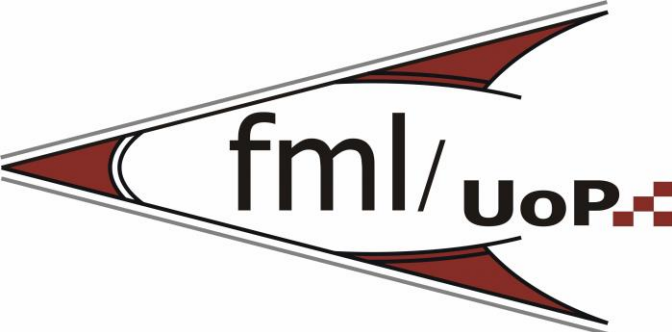




Fluid Mechanics Laboratory
Mechanical Engineering and Aeronautics Dept. University of
Patras, Greece
margaris@mech.upatras.gr

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ Δ. Π. Μάργαρης, Καθηγητής

Διπλωματική Εργασία 2020 – 2021

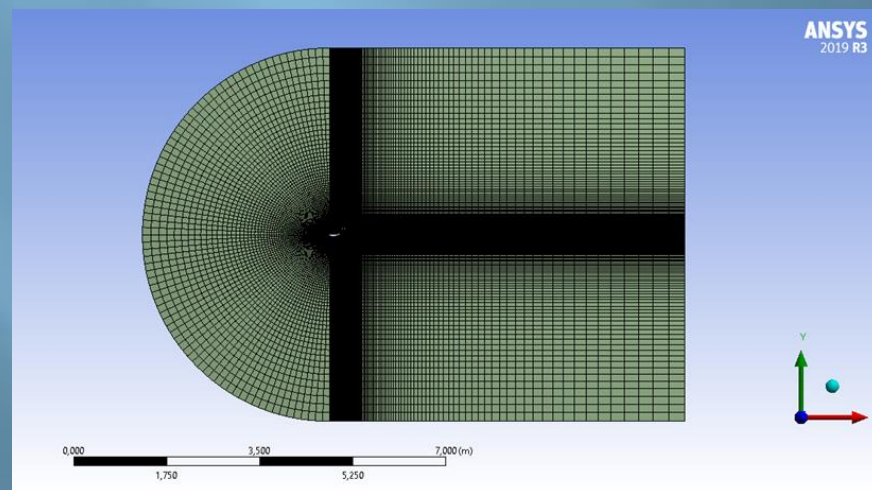
«ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DRS ΜΟΝΟΘΕΣΙΟΥ FORMULA 1 ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ»

