



RELAZIONE DI AUTOVALUTAZIONE DEI PROGRAMMI DI RICERCA

Biennio 2024-25

Barbara Negri

Coordinatrice del Gruppo Vicedirettore della Direzione VI, e Responsabile dell'Ufficio Volo Umano e Sperimentazione Scientifica

Eleonora Ammannito

per i programmi di Esplorazione robotica

Paola Bergamaschi

per I/F con ANVUR

Valeria Cottini

per lo studio del Sistema Solare

Giuseppe D'Amore

per i programmi tecnologici della DTE

Eloisa Menegoni

per le strategie e cooperazione ASI

Marco Pizzarelli

per i programmi tecnologici della DSI

Deborah Katia Pallotti

per la tematica di Osservazione della Terra

Sara Piccirillo

per le attività di Life Science

Gianluca Polenta

per le attività del SSDC

Valerio Vagelli

per lo studio dell'Universo

Giovanni Di Rienzo

per la segreteria tecnica

RELAZIONE DI AUTOVALUTAZIONE DEI PROGRAMMI DI RICERCA

Biennio 2024-25

RELAZIONE DI AUTOVALUTAZIONE DEI PROGRAMMI DI RICERCA

Biennio 2024-25

Sommario

1. Premesse	5
1.1 Introduzione	6
2. Le aree di Ricerca dell'ASI	6
3. Il processo di autovalutazione della ricerca	9
4. Metodologia	10
5. Prodotti della ricerca bibliometrabili	10
5.1 Criteri per la valutazione dei prodotti bibliometrabili: quadro di sintesi.....	10
5.2 Analisi della produzione scientifica dell'ASI nel biennio 2024/25.....	11
5.2.1 Pubblicazioni scientifiche analizzate	11
5.2.2 Metodologia utilizzata per l'analisi	12
5.2.3 Accessibilità e Distribuzione Open Access	14
5.2.4 Mappatura delle Aree di Ricerca prevalenti	15
5.2.5 Valutazione del posizionamento editoriale	16
5.2.6 Analisi dell'impatto citazionale	18
6. Prodotti della Ricerca non-bibliometrabili	19
6.1 Banche dati e software.....	19
6.2 Brevetti	22
6.3 Sviluppo di Strumentazione scientifica	26
6.3.1 Prototipi e dimostratori.....	26
6.3.2 Breadboard di tecnologie.....	27
6.3.3 Modelli ingegneristici per payload a bordo di satelliti.....	27
6.3.4 Modelli di volo per payload a bordo di satelliti	27
6.4 Aree Scientifiche	28
6.4.1 Studio dell'Universo	28
6.4.2 Esplorazione del Sistema Solare.....	30
6.4.3 Esplorazione robotica.....	33
6.4.4 Osservazione della Terra	35
6.4.5 Esplorazione umana dello Spazio.....	40
6.4.5 Tecnologie	44
7. Contributo dell'Agenzia allo sviluppo di competenze specialistiche per la ricerca.....	48

RELAZIONE DI AUTOVALUTAZIONE DEI PROGRAMMI DI RICERCA

Biennio 2024-25

1. Premesse

L'art.3 comma 1 lettera f) del decreto legislativo 4 giugno 2003 n° 128, così come modificato dal decreto-Legge 36/22, prevede che l'ANVUR (Agenzia Nazionale Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca) definisca i criteri di autovalutazione della ricerca dell'Agenzia Spaziale Italiana. Tali criteri sono stati trasmessi all'ASI con nota ANVUR prot. ASI n. 6891 del 18 maggio 2023 e recepiti dall'ASI con Delibera del Consiglio di Amministrazione dell'ASI n. 24 del 16 febbraio 2024.

La Delibera sopra indicata ha recepito i criteri definiti dall'ANVUR per l'autovalutazione dei programmi di ricerca, quali: originalità, metodologia scientifica, impatto scientifico, rilevanza nel contesto nazionale e internazionale, interdisciplinarietà, cooperazione con enti di ricerca e impatto sociale-economico-culturale e ha previsto che il Direttore Generale nominasse una Struttura di Coordinamento per redigere un report esplicativo relativo ai programmi di ricerca di ASI da sottoporre alla Commissione di Valutazione, nominata dal Presidente e composta da esperti in parte esterni.

