

11. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΙΣΤΙΟΠΛΟΙΑΣ

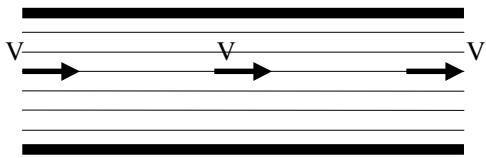
Σίγουρα όλοι μας σε κάποια φάση της ναυτοπροσκοπικής μας καριέρας αναρωτηθήκαμε πως είναι δυνατό να πλεύουμε προς τα εμπρός έχοντας τον άνεμο από μπροστά μας, π.χ. στις 50° ως προς το σωτρόπι του σκάφους μας. Θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια εξήγηση σε αυτό το φαινόμενο χρησιμοποιώντας (αναγκαστικά) γνώσεις Φυσικής, και συγκεκριμένα αεροδυναμικής.

ΝΟΜΟΣ BERNOULLI: Όταν αυξάνεται η ταχύτητα ενός ρευστού (αερίου ή υγρού), τότε μειώνεται η πίεση που ασκεί το ρευστό στα τοιχώματα του δοχείου μέσα από το οποίο διέρχεται.

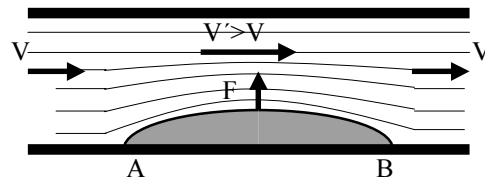
Πρακτικά όμως η μείωση της πίεσης ισοδυναμεί με την εμφάνιση μιας δύναμης που ονομάζεται **υποπίεση**.

Όταν διαβιβάσουμε ρεύμα αέρα μέσα από ένα ισοδιαμετρικό σωλήνα, τότε ο αέρας κινείται κατά μήκος του ισοσταγώς με ταχύτητα V (σχήμα 11.1), διότι διαφορετικά θα δημιουργούνταν πυκνώματα και αραιώματα, πράγμα αντίθετο στους νόμους της Φυσικής. Αν τοποθετήσουμε μέσα στο σωλήνα ένα σώμα με αεροδυναμικό σχήμα (αεροτομή), τότε για να είναι $V_{\text{εισόδου}} = V_{\text{εξόδου}} = V$ θα πρέπει το ρεύμα του αέρα να επιταχυνθεί κατά μήκος του τμήματος AB (σχήμα 11.2) και να αποκτήσει ταχύτητα $V' > V$. Έτσι, σύμφωνα με το νόμο του Bernoulli θα ασκηθεί πάνω στο σώμα δύναμη F , όπως φαίνεται στο σχήμα 11.2.

Τα παραπάνω μπορούν να γίνουν κατανοητά στην πράξη με ένα απλούστατο πείραμα: αν ανοίξουμε μια βρύση ώστε να τρέχει πολύ νερό και βάλουμε σιγά-σιγά ένα κουτάλι με την κυρτή πλευρά του να ακουμπήσει στη ροή του νερού, τότε θα νιώσουμε (αντίθετα ίσως απ' ό,τι φανταζόμαστε) το νερό να τραβάει το κουτάλι προς το μέρος του. Αυτό οφείλεται στην υποπίεση που ασκεί το νερό πάνω στο κουτάλι.



