

γράφει ο Κωνσταντίνος Χ. Ζηκίδης
Στρατιωτικό Διδακτικό Προσωπικό Σχολής Ικάρων – Διδάκτωρ ΕΜΠ

Η Φουντουκιά



Εικόνα 1: Η πτώση μίας εκ των έξι πολεμικών κεφαλών του ρωσικού βαλλιστικού πυραύλου Oreshnik στο Dnipro της Ουκρανίας. Η πολύ μεγάλη ταχύτητα (Mach 11) προκάλεσε πρωτόγνωρες και απόκοσμες εικόνες, που θυμίζουν την Αποκάλυψη του Ιωάννη: “...και εΐληφεν ὁ ἄγγελος τὸν λιθανωτὸν καὶ ἐγέμισεν αὐτὸν ἐκ τοῦ πυρὸς τοῦ θυσιαστηρίου καὶ ἔβαλεν εἰς τὴν γῆν. καὶ ἐγένοντο βρονταὶ καὶ φωναὶ καὶ ἀστραπαὶ καὶ σεισμός” (Και πήρε ο ἄγγελος το θυμιατήρι και το γέμισε από την φωτιά του θυσιαστηρίου και έριξε αυτήν την φωτιά στη γη. Και αμέσως τότε έγιναν βροντές και φωνές και αστραπές και σεισμός. Αποκ. 8,5). (<https://apnews.com/article/russia-oreshnik-hypersonic-missile-putin-ukraine-war-345588a399158b9eb0b56990b8149bd9>)

Την 21η Νοεμβρίου 2024, ένας ρωσικός βαλλιστικός πύραυλος έπληξε στόχο στο Ντνίπρο της Ουκρανίας. Ακριβέστερα, έξι ανεξάρτητες πολεμικές κεφαλές (“οχήματα επανεισόδου ανεξάρτητης στόχευσης”, Multiple Independently Re-targetable Vehicles – MIRV), με έξι υποπυρομαχικά η κάθε μία, έπεσαν με περίπου 11 φορές την ταχύτητα του ήχου (Mach 11, σχεδόν 3,8 km/s), σε ένα παλαιό σοβιετικό εργοστάσιο βαλλιστικών πυραύλων, το οποίο κατέστρεψαν ολοσχερώς, προκαλώντας σεισμό. Και όλα αυτά, χωρίς να διαθέτουν συμβατική ή πυρηνική πολεμική κεφαλή, παρά μόνο με την κινητική τους ενέργεια. Οι εικόνες που έκαναν τον γύρο του κόσμου ήταν απόκοσμες.

Σύμφωνα με ρωσικές πηγές, ο εν λόγω βαλλιστικός πύραυλος παρουσιάστηκε για πρώτη φορά, ονομάζεται Oreshnik (“φουντουκιά” στα ρωσικά) και έχει βεληνεκές της τάξης των 5.000 km, εμπίπτοντας στην κατηγορία ενδιάμεσης εμβελείας (Intermediate-Range Ballistic Missile – IRBM), ενώ θα μπορούσε να φέρει πυρηνικές κεφαλές. Ο Β. Πούτιν επεσήμανε ότι ο εν λόγω πύραυλος δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί από τα υφιστάμενα συστήματα αεράμυνας.

Αν και ορισμένοι ειδικοί αμφισβητούν ότι πρόκειται περί νέου πυραύλου, εκτιμώντας ότι κατά πάσα πιθανότητα αποτελεί εξέλιξη του παλαιότερου RS-26 “Yars–M”, σε κάθε περίπτωση αυτό αποτελεί ένα πολύ δύσκολο ανασχέσιμο όπλο. Εκτιμάται ότι είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί ακόμα κι από τα πιο ικανά αντιβαλλιστικά συστήματα, όπως ο πύραυλος SM-3 Block IIA της Raytheon, κόστους 30 εκατ. \$ έκαστος. Συστήματα όπως το THAAD (Terminal High Altitude Area Defense) της Lockheed Martin εκτιμάται ότι δεν είναι σε θέση να αναχαιτίσουν τον Oreshnik, λόγω της υψηλής του ταχύτητας, ενώ δεν φτάνουν το απαιτούμενο ύψος για να τον χτυπήσουν πριν την απελευθέρωση των 6 πολεμικών κεφαλών. Καθίσταται προφανές ότι συστήματα της κατηγορίας του Patriot αδυνατούν πλήρως να αντιμετωπίσουν τον Oreshnik.

Υποθέτοντας ότι υπάρχει ομοιότητα με τον RS-26 “Yars–M”, ο οποίος φέρει μία πολεμική κεφαλή των 1800 lb (αν και υπάρχουν εκτιμήσεις που ανεβάζουν το ωφέλιμο φορτίο ή throw weight στα 1200 kg/2650 lb), τότε η κάθε μία εκ των έξι κεφαλών (MIRV) του Oreshnik θα έχει βάρος 300 lb ή 136 kg. Εάν θεωρήσουμε ότι η ταχύτητα

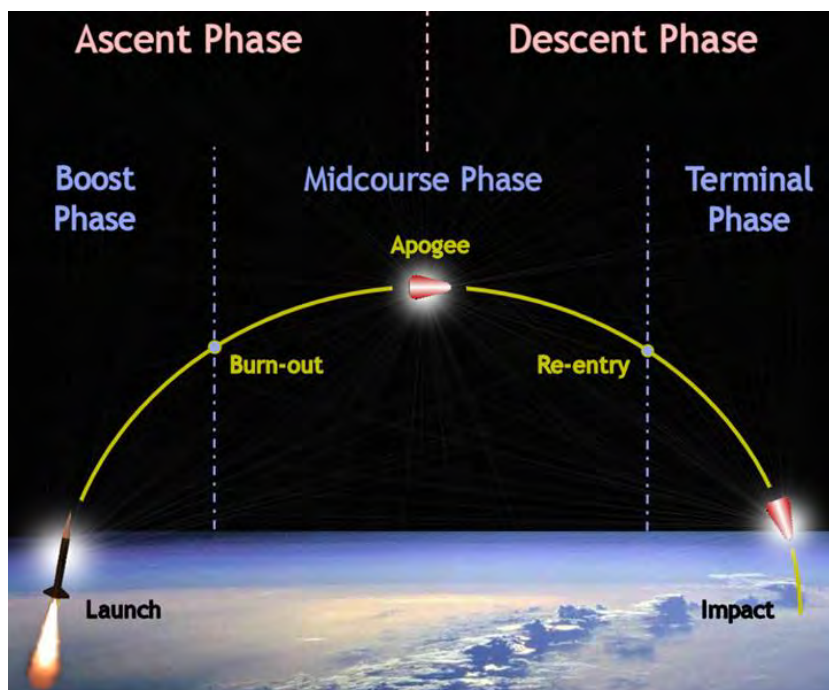
πρόσκρουσης είναι Mach 11 ή 3.773 m/s, τότε η κινητική ενέργεια κάθε μίας πολεμικής κεφαλής (εκ των έξι) θα είναι:

$$\frac{1}{2} \cdot \text{μάζα} \cdot (\text{ταχύτητα})^2 =$$
$$\frac{1}{2} \cdot 136 \text{ kg} \cdot (3.773 \text{ m/s})^2 = 968 \cdot 10^6 \text{ J} \approx 1 \text{ GJ}$$

Η ενέργεια ενός τόνου TNT έχει οριστεί ως 4,184 GJ (Giga Joule), οπότε το 1 GJ ισοδυναμεί με 239 kg TNT. Για σκοπούς σύγκρισης, μία αεροπορική βόμβα γενικής χρήσεως Mk-84 των 2000 λιβρών έχει 945 lb ή 428 kg εκρηκτικό Tritonal (80% TNT και 20% σκόνη αλουμινίου). Δεδομένου ότι το Tritonal είναι περίπου 20% πιο ισχυρό από το TNT, στρογγυλεύουμε στα 500 kg TNT. Επομένως, μία βόμβα Mk-84 ισοδυναμεί περίπου με δύο κεφαλές (εκ των έξι) του Oreshnik, ενώ η συνολική ισχύς των 6 κεφαλών είναι σχεδόν όσο 3 βόμβες Mk-84. Αν και αυτό δεν συγκρίνεται π.χ. με την ισχύ της ατομικής βόμβας “Little Boy” που έπεσε στη Χιροσίμα (ισχύος 15.000 τόνων TNT ή 63 TJ), παρ’ όλα αυτά ο στόχος του Oreshnik κονιορτοποιήθηκε, ενώ αυτόπτες μάρτυρες ανέφεραν ότι οι εκρήξεις συνεχίζονταν για τρεις ώρες μετά το χτύπημα. Και όλα αυτά, χωρίς παράπλευρες απώλειες, ραδιενέργεια ή άλλα κατάλοιπα, όπως με τα πυρηνικά όπλα.

Βαλλιστικοί Πύραυλοι – Αρχές Λειτουργίας

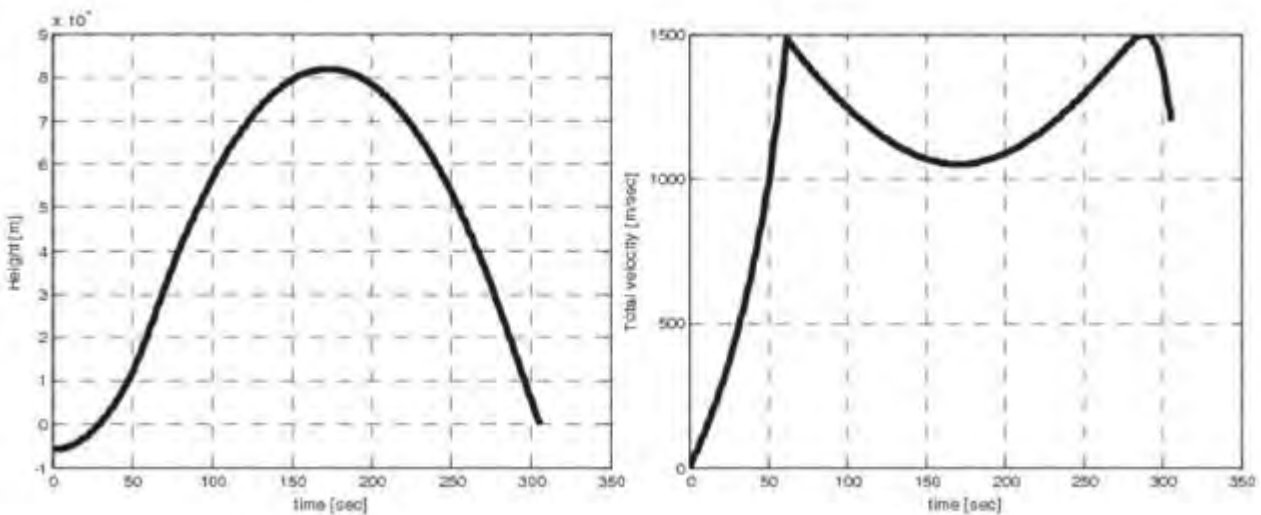
Οι βαλλιστικοί πύραυλοι[1] μπορούν να εκτοξευθούν από σταθερή εγκατάσταση (σιλό), από αυτοκινούμενο εκτοξευτήρα, από υποβρύχιο ή ακόμα κι από αέρος. Το πρώτο στάδιο της τροχιάς ενός βαλλιστικού είναι η προώθηση, όπου ο πυραυλοκινητήρας του λειτουργεί και παράγει ώση, επιταχύνοντας τον πύραυλο, ο οποίος κερδίζει γρήγορα ύψος και ταχύτητα, ξεπερνώντας ενδεχομένως τα όρια της ατμόσφαιρας (γραμμή von Kármán: 100 km). Στο δεύτερο στάδιο, το οποίο είναι και το μεγαλύτερο χρονικά, ο πύραυλος εκτελεί ελεύθερη πτήση προς τον στόχο, ακολουθώντας βαλλιστική τροχιά. Στο στάδιο αυτό, ο πύραυλος φτάνει στο μεγαλύτερο υψόμετρο (απόγειο), ενώ δεν υπάρχει πλέον προώθηση, καθώς ο πυραυλοκινητήρας έχει εξαντλήσει το καύσιμό του και πιθανότατα έχει απορριφθεί. Τέλος, κατά το στάδιο της επανεισόδου, ο πύραυλος επανέρχεται στην ατμόσφαιρα της γης, με υψηλή ταχύτητα, πολλαπλάσια της ταχύτητας του ήχου. Επομένως, ο χαρακτηρισμός ενός βαλλιστικού πυραύλου ως “υπερηχητικού” μάλλον αποτελεί πλεονασμό, καθώς όλοι οι βαλλιστικοί πύραυλοι είναι υπερηχητικοί. Σημειώνεται ότι ελάχιστα επίγεια ραντάρ επιτήρησης μπορούν να αποκαλύψουν στόχους σε ύψος πάνω από 50 km ή 160.000 ft, ενώ απαιτείται ειδική λειτουργία για την ανίχνευση και παρακολούθηση βαλλιστικών, λόγω της υψηλής τους ταχύτητας.



