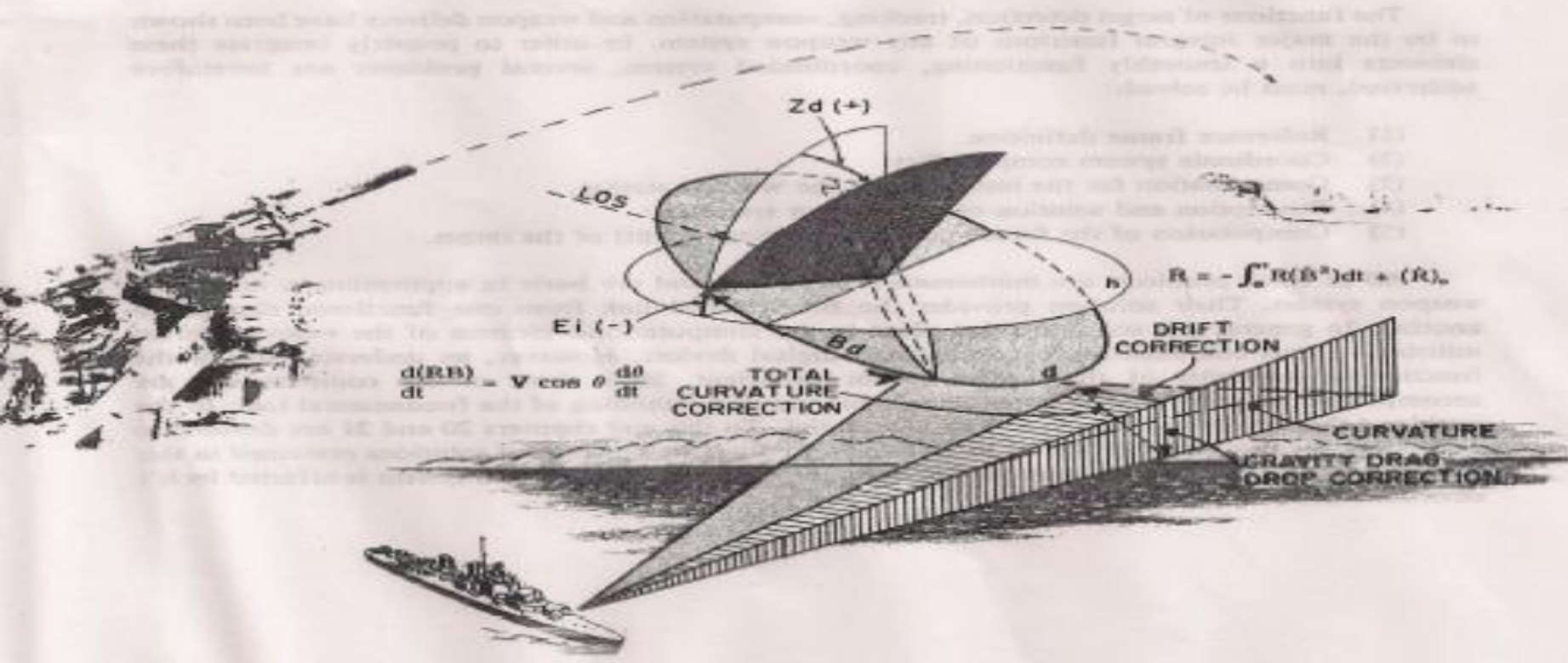


# ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗ

## THE FIRE CONTROL PROBLEM



# ΔΙΑΦΟΡΑ ΒΛΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗΣ

## ■ ΒΛΗΤΙΚΗ:

- Είναι η θεωρητική επιστήμη η οποία μελετά την κίνηση ενός βλήματος και όλα τα φαινόμενα που παρατηρούνται κατά την κίνηση αυτή.
- Χωρίζεται στην εσωτερική (interior ballistics) και εξωτερική βλητική (exterior ballistics) με την πρώτη να μελετά την κίνηση του βλήματος μέσα στον σωλήνα του ΠΡΒ και τη δεύτερη την κίνηση του βλήματος στην ατμόσφαιρα καθώς επίσης και όλους τους παράγοντες που επιδρούν στην κίνηση των αυτή.

## ■ ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗ:

- Είναι η εφαρμοσμένη επιστήμη η οποία αφού λάβει υπόψιν τα συμπεράσματα της Βλητικής προσπαθεί να αναπτύξει τα μέσα εκείνα και τις μεθόδους που απαιτούνται για να μπορεί ένα βαλλόμενο από ΠΡΒ όπλο βλήμα, να επιτελέσει το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Άρα υπάρχει στενή σχέση αλλά και διαφορά μεταξύ αυτών των επιστημών. Η Πυροβολική ιδιαίτερα ενδιαφέρεται όχι μόνο για τα υλικά μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η βολή ενός βλήματος αλλά και για τις διαδικασίες εκείνες οι οποίες πρέπει να εφαρμοσθούν για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Το βασικό στοιχείο που εξαγάγουμε από την εσωτερική βλητική για να το χρησιμοποιήσουμε στην πυροβολική είναι η αρχική ταχύτητα του βλήματος ( $V_i$  ή  $V_0$ ) ενώ από την εξωτερική βλητική μας ενδιαφέρουν για να χρησιμοποιηθούν στην Πυροβολική τα ακόλουθα:
- Α. Οι επιδράσεις των δυνάμεων που επενεργούν στην κίνηση του βλήματος στην ατμόσφαιρα.
- Β. Οι επιδράσεις της σχετικής κινήσεως πλοίου-στόχος, της φυσικής εκτροπής του βλήματος, της κατεύθυνσης του ανέμου και της κίνησης του καταστρώματος του πλοίου.
- Αλλά πριν από αυτές ας δούμε κάποιους σημαντικούς ορισμούς

# ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΒΛΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗΣ

- **Σκοπευτική γραμμή (Line Of Sight (L.O.S.)):**  
Είναι η ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και από ένα παρατηρούμενο σημείο στο χώρο (παρούσα θέση στόχου)
- **Γραμμή Πυρός (Line Of Fire (L.O.F.)):**  
Είναι η ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων και ενώνει την κάνη του ΠΡΒ με το υπολογισθέν σκοπευτικό σημείο που στοχεύει η κάνη αυτή προκειμένου πλήξει το στόχο στη μέλλουσα θέση του.
- **Σημείο πτώσεως:**  
Το σημείο στο οποίο το καθοδικό τμήμα της τροχιάς του βλήματος συναντά το οριζόντιο επίπεδο
- **Βεληνεκές:**  
Η απόσταση του σημείου πτώσεως από την αρχή των συντεταγμένων.
- **Γωνία αναχωρήσεως ( $\phi$ ):**  
Η γωνία την οποία σχηματίζει το διάνυσμα της αρχικής ταχύτητας του βλήματος ( $V_i$  ή  $V_o$ ) με το οριζόντιο επίπεδο.
- **Γωνία βολής ( $\phi'$ ):**  
Η γωνία την οποία σχηματίζει το διάνυσμα της αρχικής ταχύτητας με την σκοπευτική γραμμή.
- **Γωνία θέσεως (P):**  
Η γωνία την οποία σχηματίζει η σκοπευτική γραμμή με το οριζόντιο επίπεδο.
- **Μένουσα ταχύτητα (V):**  
Η ταχύτητα του βλήματος σε ένα τυχαίο σημείο της τροχιάς του.

# ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΒΛΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗΣ

- **Ταχύτητα πτώσεως ( $V_w$ ):**  
Η ταχύτητα του βλήματος στο σημείο πτώσεως.
- **Γωνία πτώσεως ( $\omega$ ):**  
Η γωνία που σχηματίζει το διάνυσμα της ταχύτητας πτώσεως με το οριζόντιο επίπεδο.
- **Χρόνος πτήσεως ( $T$ ):**  
Ο χρόνος που απαιτείται για να κινηθεί το βλήμα από την αρχή των αξόνων του συστήματος αναφοράς μέχρι το σημείο πτώσεως.
- **Σημείο κορυφής ( $S$ ):**  
Το υψηλότερο σημείο της τροχιάς (το σημείο της τροχιάς με τη μεγαλύτερη τεταγμένη).
- **Βέλος τροχιάς:**  
Η τεταγμένη του σημείου κορυφής μετρούμενη σε ft ή σε m.
- **Επίπεδο Βολής:**  
Το επίπεδο που ορίζεται από την κατακόρυφο στο σημείο που το βλήμα θεωρείται ότι εξέρχεται από το σωλήνα του ΠΡΒ και από το διάνυσμα της αρχικής ταχύτητος του βλήματος.
- **Ο αριθμός mach ( $M$ ):** καθαρός αριθμός που παρουσιάζει τη σχέση της ταχύτητας του βλήματος στην ατμόσφαιρα προς την ταχύτητα του ήχου σε αυτή  $=V/a$ , όπου  $V$ =ταχύτητα βλήματος και  $a$ =ταχύτητα ήχου. Για πρακτικές εφαρμογές θεωρούμε ότι  $a=340$  m/sec. Στα βλήματα πυροβολικού και για την κίνησή τους στην ατμόσφαιρα μέχρι και του δραστικού τους βεληνεκούς, η ταχύτητά τους είναι κατά κανόνα υπερηχητική κυμαινόμενη από 1,5 ως 3,5M



# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

- ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΕΠΕΝΕΡΓΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ:
- A. Δύναμη βαρύτητας:  $w$  (επενεργεί στο κέντρο βάρους του βλήματος)
- B. Αντίσταση αέρα:  $D$  (drag)= $D_n+D_b+D_s$
- $D_n$ =αντίσταση κορυφής (noise drag),  $D_b$ =αντίσταση βάσης (base drag),  $D_s$ =αντίσταση τριβής (skin drag).
- Γενικά δίδεται από τη σχέση  $D=q A C_d$  όπου  $A$ =μέγιστη διατομή βλήματος= $\pi d^2/4$  ( $d$ =διάμετρος βλήματος),
- Όπου  $q$ =δυναμική πίεση= $1/2\rho\psi U^2$  ( $\rho\psi$ =πυκνότητα αέρα σε ύψος  $\psi=\rho_0 e^{-\psi/H}$ ,  $H=7620m$ , και  $U$ =ταχύτητα βλήματος)
- Όπου  $C_d$ =συντελεστής αντιστάσεως αέρα (drag coefficient)=αδιάστατος αριθμός συνάρτηση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του βλήματος, της ταχύτητάς του και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας (0,10-0,90) ο οποίος υπολογίζεται βάση διαγραμμάτων που υπάρχουν για κάθε είδος βλήματος (βλ. Παράδειγμα σελ. 14)
- Γενικά  $D$ =συνάρτηση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του βλήματος, των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας, και της μεταφορικής και περιστροφικής ταχύτητας και αντίστοιχων επιταχύνσεων του βλήματος. Ασκείται στο σημείο πίεσεως  $P$  του βλήματος που βρίσκεται μπροστά από το Κ.Β. Και είναι συνεχώς μεταβαλλόμενη τόσο κατά το μέτρο της όσο και κατά τη διεύθυνσή της και το σημείο εφαρμογής της.

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

- ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΕΠΕΝΕΡΓΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ:
- Γ. Φυγόκεντρος δύναμη: Εμφανίζεται σε παρατηρητή της τροχιάς ενός βλήματος που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης και μετέχει στην περιστροφική της κίνηση
- Δ. Δύναμη Coriolis: Οφείλεται και αυτή στην περιστροφή της γης και εμφανίζεται σε παρατηρητή που βρίσκεται στην επιφάνειά της μετέχοντας στην κίνηση αυτή.
- Ε. Δυνάμεις αεροδυναμικής: λόγω περιστροφικής κίνησης του βλήματος γύρω από τον διαμήκη άξονα συμμετρίας του (δυνάμεις magnus, ζευγος magnus, δυναμική άνωση (lifting))

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

- **ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:**

- A. Συνεχής μεταβολή σχετικής θέσης στόχου ως προς το βάλλον:

- Επηρεάζει κατά δύο (2) τρόπους:

i) Τόσο η στροφή όσο και η ύψωση του ΠΡΒ πρέπει να αναπροσαρμόζονται συνεχώς και απαιτείται από τον υπολογιστή του ΣΔΒ να γίνει υπολογισμός προβλέψεως κατά τον οποίο από τις συντεταγμένες της παρούσης θέσης του στόχου, των στοιχείων σχετικής κίνησης και του χρόνου πτήσεως του βλήματος, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες του σημείου στο οποίο πρόκειται να βρίσκεται ο στόχος όταν θα τον προσβάλλει το βλήμα (μέλλουσα θέση). Στη συνέχεια οι συντεταγμένες αυτές θα χρησιμοποιηθούν για την επίλυση των εξισώσεων της εξωτερικής βλητικής και των αναλύσεων και διορθώσεων της Πυροβολικής ώστε να υπολογισθεί η στροφή και ύψωση του ΠΡΒ

ii) Η επίδραση της κινήσεως του βάλλοντος πλοίου επηρεάζει την αρχική ταχύτητα του βλήματος. Εδικότερα όταν γίνεται η βολή του βλήματος στην ατμόσφαιρα εκτός από την ταχύτητα την οποία αποκτά το βλήμα λόγω των αναπτυσσόμενων δυνάμεων της εσωτερικής βλητικής (αρχική ταχύτητα), υπάρχει και η ταχύτητα του πλοίου η οποία θα πρέπει να προστεθεί διανυσματικά στην αρχική ταχύτητα του βλήματος ώστε να προσδιοριστεί η πραγματική ταχύτητα αυτού ως προς ένα σημείο αναφοράς ευρισκόμενο στην επιφάνεια της γης.



# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

- ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:
- Β. Φυσική εκτροπή του βλήματος (drift):

Ένα δεξιόστροφο βλήμα ΠΡΒ το οποίο κινείται στην ατμόσφαιρα υπόκειται σε μια μετατόπιση προς τα δεξιά. Αποτέλεσμα είναι ότι το σημείο πτώσεως του βλήματος δεν ευρίσκεται στο επίπεδο βολής αλλά δεξιότερα από αυτό. Η απόσταση του σημείου πτώσεως από το επίπεδο βολής ονομάζεται φυσική εκτροπή βλήματος. Χαρακτηριστικά για βλήμα 5"/38 στα 5km βεληνεκές το drift=4,5m ενώ στο μέγιστο βεληνεκές drift=500m. Αντίστοιχα για ένα βλήμα 76mm/62 στα 5km το drift=6m ενώ στα 10km drift=52m. Η φυσική εκτροπή δεν θα πρέπει να συνδέεται με την πλευρική εκτροπή του βλήματος η οποία είναι δυνατό να οφείλεται και σε άλλους παράγοντες όπως πχ ο πλευρικός άνεμος κλπ. Η φυσική εκτροπή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Df=R(1-D')d^3(\phi+\omega)/\mu w,$$

(όπου Df=φυσική εκτροπή σε μάρδες, R=βεληνεκές σε μάρδες, D'=συντελεστής φυσικής εκτροπής, d=διαμέτρημα του βλήματος σε ίντσες, μ=βήμα αυλακίων του κοίλου του ΠΡΒ μετρούμενο σε διαμετρήματα, w=βάρος σε λίμπρες, φ=γωνία αναχωρήσεως βλήματος σε ακτίνια, ω=γωνία πτώσεως σε ακτίνια). Ξέροντας το διαμέτρημα του βλήματος που χρησιμοποιούμε και το βεληνεκές στο οποίο ρίχνουμε και έχοντας γνωστά για την μερίδα (LOT NUMBER) του βλήματος που κατέχουμε τα μ και D' υπολογίζουμε από τους αντίστοιχους πίνακες βολής τα w, φ και ω και εν συνεχεία διά εφαρμογής του ανωτέρου τύπου βρίσκουμε τη φυσική εκτροπή.

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

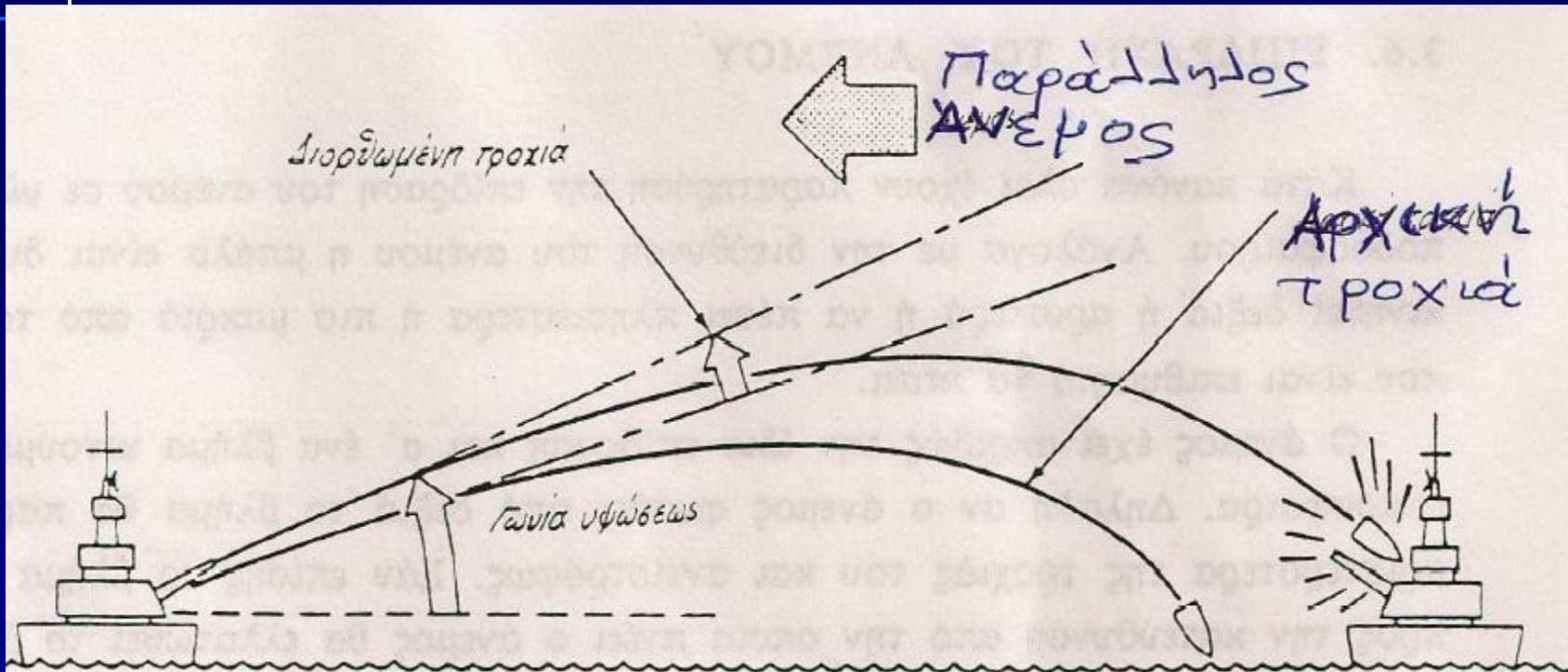
- ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:
- Γ. Επίδραση της κινήσεως του καταστρώματος:
- Για να αντισταθμιστεί η κίνηση αυτή απαιτείται μια συνεχής αναπροσαρμογή της στροφής και της υψώσεως του ΠΡΒ ώστε ο άξονάς του να παραμένει προσανατολισμένος προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο ανεξάρτητα από την κίνηση του καταστρώματος. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται μία κατάλληλη μονάδα σταθμίσεως με την οποία μετρούνται συνεχώς οι **γωνίες προνευστασμού και διατοιχισμού της σκοπευτικής γραμμής**. Οι γωνίες αυτές είναι αναγκαίες για τον υπολογισμό των διορθώσεων που πρέπει να γίνουν στη στροφή και ύψωση του ΠΡΒ για να αντισταθμιστεί η προαναφερθείσα κίνηση του καταστρώματος
- **Γωνία προνευστασμού (pitch):** είναι η γωνία μεταξύ οριζοντίου επιπέδου και επιπέδου καταστρώματος μετρούμενη στο κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται δια της σκοπευτικής γραμμής
- **Γωνία διατοιχισμού (roll):** είναι η γωνία μεταξύ του οριζοντίου επιπέδου και του επιπέδου καταστρώματος μετρούμενη στο επίπεδο που είναι κάθετο στο κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται δια της σκοπευτικής γραμμής

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

- ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:
- Γ. Επίδραση της διεύθυνσης του ανέμου:
- Αν ο άνεμος φυσάει από δεξιά το βλήμα θα παρασυρθεί αριστερότερα της τροχιάς του και αντιστρόφως. Αν επίσης το βλήμα κινείται προς την κατεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος θα ελλατωθεί το βεληνεκές του και αντιστρόφως. Όταν ένα βλήμα βάλλεται από ένα ΠΡΒ αρχικά η ταχύτητά του είναι υψηλή και μετά μειώνεται. Άρα όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος πτήσης τόσο μεγαλύτερη είναι και η επίδραση του ανέμου στην τροχιά του βλήματος. Επίσης όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ανέμου η επίδραση αυξάνεται, ενώ όσο μεγαλύτερο είναι το βλήμα η επίδραση μειώνεται λόγω της μεγαλύτερης ροπής αδρανείας των μεγάλων βλημάτων.
- Η επίδραση του ανέμου αναλύεται διανυσματικά στην κάθετη επίδραση στην σκοπευτική γραμμή και στην παράλληλη επίδραση στην σκοπευτική γραμμή (κάθετος άνεμος=cross wind, παράλληλος άνεμος=range wind). Η επίδραση του κάθετου ανέμου αντισταθμίζεται με αύξηση ή ελάττωση κατά περίπτωση της στροφής του ΠΡΒ ενώ του παράλληλου ανέμου με αύξηση ή ελάττωση κατά περίπτωση της υψώσεως του ΠΡΒ
- Τα παραπάνω φαίνονται στο επόμενο σχήμα.

