

Introduzione ai lavori

ING. GIOVANNI NICOLAI

Obiettivi del Seminario

- Fornire informazioni sugli approcci sistemistici e tecnologici atti a garantire all'Italia un accesso indipendente all'orbita bassa terrestre.
- Sensibilizzare circa la strategicità di intraprendere a livello nazionale attività di sviluppo al fine poi di ottenere per l'Italia un ruolo di prestigio.
- Evidenziare che, senza specifici interventi in ambito pubblico, l'Italia perderebbe il controllo della posizione di attuale nell'ambito dell'accesso alle orbite basse raggiunto con il programma Vega.

Alternative Esaminate e Tecnologie:

1. Lancio da piattaforma aerea (da velivolo cargo e caccia)
2. Lancio da piattaforma navale (varie architetture)
3. Minisatelliti e Tecnologie
4. Analisi Costi e Rischi

Accesso e Sfruttamento Orbita Bassa Terrestre (LEO)

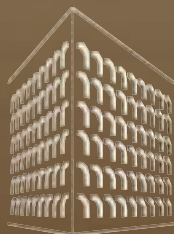
**Ing. Mauro Balduccini, Ing. Antonella Ingenito, Ing. Giuseppe Rondinelli;
Ing. Francesco Soldani, Ing. Luciano M. Trentadue, Ing. Mauro Zelli**

SCOPO → «MESSAGGIO VERSO I «DECISION MAKERS» IN AMBITO PUBBLICO»

- Fornire informazioni sugli approcci sistemistici – tecnologici atti a garantire all'Italia un accesso indipendente all'orbita bassa terrestre;
- Sensibilizzare circa la strategicità di intraprendere immediatamente al livello nazionale attività di sviluppo di base delle tecnologie chiave, al fine poi di ottenere per l'Italia un ruolo di prestigio sui progetti a venire in ambito europeo civile e militare (difesa comune);
- Evidenziare che, senza specifici interventi (organizzativi e di finanziamento) in ambito pubblico, l'Italia perderebbe rapidamente il controllo della posizione di attuale leadership nell'ambito dell'accesso alle orbite basse, «faticosamente» ottenuta tramite il finanziamento pubblico del programma Vega.

CONTENUTO

- 1 Introduzione
 - 1.1 Team di sviluppo dei contenuti e architettura seminario
 - 1.2 Premesse
 - 1.3 Scenario Mondiale, Europeo e Nazionale
- 2 Accesso e sfruttamento Orbita bassa Terrestre (LEO)
 - 2.1 Analisi SWOT del posizionamento attuale Nazionale
 - 2.2 Visione e obiettivi collegati
 - 2.3 Tecnologie abilitanti
 - Lancio da piattaforma aerea
 - Lancio da piattaforma navale
 - Tecnologie a lungo termine
 - Segmento di terra e reti di trasmissione
 - Microsatelliti
 - 2.4 Tempi di sviluppo e approccio di riduzione del rischio
 - 2.5 Valutazione preliminare dei costi non ricorrenti e ricorrenti
- 3 Considerazioni



1. INTRODUZIONE

1.1 TEAM DI SVILUPPO DEI CONTENUTI E ARCHITETTURA DEL SEMINARIO

- Il «progetto» di questa presentazione (scopi, e identificazione di come raggiungerli) è stato eseguito dai componenti la Commissione Aerospazio dell'Ordine degli Ingegneri (Odl) di Roma;
- Questo è stato possibile in quanto l'Odl è in possesso di capacità e informazioni tecniche al livello industriale, senza subire il «condizionamento» generato, nell'industria privata, dalla proprietà, solitamente a carattere internazionale, o dal mercato; francese, in ambito spazio/ Lanciatori europeo;
- I contributi strategici della presentazione sono stati quindi sviluppati da organizzazioni i cui obiettivi potrebbero contribuire a quelli della strategia nazionale (Università, Difesa, Odl...); all'industria è stato offerto di contribuire a tale sviluppo;
- Il contenuto di questa presentazione riflette il parere professionale degli autori, e non implica alcuna condivisione da parte delle rispettive organizzazioni di attuale, o passata, appartenenza. Nota: In particolare, la presentazione di parte del contenuto seguente da parte di personale AM non implica che la totalità dei contenuti costituisca posizione di AM/AD;
- Il trasferimento delle pure informazioni previste richiede la totalità del tempo disponibile, pertanto non sarà possibile inserire estesi ambiti di discussione; a tale scopo, un format di raccolta osservazioni verrà circolato tra i partecipanti e sarà successivamente elaborato.

Ulteriori feedback potranno essere inviati a: ing. Stefano Cottellacci (aerocott@gmail.com)

1.2 PREMESSE (generali)

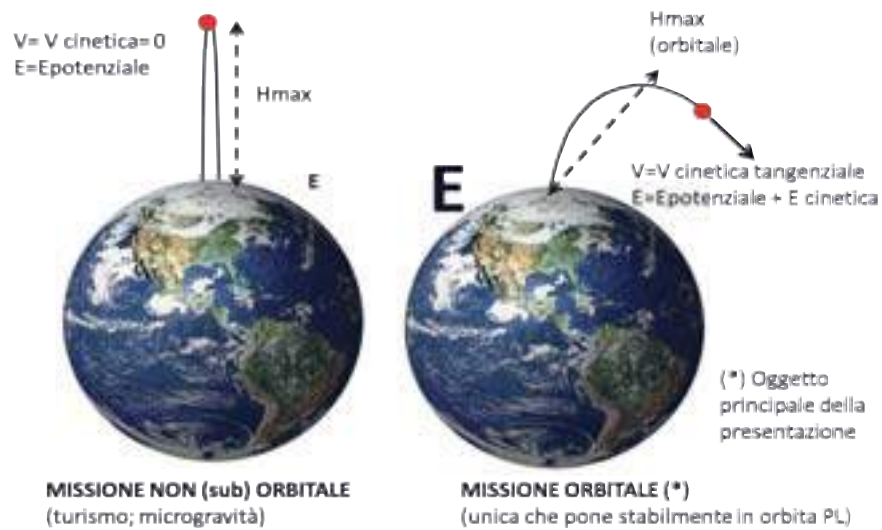
- L'Italia oggi non dispone di un accesso indipendente allo spazio;
- L'Europa può accedere allo spazio solo tramite un «accordo» con la Francia che le consente di accedere al poligono di lancio posto sul territorio francese della Guyana; l'autorità che rilascia il consenso al lancio è nazionale francese;
- Né l'Europa, né i suoi singoli Stati, possiedono un sistema di accesso rapido allo spazio che consenta di gestire situazioni di emergenza civile o militare (necessità di probabile emersione nell'ambito dello sviluppo di una difesa europea);
- In Europa, solo Francia ed Italia hanno sviluppato lanciatori; la capacità Italiana è stata raggiunta mediante il finanziamento pubblico del programma del piccolo lanciatore VEGA (1500 Kg in LEO), e dopo un lungo e conflittuale processo di negoziazione in ambito europeo, e bilaterale con la Francia.

1.2 PREMESSE (tecniche):

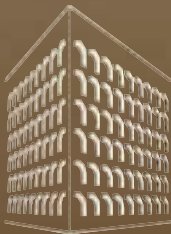
- Definizione adottata in questa presentazione per accesso allo spazio: capacità di inserimento in orbita terrestre «stabile» (i.e. altitudine uguale o superiore ai 400Km).

Accedere allo spazio non è semplicemente «poter raggiungere altitudini elevate», obiettivo che richiede energie molto minori di quelle necessarie per «restarci» in condizioni chiamate «orbitali».

Vedi prossima viewgraph (attenzione, altezza orbitale completamente fuori scala!!).

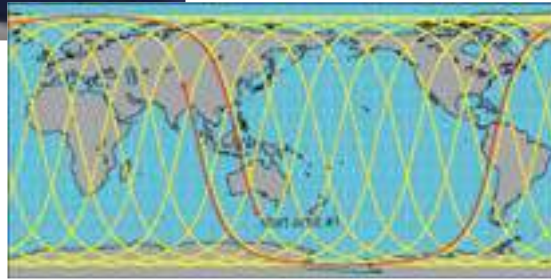


- Da un sito di lancio si può accedere ad inclinazioni orbitali solo maggiori o uguali alla sua latitudine (i.e. per Italia, da circa 40 gradi in su);
- Da una certa inclinazione orbitale x è possibile osservare la terra limitatamente alla fascia angolare $\pm x$;
- Un sito di lancio (orbitale) deve poter disporre di una zona non significativamente popolata estesa per circa 5000 Km nella direzione di lancio, al fine di non costituire rischio per le popolazioni sorvolate in caso di incidente nella fase di ascesa orbitale (origine della impossibilità di lancio da poligono terrestre situato sul territorio Italiano).

