

Radiazioni e spazio: una facility unica per la ricerca

Le Agenzie Spaziali europee e dei maggiori Paesi industrializzati prevedono per i prossimi anni, la realizzazione di vere e proprie basi lunari permanenti da utilizzare anche come avamposto per missioni di esplorazione spaziale di lunga durata come quelle con destinazione Marte. Per rendere possibile tutto ciò, è necessario conoscere e prevenire gli effetti che l'ambiente spaziale -e le radiazioni di cui è ricco- può provocare sull'uomo e sui dispositivi tecnologici. Queste (e molte altre) attività di ricerca vengono condotte presso Calliope, una facility di irraggiamento gamma collocata presso il Centro Ricerche ENEA Casaccia di Roma [1], che vanta caratteristiche uniche nel panorama italiano ed europeo ed è fra gli impianti più utilizzati per applicazioni in ambito spazio.

DOI 10.12910/EAI2021-087

di Alessia Cemmi, Ilaria Di Sarcina, Carino Ferrante, Giuseppe Ferrara, Francesco Filippi, Fabio Panza, Jessica Scifo e Adriano Verna - **Laboratorio Sistemi Nucleari Innovativi**

Lo spazio non è caratterizzato solo da assenza di ossigeno, da temperature molto basse o estremamente elevate, ma anche dalla presenza di radiazioni di origine cosmica e solare di diversa natura, sia cariche che neutre (raggi gamma, elettroni, raggi X, neutroni, ioni pesanti, protoni...). Sono proprio le radiazioni a rappresentare uno degli ostacoli più complessi da superare per l'esplorazione dell'Universo da parte dell'uomo. Queste infatti sono in grado di provocare sensibili modifiche e danneggiamenti sia nei sistemi biologici che nei materiali e nei dispositivi tecnologici impiegati nelle missioni spaziali di breve e lunga durata.

Ricreare a terra le radiazioni spaziali: il Programma ASIF

Proprio nell'ottica di evitare problematiche legate alla salute degli astronauti ed al malfunzionamento degli apparati

elettronici, ottici e meccanici, è di fondamentale importanza la possibilità di eseguire a Terra qualifiche e test di resistenza a radiazione in impianti in grado di simulare l'ambiente spaziale. È proprio in questo ambito che l'Agenzia Spaziale Italiana ASI, a partire dal 2016, ha sviluppato il Programma ASIF (*ASI Supported Irradiation Facilities*) con la finalità di costituire un network coordinato e operativo di primo livello delle facilities di irraggiamento italiane a servizio della comunità spaziale nazionale ed internazionale, secondo i requisiti e standard di riferimento dall'Agenzia Spaziale Europea. Questo processo vede attualmente coinvolti impianti e laboratori di eccellenza di ENEA, INFN e Università degli Studi di Milano Bicocca: tramite l'istituzione di un portale interattivo (ASIF gateway), gli utenti istituzionali, industriali e del mondo della ricerca potranno fruire

di una serie di servizi di irraggiamento con radiazioni di diversa tipologia. Per quanto riguarda l'ENEA, il programma vede coinvolti gli impianti di irraggiamento del Dipartimento Fusione e Tecnologie per la Sicurezza Nucleare - FSN (Calliope, Frascati Neutron Generator, i reattori nucleari Triga e Tapiro e gli acceleratori Top-Implart e Rex).

Da molti anni la facility di irraggiamento gamma Calliope, con caratteristiche uniche nel panorama italiano ed europeo, opera nel Centro Ricerche ENEA Casaccia (Roma) nel campo della qualifica e dello studio della resistenza a radiazioni di materiali e sistemi biologici per ambienti ostili (Spazio, nucleare, fisica delle alte energie) [2]. La facility è costituita da un impianto di irraggiamento a piscina con sorgente di Cobalto-60 (energia media di 1,25 MeV, attività massima di 3.7×10^{15} Bq, intensità



