

## Φύλλο Εργασίας

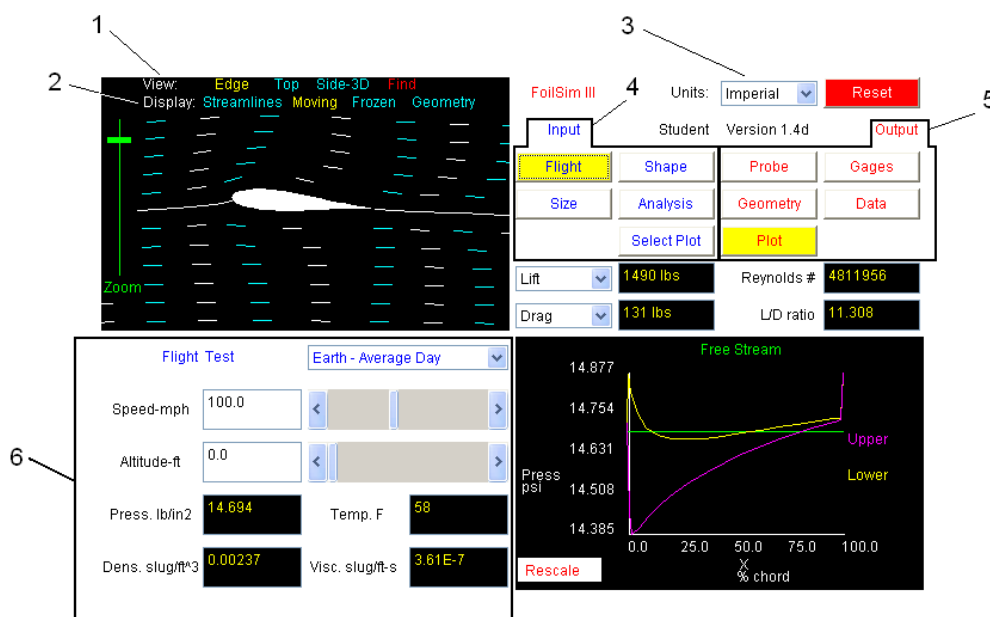
Σημείωση: Δίπλα από το κάθε ερώτημα του φύλλου εργασίας και με υπογραμμισμένη γραμματοσειρά, δίνεται για τους σκοπούς του παρόντος διδακτικού σεναρίου και από μία σύντομη ενδεικτική απάντηση.

Εξ' ορισμού το Foilsim κατά την έναρξή του έχει τις ακόλουθες τιμές προεπιλεγμένες:

A/A	ΠΕΔΙΟ	ΤΙΜΗ
1	View	Edge
2	Display	Moving
3	Units	Imperial
4	Input	Shape
5	Output	Plot

Πίνακας 2: Οι προεπιλεγμένες τιμές του Foilsim

Το μέρος που είναι σημειωμένο με τον **αριθμό 6** στην εικόνα 2, αλλάζει ανάλογα με την τιμή του πεδίου Input και περιέχει επιμέρους πεδία και τιμές ανάλογα την περίπτωση. Για τα επιμέρους ερωτήματα της παρούσας εργαστηριακής άσκησης η τιμή του **πεδίου 3 (Units)** πρέπει να είναι ορισμένη σε **metric**, εκτός εάν αναφέρεται αλλιώς σε κάποιο συγκεκριμένο ερώτημα.



Εικόνα 2: Το γραφικό περιβάλλον του Foilsim III Version 1.4d.

ΕΡΩΤΗΜΑ 1) Αλλάξτε την τιμή του πεδίου **input** σε **flight**. Σύρετε την μπάρα που βρίσκεται δίπλα στο πεδίο **Speed-km/h** ώστε η ταχύτητα του ρευστού (αέρα) να μηδενιστεί. Πόσα Newton άντωσης παράγει η αεροτομή; Γράψτε ένα συμπέρασμα που προκύπτει. Η αεροτομή παράγει μηδέν (0) Newton άντωσης. Ένα συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι όταν έχουμε απουσία ροής έχουμε και απουσία άντωσης.