Εικόνα 2: Απλοποιημένη τροχιά βαλλιστικού πυραύλου. Η εκτόξευση γίνεται από κάποιο άγνωστο σημείο, ενώ στην αρχική φάση η ανίχνευση του πυραύλου είναι αδύνατη, λόγω της καμπυλότητας της γης. Μετά την αρχική φάση της προώθησης και την εξάντληση των καυσίμων (burn out), ο πύραυλος συνεχίζει φτάνοντας στο απόγειο (apogee) και στη συνέχεια ακολουθεί η επανεισόδος στην ατμόσφαιρα (re-entry). Η γωνία και η τελική ταχύτητα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την εμβέλεια. (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-02786-9_6)

Αυτό που θα πρέπει να γίνει αντιληπτό είναι ότι οι σύγχρονοι βαλλιστικοί πύραυλοι δεν αποτελούν όπλα εκφοβισμού, με χαμηλή ακρίβεια, στοχεύοντας στο περίπου κάποια περιοχή, όπως ίσως θυμόμαστε τους διαβόητους Scud B (γνωστούς και ως “Al Hussein”), με τους οποίους απειλούσε ο Σαντάμ Χουσεΐν κατά τον πρώτο πόλεμο του Κόλπου το 1990-91. Πλέον, οι πύραυλοι μπορούν να διαθέτουν αδρανειακό σύστημα καθοδήγησης (Inertial Navigation System – INS) υψηλής ακριβείας, το οποίο παρέχει πληροφορία θέσης και στάσης στο χώρο. Ενίοτε χρησιμοποιούν επικουρικά το GPS ή κάποιο άλλο ανάλογο σύστημα δορυφορικής ναυτιλίας, όπως π.χ. το ρωσικό GLONASS ή το κινεζικό BEIDU, με σκοπό την διόρθωση του INS. Με τον τρόπο αυτό, το σφάλμα εκτίμησης θέσης παραμένει χαμηλό, ανεξαρτήτως της απόστασης που διανύει ο πύραυλος (δεν ισχύει ότι έχουν π.χ. σφάλμα της τάξης του 1% της απόστασης, όπως στα μη καθοδηγούμενα βλήματα).

Επισημαίνεται ότι στα ύψη που κινείται ένας βαλλιστικός κατά το ενδιάμεσο στάδιο είναι εξαιρετικά δύσκολο να παρεμβληθεί το όποιο σύστημα δορυφορικής ναυτιλίας, ενώ κατά το στάδιο επανεισόδου ο χρόνος είναι ελάχιστος για οποιαδήποτε παρεμβολή, δεδομένου ότι ο βαλλιστικός έχει ήδη ευθυγραμμιστεί με τον στόχο, κινούμενος με πολύ υψηλή ταχύτητα.



Εικόνα 3: Τυπική τροχιά (ύψος και ταχύτητα) συναρτήσει του χρόνου ενός τακτικού βαλλιστικού πυραύλου (TBM) με εμβέλεια 300 km (<https://ieeexplore.ieee.org/document/7244461>). Ο πύραυλος επιταχύνει για τα πρώτα 60 s, φτάνοντας ταχύτητα 1500 m/s. Στη συνέχεια επιβραδύνει, συνεχίζοντας όμως την ανοδική του πορεία μέχρι το απόγειο, λίγο πάνω από τα 80 km. Από εκεί και πέρα, αρχίζει η πτωτική πορεία, αρχικά επιταχύνοντας. Σε ύψος γύρω στα 20 km, η πυκνότητα της ατμόσφαιρας είναι πλέον αρκετά υψηλή, με αποτέλεσμα να υπάρχει σημαντική επιβράδυνση. Όμως, ακόμα και μέχρι την πρόσκρουση, η ταχύτητα διατηρείται πάνω από 1200 m/s ή Mach 3,5. Εννοείται ότι για πυραύλους υψηλότερης κατηγορίας, η τερματική ταχύτητα είναι ακόμα μεγαλύτερη.

Ο συνδυασμός INS και GPS είναι επαρκής για ακρίβεια (precision) λίγων μέτρων, η οποία θεωρείται πολύ καλή. Αυτό δεν σημαίνει ότι το σύνολο των βαλλιστικών που υπάρχουν σήμερα παρουσιάζει τόσο μικρό σφάλμα αλλά ότι είναι απολύτως εφικτή η κατασκευή πυραύλων πολύ υψηλής ακριβείας. Ορισμένοι βαλλιστικοί μάστιχα διαθέτουν και κάποιον τερματικό αισθητήρα, π.χ. ηλεκτρο-οπτικό αισθητήρα, αυξάνοντας ακόμα περισσότερο την ακρίβεια και την αξιοπιστία τους. Επομένως, μιλάμε για όπλα ακριβείας, τα οποία μπορούν να μεταφέρουν μία μεγάλη πολεμική κεφαλή (π.χ. 1.000 λιβρών), σε μεγάλη απόσταση, με μεγάλη ταχύτητα και με δυνατότητα ελιγμών, σε βαθμό που να είναι πολύ δύσκολα ανασχέσιμα. Οι βαλλιστικοί πύραυλοι χωρίζονται σε κατηγορίες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Εξετάζοντας ως παράδειγμα το αμερικανικό σύστημα ATACMS, η έκδοση που διαθέτει και ο ΞΕ από την δεκαετία του '90 είναι η MGM-140A Block 1, με πολεμική κεφαλή υποπυρομαχικών, βάρους 560 kg και εμβέλειας 165 km, με χαμηλή ακρίβεια. Πιο εξελιγμένες εκδόσεις του ATACMS αξιοποιούν τον πύραυλο M57, μοναδιαίας κεφαλής (unitary warhead) κατηγορίας 500 lb με εμβέλεια 270 km αλλά πολύ υψηλής ακριβείας, η οποία εκτιμάται ότι είναι 9 m CEP (Circular error probable, πιθανό κυκλικό σφάλμα), δηλαδή το 50% των βολών θα πέσει εντός ενός κύκλου με ακτίνα 9 m. Το απόγειο εκτιμάται στα 50-65 km και η μέγιστη ταχύτητα ανέρχεται σε Mach 3. Πύραυλοι μεγαλύτερης κατηγορίας έχουν υψηλότερο απόγειο, υψηλότερη τελική ταχύτητα, ενώ η πτώση θα γίνεται ακόμα πιο κατακόρυφα, γεγονός το οποίο καθιστά ακόμα πιο δυσχερή την αναχαίτισή τους.

Πίνακας 1: Κατηγορίες Βαλλιστικών Πυραύλων

Κατηγορία	Εμβέλεια	Παραδείγματα
Tactical ballistic missile (TBM) Τακτικός βαλλιστικός πύραυλος	< 300 km	ATACMS (ΗΠΑ), Fateh-110 (Ιράν), J-600T Yildirim (Τουρκία), Bora (Τουρκία), Scud B (Ιράκ)
Short-range ballistic missile (SRBM) Βαλ. πύραυλος μικρού βεληνεκούς	300-1000 km	PrSM (ΗΠΑ), Tayfun (Τουρκία), LORA (Ισραήλ), Iskander-M (Ρωσία), Fateh-313 (Ιράν), Dong-Feng 15 (Κίνα)
Medium-range ballistic missile (MRBM) Βαλ. πύραυλος μεσαίου βεληνεκούς	1000-3500 km	Cenk (Τουρκία, υπό ανάπτυξη), Dong-Feng 21 (Κίνα), Jericho 2 (Ισραήλ), Shahab-3 (Ιράν)
Intermediate-range ballistic missile (IRBM) Βαλ. πύραυλος ενδιάμεσου βεληνεκούς	3500-5500 km	Jericho 3 (Ισραήλ), Dong-Feng 26 (Κίνα), Agni-III (Ινδία), Oreshnik (Ρωσία)
Intercontinental ballistic missile (ICBM) Διηπειρωτικός βαλλιστικός πύραυλος	> 5500 km	LGM-30G Minuteman III (ΗΠΑ), RT-2PM Topol (Ρωσία), RS-28 Sarmat (Ρωσία), M51 (Γαλλία), Dong-Feng 41 (Κίνα)
Submarine-launched ballistic missile (SLBM) Βαλ. πύραυλος εκτοξευόμενος από Υ/Β	–	UGM-133 Trident II (ΗΠΑ, Ην. Βασίλειο), RSM-56 R-30 «Bulava» (Ρωσία), M51 (Γαλλία)
Air-launched ballistic missile (ALBM) Βαλ. πύραυλος εκτοξευόμενος από Α/Φ	–	Kh-47M2 Kinzhal (Ρωσία), Rocks (Ισραήλ), Air LORA (Ισραήλ)

Πρόγραμμα βαλλιστικών πυραύλων Τουρκίας

Ιδιαίτερης προσοχής αξίζει το βαλλιστικό πρόγραμμα των εξ Ανατολών συμμάχων μας (λόγω NATO) και φίλων (ένεκα της “Διακήρυξης των Αθηνών”). Η προσπάθεια ξεκίνησε μέσα στην δεκαετία του ‘90, με την προμήθεια του αμερικανικού συστήματος ATACMS Block 1 (με εμβέλεια 165 km, πολεμική κεφαλή 560 kg με υποπυρομαχικά, παρόμοιο με αυτό του ΣΞ).

Μετά την άρνηση των ΗΠΑ για συμπαραγωγή, στράφηκαν προς την Κίνα και άλλες χώρες, όπως το Ισραήλ και η Γαλλία. Μία πρώτη προσπάθεια αποτέλεσε ο πύραυλος T-300 Kasirga (“κυκλώνας/ανεμοστρόβιλος”) διαμέτρου 300 mm, με πολεμική κεφαλή 150 kg και εμβέλεια 100 km, αν και με χαμηλή ακρίβεια ~1% (αρχικά ήταν μη καθοδηγούμενος), κατόπιν μεταφοράς τεχνολογίας από την κινεζική CPMIEC (αντίγραφο του WS-1). Πέραν της προμήθειας 200 WS-1, οι πρώτες παραδόσεις T-300 έγιναν το 1998 και συνολικά κατασκευάστηκαν 1.300 τεμάχια από την Roketsan, εξοπλίζοντας συστήματα πολλαπλών εκτοξευτών πυραύλων (ΠΕΠ). Έκτοτε, υπήρξαν συνεχείς βελτιώσεις στην ακρίβεια, την εμβέλεια και την αξιοπιστία. Η τελευταία έκδοση TRG-300 Block III (αναφέρεται και ως Karlan – “τίγρης”) παρουσιάστηκε το 2016 και έχει πολεμική κεφαλή 105 kg και εμβέλεια 120 km ενώ η ακρίβεια έχει βελτιωθεί δραματικά στα 10 m CEP, με την βοήθεια συνδυασμού INS, GPS και GLONASS.

Παράλληλα με τους πυραύλους της κατηγορίας των 300 mm, είχε ξεκινήσει η ανάπτυξη του μεγαλύτερου βαλλιστικού πυραύλου J-600T Yildirim (“κεραυνός”) διαμέτρου 600 mm, ο οποίος αποτέλεσε καρπό της συνεργασίας της τουρκικής Roketsan και των κινεζικών CASIC και CPMIEC. Βασίζεται στον κινεζικό B611. Διαθέτει κινητήρα ενός σταδίου, στερεών καυσίμων, πολεμική κεφαλή κλάσης 1000 λιβρών και αδρανειακή καθοδήγηση, με εμβέλεια 150 km και CEP 150 m. Αν και οι διαπραγματεύσεις είχαν ξεκινήσει από το 1995 (προφανώς εν κρυπτώ) και η ανάπτυξη είχε ολοκληρωθεί σε μεγάλο βαθμό από το 2001, το σύστημα παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2007.

Λίγο αργότερα τέθηκαν οι επιχειρησιακές απαιτήσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές για το επόμενο μοντέλο, το οποίο αρχικά αναφερόταν ως Yildirim II. Το 2017 έγινε η πρώτη δοκιμή, καθώς και η ονοματοδοσία του ως Bora και ως Khan για την εξαγωγική έκδοση, για τον οποίον η Roketsan αναφέρει τα ακόλουθα: εμβέλεια 280[2] km, πολεμική κεφαλή 470 kg (~1000 lb), καθοδήγηση INS+GPS+GLONASS και ακρίβεια 10 m CEP. Το τελευταίο

χαρακτηριστικό είναι ίσως και το σημαντικότερο, καθώς αποτελεί πολύ υψηλή ακρίβεια, ενώ είχε γραφεί στον τουρκικό τύπο. Υπάρχουν δημοσιεύματα τα οποία ανεβάζουν την εμβέλεια του Bora στα 400 km. Ακόμα κι αν δεχτούμε μία συντηρητική εκτίμηση της μέγιστης εμβέλειας στα 300-350 km, εύκολα διαπιστώνεται ότι αρκετές από τις Μονάδες της ΠΑ είναι εντός βεληνεκούς του Bora από τα τουρκικά παράλια. Και φυσικά, η ακρίβεια των 10 m CEP είναι επαρκής για την πρόκληση σημαντικής ζημιάς σε διαδρόμους προσγείωσης, παγώνοντας την δραστηριότητα της αντίστοιχης Πτέρυγας για σημαντικό χρονικό διάστημα. Ο πύραυλος Bora εκτοξεύεται από εποχούμενο εκτοξευτήρα, δηλαδή από οπουδήποτε, καθιστώντας πρακτικά αδύνατη την έγκαιρη ανίχνευσή του. Οι παραδόσεις έχουν ολοκληρωθεί από το τέλος του 2020.