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

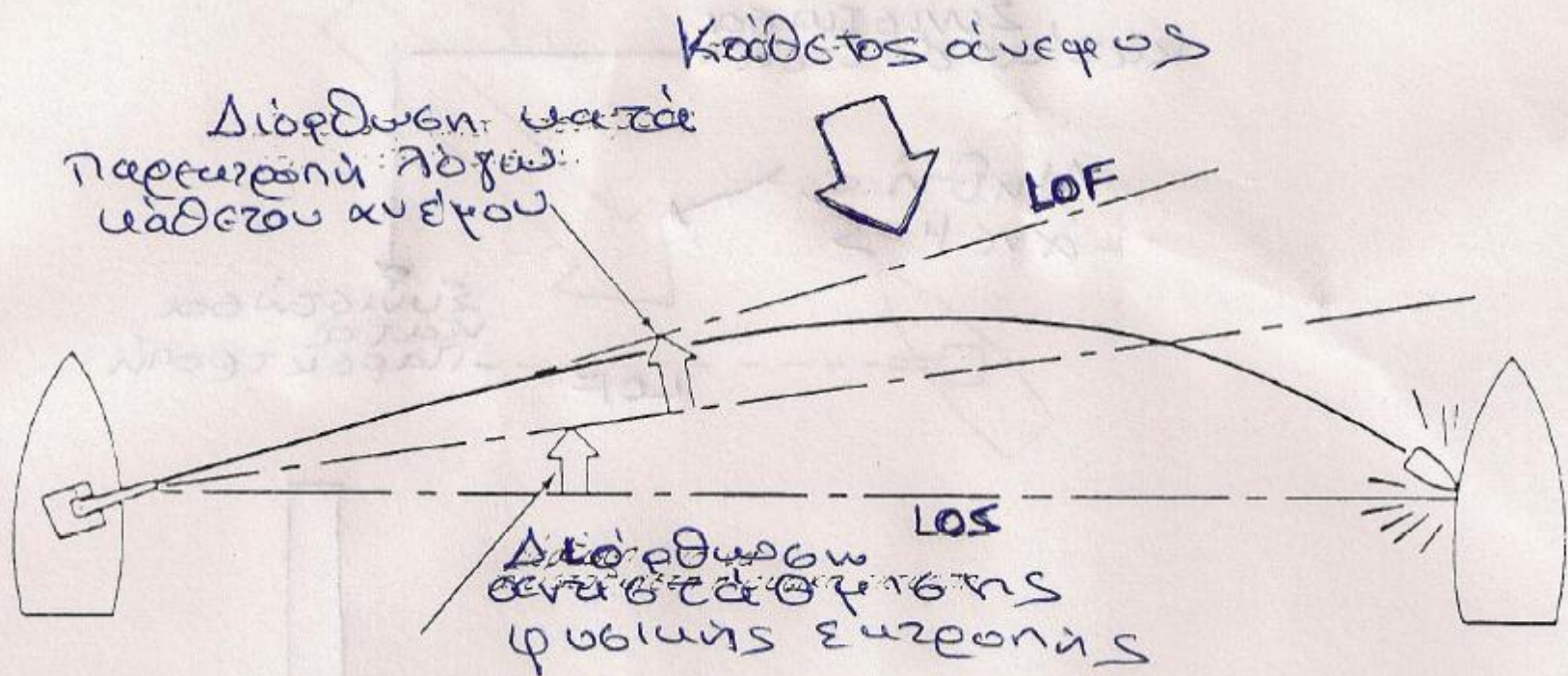
- ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:
- Γ. Επίδραση της διεύθυνσης του ανέμου:



**Σχήμα 3.6-1.:** Διόρθωση στην ύψωση για ν' αντισταθμιστή ο άνεμος που πνέει από την κατεύθυνση του στόχου

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

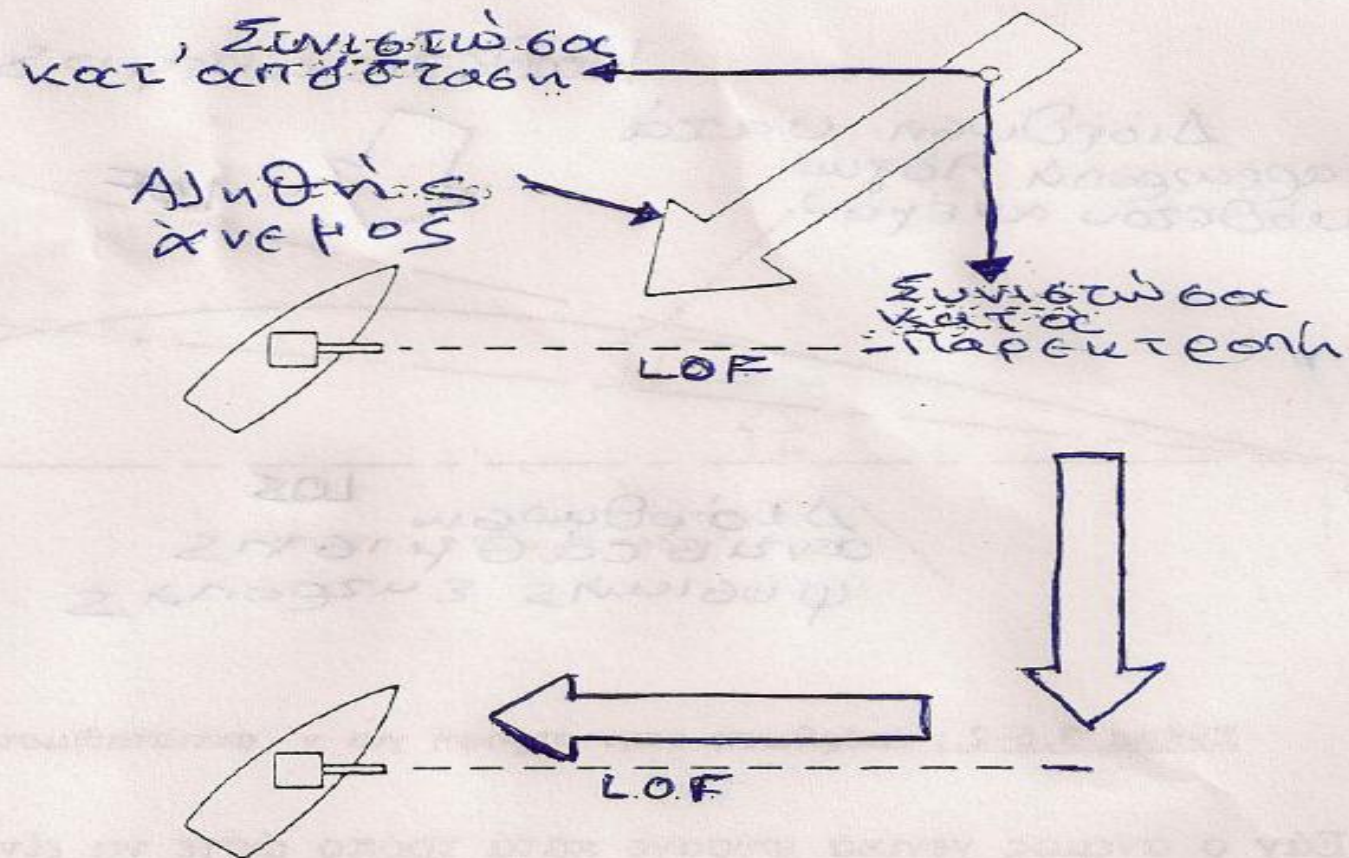
- ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:
- Γ. Επίδραση της διεύθυνσης του ανέμου:



Σχήμα 3.6-2.: Διόρθωση στην στροφή για ν' αντισταθμιστή κάθετος άνεμος

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

- ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:
- Γ. Επίδραση της διεύθυνσης του ανέμου:



Σχήμα 3.6-3: Ανάλυση ανέμου σε δύο συνιστώσες

# ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΟΛΗ ΤΟΥ ΒΛΗΜΑΤΟΣ

- ΛΟΙΠΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ:
- Γ. Επίδραση της διεύθυνσης του ανέμου:
- Οι διορθώσεις όμως που γίνονται για να αντισταθμιστεί η επήρεια του ανέμου στο βλήμα είναι κατά προσέγγιση γιατί στην πραγματικότητα τόσο η διεύθυνση όσο και η ένταση του ανέμου μεταβάλλονται συναρτήσει του ύψους. Άρα η επίδραση του ανέμου στο βλήμα θα είναι διαφορετική σε κάθε ύψος πτήσεώς του, ανάλογα με τα στοιχεία του ανέμου στο αντίστοιχο ύψος. Άρα απαιτούνται κάποιες μετεωρολογικές παρατηρήσεις (πχ. Μπαλόκι μέτρησης ανέμου, δορυφορικές μετρήσεις, μέτρηση από πλοίο, Ε/Π, ΑΦΝΣ κτλ). Συνεπώς για να αντισταθμίσουμε την συνολική επήρεια του ανέμου στην τροχιά του βλήματος θα πρέπει στους σχετικούς υπολογισμούς να ληφθεί υπόψιν κάποιος κατάλληλος συμβατικός άνεμος που ονομάζεται **Βλητικός Άνεμος (Ballistic Wind)** και ο οποίος εξαρτάται από τον αληθή άνεμο (διεύθυνση-ένταση) που επικρατεί στα διάφορα ύψη από τα οποία διέρχεται η τροχιά του βλήματος καθώς και από το χρόνο παραμονής αυτού στα εν λόγω ύψη. Άρα:
- **Βλητικός άνεμος**= ο θεωρητικός άνεμος ο οποίος έχει την ίδια επήρεια στην τροχιά του βλήματος με αυτή την οποία έχουν συνολικά οι διάφοροι άνεμοι που πνέουν στα ύψη από τα οποία διέρχεται ένα βλήμα κατά την κίνησή του στην ατμόσφαιρα.

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΛΗΤΙΚΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Υπολογίζεται από μετρήσεις διεύθυνσεως και εντάσεως του επικρατούντως ανέμου στις ζώνες ύψους του βέλους τροχιάς του βλήματος ανάλογα του βεληνεκούς του, υπολογίζοντας αρχικά το συντελεστή παραμονής του βλήματος σε κάθε ζώνη επί % του συνολικού χρόνου πτήσεως.

- Για το σκοπό αυτό οι συντελεστές παραμονής κατά ζώνες ύψους για μία κλασσική τροχιά βλήματος δίδονται σε κατάλληλο πίνακα (σελ. 59 του βιβλίου).
- Τα διανύσματα που παριστούν την διεύθυνση και την ένταση του ανέμου που επικρατεί σε κάθε ζώνη ύψους αφού πολλαπλασιαστούν με τον αντίστοιχο συντελεστή παραμονής προστίθενται και η συνισταμένη αυτών είναι ο Βλητικός Άνεμος (σελ 57-59 βιβλίου)

**Στα πιο σύγχρονα τακτικά συστήματα και συνεργαζόμενα ΣΔΒ (πχ. TACTICOS) δεν απαιτείται η εξαγωγή του βλητικού ανέμου παρά μόνο η εισαγωγή στο σύστημα των μετρήσεων του αληθούς ανέμου στις διάφορες ζώνες βέλους τροχιάς.**



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗ

- ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗ:
- Είναι η εφαρμοσμένη επιστήμη η οποία αφού λάβει υπόψιν τα συμπεράσματα της Βλητικής προσπαθεί να αναπτύξει τα μέσα εκείνα και τις μεθόδους που απαιτούνται ώστε τα πυροβόλα όπλα να μπορούν να ανταποκρίνονται στις επιχειρησιακές απαιτήσεις
- ΑΛΛΑ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗ! Ως τέχνη είναι περισσότερο συνδεδεμένη με την ικανότητα της αποτελεσματικής χρησιμοποίησης των πυροβόλων
- Άρα η Πυροβολική ως εφαρμοσμένη επιστήμη και τέχνη μας εισάγει σε ένα ευρύ χώρο επιχειρησιακών εφαρμογών στον οποίο η ταχύτητα, η πρωτοβουλία, η πρωτοτυπία και η αποτελεσματικότητα δεν είναι το μόνο προϊόν των διατιθέμενων υλικών μέσων αλλά και του έμπυχου υλικού που τα χειρίζεται.
- ΣΚΟΠΟΣ: Για το ναυτικό είναι να επιλύσει τα προβλήματα κατευθύνσεως των πυροβόλων όπλων όπως αυτά χρησιμοποιούνται στις διάφορες αποστολές του ναυτικού πυροβολικού.

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΗ

- Με τον όρο κατεύθυνση ή **Διεύθυνση Βολής** νοείται γενικά η εφαρμοζόμενη εκάστοτε μέθοδος για την βολή των όπλων προς την κατεύθυνση εκείνη στο χώρο με την οποία θα επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα επί του στόχου
- Η Πυροβολική παρουσιάζεται με τρεις διαστάσεις:
  - Υλικό
  - Προσωπικό
  - Διαδικασίες
- Υλικό: ΣΔΒ, συνεργαζόμενα συστήματα: Υπολογισμός Στροφής και Υψώσεως ΠΡΒ αλλά και άλλων στοιχείων
- Στο συγκεκριμένο μάθημα θα αναφερθούμε στο **Πρόβλημα Διευθύσεως Βολής** για τον υπολογισμό στροφής και ύψωσης ΠΡΒ ώστε να πλήξουμε το στόχο στη μέλλουσα του θέση, έπειτα στους **πίνακες βολής** για την εξαγωγή της αρχικής ταχύτητος των βλημάτων ΠΡΒ και του αντίστοιχου χρόνου πτήσεως και τέλος σε κάποια ειδικά θέματα πυροβολικού όπως οι **εργασίες παραλληλισμού και μετρήσεις καθιζήσεων ΠΡΒ**, η **ανάλυση σφαλμάτων πυροβολικού**, η γενική περιγραφή των ναυτικών πυροβόλων και του κύκλου βολής τους καθώς και τα χρησιμοποιούμενα είδη πυρομαχικών και πυροσωλήνων.

# ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β.

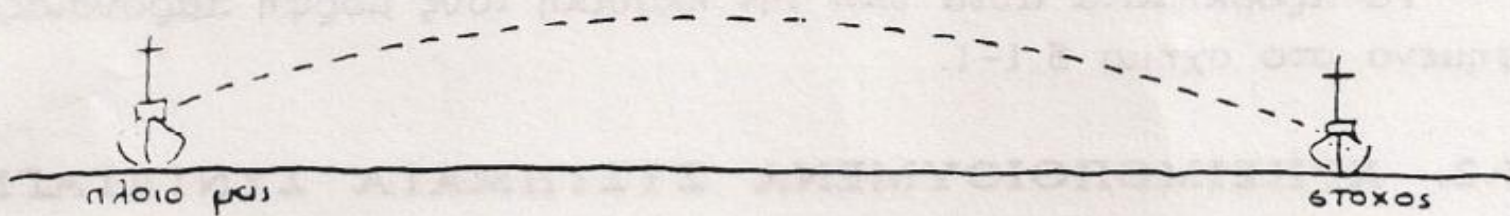
## ■ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β Πυροβολικού.

Ποια η κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να στραφεί ένα πυροβόλο ώστε το βλήμα το οποίο θα βάλλει να μπορέσει να προκαλέσει το επιθυμητό αποτέλεσμα.

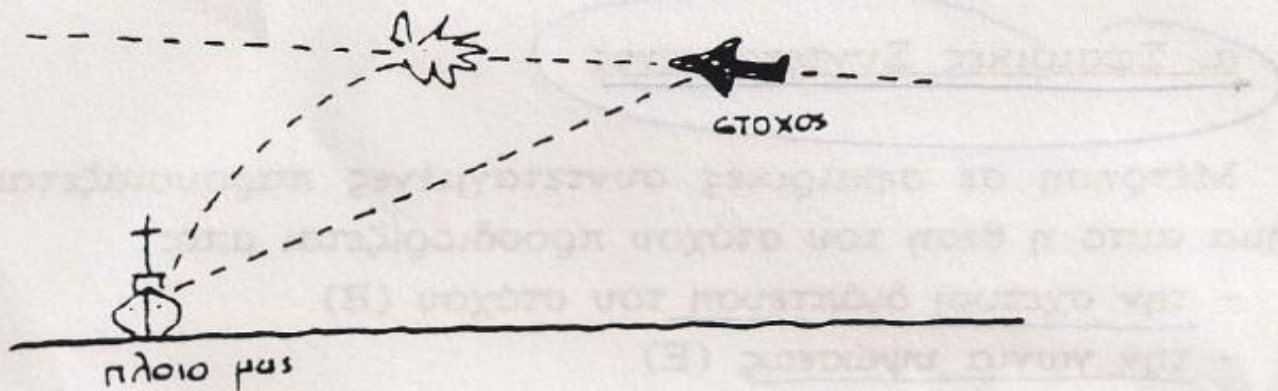
Κατηγορίες:

- Το πρόβλημα ΔΒ επιφανείας όπου ο στόχος ευρίσκεται στη θάλασσα (ο στόχος κινείται σε δύο διαστάσεις)
- Το πρόβλημα ΔΒ Α/Α όπου ο στόχος ευρίσκεται στον αέρα (ο στόχος κινείται σε τρεις διαστάσεις)
- Το πρόβλημα ΔΒ Ν. Βομβαρδισμού όπου ο στόχος ευρίσκεται στην ξηρά
- Το πρόβλημα ΔΒ φωτιστικών βλημάτων κατά το οποίο επιδιώκεται ο φωτισμός του στόχου (το φωτιστικό βλήμα να ενεργοποιηθεί σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο του χώρου του οποίου η θέση προσδιορίζεται σχετικά ως προς τη θέση του στόχου, ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος φωτισμός αυτού)

# ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β.

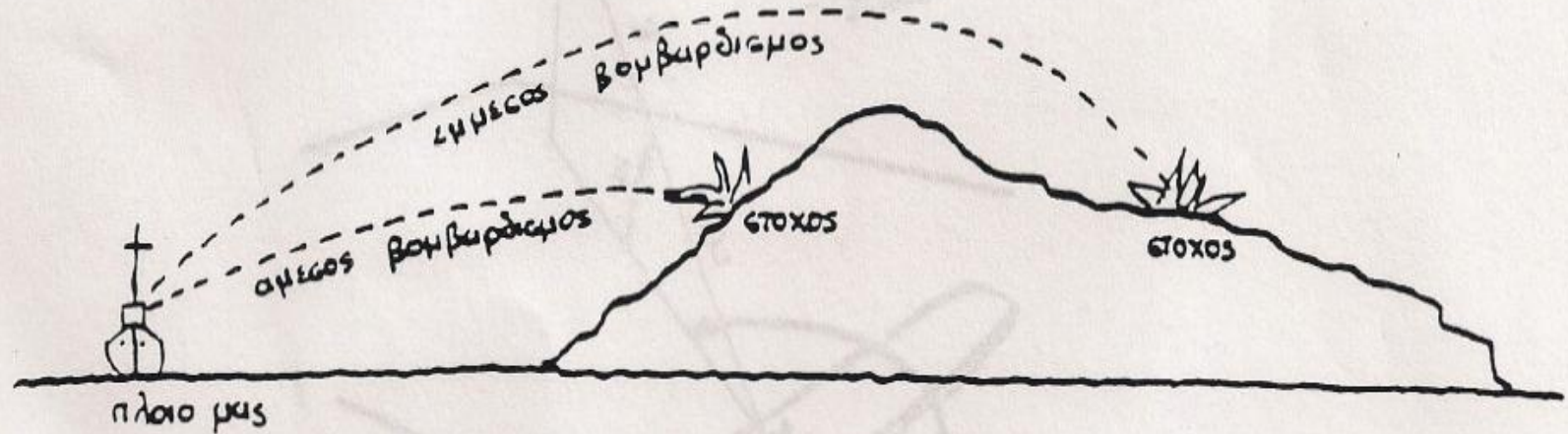


α. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Επιφανείας

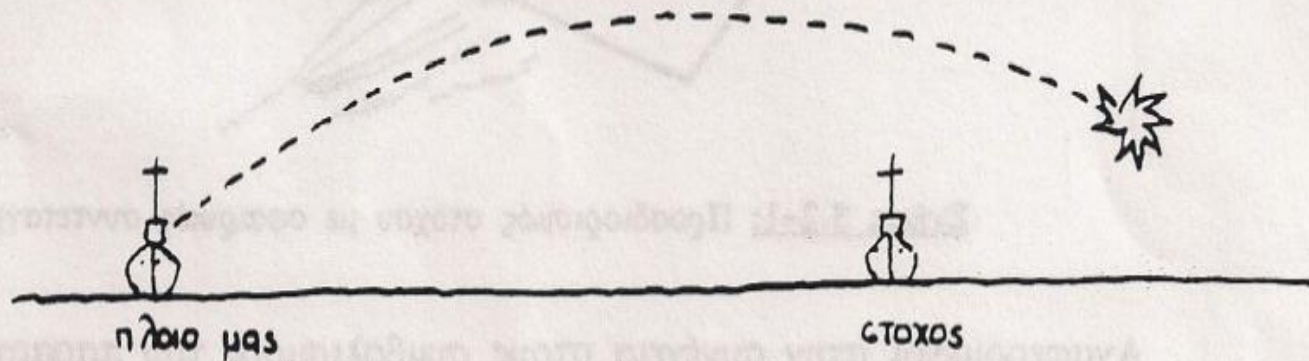


β. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Α/Α

# ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β.



γ. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Βομβαρδισμού



δ. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Φωτιστικών

# ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β.

## Χρησιμοποιούμενα συστήματα συντεταγμένων

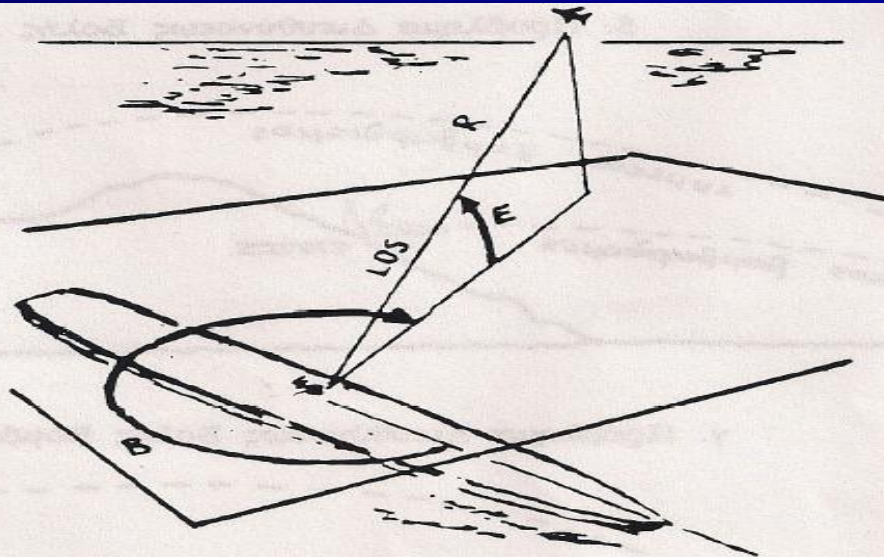
### ■ ΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

