AUDIZIONE · COMMISSIONE IV DIFESA · CAMERA DEI DEPUTATI

Droni e tecnologie quantistiche: nuove minacce e sfide per la difesa

Indagine conoscitiva sulle tecnologie quantistiche nel settore della difesa e della sicurezza

Ing. Daniele Pavarin, CEO | T4i – Technology for Propulsion and Innovation S.p.A. | Roma, 21 ottobre 2026

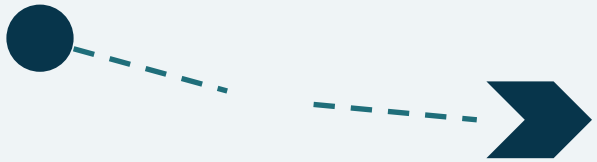
LA DOMANDA DI QUESTA AUDIZIONE

Quando servirà, ci saranno intercettori a sufficienza?

I droni sapranno orientarsi senza satelliti

Nel medio-lungo periodo le tecnologie quantistiche cambieranno radicalmente la minaccia

OGGI



Il drone si orienta con sensori inerziali e con il segnale dei satelliti.

Quel segnale oggi può essere disturbato o falsificato: è il punto su cui si interviene più spesso.

DOMANI: SENSORI QUANTISTICI A BORDO

1 Accelerometri e giroscopi atomici

Misurano il movimento con una precisione molto superiore

2 Gravimetri quantistici

Riconoscono le minime variazioni di gravità del territorio

3 Magnetometri quantistici

Usano le anomalie magnetiche del terreno come riferimenti

4 Orologi atomici

Forniscono un riferimento di tempo estremamente stabile

Navigazione precisa per migliaia di chilometri senza satellite: insensibile a disturbo e falsificazione

01

Oggi: la minaccia è contrastabile?

Una minaccia economica, numerosa, che arriva da lontano

Droni da decine di migliaia di dollari, missili da milioni

Un rapporto di costo sfavorevole alla difesa

DRONE D'ATTACCO A LUNGO RAGGIO

20 – 100 mila $

Shahed-136 / Geran-2

Velivolo progetto per basse velocità e quote

vs

MISSILE INTERCETTORE

2 – 4 milioni $

Patriot, Aster-30 (sistema SAMP/T)

Progettati contro missili balistici che rientrano dallo spazio

LA MINACCIA PRINCIPALE

Drone d'attacco armato

Navigazione inerziale e satellitare; nelle versioni recenti, intelligenza artificiale nella fase finale

+

L'ESCA

Gerbera, circa 10.000 $

Polistirolo e compensato, nessun esplosivo: imita sui radar un drone d'attacco

=

INSIEME

Una combinazione ancora più letale

Le esche consumano intercettori costosi, i droni armati passano

L'insostenibilità dei costi

E i danni sono arrivati lo stesso: i primi quattro giorni dell'operazione Epic Fury

1,7 mld $

costo complessivo stimato degli intercettori

≈ 1.000

missili intercettori lanciati da Stati Uniti e paesi del Golfo

35 – 45

batterie di difesa aerea schierate

Colpiti comunque

Radar di allarme precoce a Doha

Aerei a terra: velivoli radar e rifornitori

Raffinerie e l'impianto gas di Ras Laffan, critico anche per l'Italia

- **Spesa elevatissima, protezione comunque incompleta**

L'Italia è nel raggio di questi droni

Lunga autonomia, piccole dimensioni, produzione dispersa



AUTONOMIA DEI DRONI D'ATTACCO A LUNGO RAGGIO

1.000 – 2.000 km

Le possibili aree di lancio, a sud come ad est, rientrano in questo raggio

Più direzioni	Uno sciame può raggiungere Taranto, Roma, La Spezia e Milano, arrivando da direzioni diverse
3 m, circa 200 kg	Facile da nascondere, rapido da lanciare
Produzione dispersa	Design semplici e componenti commerciali: difficile da colpire e da sanzionare

Sconfinamenti in aumento sul fianco Est della NATO: due droni abbattuti da caccia italiani in Lituania