Το 2022 έγινε η δοκιμή του επόμενου βαλλιστικού πυραύλου Tayfun, ο οποίος έχει ολοκληρώσει την ανάπτυξη και βρίσκεται στο στάδιο μαζικής παραγωγής. Με εμβέλεια άνω των 560 km (διπλάσια από την ονομαστική εμβέλεια του Bora) είναι προφανές ότι καλύπτεται πολύ μεγάλο μέρος της ελληνικής επικράτειας. Δεν έχουν γίνει γνωστές πληροφορίες σχετικά με την πολεμική κεφαλή, οπότε δεν αποκλείεται ο Tayfun να αποτελεί επί της ουσίας μία έκδοση του Bora, με περισσότερο καύσιμο για την προώθηση, εις βάρος της πολεμικής κεφαλής. Οι προσπάθειες της γείτονος εκτιμάται ότι συνεχίζονται, καθώς έχουν εμφανιστεί πληροφορίες και βίντεο για έναν μεγαλύτερο βαλλιστικό πύραυλο που ονομάζεται Cenk που σημαίνει “πόλεμος” (σπάζοντας την παράδοση ονομάτων με βάση καιρικά φαινόμενα), ο οποίος εκτιμάται ότι θα έχει εμβέλεια άνω των 1.000 km. Η εξέλιξη του προγράμματος βαλλιστικών πυραύλων της γείτονος απεικονίζεται στον Πίνακα 2.

Διαπιστώνεται μία μακροπρόθεσμη και συνεπής προσπάθεια, η οποία διαρκεί πολλές δεκαετίες. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και στα περισσότερα προγράμματα οι Τούρκοι είναι ιδιαίτερα εξωστρεφείς, διαφημίζοντας τις προόδους τους, ειδικά στα προγράμματα βαλλιστικών πυραύλων διαπιστώνεται μία ιδιαίτερη μυστικοπάθεια. Για παράδειγμα, αν και οι προσπάθειές τους είχαν ξεκινήσει από τα μέσα της δεκαετίας του '90, με διάφορες χώρες όπως αναφέρθηκε, ακόμα και μέχρι σχεδόν τα μέσα της επόμενης δεκαετίας δεν υπήρχαν επαρκείς πληροφορίες για το τι συνέβαινε. Έτσι, ακόμα και οι ίδιοι διαπίστωσαν την ύπαρξη των πυραύλων WS-1/Kasirga όταν τον Ιούνιο 2004 ο τότε ΥΕΘΑ κ. Σπύλιος Σπηλιωτόπουλος στο πλαίσιο προτεινόμενων ΜΟΕ (Μέτρων Οικοδόμησης Εμπιστοσύνης) συμπεριέλαβε “την απομάκρυνση κινεζικών πυραύλων πυροβολικού μεγάλης εμβελείας από την Ίμβρο”. Αντίστοιχα, η ανάπτυξη του Bora έλαβε χώρα εν κρυπτών μέχρι την παρουσίαση και τη δοκιμή του το 2017, μυστικότητα η οποία “δείχνει ότι η Τουρκία έχει αποκτήσει τις αρχές διεξαγωγής στρατιωτικών ερευνών όπως εφαρμόζονται από τους μεγάλους παγκόσμιους παραγωγούς όπλων”.

Πίνακας 2: Εξέλιξη Προγράμματος Βαλλιστικών Πυραύλων Τουρκίας

Πύραυλος	Έτος	Εμβέλεια (km)	Κατηγορία	Βάρος (kg)	Κεφαλή (kg)	CEP (m)	Κατάσταση
MGM-140A ATACMS Block 1	1998	165	TBM	1673	560*	<250	Εν υπηρεσία
T-300 Kasirga	1998	100	ΠΕΠ**	524	150	~1000	Εν υπηρεσία
J-600T Yildirim	2001	150	TBM	2100	480	<150	Εν υπηρεσία
TRG-300 Kaplan /Blk III	2016	120	ΠΕΠ**	585	105	<10	Εν υπηρεσία
Bora/Khan	2017	280	TBM	2500	470	<10	Εν υπηρεσία
Tayfun	2022	561	SRBM	?	?	<5	Σε παραγωγή ή
CENK	?	>1000	MRBM	?	?	?	Υπό ανάπτυξη

* με υποπυρομαχικά

** ΠΕΠ: Πολλαπλός Εκτοξευτής Πυραύλων

Αντιαεροπορική – Αντιβαλλιστική Άμυνα

Ένα τυπικό αντιεροπορικό-αντιβαλλιστικό σύστημα (στη συνέχεια θα αναφέρεται ως “α/α σύστημα”) περιλαμβάνει ένα οργανικό ραντάρ, το οποίο ανιχνεύει, αναγνωρίζει και παρακολουθεί τους στόχους, ένα κέντρο διοίκησης μάχης και έναν αριθμό εκτοξευτήρων (launcher), ο καθένας εκ των οποίων διαθέτει έναν αριθμό πυραύλων ανάσχεσης, έτοιμους προς εκτόξευση. Ο πύραυλος ανάσχεσης (interceptor missile) εκτοξεύεται εναντίον του στόχου και ενημερώνεται μέσω ειδικής ζεύξης δεδομένων (datalink), μέχρι να αναλάβει το δικό του ραντάρ (αν υπάρχει). Το α/α σύστημα συχνά είναι συνδεδεμένο με ένα ραντάρ επιτήρησης μεγαλύτερης εμβελείας, το οποίο παρέχει στοιχεία ιδίως για επερχόμενους βαλλιστικούς πυραύλους, προειδοποιώντας και προετοιμάζοντας το α/α σύστημα. Επίσης, ένα μεγάλο α/α σύστημα συνδυάζεται για την προστασία του με μικρότερα α/α συστήματα, κυρίως για αντιμετώπιση πυραύλων πλεύσης, περιφερόμενων πυρομαχικών και μη επανδρωμένων αεροσκαφών (μηΕΑ).

Ένας βαλλιστικός πύραυλος αποτελεί τον πιο δύσκολο στόχο όσον αφορά την αεράμυνα, για την αντιμετώπιση του οποίου απαιτείται κατάλληλο αντιβαλλιστικό σύστημα, καθώς τα μαχητικά αεροσκάφη (Α/Φ) δεν μπορούν να κάνουν τίποτα εναντίον του. Προφανώς, η απόσταση αναχαίτισης ενός βαλλιστικού είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με ένα αργό Α/Φ ή ακόμα κι από ένα μαχητικό. Ως εκ τούτου, μπορούμε να κατατάξουμε τους πιθανούς στόχους που θα πρέπει να αντιμετωπίσει ένα α/α σύστημα στις ακόλουθες κατηγορίες:

α. Μεγάλα και αργά Α/Φ, π.χ. μεταγωγικά Α/Φ, ιπτάμενα ραντάρ, Α/Φ εναέριου ανεφοδιασμού καυσίμου, Α/Φ ναυτικής συνεργασίας: τέτοιοι στόχοι δίνουν μεγάλο ίχνος στο ραντάρ, ενώ δεν έχουν δυνατότητα ελιγμού, επιτρέποντας τις μέγιστες εμβέλειες αντιμετώπισης. Προφανώς, οι ονομαστικές εμβέλειες που αναφέρουν οι κατασκευαστές των διαφόρων α/α συστημάτων αφορούν τέτοιους “εύκολους” στόχους. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν και τα μεγάλα μη επανδρωμένα Α/Φ, τα οποία έχουν επαρκές ίχνος και δεν ελίσσονται.

β. Μαχητικά Α/Φ: αποτελούν πολύ πιο δύσκολο στόχο, δεδομένου ότι έχουν μεγάλη δυνατότητα ελιγμών, ενώ διαθέτουν σύστημα αυτοπροστασίας, το οποίο προειδοποιεί για τη θέση και τη λειτουργία του α/α συστήματος και ενδεχομένως μπορεί να το παρεμβάλει, καθώς και το ραντάρ του επερχόμενου πυραύλου ανάσχεσης. Είναι αυτονόητο ότι η απόσταση στην οποία ένα α/α σύστημα μπορεί να αναχαίτισει ένα μαχητικό είναι σαφώς μειωμένη σε σχέση με ένα αργό Α/Φ, καθώς ο πύραυλος θα πρέπει να έχει επαρκή αποθέματα κινητικής ενέργειας, ώστε να μπορεί να ακολουθήσει τον ελίσσόμενο στόχο.

γ. Πύραυλοι πλεύσης (cruise missile): αυτοί είναι κατά κανόνα χαμηλά ιπτάμενοι στόχοι, μη ελίσσόμενοι και με υποηχητική ταχύτητα. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν και τα περιφερόμενα πυρομαχικά, όπως π.χ. το γνωστό πλέον Shaged 136 που χρησιμοποιείται κατά κόρον από τη Ρωσία. Η δυσκολία στην αντιμετώπισή τους έγκειται στην ανίχνευσή τους, καθώς πετούν κάτω από τον ορίζοντα ραντάρ, εκμεταλλευόμενοι το ανάγλυφο του εδάφους. Από τη στιγμή που θα αποκαλυφθούν, από οποιοδήποτε ραντάρ ή αισθητήρα και όχι οπωσδήποτε από το οργανικό ραντάρ του α/α συστήματος, η αντιμετώπιση θα μπορούσε να γίνει ακόμα και από κάποιο μαχητικό που βρίσκεται σε περιπολία. Η απόσταση αποκάλυψης από το ραντάρ του α/α συστήματος εξαρτάται από τη θέση του συστήματος και τη σχετική γεωγραφία, οπότε δεν μπορεί να εκτιμηθεί εκ των προτέρων και δεν θα εξεταστεί στην παρούσα μελέτη.

δ. Βαλλιστικοί πύραυλοι: όπως αναλύθηκε, αυτή είναι η πιο δύσκολη κατηγορία στόχου, καθώς ένας βαλλιστικός πέφτει σχεδόν κατακόρυφα και με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Συνήθως χρησιμοποιείται κάποιο άλλο εξειδικευμένο ραντάρ, για να προειδοποιήσει το α/α σύστημα και να του μεταφέρει τα στοιχεία για την επερχόμενη απειλή, καθώς το οργανικό ραντάρ μπορεί να μην είναι σε θέση να αποκαλύψει έγκαιρα τον στόχο και να προλάβει να ενεργοποιήσει και να εξαπολύσει κάποιο πύραυλο εναντίον του. Η απόσταση αντιμετώπισης είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τα προαναφερθέντα είδη στόχων, καθώς η αναχαίτιση γίνεται καθ’ ύψος, ενώ ο πύραυλος ανάσχεσης θα πρέπει να διατηρεί πολύ υψηλά περιθώρια κινητικής ενέργειας και να διαθέτει μεγάλη δυνατότητα ελιγμών. Φυσικά η καθοδήγηση θα πρέπει να είναι ανάλογα ακριβής, ώστε να μπορέσει να πλήξει τον στόχο. Σημειώνεται ότι, ειδικότερα στις μεγαλύτερες κατηγορίες βαλλιστικών (IRBM-ICBM), για την περιγραφή της έκτασης του εδάφους που προστατεύει ένα αντιβαλλιστικό σύστημα χρησιμοποιείται το “βαλλιστικό αποτύπωμα” (Ballistic

Missile footprint). Στην παρούσα μελέτη, η οποία αφορά κατά κύριο λόγο TBM-SRBM και οριακά MRBM, θα διατηρηθεί η χρήση της οριζόντιας απόστασης (range).

ε. **Μικρά μη επανδρωμένα αεροσκάφη (μηΕΑ):** αυτά θεωρούνται ως ξεχωριστή κατηγορία, διότι το μικρό τους μέγεθος παρέχει μικρό ίχνος ραντάρ, με αποτέλεσμα να ανιχνεύονται σε πολύ μικρή απόσταση. Βεβαίως, δεν έχει έννοια η εκτόξευση ενός μεγάλου (και ακριβού) πυραύλου ανάσχεσης εναντίον ενός ή περισσότερων μικρών μηΕΑ ελαχίστου κόστους. Ωστόσο, ένα σμήνος από μικρά μηΕΑ ενδεχομένως θα μπορούσε να καταστρέψει το α/α σύστημα, χτυπώντας π.χ. την κεραία του οργανικού ραντάρ. Ο κίνδυνος αυτός ενισχύει την απαίτηση προστασίας ενός μεγάλου α/α συστήματος από μικρότερα α/α συστήματα, τα οποία θα μπορούσαν πιο αποτελεσματικά να αναλάβουν τον ρόλο αντι-μηΕΑ. Σε κάθε περίπτωση όμως, η ζημιά που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τα μικρά μη επανδρωμένα είναι περιορισμένη (λόγω πολύ μικρού ωφέλιμου φορτίου), ενώ υπάρχουν και σαφείς περιορισμοί όσον αφορά την εμβέλειά τους, οπότε και αυτά είναι εκτός αντικειμένου της παρούσας μελέτης.

Έχοντας λοιπόν ως δεδομένο ότι υπάρχουν και απειλές οι οποίες δεν αναχαιτίζονται (βλ. Oreshnik), θα επιχειρηθεί η εξέταση δυνατότητας αντιμετώπισης απειλών των κατηγοριών TBM-SRBM-MRBM και η σύγκριση μεταξύ έξι α/α συστημάτων, τα οποία διαθέτουν αντιβαλλιστικές ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, πέραν της συγκέντρωσης και καταγραφής στοιχείων για τον πύραυλο ανάσχεσης κάθε συστήματος, όπως η μέγιστη εμβέλεια ανίχνευσης του ραντάρ και εμπλοκής, θα γίνει εκτίμηση της εμβέλειας εναντίον μαχητικών, καθώς και εναντίον βαλλιστικών πυραύλων, με τις ανάλογες απεικονίσεις, με σκοπό τη διευκόλυνση της σύγκρισης. Τα στοιχεία αυτά έχουν καταγραφεί στον Πίνακα 3 και αναλύονται στη συνέχεια. Για κάθε τιμή του Πίνακα 3 παρέχεται ο ανάλογος σύνδεσμος προς την πηγή από την οποία προέκυψε η τιμή αυτή, ενώ με κόκκινο αναγράφονται οι τιμές που δίνονται κατ' εκτίμηση, όπως εξηγείται στην αντίστοιχη περιγραφή. Επίσης, στην Εικόνα 8 απεικονίζονται οι εμβέλειες των πυραύλων και των ραντάρ των 6 α/α συστημάτων, ενώ στην Εικόνα 9 απεικονίζονται οι εμβέλειες των πυραύλων πάνω σε χάρτη, υποθέτοντας ότι το α/α σύστημα βρίσκεται στη θέση που εμφανίζεται στην εφαρμογή Google Maps ως "Πρώην Αεροπορική Βάση Κερατέας" (η θέση είναι απλά ενδεικτική, εκεί βρίσκεται μία εγκαταλελειμμένη βάση της ΠΑ).