A seguito della lettera del Presidente dell'ANVUR, prot. ASI n° 19145 del 25 novembre 2025 di richiesta di invio all'ANVUR della relazione di autovalutazione dei programmi di ricerca dell'Agenzia relativi al 2024 e 2025, entro aprile 2026, il Direttore Generale con Decreto prot. 55 del 30/1/2026 ha nominato la Struttura di Coordinamento dell'ASI in attuazione della Delibera del Consiglio d'Amministrazione di cui sopra (i cui componenti sono i firmatari di questo Report ed il cui coordinatore è la Dottoressa Barbara Negri), avente il compito, come sopra accennato, di redigere un Report esplicativo, basato sui criteri definiti da ANVUR e contenente le proposte di valutazione dei prodotti dell'ASI del biennio 2024-2025, da inoltrare alla Commissione ASI di Esperti esterni e di comunicare ad ANVUR, con una relazione, gli esiti della Commissione di Esperti esterni per la valutazione dei risultati dei programmi di ricerca del 2024 e 2025, previa informativa al Consiglio di Amministrazione dell'Agenzia.

1.1 Introduzione

La presente relazione è composta da una parte descrittiva e riassuntiva, quindi parte testuale (il presente testo) ed una parte tabellare rappresentata dai seguenti file allegati:

- “*Prodotti bibliometricabili*”
- “*Prodotti non bibliometricabili*”
- “*Brevetti*”

Conseguentemente la lettura di questo testo deve essere integrata con quanto contenuto negli allegati per poter essere rispondente pienamente a tutte le raccomandazioni dell’ANVUR e relativi criteri.

Nel file “*Prodotti non bibliometricabili*” sono categorizzati 110 prodotti che sono stati inseriti in una tabella Excel. Tale tabella riporta diversi campi, tra i quali i criteri ANVUR (originalità, rigore metodologico, impatto scientifico, interdisciplinarietà, cooperazione, impatto socioeconomico) per ciascuno dei quali viene fornita la valutazione che può essere: bassa, medio, alta. Per ogni prodotto viene, anche, individuata la “tipologia di prodotto” cui appartiene, cioè se è un software, una banca dati, un brevetto, una strumentazione scientifica. È fornita, anche, una breve descrizione contenente tutti gli elementi distintivi.

Nel file “*Prodotti bibliometricabili*” vengono elencate le pubblicazioni. Ogni pubblicazione è corredata da tutti i dettagli necessari per identificare univocamente la collocazione bibliografica del prodotto in esame (quali: titolo, autori, rivista, numero, DOI etc.).

Nell’ allegato “*Brevetti*” per ognuno di essi si riportano una serie di informazioni. Ad ogni brevetto corrisponde una scheda che riporta i seguenti elementi: gli inventori, il titolo, la descrizione, le possibili applicazioni, i vantaggi, i soggetti titolari ed infine i Paesi di deposito con relativa data di priorità.

2. Le aree di Ricerca dell’ASI

La ricerca è il motore dell’innovazione e il pilastro per la crescita del nostro Paese e per lo sviluppo di nuove competenze. Il settore dello Spazio è chiamato a contribuire a tali sfide promuovendo iniziative e sviluppando attività a beneficio dell’ecosistema nazionale.

Per questo motivo, elementi abilitanti e fondamentali per le attività dell’ASI, nell’ambito di tutte le attività spaziali declinate attraverso i settori tematici e programmatici sono lo sviluppo e

valorizzazione della ricerca e della conoscenza nel settore spaziale, elementi, peraltro, cardine dello Statuto dell'Agenzia.

All'interno del Documento Strategico di Politica Spaziale Nazionale (DPSN) approvato nella seduta del COMINT del 14 maggio u.s. (e precedentemente discusso e finalizzato con la Struttura di coordinamento nella seduta del 22 aprile u.s.), è inoltre ribadito il ruolo di ASI quale ente preposto allo sviluppo, sostegno ed ampliamento della ricerca scientifica ed industriale nel settore spaziale. Le attività di ricerca svolte dall'ASI sono cruciali e fondamentali per esplorare nuovi orizzonti scientifici e tecnologici: la ricerca altamente innovativa svolta è in grado sia di indirizzare le iniziative in ambito nazionale ed internazionale, sia di favorire la collaborazione tra Università, Enti di Ricerca ed Industria in adempimento degli "Indirizzi del Governo in materia spaziale ed aerospaziale" pubblicati nel novembre 2024.

L'Agenzia, grazie ai suoi ricercatori e tecnologi, promuove e valorizza attività di ricerca in collaborazione con la comunità scientifica nazionale ed internazionale, supportando i principali programmi e missioni e sviluppandone gli elementi abilitanti per la loro realizzazione e sviluppo, l'ASI quindi non solo realizza così i propri compiti di promozione e sviluppo della ricerca scientifica nel settore spaziale, ma anche consegue e valorizza il suo peculiare ruolo di Agenzia che consiste nell'indirizzare, finanziare e coordinare le attività svolte da terzi, sia nell'ambito del mondo accademico, sia del mondo industriale, quanto nell'ambiente degli enti pubblici di ricerca, come stabilito e sancito nella legge Istitutiva e nello Statuto.

