



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

CENTRO
INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE
AEROSPAZIALE - AEROSPACE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Radioprotezione Bioispirata e Ricerca sui Biofilm tramite CubeSat

L'Impegno Italiano nel Settore dei CubeSat: Tecnologie e Missioni Future – Seconda Edizione

*Agenzia Spaziale Italiana, Roma
2-4 Luglio 2024*

Relatore: Stefano Carletta, Scuola di Ingegneria Aerospaziale, Sapienza Università di Roma, stefano.carletta@uniroma1.it

BOREALIS: Biofilm Onboard Radiation Exposure Assessment Lab in Space

- Progetto finanziato dall'ASI nell'ambito del programma **ALCOR**
- Missione di **astrobiologia** basata sull'impiego di una piattaforma **CubeSat** (6U+) e sistemi **COTS**
- Stato di avanzamento: T0+5, prossimi alla MDR



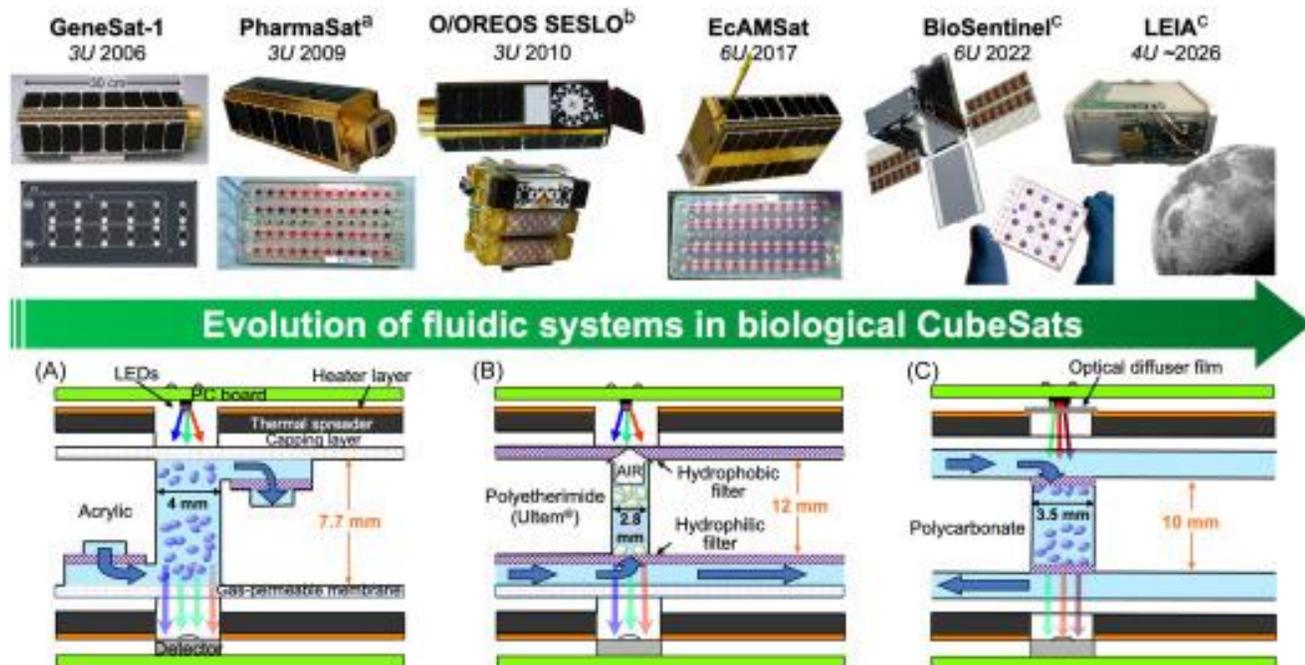
Obiettivi:

- Valutare gli effetti di **microgravità** e **radiazioni ionizzanti** su popolazioni microbiche in **biofilm**
- Testare in volo l'efficacia di sistemi di **radioprotezione** basati su schermatura fisica e “bioinspired”
- Chiarire il meccanismo di generazione di **particelle secondarie** (ad alto fattore di dose) a seguito dell'interazione tra materiali schermanti con radiazioni cosmiche ad alta energia