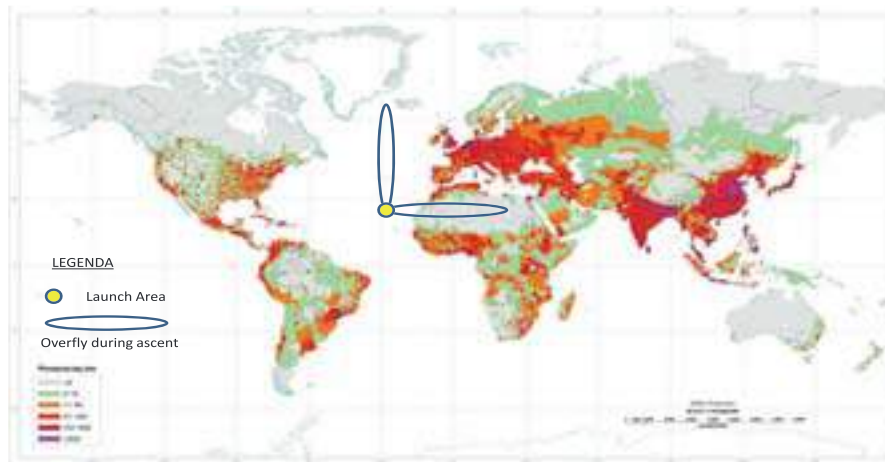




Traccia a terra per orbita ad inclinazione intermedia (Cape Canaveral)



Traccia a terra per orbita ad alta inclinazione (polare)



Esempio di area di lancio compatibile per inserimento orbitale a qualsiasi inclinazione

1.3 SCENARIO MONDIALE, EUROPEO E NAZIONALE

Scenario mondiale (dati consuntivo 2017)

Quanti lanci/anno: 90

Per accedere dove: 55% in LEO; 45% in >LEO; «escape» trascurabili (nota *)

Eseguiti da chi: USA+Russia+China = 73% totale; 80% LEO; 65% >LEO

Utilizzando quali Lanciatori:

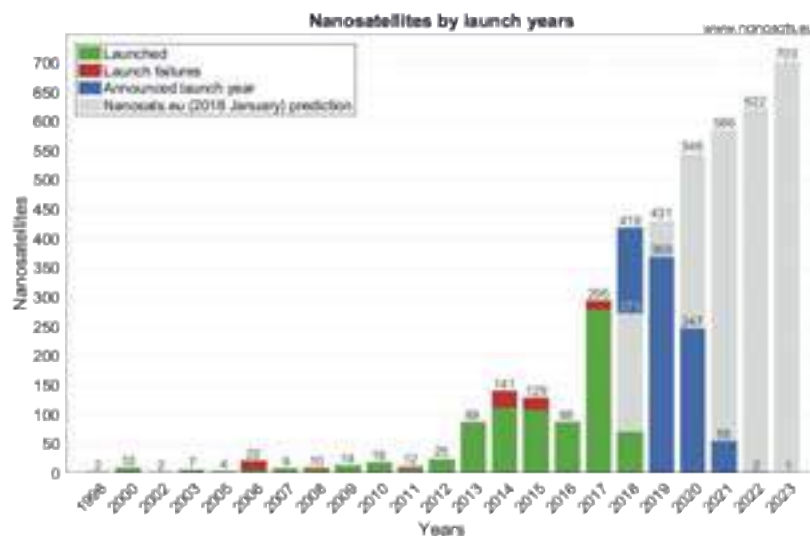
Falcon9 USA (18/90); Russia R-7 (14/90); China CZ Lunga Marcia (13/90); lanciatori «non piccoli»

In quale contesto commerciale: commerciale, ove non missione «captive»

Quali trend si evidenziano:

- Forte incremento lanci USA in LEO (da 3 in 2016 a 11 in 2017)
- EU sottorappresentata in LEO, anche se PL per VEGA previsti da ESA in drastica espansione (>100% nel periodo 2018-2024)

(*): Lanci LEO permettono, e permetteranno sempre più, anche missioni >LEO (GEO) utilizzando propulsione elettrica; intuizione italiana alla nascita progetto VEGA



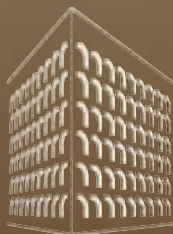
NOTA: Si miniaturizzano prima i carichi Utili che i lanciatori

L'analisi della composizione dei Carichi Utili inseriti in orbita LEO da recenti lanci di piccoli o medi lanciatori evidenziano che il drastico aumento verso il «piccolo» riguarda già oggi il solo Satellite.

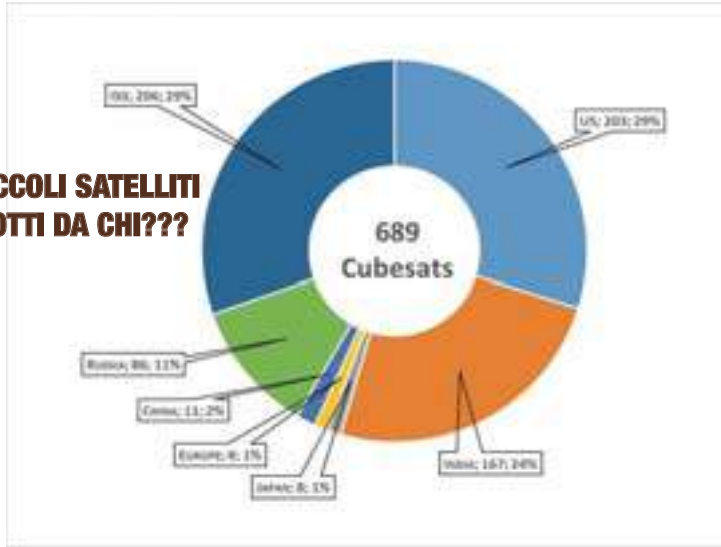
Vedi caso del lancio del PSLV con 104 Carichi Utili in un'unica missione (15/feb/2017):

- 1 main passenger da 714Kg (India) + 103 nanosat nel range 1-6 Kg (di cui 96 USA, 1 Svizzera, Kazakhstan, Israel, Olanda, United Arab Emirates)

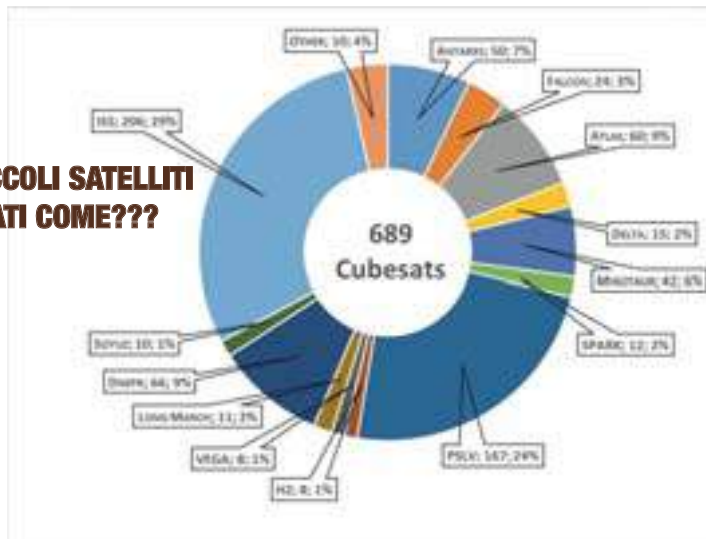
Per un totale al lancio di 1378 Kg



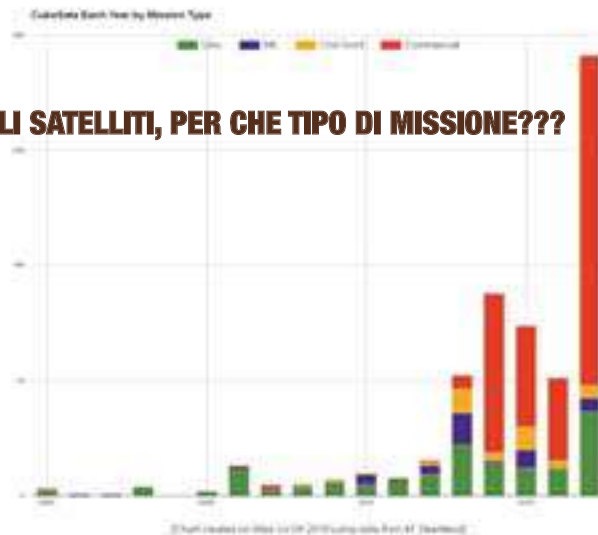
.....PICCOLI SATELLITI PRODOTTI DA CHI???