ASI, inoltre, supporta l'alta formazione specialistica nel settore spaziale attraverso accordi con Università italiane e straniere ed enti di ricerca. L'ASI è divenuta un punto di riferimento nel sostegno e nella formazione scientifica di laureandi, neolaureati e giovani ricercatori italiani nel campo delle scienze spaziali. In questo ambito l'ASI si propone come soggetto attivo che, attraverso strumenti quali borse di studio, dottorati, borse post dottorato e tirocini curriculari interviene a supporto delle esigenze di formazione di figure professionali che dovranno sviluppare nuove competenze e abilità per l'utilizzo di prodotti e applicazioni nel campo dell'alta tecnologia aerospaziale. L'obiettivo di tali attività nazionali ed internazionali è duplice ovvero attirare l'attenzione dei giovani studenti sulle materie STEM e sostenere lo sviluppo delle comunità scientifiche di riferimento. L'obiettivo è costruire attraverso una collaborazione con gli atenei, le agenzie e gli enti di ricerca esteri percorsi di alta formazione post-laurea a sostegno della ricerca (cfr. approfondimento in Sezione 7).

La comunità scientifica e l'industria italiana hanno conquistato una leadership riconosciuta a livello internazionale nella Space Science e Technology. Su questa base, l'ASI continua oggi ad essere protagonista importante delle principali missioni scientifiche per lo studio dell'Universo e del Sistema

Solare, per l'Esplorazione umana e robotica e la ricerca di Esopianeti tramite collaborazioni internazionali con Agenzie Spaziali di tutto il mondo. Per raggiungere gli obiettivi scientifici preposti, ASI sviluppa sia tecnologie innovative che tecnologie abilitanti a supporto dei programmi scientifici.

L'utilizzo della Stazione Spaziale Internazionale, sulla quale l'ASI vanta diritti di accesso e voli per gli astronauti in virtù della partecipazione ai programmi dell'ESA e degli accordi internazionali con NASA, è la piattaforma primaria su cui testare scienza e tecnologia in microgravità nel breve-medio periodo per rafforzare le attività di esplorazione umana e robotica dello spazio e di Scienza della Vita.

Con la partecipazione al programma ARTEMIS verrà messo a disposizione un nuovo laboratorio spaziale per tutte le future missioni verso la Luna e un'importante base di partenza per il prossimo grande salto verso Marte.

Il coinvolgimento della comunità scientifica ed applicativa in tutte le fasi di sviluppo delle missioni (dalla Fase 0 di fattibilità fino alla Fase E2 di operazioni) rappresenta un fattore chiave per il successo delle missioni di Osservazione della Terra e garantisce un completo utilizzo del dato spaziale ed un forte posizionamento nazionale nel settore del Downstream. Oltre a garantire il finanziamento economico per le missioni, i ricercatori ASI sono impegnati nello sviluppare servizi ed applicazioni attraverso l'elaborazione di software basati su tecniche di Machine Learning analizzando dataset di Osservazione della Terra altrimenti difficilmente fruibili dagli utenti finali.

Inoltre, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e resilienza, obiettivo M1C2, investimento 4, è stato avviato nell'ambito di un'intesa tra il Governo Italiano e l'Agenzia Spaziale Europea (ESA), che agisce quale soggetto attuatore, il Programma IRIDE, con l'obiettivo finale di fornire alle amministrazioni locali e alle autorità nazionali una serie di servizi geospaziali integrati e, nello stesso tempo, di stimolare una rapida crescita del mercato commerciale a livello nazionale e europeo, nonché lo sviluppo di piccole imprese distribuite sul territorio nazionale. Al completamento delle attività di sviluppo, il sistema, come stabilito dal Governo italiano, sarà trasferito nella proprietà dell'ASI. Il sistema IRIDE è suddiviso in 3 Segmenti (upstream, downstream e servizi) ed è attualmente configurato per soddisfare i requisiti dell'utenza istituzionale nazionale, che si applicano principalmente su territorio nazionale e acque territoriali ad eccezione dei requisiti utente nell'area tematica sicurezza che si applicano a livello globale.

Nell'ambito delle "Telecomunicazioni" la partecipazione a programmi altamente innovativi permette di favorire attività di ricerca nello sviluppo di comunicazioni sicure basate su tecnologie quantistiche. Ad esempio, ASI partecipa a Programmi quali ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) dell'European Space Agency (ESA) o SAGA (Security And cryptoGrAphic mission) /

EuroQCI. Il Programma SAGA (Security And cryptoGrAphic mission) intende realizzare la componente spaziale dell'infrastruttura pan-Europea di comunicazioni quantistiche EuroQCI e consiste in un sistema satellitare con copertura europea. L'infrastruttura includerà una serie di reti di comunicazione quantistica che collegano gli utenti istituzionali e le loro infrastrutture critiche, nonché siti di comunicazione e dati sensibili in Europa. L'Agenzia inoltre incentiva attività di ricerca approfondendo molte tematiche emergenti, quali la biomedicina, l'esobiologia, le tecnologie quantistiche, i nuovi materiali, le biotecnologie, la robotica, l'intelligenza artificiale per lo spazio, monitoraggio ambientale e climatico, le scienze dell'universo, sensori, MEMS, tecnologie quantistiche, metrologia del tempo.