ΕΡΩΤΗΜΑ 2) Ορίστε τιμή ταχύτητας ρευστού (**Speed-km/h**) 198km/h (η μπάρα που βρίσκεται δίπλα στο πεδίο **Speed-km/h** θα βρίσκεται ακριβώς στο μέσο) και κατόπιν 396km/h (η μπάρα θα βρίσκεται τέρμα δεξιά). Πόσα Newton άντωσης παράγει η αεροτομή σε κάθε περίπτωση; Γράψτε ένα συμπέρασμα που προκύπτει. Για ταχύτητα 198km/h (η μπάρα στο μέσο) η άντωση που παράγεται είναι 10,038 KN. Για ταχύτητα 396km/h (η μπάρα στη δεξιότερη θέση) η άντωση που παράγεται είναι 40,155 KN. Ένα συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η άντωση αυξάνει μη γραμμικά, αυξανόμενης της ταχύτητας, δεδομένου ότι οι τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων (υψόμετρο, γωνία προσβολής κλπ) παραμένουν σταθερές.

ΕΡΩΤΗΜΑ 3) Ορίστε και πάλι τιμή ταχύτητας ρευστού (**Speed-km/h**) 198km/h (η μπάρα που βρίσκεται δίπλα στο πεδίο **Speed-km/h** θα βρίσκεται ακριβώς στο μέσο). Σύρετε την μπάρα που βρίσκεται δίπλα στο πεδίο **Altitude-m** την μία φορά τέρμα αριστερά (υψόμετρο μηδέν μέτρα) και ακολούθως τέρμα δεξιά (υψόμετρο 15087,6 m) Πόσα Newton άντωσης παράγει η αεροτομή σε κάθε περίπτωση; Γράψτε ένα συμπέρασμα που προκύπτει. Για ταχύτητα 198km/h (η μπάρα ταχύτητας στο μέσο) και υψόμετρο μηδέν μέτρα η άντωση που παράγεται είναι 10,038 KN. Για ταχύτητα 198km/h (η μπάρα ταχύτητας στο μέσο) και υψόμετρο 15087,6 μέτρα η άντωση που παράγεται είναι 1560N. Ένα συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η άντωση μειώνεται, αυξάνοντας το υψόμετρο, δεδομένου ότι οι τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων (γωνία προσβολής κλπ) παραμένουν σταθερές.

ΕΡΩΤΗΜΑ 4) Ορίστε τιμή υψομέτρου (**Altitude-m**) 7500m (η μπάρα που βρίσκεται δίπλα στο πεδίο **Altitude-m** θα βρίσκεται περίπου στο μέσο). Αλλάξτε την τιμή του πεδίου **input** σε **Shape**. Εισάγετε την τιμή των μηδέν (0) μοιρών για τη γωνία προσβολής (**angle-deg**) της αεροτομής σας, η οποία σημειωτέων είναι συμμετρική (symmetric) όπως βλέπετε λίγο παρακάτω. Πόσα Newton άντωσης παράγει η αεροτομή; Γράψτε ένα συμπέρασμα που προκύπτει. Μία συμμετρική αεροτομή κινούμενη σε ρευστό (αέρα) υπό μηδενική γωνία προσβολής, δεν παράγει άντωση.

ΕΡΩΤΗΜΑ 5) Επιλέξτε διαδοχικά και τους υπόλοιπους τύπους **αεροτομών (High camber – Flat Plate – Flat Bottom – Neg Camber – Ellipse – Curve Plate)** του πεδίου **Basic Shapes** και θέστε σε όλες τις περιπτώσεις στο πεδίο **angle-deg** την τιμή **των μηδέν μοιρών ακριβώς**. Καταγράψτε τις τιμές της άντωσης για κάθε περίπτωση. Γράψτε τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Τύπος αεροτομής	Τιμή άντωσης (N)
High camber	12669
Flat Plate	0
Flat Bottom	4623
Neg Camber	-4623
Ellipse	0
Curve Plate	4685

Πίνακας 3: Αποτελέσματα ζητούμενων μετρήσεων

Ορισμένα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

- Οι τύποι αεροτομών οι οποίες δεν παράγουν άντωση όταν κινούνται σε ρευστό (αέρα) και η γωνία προσβολής τους είναι μηδέν μοίρες, είναι –εκτός της συμμετρικής που είδαμε προηγουμένως- οι: flat plate και η ellipse.
- Οι αεροτομές τύπου High camber, Flat Bottom και Curve Plate παράγουν θετικές τιμές άντωσης όταν κινούνται σε ρευστό (αέρα) και η γωνία προσβολής τους είναι μηδέν μοίρες, με την High camber να παράγει την μεγαλύτερη τιμή.
- Η αεροτομή τύπου Neg Camber στις ίδιες συνθήκες, παράγει αρνητικές τιμές άντωσης.