Γιαννόπουλος Νικόλαος

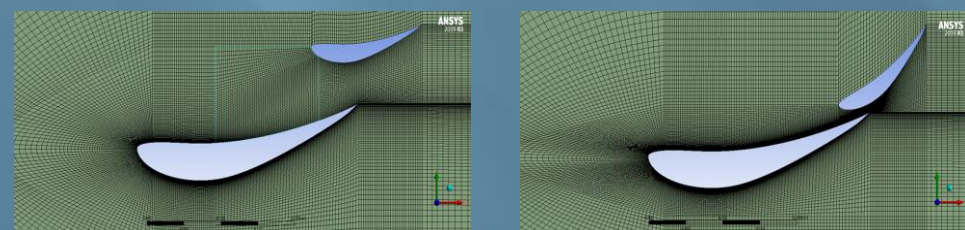
Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την υπολογιστική προσομοίωση μονοφασικής ροής αέρα και διφασικής ροής αέρα-νερού γύρω από την πίσω πτέρυγα ενός μονοθεσίου της Formula 1, το γνωστό και ως Drag Reduction System (DRS), και η μελέτη της αεροδυναμικής της συμπεριφοράς. Τόσο ως κύρια όσο και ως δευτερεύουσα (flap) πτέρυγα επιλέχθηκε η αεροτομή Erpeler 420. Το υπολογιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε είναι το ANSYS Fluent. Η προσομοίωση έγινε και για το ανοιχτό και για το κλειστό DRS, για ταχύτητα αέρα 280 km/h και 320 km/h, και για γωνίες προσβολής 0° , $\pm 3^\circ$, $\pm 5^\circ$, $\pm 9^\circ$, $\pm 12^\circ$. Στην περίπτωση της διφασικής ροής επιλέχθηκε πυκνότητα περιεχόμενης βροχής $LWC=30 \text{ g/m}^3$. Όλες οι προσομοιώσεις έγιναν με τη χρήση του μοντέλου Realizable k-ε και στην περίπτωση της μοντελοποίησης της διφασικής ροής χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα Discrete Phase Model για διακριτή φάση και Taylor Analogy Breakup για τη διάσπαση των σωματιδίων. Η υπολογιστική διαδικασία μας έδειξε ότι, το κλειστό DRS παράγει μεγαλύτερο συντελεστή κάθετης δύναμης, ο οποίος και αυξάνεται με αύξηση της γωνίας προσβολής. Στην περίπτωση του ανοιχτού υπάρχει μείωση όσο αυξάνεται η γωνία προσβολής. Ο συντελεστής αντίστασης στο κλειστό DRS μειώνεται με την αύξηση της γωνίας. Το ανοιχτό DRS παρουσιάζει μεγάλη μείωση του συντελεστή αντίστασης σε σχέση με το κλειστό. Η στατική πίεση στο επάνω μέρος του συστήματος είναι μεγαλύτερη και πιο ομοιόμορφα κατανομημένη όσο αυξάνεται η γωνία, ενώ εκεί που μεγιστοποιείται έχουμε την ελάχιστη ταχύτητα αέρα. Στην μελέτη της διφασικής ροής αέρα-νερού έχουμε αύξηση και του συντελεστή αντίστασης αλλά και του συντελεστή άνωσης κατά απόλυτη τιμή. Παρατηρήθηκε επίσης η διάσπαση των σταγονιδίων και ο σχηματισμός ενός νέφους γύρω τους.

Το υπολογιστικό πλέγμα του DRS που προέκυψε μετά από μελέτη ανεξαρτητοποίησης

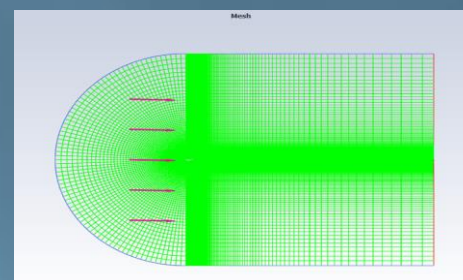
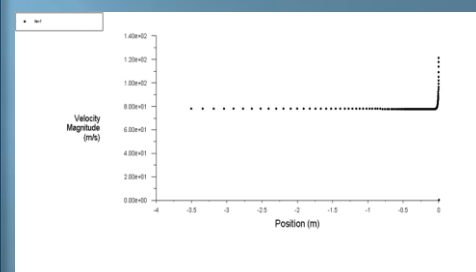


Δομημένο πλέγμα τύπου C 65.000 κελιών

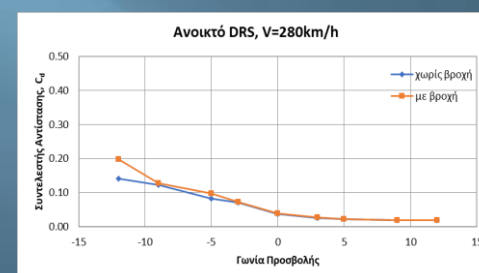
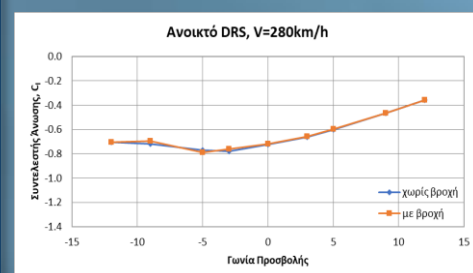


Λεπτομέρεια του πλέγματος γύρω από την αεροτομή για το ανοιχτό(αριστερά) και το κλειστό(δεξιά) DRS