**«No Matter Where We Go,
We Take Our Microbes»**

La Missione: Obiettivi scientifici

- Esaminare i processi di formazione e sviluppo di **biofilm microbici** nell'ambiente spaziale
- Valutare la **resilienza** alle condizioni ambientali, con particolare attenzione agli **aspetti radiativi**
- Valutare l'efficacia di diversi tipi di schermatura e degli agenti farmacologici “**bioinspired**”



Microbial biology on CubeSats in LEO

(<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824541-5.00024-8>)

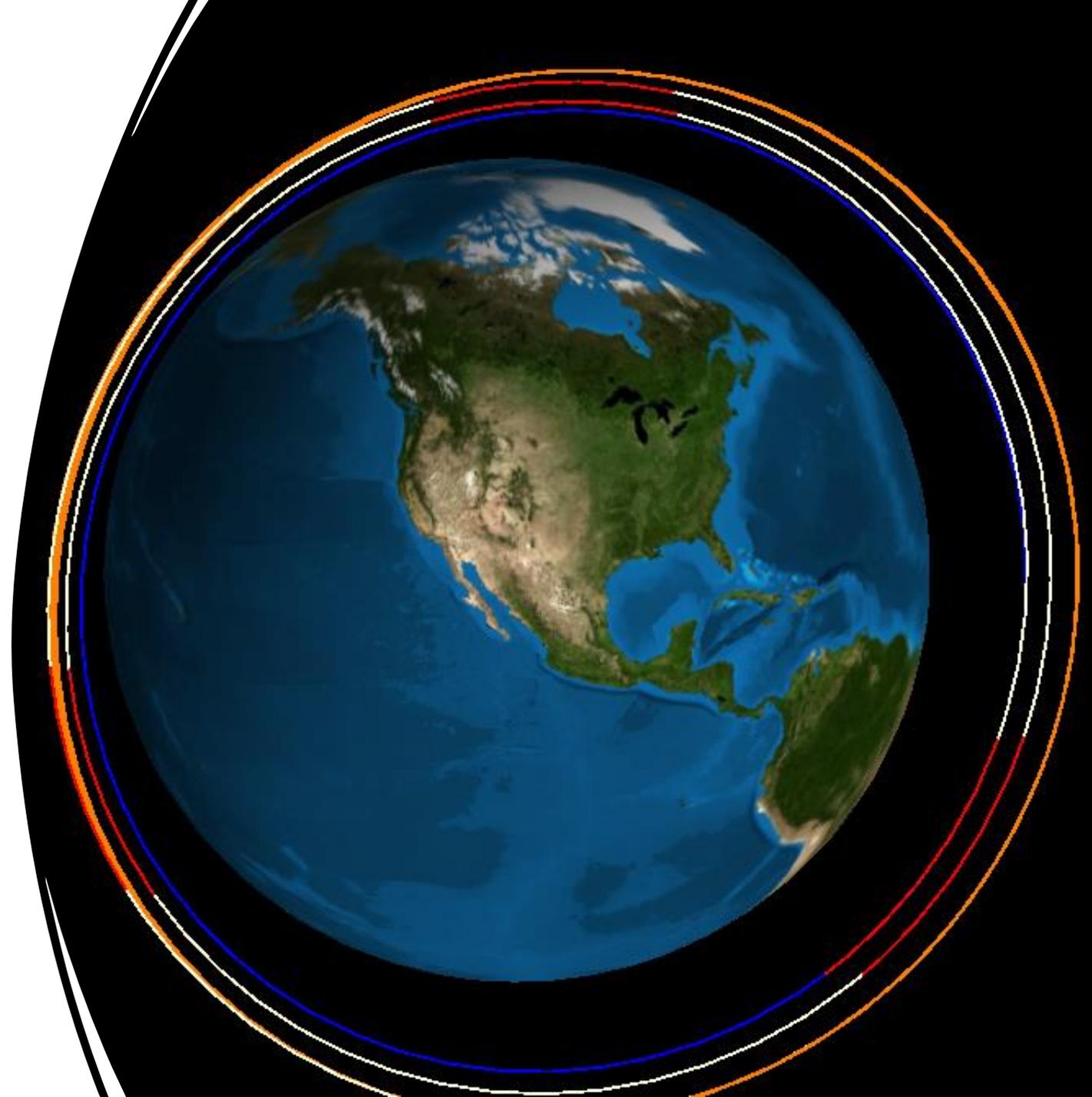


AstroBio CubeSat (2022)