ΕΡΩΤΗΜΑ 6) Υποθέστε ότι προσομοιώνουμε την πτήση ενός μικρού μοντέλου αεροσκάφους μάζας 0.3kg. Από το πεδίο Basic shapes επιλέξτε την αεροτομή τύπου **Flat Plate** που είναι ένας συνηθισμένος και απλός τύπος αεροτομής για μοντέλα. Στο πεδίο **angle-deg** δώστε την τιμή των 5 μοιρών.

Στο πεδίο **Input** επιλέξτε το κουμπί **Flight**.

- Για ταχύτητα αεροσκάφους (**speed-km/h**) δώστε 50Km/h.
- Για υψόμετρο (**Altitude-m**) δώστε περίπου 15m.

Στο πεδίο **Input** επιλέξτε το κουμπί **Size**

- Για μήκος χορδής της πτέρυγας (**Chord-m**) δώστε περίπου 0.15m (15cm)
- Για εκπέτασμα πτέρυγας (**Span-m**) δώστε περίπου 0.9m (90cm)
- Για πτερυγική επιφάνεια (**Area-sq m**) δώστε περίπου 0.1 τετραγωνικά μέτρα (την ελαχιστότατη τιμή)

Από τα αποτελέσματα που παίρνετε σαν έξοδο, πιστεύετε ότι το μοντέλο θα καταφέρει να πετάξει; Δικαιολογήστε την απάντησή σας. Θέτοντας τις ως άνω παραμέτρους στο λογισμικό προσομοίωσης, η έξοδος που λαμβάνουμε για την άντωση είναι 6,276N. Αυτή η τιμή άντωσης αρκεί για να υπερνικήσει το βάρος του μοντέλου, οπότε το μοντέλο υπό αυτές τις συνθήκες είναι ικανό να πετάξει.

ΕΡΩΤΗΜΑ 7) Κλείστε και ξανανοίξτε το FoilSim ή επαναφορτώστε (refresh) την ιστοσελίδα, ώστε οι τιμές να έρθουν στις προεπιλεγμένες. Για το συγκεκριμένο ερώτημα η τιμή του **πεδίου 3 (Units)** να παραμείνει **imperial**. Από το πεδίο Basic shapes επιλέξτε την αεροτομή τύπου Flat Plate (επίπεδη αεροτομή). Κάτω δεξιά στην οθόνη σας υπάρχει ένα διάγραμμα που στον άξονα των χ αναπαρίσταται το σημείο της μέτρησης ως ποσοστό επί τοις εκατό της χορδής της αεροτομής και στον άξονα των γ η πίεση εκφρασμένη σε Psi (Pounds per square inch – λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα ) (1 round = 453.59237 grams). Με κίτρινο χρώμα αναπαρίστανται οι μετρήσεις στο επάνω μέρος της αεροτομής και με κόκκινο χρώμα οι μετρήσεις στο κάτω μέρος της. Να καταγράψετε προσεγγιστικά τις τιμές τις πίεσης για το πάνω και το κάτω μέρος της αεροτομής στο μέσο της χορδής της, καθώς και το πρόσημο της

άντωσης . Το ίδιο να κάνετε και αφού αλλάξετε την γωνία προσβολής (**Angle-deg**) σε **-5 μοίρες**. Γράψτε τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

	Γωνία προσβολής 5 μοίρες	Γωνία προσβολής -5 μοίρες
Επάνω μέρος	≈14,65	≈14,72
Κάτω μέρος	≈14,72	≈14,65
Πρόσημο άντωσης	+	-

Πίνακας 4: Αποτελέσματα ζητούμενων μετρήσεων

Από τις μετρήσεις αυτές προκύπτουν μεταξύ άλλων τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Μία επίπεδη αεροτομή (flat plate) παράγει άντωση όταν κείται σε ρευστό (αέρα) υπό θετική γωνία προσβολής (στην συγκεκριμένη περίπτωση +5°), σε αντίθεση με την κοινή και λανθασμένη πεποίθηση ότι ο τύπος της αεροτομής για να παράξει άντωση πρέπει να έχει οπωσδήποτε κάποια τιμή *camber*.
- Για να παράξει μία αεροτομή θετικές τιμές άντωσης πρέπει η πίεση στο κάτω μέρος της να είναι μεγαλύτερη από την πίεση στο πάνω μέρος της.