Σχήμα 11.1

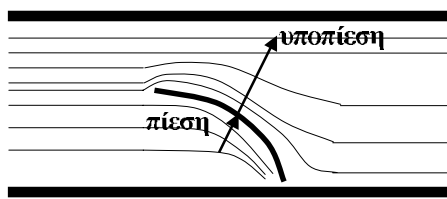


Σχήμα 11.2

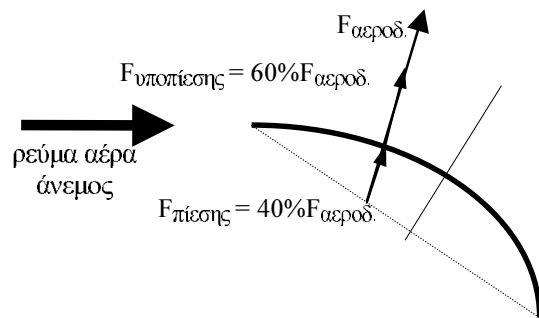
Εάν δώσουμε στην αεροτομή μια μικρή κλίση και αφαιρέσουμε και την κάτω επιφάνεια του σώματος τότε, εκτός από την υποπίεση που θα εξακολουθήσει να ασκείται στο σώμα από την κυρτή - έξω πλευρά με το ίδιο σχεδόν μέτρο, θα ασκηθεί στο σώμα και η πίεση από την κοίλη - μέσα πλευρά (σχήμα 11.3). Αποδεικνύεται μάλιστα ότι η υποπίεση είναι το 60% της συνολικής δύναμης που δέχεται το σώμα, ενώ το υπόλοιπο 40% της δύναμης είναι η πίεση. Από αυτό το αριθμητικό δεδομένο μπορούμε εύκολα να αντιληφθούμε τη σημασία της υποπίεσης.

Ας μεταφερθούμε τώρα στα σκάφη μας και συγκεκριμένα στα πανιά μας. Το πανί μας δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια αεροτομή πάνω στην οποία συμβαίνουν όσα περιγράψαμε παραπάνω. Οι δυνάμεις $F_{\text{πίεσης}}$ και $F_{\text{υποπίεσης}}$ του σχήματος 11.3 είναι στην πραγματικότητα οι συνισταμένες πολλών μικρών δυνάμεων πίεσης και υποπίεσης που ασκούνται κάθετα σε κάθε στοιχειώδη επιφάνεια του πανιού. Με τη σειρά τους οι $F_{\text{πίεσης}}$ και $F_{\text{υποπίεσης}}$ έχουν ως συνισταμένη την **$F_{\text{αεροδυναμική}}$** η οποία δεν είναι κάθετη στο πανί, αλλά έχει κάποια κλίση προς τα μπροστά (σχήμα 11.4). Αυτό συμβαίνει, διότι οι συνιστώσες δυνάμεις είναι μεγαλύτερες στο πρώτο 1/3 της επιφάνειας του πανιού και μικραίνουν όσο προχωρούμε προς την άκρη του. Για τον ίδιο λόγο το σημείο εφαρμογής της συνολι-

κής δύναμης δε βρίσκεται στο μέσο του τόξου του πανιού, αλλά είναι μετατοπισμένο προς τα μπροστά (προς την πλευρά της αντένας).



Σχήμα 11.3



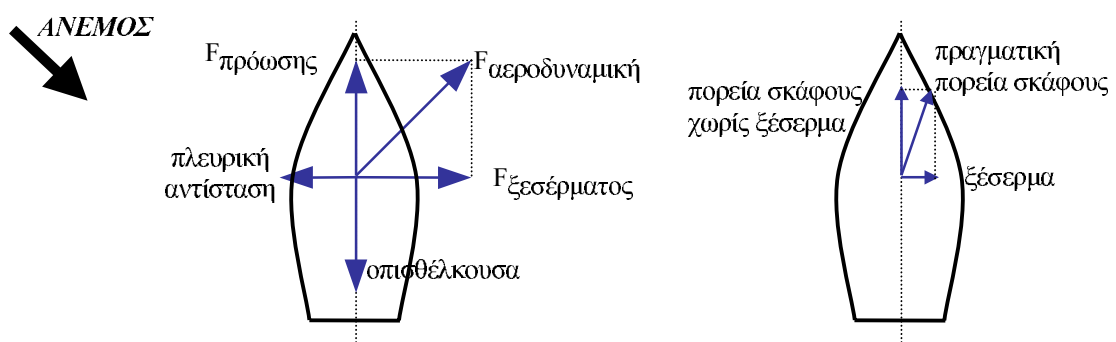
Σχήμα 11.4

Μπορούμε να μεταφέρουμε το σημείο εφαρμογής της $F_{αεροδυναμική}$ από το πανί (συγκεκριμένα από το κέντρο ιστιοφορίας) πάνω στο σκάφος μας, και να αναλύσουμε τη δύναμη αυτή σε δυο δυνάμεις (σχήμα 10.5):

1. Τη **δύναμη πρόωσης** ($F_{πρόωσης}$), με διεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα του σκάφους
2. Την **πλάγια αεροδυναμική δύναμη** ($F_{ξεσέρματος}$), η οποία προκαλεί το ξέσερμα (ή έκπτωση ή εκπεσμός).