Εικόνα 4: Εκτοξευτήρας του συστήματος Patriot της ΠΑ (Εκθεση στην 114ΠΜ, στο πλαίσιο εορτής Προστάτη ΠΑ, 09-11-24.)

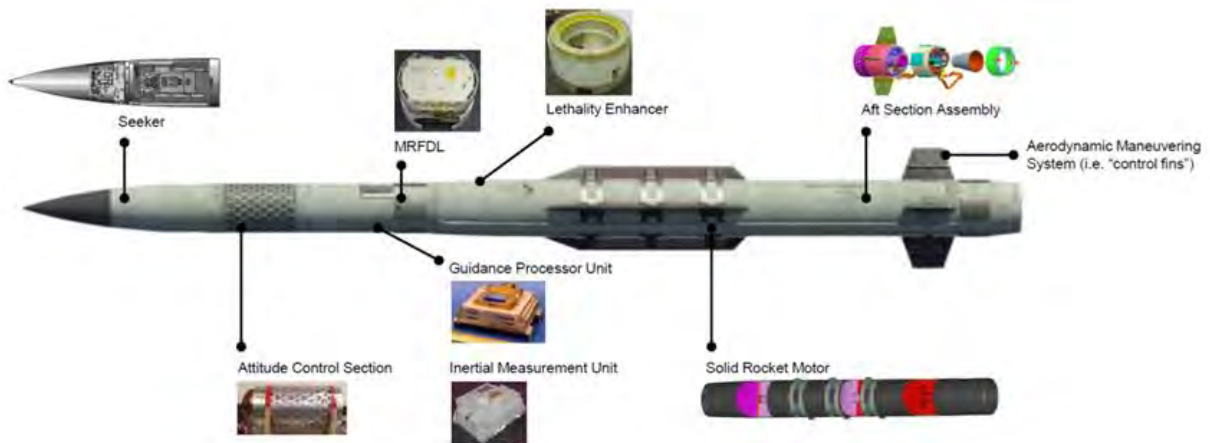
1. Patriot PAC-2 GEM (Patriot Advanced Capability-2 Guidance Enhanced Missile)

Το πρώτο α/α σύστημα που θα εξεταστεί είναι το Patriot που ήδη διαθέτει η ΠΑ και ειδικότερα ο πύραυλος MIM-104D PAC-2 GEM της Raytheon. Ο συγκεκριμένος πύραυλος είναι κυρίως εναντίον Α/Φ αλλά διαθέτει και περιορισμένες αντιβαλλιστικές ιδιότητες. Η μέγιστη εμβέλεια του PAC-2 GEM είναι 170 km, ενώ από ανοικτές πηγές προκύπτει ότι η εμβέλεια εναντίον μαχητικών ανέρχεται στα 110 km και εναντίον βαλλιστικών (TBM) στα 20 km.

Ειδική μνεία θα πρέπει να γίνει στην κάλυψη του οργανικού ραντάρ, το οποίο είναι το AN/MPQ-65 τεχνολογίας PESA (Passive Electronically Scanned Array). Το ραντάρ είναι σταθερό (χωρίς μηχανική σάρωση) και δεν καλύπτει 360°, παρά μόνο έναν τομέα 120°, αν και μπορεί να περιστραφεί, εάν απαιτηθεί. Θα πρέπει να ληφθεί

υπόψη το γεγονός ότι στα ραντάρ ηλεκτρονικής σάρωσης η απόδοση της κεραίας μειώνεται όσο αυξάνει η γωνία της δέσμης ως προς την κάθετο στην επιφάνεια της κεραίας. Έτσι, σε γωνία 60° ως προς την κάθετο, το κέρδος της κεραίας πέφτει περίπου στο 40%, ενώ η μέγιστη εμβέλεια στο 63% (όπως έχει εξηγηθεί εδώ, σελ. 80). Για το λόγο αυτό, το σύστημα Patriot εκτελεί έρευνα συνήθως σε έναν τομέα 90° και αν έχει ήδη εγκλωβισθεί στόχος, η παρακολούθηση μπορεί να επεκταθεί έως τις ±60°. Για το λόγο αυτό, η κάλυψη του ραντάρ και του α/α συστήματος εν γένει δεν σχηματίζει κυκλικό τόξο αλλά μειώνεται σταδιακά όσο αυξάνει η γωνία ως προς την κάθετο στην επιφάνεια της κεραίας. Τέλος, σημειώνεται ότι ο υπόψη πύραυλος δεν διαθέτει ενεργό ραντάρ αλλά αξιοποιεί την τεχνολογία Track Via Missile, η οποία έχει ορισμένους περιορισμούς, καθώς απαιτεί συνεχή επαφή του οργανικού ραντάρ με τον πύραυλο ανάσχεσης.

Επομένως, αν και το σύστημα Patriot αποτελεί το στάνταρ της αγοράς και αξιοποιείται από 19 χώρες, είναι προφανές ότι έχει ορισμένους εγγενείς περιορισμούς, καθώς αποτελεί σχεδίαση της δεκαετίας του '70 για ένα ρυμουλκούμενο (και όχι αυτοκινούμενο σύστημα) που καλύπτει έως 120° (και όχι 360°), με ό,τι αυτό συνεπάγεται. Επίσης έχει υψηλό κόστος, με τον κάθε πύραυλο (στην πιο σύγχρονη έκδοση GEM-T) να αγγίζει τα 5,5 εκατ. \$. Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η μεγάλη απαίτηση σε προσωπικό για τη λειτουργία του, καθώς χρειάζονται 90 άτομα για κάθε πυροβολαρχία.



Εικόνα 5: Διάγραμμα του πυραύλου PAC-3 MSE (https://f35.com/content/dam/lockheed-martin/mfc/documents/pac-3/24-09790-iamd-pac-3-mse-partner-ppt-updates_r2.pdf)

2. Patriot PAC-3 MSE (Missile Segment Enhancement)

Το δεύτερο α/α σύστημα αποτελεί εξέλιξη του πρώτου, καθώς και του PAC-3 CRI (Cost Reduction Initiative), παρουσιάζοντας αυξημένες αντιβαλλιστικές ικανότητες. Ο πύραυλος PAC-3 MSE είναι ελαφρύτερος και με μικρότερη διάμετρο, με αποτέλεσμα ο κάθε εκτοξευτήρας να διαθέτει 16 πυραύλους, έναντι των 4 PAC-2 GEM. Ακολουθεί την τεχνολογία Hit-to-kill, δηλαδή δεν διαθέτει μία μεγάλη πολεμική κεφαλή, η οποία εκρήγνυται πλησίον του στόχου, αλλά στοχεύει και χτυπά τον στόχο, αξιοποιώντας την κινητική του ενέργεια. Ωστόσο, διατηρεί μία μικρή πολεμική κεφαλή (8,2 kg) για επαύξηση της φονικότητας (ως lethality enhancer), καθώς και για σκοπούς αυτοκαταστροφής εάν απαιτηθεί. Το ραντάρ θεωρείται ότι είναι το βελτιωμένο AN/MPQ-65A τεχνολογίας AESA (Active Electronically Scanned Array), με εμβέλεια αυξημένη στα 190 km, αν και παραμένει ο περιορισμός σχετικά με τις αυξημένες γωνίες της δέσμης.

Ο PAC-3 MSE διαθέτει ενεργό ραντάρ υψηλής ακριβείας που λειτουργεί στην περιοχή συχνοτήτων Ka, κινητήρα “διπλού παλμού” (επιταχύνοντας σε δεύτερη φάση, για επαύξηση της απόστασης), ενώ έχει αυξημένες δυνατότητες τερματικών ελιγμών χάρη σε 180 μικρούς κινητήρες ελέγχου στάσης Attitude Control Motors (ACM, της Aerojet Rocketdyne) και βρίσκονται στο εμπρόσθιο μέρος του πυραύλου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.

Ως αποτέλεσμα, ο PAC-3 MSE αναφέρεται ότι μπορεί να αναχαιτίσει βαλλιστικό πύραυλο σε απόσταση έως και 60 km και στα 36 km καθ' ύψος, ενώ μπορεί να αντιμετωπίσει ακόμα και κατηγορία MRBM. Αντιθέτως, η εμβέλεια εναντίον αεροδυναμικών στόχων εμφανίζεται μειωμένη σε σχέση με τον PAC-2 GEM, στα 120 km η μέγιστη και 90 km εναντίων μαχητικών. Γενικά, ο PAC-3 MSE είναι βελτιστοποιημένος για αντιβαλλιστική χρήση, προσφέροντας προστασία σε πολύ μεγαλύτερο “βαλλιστικό αποτύπωμα” (TBM footprint). Από την άλλη, το κόστος είναι εξαιρετικά

υψηλό (πάνω από 8 εκατ. \$ έκαστος, ενώ άλλες αναφορές ανεβάζουν το κόστος στα 9,7 εκατ. \$), ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά πάγια πρακτική εκτοξεύονται δύο πύραυλοι εναντίον ενός βαλλιστικού πυραύλου, εκτοξεύοντας αναλόγως το κόστος σχεδόν στα 20 εκατ. \$ ανά βολή.



Εικόνα 6: Εκτοξευτήρας του α/α συστήματος SAMP/T (<https://eurosam.com/ground-systems/>)

3. SAMP/T (Sol-Air Moyenne Portée/Terrestre) ASTER 30 Block 1

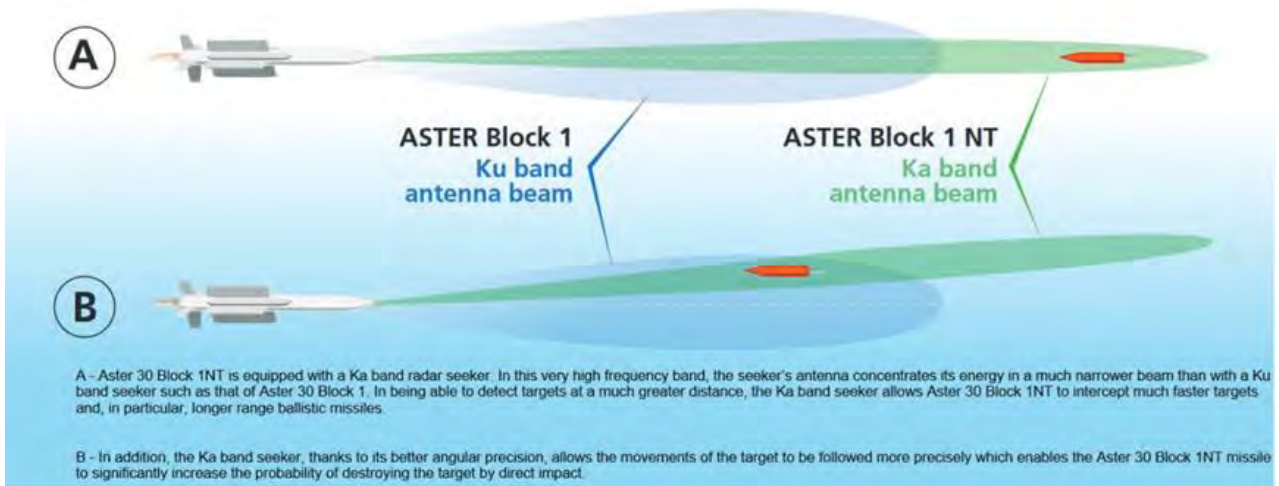
Το γαλλο-ιταλικό α/α σύστημα SAMP/T της κοινοπραξίας Eurosam (MBDA και Thales) περιλαμβάνει το ραντάρ Arabel, ένα κέντρο εμπλοκής με τις απαραίτητες κονσόλες και 4-6 αυτοκινούμενους εκτοξευτήρες κάθετης εκτόξευσης, με 8 πυραύλους Aster 30 Block 1 ο καθένας. Η Γαλλία διαθέτει 8 συστήματα SAMP/T (τα οποία στις γαλλικές ΕΔ ονομάζονται Mamba, εκ του “Moyen de défense Anti-Missile Balistique et Aérobic”), ενώ η Ιταλία 5 συστήματα. Το 2013, η Σιγκαπούρη επέλεξε το υπόψη α/α σύστημα. Σύμφωνα με διάφορες πηγές, προμηθεύτηκε 2 πυροβολαρχίες με 100 πυραύλους Aster 30 εκάστη (μπορούμε να υποθέσουμε μία τυπική διαμόρφωση με 6 εκτοξευτήρες των 8 πυραύλων για κάθε πυροβολαρχία, με δύο φόρτους), με συνολικό κόστος 651 εκατ. € (σημερινής αξίας λίγο πάνω από 800 εκατ. €). Ως οργανικό ραντάρ, φέρεται να έχει επιλεγθεί το Ground Master 200 της Thales (αντί του Arabel), ενώ το σύστημα έχει διασυνδεθεί με τα ραντάρ AN/FPS-117 και Giraffe AMB.

