

# Αεροδυναμική και φαινόμενο Επίδρασης του Εδάφους (Ground Effect)

(Φυσική, Προφορική παρουσίαση)

Αρσένιος-Κλέων Χρίσκος<sup>1</sup>, Μάριος Σπορίδης<sup>2</sup>, Θανάσης Χατζηδημητρίου<sup>3</sup>,  
Αχιλλέας Πιτσιάβας<sup>4</sup>, Ισίδωρος-Αλέξανδρος Φελεσάκης<sup>5</sup>, Κων/νος Τζώτζης<sup>6</sup>

1ο Πειραματικό Λύκειο Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»

<sup>1</sup>[achriskos12@gmail.com](mailto:achriskos12@gmail.com) , <sup>2</sup>[marios.sporidis@gmail.com](mailto:marios.sporidis@gmail.com) , <sup>3</sup>[tanasisxatzi@gail.com](mailto:tanasisxatzi@gail.com) ,

<sup>4</sup>[axilleaspits@gmail.com](mailto:axilleaspits@gmail.com) , <sup>5</sup>[isisfels@gmail.com](mailto:isisfels@gmail.com) , <sup>6</sup>[treloskt@gmail.com](mailto:treloskt@gmail.com)

**Επιβλέπων Καθηγητής/Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:**

**Κλαίρη Αχιλλέως<sup>1</sup> , Σταύρος Παπαδόπουλος<sup>2</sup>**

Δρ. Φυσικοί ΠΕ04.01, 1<sup>ο</sup> Πειραματικό Λύκειο Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»

<sup>1</sup>[cachilleosa@gmail.com](mailto:cachilleosa@gmail.com) , <sup>2</sup>[stpapado@sch.gr](mailto:stpapado@sch.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο αυτής της μελέτης είναι η Αεροδυναμική και το φαινόμενο Επίδρασης του Εδάφους (Ground Effect). Η αεροδυναμική είναι κλάδος της Μηχανικής και πιο συγκεκριμένα της Δυναμικής. Έχει ως αντικείμενο έρευνας και μελέτης τους νόμους που διέπουν τη ροή του αέρα ή άλλων αερίων γύρω από σώματα διαφορετικής μορφής. Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε αφενός με τις εφαρμογές της αεροδυναμικής σε αυτοκίνητα (καθημερινά και αγωνιστικά) και αφετέρου με το ground effect, ένα φαινόμενο που μελετήθηκε και χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την βελτιστοποίηση των επιδόσεων των αυτοκινήτων. Η ιδέα μίας έρευνας σε αυτόν τον τομέα, προέκυψε όταν αναρωτηθήκαμε, ποιες θα ήταν οι διαφορές στις επιδόσεις δύο οχημάτων με ίδια χαρακτηριστικά (π.χ. ίδια ιπποδύναμη, ίδια ανάρτηση) αλλά με διαφορετικό αεροδυναμικό προφίλ. Αφού μελετήσαμε τις κατάλληλες φυσικές αρχές και κάποια μοντέλα εφαρμογής τους, καταλήξαμε σε συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση που έχει η μορφή των οχημάτων στον τρόπο με τον οποίο «συμπεριφέρονται» στον δρόμο. Όπως αναμέναμε, υπήρξε διαφορά στην ταχύτητα των σωμάτων, στην επιτάχυνσή τους αλλά και στην κατανάλωση των καυσίμων που χρησιμοποιούν. Εργαστήκαμε σε περιβάλλον εικονικού εργαστήριου, χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό προσομοίωσης των συνθηκών που επικρατούν κατά την διάρκεια της κίνησης ενός οχήματος και εξετάσαμε την επίδραση του αέρα πάνω σε αυτό.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ :** Θεώρημα Bernoulli, αεροδυναμική, βελτίωση επιδόσεων, εξοικονόμηση ενέργειας, Ground effect.

## ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Η Αεροδυναμική είναι ιδιαίτερος κλάδος της Μηχανικής των ρευστών, και ειδικότερα της Δυναμικής. Ο επιστημονικός αυτός κλάδος έχει ως αντικείμενο έρευνας και μελέτης τους νόμους που διέπουν τη ροή του αέρα ή άλλων αερίων γύρω από διάφορα σώματα που έχουν ειδική μορφή με περιορισμένη τη μία από τις τρεις διαστάσεις τους κατά κατεύθυνση κίνησης, καθώς και τη κίνηση αυτών μέσα στον αέρα. Η Αεροδυναμική αρχικά ήταν πειραματική επιστήμη και βασιζόταν ιδιαίτερα στις αεροδυναμικές σήραγγες. Μετά όμως την αλματώδη ανάπτυξη των επιδόσεων των ηλεκτρονικών υπολογιστών αναπτύχθηκε έντονα και η λεγόμενη υπολογιστική αεροδυναμική. Πείραμα και θεωρία συμβάλουν από κοινού πλέον στη πλήρη μελέτη των αεροδυναμικών χαρακτηριστικών, έτσι ώστε η "υπολογιστική" να συμπληρώνει με αποτελεσματικότητα την "πειραματική αεροδυναμική".