Η θέση του στόχου προσδιορίζεται από:

- Τη σχετική διόπτειση του στόχου (B) ως προς το οριζόντιο επίπεδο
- Τη γωνία υψώσεως (E) ως προς το οριζόντιο επίπεδο
- Την απόσταση κατά μήκος της σκοπευτικής γραμμής (R)

Διόπτειση στόχου ως προς αληθή Βορρά:  $B_v$

Ύψωση στόχου ως προς επίπεδο καταστρώματος:  $E_d$



Σχήμα 5.2-1: Προσδιορισμός στόχου με σφαιρικές συντεταγμένες

# ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β.

## Χρησιμοποιούμενα συστήματα συντεταγμένων

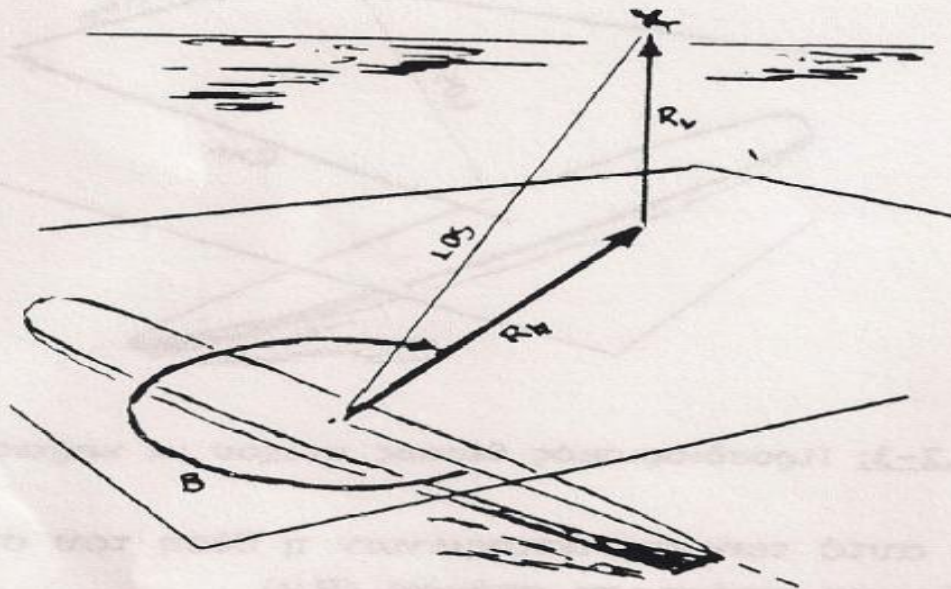
### ■ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

Η θέση του στόχου προσδιορίζεται από:

- Τη σχετική διόπτευση του στόχου (B) ως προς το οριζόντιο επίπεδο
- Την κατακόρυφη απόσταση του στόχου ( $R_v$ ) από το οριζόντιο επίπ.
- Την οριζόντια απόσταση του στόχου ( $R_h$ ) επί του οριζοντίου επιπ.

Απόσταση στόχου μετρούμενη στο επίπεδο καταστρώματος:  $R_d$

Κατακόρυφη απόσταση στόχου ως προς το επίπεδο καταστρώματος:  $R_{vd}$



Σχήμα 5.2-2: Προσδιορισμός θέσεως στόχου με κυλινδρικές συντεταγμένες

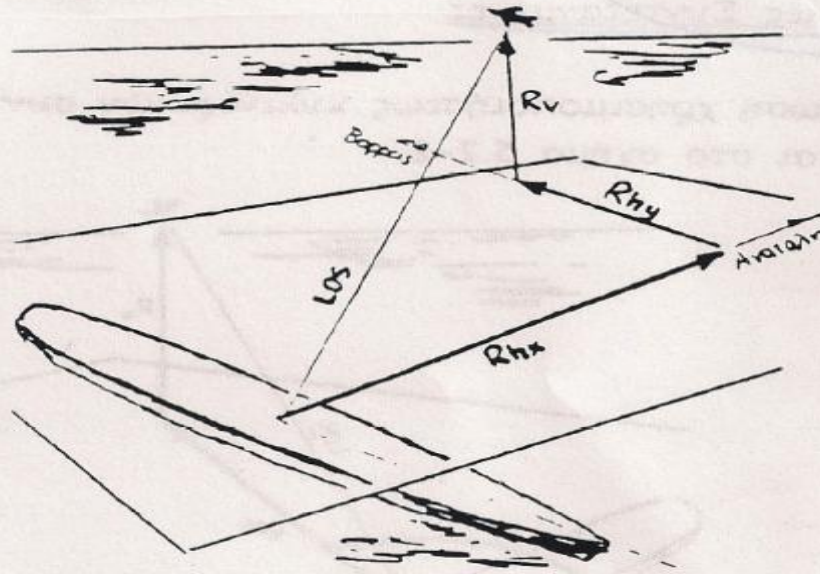
# ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β.

## Χρησιμοποιούμενα συστήματα συντεταγμένων

### ■ ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

Η θέση του στόχου προσδιορίζεται από:

- Τη κατακόρυφη απόσταση του στόχου ( $R_v$ ) από το οριζόντιο επίπεδο.
- Την οριζόντια απόσταση του στόχου κατά την κατεύθυνση Β-Ν ( $R_{hy}$ )
- Την οριζόντια απόσταση του στόχου κατά την κατεύθυνση Α-Δ ( $R_{hx}$ )



Σχήμα 5.2-3: Προσδιορισμός θέσεως στόχου με καρτεσιανές συντεταγμένες



# ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Δ.Β.

## Η επίλυση του προβλήματος Δ.Β. από ένα Σ.Δ.Β. πυροβολικού

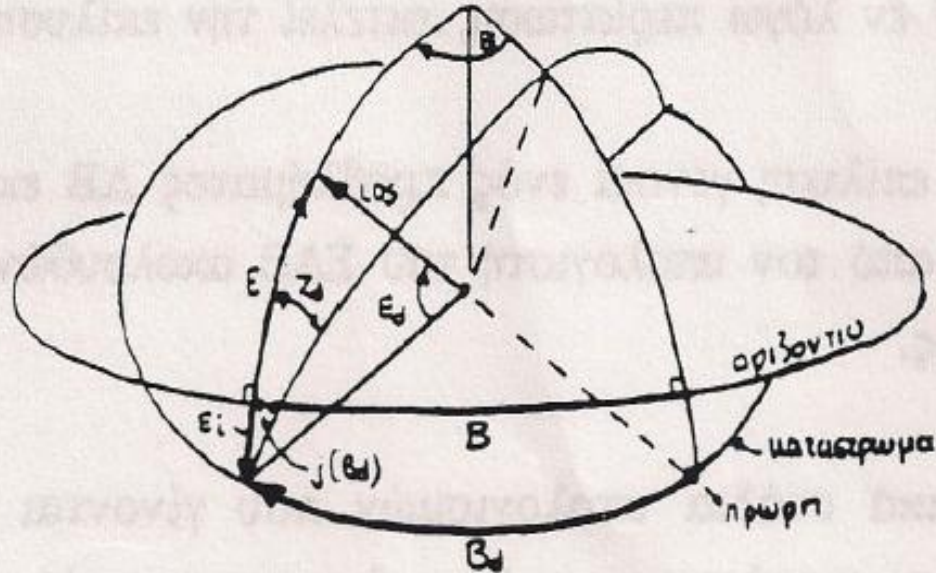
- ΣΤΑΔΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ
- Καθορισμός παρούσης θέσης στόχου
- Πρόβλεψη μέλλουσας θέσης στόχου
- Υπολογισμός διορθώσεων
- Μετάδοση διαταγών στα ΠΡΒ
- ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ Δ.Β.
- 1. Υπολογισμός παρούσης θέσεως στόχου

### Ενέργειες:

- Μετατροπή συντεταγμένων θέσεων στόχου από το επίπεδο καταστρώματος στο οριζόντιο επίπεδο
- Σύγκριση παρατηρούμενης θέσης στόχου με την παραγόμενη από τον υπολογιστή θέση
- Υπολογισμός σφαλμάτων που προκύπτουν από την παραπάνω σύγκριση θέσεως σε ταχύτητες μεταβολής γωνιών
- Καθαρισμός όλων των γραμμικών μεταβολών των φυσικών μεγεθών που απαιτούνται για τους υπολογισμούς του τμήματος προβλέψεως και βλητικών υπολογισμών του υπολογιστού
- Επανάσύγκριση των παραπάνω γραμμικών μεταβολών ώστε αναπαραχθούν οι συνεχώς μεταβαλλόμενες εκτιμήσεις της παρούσας θέσης του στόχου
- Υπολογισμός πληροφοριών σταθμίσεως που χρειάζεται ο Κ/Θ ή το Ρ/Ε ΠΡΒ

# Η ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ Δ.Β.

## Υπολογισμός παρούσης θέσεως στόχου



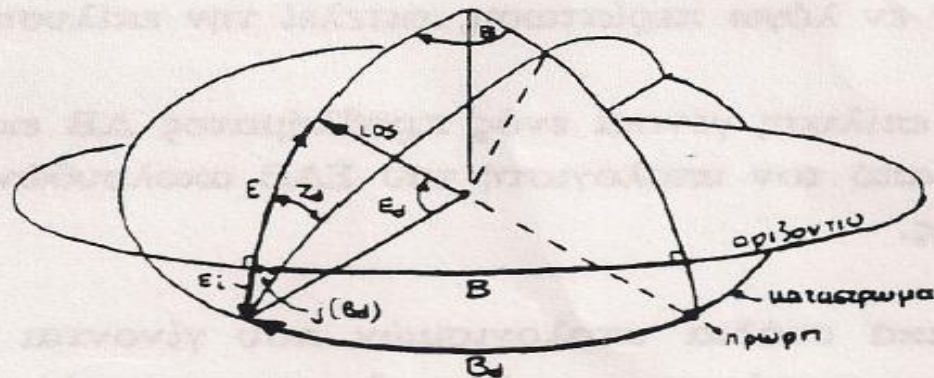
Σχήμα 5.3-1: Διάγραμμα σφαιρικών συντεταγμένων

Μετατροπή συντεταγμένων θέσεως στόχου από το επίπεδο καταστρώματος στο οριζόντιο επίπεδο

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΥΣΗΣ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΟΧΟΥ

Μετατροπή συντεταγμένων θέσεως στόχου από το επίπεδο καταστρώματος στο οριζόντιο επίπεδο

- $B = B_d + j(B_d)$
- $j(B_d)$  = διόρθωση η οποία πρέπει να γίνει στη διόπτειση του στόχου ως προς το επίπεδο καταστρώματος  $B_d$  ώστε να προκύψει η σχετική διόπτειση του στόχου ως προς το οριζόντιο επίπεδο  $B$ . Αυτή η διόρθωση εξαρτάται τόσο από τον προνευστασμό (**pitch**) όσο και από το διατοιχισμό (**roll**) της σκοπευτικής γραμμής που συμβολίζονται με  $E_i$  και  $Z_d$  αντίστοιχα.



Σχήμα 5.3-1: Διάγραμμα σφαιρικών συντεταγμένων

# Μετατροπή συντεταγμένων θέσεως στόχου από το επίπεδο καταστρώματος στο οριζόντιο επίπεδο

- $B_y = B + C_o$

Όπου  $B_y$ =διόπτειση στόχου ως προς αληθή βορρά

$B$ =σχετική διόπτειση στόχου ως προς οριζόντιο επίπεδο

$C_o$ =πορεία (Ζλ) πλοίου μας

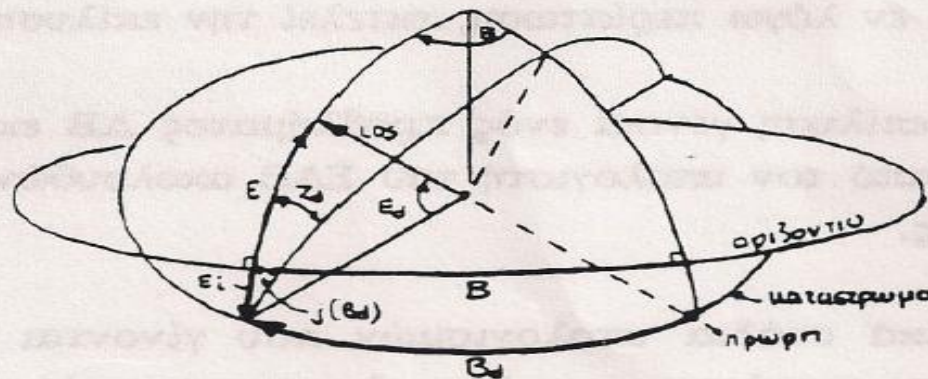
- $E = E_d - E_i$

Όπου  $E$ =ύψωση στόχου ως προς οριζόντιο επίπεδο

$E_d$ =ύψωση στόχου ως προς επίπεδο καταστρώματος

$E_i$ =γωνία προνευστασμού σκοπευτικής γραμμής

❖ Η γωνία προνευστασμού της σκοπευτικής γραμμής ( $E_i$ ) θεωρείται θετική όταν το επίπεδο καταστρώματος βρίσκεται κάτωθεν του οριζοντίου επιπέδου.



Σχήμα 5.3-1: Διάγραμμα σφαιρικών συντεταγμένων

# Παρούσα θέση στόχου στο οριζόντιο επίπεδο και υπολογισμός αποστάσεων

$$R_h = R \cos E$$

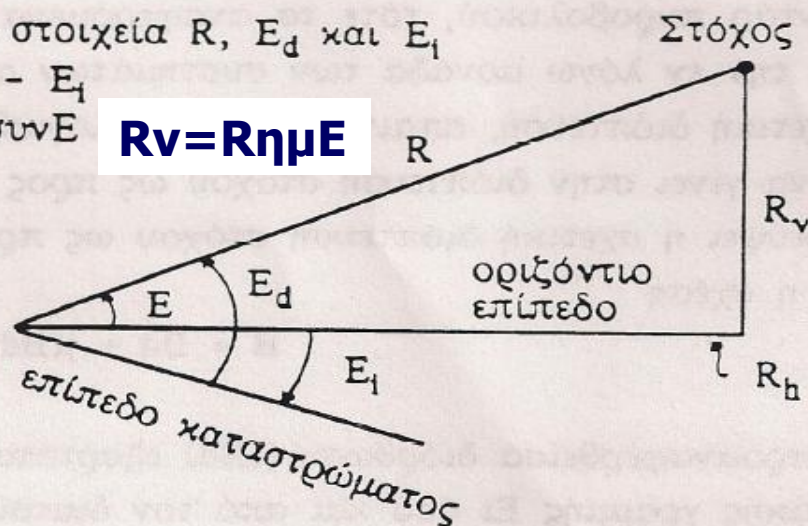
$$R_v = R \sin E$$

Από τα στοιχεία  $R$ ,  $E_d$  και  $E_i$

$$E = E_d - E_i$$

$$R_h = R \cos E$$

$$R_v = R \sin E$$

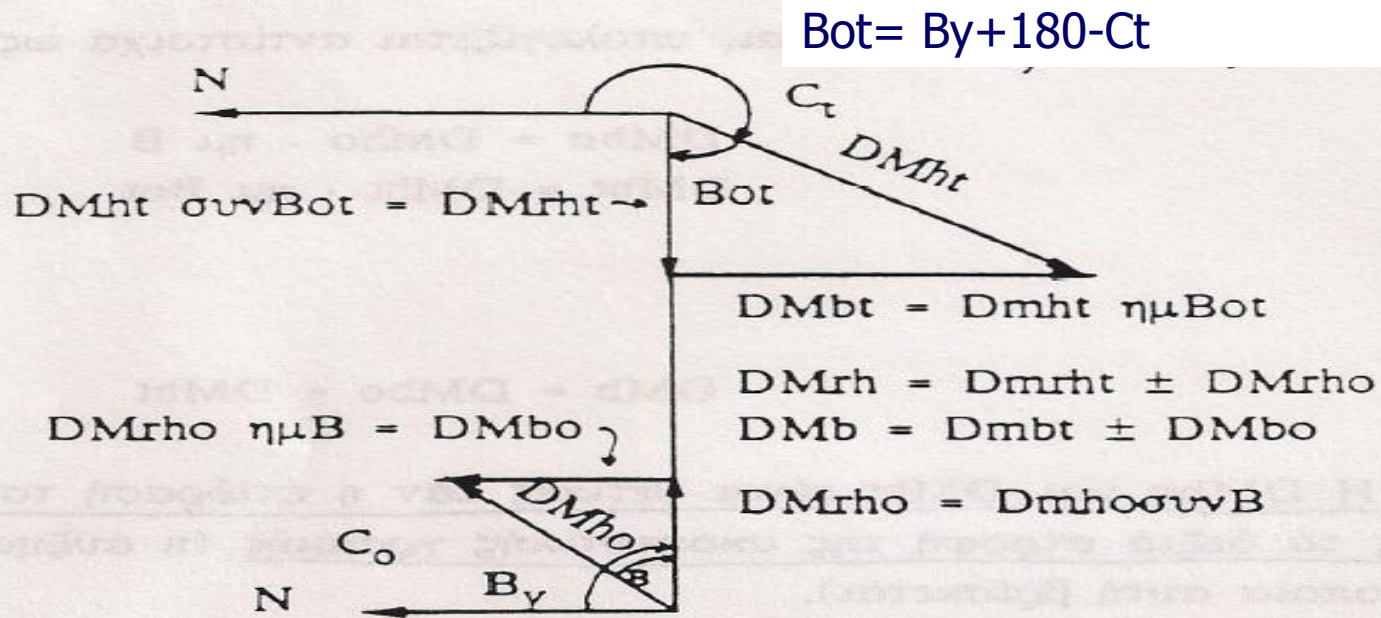


Γωνία προνευστασμού }  $E_i > 0$   $E = E_d - E_i$   
σκοπευτικής γραμμής }  $E_i < 0$   $E = E_d + E_i$

Σχήμα 5.3-2: Θέση στόχου ως προς το οριζόντιο επίπεδο

Άρα με γνωστά τα  $R$ ,  $E_d$  και  $E_i$  (τα οποία στην πράξη μετρούνται με κατάλληλες μονάδες που διαθέτει το ΣΔΒ) υπολογίζονται στη συνέχεια από τον υπολογιστή του συστήματος με τους προαναφερθέντες τρόπους τα  $B$ ,  $E$ ,  $R_v$  και  $R_h$

# Υπολογισμός γραμμικών μεταβολών ως προς την κατεύθυνση σκοπευτικής γραμμής (οριζόντιο επίπεδο)



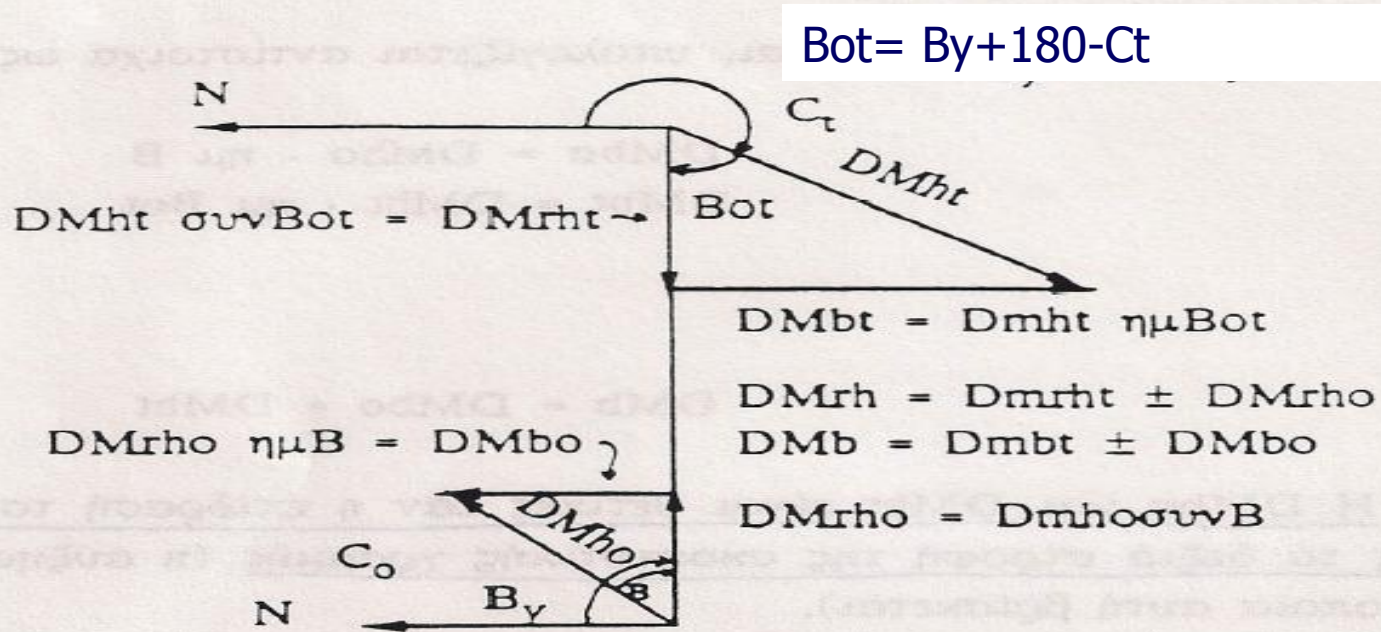
Σχήμα 5.3-3: Πρόβλημα ΔB στο οριζόντιο επίπεδο

DMho = πορεία και ταχύτητα πλοίου μας, DMht = πορεία και ταχύτητα στόχου, Bot = γωνία στόχου.

