MILAN 2024

75th INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL CONGRESS

14 – 18 OCTOBER 2024
MILAN – ITALY

RESPONSIBLE SPACE FOR SUSTAINABILITY

ORGANIZED BY

HOSTED BY

CO-HOSTED BY

SUPPORTED BY

IAC2024.ORG

La strada per un'esplorazione spaziale sostenibile

09 Maggio 2024

La Propulsione Sostenibile

Filippo Maggi

Space Propulsion Lab

Dip. Scienze e tecnologie Aerospaziali

Politecnico di Milano

Email: filippo.maggi@polimil.it

POLITECNICO MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AEROSPAZIALI

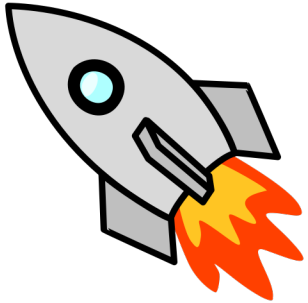
SPlab POLIMI

Breve sommario

Propulsione

Quando agisce

Cosa (non) vediamo



Il “vero” impatto

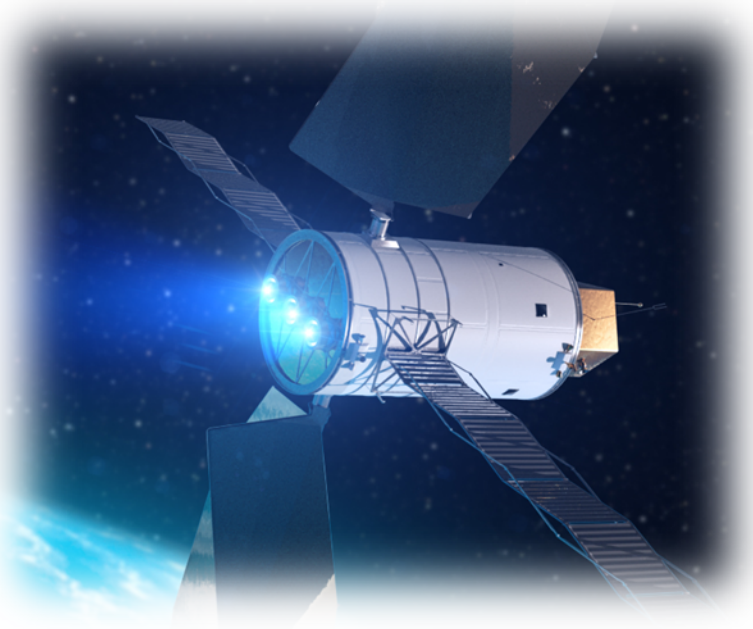
Una visione completa

Propulsione: quando e dove

Una missione spaziale inizia con la propulsione

Credit: ESA

Propulsione: quando e dove



Credit: NASA

Prosegue con la propulsione

Propulsione: quando e dove

Spesso termina con la propulsione

Credit: SpaceX License CC BY-NC 2.0 Deed

Propulsione: quando e dove

Tipologie di propulsione diverse a seconda dell'utilizzo

Alta spinta:
Si possono sollevare da terra

Bassa spinta:
Solo manovre in orbita

Propulsione: Cosa vediamo e non vediamo

Credit: NASA

La **“plume”** (lo scarico dei motori) contiene prodotti della combustione, a seconda del tipo di motori.

Possiamo trovare:

- Particolato solido
- Fuliggine
- Prodotti chimici (a base di cloro / azoto / idrocarburi)
- Idrogeno
- Acqua
- CO2

Possibile interazione con atmosfera, ozono, terreno, e, in generale, ambiente

Propulsione: Cosa vediamo e non vediamo

I propellenti possono (specialmente quelli usati nei satelliti) possono essere tossici

Possiamo trovare:

- Idrazina e suoi derivati
- Tetrossido di azoto
- Clorati e perclorati

Mettono a rischio i lavoratori (ma le aziende li proteggono con procedure e sistemi di sicurezza)!!

Aspetto molto importante ma non verrà trattato in questa presentazione

Propulsione: Cosa vediamo e non vediamo

Alcuni propellenti apparentemente innocui per l'ambiente hanno alle spalle un impatto ambientale per la **loro produzione**

Un propellente pulito:
Idrogeno + Ossigeno = ACQUA

Ma …..

Grande consumo di risorse nel "ciclo di vita":

- Idrogeno liquido (temperatura -253 °C)
- Ossigeno liquido (temperatura -183°C)

Propulsione: qual è il vero impatto?

Attuale interesse: Tossicità

Attualmente, c'è molta confusione.

Un propellente "VERDE" è quello che ha bassa tossicità e che produce prodotti a bassa tossicità

Esempio:
Il KEROSENE è considerato un propellente VERDE

Propulsione: qual è il vero impatto?

L'anidride carbonica!!!

La CO2 prodotta nella "plume" **non è** un problema: rispetto alla produzione complessiva sulla terra, se ne produce una quantità troppo limitata.

Esempio:
Il METANO è considerato il propellente del futuro e produce CO2

Propulsione: il vero impatto qual è?

La “plume” e i suoi composti chimici

Gli inquinanti che sono rilasciati **sotto ai 20 km** di altezza (troposfera) ricadono verso la terra (piogge acide localizzate).

Quanto rilasciato **sopra ai 20 km** di altezza sta per MESI in atmosfera, e interagisce con l’ozono (cloro, azoto e vapor d’acqua!!!…. Sì **l’acqua è dannosa per l’ozono in questa zona dell’atmosfera**), altri creano uno strato di **polveri sottili** che riscalda l’atmosfera in modo non naturale **ad alta quota**.

Propulsione: il vero impatto qual è?