Οι επιμέρους ροές, που εν γένει συναντάμε, σε ένα κινούμενο όχημα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Πεδίο ροής του αέρα γύρω από το όχημα.
2. Πεδίο ροής του αέρα μέσω του οχήματος.
3. Πεδίο ροής στα επιμέρους μηχανικά μέρη του οχήματος.

Τα πρώτα δύο πεδία συσχετίζονται στενά. Η ροή του αέρα μέσω του τμήματος που περιέχει τον κινητήρα εξαρτάται από το πεδίο ροής γύρω από το όχημα. Και τα δύο αυτά πεδία ροής πρέπει να εξεταστούν από κοινού. Όμως το πεδίο ροής στα επιμέρους μηχανικά μέρη του οχήματος και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης δεν συνδέεται άμεσα με τα δύο πρώτα πεδία ροής. Επομένως δεν συγκαταλέγεται στην αεροδυναμική και δεν εξετάζεται εδώ. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η έρευνα των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα κινούμενο όχημα, έτσι ώστε, ο σχεδιασμός του οχήματος να γίνεται με τον βέλτιστο τρόπο και αυτό να συμπεριφέρεται ανάλογα με τις επιδιώξεις του κατασκευαστή [Dr. Γ. Δεληπορανίδης, 2010].

### Formula 1

Στην εργασία μας θα ασχοληθούμε ειδικότερα με τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά των μονοθέσιων της formula 1, καθώς στην κατηγορία αυτή, αναπτύσσονται τεχνολογίες οι οποίες στο μέλλον θα εφαρμοστούν και στα οχήματα παραγωγής. Ακόμη είναι πιο εύκολο να αναλύσουμε, από αεροδυναμικής απόψεως, ένα μονοθέσιο της formula 1 παρά ένα καθημερινό Ι.Χ., διότι τα χαρακτηριστικά του αμαξώματος της formula 1 είναι πολύ πιο έντονα.

### Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Η κυρίαρχη δύναμη που αντιτίθεται στην κίνηση των σωμάτων είναι η αντίσταση του αέρα. Οφείλεται στη διαφορετική πίεση η οποία επικρατεί στις δύο πλευρές του κινούμενου σώματος. Για να γίνει κατανοητή η ύπαρξη της διαφοράς πίεσης μεταξύ των πλευρών ενός σώματος θα εξετάσουμε ένα παράδειγμα από την καθημερινότητα. Ένας άνθρωπος γυμνάζεται στον στίβο ενός γηπέδου μια ημέρα κατά την οποία δεν φυσάει. Κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης του, στην αρχή περπατάει με μια χαμηλή ταχύτητα, την οποία στην συνέχεια αυξάνει συνεχώς και φτάνει σε σημείο να κάνει χαλαρό τρέξιμο. Όταν περπατάει δεν νιώθει σχεδόν καμία δύναμη να αντιστέκεται στην κίνηση του. Ο αέρας στην περίπτωση αυτή έχει μια μικρή σχετική ταχύτητα σε σχέση με τον άνθρωπο. Καθώς αυξάνει την ταχύτητα του νιώθει όλο και

περισσότερο μια δύναμη να αντιστέκεται στην κίνηση του. Τώρα η ταχύτητα του αέρα σε σχέση με τον άνθρωπο είναι μεγαλύτερη από πριν. Για να κατανοήσουμε καλύτερα το φαινόμενο, θεωρούμε τον άνθρωπο ακίνητο και τον αέρα να κινείται σε σχέση με αυτόν. Αρχικά η ορμή του αέρα είναι μικρή, λόγω της μικρής του ταχύτητας, αλλά στην συνέχεια αυξάνεται διαρκώς. Κατά την «σύγκρουση» των μορίων του αέρα με το σώμα του ανθρώπου η ορμή αυτή μειώνεται κατά πολύ και σε πολλές περιπτώσεις μηδενίζεται κιόλας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση δύναμης από τον αέρα στον άνθρωπο λόγω της μεταβολής της ορμής. Πράγματι σύμφωνα με τον γενικευμένο νόμο του Νεύτωνα ισχύει:

$$\Sigma F = dp/dt = d(m \cdot u)/dt$$

όπου  $m$  είναι η μάζα και  $u$  η ταχύτητα του κινούμενου σώματος.