MEO ($h = 6000\text{km}$)

La Missione: Profilo e criticità

1. Rilascio in orbita LEO (i.e. 700km - 1100km)
2. Verifica sottosistemi e payload
3. Predisposizione ed esecuzione esperimenti in LEO (**microgravità + schermatura geomagnetica**)
4. Trasferimento in orbita MEO (i.e. 2050 km)
5. Predisposizione ed esecuzione esperimenti in MEO (**microgravità**)

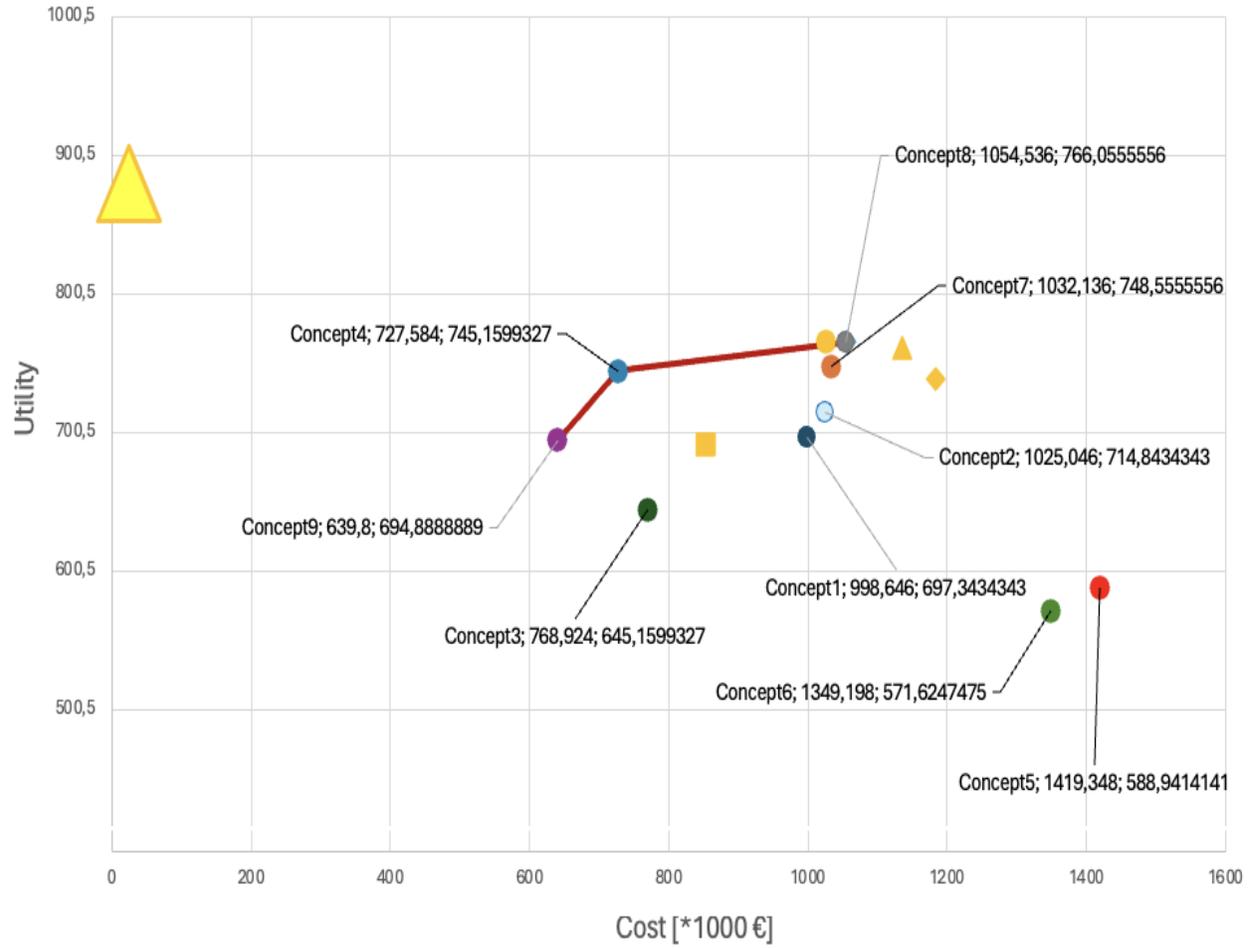


II Satellite

No.	Decision	Option1	Option2	Option3	Option 4
AD1	Primary Power Source	Body Mounted Solar Array (2x6U + 2x3U)	Large Deployable Solar	Deployable Solar Array + Large Batteries	
AD2	Communication Frequency Band	2 x UHF (TX/RX) + S/X-band (TX)	UHF (TX/RX) + S-band (TX/RX)	2 x UHF (TX/RX) + Optical Communication (TX)	
AD3	Propulsion System	Mono-propellant (HPGP)	Electric thruster (Ion Or Hall-effect)	Cold-gas (Prop+ACS)	Experimental propulsion
AD4	ADCS Sensors	Gyro + 4 Sun Sensors + Earth Sensor + Magnetometer (BKP)	Gyro + Star Tracker + Magnetometer (BKP)	Gyro + GPS + 6 x Sun Sensor + Magnetometer (BKP)	Gyro + GPS + Star Tracker + Magnetometer (BKP)-