.....PICCOLI SATELLITI LANCIATI COME???



.....PICCOLI SATELLITI, PER CHE TIPO DI MISSIONE???



La grande quantità di piccoli satelliti (i.e. sotto ai 100 Kg) che si stanno realizzando oggi **devono accettare** di imbarcarsi su lanciatori di media dimensione in quanto oggi sono più disponibili sul mercato, e possono godere di un certo vantaggio sui costi in quanto il lanciatore è utilizzato per un numero maggiore di clienti.

Nota: d'altra parte il dover imbarcare il proprio (piccolo) satellite su un lancio comune a molti altri clienti, **riduce enormemente (annulla) qualsiasi flessibilità su tempistica, dati orbitali, logistica pre lancio** etc, che costituiscono uno dei fattori più importanti per il cliente individuale.

→ Chi disporrà per primo di piccoli lanciatori (ovviamente con prezzo «compatibile» ai vantaggi offerti) potrà conquistare elevate % di mercato commerciale.

Scenario Europeo

- Monopolio produttori LV (Airbus per Ariane e **ELV** (*) per Vega);
- Arianespace è commercializzatore unico dei lanci e include nella proprietà produttori parti LV (conflitto di interesse potenziale);
- Piano dei lanci tra A5, Soyuz (**) e Vega da **accordo** di ripartizione delle capacità di lancio del poligono CSG, attualmente vicine a saturazione (***);
- Numerosi paesi europei hanno dichiarato interesse a partecipare allo sviluppo di un nuovo piccolo lanciatore (classe sotto i 500Kg in LEO).

(*) «Brand» oggi non più operativo e attività LV fatte confluire in AVIO.

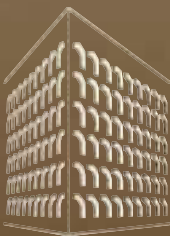
(**) Lanci Soyuz da CSG impiegano lanciatore di origine industriale totalmente non europea.

(***) Lanci di A5 o Soyuz generano ricavi molto maggiori di quelli di Vega.

Scenario Italiano

- Acquisizione della capacità italiana a sviluppare Sistemi di Lancio orbitali: anno 2012, programma europeo VEGA, a guida Italiana, e dopo (*) 10 anni di sviluppo e finanziamenti dell'ordine di 500M€, per la metà erogati dall'Italia;
- Nessun ruolo sistemistico per l'Italia è previsto nel programma di sviluppo del sostituto di A5 (Ariane 6);
- L'industria nazionale italiana è in grado di produrre gran parte delle parti di un lanciatore orbitale;
- Non è possibile effettuare lanci orbitali da una base posta sul territorio italiano (problemi di sorvolo di aree popolate); si ritiene che utilizzare il poligono di Malindi (in Kenya) richiede delle valutazioni sia tecnico operative che soprattutto politiche in quanto la sua operatività richiederebbe ingenti finanziamenti, incompatibili con l'assenza di controllo italiano sull'area del poligono.

(*) dati approssimati



2 Accesso e sfruttamento orbita bassa Terrestre (LEO)

2.1 Analisi SWOT relativa al posizionamento dell'Italia nell'ambito dei sistemi di accesso e sfruttamento dell'orbita bassa terrestre.

Punti di forza

S1: Apprezzamento internazionale del progetto del piccolo lanciatore Vega a guida Italiana (ELV);
S2: Competenza nazionale consistente, anche nei settori collaterali ai sistemi di lancio quali: Segmento di terra (Telespazio), Infrastrutture di lancio (Vitrociset), Veicoli di rientro e simulazione condizioni ambientali (CIRA), sistemi di lancio per impiego militare (MBDA);
S3: Qualificata presenza e creatività sia in ambito accademico che industriale (incluso PMI), relativamente all'area Lanciatori;
S4: possibilità di fornire una alternativa di acquisto dei lanci rispetto a quella offerta da paesi «politicamente più vincolanti» dell'Italia (USA, Russia e Cina).

2.1 Punti analisi SWOT

Punti di debolezza

W1: Apparente poco collegamento e cooperazione tra le varie aree di amministrazione pubblica verso lo sfruttamento delle potenzialità nazionali di servizio in ambito sistemi di lancio;
W2: Non sufficiente visibilità e perseguimento di una visione strategica nazionale che miri al raggiungimento delle opportunità e ruoli strategici, tramite la definizione di un piano di sviluppo specifico «multi-programma»;
W3: Poco collegamento e sinergia tra le varie componenti accademiche e di ricerca operanti nel settore spazio e Lanciatori.

Opportunità

O1: Acquisire un ruolo chiave per lo sviluppo di un sistema di lancio a supporto di missioni a rapida implementazione (contesto europeo di difesa comune);
O2: Acquisire il ruolo di Nazione leader per tutte le attività e servizi relativi all'orbita bassa terrestre (LEO), incluso accesso, operazioni di volo e trasferimento orbitale, operazioni e veicoli di rientro a terra (vedi visione nel seguito);
O3: Poter rivestire un ruolo significativo nel futuro sviluppo di un nuovo sistema di lancio (fortemente innovativo) mirato per carichi utili dell'ordine del Kg e inferiori (vedi seguito area tecnologie);
O4: Allungare la catena del valore dei servizi di lancio, includendo le attività di prova dei PL per qualificarli all'utilizzo dei lanciatori commerciali.

Minacce

T1: Perdita di efficacia nel controllo degli interessi nazionali a fronte del fatto che essi sono rappresentati da una componente industriale con proprietà «non nazionale»;
T2: Perdita della disponibilità delle risorse sistemistiche lanciatori a causa della non partecipazione italiana nel team di sistema A6 (ed in caso di non avvio di sistemi di lancio nazionali);
T3: Creazione di una leadership, alternativa a quella Italiana, per piccoli lanciatori (vedi elevato interesse e programmi di sviluppo in ambito Paesi dell'Est e Nord Europa);
T4: Perdita progressiva dei «risultati» acquisiti tramite il finanziamento del programma Vega, considerando che la documentazione completa relativa al progetto e all'esperienza di volo risiede, ed è processata in dettaglio, principalmente in una organizzazione a carattere privato.

2.2 VISIONE E OBIETTIVI COLLEGATI (nota 1)

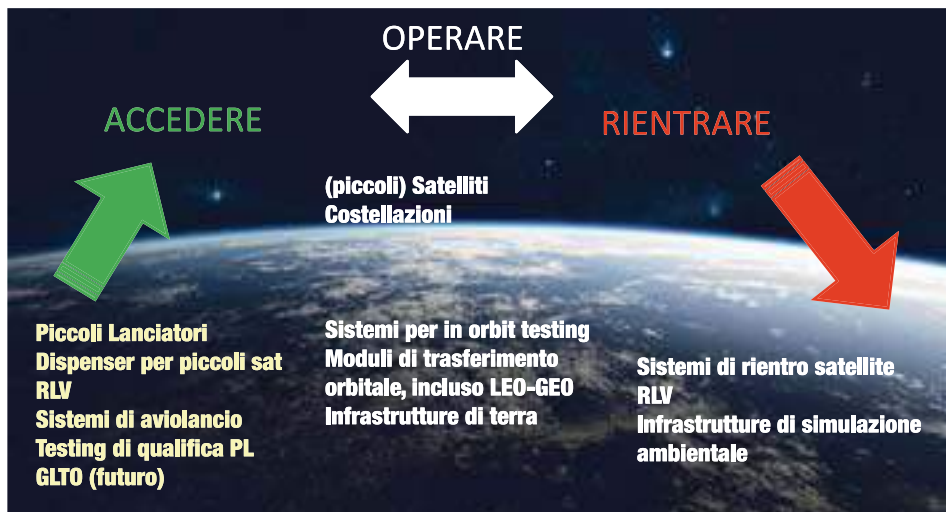
VISIONE: Italia come Nazione chiave per tutto quanto si riferisce all'orbita bassa terrestre (LEO): come accedervi, come operarvi, e come abbandonarla.