Η δύναμη αυτή λοιπόν που ασκείται στον άνθρωπο διαιρεμένη με τη μετωπική του επιφάνεια μας δίνει μια πίεση στην πλευρά του ανθρώπου η οποία έρχεται σε επαφή με τον αέρα. Εκεί λοιπόν έχουμε αυξημένη πίεση σε σχέση με την οπίσθια πλευρά του στην οποία επικρατεί πίεση ίση με την ατμοσφαιρική (ίσως και χαμηλότερη). Η διαφορά αυτή των πιέσεων είναι η λεγόμενη «αντίσταση». Το παραπάνω παράδειγμα μπορεί να γενικευθεί για οποιοδήποτε σώμα κινείται εντός ρευστού [Wikipedia, Formula 1 Dictionary].

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Αντίσταση ή οπισθέλκουσα (Drag), ονομάζεται η δύναμη η οποία έχει τον ίδιο φορά με αυτόν της ταχύτητας, αλλά αντίθετη φορά και εμφανίζεται κατά την κίνηση αντικειμένων μέσα στον αέρα. Όπως αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, η εμφάνιση αυτής της δύναμης οφείλεται στη διαφορετική πίεση η οποία επικρατεί στις δύο πλευρές ενός κινούμενου σώματος.

Η αεροδυναμική αντίσταση  $D$ , αυξάνεται ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας  $u$  του οχήματος. Σε ένα μέσου μεγέθους αυτοκίνητο, η αεροδυναμική του αντίσταση αποτελεί το περίπου 75-80% της συνολικής αντίστασης της κίνησης στα 100 km/h. Η μείωση της αεροδυναμικής αντίστασης συμβάλλει σημαντικά στην οικονομία καυσίμων ενός αυτοκινήτου. Γι' αυτόν τον λόγο η αεροδυναμική αντίσταση παραμένει το σημείο εστίασης της αεροδυναμικής οχημάτων. Για πολύ καιρό, η μέγιστη ταχύτητα ήταν το κίνητρο για τη μείωση της αντίστασης, ενώ σήμερα είναι η οικονομία καυσίμων και οι εκπομπές ρύπων. Η εξίσωση υπολογισμού της αντίστασης του αέρα είναι η ακόλουθη:

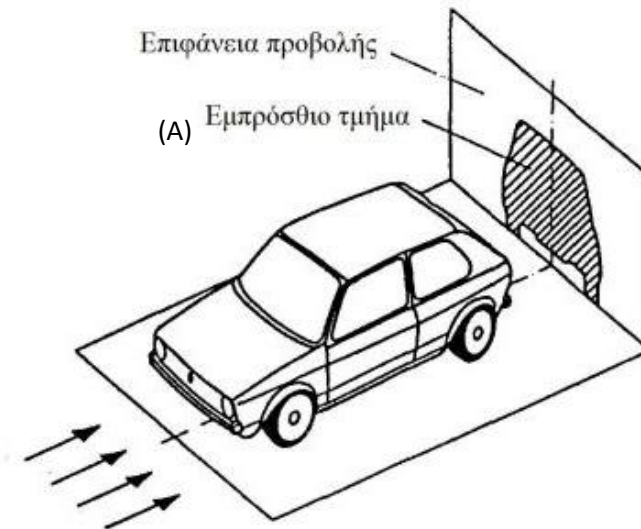
$$D = 1/2 \cdot C_d \cdot \rho \cdot A \cdot u^2$$

όπου :

- $C_d$ : ο συντελεστής αντίστασης σώματος (εξαρτάται κατά βάση από τη γεωμετρία)
- $\rho$ : η πυκνότητα του περιβάλλοντος αέρα
- $A$ : η μέγιστη μετωπική επιφάνεια του κινούμενου σώματος
- $u$ : η σχετική ταχύτητα σώματος-ρευστού