AD5	On-board Computer	SOC	MCU	FPGA	MCU+FPGA (Hybrid)
AD6	ADCS Actuators	3 x Reaction Wheels + 3 x Magnetorquers + 4 x Cold Gas	4 x Reaction Wheels + 3 x Magnetorquers + 4 x Cold Gas	Control Moment Gyro + 3 x Magnetorquers	3 x Reaction Wheels + 3 x Magnetorquers
AD7	Data Handling	On-board Storage	Real-time Processing	Delay Tolerant Networking	
AD8	Thermal Management	Passive (Contact shielding + box convection)	Passive (Contact shielding + box convection) + Active (Radio Beacon Modulation)	Passive (Contact shielding + box convection) + Active (Radio Beacon Modulation) + Louvers	Passive (Contact shielding + box convection) + Heat pipes
AD9	Software	F-Prime	FreeRTOS	Linux	In-house libraries

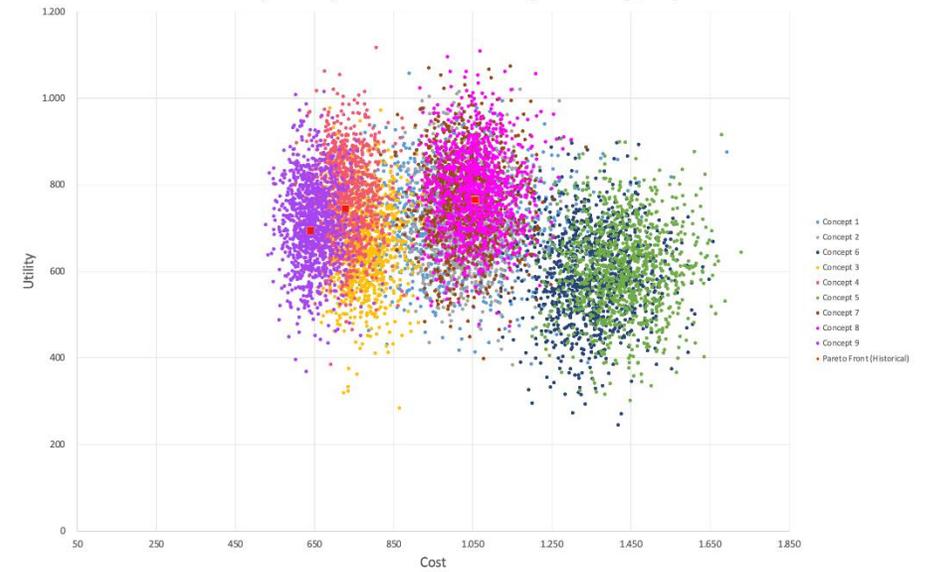
II Satellite

Tradespace Comparison: Utility vs. Cost



- Concept1
- Concept2
- Concept3
- Concept4
- Concept5
- Concept6
- Concept7
- Concept8
- Concept9
- ▲ Utopia Point
- Pareto Front
- ArgoMoon
- ▲ MarsCubeOne
- ◆ LICIA
- LunarFlashlight