Obiettivi immediatamente collegati:

Per poter gestire le operazioni in LEO l'Italia deve potervi accedere in maniera indipendente.

Nota 1: la visione costituisce convinzione degli autori della presentazione, e non si basa su atti dell'Amministrazione o di singole industrie, ne costituisce visione definita da AM/AD.

LEADERSHIP NAZIONALE PER L'ORBITA BASSA TERRESTRE



2.3 TECNOLOGIE ABILITANTI L'ACCESSO AL LEO

Nel seguito sono prese in esame le seguenti opzioni sistemistiche per consentire l'accesso allo spazio:

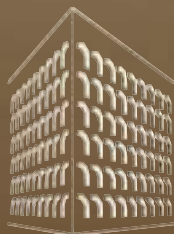
- (*) Lancio da piattaforma aerea (da velivolo cargo e caccia);
- (*) Lancio da piattaforma navale (varie architetture);
- Tecnologie a lungo termine (>10 anni).

In termini di tecnologie abilitanti l'accesso allo spazio, si presentano le seguenti:

- Segmento di terra/Reti Mondiali;
- Microsatelliti (soprattutto per lanci da piattaforma aerea).

Breve descrizione nelle viewgraph seguenti.

(*): tecnologia chiave per possibile accesso indipendente allo spazio da parte dell'Italia.

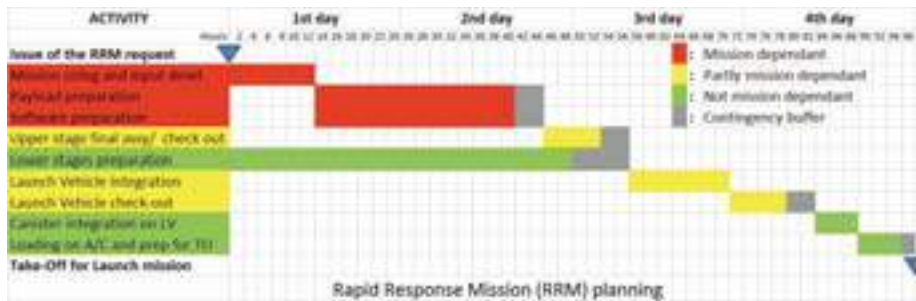
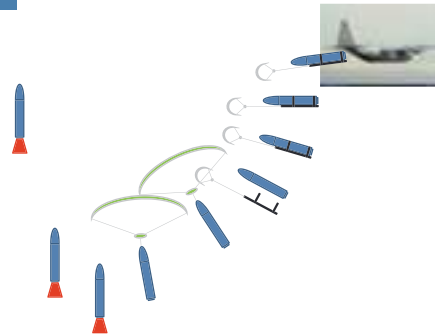


Aviolarcio da piattaforma aerea di tipo Cargo



Velivolo selezionato: C130J e A400M (*)
Prestazione: 100-150Kg a 400Km
Tempo di attivazione: 4 giorni

(*) bi-compatibilità



Dettaglio del planning di allestimento della missione di intervento rapido in condizioni emergenziali

APPROCCIO AL LANCIO	SVANTAGGI	VANTAGGI
Aviolarcio da piattaforma aerea tipo cargo (A400M/ C130J)	<p>Complessità tecnica della estrazione dal velivolo</p> <p>Non possiede capacità di crescita della prestazione orbitale, senza cambiare le caratteristiche del velivolo</p> <p>Nessun sfruttamento energetico derivante dalla velocità dell'aereo</p> <p>Velivolo con autorità di progetto e commercializzazione al di fuori del controllo italiano</p>	<p>Piattaforma aerea esistente e già qualificata per estrazione di carichi utili dal vano cargo, del peso e dimensioni necessarie per il Lanciatore</p> <p>Capacità di eseguire missioni tipo "Rapid Response"</p> <p>Ottima occultabilità delle manovre pre lancio</p> <p>Ottimizzazione del punto di lancio (base mobile)</p> <p>Capacità di raggiungere buone prestazioni orbitali (>100Kg in LEO)</p>

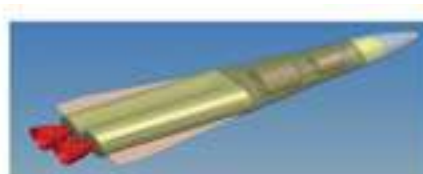
Aviolancio da piattaforma aerea di tipo Caccia

Velivolo selezionato: TORNADO
Prestazione LEO: 25-50Kg a 400Km
Prestazione da attacco: 200-250Kg



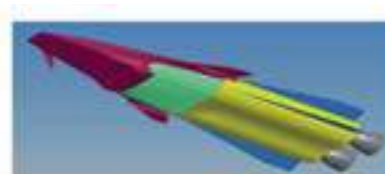
MURALM : "Multi Role Air Launch Missile"

- Prima sezione composta da due booster (propulsione solida) e comune a due configurazione (lanciatore – missile)
- Seconda sezione configurabile per dual-role (secondo stadio del lanciatore per microsattelliti o missile supersonico)



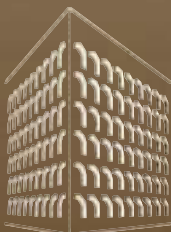
**MURALM
for Microsatellite**

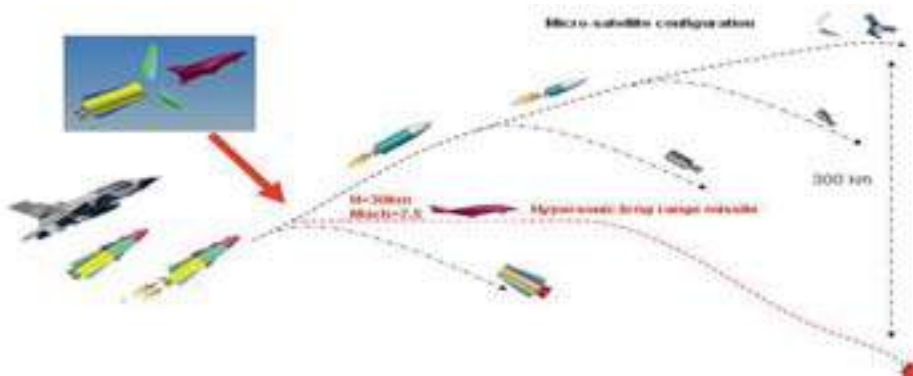
Orbits up to 300km/700km (EQUATORIAL)
 Payload up to 60kg/40kg (micro-SAT)
 Orbits up to 350/700km (POLAR)
 Payload up to 20kg/10kg (nano-satellite)



**MURALM
for Hypersonic Missile**

Hypersonic Missile Release Altitude 30-10M
 Cruise Velocity: mach 7.5





Aviollancio da piattaforma aerea di tipo Caccia Vantaggi e Svantaggi

APPROCCIO AL LANCIO	SVANTAGGI	VANTAGGI
Aviollancio da piattaforma aerea tipo caccia (Tornado)	<p>Prestazione orbitale marginale (<50Kg)</p> <p>Non possiede capacità di crescita della prestazione orbitale, senza cambiare le caratteristiche del velivolo.</p> <p>Limitata Compatibilità con diversi velivoli (ingombri, massa)</p>	<p>Ottimizzazione del punto di lancio (base mobile).</p> <p>Iniezione in orbita più agevole (manovra fuori piano eseguita da aereo): minimizzazione consumo carburante per il missile.</p> <p>Capacità di eseguire missioni tipo "Rapid Response"</p> <p>Buona occultabilità delle manovre pre lancio</p> <p>Compatibilità con versioni da attacco (elevata capacità di eseguire missioni duali)</p>

Lancio da piattaforma marittima trainata/autopropulsa dedicata



Elementi chiave del sistema di lancio SEA LAUNCH: piattaforma di lancio e nave di trasporto, appoggio e controllo.