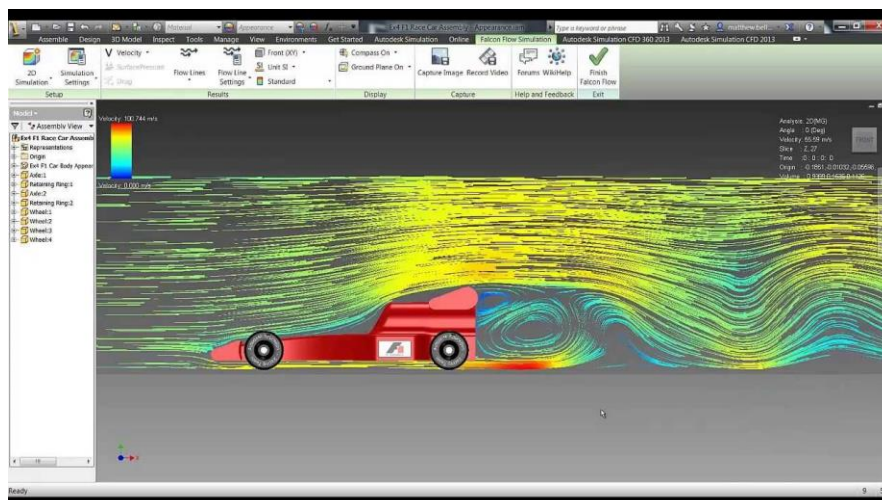
Επομένως η αντίσταση που δέχεται ένα κινούμενο όχημα καθορίζεται από το μέγεθός του, το οποίο προσδιορίζει και τη μετωπική επιφάνεια  $A$  (Εικόνα 1) και από τη μορφή του, η αεροδυναμική ποιότητα της οποίας, χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή  $C_d$  (πολλοί τον αναφέρουν σαν συντελεστή οπισθέλκουσας) Γενικά το

μέγεθος ενός οχήματος, και ως εκ τούτου η μετωπική επιφάνειά του, καθορίζονται από τις σχεδιαστικές απαιτήσεις, συνεπώς οι προσπάθειες για την μείωση της αντίστασης επικεντρώνονται στη μείωση του συντελεστή οπισθέλκουσας με την κατάλληλη διαμόρφωση του σχήματός του.



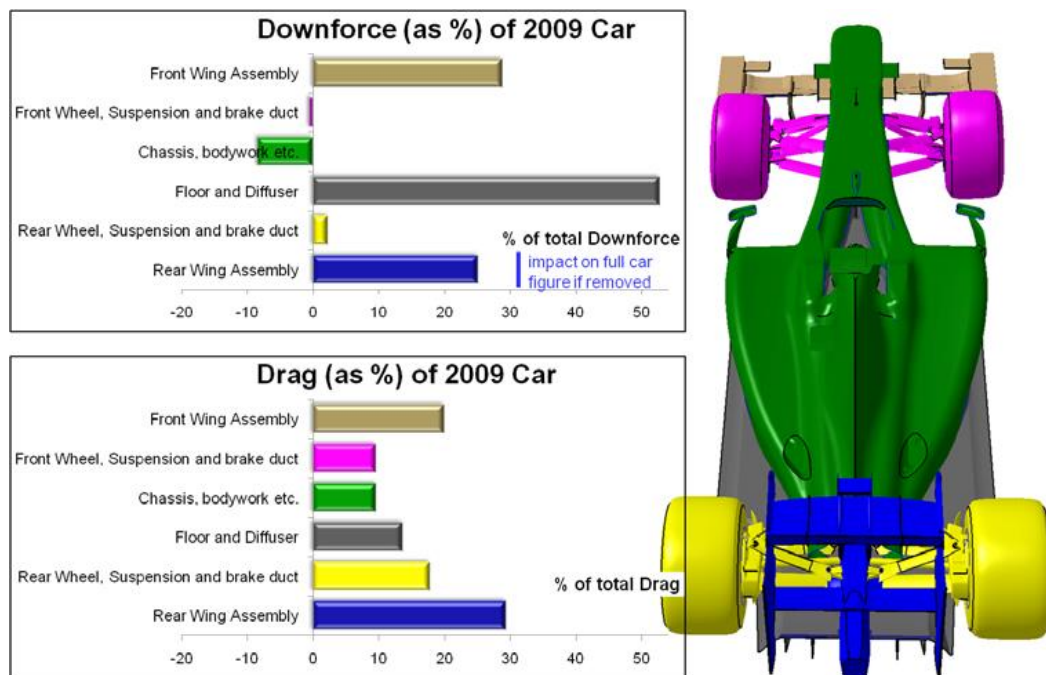
**Εικόνα 1:** Ορισμός της μετωπικής επιφάνειας A του οχήματος

Η ανάπτυξη του διαστήματος μεταξύ των αεροδυναμικών γραμμών στην Εικόνα 2 παρέχει μια ένδειξη της καθαρής δύναμης που ενεργεί στην κάθετη στην μετωπική επιφάνεια κατεύθυνση. Κλειστά διαστήματα μεταξύ των αεροδυναμικών γραμμών σημαίνει υψηλή ταχύτητα και συνεπώς χαμηλή στατική πίεση. Η διαφορά πίεσης μεταξύ των ανώτερων και χαμηλότερων επιφανειών ενός οχήματος παράγει μια επακόλουθη δύναμη στη σωστή γωνία της κατεύθυνσης της κίνησης, η οποία καλείται άντωση. Κατ' αρχάς, αυτή η άντωση είναι στην ανοδική κατεύθυνση, δηλαδή, τείνει να ανυψώσει το όχημα και επομένως μειώνει τα δραστικά φορτία επί των τροχών.