Fig. 1 Nell'immagine è visibile la piscina dell'Impianto Calliope e, sul fondo, la rastrelliera portasorgenti con le 25 barre di Cobalto-60. La luce azzurra è prodotta dalla ionizzazione dell'acqua vicino alle sorgenti (effetto Cherenkov)

di dose massima di 8 kGy/h) e da una cella di irraggiamento di grandi dimensioni, ma anche da un laboratorio dosimetrico e di caratterizzazione per lo studio delle modifiche provocate dai raggi gamma su materiali e dispositivi. Per simulare al meglio condizioni ambientali differenti da quelle terrestri si possono condurre test di irraggiamento in vuoto o in atmosfera inerte, a basse o ad alte temperature, oppure prove sotto tensione. Per studiare le condizioni di irraggiamento, il personale del laboratorio ha sviluppato anche modelli di simulazione basati su codici Monte Carlo validati attraverso numerosi dati sperimentali dosimetrici ottenuti all'interno della camera di irraggiamento.

Per queste sue caratteristiche, la facility Calliope è uno degli impianti più utilizzati per le applicazioni in ambito spazio. Tra gli aspetti più importanti dal punto di vista industriale bisogna senza dubbio considerare i test di qualifica dei componenti e sistemi elettronici. **Qualsiasi disposi-**

tivo, sensore, memoria o microchip che viene inviato nello spazio deve possedere un grado di affidabilità estremamente elevato ed assenza di difetti in modo da non compromettere l'esito della missione cui è destinato. A tal fine questi sistemi devono rispondere a stringenti standard e normative specifiche e devono essere opportunamente validati dalle campagne sperimentali di qualifica a terra. Le stesse problematiche valgono per componenti ottici quali lenti, specchi, dispositivi multistrato che possono andare incontro a perdita di trasparenza o a fenomeni di opacizzazione se esposti a radiazione: questo sarebbe deleterio in satelliti o telescopi [3, 4]. Altri materiali di grande utilizzo in questo ambiente estremo sono i polimeri, impiegati come fibre per la realizzazione delle tute degli astronauti, nei compositi per materiali strutturali (molto leggeri e meccanicamente resistenti), nella realizzazione di film e tessuti, oppure come adesivi e collanti nei

dispositivi optoelettronici. I test di irraggiamento in questo caso sono volti a verificarne il mantenimento delle caratteristiche per evitare fenomeni indesiderati di infragilimento o degradazione. In questo ambito, la facility Calliope, in collaborazione con altri laboratori ENEA, partecipa allo studio del comportamento di fluidi sintetici refrigeranti più sicuri ed affidabili rispetto a quelli attualmente utilizzati sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS).

Packaging alimentari, protezioni cosmiche e 'mattoni' spaziali

Un'altra applicazione di grande interesse riguarda lo sviluppo di packaging alimentari edibili realizzati a partire da sostanze naturali: in tal modo si otterrebbe il duplice risultato di un maggiore apporto nutrizionale alla dieta degli astronauti e di una sostanziale riduzione di rifiuti, importante problematica legata alle lunghe permanenze dell'uomo nello

Spazio o sulla ISS [5].

Come accennato in precedenza, un altro aspetto molto interessante è rappresentato dalla realizzazione di **protezioni dalle radiazioni cosmiche**. In tal modo, la creazione di avamposti lunari e successive missioni verso Marte o verso zone dell'Universo ancora più remote potrebbero davvero tradursi in realtà in quanto diventerebbero più sicure per la salute degli astronauti. **Sono attualmente allo studio, in collaborazione con l'Università della Tuscia, le proprietà schermanti delle regoliti lunari e marziane, polveri di varia composizione chimica che costituiscono gli strati più superficiali di questi corpi celesti. Dai primi promettenti risultati, si potrebbe pensare di utilizzare queste risorse già presenti nello spazio per produrre veri e propri mattoni per edilizia.** Si avrebbe quindi un valore aggiunto legato al concetto di In Situ Resource Utilization (ISRU), sempre più richiesto dalle Agenzie Spaziali internazionali, che porterebbe ad un enorme risparmio economico evitando l'invio di materiale dalla terra. La facility Calliope inoltre collabora con vari Laboratori ENEA del Dipar-

timento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali - SSPT nell'ambito dell'*agrospace*, in particolare per studiare **gli effetti delle radiazioni spaziali sulle piante**. Attualmente sono due i progetti principali in cui è coinvolto l'impianto: Greencube e HortSpace.