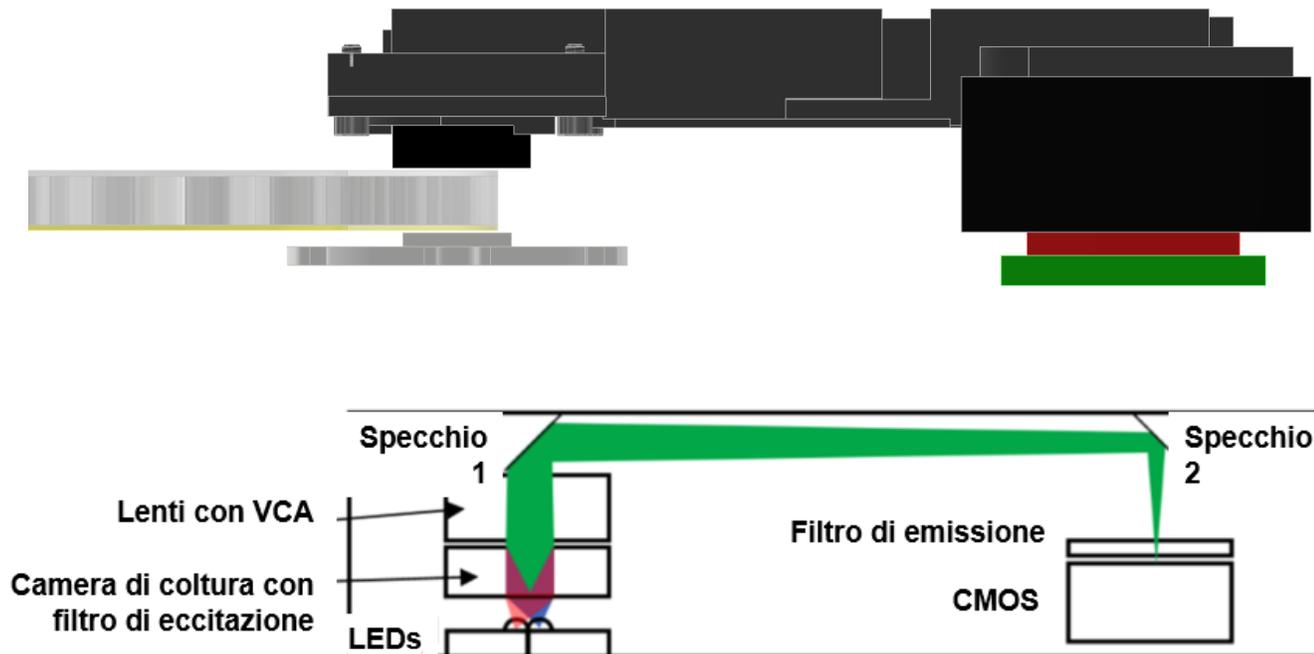
Tradespace Exploration - Uncertainty Modeling, all point



Concepts del CubeSat 6U BOREALIS

Il Payload: Miniaturized Fluorescence Microscope (MFM)

- Design del mini-microscopio basato sul breadboard MFM realizzato nell'ambito del progetto ESA MFM
- Lab-on-Chip interposto tra lenti e LED