**Εικόνα 2:** Στιγμιότυπο από τις πειραματικές διαδικασίες που εκτελέσαμε στο πρόγραμμα Flow Design της Autodesk

Η αντίστροφη άντωση κάνει ακριβώς το αντίθετο , δηλαδή σπρώχνει το αυτοκίνητο προς τα κάτω . Αυτό συμβαίνει διότι ο αέρας στο κάτω μέρος το αυτοκινήτου κινείται ταχύτερα (χαμηλή πίεση) από αυτόν στο πάνω μέρος (υψηλή πίεση) [Dr. Γ. Δεληπορανίδης, 2010, F1dictionary, f1technical].



**Εικόνα 3:** Πίνακες με αυθεντικές μετρήσεις σχετικά με την αντίστροφη άντωση και την αντίσταση του αέρα στα μονοθέσια του 2009. Στον πάνω αριστερά πίνακα βλέπουμε το ποσοστό της κάθετης δύναμης που ασκείται προς το αυτοκίνητο ενώ στον κάτω το ποσοστό της αντίστασης του αέρα σε διάφορα τμήματα του μονοθέσιου της Formula 1 του 2009.

### ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΥΣ

Στην εργασία μας θα ασχοληθούμε και με το φαινόμενο εδάφους (Ground Effect). Το φαινόμενο εδάφους αναπτύχθηκε από την ομάδα της Lotus κατά την περίοδο του 1978 με την ομώνυμη Lotus 78. Όλη η λειτουργία του φαινομένου βασίζεται στο θεώρημα Bernoulli, το οποίο αναφέρει ότι όσο αυξάνεται η πίεση του αέρα, η ταχύτητά του μειώνεται. Βέβαια το θεώρημα αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη σταθερής πυκνότητας του αέρα (δηλαδή ταχύτητες κάτω του ενός mach) γι' αυτό και έχει εφαρμογή στην formula 1.

Η Lotus αντιλήφθηκε ότι μπορούσε να διαμορφώσει με τέτοιο τρόπο το κάτω μέρος του μονοθέσιού της ώστε να αναγκάσει τον αέρα που περνούσε κάτω από το μονοθέσιο να κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτόν στην πάνω πλευρά. Με βάση το θεώρημα Bernoulli, ο ταχύτερος αέρας κάτω από το μονοθέσιο είχε μικρότερη πίεση από αυτόν πάνω από το μονοθέσιο, με αποτέλεσμα το μονοθέσιο να προσφύεται στον δρόμο. Έτσι τα μονοθέσια της Lotus απέκτησαν ένα σχεδόν άδικο πλεονέκτημα, καθώς με την χρήση του φαινομένου εδάφους είχαν πολύ καλύτερη πρόσφυση απ' ότι τα υπόλοιπα μονοθέσια. Η Lotus κέρδισε το πρωτάθλημα με εννέα νίκες σε δεκαπέντε αγώνες, αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα της νέας τεχνολογίας που εισήγαγε.

Στα μετέπειτα χρόνια η FIA (Federation Internationale de l'Automobile) αναγκάστηκε να δημιουργήσει κανόνες που περιορίζαν την εφαρμογή του φαινομένου εδάφους, για την διασφάλιση της ακεραιότητας των πιλότων μιας και η

ομάδες είχαν αναπτύξει τόσο πολύ αυτήν την τεχνολογία ώστε η επιδόσεις των μονοθέσιων θα ανάγκαζαν τους πιλότους να φοράνε στολή ανάλογη με αυτή των πιλότων μαχητικών για να αντέξουν τις πιέσεις [F1dictionary, F1technical].


## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αξιοποιώντας όλες τις παραπάνω πληροφορίες αποφασίσαμε να πειραματιστούμε στους χρόνους που χρειάζεται το ίδιο αυτοκίνητο για να εκτελέσει έναν γύρο σε μία συγκεκριμένη πίστα αγώνων όπου την πρώτη φορά δεν θα έχει αεροτομές για να του προσφέρουν πιο αεροδυναμικό σχήμα και την δεύτερη θα έχει. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό Flow Design της Autodesk υπολογίσαμε για το συγκεκριμένο τύπο αυτοκινήτου την κατάλληλη κλίση των φτερών και τα συγκρίναμε με αυτά της εταιρίας παραγωγής του αυτοκινήτου. Μπορούμε να πούμε ότι πέσαμε αρκετά κοντά όσον αφορά τις γωνίες των φτερών. Ύστερα περάσαμε στο περισσότερο πρακτικό μέρος της μελέτης μας.