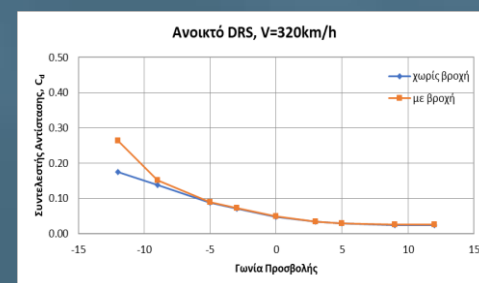
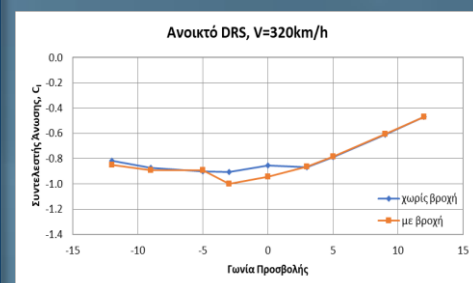
Επιφάνεια εισαγωγής των σταγονιδίων βροχής για τη διφασική ροή



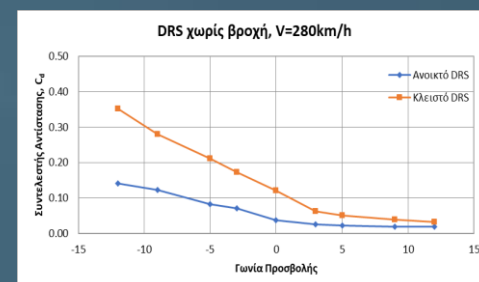
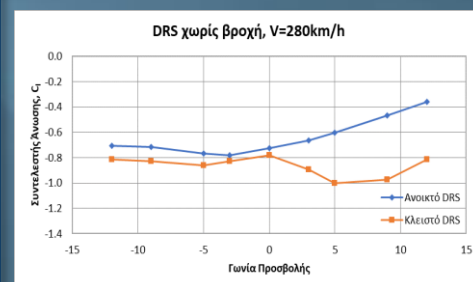
Αποτελέσματα συντελεστών άνωσης και αντίστασης



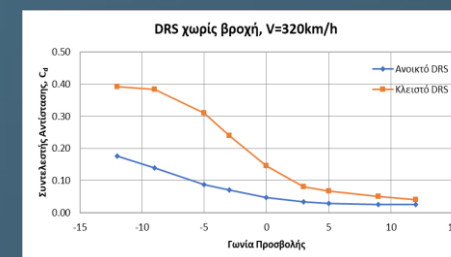
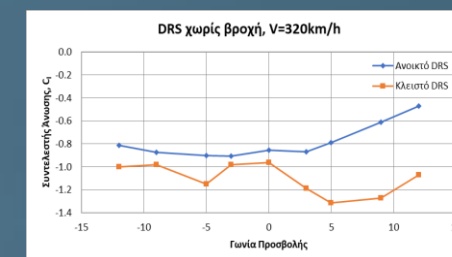
Συντελεστής Άνωσης C_L (αριστερά) και Αντίστασης C_D (δεξιά) συναρτήσει της γωνίας προσβολής για το ανοιχτό DRS σε μονοφασική και διφασική ροή με ταχύτητα αέρα $V=280\text{m/s}$



Συντελεστής Άνωσης C_L (αριστερά) και Αντίστασης C_D (δεξιά) συναρτήσει της γωνίας προσβολής για το ανοιχτό DRS σε μονοφασική και διφασική ροή με ταχύτητα αέρα $V=320\text{m/s}$

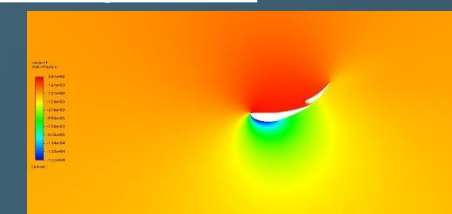
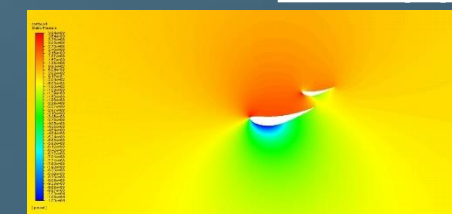


Συντελεστής Άνωσης C_L (αριστερά) και Αντίστασης C_D (δεξιά) συναρτήσει της γωνίας προσβολής για ανοιχτό και κλειστό DRS σε μονοφασική και διφασική ροή με ταχύτητα αέρα $V=280\text{m/s}$