3. Il processo di autovalutazione della ricerca

Il Direttore Generale, come spiegato nelle Premesse più in dettaglio e nel Regolamento della Struttura di Coordinamento, ha nominato una Struttura di Coordinamento per redigere un Report Esplicativo relativo ai programmi di ricerca di ASI da sottoporre alla Commissione di Esperti per la Valutazione dei programmi di ricerca dell'Agenzia, nominata dal Presidente e composta da esperti in parte esterni. Nel Report sono descritti i prodotti della ricerca che ASI intende sottoporre a valutazione ed intende proporre alla valutazione della Commissione di Esperti.

I criteri di valutazione proposti da ANVUR, e recepiti dal Cda dell'ASI, su cui si baserà tutto il processo valutativo sono:

- originalità,
- metodologia scientifica,
- impatto scientifico,
- inter/multi/trans-disciplinarietà,
- cooperazione
- impatto sociale/economico/culturale.

A seguito delle indicazioni date dall'ANVUR, ASI ha individuato per i programmi della ricerca i seguenti prodotti:

- a) pubblicazioni scientifiche (quali articoli in rivista, monografie scientifiche e prodotti assimilati, contributi in volume e ad atti di convegno),
- b) banche dati e i software,

- c) brevetti,
- d) prototipi, dispositivi di strumentazioni, modelli ingegneristici e di volo per payload di missioni spaziali.

4. Metodologia

La Struttura di Coordinamento adotta una metodologia sostanzialmente differente per la valutazione delle pubblicazioni scientifiche rispetto a quella per la valutazione delle altre tipologie di prodotti.

Infatti, le pubblicazioni scientifiche, avvantaggiandosi di criteri bibliometrici universalmente accettati e consolidati, ed essendo per loro natura pubblicamente accessibili, possono essere trattate all'interno del report di valutazione senza la necessità di uno specifico report di accompagnamento per ciascuna pubblicazione e/o articolo, come indicato anche da ANVUR. Il Report, inoltre fornisce indicatori bibliometrici che permettano alla Commissione di effettuare una revisione “informata”.

Di seguito sono forniti dettagli sulla logica di presentazione dei prodotti di ricerca all'interno del documento sottoposto a valutazione.

Per le *Altre tipologie di prodotti* (Prodotti non bibliometricabili) la struttura recupera ed elabora le informazioni necessarie sia grazie ai vari componenti la Struttura che rappresentano le tematiche dell'Agenzia sia interagendo direttamente con i responsabili delle Direzioni ed Uffici dell'Agenzia, più specificatamente la Direzione Scienza e Innovazione e la Direzione Ingegneria e Tecnologie, per ottenere una breve descrizione del programma/progetto rientrante nella categoria di prodotto: *progettazione di missioni spaziali e relativi obiettivi di ricerca, inclusi prototipi e dispositivi di strumentazioni*. Per ciascun programma/progetto è compilata la relativa scheda nell'ambito dell'archivio informatico appositamente creato dalla Struttura medesima.

5. Prodotti della ricerca bibliometricabili

5.1 Criteri per la valutazione dei prodotti bibliometricabili: quadro di sintesi

L'analisi sistematica del biennio 2024/25 conferma la solidità del posizionamento scientifico dell'ASI. I dati rivelano una correlazione diretta tra l'elevata qualità editoriale (dominanza dei quartili Q1 su indice SJR) e la capacità di generare impatto citazionale superiore ai riferimenti di settore.

Le conclusioni principali evidenziano che:

- l'eccellenza editoriale è un tratto distintivo sia della ricerca finanziata che di quella condotta internamente e in sinergia con la comunità scientifica internazionale, con una distribuzione che privilegia il top 25% delle riviste globali (cfr. 5.2.5), fornendo evidenza di una produzione scientifica riconosciuta in termini di **originalità, metodologia scientifica, e impatto scientifico**;
- la **interdisciplinarietà** (cfr. 5.2.4), lungi dal frammentare l'impatto, funge da volano per le citazioni, permettendo alla ricerca ASI di valorizzare i risultati in diversi domini scientifici e favorire la struttura di nuove opportunità di **cooperazione**;
- l'analisi citazionale (cfr. 5.2.6) fornisce evidenza di un impatto nel breve/medio termine superiore alla media della comunità scientifica internazionale, evidenziando la relativa **rilevanza rispetto al contesto di riferimento**;
- l'accessibilità dei dati, favorita dalle politiche *Open Access* (cfr. 5.2.3), supporta attivamente la visibilità internazionale dell'Agenzia e la disponibilità dei risultati prodotti alla comunità internazionale, aumentandone l'**impatto sociale, economico e culturale**.