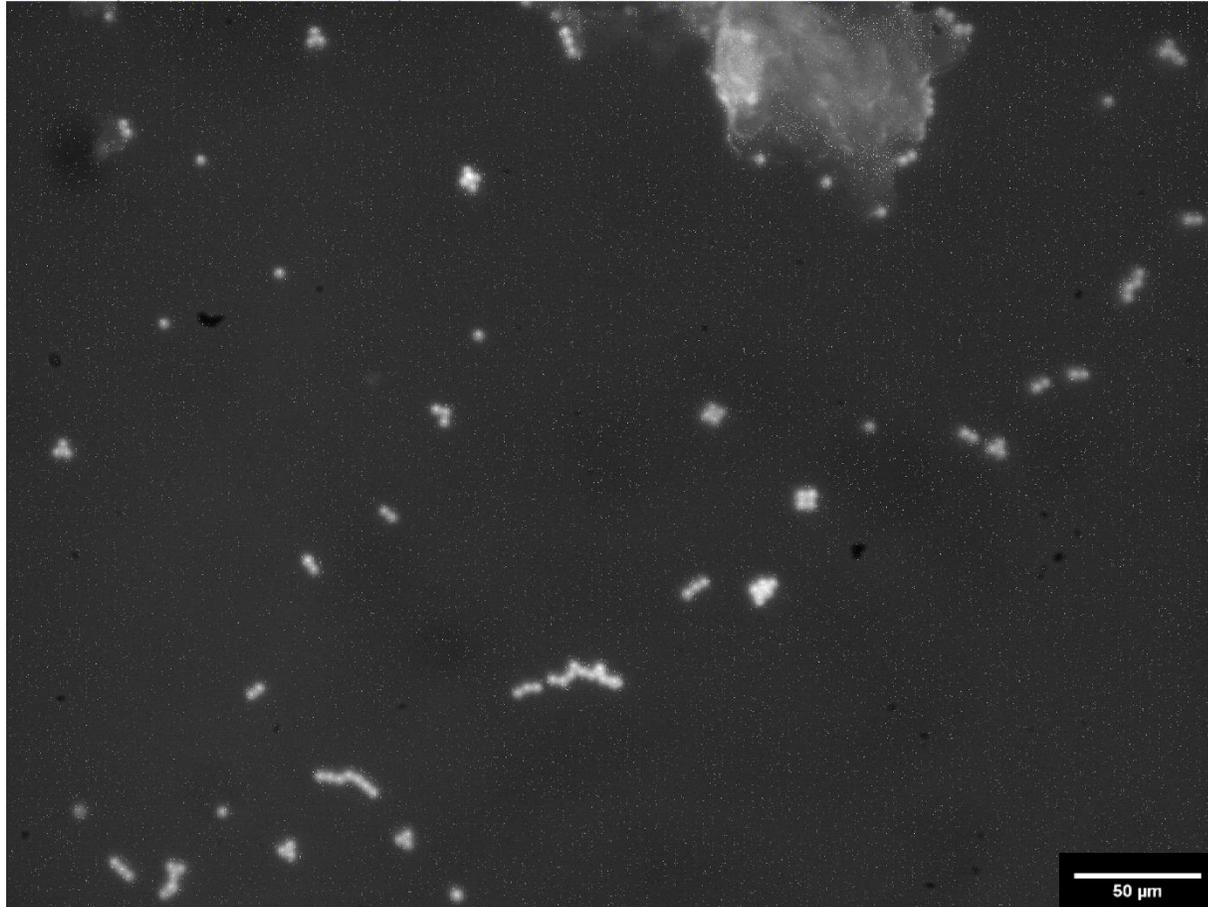
Schema del microscopio e del percorso ottico

Proprietà	Valore/Descrizione
Risoluzione ottica	0,8 – 1,0 μm
Ingrandimento	14 x
Field of View	496x380 μm
Qualità immagine	Acromatica (assenza di aberrazioni sferiche / cromatiche)
Fluorofori	<ul style="list-style-type: none"> • TagGFP2 (483/506) • mCherry (587/610) (verdi / rossi)
Autofocus	Si
SRRF	Applicabile
Deconvoluzione	Applicabile
Risoluzione ottica post SRRF	0,5 – 0,6 μm

Il Payload: Miniaturized Fluorescence Microscope (MFM)

- Beads fluorescenti 4 μ m (tetraSpeck) (tempo di esposizione alla luce del LED blu 150 ms)