Ο Aster 30 αναπτύχθηκε από την Aérospatiale (νυν MBDA) ως πύραυλος ανάσχεσης, μαζί με τον μικρότερο Aster 15, ο οποίος προορίζεται κυρίως για αυτοάμυνα. Το όνομα Aster προέρχεται από το «Aérospatiale Terminale» αλλά και από το ελληνικό “Αστήρ”. Είναι ένας πολύ ικανός πύραυλος ανάσχεσης, δύο σταδίων, με εμβέλεια 120 km και μέγιστο ύψος 20 km, επιτρέποντας την αντιμετώπιση βαλλιστικών κατηγορίας 600 km. Εκτός από υψηλή ταχύτητα (Mach 4,5), ο Aster 30 διαθέτει ένα πρωτοποριακό σύστημα ελέγχου κατευθυνόμενης ώθησης και αεροδυναμικού ελέγχου που ονομάζεται PIF-PAF (Pilotage en Force – Pilotage Aérodynamique Fort), το οποίο επιτρέπει ελιγμούς υψηλής φόρτισης και παρέχει δυνατότητα Hit-to-kill. Πέραν του SAMP/T, ο Aster 30 χρησιμοποιείται από πολλές ναυτικές δυνάμεις, όπως της Γαλλίας, Ιταλίας, Μεγ. Βρετανίας, Κατάρ και του δικού μας ΠΝ, καθώς θα αποτελέσει τον βασικό οπλισμό των νέων φρεγατών FDI.

Όπως προκύπτει από ανοικτές πηγές, η εμβέλεια εναντίον μαχητικών εκτιμάται στα 70 km και εναντίον βαλλιστικών περίπου στα 32 km, ενώ το σύστημα καλύπτει 360°. Οι επιδόσεις του ραντάρ Arabel είναι μάλλον οριακές, οπότε για την αντιμετώπιση βαλλιστικών θα πρέπει να υπάρξει διασύνδεση με μεγαλύτερο ραντάρ, όπως άλλωστε έκανε η Σιγκαπούρη. Το κόστος του Aster 30 B1 υπολογίζεται σε σχεδόν 2,5 εκατ. € σημερινής αξίας, λαμβάνοντας υπόψη παλαιότερες τιμές συν τον πληθωρισμό. Τέλος, σημειώνεται ότι η κάθε πυροβολαρχία SAMP/T χρειάζεται προσωπικό 14-20 ατόμων, εν αντιθέσει με τα 90 άτομα για το Patriot.

Πρόσφατα, στο πλαίσιο της επιχείρησης “Ασπίδες” στην Ερυθρά Θάλασσα, η γαλλική φρεγάτα Alsace τύπου FREMM ανίχνευσε, ενέπλεξε και κατέρριψε 3 βαλλιστικούς πυραύλους των Χούτι με 3 Aster 30 σε ταχεία διαδοχική εκτόξευση (salvo), γεγονός το οποίο αποτέλεσε την πρώτη εμπλοκή σε πραγματικές συνθήκες, αναδεικνύοντας και την ικανότητα του συστήματος για κατέρριψη με μία βολή ανά στόχο. Ανάλογη εμπλοκή συνέβη ένα μήνα αργότερα,

με το βρετανικό αντιτορπιλικό HMS Diamond, το οποίο κατέρριψε έναν βαλλιστικό πύραυλο εναντίον πλοίων, πιθανότατα τύπου Fateh-110, ο οποίος είχε εκτοξευτεί από την Υεμένη, με τη χρήση ενός Aster 30. Επίσης, σε πραγματικές συνθήκες καταρρίφθηκαν και πολλά μηΕΑ των Χούτι.



Εικόνα 7: Σύγκριση της δέσμης του ραντάρ του Aster 30 B1 με αυτήν του Aster 30 B1NT. Η υψηλότερη περιοχή συχνοτήτων Ka παρέχει πολύ πιο στενή δέσμη σε σχέση με την Ku και αναλόγως αυξημένη ακρίβεια, επιτρέποντας την επίτευξη άμεσης κρούσης (hit-to-kill). (<https://www.navalnews.com/naval-news/2024/10/first-test-firing-of-new-french-italian-aster-30-b1-nt-surface-to-air-missile/>)

4. SAMP/T NG (New Generation) ASTER 30 Block 1 NT (New Technology)

Η εξέλιξη του α/α συστήματος SAMP/T είναι το SAMP/T NG, το οποίο αναμένεται το 2026 και θα βασίζεται στο πολύ ικανότερο ραντάρ Ground Fire 300 της Thales για τη Γαλλία ή το Kronos Grand Mobile High Power της Leonardo για την Ιταλία. Το Ground Fire 300 είναι εποχούμενο, τεχνολογίας AESA, έχει εμβέλεια >350 km, καλύπτει 360°, καθώς και 90° στο κατακόρυφο επίπεδο, δηλαδή δεν αφήνει κενό (cone of silence) πάνω από το ραντάρ. Το SAMP/T NG περιλαμβάνει και μία μονάδα διοίκησης και ελέγχου για κάθε πυροβολαρχία.

Ο νέος πύραυλος είναι ο Aster 30 Block 1 NT, με εμβέλεια αυξημένη στα 150 km και 25 km καθ' ύψος. Διαθέτει ραντάρ υψηλής ακριβείας στην περιοχή λειτουργίας Ka και μπορεί να αντιμετωπίσει βαλλιστικούς της κατηγορίας των 1500 km (MRBM), καθώς και πολυηχητικούς πυραύλους (hypersonic). Αναλόγως αυξημένο είναι και το κόστος του, το οποίο εκτιμάται στα 4,5 εκατ. €. Η πρώτη δοκιμή του Aster 30 B1NT έλαβε χώρα την 08-10-24 και ήταν επιτυχής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το SAMP/T NG θα συνδυάζεται με άλλα μικρότερα α/α συστήματα, όπως το VL MICA (Vertical Launch MICA, με τους πυραύλους που ήδη αξιοποιεί ΠΑ σε φορέα κάθετης εκτόξευσης, για προστασία σε ακτίνα 20 km), το MISTRAL (έως 8 km) και μελλοντικά το VL MICA NG (έως 40 km), σχηματίζοντας ένα σύστημα πολλαπλών στρωμάτων. Γενικότερα, το SAMP/T NG εκτιμάται ότι είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα, με υψηλή ευελιξία και μεγάλες δυνατότητες αντιμετώπισης όλων των απειλών.

Δεδομένου ότι οι χώρες κατασκευής του SAMP/T NG ανήκουν στο NATO, αυτό θα διαθέτει όλα τα απαιτούμενα νατοϊκά πρωτόκολλα για να διασυνδεθεί με το ελληνικό Σύστημα Αεροπορικού Ελέγχου (ΣΑΕ), όπως βέβαια και το Patriot. Επίσης, οι εν λόγω χώρες ανήκουν και στην Ευρώπη, με ό,τι θετικό θα συνεπαγόταν η επιλογή του, στο πλαίσιο της ΕΕ. Δεν θα πρέπει να μας διαφεύγει ότι οι χώρες κατασκευής συγκαταλέγονται μεταξύ και των κύριων πιστωτών της χώρας, καθώς διακρατούν μεγάλο ποσοστό του χρέους της Ελλάδας, συμμετέχοντας στον Ευρωπαϊκό Μηχανισμό Σταθερότητας.

Πρόσφατα ανακοινώθηκε ότι η Γαλλία αποφάσισε την προμήθεια 8 α/α συστημάτων SAMP/T NG, ενώ η Ιταλία 10 συστημάτων, χωρίς να γίνουν γνωστές άλλες λεπτομέρειες για τη διαμόρφωση ή το κόστος.

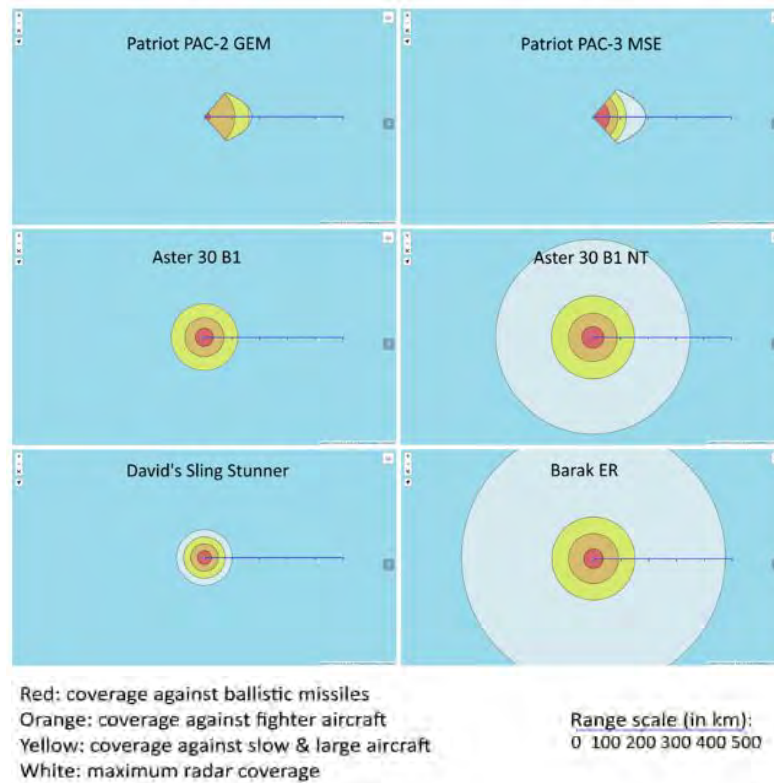
Missile Defense issues

Πίνακας 3: Στοιχεία πυραύλων ανάσχεσης αντιαεροπορικών-αντιβαλλιστικών συστημάτων

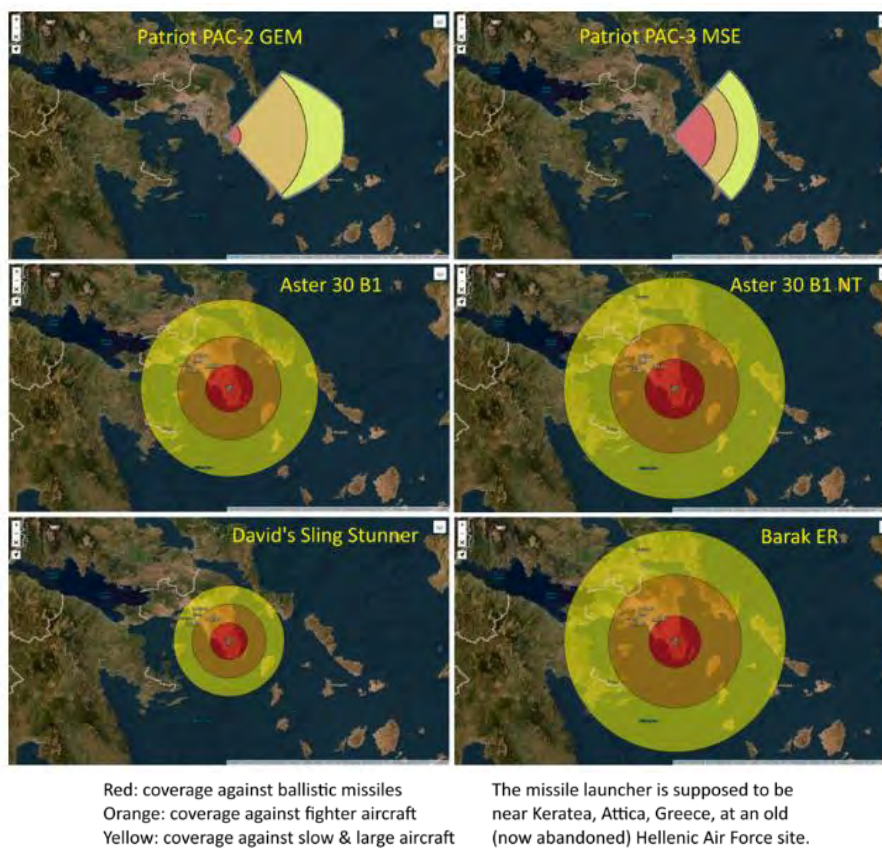
Missile	RTX (Raytheon) PAC-2 GEM	Lockheed Martin PAC-3 MSE	Eurosam Aster 30 B1	Eurosam Aster 30 B1 NT	Rafael / Raytheon Stunner	IAI Barak ER
Length (m)	5.3	5.3	4.9	4.9	4.6	5.8
Diameter (m)	0.41	0.255	0.18	0.18	0.35	0.227/0.35
Mass (kg)	900	312	450	450	400	400
Warhead (kg)	90	HTK 8.2	HTK 15	HTK 15	HTK	23 (?)
Maximum range (km)	160	120	>120	>150	75	150
Range vs fighters	110	90	70	87,5	50	90
Range vs TBM	20	60	32	40	25	35
Altitude (km)	24	36	20	25	15	30
Maneuver (G)	30	>30	60	60	?	50
Missile cost (Million €/€)	5.5 M\$ (GEM-T)	8.3 M\$	2.5 M€	4.5 M€	1 M\$?
Target category (km)	TBM	MRBM	600	1500 Hypersonic	40-300	500
Speed (Mach)	3+	>3	4.5	4.5	7,5 (?)	>3
Sensors & guidance	Command guidance with TVM, SAH	Ka band Radar, IMU, dual-pulse, ACM	Ku band Radar, INS, two-stage, Pif-Paf	Ka band Radar, INS, two-stage, Pif-Paf	Radar+ EO/IR, two-stage three-pulse	INS/GPS, Radar, two-stage three-pulse
System radar	MPQ-65	MPQ-65A	Arabel	Ground Fire 300	ELM-2084	ELM-2084 MMR, ELM-2311 C-MMR, ELM-2138M
Freq. Band	C	C	X	S	S	S
System radar range (km)	170	190	60 search, 120 focus	350-400	100 in FCR mode	475
Users	19 countries	16 countries	France, Italy, UK, Singapour, Greece...	France, Italy, UK...	Israel, Finland.	Israel, India, Morocco, Colombia, Azerbaijan, Cyprus, Slovakia...