Caricamento del lanciatore
nella nave di trasporto

Trasferimento della
piattaforma di lancio

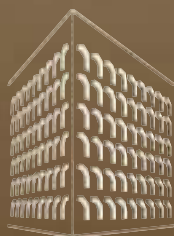


SEA LAUNCH:

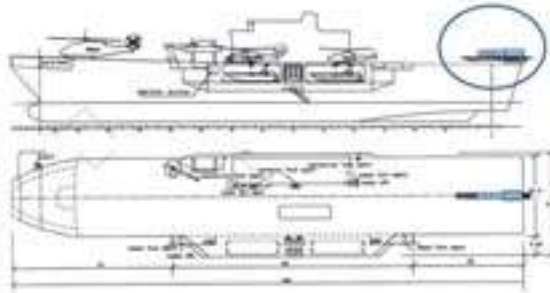
- Consorzio creato nel 1995 tra Norvegia, Russia, Ucraina e Stati Uniti; gestione eseguita da Boeing. Primo lancio nel Marzo 1999;
- Insuccesso commerciale;
- Dimostrata fattibilità tecnica e sviluppate operazioni (diverse decine di lanci eseguiti utilizzando lanciatore Zenit 3SL: 60m, 3.9m diametro, **462t** al lancio per trasporto in GTO di 6t PL);
- Prestazione in LEO senza particolari limiti (i.e. anche oltre prestazioni VEGA: 30m, 3m diametro, **137t** al lancio, trasporto 1.5t in LEO);
- Elevato rateo di lancio è indispensabile per il sostegno degli elevati costi di mantenimento della infrastruttura (circa **30M€/anno**, come da documentazione Boeing).

Lancio da piattaforma marittima trainata/ autopropulsa (Vantaggi e Svantaggi)

APPROCCIO AL LANCIO	SVANTAGGI	VANTAGGI
Lancio da piattaforma marina trainabile o da piattaforma autopropulsa (tipo Sea Launch)	<p>Nessuna capacità di eseguire missioni tipo "Rapid Response"</p> <p>Richiede lo sviluppo di una infrastruttura (la piattaforma) dedicata per le operazioni di lancio</p> <p>Nessuna occultabilità</p> <p>Elevati costi per il mantenimento delle infrastrutture (piattaforma di lancio)</p> <p>Elevati tempi di trasporto della piattaforma verso i siti idonei al lancio</p>	<p>Ottime caratteristiche di protezione della sicurezza del personale (piattaforma senza personale a bordo durante le operazioni di lancio)</p> <p>Ottima capacità adattamento in caso di incremento delle dimensioni / peso del lanciatore</p> <p>Approccio a basso rischio tecnico e di sviluppo in quanto già esistente (Sea launch)</p>



Lancio da nave tramite infrastruttura (rampa) mobile



Due diverse tipologie di missioni considerate:

- a) Inserimento orbitale
- b) Missione tattica di trasporto/ osservazione (suborbitale supersonica)

Nota: missioni da considerare pure «prime ipotesi» e ancora da analizzare e ottimizzare

Nave identificata come potenziale candidata: Nave da sbarco classe San Marco.
Vantaggi specifici:

- Ampio ponte di volo, ponte hangar coperto con elevatore (unico limite alle dimensioni del lanciatore)
- Ampi spazi coperti (sezioni autorimessa e hangar)
- Autonomia logistica.
- Compatibilità con vettori di dimensioni significative



Sistema di lancio derivabile da quello utilizzato per missile TOPOL – M (Russia):
47t; 22m; 1.95m diametro

Caratteristiche già compatibili con inserimento orbitale LEO di carichi utili maggiori di 150Kg

Nota: la parte «veicolo di trasporto» potrebbe non essere imbarcata, per ragioni di massa, centro di gravità e complessità di ancoraggio.



Lancio da nave tramite infrastruttura (rampa) mobile (Vantaggi/Svantaggi)

APPROCCIO AL LANCIO	SVANTAGGI	VANTAGGI
Lancio da Nave/ tramite rampa di lancio mobile	<p>Criticità per la sicurezza del personale imbarcato in caso di incidente al lancio</p> <p>Ridotte capacità di eseguire missioni tipo rapid response (tempo di trasferimento alla zona di lancio)</p> <p>Limite superiore alla capacità di adattamento in caso di aumento dimensioni / peso Lanciatore*</p>	<p>Infrastruttura di lancio di ridotta complessità in quanto basata su disaccoppiamento struttura di lancio (Rampa elevabile) e piattaforma di trasporto e lancio (nave)</p> <p>Conseguenti tempi e costi di sviluppo notevolmente ridotti</p> <p>Compatibilità con vettori di dimensioni adeguate e capacità di esecuzione di più di 1 lancio a missione</p> <p>Capacità di sinergia con Paesi che hanno già sviluppato infrastrutture mobili per il lancio da terra.</p>

* - N.B. - il tutto dipende dalle dimensioni e configurazione della nave utilizzata come piattaforma di lancio. Una fregata avrebbe capacità limitate, rispetto ad una nave a ponte di volo continuo

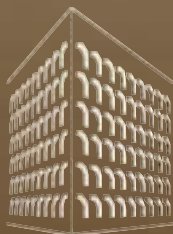
Lancio da nave tramite Vertical Launch System (VLS)

- Il requisito di interfacciabilità con il pozzo di un modulo lanciatore Sylver A50 impone un limite all'ingombro trasversale (calibro) massimo del vettore.
- La lunghezza complessiva del vettore deve essere ragionevolmente contenuta, per limitare la sporgenza al di sopra del ponte di coperta.



L'ingombro massimo di un Modulo di Lancio Per Vettore Orbitale, da installare al posto di un sylver A50 (o A70) impone, tenuto conto delle dimensioni del pozzo, delle clearances necessarie, e degli spessori stimati di struttura di base, interfacce, guide, etc. impone uno spazio massimo sfruttabile di impronta a terra di $x1 \times x2$ mm. Questo impone un massimo diametro sfruttabile di 1600mm (rif.) e un analogo ingombro massimo di sezione maestra.

Possibilità di uso duale del lanciatore (cruise supersonico - Derivato dal concetto aviolancio 2 tipo caccia)



APPROCCIO AL LANCIO	VANTAGGI	SVANTAGGI
Lancio da Nave/ tramite Vertical Launch System (VLS)	Buona prospettiva di utilizzo duale Buona occultabilità Similarità delle operazioni rispetto a quelle per missilistica non orbitale	Criticità per la sicurezza del personale imbarcato in caso di incidente al lancio Basse capacità di offrire adattamento in caso di aumento dimensioni / peso Lanciatore Necessità di adottare ampi condotti di venting del getto del primo stadio, oppure necessità di sviluppare un sistema cold launch in grado di gestire masse significative del lanciatore.

TECNOLOGIE A LUNGO TERMINE; GUN LAUNCH TO SPACE (GLTO)

Cosa è; obiettivo:

consiste in una infrastruttura di terra in grado di accelerare un «piccolo» carico utile (<1Kg e < 0.1m) sino a velocità compatibili con l'inserimento orbitale (8-10 Km/s) ed indirizzarlo verso LEO. Il tutto con elevato rateo giornaliero di lancio (>10/giorno).

Cosa è stato fatto/ quando:

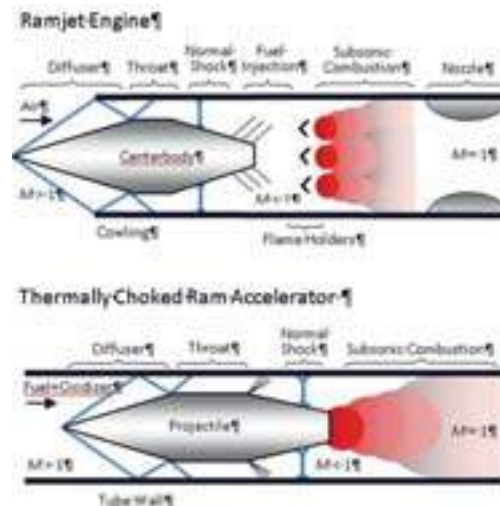
Tentativi numerosi e sviluppati, senza successo, da numerose «organizzazioni» già da molti decenni (evidente sinergia con utilizzazione in ambito militare).

Quali approcci tecnici sono stati perseguiti (estratto):

Classe approcci termici: propulsione chimica, accelerazione ad onde esplosive, sistemi utilizzando plasma, sistemi elettrochimici, sistemi a gas, sistemi basati su propulsione RAM/ SCRAM, sistemi misti gas + RAM.