Difesa attuale: a strati e ad alto costo

Nessuna soluzione unica: ogni strato ha un limite



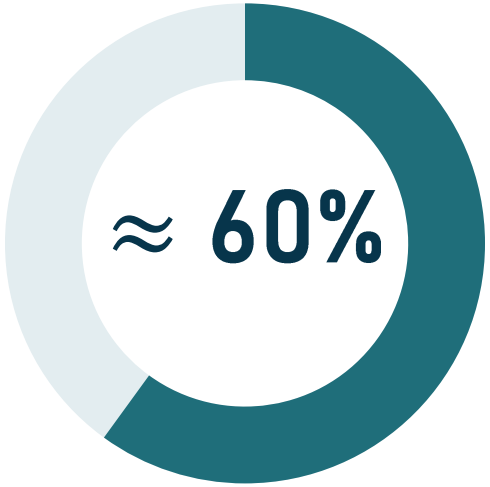
- Costo elevato, quantità limitate
- Costo ancora alto o limiti contro le minacce più avanzate
- Efficaci, ma ciascuno richiede un pilota addestrato
- Piattaforme costose, raggio limitato, difesa di un solo punto
- La più economica, ma non sempre efficace

- **Ucraina: circa 40.000 piloti di droni in combattimento, quanti l'intera Aeronautica Militare italiana**

La minaccia si adatta in pochi mesi

Un ciclo continuo di misure e contromisure





Tasso generale di abbattimento, sceso dopo l'arrivo dei nuovi droni a getto

Una soluzione può diventare obsoleta in pochi mesi. *Il prossimo passo di questo ciclo sono le tecnologie quantistiche.*

02

Domani: basterà?

Le tecnologie quantistiche: un cambio di paradigma per la difesa

Effetto quantistico: un cambio di paradigma

La difesa più economica perde efficacia: il peso si sposta sugli strati più costosi



- **Navigazione senza satellite**
  disturbo e falsificazione del segnale perdono efficacia
- **Comunicazioni più resilienti**
  più difficile interferire con lo sciame
- **Ogni drone non più ingannabile va abbattuto**
  con un intercettore che si consuma ad ogni colpo
- **Scorte limitate**
  si consumano in giorni e si reintegrano in anni; le navi militari hanno pochi missili a bordo

Quando servirà, ci saranno intercettori **a sufficienza**?

Il limite: la capacità di produrre missili

La propulsione a razzo tradizionale è il collo di bottiglia

PRODUZIONE DI INTERCETTORI

650 → 2.000

Patriot prodotti all'anno, oggi e nel 2030

> 300

Aster-30 all'anno nel 2028, 18 mesi per pezzo

vs

PRODUZIONE DI DRONI D'ATTACCO

migliaia

Droni Geran-2 prodotti al mese dalla Russia

Propellente esplosivo

Prodotto solo in pochi siti autorizzati, difficili da moltiplicare

Un punto vulnerabile

Un attacco o un sabotaggio può fermare la filiera a lungo

Tempi e costi rigidi

Anni per crescere, costi che non scendono con i volumi

■ **È un limite della tecnologia, non di chi la produce**

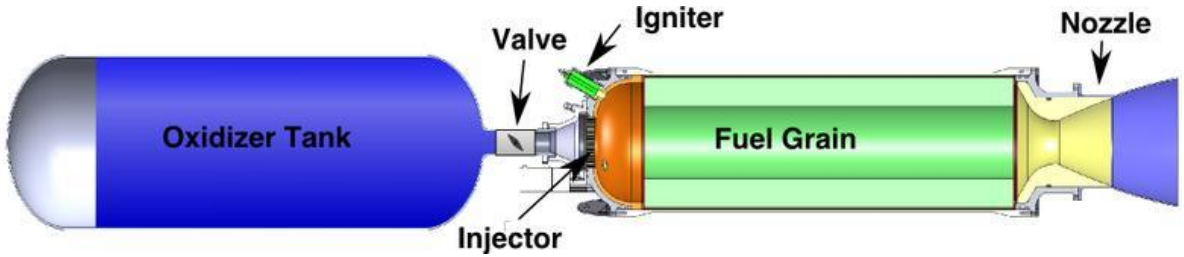
03

Una risposta possibile, condivisa

Produrre in grandi numeri, in molti luoghi

Un razzo senza esplosivo, prodotto in molti luoghi

La propulsione ibrida porta nella missilistica la produzione distribuita



Schema di un motore ibrido: serbatoio dell'ossidante, valvola, combustibile solido, ugello