HTK: Hit to kill, TVM: Track Via Missile, SAH: Semi Active Homing, TBM: Tactical Ballistic Missile, MRBM: Medium-range ballistic missile, EO: Electro-Optical, INS: Inertial Navigation System, IMU: Inertial Measurement Unit, FCR: fire control radar.

Missile Defense issues



Εικόνα 8: Εκτιμώμενη κάλυψη πυραύλων ανάσχεσης (interceptor missile) 6 αντιαεροπορικών-αντιβαλλιστικών συστημάτων. Με κόκκινο χρώμα είναι η εκτιμώμενη κάλυψη εναντίον βαλλιστικών πυραύλων (TBM), με πορτοκαλί εναντίον μαχητικών Α/Φ και με κίτρινο εναντίον μεγάλων-αργών Α/Φ, κάλυψη η οποία συμπίπτει με την μέγιστη εμβέλεια. Με λευκό χρώμα αναπαρίστανται η κάλυψη του οργανικού ραντάρ του α/α συστήματος.



Εικόνα 9: Εκτιμώμενη κάλυψη πυραύλων ανάσχεσης 6 αντιαεροπορικών-αντιβαλλιστικών συστημάτων, τα οποία υποτίθεται ότι είναι τοποθετημένα στην "Πρώην Αεροπορική Βάση Κερατέας" (μία εγκαταλελειμμένη βάση της ΠΑ). Με κόκκινο χρώμα είναι η εκτιμώμενη κάλυψη εναντίον βαλλιστικών πυραύλων (TBM), με πορτοκαλί εναντίον μαχητικών Α/Φ και με κίτρινο εναντίον μεγάλων-αργών Α/Φ. Τα διαγράμματα έγιναν με τη βοήθεια του <https://www.freemaptools.com/concentric-circles.htm>.



Εικόνα 10: Εκτόξευση πυραύλου Tamir από εκτοξευτήρα του συστήματος Iron Dome (<https://www.rafael.co.il/system/iron-dome/>)

Rafael/Raytheon Iron Dome (Σιδηρούς Θόλος)

Το σύστημα Iron Dome της Rafael είναι πολύ μικρότερης εμβελείας και σε καμία περίπτωση δεν είναι συγκρίσιμο με τα υπόλοιπα συστήματα που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη. Ο λόγος που γίνεται αναφορά σε αυτό είναι για να διευκρινιστούν ορισμένα μεγέθη, να αναδειχθεί η σημασία της εμβελείας του πυραύλου ανάσχεσης και να επισημανθούν ορισμένες συχνές παρανοήσεις.

Το Iron Dome έχει αναπτυχθεί από την ισραηλινή Rafael σε συνεργασία με την αμερικανική Raytheon με σκοπό την όσο το δυνατόν πιο οικονομική αντιμετώπιση ρουκετών και πάσης φύσεως βλημάτων, όπως για παράδειγμα οι αυτοσχέδιες ρουκέτες που εκτοξεύει η Χαμάς εναντίον του Ισραήλ. Σύμφωνα με την κατασκευάστρια, έχει αναχαιτίσει πάνω από 5.000 ρουκέτες με επιτυχία της τάξης του 90%.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι στην ιστοσελίδα της Rafael παρέχονται ελάχιστα στοιχεία σχετικά με το σύστημα, αφήνοντας άλλες ιστοσελίδες να το παρουσιάζουν κατά το δοκούν. Έτσι, στην πλειονότητα των ΜΜΕ διαβάζουμε ότι το υπόψη σύστημα “έχει εμβέλεια 4-70 km”. Όμως, στην ιστοσελίδα της Raytheon, αναφέρεται ότι ο πύραυλος Tamir του Iron Dome αντιμετωπίζει ρουκέτες, βλήματα πυροβολικού, όλμους και γενικότερα “απειλές που έχουν εκτοξευτεί από αποστάσεις 4-70 km”, κάτι το οποίο είναι φυσικά πολύ διαφορετικό.

Σε άλλες πηγές, αναφέρεται ότι ο πύραυλος Tamir έχει μήκος 3 m, διάμετρο 0,16 m και βάρος εκτόξευσης 90 kg. Τα μεγέθη αυτά (και ιδίως το μήκος και το βάρος) παραπέμπουν στον γνωστό πύραυλο αέρος-αέρος AIM-9 Sidewinder της Raytheon, αν και ο τελευταίος έχει λίγο μικρότερη διατομή (0,127 m). Η τελευταία έκδοση AIM-9X έχει εκτιμώμενη εμβέλεια της τάξης των 20 km (“more than ten miles”), ενώ στο σύστημα εδάφους-αέρος NASAMS η εμβέλεια του AIM-9X περιορίζεται στα 12 km. Προφανώς, δεν είναι δυνατόν δύο παρόμοιοι πύραυλοι, ο Tamir και ο AIM9X, να έχουν τόσο διαφορετικές επιδόσεις.

Τέλος, σύμφωνα με την ιστοσελίδα της Raytheon, κάθε μία πυροβολαρχία μπορεί να υπερασπιστεί έκταση σχεδόν 60 τετραγωνικών μιλίων. Αν θεωρήσουμε ότι το σύστημα καλύπτει έναν κύκλο με εμβαδόν 60 τετρ. μιλίων ή 155 km², τότε η ακτίνα του κύκλου αυτού είναι ακριβώς 7 km. Επομένως, η εμβέλεια του πυραύλου Tamir εκτιμάται ότι είναι 7 km (και όχι 70 km), αν και σε κάποιες πηγές αναφέρεται εμβέλεια 10 km, σε ύψος έως 3 km.



Εικόνα 11: Εκτιμώμενη κάλυψη του πυραύλου Tamir του Iron Dome, το οποίο υποτίθεται ότι βρίσκεται στην “Πρώην Αεροπορική Βάση Κερατέας” (είναι ο μικρός κύκλος ΝΑ της Αθήνας). Είναι προφανές ότι το εν λόγω σύστημα παρέχει πολύ μικρή κάλυψη σε σχέση με τα υπόλοιπα α/α συστήματα, ενώ δεν προσφέρει ουσιαστική κάλυψη εναντίον βαλλιστικών πυραύλων. Η συνεχής αναφορά των ΜΜΕ στο Iron Dome εννοώντας γενικώς “συστήματα αεράμυνας” δείχνει άγνοια, ενώ παραπέμπει σε συγκεκριμένο προϊόν, επηρεάζοντας τον (άτυπο) διαγωνισμό.

Κατόπιν τούτων, διαπιστώνεται ότι ο Σιδηρούς Θόλος δεν έχει ιδιαίτερη χρησιμότητα για τον ελληνικό χώρο, καθώς είναι πολύ μικρής κατηγορίας (δεν μπορεί να αντιμετωπίσει ΤΒΜ όπως ο Yildirim ή ο Bora), ενώ δεν αναμένεται εκτόξευση ρουκετών από τέτοιες αποστάσεις.



Εικόνα 12: Ο πύραυλος ανάσχεσης Stunner του α/α συστήματος David's Sling, με το χαρακτηριστικό “δελφινοειδές” ρύγχος, όπου φιλοξενείται ένας ηλεκτρο-οπτικός αισθητήρας, καθώς και ένα ραντάρ (<https://www.flightglobal.com/rafael-eyes-dolphin-head-nose-design-for-air-to-air-missiles/102269.article>).

5. Rafael/Raytheon David's Sling (Σφενδόνη του Δαυίδ)

Το α/α σύστημα David's Sling αναπτύχθηκε από την Rafael σε συνεργασία με την Raytheon, για την κάλυψη των μεσαίων αποστάσεων και είναι επιχειρησιακό στις Ισραηλινές ΕΔ από το 2017. Ο πύραυλος ανάσχεσης ονομάζεται Stunner και είναι τεχνολογίας Hit-to-kill, δηλαδή δεν διαθέτει πολεμική κεφαλή αλλά προσπαθεί να καταστρέψει τον στόχο προσκρούοντας σε αυτόν. Είναι δύο σταδίων προώθησης και “τριών παλμών”, καθώς λίγο πριν την πρόσκρουση ενεργοποιείται εκ νέου ο πυραυλοκινητήρας, για αύξηση της ταχύτητας. Διαθέτει δύο αισθητήρες, ένα ραντάρ και έναν ηλεκτρο-οπτικό (CCD/IR). Η Raytheon αναπτύσσει έναν αντίστοιχο πύραυλο ανάσχεσης που ονομάζεται SkyCeptor, ενώ η όλη προσπάθεια αποβλέπει στην ανάπτυξη ενός οικονομικού πυραύλου ανάσχεσης για το σύστημα Patriot που θα λέγεται PAAC-4 (Patriot Advanced Affordable Capability-4) και θα κοστίζει 20% σε σχέση με τον PAC-3 MSE.

Το σύστημα *David's Sling* περιλαμβάνει μία μονάδα κάθετης εκτόξευσης με 12 πυραύλους *Stunner*, ένα ραντάρ ελέγχου πυρός *ELM-2084* και έναν σταθμό διοίκησης μάχης. Αποτελεί το μεσαίο στρώμα στην ισραηλινή αεράμυνα και έχει σχεδιασθεί να αναχαιτίζει απειλές όπως βαλλιστικούς πυραύλους και πλεύσης, Α/Φ, ρουκέτες μεγάλου διαμετρήματος, μη επανδρωμένα κλπ.

Όπως και στο *Iron Dome*, η κατασκευάστρια εταιρεία δεν αναφέρει στοιχεία για τις επιδόσεις του *David's Sling*. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι υπάρχει παρανόηση ανάλογη με τον *Tamir*, σχετικά με την εμβέλεια του *Stunner*: η πλειονότητα των ΜΜΕ αναφέρει ότι μπορεί να αναχαιτίσει απειλές σε απόσταση 40 – 300 km, πράγμα το οποίο μάλλον δεν ισχύει, όπως θα εξηγηθεί. Εκτιμάται ότι η απόσταση 40 – 300 km αφορά την κατηγορία της απειλής την οποία αντιμετωπίζει ο *Stunner* αλλά όχι την εμβέλεια του ίδιου του πυραύλου ανάσχεσης. Πάντως, αρκετές πηγές συμφωνούν ως προς το βάρος εκτόξευσης του πυραύλου (400 kg), καθώς και το μέγιστο ύψος του (15 km). Ερώτημα τίθεται επίσης ως προς την μέγιστη ταχύτητα του *Tamir*, η οποία σύμφωνα με πολλές ιστοσελίδες ανέρχεται σε *Mach* 7,5. Η τιμή αυτή φαίνεται και είναι υπερβολική, καθώς κανένας αντίστοιχος πύραυλος εδάφους-αέρος ή ακόμα και αέρος-αέρος δεν πλησιάζει τέτοια ταχύτητα, παρά μόνον δύο πύραυλοι του α/α συστήματος *S-400* που φτάνουν ταχύτητα *Mach* 6. Επομένως, ελλείψει επίσημης ενημέρωσης και με βάση τις επιδόσεις ανάλογων πυραύλων, εκτιμάται ότι και αυτή η τιμή αφορά τον στόχο και όχι τον *Stunner*.

Για την εξέταση του θέματος, δημιουργήθηκε ο Πίνακας 4, στον οποίον έχουν καταχωριστεί οι εμβέλειες, τα μέγιστα ύψη και τα βάρη εκτόξευσης διαφόρων πυραύλων ανάσχεσης, με βάση ανοικτές πηγές και κατά κύριο λόγο τις επίσημες ιστοσελίδες των κατασκευαστών. Στην Εικόνα 14 παρατίθεται μία γραφική παράσταση των στοιχείων του ανωτέρω Πίνακα, όπου κάθε πύραυλος ανάσχεσης εμφανίζεται με το μέγιστο ύψος και εμβέλεια, ενώ αναπαρίσταται ως μία σφαίρα, το μέγεθος της οποίας είναι ανάλογο του βάρους του. Είναι εμφανής η τάση αύξησης του μέγιστου ύψους συναρτήσει της εμβέλειας, κάτι που είναι λογικό, καθώς αναλόγως της ενεργείας του πυραυλοκινητήρα, ο πύραυλος μπορεί να πάει πιο ψηλά και πιο μακριά. Ειδικά ο *Stunner* εμφανίζεται δύο φορές, αμφότερες με μέγιστο ύψος 15 km: μία με εμβέλεια 75 km (“estimated”) και μία με 300 km (“claimed”). Είναι πασιφανές ότι η περίπτωση “claimed” θρίσκει εντελώς εκτός της διαφαινόμενης τάσης, καθώς δεν είναι δυνατόν ένας πύραυλος με τόσο μεγάλη εμβέλεια να μπορεί να φτάσει μόνο 15 km καθ’ ύψος. Ο συνδυασμός όμως 75 km ύψος – 15 km εμβέλεια κείται εντός της γενικότερης τάσης του γραφήματος, γι’ αυτό θεωρείται ως μία λογική εκτίμηση (“estimated”). Τέλος, σημειώνεται ότι όλοι οι πύραυλοι ανάσχεσης με εμβέλεια πάνω από 150 km είναι εμφανώς βαρύτεροι του *Stunner*, καθώς δεν υπάρχει πύραυλος με εμβέλεια 300 km και με βάρος μόνο 400 kg.