Classe approcci elettromagnetici: sistemi induttivi, sistemi ad accelerazione su rotaia, sistemi ibridi.

Un paio di esempi



Perché oggi esistono speranze di raggiungimento obbiettivo?

Due principali recenti «evoluzioni tecnologiche»:

- Enorme aumento capacità componentistica elettronica di resistere a carichi di shock (sviluppo munizionamento);
- Drastico aumento della capacità di miniaturizzazione in campo meccanico ed elettronico e che rende possibile considerare come interessante un carico utile orbitale anche per masse sotto al Kg.

Una impostazione di ricerca non utilizzata nel passato:

- I - Accurata analisi tecnica di tutti gli approcci perseguiti nel passato + identificazione degli elementi che hanno causato i singoli insuccessi;
- II - Identificazione del «mix» tecnologico potenzialmente in grado di superare le limitazioni caratteristiche dei sistemi realizzati nel passato;
- III - Sviluppo delle analisi di fattibilità tecnica, economica e di impatto ambientale e normativo.

Segmento di terra e reti di trasmissione

Quali elementi servono al fine di poter fornire il supporto alle missioni nazionali indipendenti utilizzando gli approcci di lancio presentati?

Segmento di terra classificabile nelle seguenti aree specifiche:

- **Area «AIT»** (magazzino parti lanciatore e PL, sviluppo del software di missione, integrazione finale e prova di accettazione lanciatore);
- **Area «LAU»** Supporto dell'evento di Lancio (sino completamento missione lanciatore): trasporto al sito di lancio, erezione lanciatore e calibrazione strumentazione, lancio, operazioni area di controllo lanciatore e volo (short range e far range per copertura sino a fine missione lanciatore);
- **Area «COM»** Comunicazione in fase operativa di missione.

AIT: Base Operativa di riferimento a terra (territorio Nazionale)

AIT: Area e infrastruttura per integrazione PL e Lanciatore (compreso propellenti)

LAU: Mezzo di trasporto al sito di lancio

LAU: Infrastruttura di erezione e lancio

LAU: Infrastruttura di comando e controllo lancio

LAU: Infrastruttura di back-up (safety) per gestione comandi di sicurezza

LAU: Infrastruttura/ rete di rilevamento a terra per controllo ascesa in orbita

LAU: Mezzo di trasporto per rientro al territorio Nazionale

COM: Infrastruttura di comunicazione tra PL e terra durante fase operativa di missione

..... Trattati nel seguito

Cosa è disponibile o meno in ambito nazionale? (D= disponibile; A= adattabile; ND= non disponibile).

Ci sono/ Quali sono, differenze significative di necessità/ criticità per i diversi approcci al lancio?

Quali sono le criticità (tecniche, economiche, altre): CT= Criticità tecnica; CE= Criticità economica).

**AIT: Base Operativa di riferimento a terra (territorio Nazionale); A
Necessaria per tutti gli approcci presentati.**

AIT: Area e infrastruttura per integrazione PL e Lanciatore (compreso propellenti); ND; CE.

Necessaria per tutti gli approcci presentati; nel caso navale, parte delle operazioni di integrazione e prova potrebbe essere eseguita durante il trasporto al sito di lancio.



LAU: Mezzo di trasporto al sito di lancio; A
Piattaforma aerea o navale a seconda dell'approccio considerato.

LAU: Infrastruttura di erezione e lancio; ND; CT; CE
Necessaria, e dedicata, per ciascun approccio di lancio.

LAU: Infrastruttura di comando e controllo lancio; A
Necessaria per ogni approccio presentato; può coincidere con il mezzo di trasporto al sito di lancio.

LAU: Infrastruttura di back-up (safety) per gestione comandi di sicurezza; A
Necessaria per ogni approccio presentato, agisce in caso di indisponibilità / anomalia del infrastruttura nominale.

LAU: Infrastruttura/ rete di rilevamento a terra per controllo ascesa in orbita; D
Necessaria per ogni approccio presentato.

LAU: Mezzo di trasporto per rientro al territorio Nazionale; A
Piattaforma aerea o navale a seconda dell'approccio considerato.

DOM: Infrastruttura di comunicazione tra PL e terra durante fase operativa di missione; D
Possibile utilizzare reti di comunicazione commerciali o di disponibilità nazionale.

MICROSATELLITI

Al fine di supportare, o meno, l'opportunità di uno sviluppo nazionale della capacità di inserimento orbitale specifico per piccoli satelliti (in particolare della classe MURALM e SALTO) si è ricercata risposta ai seguenti principali interrogativi:

- E' prevedibile, nel breve-medio, un numero consistente di piccoli satelliti a fronte degli interessi nazionali e internazionali? Per quali tipologie di missione?
- Quali sono le tecnologie critiche che oggi limitano la riduzione di peso e dimensioni dei piccoli satelliti?

E' prevedibile, nel breve- medio, un numero consistente di piccoli satelliti a fronte degli interessi nazionali e internazionali? Per quali tipologie di missione?

Nel 2014 è stata sviluppata una intensa attività sotto il titolo:

-Missioni con Piccoli Satelliti ad Alta tecnologia- (Marzo 2014):

Ambito: CESMA (Centro Studi Militari Aeronautici)

Guida: Aeronautica Militare Italiana; Gen. Isp. G.A. Bianchi Ing. Lucio

Organizzazioni partecipanti:

Difesa

Enti Istituzionali: DPC

Industrie: ACS, Avio, OGS, INTECS, MBDA, Planetek, PSI, Selix Space Engineering, Telespazio,

Thales Alenia

Università: La Sapienza

Associazioni: CESMA (con pubblicazione rapporto finale pubblico nella serie: -I quaderni del CESMA-)

Raccolte ed analizzate 32 piccole missioni considerate rappresentanti degli interessi nazionali e del mercato commerciale potenziale applicabile nel breve-medio periodo; risultati dalla tabella seguente:

Missione/ PL	Totale Missioni	Compatibili con MURALM (20-50Kg)	Compatibili con SALTO (100-200Kg)
EO OTTICO	14	1	6
EO Microonde	11	1	7
Telecomunicazioni	6	2	6
ELINT	1	0	1
Totale:	32	4	20

Quali sono le tecnologie critiche che oggi limitano la riduzione di peso e dimensioni dei piccoli satelliti?

Da un punto di vista generale di sistema:

- Disponibilità di potenza elettrica (sia generazione che controllo e distribuzione);
- Capacità di dissipazione termica;
- Micro propulsione (in particolare elettrica).

In particolare i seguenti ambiti sono stati identificati come driver per lo sviluppo e diffusione dei piccoli satelliti:

- STANDARDIZZAZIONE (delle interfacce, dei moduli, degli apparati, dei sottosistemi ...);
- DISPONIBILITÀ DI COMPONENTISTICA COTS;
- CREAZIONE DI OPZIONI (economiche) DI LANCIO PER SINGOLO (o pochi) CARICHI UTILI.

MICROSATELLITI PER AVIOLANCI

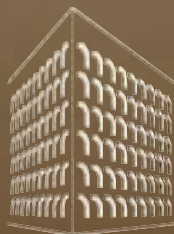


USAF F15- ASM135 ASAT
Boeing - I° Stadio
Vought - II° Stadio e Guida
Lungh: 5,4 m Peso: 1179 kg
Altiudine Max: 560 Km

La tecnologia degli aviolanci è evoluta e disponibile



Aevum - Space Delivery Services
Sistema di lancio RAVN : RPAS + Missile
I° Stadio: RPAS – Velocità max: Mach 2.85
II° Stadio - Propellente "Proprietario"
III° Stadio - Ossigeno Liquido



L'Avioloancio si appresta a diventare una Attività Industriale

Più di 50 Organizzazioni (Agenzie Spaziali, Privati, Consorzi) stanno lavorando sullo sviluppo di piccoli lanciatori in grado di trasportare fino a 500 kg in orbite LEO, di questi il 14% riguardano l'avioloancio

Lanciatore	Carico Utile	Orbite
Cab-3A	5 kg	400 km
Sagitarium Space Arrow	64 kg	600 km
LauncherOne	200 kg	SSO
SOAR	250 kg	LEO
Pegasus XL	468 kg	200 km
Orbital 500	500 kg	500 km SSO
RAVN	nd	nd

Sistemi di Avioloancio

Aeroporti per Avioloanci

- ✓ In UK sono pianificati due aeroporti in Cornovaglia e nel Galles
- ✓ In Italia un aeroporto è pianificato nella zona di Taranto-Grottaglie.