- **Combustibile: plastica inerte**
- **Ossidante: protossido d'azoto**
  gas liquefatto, chimicamente stabile, non esplosivo
- **Nessun esplosivo**
  in produzione e nello stoccaggio: è sufficiente un normale capannone



Prova in volo di un booster ibrido a protossido d'azoto

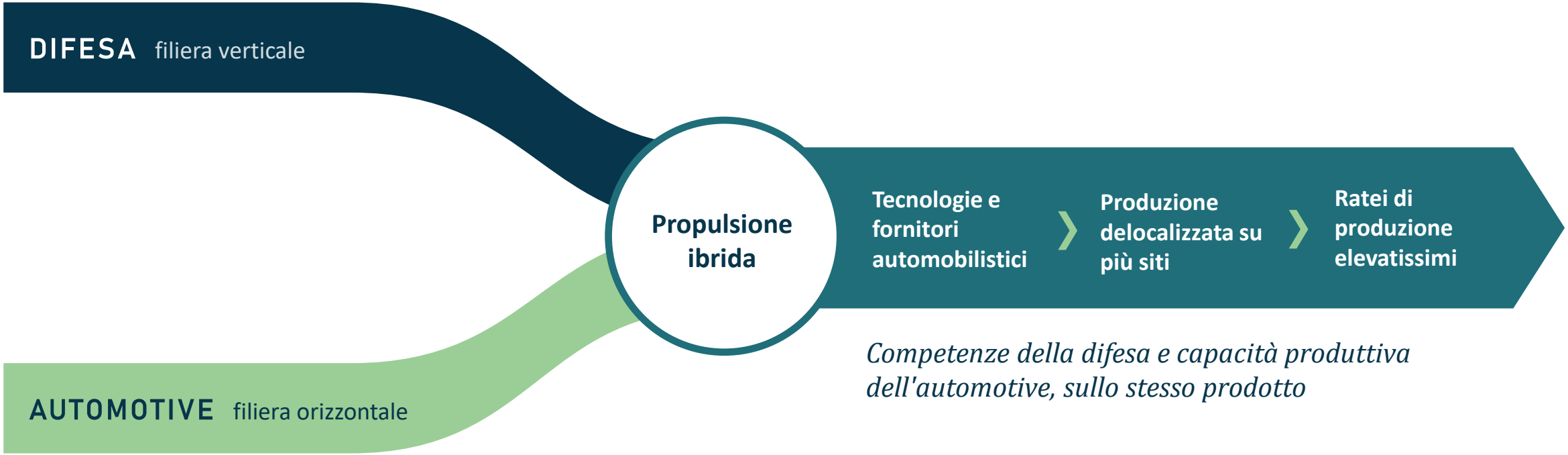
Come per i droni in Ucraina: tante fabbriche, non un solo impianto

Da migliaia a centinaia di migliaia di pezzi all'anno

Da migliaia a qualche decina di migliaia di euro

Industrializzazione su base automobilistica

Ne derivano produzione delocalizzata e ratei di produzione elevatissimi



Competenze della difesa e capacità produttiva dell'automotive, sullo stesso prodotto

- **Integrazione della filiera: verticale nella difesa, orizzontale con l'industria automobilistica**

T4i: dieci anni di propulsione ibrida, dal banco al volo

PMI italiana nata nel 2014 dal gruppo di ricerca sulla propulsione spaziale dell'Università di Padova