Η ταχύτητα γραμμικής μεταβολής αποστάσεως:

$DM_{rh} = DM_{rht} \pm DM_{rho}$ . Εάν οι δύο συνιστώσες επιδρούν ώστε η απόσταση πλοίου-στόχου να αυξάνει τότε αυτές θεωρούνται θετικές και το αντίστροφο.

# Υπολογισμός γραμμικών μεταβολών ως προς την κατεύθυνση σκοπευτικής γραμμής (οριζόντιο επίπεδο)...

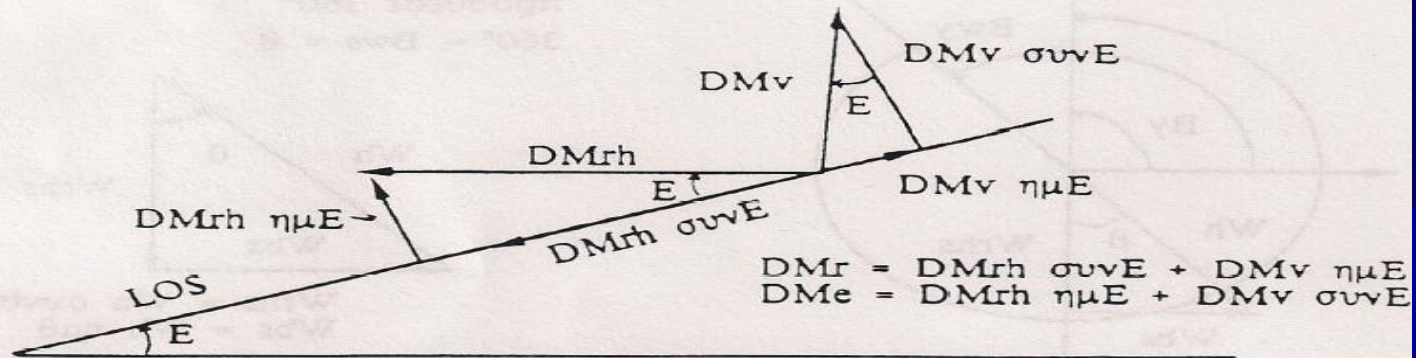


Σχήμα 5.3-3: Πρόβλημα ΔB στο οριζόντιο επίπεδο

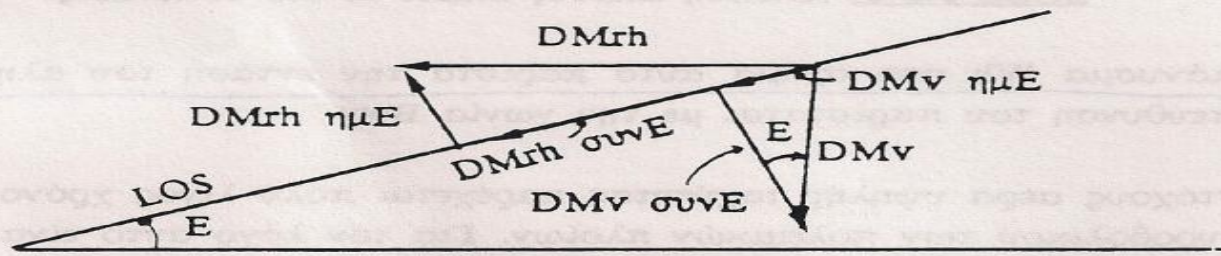
## Η ταχύτητα γραμμικής μεταβολής διοπτρεύσεως:

$DMb = DMbo \pm DMbt$ . Εάν οι δύο συνιστώσες επιδρούν ώστε η σκοπευτική γραμμή να στρέφεται προς τα δεξιά (αύξηση της διοπτρεύσεως προς την οποία αυτή βρίσκεται) τότε αυτές θεωρούνται θετικές και το αντίστροφο.

# Υπολογισμός γραμμικών μεταβολών ως προς την κατεύθυνση σκοπευτικής γραμμής (κατακόρυφο επίπεδο)



Στόχος επερχόμενος, αναρτηχόμενος.



Στόχος επερχόμενος, καταδυόμενος.

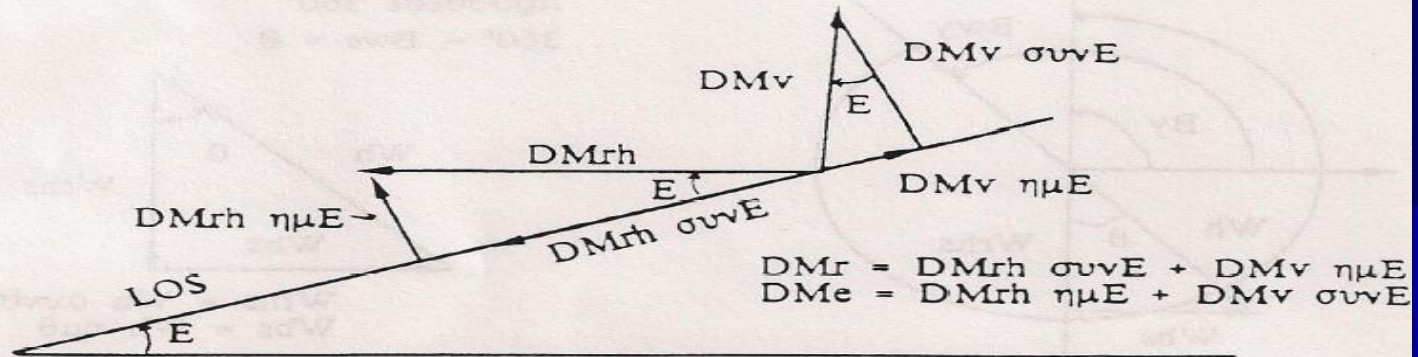
Σχήμα 5.3-4: Πρόβλημα ΔΒ στο κατακόρυφο επίπεδο

$DMv =$  ταχύτητα αναρικήσεως/καταρίχησης στόχου (αντιπροσωπεύει την ταχύτητα γραμμικής μεταβολής του ύψους στόχου)

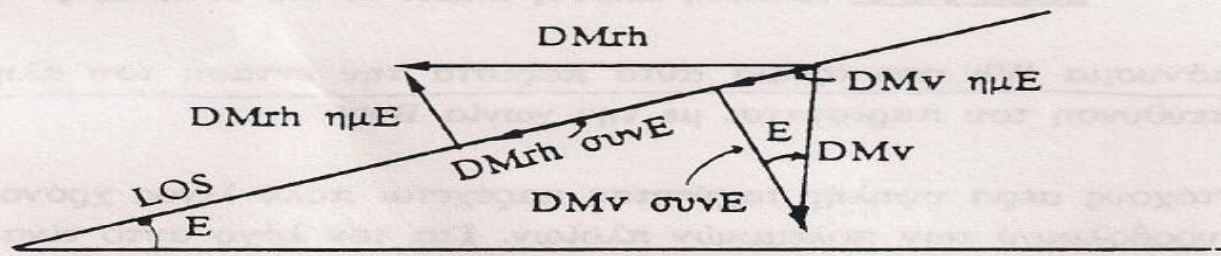
Ταχύτητα γραμμικής μεταβολής παρούσης απόστασης στόχου = αλγεβρικό άθροισμα των συνιστωσών της  $DMrh$  και  $DMv$  κατά μήκος της σκοπευτικής γραμμής =  $DMr$



# Υπολογισμός γραμμικών μεταβολών ως προς την κατεύθυνση σκοπευτικής γραμμής (κατακόρυφο



Στόχος επερχόμενος, αναρτηχόμενος.

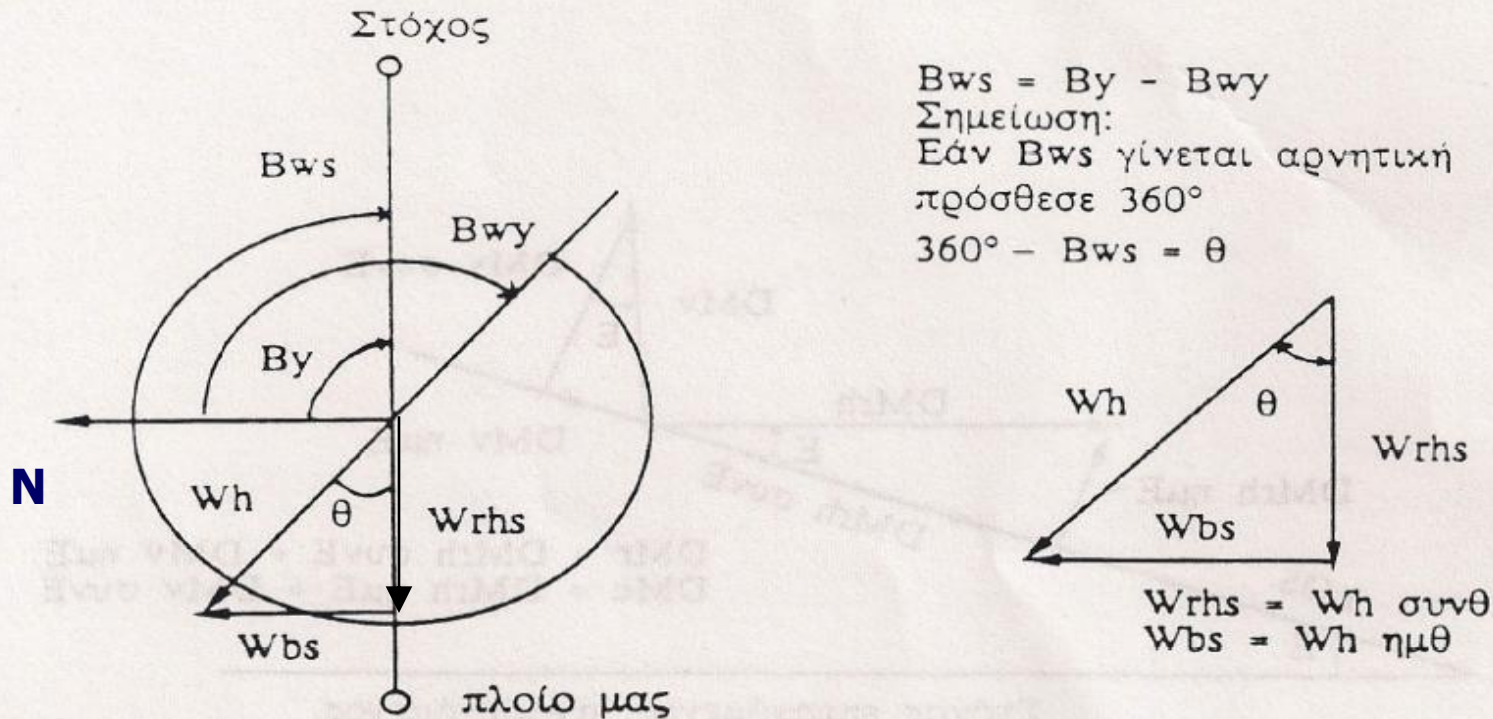


Στόχος επερχόμενος, καταδυόμενος.

Σχήμα 5.3-4: Πρόβλημα ΔΒ στο κατακόρυφο επίπεδο

Ταχύτητα γραμμικής μεταβολής καθ' ύψωση του στόχου =  
 αλγεβρικό άθροισμα των συνιστωσών της  $DMrh$  και  $DMv$  των κατά  
 διεύθυνση κάθετη στην σκοπευτική γραμμή =  $DMe$

# Ανάλυση αληθούς ανέμου σε συνιστώσες κατά μήκος και κάθετα στην σκοπευτική γραμμή



Σχήμα 5.3-5: Ανάλυση αληθούς ανέμου σε δύο συνιστώσες

$W_h$  = ένταση αληθούς ανέμου,  $B_{wy}$  = κατεύθυνση αληθούς ανέμου,

$B_y$  = αληθής διόπτευση στόχου,  $B_{ws}$  = κατεύθυνση ανέμου ως προς την σκοπευτική γραμμή.

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΥΣΗΣ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΟΧΟΥ...

## (Παρατηρήσεις...)

Με στόχους αέρος υψηλής ταχύτητας λόγω μικρού χρόνου αντίδρασης από το πυροβολικό των πλοίων ο υπολογιστής του ΣΔΒ των πλοίων πρέπει να αντιδρά ταχύτατα και αυτόματα για να καθορίζει την πορεία και ταχύτητα του στόχου αλλά και την ταχύτητα αναριχίσεως του.

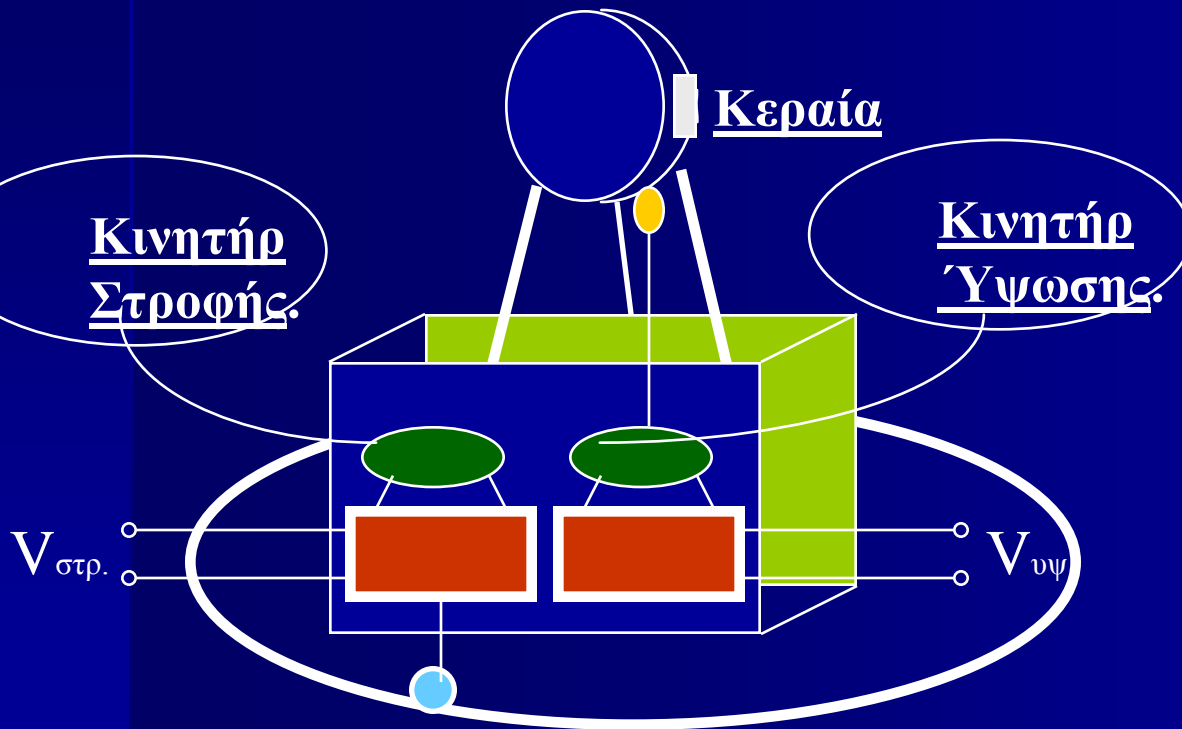
Οι ποσότητες  $C_t$ ,  $DM_{ht}$  και  $DM_v$  πρέπει να προσδιορίζονται από τον υπολογιστή. Για να προσδιορίσει ο υπολογιστής αυτά χρησιμοποιεί τη διαδικασία RATE CONTROL = Έλεγχος Ταχυτήτων Μεταβολής στην οποία γίνεται σύγκριση μεταξύ παραγομένων και παρατηρούμενων τιμών και οι τυχόν διαφορές που προκύπτουν αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα σφάλματα τα οποία με τη μορφή σημάτων χρησιμοποιούνται για να διορθώσουν τις παραγόμενες από τον υπολογιστή τιμές.

Η επόμενη λειτουργία, αφού υπολογίστηκε η παρούσα θέση του στόχου και οι μεταβλητές αυτής μαζί με την ταχύτητα γραμμικής μεταβολής των διαφορών μεγεθών, είναι ο **υπολογισμός της Μέλλουσας Θέσης του Στόχου και των Βλητικών Διορθώσεων.**

# Τυπικό ΣΔΒ - Επίλυση Προβλ. Δ.Β. -

## Ο Βρόχος της Κεραίας.

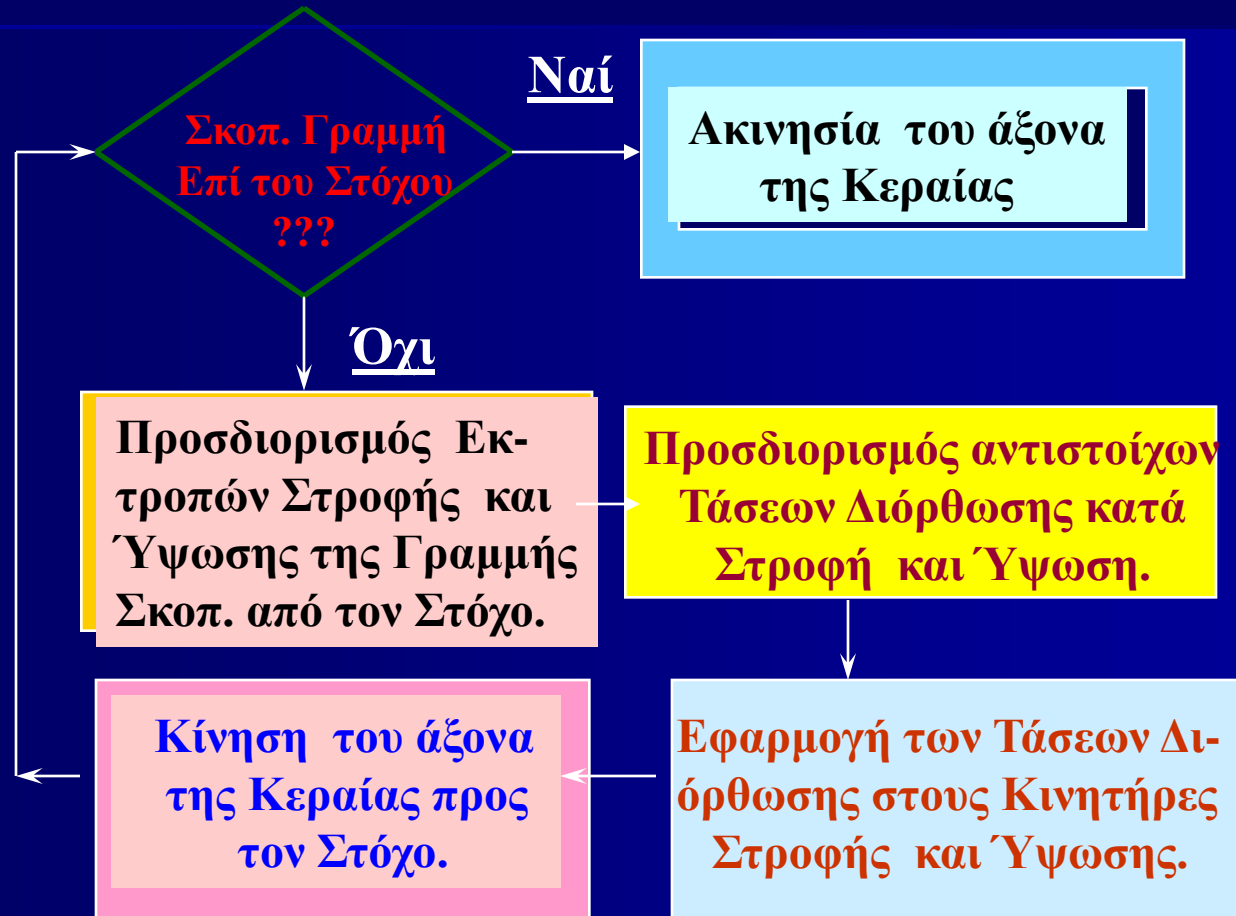
Έτσι ονομάζεται η αυτόματη διαδικασία μέσω της οποίας εξασφαλίζεται η διατήρηση της Σκοπευτικής Γραμμής επί του Στόχου και της οποίας αποτέλεσμα είναι συνεχής παροχή των στοιχείων της παρούσης θέσεως από τον Κ/Θ στον Υ/Λ.