Το οργανικό ραντάρ του συστήματος είναι το *ELM-2084* της *Elta Systems*, θυγατρικής της *IAI* (*Israel Aerospace Industries*). Λειτουργεί στην περιοχή συχνοτήτων *S*, είναι τεχνολογίας *AESA* και μπορεί να εκτελέσει τις ακόλουθες λειτουργίες:

α. Ως ραντάρ επιτήρησης, σε εμβέλεια έως 475 km. Στην λειτουργία αυτή, το ραντάρ μπορεί να περιστρέφεται ώστε να καλύπτει 360°.

β. Ως ραντάρ ελέγχου πυρός, καλύπτοντας 120° και 50° καθ’ ύψος, σε εμβέλεια έως 100 km. Σε αυτήν την λειτουργία χρησιμοποιείται από το *David's Sling*, καθοδηγώντας τον *Stunner* μέσω *data link* μέχρι αυτός να ανιχνεύσει τον στόχο με τους δικούς του αισθητήρες.

Επομένως, διαπιστώνεται ότι η κάλυψη του ραντάρ για έλεγχο πυρός είναι έως 100 km, ενώ σύμφωνα με την ανωτέρω εκτεθείσα συλλογιστική, η μέγιστη εμβέλεια του *Stunner* είναι 75 km, όπως αναφέρεται και σε κάποιες ιστοσελίδες. Επομένως, ως μία χονδρική εκτίμηση και σε αναλογία με τα προαναφερθέντα α/α συστήματα, η εμβέλεια εναντίον μαχητικών υπολογίζεται στα 50 km και εναντίον *TBM* στα 25 km. Οι εκτιμώμενες αυτές τιμές έχουν καταχωριστεί με κόκκινο χρώμα στον Πίνακα 3.

Το *David's Sling* υπηρετεί στο Ισραήλ, όπου καλύπτει το ενδιάμεσο στρώμα πάνω από τον Σιδηρούν Θόλο και κάτω από τα αντιβαλλιστικά συστήματα *Arrow* 2 και 3. Έχει περιορισμένη εξαγωγική επιτυχία, καθώς έχει αγορασθεί μόνο από την Φινλανδία (προμήθεια ύψους 345 εκατ. \$). Τέλος, η Ρουμανία συμφώνησε προ δύο ετών με την *Raytheon* να ξεκινήσει συμπαραγωγή των πυραύλων ανάσχεσης *SkyCeptor*, με τους πρώτους να είναι διαθέσιμοι το 2026.



Εικόνα 13: Εκτόξευση του πυραύλου ανάσχεσης Barak ER (<https://www.iai.co.il/p/barak-er>).

6. IAI Barak MX με τον πύραυλο Barak ER

Το α/α σύστημα Barak MX αναπτύχθηκε από την ισραηλινή IAI σε συνεργασία με την Ινδία, ως Barak 8 για ναυτική χρήση, το οποίο με τη σειρά του είχε βασισθεί στο α/α σύστημα Barak 1. Το Barak MX αξιοποιεί τρεις πυραύλους ανάσχεσης, τον MR με εμβέλεια 35 km, τον LR με εμβέλεια 70 km και τον ER των 150 km. Η ανάλυση που ακολουθεί θα επικεντρωθεί στον τελευταίο, καθώς είναι ο μόνος που διαθέτει αντιβαλλιστικές ιδιότητες.

Ο πύραυλος ανάσχεσης Barak ER εκτοξεύεται κάθετα από εκτοξευτήρα 8 θέσεων, καλύπτοντας 360°. Έχει εμβέλεια 150 km και 30 km καθ' ύψος. Είναι κι αυτός δύο σταδίων προώθησης και "τριών παλμών", με δυνατότητα ελιγμών φόρτισης έως 50 G, σύμφωνα με την κατασκευάστρια. Διαθέτει αισθητήρα ραντάρ και μπορεί να αντιμετωπίσει διάφορες απειλές, μεταξύ των οποίων και TBM, με εκρηκτική πολεμική κεφαλή βάρους άνω των 20 kg. Το σύστημα μπορεί να βασισθεί σε μία σειρά από ραντάρ, όπως τα ELM-2084 MMR, ELM-2311 C-MMR και ELM-2138M.

Με βάση τη μέγιστη εμβέλεια των 150 km και κατ' αναλογία των προαναφερθέντων α/α συστημάτων (και ιδίως του Aster 30 B1 NT, με τον οποίον έχει παρεμφερείς επιδόσεις και βάρος), η εμβέλεια εναντίον μαχητικών Α/Φ εκτιμάται στα 90 km και εναντίον βαλλιστικών στα 35 km. Η τιμή αυτή είναι μειωμένη σε σχέση με τα 40 km του Aster 30 B1 NT, καθώς ο Barak ER πέραν της επανεπιτάχυνσης δεν φαίνεται να διαθέτει κάποιο ιδιαίτερο σύστημα τερματικού ελιγμού, όπως τα ACM του Patriot PAC-3 MSE ή το σύστημα Pif-Paf των Aster 30.

Το σύστημα Barak MX έχει αγοραστεί από το Μαρόκο (500 εκατ. \$), πρόσφατα εγκαταστάθηκε στην Κύπρο, ενώ παραγγέλθηκε από την Σλοβακία (560 εκατ. €). Στις ανωτέρω περιπτώσεις δεν ανακοινώθηκαν στοιχεία σχετικά με τη διαμόρφωση, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εκτίμηση κόστους του συστήματος ή εν προκειμένω του πυραύλου Barak ER. Επίσης, ως Barak 8 υπηρετεί στην Ινδία, το Αζερμπαϊτζάν και στο Ισραήλ, όπου εξοπλίζει ορισμένες κορβέτες.

Συγκρινόμενο με τον Stunner του David's Sling, ο Barak ER εκτιμάται ότι είναι πιο ικανός πύραυλος ανάσχεσης, καλύπτοντας διπλάσια απόσταση και ύψος. Βεβαίως, πρόκειται για ένα καινούργιο σύστημα, το οποίο έχει εκτελέσει μία δοκιμαστική βολή το 2021, καταστρέφοντας το βαλλιστικό πύραυλο-στόχο σε απόσταση 26 km και σε ύψος 10 km. Τέλος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το Ισραήλ δεν είναι χώρα μέλος του NATO, οπότε σε περίπτωση επιλογής κάποιου ισραηλινού συστήματος θα πρέπει να εμπλακεί κατάλληλη εταιρεία, με σκοπό την διασύνδεση του α/α συστήματος με το ΣΑΕ.

Συμπέρασμα

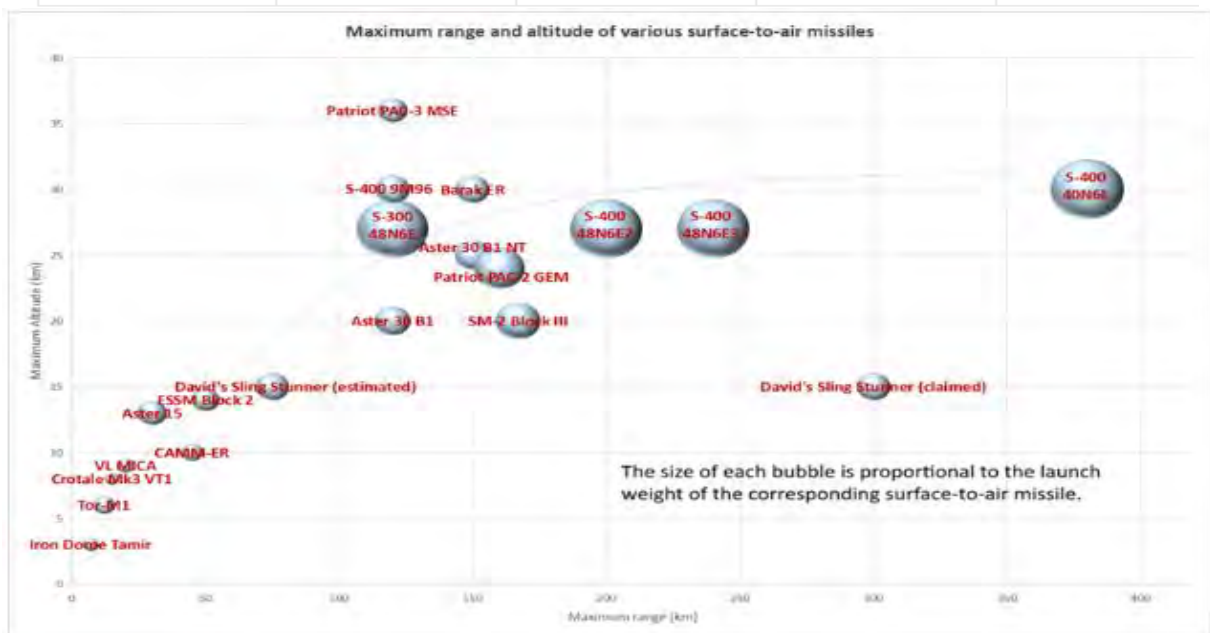
Οι (ρεαλιστές) Αγγλοσάξονες έχουν μια φράση που λέει: "Never bring a knife to a gunfight", δηλαδή μην έρθεις με μαχαίρι σε μάχη με ανταλλαγή πυροβολισμών, σε πιστολίδι. Δηλαδή, να είσαι πάντα κατάλληλα εξοπλισμένος, αναλόγως του αγώνος που πρόκειται να διεξαχθεί. Η μάχη βέβαια θα γίνει, είτε είσαι εξοπλισμένος, είτε όχι. Ανάγοντας τη φράση αυτή στο πλαίσιο που εξετάζουμε, θα λέγαμε: "μην έρθεις με αντιαεροπορικά βραχέως βεληνεκούς εναντίον τακτικών βαλλιστικών πυραύλων". Απλά δεν έχει έννοια κάτι τέτοιο.

Πολλοί επιμένουν να αγνοούν το θέμα των βαλλιστικών πυραύλων, θεωρώντας ότι οι βαλλιστικοί δεν αποτελούν σοβαρή απειλή ή ότι δεν έχουν την απαιτούμενη ακρίβεια ή ότι γενικώς δεν μας αφορούν, για κάποιο αδιόρατο λόγο. Ανεξαρτήτως του πόσο το έχουμε αντιληφθεί ή όχι, η υπόψη απειλή είναι υπαρκτή, "έχει έρθει σε ένα θέατρο δίπλα μας" και είναι δύσκολα αντιμετωπίσιμη. Τα πανίσχυρα μαχητικά είναι εντελώς ανίσχυρα εναντίον

ενός επερχόμενου βαλλιστικού πυραύλου, ενώ ενδεχόμενο χτύπημα σε διάδρομο προσγείωσης μίας Πτέρυγας Μάχης θα καταστήσει ανενεργό το αντίστοιχο αεροδρόμιο, τουλάχιστον για κάποιο χρονικό διάστημα, πέραν του ψυχολογικού αντίκτυπου στο προσωπικό.

Πίνακας 4: Εμβείειες, μέγιστα ύψη, βάρη εκτόξευσης και ταχύτητες πυραύλων ανάσχεσης

Interceptor missile	Max. Range (km)	Altitude (km)	Weight (kg)	Speed (Mach)
Iron Dome Tamir	7	3	90	2,2
Tor-M1	12	6	167	2,5
Crotale Mk3 VT1	15	8	76	3,5
VL MICA	20	9	112	4
Aster 15	30	13	310	3
CAMM-ER	45	10	160	3
ESSM Block 2	50	14	280	4
David's Sling Stunner (estimated)	75	15	400	7,5 (?)
Aster 30 B1	120	20	450	4,5
S-300 48N6E	120	27	1800	5,5
S-400 9M96	120	30	420	3
Patriot PAC-3 MSE	120	36	315	4
Aster 30 B1 NT	150	25	450	4,5
Barak ER	150	30	400	3
Patriot PAC-2 GEM	160	24	900	3,5
SM-2 Block III	167	20	708	3,5
S-400 48N6E2	200	27	1835	6
S-400 48N6E3	240	27	1835	6
David's Sling Stunner (claimed)	300	15	400	7,5 (?)
S-400 40N6E	380	30	1893	3,5



Εικόνα 14: Γραφική παράσταση μέγιστου ύψους και εμβείειας για διάφορους πυραύλους ανάσχεσης. Κάθε πύραυλος αναπαρίσταται ως μία σφαίρα, το μέγεθος της οποίας είναι ανάλογο του βάρους εκτόξευσης (launch weight).