Αφού συγκρίναμε πολλές πραγματικές πίστες βρήκαμε αυτή που θεωρούσαμε πιο κατάλληλη για το πείραμά μας. Κριτήρια αποτέλεσαν τόσο το μήκος των ευθειών στις πίστες όσο και η κλίση και ο αριθμός των στροφών σε αυτές.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό προσομοίωσης Project Cars το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να «οδηγήσουμε» με έναν απόλυτα ρεαλιστικό τρόπο κάποια αυτοκίνητα της αρεσκείας μας σε ψηφιακές, απόλυτα πιστές με την πραγματικότητα, πίστες. Κάναμε υποθέσεις για την διαφορά των δύο χρόνων και αρχίσαμε τις δοκιμές.

Πραγματοποιήσαμε αρκετές φορές τη χρονομέτρηση, σε κάθε περίπτωση, υπολογίσαμε τον Μέσο Όρο των χρόνων και βρήκαμε την διαφορά τους. Τα αποτελέσματα ήταν τα αναμενόμενα, καθώς τα αυτοκίνητα με τις αεροτομές διήνυσαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες, την ίδια απόσταση σε λιγότερο χρόνο από αυτά χωρίς τις αεροτομές. Ακολουθούν στιγμιότυπα και πίνακες από τις πειραματικές μας διαδικασίες.

	Lotus type 49C (t σε s)	Lotus type 49 (t σε s)
	10:53	11:27
	10:96	11:20
	10:75	11:25
	10:44	11:30
	10:50	11:17
Μέσος Όρος (σε s)	<b>10:636</b>	<b>11:238</b>
Διαφορά Χρόνων (σε s)	<b>0:602</b>	
<b>Πίνακας 1: Drag Racing:</b> Μετρήσεις από το Drag Race μεταξύ δύο πανομοιότυπων αυτοκινήτων με μόνη διαφορά την παρουσία αεροτομών		

Αυτοκίνητα	Πίστες	Χρόνοι
Lotus Type 49c (με αεροτομές)	Oulton Park	1:43
Lotus Type 49 (χωρίς αεροτομές)	Oulton Park	1:47
McLaren f1-GTR-LT (με αεροτομές)	Dubai Autodrome	1:18
McLaren f1 (χωρίς αεροτομές)	Dubai Autodrome	1:22
Mercedes Amg SLS GT3 (με αεροτομές)	Oulton Park	1:38
Mercedes Amg SLS (χωρίς αεροτομές)	Oulton Park	1:44

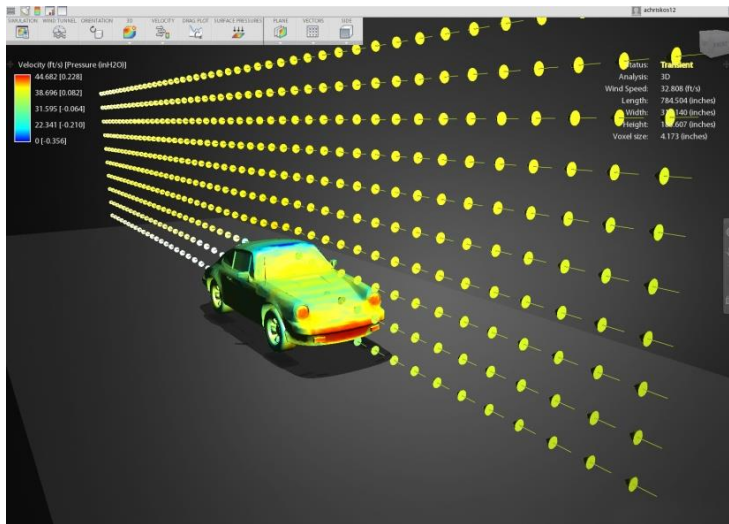
**Πίνακας 2: Αποδόσεις σε πίστες:** Μετρήσεις από τους χρόνους που χρειάζονται τα αυτοκίνητα (με αεροτομές ή χωρίς) που αναφέρονται στα αριστερά να πραγματοποιήσουν έναν γύρο από την πίστα που αναφέρεται στη μέση του πίνακα