Esempio di Campagna Commerciale

Mercato per gli Avioloanci

Maggiori Punti di forza Avioloancio

- ❖ Alta frequenza di lancio: la maggiore tra i sistemi disponibili
- ❖ Tempo molto breve per il lancio : organizzazione, preparazione logistica, etc..
- ❖ Poche limitazioni sulla finestra di lancio : sono sufficienti aeroporti e corridoi di lancio sul mare con piccole finestre temporali di sicurezza.
- ❖ Supporto e Operazioni a terra per la campagna di lancio ridotte.



Mercato Civile e Militare "Responsive"

Missioni “Responsive” per gli Aviolanci

Missioni “Terrestri”

- *Ricognizione, Intelligence, supporto Tattico*
- *Telecomunicazioni Sicure*
- *Controllo Droni BLOS e Piattaforme HAPS*
- *P/L Multispettrali su bande selezionate*
- *Sostituzione Microsatelliti delle costellazioni per Osservazione della Terra*

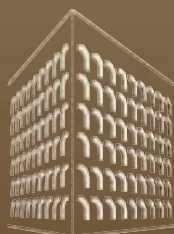
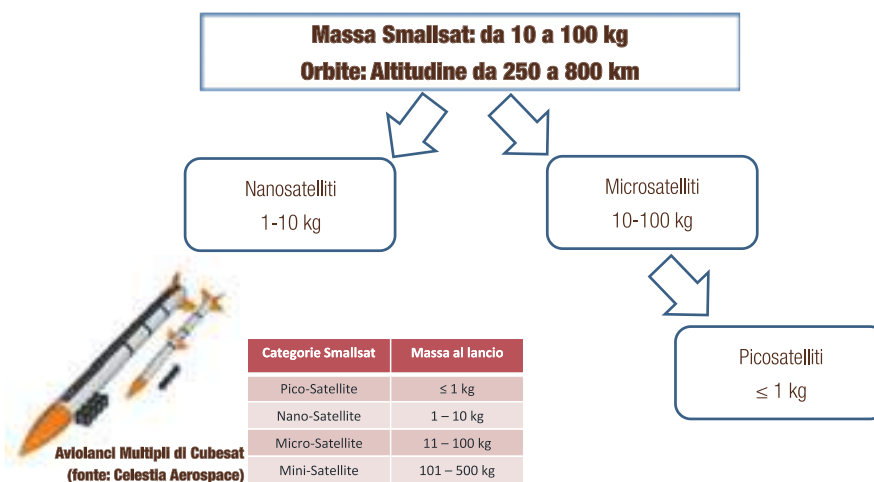
Missioni per “Emergenze Civili”

- *Catastrofi naturali terrestri e marine (terremoti, tsunami)*
- *Eventi Meteo catastrofici*
- *Emergenze Idriche*
- *Emergenze Umanitarie*

Missioni “Spazio Esterno”

- *Missioni x Debrids o Asteroidi*
- *Satelliti Lunari Modulari*
- *Supporto Missioni Interplanetarie*
- *Missioni di manutenzione e “emergenza” Satelliti*

Quali Satelliti per le Missioni “Responsive”



Tecnologie Abilitanti

I Cubesat potranno usufruire in gran numero dell'avio-lancio come opportunità di volo, ma non costituiranno il nocciolo della richiesta "Responsive" soddisfatta dal lancio con piattaforme aeree.

Sono necessari Microsatelliti in grado di supportare i requisiti delle missioni "Responsive" con specifiche superiori a quelle dei satelliti con massa superiore ai 500kg.

Per fare ciò sono necessari degli investimenti specifici e degli sviluppi in particolari tecnologie abilitanti da utilizzare nei Microsatelliti.

Queste tecnologie devono permettere di sviluppare Microsatelliti con specifiche estremamente avanzate in tutti i sottosistemi (Controllo di Assetto, Gestione Dati, Sensori, Propulsori, Antenne)

Tecnologia Abilitante: Intelligenza Artificiale

Intelligenza Artificiale a Bordo

- ✓ Funzioni Satellite: Prevedere e gestire Guasti; Contromisure
- ✓ Pianificatore di Missione: Modificare, Ripianificare la Missione e gestirla
- ✓ Gestione dati Payload: Analisi dati per conservarli e trasmettere a terra solo quelli necessari alla missione
- ✓ Gestione Radiofrequenza: SDR (Software Defined Radio), Conversione radiofrequenza/link ottico

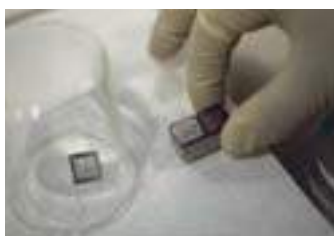
Intelligenza Artificiale a Terra

- ✓ 'AIV Tools' e Procedure - Sistemi di test funzionali rapidi; Simulatori 'HIL'
- ✓ Manutenzione 'Esperta' per 'Batch' di sottosistemi satellite pronti a terra
- ✓ Network Microstazioni Globale per ricezione telemetrie e dati
- ✓ Sistema esperto per analisi post missione

Tecnologia Abilitante: Propulsione

Propulsione a Ioni ed Elettrica per Microsat

- ✓ a Ioni
- ✓ Elettrica
- ✓ Elettrostatica
- ✓ Elettromagnetica



Mini 'ION Thrusters' con il loro serbatoio di propellente fase di test (fonte: MIT)

Permetterebbero di:

- Utilizzare orbite a partire da 250 km compensando la resistenza aerodinamica
- Raggiungere orbite con altitudine fino a 800 km con manovre a bassa spinta
- Ottenere accuratezze di puntamento estremamente elevate
- Realizzare connessioni "Intersatellite Link" per comunicazioni ottiche.

Missione con Tecnologia abilitante

Tecnologia abilitante:

Intelligenza Artificiale per pianificazione missione

Sistema Integrato Microsatellite/Missile

- Fase di Lancio: Sistema Guida Missile
- Fase Orbitale: Sistema Gestione Satellite
- Ottimizzazione strutturale e funzionale

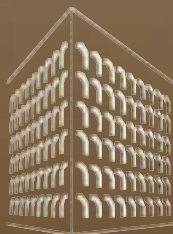


Altitudine di lancio: 15-20 km
 Altezza orbita: 250-450 km
 Massa Microsatellite: 50 kg

Sistema di Propulsione Missile

- Propulsore e Propellente
- Sistema di Sgancio
- Sistema di localizzazione e eventuale recupero Propulsore

- ✓ Riprogrammazione Missione
- ✓ Alto "Throughput" di dati



Tecnologia abilitante:

Propulsione elettrica per controllo assetto con alta accuratezza



1.5m Optical Ground Station (MLRO)

Telespazio - Matera Laser Ranging Observatory

Microsatelliti per:

- ✓ Sviluppo di comunicazioni quantistiche sicure a lunga distanza
- ✓ Distribuzione chiavi quantistiche (QKD)
- ✓ Telecomunicazioni per Sicurezza e Difesa.

Precursore: 2015, per la prima volta:

Scambiato un messaggio cifrato inviolabile via satellite a una distanza 1700 km.

Verificati principi di base della meccanica quantistica: mantenimento dello stato di un fotone su un canale di telecomunicazioni.

2.4 TEMPI DI SVILUPPO E APPROCCIO DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

Concetto di esecuzione anticipata sviluppi critici.

Alcune delle tecnologie abilitanti presentate possiedono livelli considerevoli di rischio tecnico e/o economico; per esse l'approccio di sviluppo suggerito è quello di focalizzare i primi (limitati) fondi disponibili per ottenere la verifica sperimentale della soluzione tecnica che supera la criticità maggiore rilevata. Solo dopo aver dimostrato tale superamento è possibile rilasciare i finanziamenti (ingenti) per la qualifica formale del progetto.