In sintesi, i parametri analizzati attestano che l'Agenzia Spaziale Italiana non si limita a finanziare la ricerca, ma si configura come un autorevole protagonista intellettuale, capace di produrre scienza di alta qualità con un impatto misurabile e competitivo su scala globale.

5.2 Analisi della produzione scientifica dell'ASI nel biennio 2024/25

5.2.1 Pubblicazioni scientifiche analizzate

Le pubblicazioni analizzate si riferiscono al biennio 2024-2025 considerato per l'esercizio di autovalutazione. Le pubblicazioni scientifiche sono presentate facendo uso di consolidati parametri bibliometrici, come descritto di seguito. A tal fine, è stato usato il database bibliometrico SCOPUS® per la classificazione delle pubblicazioni scientifiche e SCImago per la classificazione delle riviste (cfr. dettagli in 5.2.2). I parametri bibliografici e bibliometrici adottati hanno lo scopo principale di supportare la Commissione nel valutare aspetti come originalità e impatto scientifico delle pubblicazioni in esame.

Annessa a questo documento viene fornita la lista di tali pubblicazioni, corredata da tutti i dettagli necessari per identificare univocamente la collocazione bibliografica del prodotto in esame (quali: titolo, autori, rivista, numero, DOI etc.). La valutazione delle pubblicazioni dell'ASI è stata

quantificata tramite analisi del numero di citazioni ricevute e il percentile dell'indice di impatto scientifico.

Le informazioni sono anche presentate in relazione ai principali settori in cui ASI opera (astrofisica, ingegneria aerospaziale, scienze della vita, osservazione della Terra, etc.).

Al fine di dare massimo risalto all'impatto di ASI all'interno della comunità scientifica nazionale è inclusa nella produzione complessiva di ASI anche quella effettuata da personale esterno (proveniente tipicamente da altri Enti di ricerca ed Università) su progetti supportati da ASI. In questi casi, il contributo di ASI è dimostrato con esplicito ringraziamento al supporto ricevuto da ASI nella sezione "*Acknowledgments*" o "*Fundings*" presente nelle pubblicazioni scientifiche. Questo criterio di classificazione è stato applicato dall'analisi delle affiliazioni degli autori dei prodotti della ricerca per identificare i prodotti con partecipazione diretta del personale dell'ASI (prodotti "*ASI research authored*", colore verde in Figura 1) e dall'analisi delle sezioni "*Acknowledgments*" o "*Fundings*" per identificare i prodotti che hanno usufruito di un supporto economico da parte dell'ASI (prodotti "*ASI research funded*", colore rosso in Figura 1).

5.2.2 Metodologia utilizzata per l'analisi

In questa sezione viene riportata la metodologia utilizzata per l'analisi bibliometrica condotta sulla produzione scientifica dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) per il biennio 2024-25.

L'indagine mira a quantificare e qualificare l'impatto dell'Agenzia nel panorama della ricerca internazionale attraverso una analisi della produttività scientifica, adottando una prospettiva analitica che distingue tra il ruolo di ente finanziatore e quello di protagonista attivo di conoscenza.

La metodologia di estrazione e filtraggio dei dati utilizzati si basa sui seguenti parametri tecnici:

- **Database di riferimento¹:** SCOPUS[®] per le pubblicazioni scientifiche, SCImago per le riviste.
- **Tipologia documentale:** Sono stati inclusi esclusivamente documenti di tipo "*article*" (c.a. 95.5%), "*review*" (c.a. 4.0%) e "*data paper*" (c.a. 0.5%) in quanto oggetto di revisione tra pari (*peer-review*), e categorizzati dalla piattaforma SCOPUS[®] secondo i seguenti criteri²:

¹ <https://www.scopus.com/>
<https://www.scimagojr.com/>

² Un approfondimento relativo ai criteri di categorizzazione dei prodotti della ricerca applicato da SCOPUS è fornito nel documento "*SCOPUS Content Coverage Guide*" disponibile al link <https://www.elsevier.com/products/scopus/content>

- *Article*: Ricerca originale o opinione
- *Review*: Significativa revisione di ricerche originali
- *Data paper*: Documenti di metadati ricercabili che descrivono un set di dati (o un gruppo di set di dati) accessibile online

Questa scelta metodologica è finalizzata a identificare i contributi maggiormente rappresentativi e originali di avanzamento della conoscenza, revisioni sistematiche dello stato dell'arte e presentazione di dati validati. Sono esclusi dall'analisi gli editoriali, le note tecniche, gli atti di convegno/*proceedings* e le brevi comunicazioni che non offrono lo stesso grado di evidenza scientifica e che non sono generalmente oggetto di *peer-review*.

