixon J., Tires, Suspension and Handling, Society of Automotive Engineers ,Second Edition, ( 1996 )
- [7] Gillespie T., Fundamentals of Vehicle Dynamics., Society of Automotive Engineers, Warrendale Pa., (1992 )
- [8] Ρετζέπης Π., Τεχνολογία Αυτοκινήτου, 3<sup>η</sup> Έκδοση Βελτιωμένη, Εκδόσεις ΙΩΝ, ( 1997 )
- [9] Dixon J., The Shock Absorber Handbook, Second Edition, John Wiley & Sons, (England 2007 )
- [10] MTS Roehrig VS with Shock6 Software, MTS Systems Corporation, (2015)

## **B) Επιστημονικές δημοσιεύσεις**

- [1] Alexander Lion & Swenja Loose, Vehicle System Dynamics, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, A Thermomechanically Coupled Model for Automotive Shock Absorbers: Theory, Experiments and Vehicle Simulations on Test Tracks, 37, 4, 241-261, (2010)
- [2] J.C. Ramos, A. Rivas, J. Biera, G. Sacramento, J.A. Sala, Applied Thermal Enginnering, Elsevier, Development of a thermal model for automotive twin-tube shock absorbers, 25, 11-12, 1836-1853, (2005)
- [3] Yanqing Liu, Jianwu Zhang, Mechanics Research Communications, Elsevier, Nonlinear dynamic responses of twin-tube hydraulic shock absorber, 29, 5, 359-365, (2002)
- [4] Kwangjin Lee, Vehicle System Dynamics, International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Numerical Modeling for the Hydraulic Performance Prediction of Automotive Monotube Dampers, 28, 1, 25-39, (2007)

## **Γ) Πηγές διαδικτύου**

- [1] [https://el.wikipedia.org/wiki/Ανοξείδωτος\\_χάλυβας](https://el.wikipedia.org/wiki/Ανοξείδωτος_χάλυβας)
- [2] [https://el.wikipedia.org/wiki/Ανάρτηση\\_αυτοκινήτου](https://el.wikipedia.org/wiki/Ανάρτηση_αυτοκινήτου)
- [3] <http://iceal.wikidot.com>
- [4] <https://www.autotriti.gr>
- [5] <http://periochimaton.blogspot.com>
- [6] <https://www.caroto.gr>
- [7] <http://www.tosynergeio.gr>
- [8] <https://www.kw-suspensions.gr>
- [9] <https://news.58che.com>
- [10] <http://www.esyd.gr>
- [11] <http://www.troxos.com>