Η κεραία παρέχει τις εκάστοτε απαιτούμενες τάσεις στους κινητήρες για την κίνηση του άξονά της προς τον στόχο και την αποκατάσταση της ορθής θέσης της Γραμμής Σκόπευσης επί του στόχου.

# Τυπικό ΣΔΒ - Επίλυση Προβλ. Δ.Β.

Αλγόριθμος του βρόχου της κεραίας.



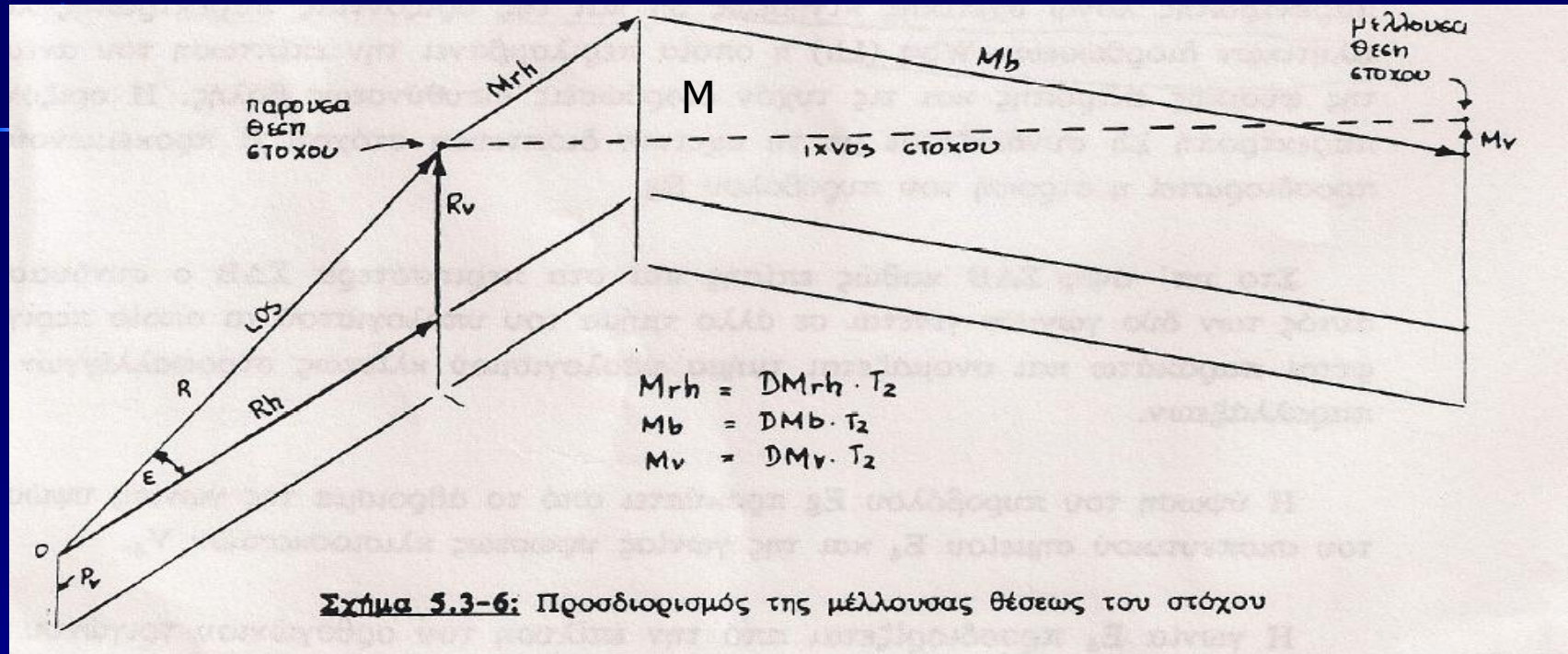
# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΥΣΑΣ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΟΧΟΥ ΚΑΙ ΒΛΗΤΙΚΩΝ ΔΙΟΡΘΩΣΕΩΝ

Η λειτουργία του Τμήματος Προβλέψεως και Βλητικής του Η/Υ του ΣΔΒ Πυροβολικού έχει ως αντικειμενικό σκοπό να υπολογίζει τη **γραμμή πυρός (LOF)=Line Of Fire** η οποία προσδιορίζεται σε σχέση με τη **σκοπευτική γραμμή (LOS)=Line Of Sight**. Πιο αναλυτικά το τμήμα αυτό του υπολογιστού υπολογίζει:

- A) Τη θέση που θα έχει ο στόχος με το πέρας του χρόνου πτήσεως του βλήματος.
- B) Τη γωνιακή απόκλιση των πυροβόλων από την προαναφερθείσα θέση ώστε το βλήμα να πλήξει το στόχο.

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΛΟΥΣΑΣ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΟΧΟΥ

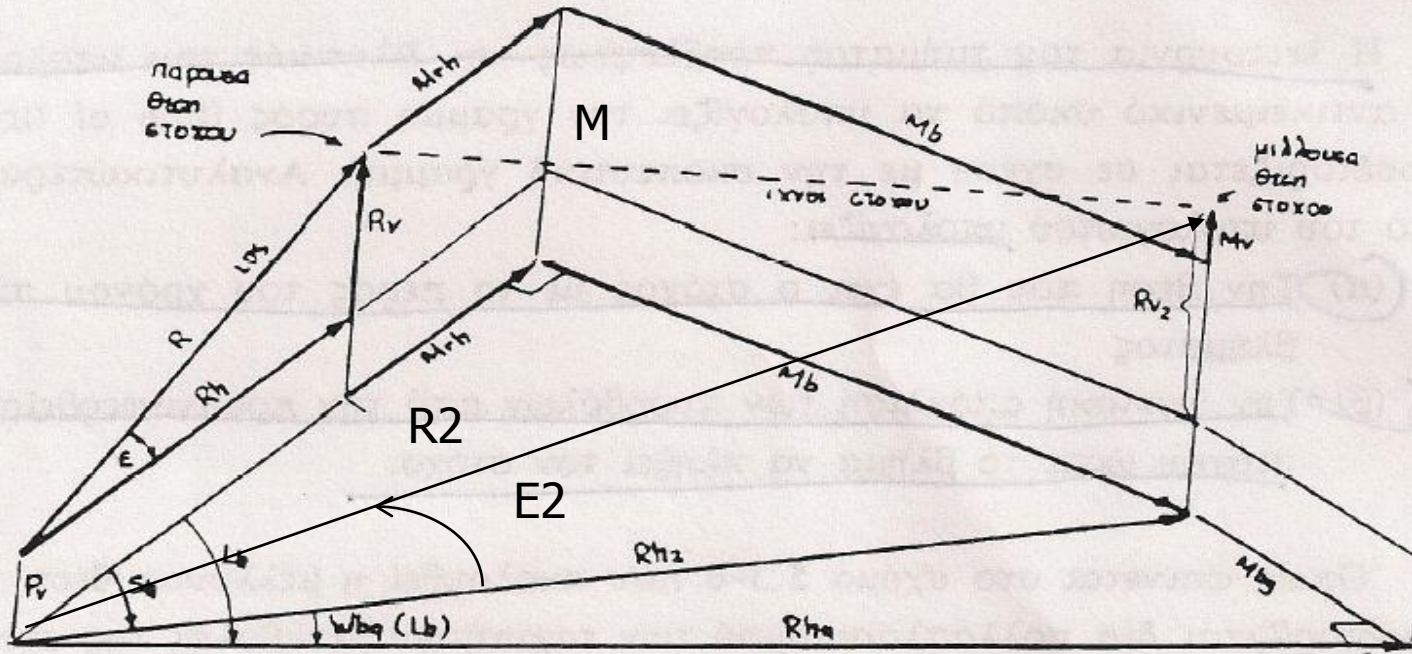
## ΚΑΙ ΒΛΗΤΙΚΩΝ ΔΙΟΡΘΩΣΕΩΝ...



Η μέλλουσα θέση προσδιορίζεται **(ως προς την κατεύθυνση της LOS)** δια πολλαπλασιασμού των ταχυτήτων μεταβολής της σχετικής κινήσεως  $DM_v$ ,  $DM_{rh}$  και  $DM_b$  με τον χρόνο πήσεως  $T_2$  και συγκρίνοντας τις προκύπτουσες γραμμικές ποσότητες με τις τιμές  $R_h$  και  $R_v$  της παρούσας θέσεως του στόχου. **(Προσοχή! σε σχέση με το Βορρά (N) απαιτείται η αναγωγή των μεγεθών σε καρτεσιανές συντεταγμένες:  $DM_x$ ,  $DM_y$ ,  $DM_v$ )**

Ο υπολογισμός της στροφής  $B_g$  και της υψώσεως  $E_g$  του ΠΡΒ απαιτεί διάφορες διορθώσεις για να αντισταθμιστούν οι παράγοντες κινήσεως και βλητικής.

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΠΡΒ Βg

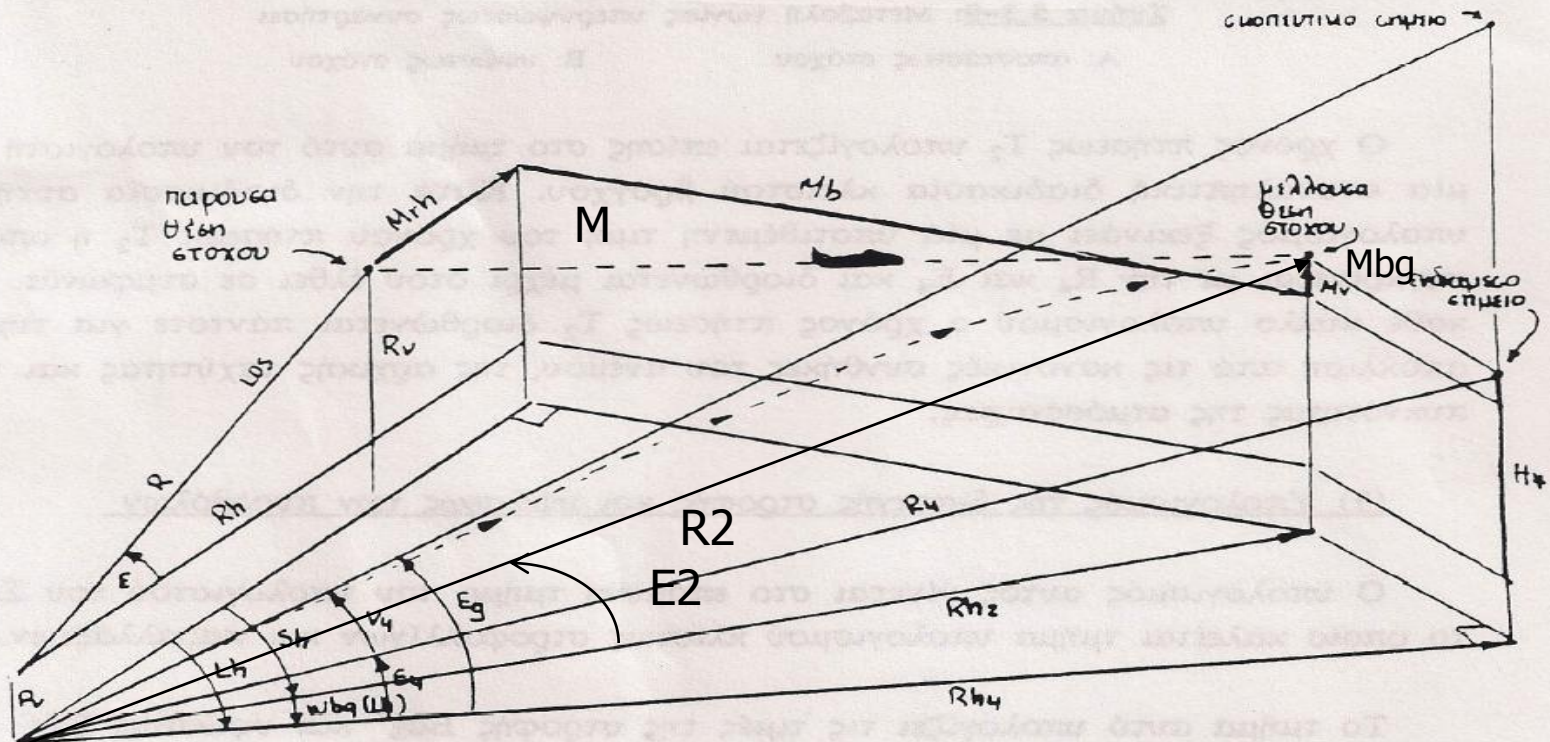


Σχήμα 5.3-7: Γραμμή πυρός στο οριζόντιο επίπεδο

- Η οριζόντια παρεκτροπή  $L_h$  βρίσκεται διά συγκρίσεως της οριζόντιας παρεκτροπής λόγω σχετικής κινήσεως  $S_h$  και της οριζόντιας παρεκτροπής λόγω βλητικών διορθώσεων  $W_{bq}(L_h)$  . **Άρα  $L_h = S_h + W_{bq}(L_h)$**
- Η  $W_{bq}(L_h)$  περιλαμβάνει: την επίπτωση του ανέμου (πλευρικός), τη φυσική εκτροπή, τις τυχόν διορθώσεις Δ.Β. Άρα:  $W_{bq}(L_h) = f (\Phi.E. + \Pi.A.)$
- Η  $L_h$  συνδιάζεται με την σχετική διόπτευση του στόχου (B) προκειμένου να προσδιοριστεί η στροφή του ΠΡΒ Βg
- Ο συνδυασμός αυτών των γωνιών γίνεται στο τμήμα του Η/Υ του ΣΔΒ που ονομάζεται τμήμα υπολογισμού κλίσεως στροφαλλίγων και παραλλάξεων



# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΩΣΕΩΣ ΠΡΒ Εg



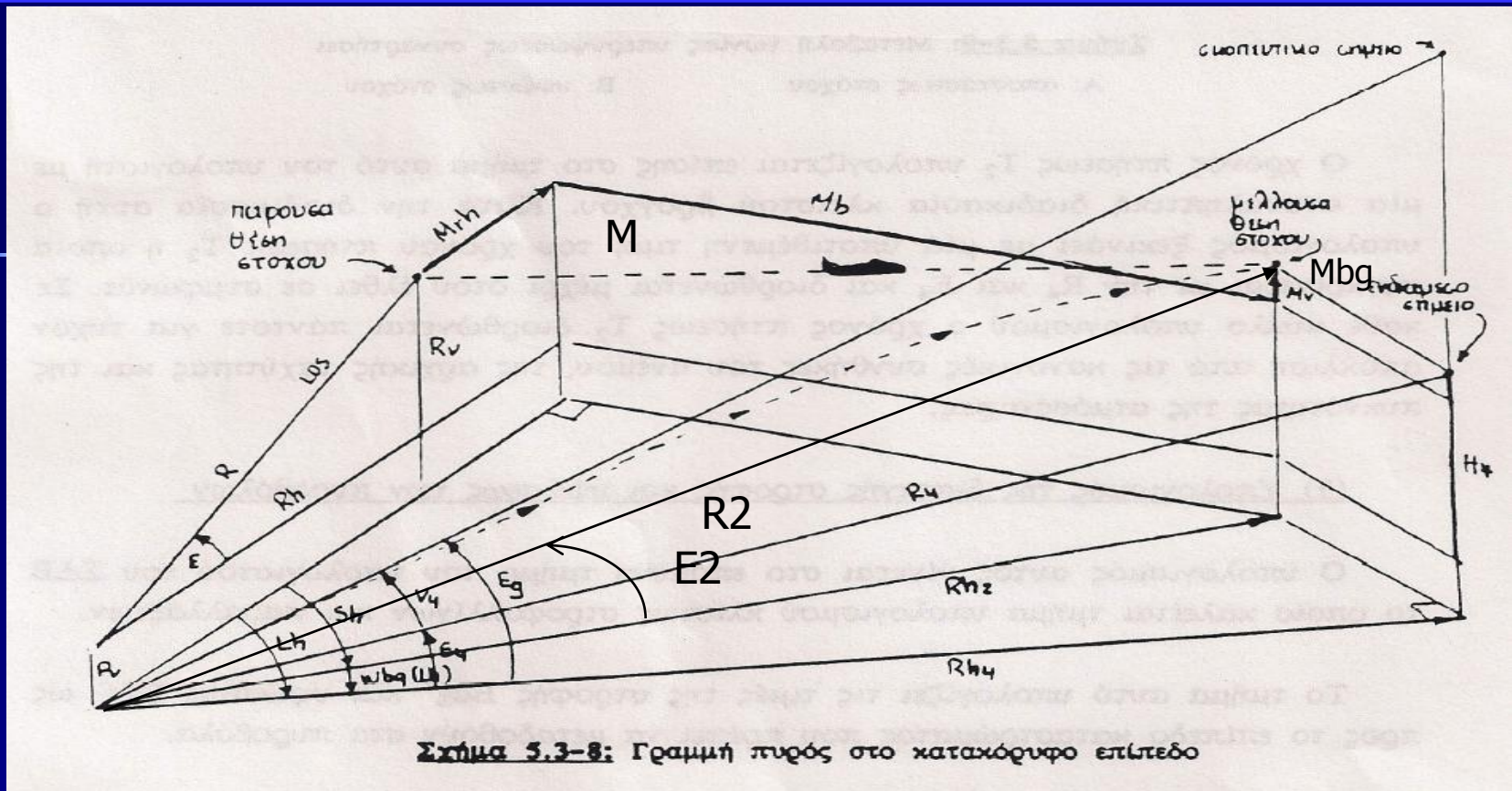
Σχήμα 5.3-8: Γραμμή πυρός στο κατακόρυφο επίπεδο

**$E_g = E_4 + V_4$**  (όπου  $E_4$  = γωνία υψώσεως σκοπευτικού σημείου και  $V_4$  = γωνία υψώσεως κλισιοσκοπίων).  **$M$  = σχετική κίνηση στόχου**

**$M_{bg}$  = εγκάρσια διόρθωση Φ.Ε και Ανέμου** = απόσταση μεταξύ μέλλουσας θέσης στόχου και ενδιάμεσου σημείου (υποθετικός στόχος) =  **$b(M_{bg}) + w(M_{bg})$** , όπου  **$b(M_{bg})$  = επίδραση Φ.Ε και όπου  $w(M_{bg})$  = επίδραση Π.Α.** Αν λάβω υπόψιν και τον άνεμο κατά το επίπεδο βολής, τότε μιλάμε και για μία επιπλέον διόρθωση που προστίθεται διανυσματικά στην  $M_{bg}$ , την  **$\Delta w_r$  = διόρθωση ανέμου κατά το επίπεδο βολής.**

- Η  $E_4$  βρίσκεται από την επίλυση του ορθογώνιου τριγώνου του οποίου η κατακόρυφη πλευρά  $H_4$  προέρχεται από το συνδυασμό του κατακόρυφου ύψους του στόχου  $R_v$ , της κατακόρυφης γραμμικής παραλλάξεως  $P_v$  (λόγω υψομετρικής διαφοράς ΠΡΒ -  $K/\Theta$ ) και της κατακόρυφης γραμμικής μεταβολής κινήσεως  $M_v$  (**δηλαδή:  $H_4 = R_v + P_v + M_v$** ), και η οριζόντια πλευρά του  $R_{h4}$  αποτελεί την οριζόντια απόσταση του σημείου σκοπεύσεως. Όταν υπάρχει και οριζόντια γραμμική παράλλαξη =  $R_h$  (απόσταση κατά το διάμηκες μεταξύ  $K/\Theta$  και  $P/E$ ) η ανάλυση γίνεται συνθετότερη. (Θα το δούμε σε άσκηση !!!)