CHI SIAMO

Motori a razzo ibridi

progettati, costruiti e provati da T4i,
per impieghi civili e militari

Propulsione per lo spazio

a gas freddo, chimica ed elettrica, per piccoli satelliti, lanciatori e razzi sonda

Collaborazioni industriali

con alcune tra le maggiori aziende italiane dell'aerospazio e della difesa

Padova e Monselice (PD)

sede legale e sede operativa



2009 – 2010

Booster di decollo

Due voli riusciti, ancora come gruppo di ricerca universitario



2022

Razzo sonda

Volo riuscito: veicolo progettato e assemblato da T4i



Immagine: CNR

2026

Razzo aviolanciato

Volo compiuto ad aprile negli USA

Esperienza di volo reale, al servizio di una filiera nazionale integrata

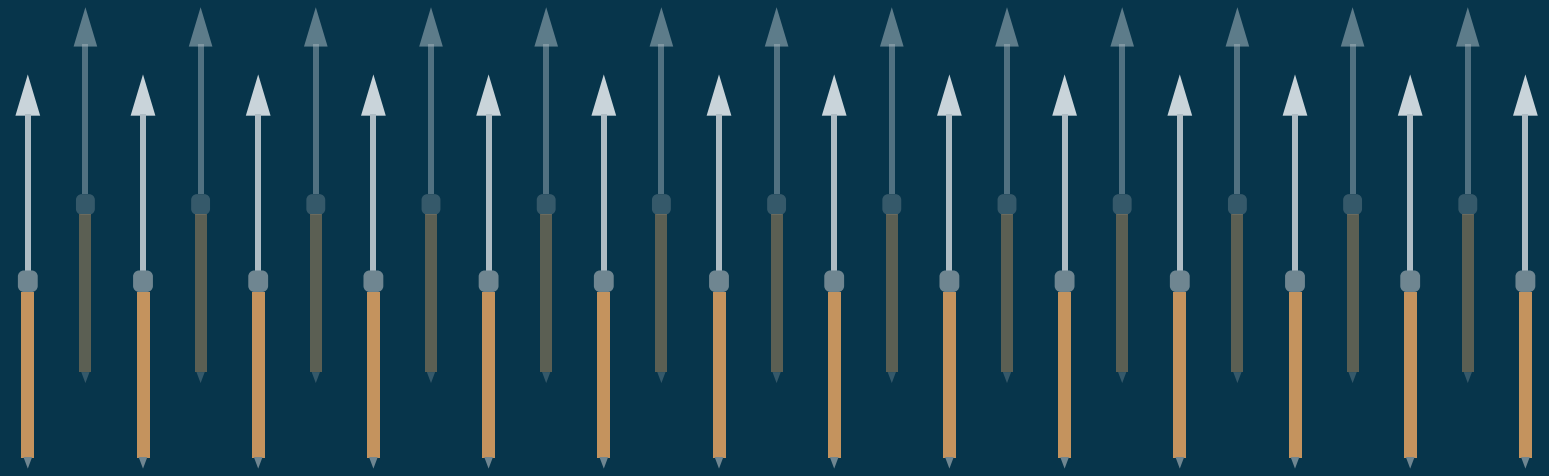
Punta di diamante e punta di ferro

Difesa a strati: pochi sistemi ad alte prestazioni, affiancati da molti effettori economici e disponibili



Punta di diamante

sistemi ad alte prestazioni, per le minacce più sofisticate



Punta di ferro

lance meno costose, molto più disponibili, per sciami ed esche

Filiera nazionale integrata
grandi gruppi e piccole imprese

In rete
integrate con satelliti, radar e sensori distribuiti

In container civili
su camion e navi, a supporto delle unità maggiori

Produzione modulabile
più alta nelle crisi, riconvertibile al civile

INTEGRAZIONE NAZIONALE PER AFFRONTARE LE NUOVE SFIDE

IN SINTESI

La questione non sarà disporre dei sistemi migliori: sono già disponibili.

Sarà disporne in quantità sufficiente.

Grazie

Ing. Daniele Pavarin, CEO | T4i – Technology for Propulsion and Innovation S.p.A. | www.t4innovation.com