Z-POS:379.91 micron LED:BLUE DIMM:202.19 mA EXP:100 msec FRAME N:#0 FOV:NOT SELECTED



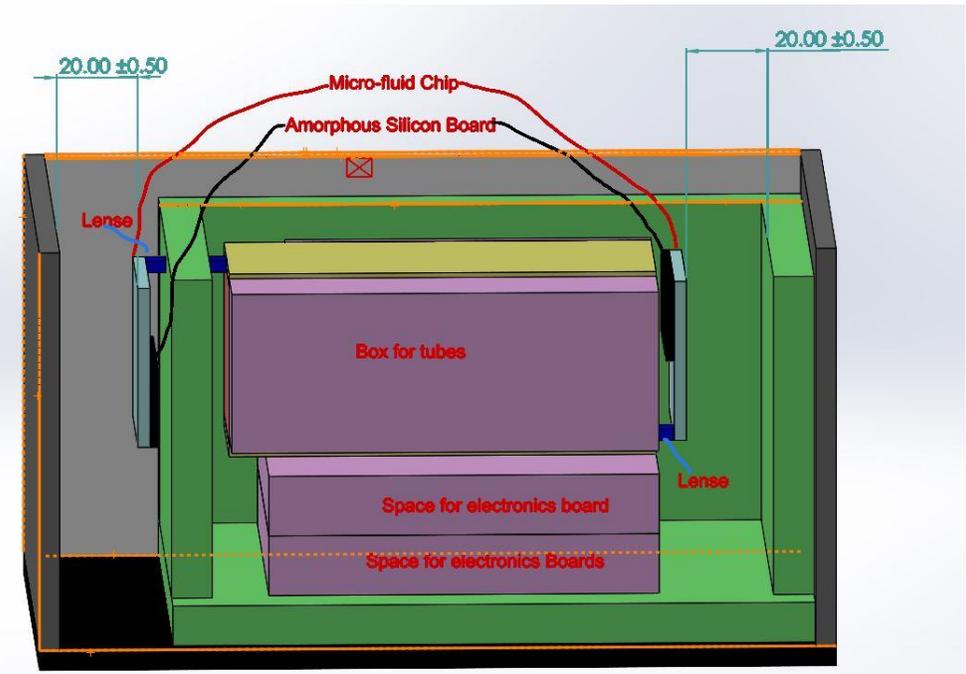
Proprietà	Valore/Descrizione
Risoluzione ottica	0,8 – 1,0 μ m
Ingrandimento	14 x
Field of View	496x380 μ m
Qualità immagine	Acromatica (assenza di aberrazioni sferiche / cromatiche)
Fluorofori	<ul style="list-style-type: none">• TagGFP2 (483/506)• mCherry (587/610) (verdi / rossi)
Autofocus	Si
SRRF	Applicabile
Deconvoluzione	Applicabile
Risoluzione ottica post SRRF	0,5 – 0,6 μ m

Il Payload: Lab-on-Chip (LoC)

- Laboratorio miniaturizzato e completamente **autonomo** (non Chip-in-Lab ma Lab-on-Chip) che combina (i) una rete microfluidica, (ii) un set di riscaldatori a film sottile e un set di sensori a-Si:H
- Sistema integrato con **box pressurizzato** (già testato in ABCS) e **MFM** in grado di ospitare colture batteriche di diverso tipo e di sostenerle autonomamente attraverso il controllo individuale dei parametri ambientali locali quali temperatura, mezzo di coltura e somministrazione di sostanze nutritive



Box pressurizzato di ABCS



Schema del box pressurizzato di BOREALIS

BOREALIS: Oltre l'orizzonte

- Contribuire ad aumentare la conoscenza sui rischi per la **salute** dell'equipaggio (biofilm patogeni + effetti radiazioni ionizzanti su microbiota umano/cellule)
- Valutare, in-situ ed in tempo reale, gli effetti delle **contromisure** proposte
- Migliorare le tecniche di **schermatura** da radiazioni e le valutazioni dosimetriche in vari scenari di missione



CENTRO
INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE
AEROSPAZIALE - AEROSPACE



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