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΩΣΕΩΣ ΠΡΒ Εg



Σχήμα 5.3-8: Γραμμή πυρός στο κατακόρυφο επίπεδο

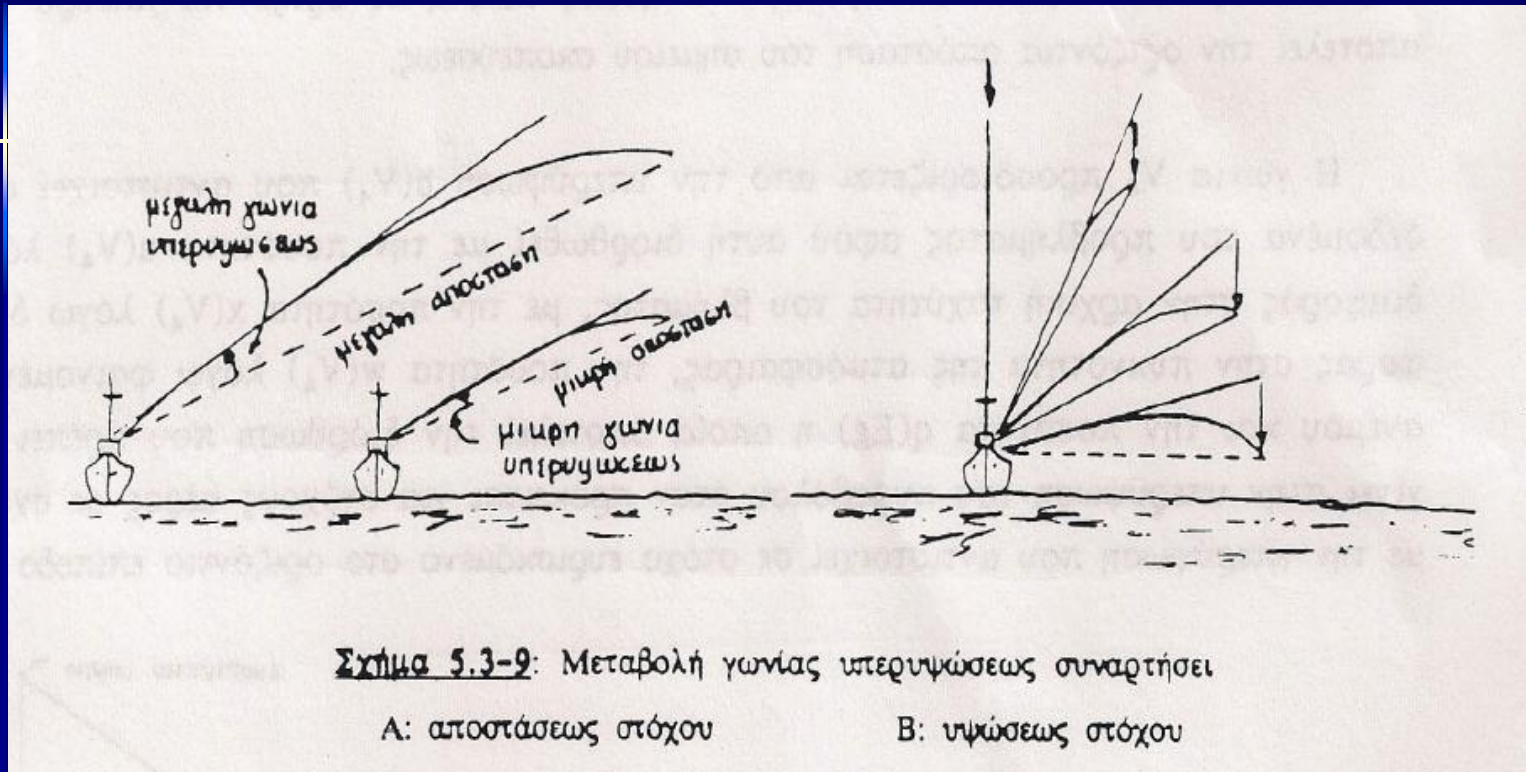
$E_g = E_4 + V_4$  (όπου  $E_4 =$  γωνία υψώσεως σκοπευτικού σημείου και  $V_4 =$  γωνία υψώσεως κλισιοσκοπίων)

Η  $V_4$  προσδιορίζεται από την υπερύψωση  $b(V_4)$  (λόγω βαρύτητας της γής) που αντιστοιχεί στα δεδομένα του προβλήματος αφού αυτή διορθωθεί με την ποσότητα  $u(V_4)$  λόγω διαφοράς στην αρχική ταχύτητα του βλήματος, με την ποσότητα  $x(V_4)$  λόγω διαφοράς στην πυκνότητα της ατμόσφαιρας (βαρομετρική πίεση), με την ποσότητα  $w(V_4)$  λόγω φαινομένου ανέμου και με την ποσότητα  $q(E_g)$  η οποία αποτελεί τη διόρθωση που πρέπει να γίνει στην υπερύψωση του ΠΡΒ όταν πρόκειται για στόχους αέρος σε σχέση με την υπερύψωση που αντιστοιχεί σε στόχο ευρισκόμενο στο οριζόντιο επίπεδο (στόχο επιφανείας) στην ίδια απόσταση.

$$V_4 = b(V_4) + (u(V_4) + x(V_4) + w(V_4) + q(V_4))$$

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΩΣΕΩΣ ΠΡΒ Εg...

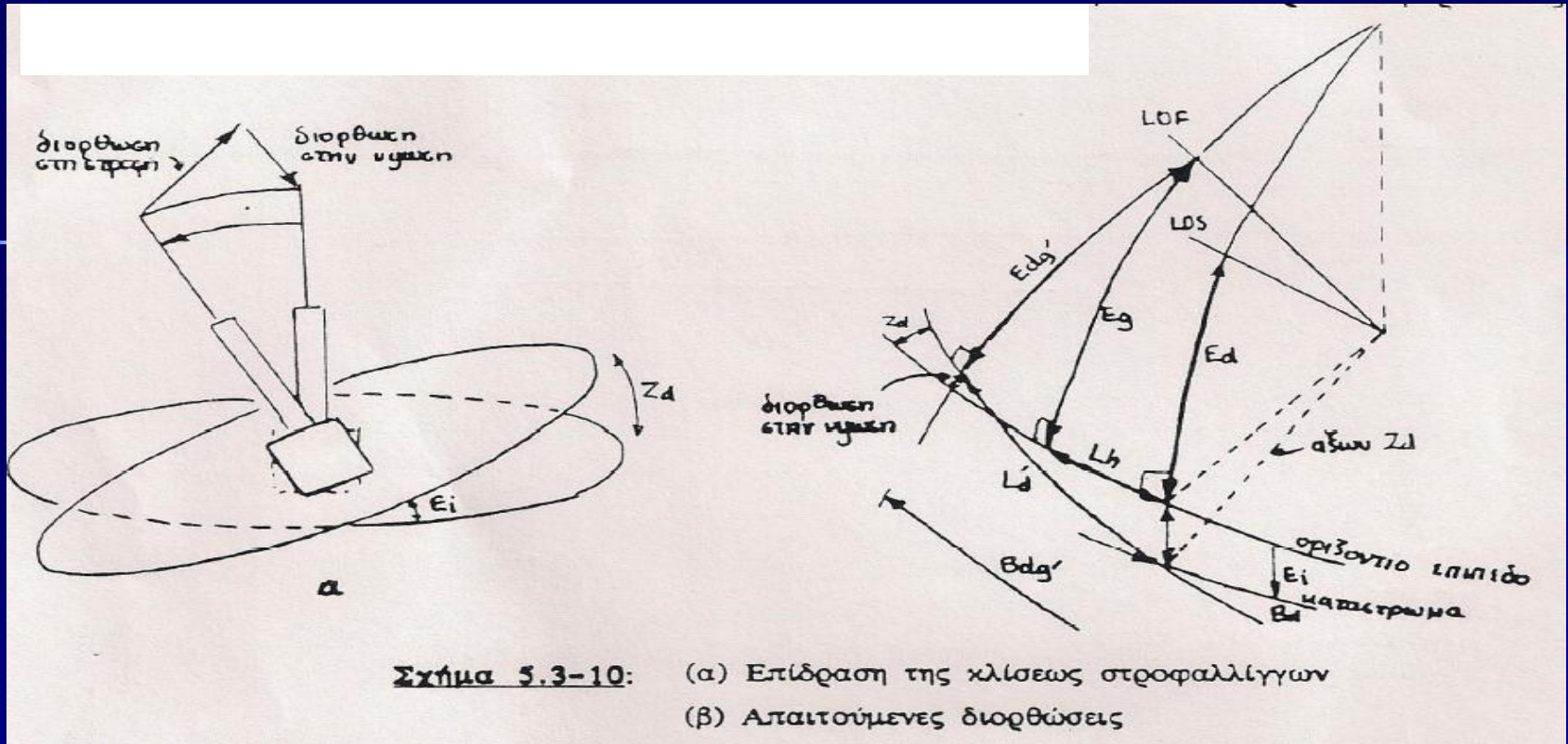
(προδιορισμός υπερύψωσης  $b(V4)$  )



Άρα η υπερύψωση  $b(V4) =$  η γωνία κατά την οποία πρέπει να υπερυψωθεί το ΠΡΒ προκειμένου να αντισταθμιστεί η επίδραση της βαρύτητας στο βλήμα. Άρα είναι συνάρτηση της αποστάσεως και της υψώσεως του στόχου. Τηρώντας σταθερή την απόσταση του στόχου η υπερύψωση μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς την ύψωση του στόχου



# Υπολογισμός διαταγής στροφής και υψώσεως ΠΡΒ

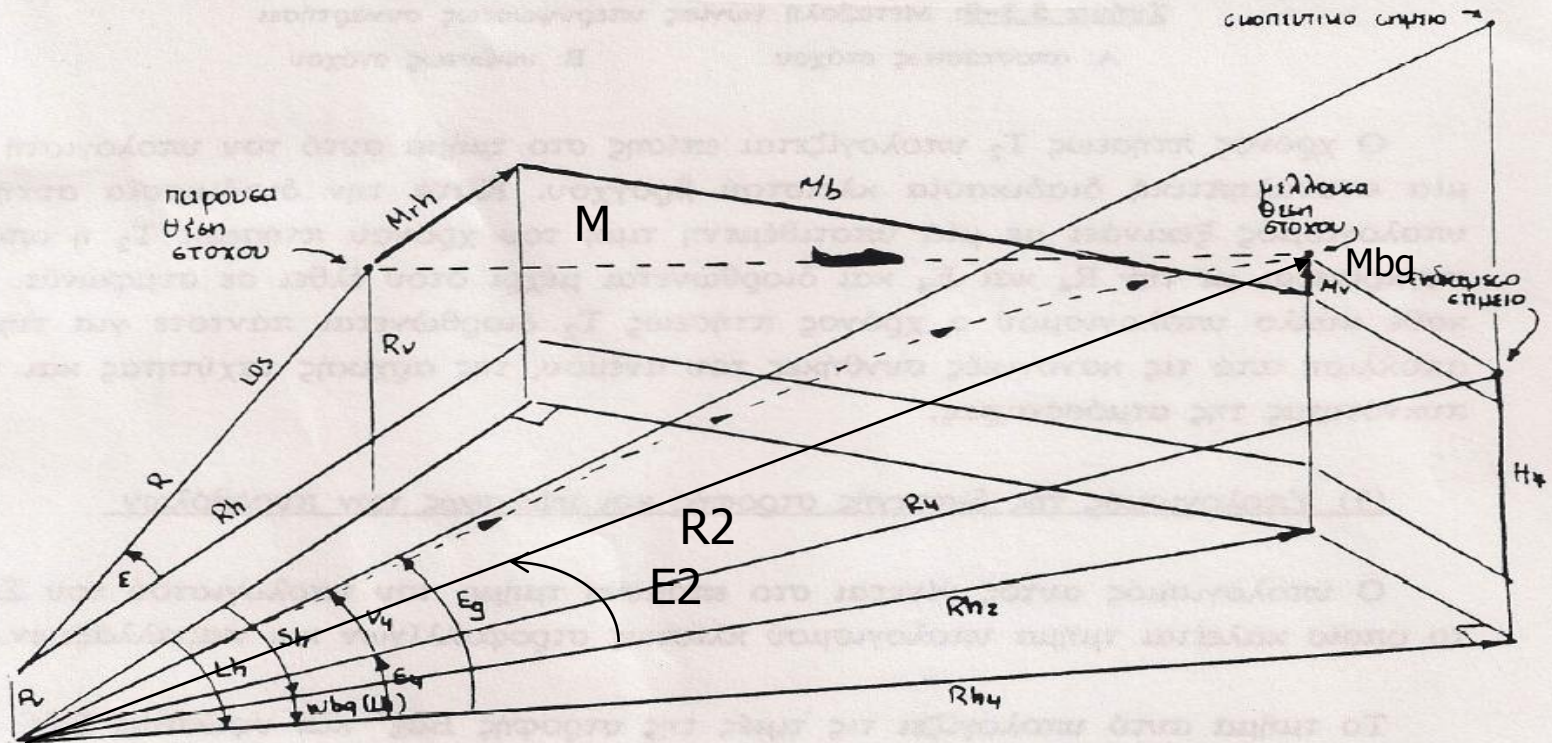


Ο υπολογισμός αυτός γίνεται στο τμήμα υπολογισμού κλίσεως στροφαλλίγγων και παραλλάξεων όπου υπολογίζονται οι τιμές της στροφής **Bdg'** και υψώσεως **Edg'** ως προς το επίπεδο καταστρώματος που πρέπει να μεταδοθούν στα ΠΡΒ.

Σε κάθε περίπτωση που το οριζόντιο επίπεδο δεν ταυτίζεται με το επίπεδο καταστρώματος ( $Ei \neq 0$ ,  $Zd \neq 0$ ), τότε οι ποσότητες  $Lh$  και  $Eg$  πρέπει να τροποποιηθούν ώστε να αποτελέσουν τις διαταγές στροφής και υψώσεως του ΠΡΒ (**Bdg'** και **Edg'**) ως προς το επίπεδο καταστρώματος.

Αυτές οι διαταγές μεταδίδονται στα ΠΡΒ με τα **σύγχρο στροφής και υψώσεως**

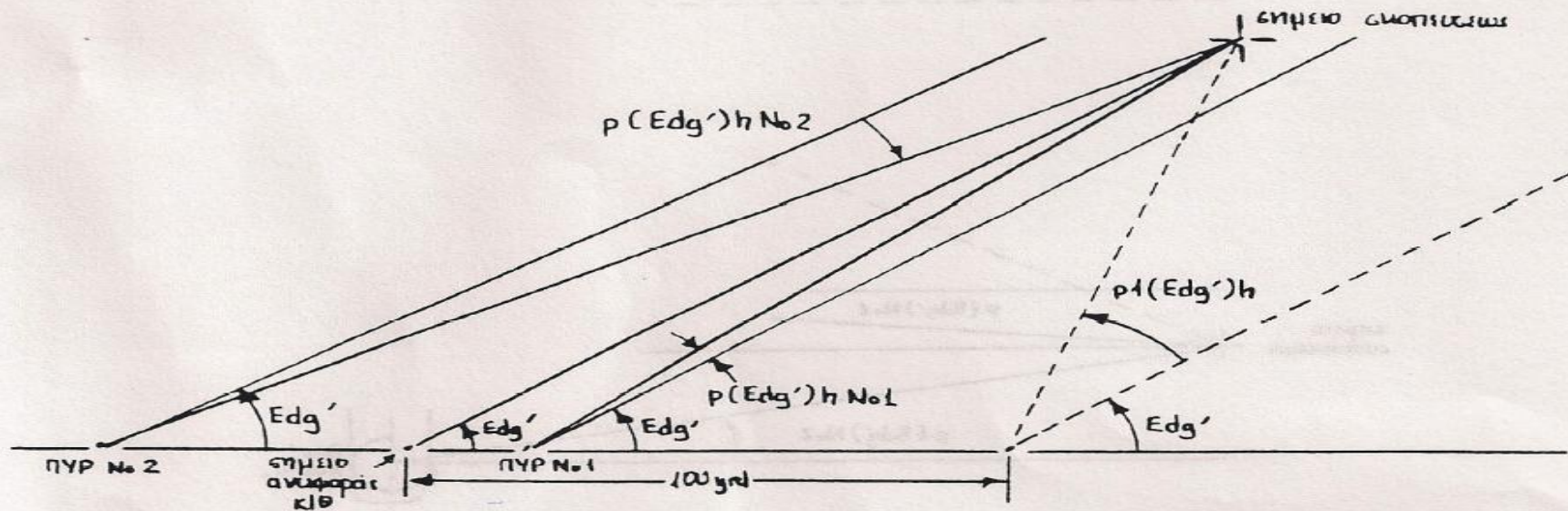
# Υπολογισμός διαταγής στροφής και υψώσεως ΠΡΒ..



Σχήμα 5.3-8: Γραμμή πυρός στο κατακόρυφο επίπεδο

Αν όλα τα ΠΡΒ ήταν εγκατεστημένα στο σημείο αναφοράς του συστήματος συντεταγμένων προς το οποίο γίνεται η επίλυση του προβλήματος ΔΒ τότε τα βλήματα θα έπληταν το στόχο χωρίς καμία περαιτέρω διόρθωση. Όμως τα ΠΡΒ είναι τις περισσότερες φορές εγκατεστημένα σε κάποια απόσταση από αυτό το σημείο ως προς το διάμηκες, το ύψος και μερικές φορές κατά το εγκάρσιο του πλοίου. Λόγω αυτού δημιουργούνται κάποιες γωνιακές αποκλίσεις που ονομάζονται "**παραλλάξεις**". Για παράδειγμα στο σχήμα, η διαφορά παραλλάξεως λόγω διαφορετικού ύψους μεταξύ Κ/Θ (Ρ/Ε ΠΡΒ) και ΠΡΒ (**Ρv**)=**κατακόρυφη παράλλαξη** λαμβάνεται υπόψιν κατά τον υπολογισμό του ύψους Η4 του ενδιάμεσου σημείου. Κατά συνέπεια και ο υπολογισμός της γωνίας Ε4 (γωνία υψώσεως σκοπευτικού σημείου) έχει γίνει λαμβάνοντας υπόψιν το σχετικό σφάλμα

# Υπολογισμός διαταγής στροφής και υψώσεως ΠΡΒ..

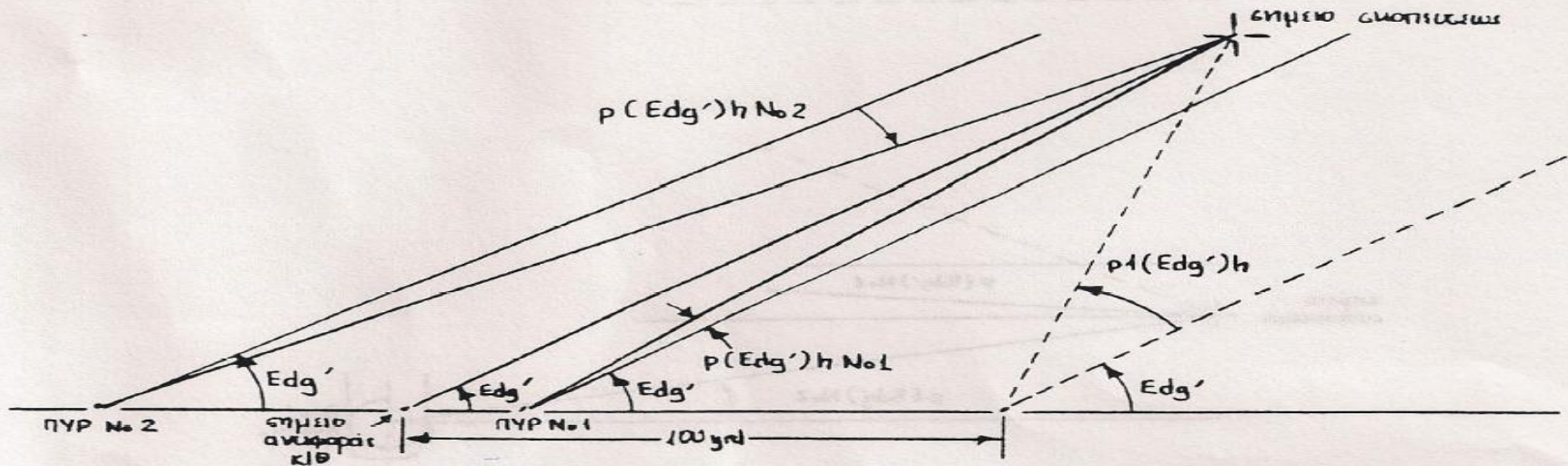


**Σχήμα 5.3-11:** Παράλλαξη στην ύψωση λόγω αποστάσεως πυροβόλων -  $K/\Theta$  κατά το διαμήκρες του πλοίου

Όπως φαίνεται στο σχήμα μια ακόμα ποσότητα θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν στον υπολογισμό της  $Edg'$  για να αντισταθμιστεί η οριζόντια και κατά το διάμηκες απόσταση μεταξύ  $K/\Theta$  (P/E ΠΡΒ) και ΠΡΒ. Αυτή η ποσότητα είναι η  **$p1(Edg')h$**  και αναλύεται ως ακολούθως:

- A) η ποσότητα ( $Edg'$ ) δείχνει ότι πρόκειται για διόρθωση στη διαταγή υψώσεως του ΠΡΒ.
- B) το σύμβολο  $p$  (τροποποιητής ποσότητας) δείχνει ότι αποτελεί διόρθωση παραλλάξεως.
- Γ) ο αριθμός 1 (τροποποιητής ποσότητας) δείχνει **μία μονάδα παραλλάξεως** = ότι η διόρθωση παραλλάξεως αντιστοιχεί σε σημείο που απέχει 100 yds μπροστά από το σημείο αναφοράς.
- Δ) το γράμμα  $h$  (τροποποιητής ποσότητας) δείχνει ότι η διόρθωση αυτή οφείλεται σε οριζόντια μετακίνηση του ΠΡΒ από τον  $K/\Theta$  (P/E ΣΔΒ ή ΠΡΒ)