- **Anno di pubblicazione:** 2024/2025
- **Criteri di attribuzione:** sono state considerate sia pubblicazioni che vedono il coinvolgimento diretto di personale strutturato ASI tra gli autori e che riflettono dunque l'apporto intellettuale diretto dell'Agenzia (totale 478 nel biennio 2024/25) e pubblicazioni che riconoscono il contributo dell'Agenzia nelle sezioni "*Acknowledgments*" o "*Fundings*" che riflettono dunque l'impatto del supporto finanziario e infrastrutturale a accademie, enti di ricerca e settore privato per l'avanzamento della conoscenza delle scienze dello spazio (totale 1745 nel biennio 2024/25). Il totale delle pubblicazioni dell'ASI nel biennio 2024/25 è pari a 1911.

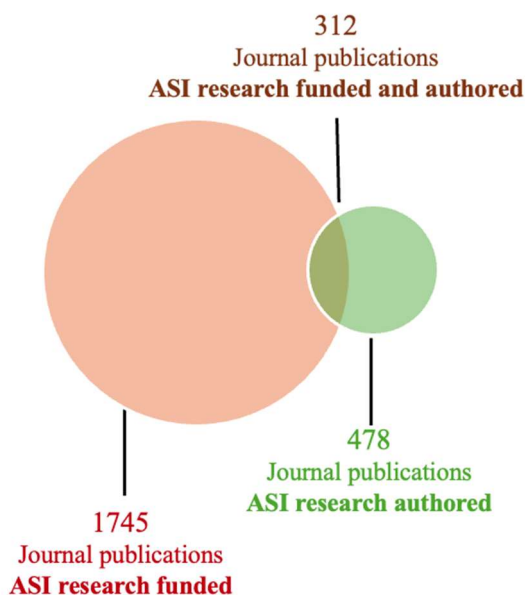


Figura 1: Numero di pubblicazioni nel biennio 2024/25 su riviste indicizzate dal database SCOPUS di tipologia "article", "review" o "data paper" che vedono il coinvolgimento diretto di personale strutturato ASI tra gli autori (verde) e che riconoscono il supporto dell'ASI nella sezione "acknowledgments" / "fundings" (rosso).

L'analisi dei dati evidenziati nella Figura 1 mostra la duplice natura operativa dell'ASI. Il monitoraggio delle pubblicazioni prodotte con il supporto dell'ASI (regione rossa) permette di misurare il ritorno degli investimenti in termini di output scientifico generato dalla comunità nazionale e internazionale grazie alle risorse ASI.

La presenza del personale ASI tra gli autori delle pubblicazioni scientifiche (regione verde) dimostra la competitività e capacità scientifica del personale dell'Agenzia e la sua integrazione nei principali consorzi di ricerca mondiali.

5.2.3 Accessibilità e Distribuzione Open Access

La visibilità della ricerca è un fattore critico per l'impatto scientifico. I dati relativi alla Figura 2 descrivono la ripartizione delle pubblicazioni dell'ASI tra pubblicazioni "*Open Access*" e "*Non Open Access*" nel biennio 2024/25.

L'analisi dimostra la spiccata propensione dell'Agenzia verso modelli di pubblicazione aperti, necessità strategica per massimizzare la diffusione dei risultati ottenuti con fondi pubblici. Circa 9 pubblicazioni su 10 dell'ASI sono infatti di tipo *Open Access*.

Un elevato tasso di *Open Access* garantisce che i dati prodotti dalle missioni spaziali e dai progetti di ricerca supportati o a partecipazione dell'ASI siano immediatamente fruibili dalla comunità scientifica globale, accelerando la disseminazione e la valorizzazione della conoscenza prodotta nello scenario internazionale con evidente impatto sociale, economico e culturale dell'ecosistema nazionale e internazionale.

La definizione e lo sviluppo di piattaforme aperte per la condivisione dei dati di ricerca scientifica e industriale, e laboratori e centri di competenza avanzata specializzati nel processamento e interpretazione dei dati, per garantire lo sviluppo e il mantenimento di un ecosistema nazionale di ricerca competitivo e all'avanguardia è inoltre uno degli interventi prioritari all'interno degli obiettivi inseriti nel DSPSN.

Le pubblicazioni ASI rese accessibili in un'ottica Open Science sostengono e facilitano la diffusione e l'accessibilità delle informazioni acquisite e concorrono al raggiungimento dell'obiettivo 5.1 (Sostenere, rafforzare e promuovere la ricerca scientifica ed industriale, favorendo la collaborazione fra Università, Enti di ricerca ed Industria, garantendo l'allocazione delle necessarie risorse e favorendo la partecipazione a progetti nazionali e internazionali) del DSPSN (Documento Strategico di Politica Spaziale Nazionale).