Entrambi i progetti riguardano l'integrazione della dieta degli astronauti con verdure fresche da far crescere direttamente nello Spazio. Con Greencube si stanno effettuando, per la prima volta, test in vivo degli effetti della radiazione gamma sulla pianta di crescita (*Lepidium sativum*). Il progetto HortSpace invece è volto allo sviluppo di piattaforme in cui i vegetali vengono arricchiti con sostanze nutraceutiche. In questo caso l'utilizzo della radiazione gamma consente di simulare condizioni ambientali estreme, studiare gli effetti biologici sui parametri fisiologici e morfologici delle piante e sul loro ciclo di crescita oltre che effettuare test sulle capacità antiossidanti delle piante stesse.

Infine, avete mai pensato che alcuni microrganismi possono sopravvivere non solo nelle zone più estreme del nostro pianeta (temperature e acidità

elevate, presenza di sali e metalli pesanti) ma anche nello spazio? È questo un aspetto di grande interesse per l'astrobiologia, la disciplina che studia la possibilità di esistenza di forme viventi su altri pianeti. **È proprio questo il contesto in cui, in collaborazione con l'Università della Tuscia e con l'Università di Roma La Sapienza, si studiano le capacità di sopravvivenza di microrganismi sottoposti ad irraggiamento.** In particolare, la prima collaborazione riguarda il *Cryomyces antarcticus*, detto banalmente fungo nero, presente nelle rocce antartiche. Questo fungo è molto ricco di melanina e la sua presenza lo rende così resistente alle radiazioni da poter pensare ad un suo utilizzo come materiale schermante; la seconda collaborazione ha invece come oggetto un particolare ceppo batterico che, in presenza di materiale sabbioso ed urea, è in grado di produrre un vero e proprio bio-cemento. Anche in questo caso quindi sarebbe possibile utilizzare risorse già in situ in caso di presenza umana.

Per info: alessia.cemmi@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. S. Baccaro, A. Cemmi, I. Di Sarcina, G. Ferrara (2019), Gamma irradiation Calliope facility at ENEA – Casaccia Research Centre (Rome, Italy), ENEA Technical Report RT/2019/4/ENEA.
2. S. Baccaro, A. Cemmi, I. Di Sarcina (2019), Calliope 60Co gamma irradiation facility for space qualification at ENEA-Casaccia research centre (Rome), Phys Astron Int J. 3(2):94-100. DOI: 10.15406/paij.2019.03.00164.
3. A.J. Corso, E. Tassarolo, S. Baccaro, A. Cemmi, I. Di Sarcina, D. Magrin, F. Borsa, R. Ragazzoni, V. Viotto, A. Novi, M. Buresi, F. Pellowski, M. Salatti, I. Pagano, M. G. Pelizzo (2018), Rad-hard properties of the optical glass adopted for the PLATO space telescope refractive components, Optics Express, Vol. 26, Issue 26, pp. 33841-33855; DOI: 10.1364/OE.26.033841.
4. S. Baccaro, A. Cemmi (2016), Optical characterization of ion-doped crystalline and glassy matrices operating under hostile environmental conditions, J. Phys: Conf. Series 763 (2016) 012001; DOI: 10.1088/1742-6596/763/1/012001.
5. S. Baccaro, O. Bal, A. Cemmi, I. Di Sarcina (2018), The Effect of Gamma Irradiation on Rice Protein Aqueous Solution, Rad. Phys. Chem., 146, pp. 1-4; DOI: 10.1016/j.radphyschem.2018.01.011.