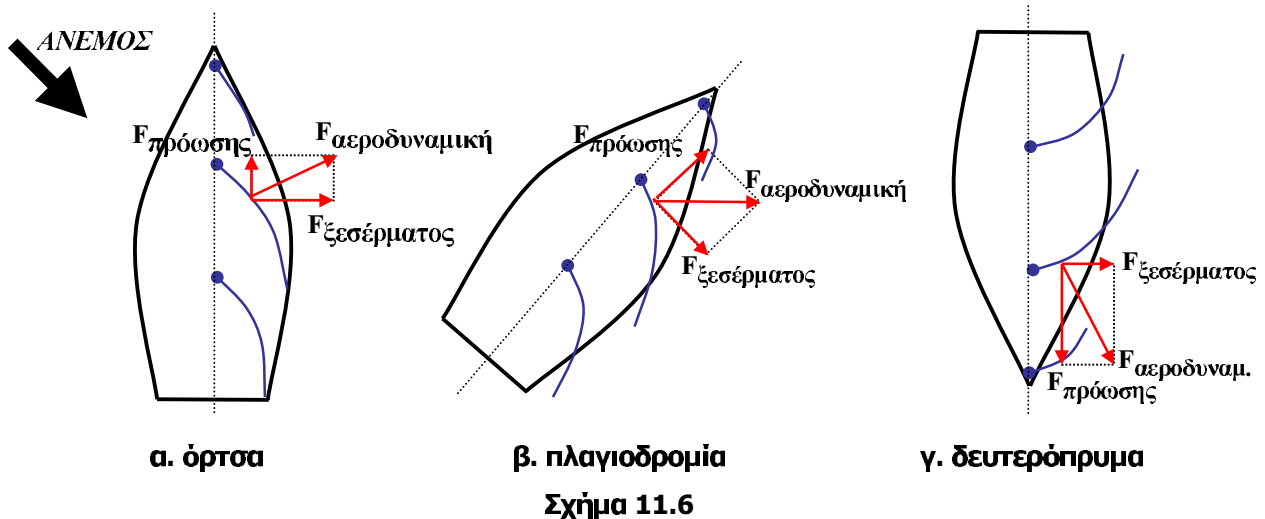
Δεδομένου όμως ότι για κάθε δύναμη στη φύση αναπτύσσεται και μια αντίδραση, στο σκάφος μας ασκούνται άλλες δυο δυνάμεις αντίρροπες προς τις $F_{πρόωσης}$ και $F_{ξεσέρματος}$:

1. Η **δύναμη οπισθέλκουσας**, η οποία αντιστέκεται στην κίνηση του σκάφους προς τα μπροστά, για την οποία ισχύει $F_{πρόωσης} \geq F_{οπισθέλκουσας}$
2. Η **δύναμη πλευρικής αντίστασης**, την οποία προβάλλει η καρίνα και γενικότερα όλη η γάστρα (ύφαλα) στην πλάγια μετατόπιση (ξέσερμα) του σκάφους (σχήμα 11.5) και η οποία σε καμιά περίπτωση δεν είναι αντίθετη με την $F_{ξεσέρματος}$, ώστε να μηδενιστεί το ξέσερμα, αλλά το μειώνει πολύ. Αυτός, μαζί με την ευστάθεια που προσφέρει, είναι οι κυριότεροι ρόλοι της καρίνας.