TECNOLOGIA	ATTIVITA' RIDUZIONE RISCHIO TECNICO
Lancio da piattaforma aerea tipo Cargo	Realizzazione prova di separazione velivolo- lanciatore in scala 1:1 (3-4M€; 2 anni)
Lancio da piattaforma aerea tipo Caccia	Realizzazione prova di separazione velivolo- lanciatore in scala 1:1 (>7M€; 3 anni)
Lancio da piattaforma marittima trainata dedicata (tipo Sea Launch)	Nessun rischio tecnico maggiore; elevato rischio economico

TECNOLOGIA**ATTIVITA' RIDUZIONE RISCHIO TECNICO**

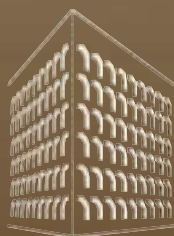
Lancio da nave tramite infrastruttura (rampa) mobile	Realizzazione di una prova del sistema di «separazione e allontanamento» del Lanciatore dalla nave (3-5 M€; 3-4 anni)
Gun Launch To Space	Realizzazione di una prova di verifica di funzionalità del progetto proposto al fine di generare la velocità di uscita dall'acceleratore (tbd M€; tbd anni)
Segmento di terra e reti di trasmissione	Nessuna criticità tecnica significativa
Microsat per lanci da piattaforma aerea	Nessuna criticità tecnica significativa

2.5 VALUTAZIONI PRELIMINARI SUI COSTI NON RICORRENTI E RICORRENTI

- Senza una analisi di medio dettaglio (di complessità elevata e durata superiore agli 8 mesi) non è possibile determinare i costi non ricorrenti e i tempi di sviluppo delle singole opzioni presentate in precedenza.
- E' possibile basarsi sui costi non ricorrenti derivanti da progetti direttamente eseguiti e/o dedotti dalla pubblica informazione, ed effettuare opportune «traslazioni» verso l'alto o verso il basso. Questo approccio può solo fornire l'ordine di grandezza dei costi non ricorrenti, e dei tempi di sviluppo prevedibili.

Questi sono riportati nel seguito.

APPROCCIO	COSTI NON RICORRENTI M€	ANNI RIDUZIONE RISCHIO	ANNI COMPLETAMENTO QUALIFICA
Aviolancio da piattaforma aerea di tipo Cargo	300	2-3	5
Aviolancio da piattaforma aerea tipo Caccia	500	3-4	5-6
Lancio da piattaforma marina trainabile da nave/ autopropulsa	700	3-4	4-5
Lancio da nave tramite infrastruttura mobile imbarcata	300-400	3-4	5
Lancio da nave tramite Vertical Launch System (VLS)	500	4	5



Valutazioni circa la possibilità di coprire i costi non ricorrenti tramite mercato commerciale

Gli elevati costi non ricorrenti caratteristici di alcune opzioni presentate sono tali da renderle non attrattive da un punto di vista di puro ritorno commerciale diretto.

L'opportunità o meno di implementare il finanziamento di sviluppo di una particolare opzione si fonda sui benefici attesi di tipo strategico/ politico, e sui ritorni indiretti legati all'aumento della potenzialità industriale del Paese in ambito internazionale.

- I costi ricorrenti sono enormemente influenzati dal numero dei lanci all'anno previsti (*) in quanto su tali lanci viene ripartito il costo di mantenimento delle infrastrutture necessarie (o almeno la quota parte caricata sul servizio di accesso allo spazio).
- In questa sede, non essendo ancora stato definito un quadro commerciale di utilizzo del servizio di accesso allo spazio, è solo possibile identificare la attrattività degli approcci presentati in funzione del costo annuale di mantenimento delle infrastrutture (qualitativo, basato su valutazione relativa).

(*) output maggiore di una analisi di mercato non ancora eseguita

- | | |
|--|-------|
| • Aviolancio da piattaforma aerea di tipo Cargo | +++ |
| • Aviolancio da piattaforma aerea tipo Caccia | +++ |
| • Lancio da piattaforma marina trainabile da nave / autopropulsa | +++++ |
| • Lancio da nave tramite i/s mobile imbarcata | + |
| • Lancio da nave tramite Vertical Launch System (VLS) | ++ |

Nota:

+++++ indica valori superiori di costo di mantenimento infrastrutture (i/s)

3 CONSIDERAZIONI

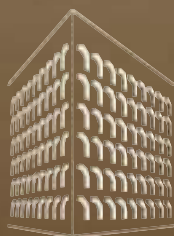
a) Tecniche

- E' possibile, per l'Italia, acquisire un accesso indipendente allo spazio.
- L'approccio tecnologico che appare caratterizzato da un buon rapporto tra benefici + rapidità di sviluppo, e costi + rischi, è quello basato sull'avio Lancio da velivolo tipo cargo.
- L'approccio avio Lancio da cargo consente di immettere in orbita LEO, a qualsiasi inclinazione orbitale, un carico utile di circa 100-150Kg; e consente l'esecuzione di missioni a rapida implementazione (4 giorni) in caso di contesti di emergenza.
- Solo l'approccio da piattaforma marina trainata/ autopropulsa dedicata permette di creare una alternativa nazionale per eseguire lanci di Vega addizionali rispetto a quelli a Kourou.
- Solo l'approccio di lancio da rampa mobile imbarcata su Nave consente di effettuare più di un lancio per singola missione navale.

NOTA:

I valori di costo riportati nella tabella seguente non sono il risultato di analisi quantitative, bensì una estrapolazione dei costi non ricorrenti del programma Vega, adattata alle caratteristiche macroscopiche delle opzioni considerate.

OPZIONE TECNICA → OBBIETTIVO STRATEGICO	Lancio da Aereo		Lancio da Nave/ piattaforma marina		
	Avio Lancio da piattaforma aerea tipo cargo (A400M/ C130J)	Avio Lancio da piattaforma aerea tipo caccia (F35/ Tornado)	Lancio da piattaforma marina trainabile da Nave (tipo Sea Launch)	Lancio da Nave/ tramite autocarro di lancio	Lancio da Nave/ tramite Vertical Launch System (VLS)
Accesso indipendente allo Spazio	SI	SI	SI	SI	SI
Capacità di aumento del rateo di lancio Vega indipendente dalla disponibilità del poligono CSG	NO	NO	SI	NO	NO
Capacità di esecuzione di missioni satellitari ad implementazione immediata (Rapid Response Missions)	SI	SI	NO	NO	NO
Lanciabilità indipendente del nuovo piccolo lanciatore nazionale fabbricato totalmente in Italia	NO	NO	SI	SI	NO
Acquisizione di capacità tecnologiche utili per poter eseguire missioni duali di trasporto ipersonico a grandi distanze	SI	SI	NO	SI	SI
Stima ordine di grandezza costi non ricorrenti (M€)	300	500	700	300-400	500
Carico utile in LEO (Kg)	100-150	25-50	Senza limite	150-300	50-150



b) Strategiche:

- Importante definire come eseguire efficacemente il controllo degli aspetti di interesse nazionale, anche ove in contrapposizione con posizioni dell'industria aerospaziale italiana: necessità di chiarezza su chi deve controllare/ come.
- Opportunità di finanziare immediatamente attività di riduzione del rischio per accesso indipendente allo spazio. Le attività sviluppate, in particolare nell'ambito di lancio da piattaforma aerea o navale, permetterebbero all'Italia di acquisire ruolo significativo nel futuro programma al livello europeo.
- Opportunità di intraprendere studi di base e sviluppi tecnologici per la realizzazione di sistemi futuri del tipo Gun Launch To Orbit (GLTO); preliminari alla acquisizione di ruoli significativi in ambito internazionale.
- Necessità di coordinamento al livello nazionale di:
 - Possibili utilizzi di sistemi in LEO per obiettivi dei vari ministeri ed enti pubblici Italiani;
 - Attività accademiche e di formazione in ambito aerospazio.
- Necessità di disporre, e mantenere/ far evolvere, in ambito pubblico, delle competenze acquisite nello sviluppo di sistemi di lancio (VEGA); vedi ad esempio proposta per la implementazione di un «Nucleo di Competenza Lanciatori».
- La VISIONE presentata per il ruolo nazionale («leadership LEO») consentirebbe di trattare in modo sinergico e coordinato gran parte delle 4 separate «finalità strategiche» che ASI ha definito nel documento di Visione Strategica 16-25 (*), consentendo la focalizzazione verso gli aspetti operativi di servizio.

(*): 1=Promuovere lo sviluppo di servizi e applicazioni per la Space Economy; 2=Promuovere lo sviluppo e l'utilizzo di infrastrutture per la Space Economy; 3=Accelerare e sostenere il progresso scientifico e culturale (Science Diplomacy); 4=Accrescere il prestigio internazionale del Paese (Space Diplomacy)