Για την αντιμετώπιση των βαλλιστικών απαιτούνται κατ' αρχάς κατάλληλα επίγεια ραντάρ επιτήρησης για έγκαιρη προειδοποίηση, τα οποία βεβαίως διαθέτουν ανάλογη λειτουργία. Στη συνέχεια, απαιτούνται ανάλογα αντιβαλλιστικά συστήματα με ισχυρούς πυραύλους ανάσχεσης. Το κόστος μίας τυπικής πυροβολαρχίας, που περιλαμβάνει ένα οργανικό ραντάρ, ένα κέντρο διοίκησης και ελέγχου και ορισμένους εκτοξευτήρες, με επαρκή αριθμό πυραύλων ανάσχεσης, ανέρχεται σε αρκετές εκατοντάδες εκατομμύρια, ενώ ο θόλος κάλυψης είναι πεπερασμένος (της τάξης μερικών δεκάδων χιλιομέτρων). Παρ' όλα αυτά, κρίνεται απαραίτητη η ανάλογη προστασία ζωτικών στόχων, όπως ναύσταθμοι, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος, διυλιστήρια, φράγματα, μεγάλα αστικά κέντρα, καθώς και οι βασικές Πτέρυγες Μάχης της ΠΑ, ως κύριες υποδομές εξαπόλυσης αντεπίθεσης. Σε καμία περίπτωση δεν υπάρχουν αδιαπέραστοι θόλοι, ενώ η προστασία που παρέχει ένα αντιβαλλιστικό σύστημα είναι σαφώς μειωμένη σε σχέση με την κάλυψη εναντίον μαχητικών και λοιπών αεροδυναμικών στόχων. Ο αμυνόμενος θα πρέπει να είναι έτοιμος να δεχτεί απώλειες από όσους πυραύλους διαπεράσουν τον όποιο θόλο.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι κανένας αγώνας δεν κερδήθηκε μόνο με άμυνα, καθίσταται προφανές ότι, πέραν της ανάπτυξης αξιόπιστης αντιβαλλιστικής ικανότητας και μάλιστα πριν από αυτήν, θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες, με σκοπό την απόκτηση ανάλογων επιθετικών δυνατοτήτων. Ως εκ τούτου, ύψιστη προτεραιότητα θα πρέπει να αποτελέσει η απόκτηση και ανάπτυξη ισχυρών βαλλιστικών πυραύλων με επαρκή πολεμική κεφαλή και εμβέλεια τουλάχιστον 400 km (SRBM), ει δυνατόν με συμπαραγωγή στην εγχώρια αμυντική βιομηχανία, εξασφαλίζοντας αξιόπιστη αποτροπή και διασφαλίζοντας την ειρήνη και την ευημερία στην περιοχή. Εκτός εάν θέλουμε να το ρισκάρουμε, αναλαμβάνοντας βέβαια και την ευθύνη έναντι των επόμενων γενεών.

Σημείωση: όλα τα ανωτέρω βασίζονται σε ανοικτές πηγές και δημοσιεύματα. Αποτελούν προσωπικές απόψεις και εκτιμήσεις του γράφοντος και δεν εκφράζουν οπωσδήποτε ή δεσμεύουν την Σχολή Ικάρων ή την Πολεμική Αεροπορία.

[1] Ο όρος "πύραυλος" κρίνεται πιο δόκιμος αντί του γενικότερου όρου "βλήμα" ή "καθοδηγούμενο βλήμα", δεδομένου και του γεγονότος ότι σχεδόν το σύνολο των βαλλιστικών πυραύλων βασίζεται σε πυραυλοκινητήρα. Γενικότερα, ο όρος "πύραυλος" χρησιμοποιείται στο κείμενο με την διασταλτική ερμηνεία του αυτοπροωθούμενου βλήματος, ανεξαρτήτως του εάν προωθείται από πυραυλοκινητήρα ή στροβιλοκινητήρα: <https://www.britannica.com/technology/missile>.

[2] Υπενθυμίζεται ότι η Τουρκία έχει υπογράψει την συνθήκη περί μη διάδοσης των πυρηνικών όπλων MTCR – Missile Technology Control Regime, η οποία θέτει ορισμένους περιορισμούς στην πώληση σε τρίτα κράτη πυραύλων και όπλων γενικότερα, τα οποία διαθέτουν πάνω από 500 kg πολεμική κεφαλή και εμβέλεια πάνω από 300 km. Ως εκ τούτου, η εξαγωγική έκδοση του Bora που λέγεται Khan δεν υπερβαίνει τα μεγέθη αυτά, εξ ου και η μέγιστη εμβέλεια των 280 km. Αντιθέτως, η συνθήκη MTCTC δεν περιορίζει την ίδια την χώρα παραγωγής. Επομένως, ό,τι δημιουργεί η γείτων μπορεί να το χρησιμοποιήσει σε όποια απόσταση επιθυμεί.

Από ορισμένες πλευρές αμφισβητείται η στρατιωτική αξία των βαλλιστικών όπλων, γενικώς και ειδικώς για την Τουρκία, για δύο διαφορετικούς, άσχετους μεταξύ τους, λόγους:

(α) Οι βαλλιστικοί πύραυλοι δεν έχουν στρατιωτική αξία επειδή, με τα υφιστάμενα μέσα καθοδήγησης, δεν αποτελούν όπλα ακριβείας αλλά όπλα περιοχής· πιο απλά, οι Τούρκοι μπορούν, ενδεχομένως, να ρίξουν πυραύλους στη γενική περιοχή ενός πολεμικού αεροδρομίου αλλά δεν μπορούν να καταστρέψουν ζωτικούς στόχους εντός αυτού (ενισχυμένα υπόστεγα, υπόστεγα ΜΣΒ/ΜΣΑ κ.λπ.). Συνεπώς, οποιαδήποτε τέτοια τουρκική ενέργεια θα στερείται τακτικού νοήματος, και οι βαλλιστικοί πύραυλοι θα διατηρηθούν για πλήγματα σε μεγάλης έκτασης στρατηγικούς στόχους (π.χ. διυλιστήρια) ή για την κάμψη του ηθικού του πληθυσμού.

(β) Οι βαλλιστικοί πύραυλοι, όπως έδειξε η περσοϊσραηλινή σύγκρουση, είναι εγγενώς υποδεέστερη της αεροπορικής ισχύος, αφού στη μεταξύ Περσών και Ισραηλινών σύγκρουση οι Πέρσες κατάφεραν μόνον δύο εφ' άπαξ πλήγματα κυρίως για λόγους εντυπώσεων, ενώ οι Ισραηλινοί, με την ισχυρή τους αεροπορία, διατηρούσαν την άνεση της επιλογής πληγμάτων κατά βούληση, σε τόπο και χρόνο που επέλεγαν και με όποιον στόχο επέλεγαν -φυσικά όσες φορές ήθελαν.

Θα σχολιαστεί μόνον η πρώτη θέση, που έχει πρακτική σημασία, αφού η δεύτερη αποτελεί στην καλύτερη περίπτωση δείγμα πλήρους αδυναμίας αξιολόγησης των στρατιωτικών τεκταινομένων στην περσοϊσραηλινή σύγκρουση, ιδίως σε στρατηγικό επίπεδο.

Σε ό,τι αφορά τη στρατιωτική αξία των βαλλιστικών πυραύλων στην ελληνοτουρκική στρατιωτική αντιπαράθεση:

Τελικά, το ερώτημα είναι εάν τα τουρκικά βαλλιστικά όπλα υποτιμώνται επειδή αξιολογούνται ως χαμηλή απειλή ή επειδή στην πράξη δυσκολευόμαστε να τα αντιμετωπίσουμε ως ρεαλιστική πολεμική απειλή, ενεργώντας ως στρουθοκάμηλοι.

Με δεδομένες τις εξαιρετικά περιορισμένες αντιβαλλιστικές δυνατότητες των ΕΕΔ στην παρούσα φάση, οι τουρκικοί βαλλιστικοί πύραυλοι, των οποίων την ακρίβεια μόνον να εκτιμήσουμε μπορούμε, είναι απολύτως δυνατόν να εκτοξευθούν εναντίον συγκεκριμένων, λίγων, κρίσιμων αεροπορικών στόχων, και ειδικότερα των αεροδρομίων της Σκύρου, της Ν. Αγχιάλου και της Τανάγρας, που βρίσκονται εντός του βεληνεκούς των.

Με τις δεδομένες, υφιστάμενες αντιβαλλιστικές δυνατότητες των ΕΕΔ, ακόμη κι αν τα υφιστάμενα συστήματα με αντιβαλλιστικές δυνατότητες ταχθούν κατά τον βέλτιστο τρόπο (που είναι πολύ συγκεκριμένος και περιέργως δεν φαίνεται να υιοθετείται), είναι δυνατόν (υπό βέλτιστες συνθήκες) να αναχαιτιστεί ένας περιορισμένος αριθμός βλημάτων. Δεδομένου ότι οι Τούρκοι φρόντισαν στο παρελθόν να εξοικειωθούν με τις δυνατότητες των α/α συστημάτων Patriot, είναι προφανές ότι γνωρίζουν το επίπεδο κορεσμού που πρέπει να επιτύχουν ώστε τα βλήματά τους να πλήξουν τις περιοχές των αεροδρομίων.

Εφ' όσον κάθε επίθεση μπορεί να ξεπεράσει την ασθενή υφιστάμενη αντιβαλλιστική άμυνα, το ερώτημα που τίθεται είναι τι είδους αποτελέσματα θα επιδιώκει μία τέτοια τουρκική ενέργεια. Η υποτίμηση του μέσου σχετίζεται με την πεποίθηση ότι οι υφιστάμενοι βαλλιστικοί πύραυλοι δεν δύνανται να επιτύχουν ακρίβεια που να εγγυάται την καταστροφή συγκεκριμένων στόχων, ιδίως αν εφαρμόζεται ηλεκτρονική επίθεση κατά του συστήματος δορυφορικής καθοδήγησης στην τερματική φάση της πτήσης των βαλλιστικών. Η πεποίθηση αυτή δεν δικαιολογείται από τα δεδομένα. Ακόμη και με κυκλικό σφάλμα 50 μ. (δηλαδή χωρίς δορυφορική τερματική καθοδήγηση) δεν είναι δύσκολο να υπολογιστεί ο απαιτούμενος αριθμός βλημάτων που χρειάζεται για την καταστροφή μέρους των τροχοδρόμων του αεροδρομίου (στόχος πιο εύκολος από διαδρόμους προσγείωσης/απογείωσης), ακόμη και μετά την απορρόφηση μέρους των βλημάτων από υφιστάμενα αντιαεροπορικά/αντιβαλλιστικά συστήματα. Τα τρία συγκεκριμένα αεροδρόμια είναι τόσο κρίσιμα που είναι δεδομένο ότι οι Τούρκοι θα επιλέξουν να επιτεθούν αποφασιστικά σε αυτούς, εφ' όσον υπάρξει προοπτική πολεμικών επιχειρήσεων. Η αρχή της συγκεντρώσεως δυνάμεων, βασική αρχή του πολέμου, υποτιμάται παγίως από την ελληνική πλευρά ενώ ακολουθείται πιστά από την τουρκική πλευρά. Με απλά λόγια, οι εάν οι Τούρκοι αποφασίσουν να επιτεθούν με βαλλιστικά όπλα σε ελληνικούς στόχους, δεν θα διασπείρουν το απόθεμά τους ανά πεντάδες ή οκτάδες σε πληθώρα στόχων για να μην επιτύχουν αποφασιστικό πλεονέκτημα πουθενά, αλλά θα βάλουν μαζικά εναντίον λίγων στόχων που θα τους εξασφαλίσουν σημαντικό πλεονέκτημα. «Υποσυστήματα» των τριών κρίσιμων ελληνικών αεροδρομίων, όπως οι τροχοδρόμοι ή άλλες συγκεντρώσεις εγκαταστάσεων εντός των αεροδρομίων, αποτελούν εξαιρετικούς και τεχνικά εφικτούς στόχους.

Με τους βαλλιστικούς πυραύλους οι Τούρκοι δεν θα επιδιώξουν την εφ' άπαξ και δια παντός εξουδετέρωση των πολεμικών αεροδρομίων. Τα στρατιωτικά αεροδρόμια είναι σύνθετοι και δύσκολοι στόχοι, με κάποια μέσα αποκατάστασης ζημιών και δεν είναι εύκολο να εξουδετερωθούν μόνιμα. Αλλά με την προσβολή με βαλλιστικά όπλα, οι Τούρκοι δεν θα επιδιώξουν κατ' ανάγκην την οριστική εξουδετέρωση των αεροδρομίων. Οι Τούρκοι θα εντάξουν τα βαλλιστικά πλήγματα στον συνολικό τους επιχειρησιακό σχεδιασμό, ώστε η κύρια δύναμη των μαχητικών τους (ή/και των ανεπάνδρωτων μέσων τους) να εκμεταλλευτεί το παράθυρο ευκαιρίας που θα τους παράσχει μία προσωρινή, ελαχίστων ωρών, αδυναμία λειτουργίας των τριών κρίσιμων αεροδρομίων για να επιτύχει τους δικούς της τακτικούς, και τελικά επιχειρησιακούς στόχους.

Στον προσυπολογισμό των τακτικών επιδιώξεων βαλλιστικών πληγμάτων τείνει να υποτιμάται η δυνατότητα καταστολής της λειτουργίας των αεροδρομίων που δύνανται οι βαλλιστικοί να επιτύχουν, ακόμη και χωρίς να επιτύχουν άμεσα ζωτικά πλήγματα. Με δεδομένη τον σχετικά μικρό χρόνο πτήσεως των βαλλιστικών καθώς και την πλήρη αδυναμία του ελληνικού Συστήματος Αεροπορικού Ελέγχου να παράσχει προειδοποίηση για την εκτόξευση τουρκικών βαλλιστικών, η ανίχνευσή τους, ακόμη και από νεότερα αντιαεροπορικά/αντιβαλλιστικά συστήματα θα γίνει κατά την τερματική φάση της πτήσεώς τους, δηλαδή λίγα δευτερόλεπτα πριν πέσουν στον χώρο του αεροδρομίου-στόχου. Τα αποτελέσματα που κάτι τέτοιο θα έχει επί του ηθικού του προσωπικού είναι προφανή.

Τελικά, το ερώτημα είναι εάν τα τουρκικά βαλλιστικά όπλα υποτιμώνται επειδή αξιολογούνται ως χαμηλή απειλή ή επειδή στην πράξη δυσκολευόμαστε να τα αντιμετωπίσουμε ως ρεαλιστική πολεμική απειλή, ενεργώντας ως στρουθοκάμηλοι.