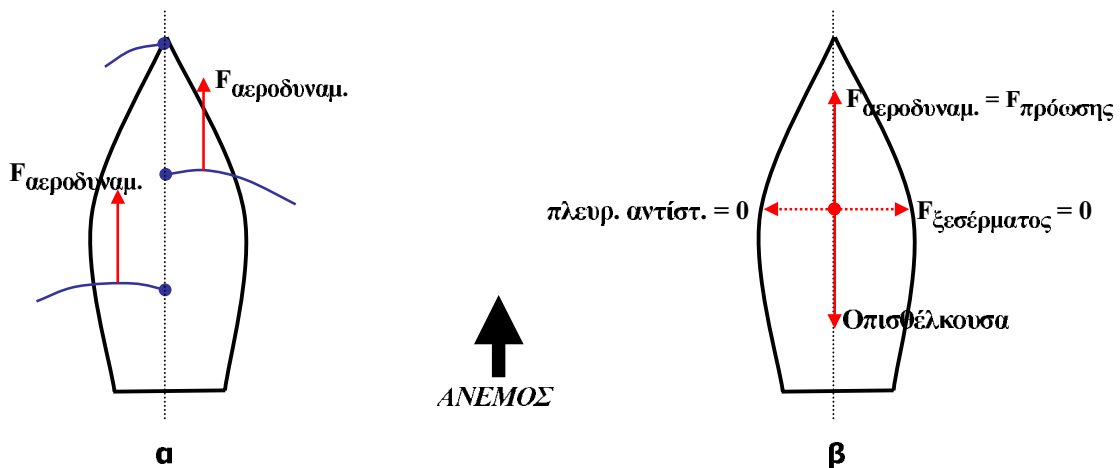


Σχήμα 11.5: Οι δυνάμεις πάνω στο σκάφος και η επίδραση της καρίνας

Όλα όσα περιγράψαμε παραπάνω ανταποκρίνονται σ' όλες τις πλευρές στις οποίες το πανί μας λειτουργεί ως αεροτομή, δηλ. τα όρτσα, την πλαγιοδρομία και τα δευτερόπρυμα. Η διαφορά μεταξύ των πλευσών αυτών, όσο αφορά τις δυνάμεις που ασκούνται στο σκάφος, είναι ποσοτική και όχι ποιοτική. Δηλαδή οι δυνάμεις είναι οι ίδιες και στις τρεις πλευρές, με τη διαφορά ότι ενώ στις κλειστές πλευρές (όρτσα) μπορεί να είναι μέχρι και $F_{ξεσέρματος} = 5 F_{πρόωσης}$, στις ανοιχτές πλευρές (δευτερόπρυμα) η $F_{πρόωσης}$ είναι πολύ μεγαλύτερη της $F_{ξεσέρματος}$ (σχήμα 11.6).



Στα κατάπρυμα όμως οι δυνάμεις που ασκούνται στο πανί μας έχουν ποιοτική διαφορά με τις δυνάμεις που ασκούνται στις άλλες πλεύσεις, και αυτό διότι το πανί παύει να λειτουργεί ως αεροτομή. Η βασική διαφορά είναι ότι στα πρύμα δεν εμφανίζεται καθόλου δύναμη υποπίεσης, δηλαδή χάνουμε το 60% της $F_{αεροδυναμική}$ που ασκείται στο πανί μας στις άλλες πλεύσεις (χωρίς όμως να μειώνεται η ταχύτητα του σκάφους κατά 60%). Η δεύτερη διαφορά είναι ότι η $F_{αεροδυναμική}$ είναι κάθετη στο πανί (αφού όλες οι συνιστώσες της είναι και αυτές κάθετες) και παράλληλη προς τον άξονα του σκάφους (σχήμα 11.7α). Έτσι δεν υπάρχει $F_{ξεσέρματος}$ και κατά συνέπεια δεν υπάρχει ούτε δύναμη πλευρικής αντίστασης (σχήμα 11.7β).



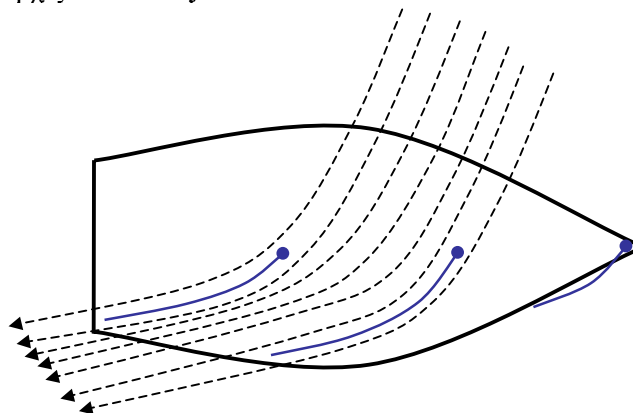
ΣΩΣΤΟ - ΛΑΘΟΣ ΤΡΙΜΑΡΙΣΜΑ

Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτύχουμε τη μέγιστη ταχύτητα σε μια πλεύση είναι το σωστό πάρσιμο των πανιών («**τριμάρισμα**»). Τα πανιά πρέπει να έχουν μια συγκεκριμένη θέση ώστε να δέχονται ομαλά και να εκμεταλλεύονται πλήρως τον άνεμο. Για να συμβεί αυτό τα πανιά πρέπει να αποτελούν δυο παράλληλες επιφάνειες και να σχηματίζουν ένα κατάλληλο τούνελ (“slot”), όπως φαίνεται στο σχήμα 11.8.