ASI Journal publications 2024/25 ASI Research funded or authored

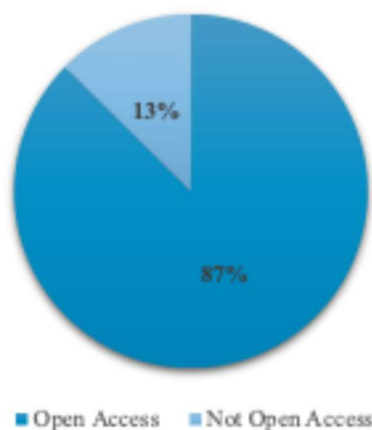


Figura 2: Distribuzione delle pubblicazioni ASI nel biennio 2024/25 su riviste indicizzate dal database SCOPUS (cfr. Figura 1) pubblicate con accesso "Open Access" o "Non Open Access".

5.2.4 Mappatura delle Aree di Ricerca prevalenti

La produzione scientifica dell'Agenzia nel biennio 2024/25 si conferma intrinsecamente multidisciplinare.

Le aree disciplinari più frequenti emerse dall'analisi³, che riflettono la complessità e la trasversalità delle attività spaziali, sono:

- Area Scienze fisiche (Astrofisica, Esplorazione del Sistema Solare, Cosmologia, Esopianeti, Elio fisica, Space Weather, Fisica Fondamentale)
- Area Scienze biologiche (Astrobiologia, Microgravità, Biomedicina, Agrifood, Contromisure per l'Esplorazione Umana)
- Area Scienze della terra (Osservazioni della Terra, monitoraggio ambientale, monitoraggio catastrofi naturale)
- Area Ingegneria (Progettazione di Sistemi Spaziali, Sviluppo Tecnologie abilitanti ed innovative)

³ Per ciascuna pubblicazione, i relativi settori disciplinari SCOPUS sono dedotti dai settori disciplinari associati alla rivista che ospita la pubblicazione, disponibili ed estratte dal database SCImago <https://www.scimagojr.com/journalrank.php>

- Data Science (Banche Dati, Software, Modellistica)

L'approccio multidisciplinare è il cuore della ricerca ASI: favorire lo scambio tra settori diversi permette di attivare percorsi scientifici inediti e promettenti.

I dati lo confermano: con una media di 1,9 settori scientifici ricoperti da ogni pubblicazione - oltre la media di riferimento pari a 1,7 - l'ASI dimostra la sua attitudine alla ricerca trasversale e una produttività scientifica di alto profilo, in linea con gli standard del settore.



Figura 3: Settori di ricerca più frequenti per le pubblicazioni ASI nel biennio 2024/25 su riviste indicizzate dal database SCImago. In questa analisi di statistiche aggregate, le pubblicazioni multidisciplinari – ovvero quelle che afferiscono a più settori di ricerca – contribuiscono a incrementare le assegnazioni di più settori di ricerca.

Nota metodologica: La produzione scientifica relativa all'area delle **Scienze Fisiche** è costituita da pubblicazioni su riviste dei settori "Physics and Astronomy" e "Earth and planetary sciences". La produzione scientifica relativa all'area delle **Scienze biologiche** è costituita da pubblicazioni su riviste dei settori "Biochemistry, Genetics and Molecular Biology", "Chemistry", "Agricultural and Biological Sciences" e "Medicine". La produzione scientifica relativa all'area delle **Scienze della Terra** è costituita da pubblicazioni su riviste dei settori "Earth and Planetary Sciences" e "Environmental Sciences". La produzione scientifica relativa all'area dell'**Ingegneria** è costituita da pubblicazioni su riviste dei settori "Engineering" e "Materials Science". La produzione scientifica relativa all'area delle **Data Sciences** è costituita da pubblicazioni su riviste del settore "Computer Science".

5.2.5 Valutazione del posizionamento editoriale

La qualità della produzione ASI viene misurata attraverso il posizionamento delle riviste all'interno dei quartili dell'indice di impatto scientifico definito SCImago Journal Rank (SJR)⁴.

⁴ <https://www.scimagojr.com/>

Tale indice di merito, basandosi sul database SCOPUS, è definito come il rapporto tra le citazioni ricevute dalla rivista e il numero di articoli pubblicati da tale rivista nel triennio precedente all'anno di interesse.

In particolare, come prassi consolidata per l'analisi bibliometrica della produzione scientifica nell'ambito accademico e della ricerca, ogni rivista viene classificata in base al suo collocamento secondo il valore del SJR assegnato all'interno di ciascun settore scientifico di riferimento della rivista e indicizzata su 4 quartili, da Q1 ("più prestigiosa") a Q4 ("meno prestigiosa").