Il **ciclo di vita** della propulsione

L'impatto ambientale non è quello che si vede ma è tutto l'impatto (diretto ed indiretto) necessario a creare, usare, e smaltire l'oggetto.

Cosa significa in pratica?

Verso il futuro: una visione completa

Il **ciclo di vita** della propulsione “spendibile”

Estrazione / riciclo

Metalli

Lavorazioni

Macchinari

PRIMA

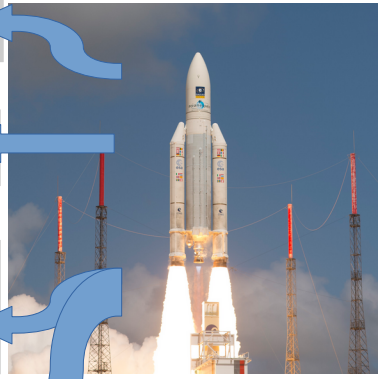
Missione

DOPO

Costruzione dei motori

Propellenti

Elettronica di comando



Ricaduta a terra

Plume in atmosfera

Interazione con ambiente

… anche il caffè bevuto dagli ingegneri durante la progettazione

Verso il futuro: una visione completa

Il **ciclo di vita** della propulsione “riciclata”

Estrazione / riciclo

Metalli

Lavorazioni

Macchinari

Costruzione dei motori

Propellenti

Elettronica di comando

… anche il caffè bevuto dagli ingegneri durante la progettazione

La novità di SpaceX: riuso del primo stadio

Ricaduta a terra

Plume in atmosfera

Interazione con ambiente

Verso il futuro: una visione completa

...

Produzione componenti

“**Ricambi**”

Riparazioni

Macchinari

Il **ciclo di vita** della propulsione “riciclata”

La novità di SpaceX: riuso del primo stadio

Revisione dei motori

Propellenti

Elettronica di comando

… il caffè

~~Ricaduta a terra~~

Maggior plume in atmosfera per l’atterraggio

Interazione con ambiente

Verso il futuro: una visione completa

Un altro esempio su un componente del propellente

KEROSENE

Fonte fossile

Created by Srinivas Agra
from the Noun Project

Fonte rinnovabile

Created by Made
from the Noun Project

Riciclo di oli esausti

Created by Bakunetsu Kaito
from the Noun Project

Verso il futuro: una visione completa

Un altro esempio su un componente del propellente

KEROSENE

Fonte fossile	**Fonte rinnovabile**	**Riciclo di oli esausti**
Trivellazione	**Coltivazione**	**Raccolta**
Estrazione	**Raccolta**	**Purificazione**
Trasporto	**Trattamento**	**Trattamento**
Raffinazione	**Raffinazione**	**Raffinazione**

Conviene sostituirlo? E con quale?

Verso il futuro: una visione completa

Analizziamo le opportunità

KEROSENE

Domanda CHIAVE:

COSA VUOL DIRE RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE per QUESTO CASO?

Verso il futuro: una visione completa

Analizziamo le opportunità

KEROSENE

Domanda CHIAVE:

COSA VUOL DIRE RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE per QUESTO CASO?

Decarbonizzazione? ….. no.

Per i lanciatori spaziali non è un elemento chiave dell'impatto ambientale

Verso il futuro: una visione completa

Analizziamo le opportunità

KEROSENE

Domanda CHIAVE:

COSA VUOL DIRE RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE per QUESTO CASO?

Riduzione impatto nell'atmosfera? … allora non dovrei bruciare kerosene.

I prodotti di combustione sono comunque quelli del kerosene

Verso il futuro: una visione completa

Analizziamo le opportunità

KEROSENE

Domanda CHIAVE:

COSA VUOL DIRE RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE per QUESTO CASO?

Riduzione consumo risorse? ….. forse.

Allora non dovrei consumare suolo che potrebbe essere usato per cibo

Verso il futuro: una visione completa

Analizziamo le opportunità

KEROSENE

Domanda CHIAVE:
COSA VUOL DIRE RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE per QUESTO CASO?

Non esiste una risposta corretta, almeno per ora

Verso il futuro: una visione completa

Analizziamo le opportunità

Created by Srinivas Agra from the Noun Project

Fonte fossile

Consuma suolo e risorse

Non è rinnovabile

Costa poco

Created by Made from the Noun Project

Fonte rinnovabile

Rinnovabile

Bassa emissione globale di CO2

Ruba terreno agricolo al cibo

Created by Bakunetsu Kaito from the Noun Project

Riciclo di oli esausti

Costoso

Impatto ambientale del processo

Apparente ridotto consumo di risorse

Breve riflessione finale

Propulsione a impatto ZERO non esiste

Si deve scegliere che impatto ci interessa ridurre

In GENERALE, il VERO impatto ambientale valuta il ciclo di vita di un processo,
dall'inizio alla fine

Ringraziamenti

Il progetto “Soluzioni tecnologiche a basso impatto ambientale per l’accesso allo spazio” del laboratorio SPLab è realizzato all’interno del progetto MUSA – Multilayered Urban Sustainability Action, finanziato dall’Unione Europea – NextGenerationE, PNRR Missione 4 Componente 2 Linea di Investimento 1.5: Creazione e rafforzamento degli “ecosistemi dell’innovazione”, costruzione di “leader territoriali di R&S”

Immagini e icone: NASA, ESA, SpaceX, Noun Project

Software: LibreOffice

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell’Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MILAN 2024

75th INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL CONGRESS

14 – 18 OCTOBER 2024
MILAN – ITALY

RESPONSIBLE SPACE FOR SUSTAINABILITY

ORGANIZED BY

HOSTED BY

CO-HOSTED BY

SUPPORTED BY

IAC2024.ORG