# Υπολογισμός διαταγής στροφής και υψώσεως ΠΡΒ..



Σχήμα 5.3-11: Παράλλαξη στην ύψωση λόγω αποστάσεως πυροβόλων - Κ/Θ κατά το διαμήκρες του πλοίου

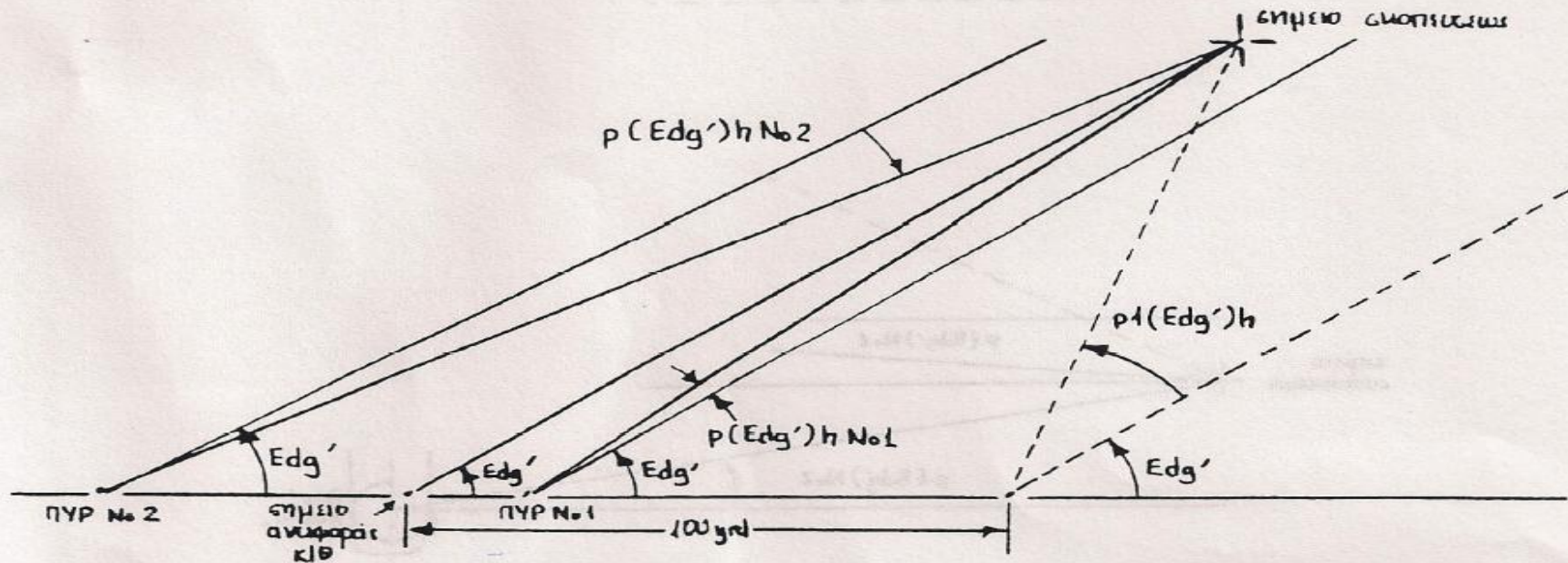
Η μεταδιδόμενη επομένως ποσότητα είναι μια **μονάδα διορθώσεως παραλλάξεως καθ' ύψωση  $p_1(Edg')h$** , η οποία είναι συνάρτηση των ποσοτήτων  $E_4$ ,  $R_4$  και  $Bdg'$  (αντιστρόφως ανάλογη της  $R_4$ )

Τα ΠΡΒ όμως δεν βρίσκονται πώραθεν αλλά και πρύμνηθεν του Κ/Θ (Ρ/Ε ΣΔΒ) και στις περισσότερες των περιπτώσεων απέχουν λιγότερο από 100 yds (αναλόγως του μήκους και των ιδιοτεροτήτων του πλοίου). Για το λόγο αυτό **η διόρθωση παραλλάξεως καθ' ύψωση** που απαιτείται να γίνει στην ύψωση κάθε ΠΡΒ είναι ένα ποσοστό μόνο της υπολογισθείσας μονάδος παραλλάξεως που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη απόσταση ΠΡΒ - Κ/Θ.

Εκτός αυτού σε περιπτώσεις όπου και ο Κ/Θ (οι και οι Κ/Θ (περισσότερα του ενός Ρ/Ε ΠΡΒ ή ΣΔΒ)) απέχει οριζοντίως κατά το διάμηκες του πλοίου από το σημείο αναφοράς της επίλυσης του προβλήματος ΔΒ (βλέπε ' ' πλάκα αναφοράς ' ' πλοίου) τότε οι διορθώσεις παραλλάξεως καθ' ύψωση που υπεισέρχονται γίνονται συνθετότερες.



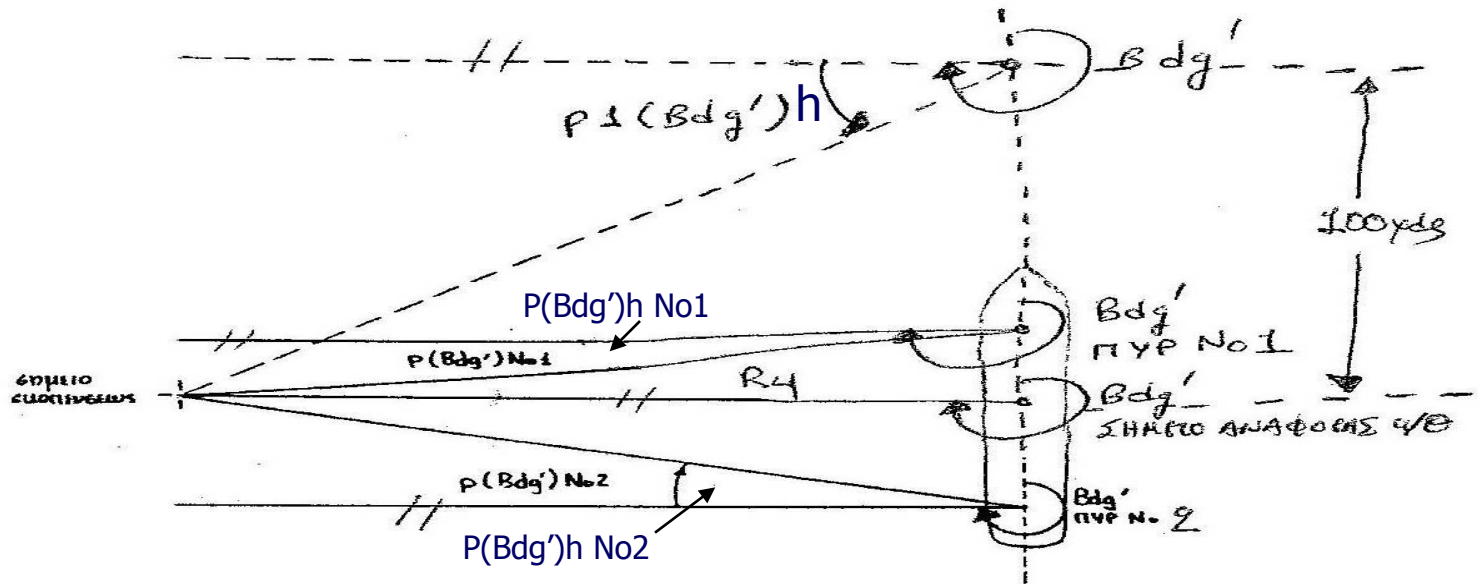
# Υπολογισμός διαταγής στροφής και υψώσεως ΠΡΒ..



**Σχήμα 5.3-11:** Παράλλαξη στην ύψωση λόγω αποστάσεως πυροβόλων -  $K/\Theta$  κατά το διαμήκρες του πλοίου

Η μονάδα παραλλάξεως καθ' ύψωση μεταδίδεται από τον Η/Υ του ΣΔΒ στον δείκτη υψώσεως του ΠΡΒ και εκεί μέσω μηχανικής μετάδοσης με γρανάζια (στα σύγχρο υψώσεως) λαμβάνεται μόνο το ποσοστό εκείνο της διορθώσεως που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο ΠΡΒ και το οποίο συμβολίζεται με π.χ.  $p(Edg')h$  No1, No2 κτλ (αναλόγως για ποιο πυροβόλο μιλάμε), ουσιαστικά αφαιρώντας (πλην ελαχίστων περιπτώσεων) τον αριθμό 1 που ως τροποποιητής ποσότητας προσδιόριζε τη γωνία παραλλάξεως που αντιστοιχούσε σε μήκος 100 yds. Άρα ουσιαστικά μιλάμε για διόρθωση παραλλάξεως καθ' ύψωση ως μια ποσότητα λιγότερη από τη μονάδα παραλλάξεως.

# Υπολογισμός διαταγής στροφής και υψώσεως ΠΡΒ..

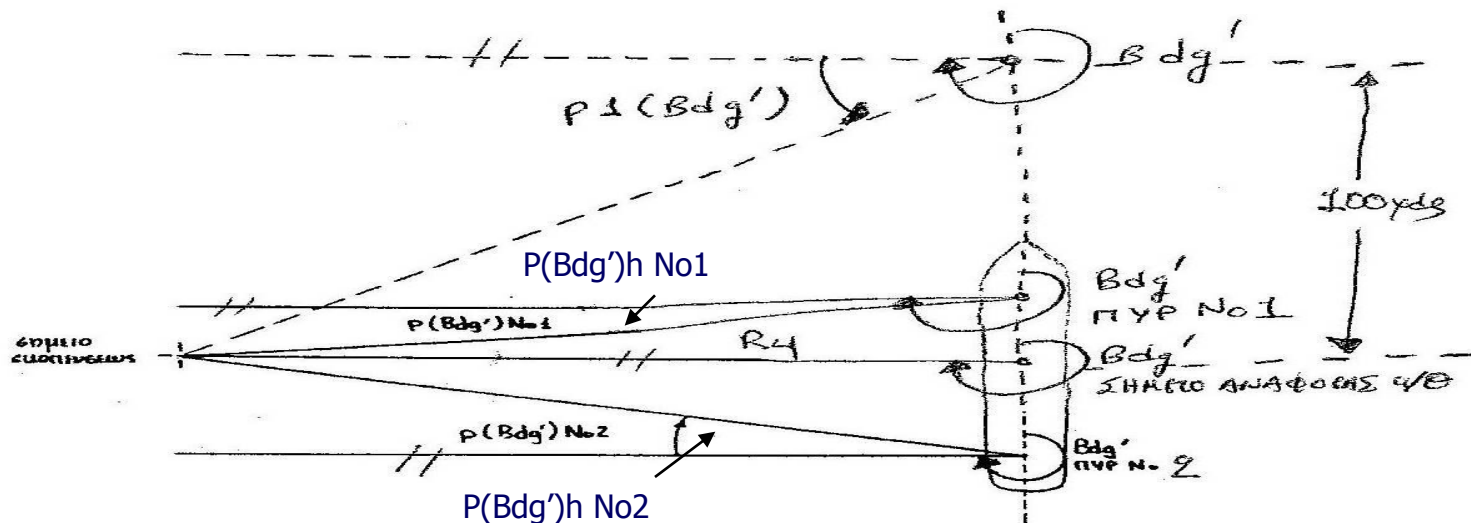


**Σχήμα 5.3-12:** Παράλλαξη στην στροφή λόγω απόστασεως πυροβόλων κατά το διάμηκες του πλοίου.

Όμως η κατά το διάμηκες οριζόντια απόσταση μεταξύ ΠΡΒ και Κ/Θ επιβάλλει και άλλη μια διόρθωση: αυτή γίνεται στη διαταγή στροφής του ΠΡΒ  $Bdg'$  (**διόρθωση παραλλάξεως κατά στροφή**) που συμβολίζεται με  $p1(Bdg')h$  και αναλύεται ως ακολούθως:

- A)  $(Bdg')$  = διόρθωση που εφαρμόζεται στη διαταγή στροφής του ΠΡΒ
- B) το σύμβολο  $p$  (τροποποιητής ποσότητας) = διόρθωση παραλλάξεως
- Γ) ο αριθμός 1 (τροποποιητής ποσότητας) = ποσότητα **μιας μονάδος παραλλάξεως** που υπολογίζεται με βασικό μήκος 100 yds
- Δ) το γράμμα  $h$  (τροποποιητής ποσότητας) δείχνει ότι η διόρθωση αυτή οφείλεται σε οριζόντια μετακίνηση του ΠΡΒ από τον Κ/Θ (P/E ΣΔΒ ή ΠΡΒ)

# Υπολογισμός διαταγής στροφής και υψώσεως ΠΡΒ..



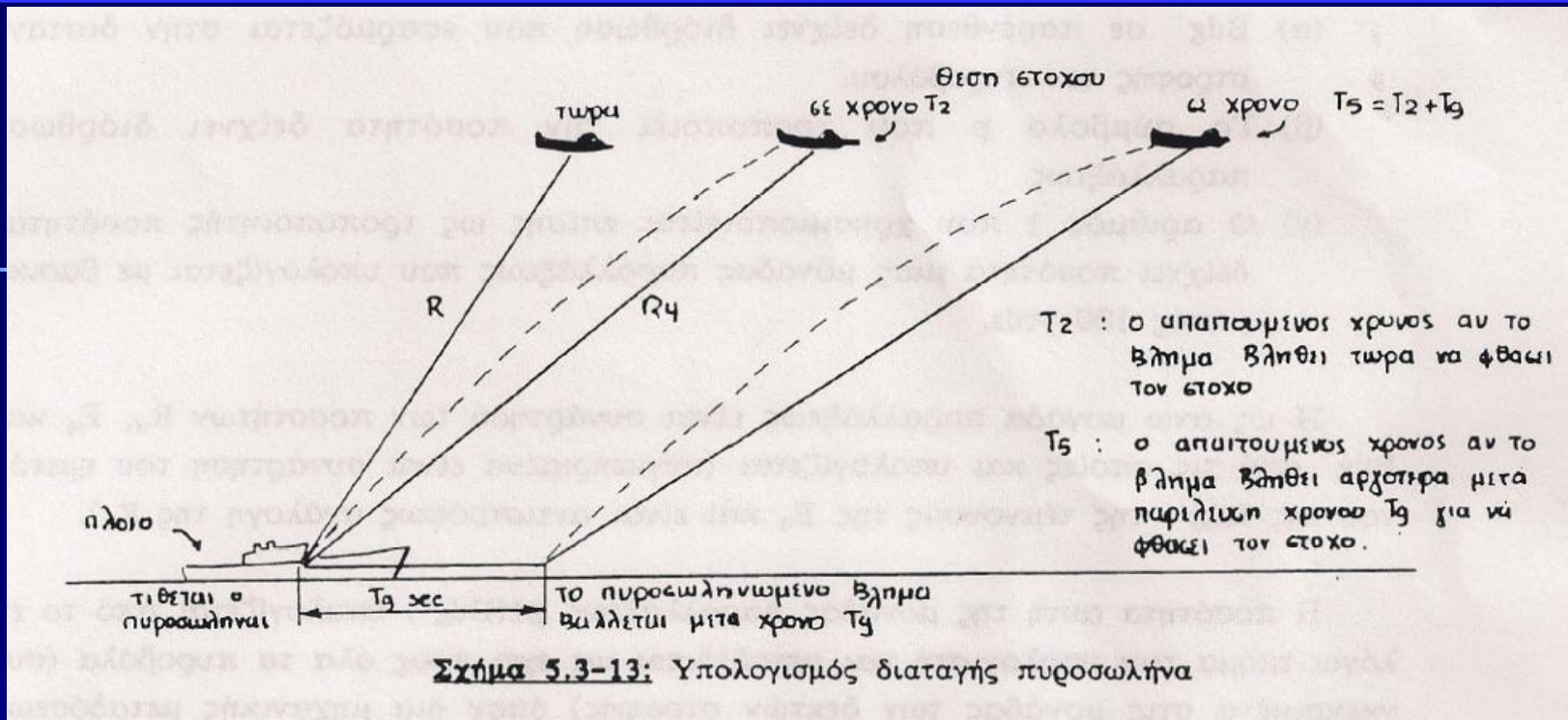
Σχήμα 5.3-12: Παράλλαξη στην στροφή λόγω αποστάσεως πυροβόλων κατά το διαμήκες του πλοίου.

Η μονάδα παραλλάξεως που αναφέρθηκε ( $p_1(Bdg')h$ ) είναι συνάρτηση των ποσοτήτων  $R_4$ ,  $E_4$  και  $Bdg'$  (συγκεκριμένα είναι συνάρτηση του ημιτόνου της  $Bdg'$ , της τέμνουσας της  $E_4$  και αντιστρόφως ανάλογη της  $R_4$ ).

Η ποσότητα αυτή της μονάδος παραλλάξεως  $p_1(Bdg')h$  υπολογίζεται από το εν λόγω τμήμα του Η/Υ του ΣΔΒ και μεταδίδεται προς όλα τα ΠΡΒ στις μονάδες των δεικτών στροφής αυτών και εκεί μέσω μηχανικής μετάδοσης με γρανάζια (στα σύγχρο στροφής) λαμβάνεται μόνο το ποσοστό εκείνο της διορθώσεως που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο ΠΡΒ και το οποίο συμβολίζεται με π.χ.  $p(Bdg')h$  No1, No2 κτλ (αναλόγως για ποιο πυροβόλο μιλάμε) και το οποίο στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι μικρότερο της μονάδος παραλλάξης κατά στροφή και ανάλογο της οριζόντιας απόστασης ΠΡΒ-Κ/Θ κατά το διάμηκες και φυσικά και της σχετικής θέσης αυτών (ΠΡΒ πρύμνηθεν ή πώραθεν του Κ/Θ).

Και εδώ οι διορθώσεις είναι πιο σύνθετες όταν ο Κ/Θ (οι και οι Κ/Θ (περισσότερα του ενός Ρ/Ε ΠΡΒ ή ΣΔΒ)) απέχει οριζοντίως κατά το διάμηκες του πλοίου από το σημείο αναφοράς της επίλυσης του προβλήματος ΔΒ.

# Υπολογισμός Διαταγής Πυροσωλήνα (βλήματα VT)

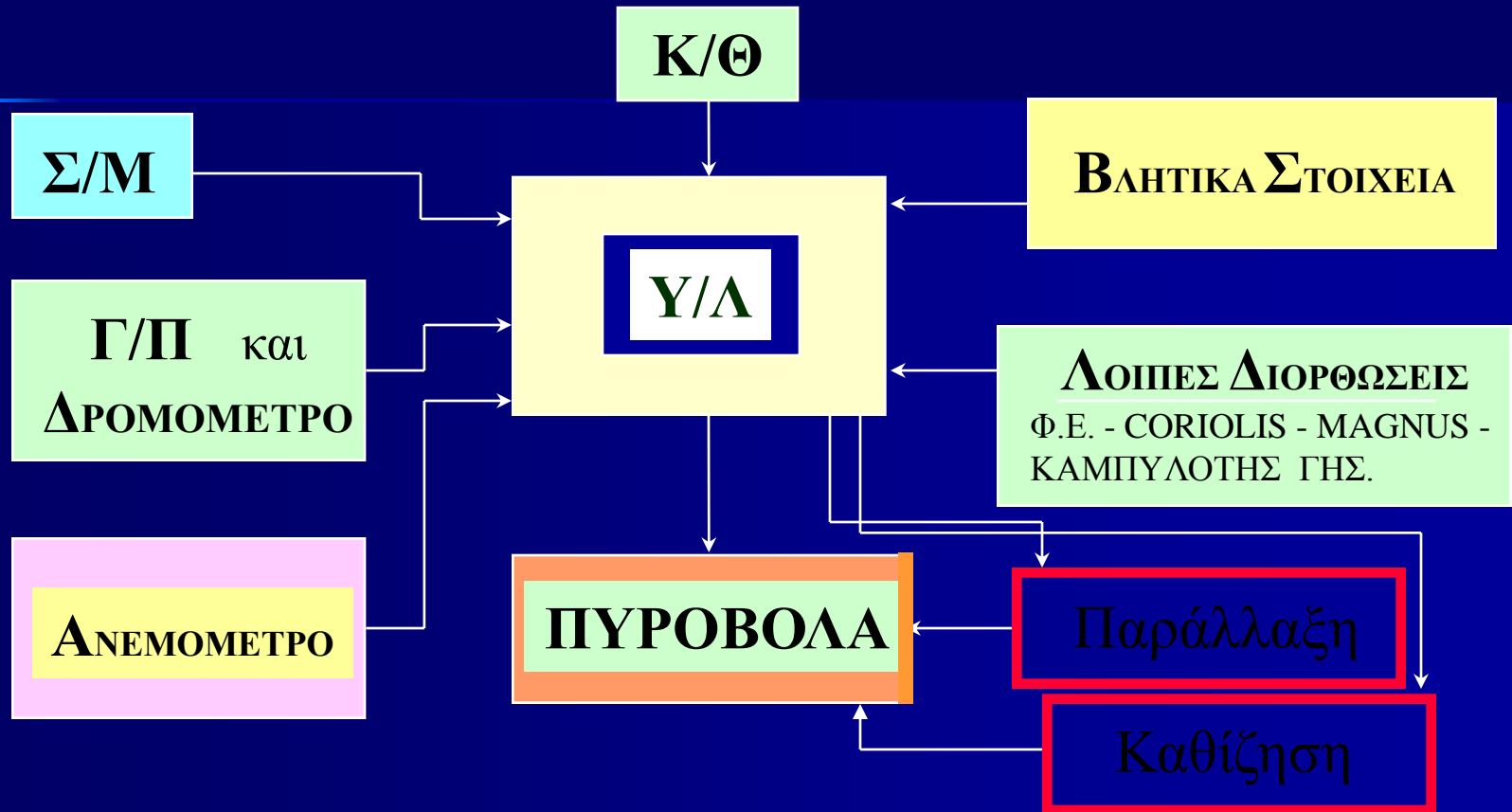


Για τον υπολογισμό της **διαταγής πυροσωλήνα** (πλην κρουστικών βλημάτων) το ΣΔΒ διαθέτει είτε ένα μικρότερο Η/Υ που συνεργάζεται με τον κύριο Η/Υ του ΣΔΒ είτε ένα άλλο τμήμα υπολογισμού μέσα στον ίδιο τον Η/Υ του ΣΔΒ (πιο σύγχρονα συστήματα). Ο σκοπός αυτού του τμήματος είναι ο υπολογισμός του **χρόνου πυροσωλήνα  $T_s$** .