Όταν ένα πανί είναι περισσότερο φερμαρισμένο απ’ ό,τι πρέπει τότε στην υπήνεμη - κυρτή πλευρά δημιουργούνται δίνες, το ρεύμα του αέρα δε ρέει ομαλά από αυτή την πλευρά, και η υποπίεση

δεν είναι η μέγιστη δυνατή. Τότε λέμε ότι το πανί «στολάρει». Έχουμε μεγαλύτερο μπατάρισμα και μικρότερη ταχύτητα από το κανονικό.

Από την άλλη πλευρά, όταν ένα πανί δεν είναι τόσο φερμαρισμένο όσο πρέπει, δε φουσκώνει φυσιολογικά, αλλά αρχίζει να «παίζει».



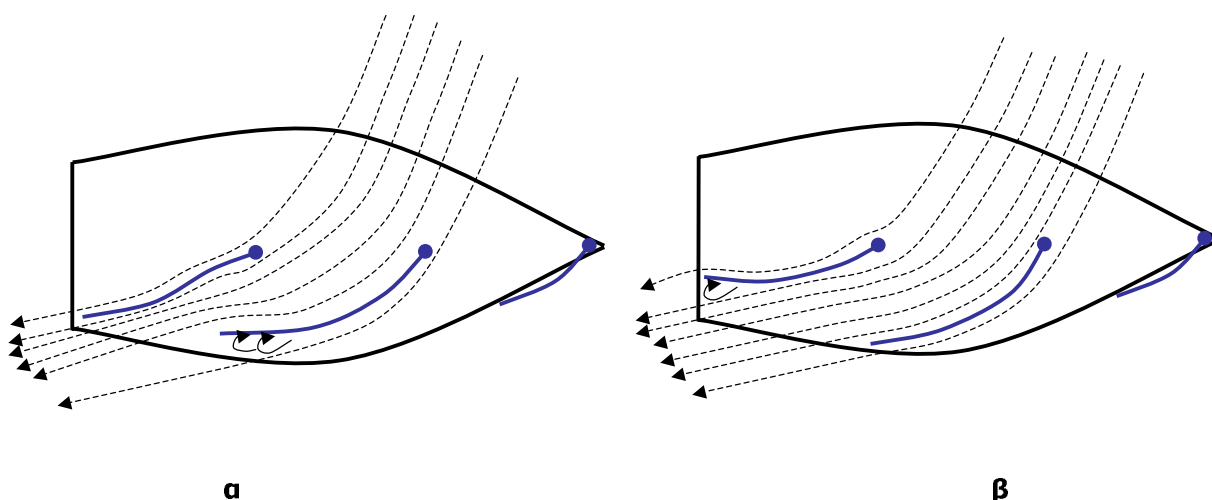
Σχήμα 11.8: Σχηματισμός σωστού slot μεταξύ δυο πανιών

Δυο περιπτώσεις λάθος τριμαρίσματος φαίνονται στο σχήμα 10.9.

Στην πρώτη (σχήμα 11.9α), το πλωριό πανί είναι υπερβολικά παρμένο με αποτέλεσμα αφ' ενός να μην ασκείται πάνω του η μέγιστη υποπίεση (αφού στολάρει), και αφ' ετέρου να μην επιτρέπει στο πρυμνιό να «δουλέψει» σωστά, το οποίο πρυμνιό «αντινεμώνει».

Στη δεύτερη περίπτωση (σχήμα 11.9β), και πάλι δε δημιουργείται το κατάλληλο slot. Υπεύθυνο αυτή τη φορά είναι το πρυμνιό το οποίο είναι φερμαρισμένο.

Παρατηρείστε ότι υπάρχουν περιπτώσεις (π.χ. στο σχήμα 11.9β ή αν είναι και τα δυο πανιά φερμαρισμένα, ενώ δεν πρέπει) στις οποίες δεν υπάρχει κανένα ορατό σημάδι ότι κάτι δεν πάει καλά, αφού ούτε κανένα πανί παίζει, ούτε κανένα πανί αντινεμώνει. Κι όμως το τριμάρισμα των πανιών δεν είναι σωστό. Ως συμπέρασμα λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι δεν πρέπει να περιμένουμε κάποιο πανί μας να παίζει για να το δουλέψουμε, αλλά πρέπει να ασχολούμαστε με τα πανιά μας συνεχώς.



Σχήμα 11.9: Περιπτώσεις λάθος τριμαρίσματος