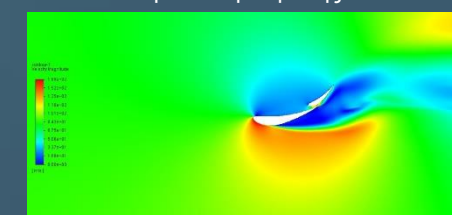
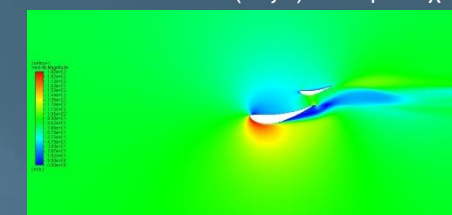


Συντελεστής Άνωσης C_L (αριστερά) και Αντίστασης C_D (δεξιά) συναρτήσει της γωνίας προσβολής για ανοιχτό και κλειστό DRS σε μονοφασική και διφασική ροή με ταχύτητα αέρα $V=320\text{m/s}$

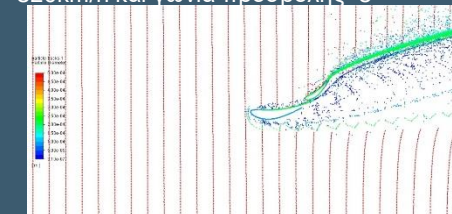
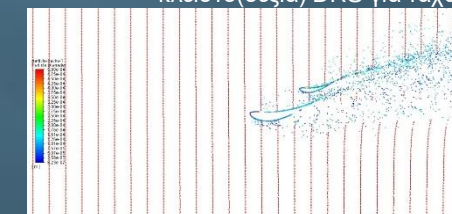
Διαγράμματα πίεσης, ταχύτητας και κατανομής των σταγονιδίων



Κατανομή της πίεσης για μονοφασική ροή αέρα για το ανοιχτό(αριστερά) και κλειστό(δεξιά) DRS για ταχύτητα $V=280\text{km/h}$ και γωνία προσβολής 3°



Κατανομή της ταχύτητας για μονοφασική ροή αέρα για το ανοιχτό(αριστερά) και κλειστό(δεξιά) DRS για ταχύτητα $V=320\text{km/h}$ και γωνία προσβολής 5°



Κατανομή των σταγονιδίων της βροχής για διφασική ροή αέρα-νερού για το ανοιχτό(αριστερά) και κλειστό(δεξιά) DRS για ταχύτητα $V=280\text{km/h}$ και γωνία προσβολής 9°

Συμπεράσματα

- Όταν το DRS είναι κλειστό ο συντελεστής άνωσης αυξάνεται με την αύξηση της γωνίας προσβολής.
- Όταν το DRS είναι ανοιχτό ο συντελεστής άνωσης μειώνεται με την αύξηση της γωνίας προσβολής.
- Για κλειστό DRS η τιμή του συντελεστή αντίστασης μειώνεται όταν η γωνία προσβολής αυξάνεται.
- Οι τιμές του συντελεστή αντίστασης για ανοιχτό DRS είναι εμφανώς μειωμένες από τις αντίστοιχες τιμές που υπολογίστηκαν για το κλειστό DRS.
- Η στατική πίεση ήταν μεγαλύτερη στο επάνω μέρος του DRS
- Με την αύξηση της γωνίας προσβολής η κατανομή της στατικής πίεσης ήταν πιο ομοιόμορφη.
- Η ταχύτητα αέρα παίρνει ελάχιστη τιμή εκεί που μεγιστοποιείται η στατική πίεση
- Στη διφασική ροή αέρα-νερού ο συντελεστής άνωσης αυξάνεται κατά απόλυτη τιμή, όπως και ο συντελεστής αντίστασης.
- Από τις κατανομές των σταγονιδίων νερού φάνηκε η διάσπασή τους και το νέφος που δημιουργείται κοντά στο DRS.
- Ενδιαφέρον θα είχε να συγκριθούν τα υπολογιστικά με πραγματικά αποτελέσματα αλλά είναι απόρρητα από τις ομάδες λόγω υψηλού ανταγωνισμού