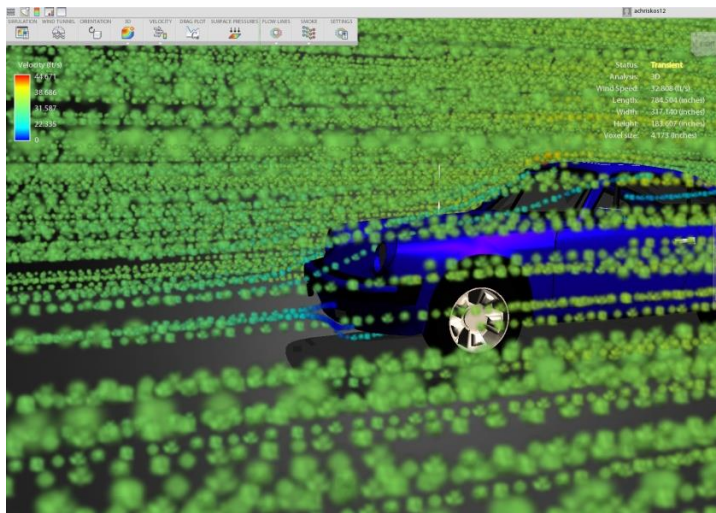
**Εικόνα 4:** Η Lotus type 49C στο πρόγραμμα «Project Cars»



**Εικόνα 5:** Η Lotus type 49 στο πρόγραμμα «Project Cars»



**Εικόνα 6:** Στιγμιότυπο από τις μετρήσεις για την πίεση του αέρα στο πρόγραμμα Flow Design. Τα βελάκια αναπαριστούν τον αέρα. Τα χρώματα πάνω στο αυτοκίνητο μας δείχνουν την πίεση που ασκεί ο αέρας στο όχημα. Όσο περισσότερο πλησιάζει το χρώμα στο κόκκινο τόσο μεγαλύτερη πίεση.

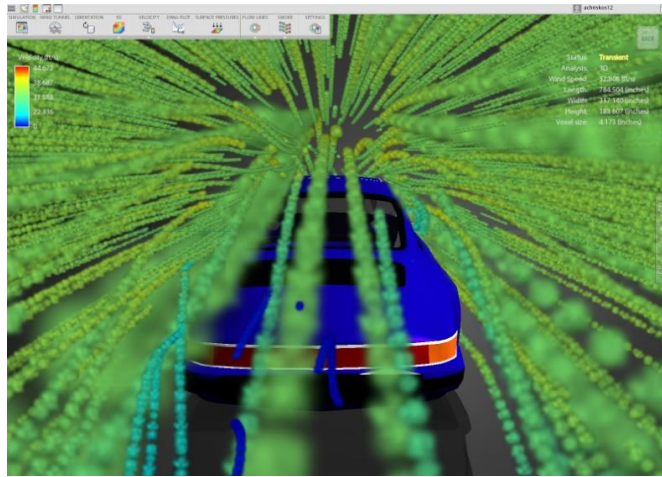


**Εικόνα 7:** Στιγμιότυπο από τις μετρήσεις για την αντίσταση του αέρα στο πρόγραμμα Flow Design. Οι πράσινες γραμμές αναπαριστούν τα μόρια του αέρα.