Αν ο πυροσωλήνας μπορούσε να τεθεί στο βλήμα τη στιγμή της πυροδοτήσεως του ΠΡΒ, τότε ο χρόνος πυροσωλήνα του VT βλήματος  $T_s$  θα ήταν ίσος με το χρόνο πτήσεως  $T_2$ . Όμως από τη στιγμή επιλύσεως του προβλήματος ΔΒ ως τη στιγμή που βάλλεται το βλήμα μεσολαβεί κάποιος νεκρός χρόνος που συμβολίζεται με  $T_g$ . Αυτό φαίνεται στο πιο πάνω σχήμα όπου παρουσιάζεται το πρόβλημα υπολογισμού του χρόνου πυροσωλήνα  $T_s$ . Ισχύει:  **$T_s = T_2 + T_g$**

# Τυπικό ΣΔΒ - Λειτουργικό Διάγραμμα

Κ/Θ = Κατευθυντήρας , Υ/Λ = Υπολογιστήρας , Σ/Μ = Σταθμιστήρας ,  
Γ/Π = Γυροπυξίδα , Φ.Ε. = Φυσική Εκτροπή.

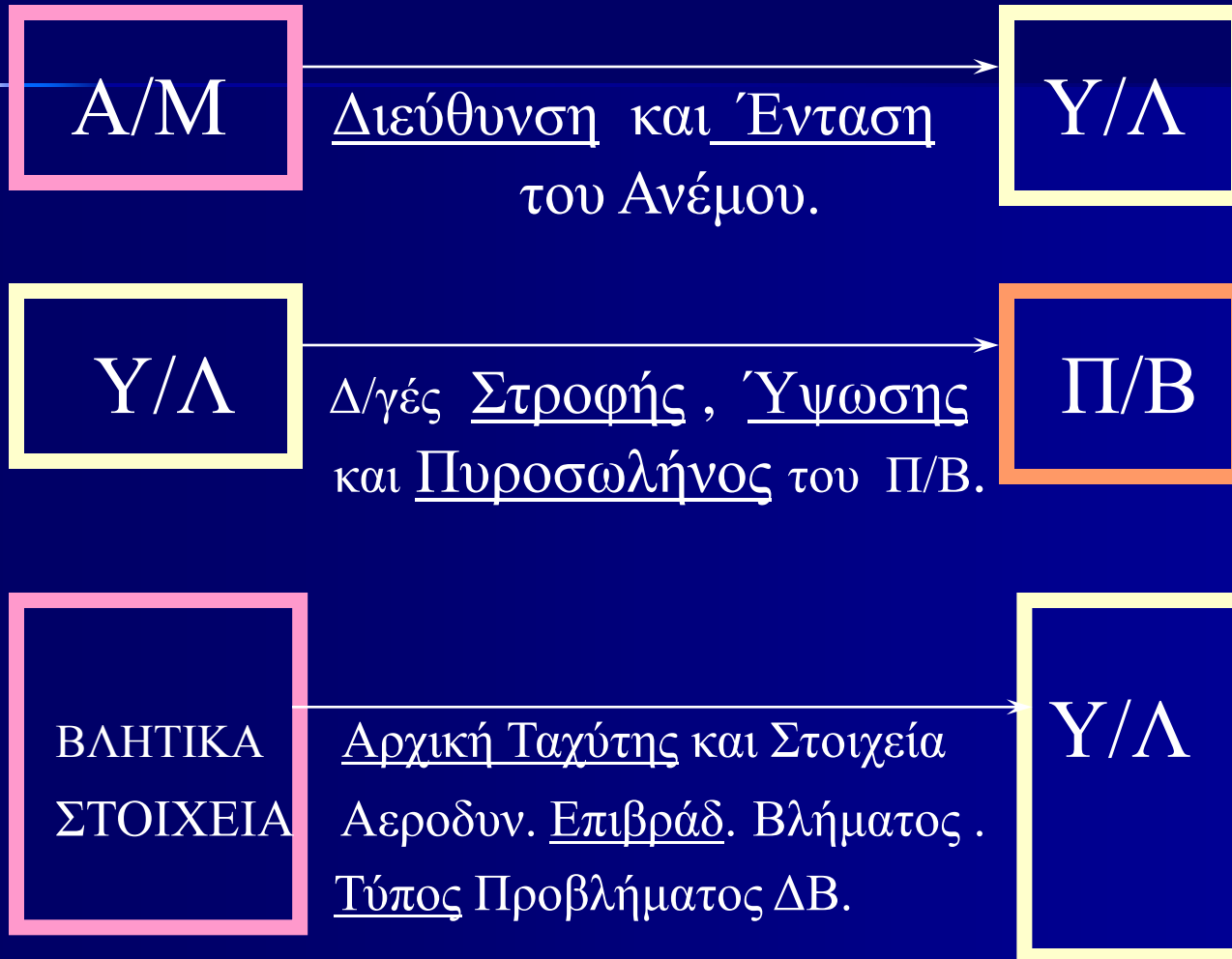


Εάν, πέραν των Π/Β του κυρίου διαμετρήματος, υπάρχουν και άλλοι δευτερεύοντες, τότε υπάρχει κατάλληλος Υ/Λ προσαρμογής /διόρθωσης των εξαγομένων του κυρίου εις το δευτερεύον. Η τάση σήμερα είναι το κάθε Π/Β να έχει την ιδική του μονάδα διασύνδεσης, περιέχουσα τα βλητικά στοιχεία που το αφορούν.  
( Gun Interface Cabinet ). (πχ. GIC 76mm, GIC 40mm κτλ)

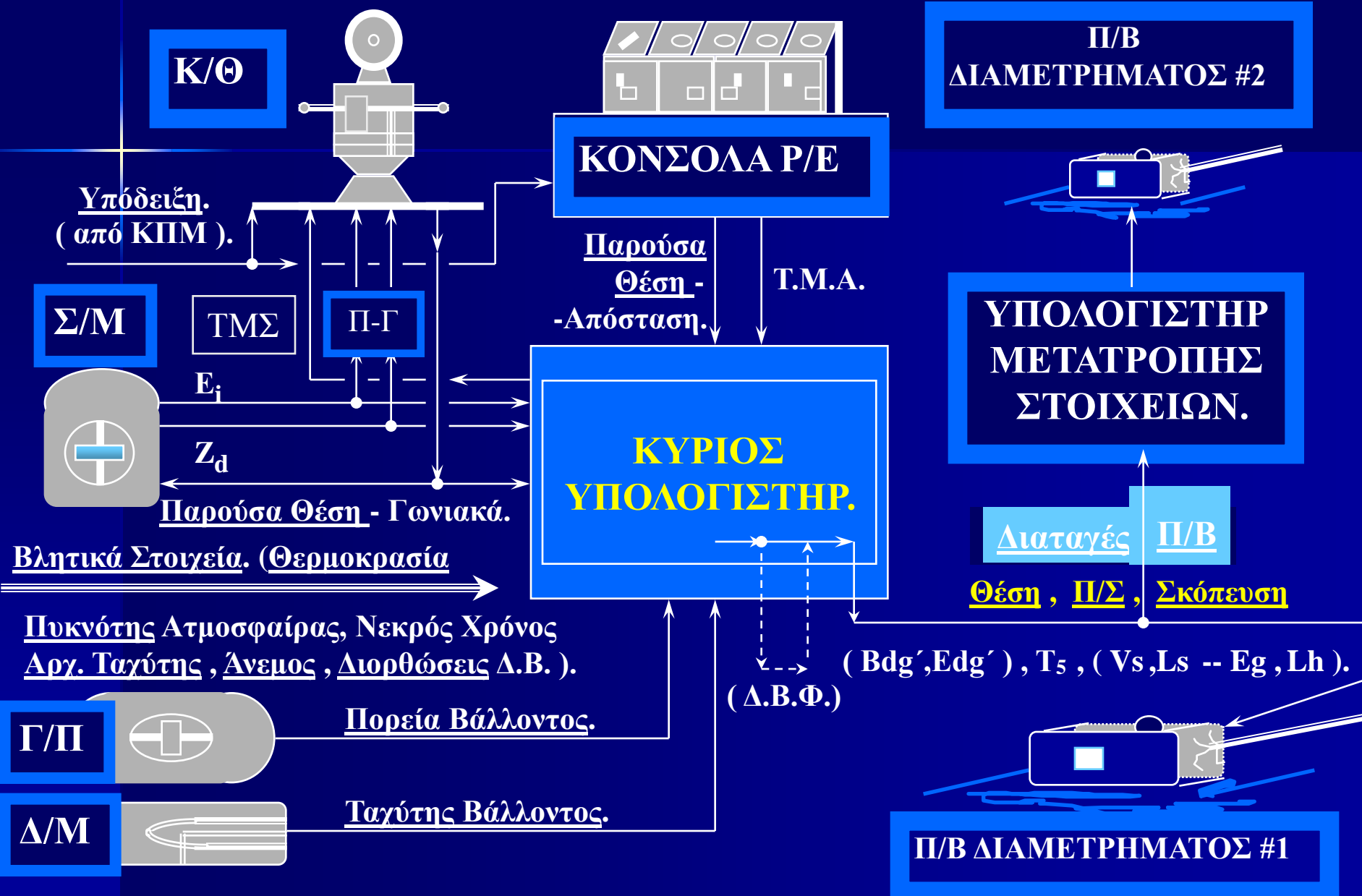
# Τυπικό ΣΔΒ - Είσοδοι / Έξοδοι



# Τυπικό ΣΔΒ - Είσοδοι / Έξοδοι



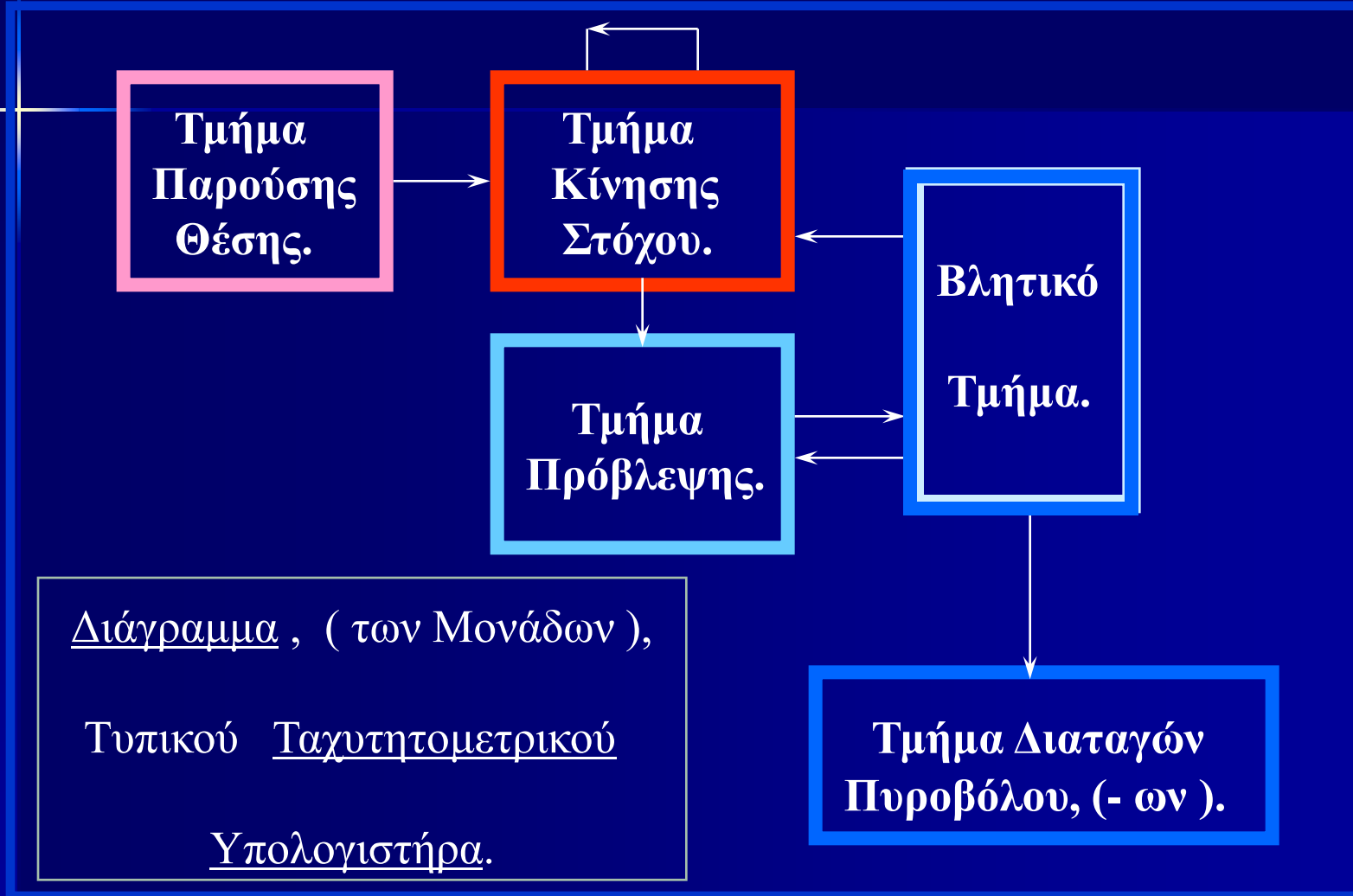
# Τυπικό ΣΔΒ - Τελικό Λειτουργικό Διάγραμμα





# Τυπικό ΣΔΒ

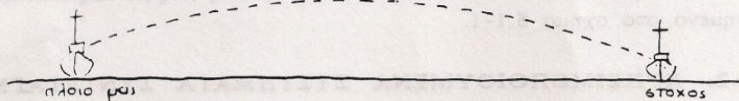
## Ο Υπολογιστήρας



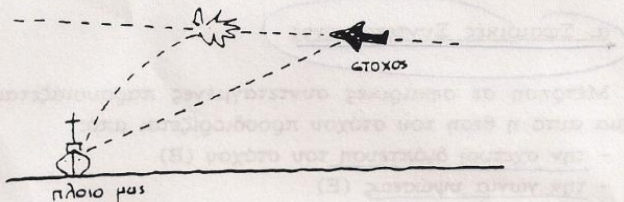
# ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΒ

Τέσσερις (4) κατηγορίες ανάλογα με την ομοιότητα την οποία παρουσιάζουν στα δεδομένα τους, τόσο από τακτικής απόψως (στόχος επιφανείας, Α/Α, στόχος επί εδάφους, φωτισμός στόχου) όσο και από την άποψη της μαθηματικής μεθοδολογίας που απαιτεί η επίλυσή τους:

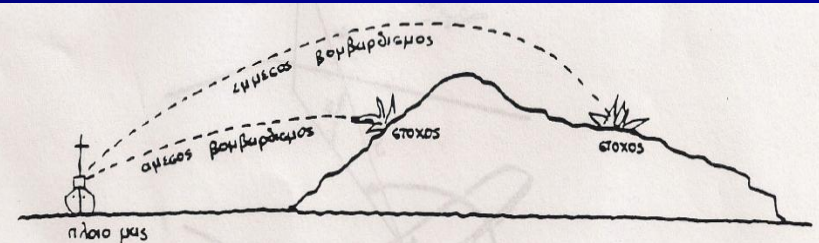
- Α) Το πρόβλημα της βολής επιφανείας
- Β) Το πρόβλημα της βολής Α/Α
- Γ) Το πρόβλημα της βολής Ν. Βομβαρδισμού
- Δ) Το πρόβλημα της βολής φωτιστικών βλημάτων



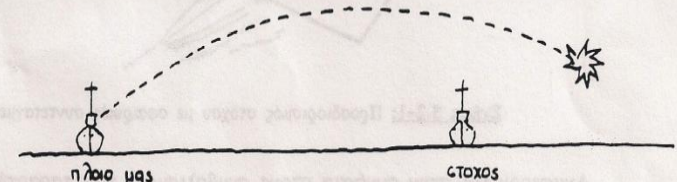
α. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Επιφανείας



β. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Α/Α



γ. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Βομβαρδισμού



δ. Πρόβλημα Διευθύνσεως Βολής Φωτιστικών

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΒ

## Πρόβλημα βολής επιφανείας

Ο στόχος κινείται σε δύο (2) διαστάσεις άρα:

- 1) Ύψωση στόχου  $E=0$  (Η LOS βρίσκεται κατά κανόνα στο οριζόντιο επίπεδο)
- 2) Η ταχύτητα μεταβολής της διοπτρεύσεως του στόχου  $DM_b$  και η ταχύτητα μεταβολής της αποστάσεως αυτού είναι σχετικά μικρές.

Τα δεδομένα αυτά απλουστεύουν το συγκεκριμένο πρόβλημα ΔΒ το οποίο θα αναλυθεί σε επόμενα μαθήματα αφού πρώτα δούμε τον υπολογισμό της αρχικής ταχύτητας των βλημάτων  $V_0$

## Πρόβλημα βολής A/A

Ο στόχος κινείται σε τρεις (3) διαστάσεις, άρα πολυπλοκότερη η επίλυση του προβλήματος ΔΒ:

- 1) Ύψωση του στόχου  $E \neq 0$  (Η LOS μπορεί να έχει οποιοδήποτε προσανατολισμό στο χώρο).
- 2) Η ταχύτητα μεταβολής της διοπτρεύσεως του στόχου  $DM_b$ , της αποστάσεως του στόχου  $DM_rh$  και της υψώσεώς του  $DMe$  είναι σχετικά μεγάλες. Άρα επιβάλλεται η ανάγκη ταχείας αντιδράσεως. Το πρόβλημα A/A θα αναλυθεί και αυτό σε επόμενα μαθήματα

# ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΔΒ

## Πρόβλημα βολής Ν. Βομβαρδισμού

Ο στόχος βρίσκεται στην ξηρά. Άρα:

- 1) Με στόχο επί της ξηράς και ιδιαίτερα όταν δεν μπορεί να αποκατασταθεί LOS υπάρχει δυσχέρεια προσδιορισμού της θέσης αυτού καθώς επίσης και της κινήσεώς του. Άρα συνθετότερη μαθηματική επίλυση του προβλήματος ΔΒ.
- 2) Η διαμόρφωση του εδάφους της περιοχής του στόχου δύναται να μην επιτρέπει την προσβολή του λόγω παρεμβολής φυσικών εμποδίων στις τροχιές των βλημάτων, ή να δημιουργεί δυσχέρειες στην παρατήρηση των πτώσεων των βολών για εφαρμογή των διορθώσεων ΔΒ.

## Πρόβλημα βολής φωτιστικών

Στις τρεις προηγούμενες κατηγορίες το πρόβλημα ΔΒ συσχετιζέτο με την ύπαρξη στόχου που θέλουμε να προσβάλλουμε. Εδώ **η ύπαρξη στόχου δεν είναι απαραίτητη!** Ο αντικειμενικός σκοπός είναι η δημιουργία επιθυμητού φωτισμού σε μια περιοχή, θαλάσσια ή χερσαία. Ανεξάρτητα αν υπάρχει στόχος ή όχι, τα στοιχεία της θέσεως του σημείου αφής των φωτιστικών δεν μπορούν να προσδιορισθούν με απευθείας μέτρηση (πχ με χρήση P/E), άρα θα πρέπει να υπολογισθούν είτε σε σχέση με το βάλλον πλοίο είτε σε σχέση με τη θέση τυχόν υπάρχοντος στόχου τον οποίο επιθυμούμε να φωτίσουμε ή βοηθούμενοι από τη σχετική θέση αυτού επιθυμούμε να φωτίσουμε την ευρύτερη ή μια εγγύς περιοχή σε αυτόν. Μετά τον προσδιορισμό των εν λόγω στοιχείων θέσης του σημείου αφής των φωτιστικών βλημάτων, το πρόβλημα ΔΒ εξελίσσεται κανονικά.

Τα προβλήματα Ν. Βομβαρδισμού και φωτιστικών θα αναλυθούν και αυτά σε επόμενα μαθήματα.

# ΤΕΛΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΒ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΔΒ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΠΥΡΟΒΟΛΙΚΟΥ

**HOMEWORK !!!!**

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ????**

**THE  
FIRE  
CONTROL  
PROBLEM**