ΕΡΩΤΗΜΑ 8) Για θετικές τιμές γωνίας προσβολής (**Angle-deg**) πιέστε με το ποντίκι σας το βελάκι που βρίσκεται δεξιά της ράβδου κυλίσεως ώστε οι μοίρες να αυξάνουν σταδιακά και παρακολουθήστε τις τιμές που παίρνει η άντωση (**Lift**) σε kPa. Καταγράψτε την γωνία προσβολής για την οποία η άντωση αρχίζει να μειώνεται παρόλο που η γωνία προσβολής αυξάνει. Πώς ονομάζεται αυτό το φαινόμενο; Η γωνία για την οποία η άντωση αρχίζει να μειώνεται παρόλο που η γωνία προσβολής αυξάνει είναι 15,52°. Το φαινόμενο ονομάζεται απώλεια στήριξης.

ΕΡΩΤΗΜΑ 9) Κλείστε και ξανανοίξτε το FoilSim ή επαναφορτώστε (refresh) την ιστοσελίδα, ώστε οι τιμές να έρθουν στις προεπιλεγμένες. Στο πεδίο **Output** επιλέξτε **Probe**. Στο πεδίο **Probe** επιλέξτε **Velocity** και κατόπιν **Pressure**. Πλέον κάτω δεξιά στην οθόνη σας εμφανίζεται ένα όργανο που μετρά την ταχύτητα του ρευστού σε χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h) ή την πίεση σε κιλοπασκάλ (kPa) αντίστοιχα. Το ακριβές σημείο που γίνεται η μέτρηση φαίνεται στην προσομοίωση που βρίσκεται πάνω αριστερά στην οθόνη σας και ταυτίζεται με την θέση του probe (αισθητήρας) που έχει ροζ χρώμα. Στην παρούσα κατάσταση δηλαδή μετράμε την ταχύτητα του αέρα και την πίεση στο κάτω μέρος της αεροτομής. Αυξήστε σταδιακά την γωνία προσβολής (**Angle-deg**) και παρατηρήστε τις τιμές που παίρνει η ταχύτητα στο όργανο καθώς και η πίεση . Τι συμπεραίνετε; Ποιος επιστήμονας ήταν αυτός που κατέγραψε και μίλησε πρώτος για αυτό το φαινόμενο; Συμπεραίνουμε ότι όταν η πίεση αυξάνει η ταχύτητα μειώνεται. Ο επιστήμονας που μελέτησε το φαινόμενο αυτό ήταν ο Ελβετός Daniel Bernoulli.

ΕΡΩΤΗΜΑ 10) Κλείστε και ξανανοίξτε το FoilSim ή επαναφορτώστε (refresh) την ιστοσελίδα, ώστε οι τιμές να έρθουν στις προεπιλεγμένες. Ακριβώς κάτω από το παράθυρο της προσομοίωσης υπάρχει το πεδίο **Airfoil Shape** που έχει την τιμή **Airfoil**. Αλλάξτε αυτή την τιμή σε **Ball**. Πλέον τη θέση των αεροτομών στην προσομοίωση έχει πάρει μια μπάλα (σφαίρα). Πειραματιστείτε με διάφορες τιμές του πεδίου **spin rpm** ενώ ταυτόχρονα κοιτάζετε τις τιμές της άντωσης και αφού κατανοήσετε, δώστε μια εξήγηση για τα λεγόμενα «φάλτσα»

στο ποδόσφαιρο! Μία επιστημονική εξήγηση των λεγόμενων «φάλτσων» στο ποδόσφαιρο έρχεται να δώσει η αεροδυναμική. Όταν μία μπάλα (σφαίρα) κινείται σε ρευστό και ταυτόχρονα περιστρέφεται, παράγει κάποια άντωση η οποία μάλιστα αυξάνει όσο γρηγορότερα περιστρέφεται. Η δύναμη αυτή που ασκείται συνεχώς στην μπάλα (άντωση), είναι που την κάνει να αποκτά αυτή την περίεργη τροχιά, την οποία ονομάζουμε «φάλτσα».