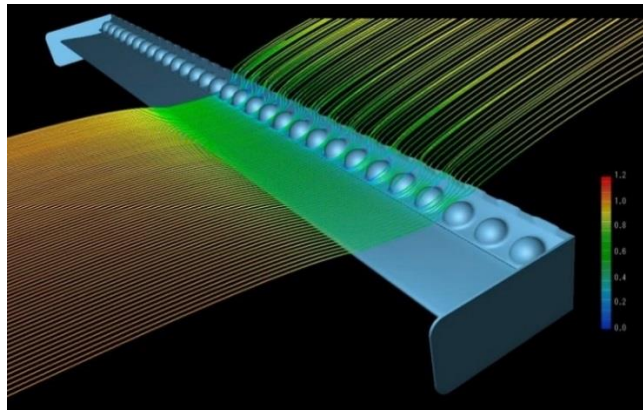


**Εικόνα 8:** Φωτογραφία κατά την διάρκεια των δοκιμών μας στις πίστες με την Mercedes SLS AMG

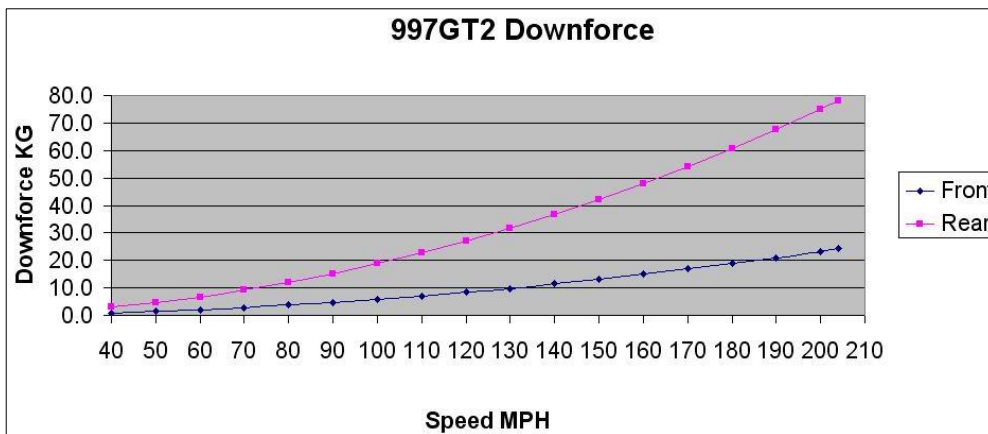




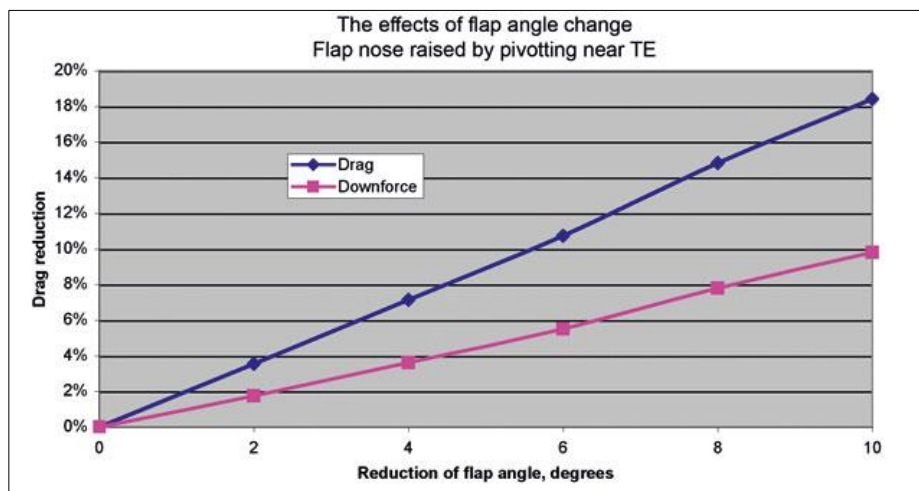
**Εικόνα 9:** Στιγμιότυπο από τις μετρήσεις για την επίδραση του αέρα στο πρόγραμμα Flow Design. Οι πράσινες γραμμές αναπαριστούν τα μόρια του αέρα.



**Εικόνα 10 :** Στιγμιότυπο από τις δοκιμές διαφόρων κλίσεων φτερών στο πρόγραμμα Flow Design.



**Διάγραμμα 1:** Μετρήσεις που πήραμε από το πρόγραμμα Flow Design σχετικά με την πίεση που ασκείται στο όχημα από τον αέρα κάθετα σε αυτό επιβραδύνοντας την κίνησή του σε συνάρτηση με την ταχύτητα του σώματος σε μίλια ανά ώρα (1 m/h=1.61 km/h)



**Διάγραμμα 2:** Μετρήσεις που κάναμε στο λογισμικό Flow Design σχετικά με την αντίσταση του αέρα όταν κατά την διάρκεια την κίνησης αλλάζει η κλίση με την οποία ο αέρας «χτυπάει» στο όχημα

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την ανάλυση των δοκιμών που πραγματοποιήσαμε, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τα αυτοκίνητα με καλύτερο αεροδυναμικό σχήμα (από αγωνιστική άποψη) έχουν καλύτερες επιδόσεις. Ένα καλό αεροδυναμικό προφίλ χαρίζει στο αυτοκίνητο την τέλεια αναλογία μεταξύ επιτάχυνσης, πρόσφυσης στον δρόμο και κορυφαίας ταχύτητας. Για αυτό οι αυτοκινητοβιομηχανίες επενδύουν τεράστια ποσά για έρευνα και ανάπτυξη της αεροδυναμικής των αυτοκινήτων τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Dr. Γ. Δεληπορανίδης (Οκτώβριος 2010). Εργαστήριο Αεροδυναμικής, Τμήμα Οχημάτων. «Στοιχεία Αεροδυναμικής Οχημάτων», Τεύχος 1<sup>ο</sup>, σελ. 5-9 .

Wikipedia.org. Άρθρο «Αντίσταση (Μηχανική Ρευστών)»

Επίσημη ιστοσελίδα του οργανισμού Formula 1 «<https://www.formula1.com>»

Ιστοσελίδα άγνωστου μηχανικού με συνεχόμενα ενημερωμένα άρθρα βασισμένα σε ανακοινώσεις και έρευνες εταιριών σχετιζόμενες με την Formula 1 «<http://www.f1technical.net>»

Formula 1 Dictionary, έρευνα άγνωστου συγγραφέα επιβεβαιωμένη από παγκόσμια αναγνωρισμένες εταιρίες παραγωγής αυτοκινήτων «<http://www.formula1-dictionary.net>»