Ad esempio, una rivista classificata "Q1" (Primo Quartile) per il settore "*Computer Science*" si colloca nel top 25% delle riviste scientifiche più prestigiose all'interno di questa categoria secondo il valore del SJR assegnato.

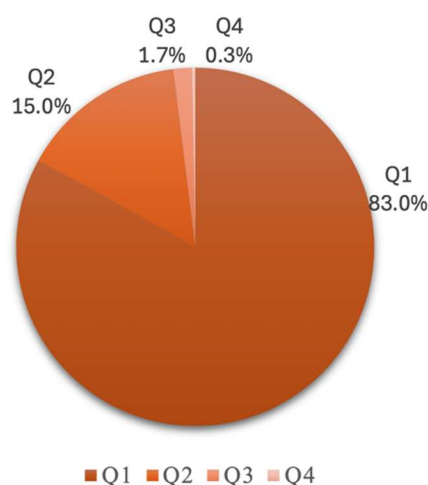
La Figura 4 mostra come sia il supporto finanziario e infrastrutturale (rappresentato dalle pubblicazioni finanziate da ASI, a sinistra in rosso) sia il contributo diretto del personale scientifico dell'ASI alle pubblicazioni (rappresentato dalle pubblicazioni con autori ASI, a destra in verde) contribuiscano a una produzione di alto profilo, prevalentemente orientata verso riviste Q1 e Q2.

Più di 4 pubblicazioni dell'ASI su 5 sono state selezionate dopo un processo di *peer-review* per pubblicazione in prestigiose riviste ad alto impatto (riviste Q1), mentre solamente 1 pubblicazione dell'ASI su 40 è stata ospitata da riviste a basso impatto (riviste Q4).

Questa figura di merito fornisce una robusta evidenza del posizionamento di qualità della produzione scientifica dell'ASI molto superiore alla media internazionale nel biennio 2024/25, con evidenti ricadute in termini di valorizzazione e disseminazione della conoscenza prodotta.

ASI Journal publications 2024/25

ASI research funded



ASI research authored

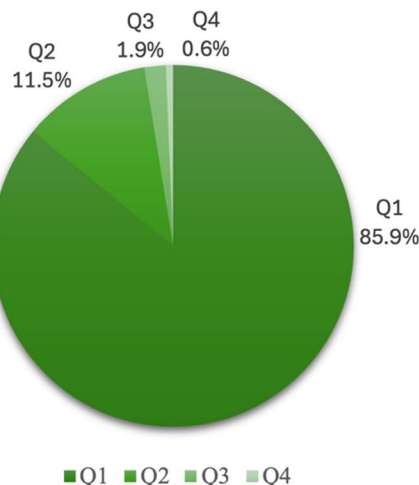


Figura 4 Pubblicazioni ASI nel biennio 2024/25 su riviste indicizzate dal database SCOPUS ospitate in riviste di categoria Q1/Q2/Q3/Q4 secondo l'indice SJR (Scimago Journal Rank). Una rivista è definita "Q1" (Primo Quartile) quando si colloca nel top 25% delle riviste scientifiche più prestigiose all'interno di una specifica categoria disciplinare secondo il valore del SJR assegnato. Rosso, sinistra: pubblicazioni che evidenziano un supporto dell'ASI nella sezione "acknowledgments" / "fundings". Verde, destra: pubblicazioni che includono personale dell'ASI nella lista autori.

5.2.6 Analisi dell'impatto citazionale

Per quanto il numero di citazioni ottenuto da ciascuna pubblicazione nel biennio 2024/25 non possa essere considerato un indicatore rappresentativo dell'interesse, validità scientifica, e impatto del singolo prodotto a causa del limitato intervallo di messa a disposizione della comunità scientifica, una analisi contestualizzata può fornire indicazioni a supporto dei precedenti risultati in termini di impatto, nel breve/medio termine, dei prodotti di ricerca dell'ASI. A tal fine, per le 10 riviste che ospitano il maggior numero di pubblicazioni ASI nel biennio 2024/25, è stato confrontato il numero di citazioni ottenute in media dalle pubblicazioni ASI (barre in celeste in Figura 5) rispetto alle citazioni medie ottenute dagli articoli in quella stessa rivista (barre in grigio in Figura 5). Questa analisi, oltre a identificare i canali di diffusione preferiti da ASI, misura l'impatto della ricerca dell'Agenzia. Frequentemente, le pubblicazioni dell'ASI generano un impatto citazionale superiore alla media. Tra le prime 10 riviste, si evidenzia un unico caso significativo in cui le pubblicazioni dell'ASI generano un interesse della comunità inferiore a quello generato da altre pubblicazioni sulla medesima rivista, come quantificato dal numero medio di citazioni.

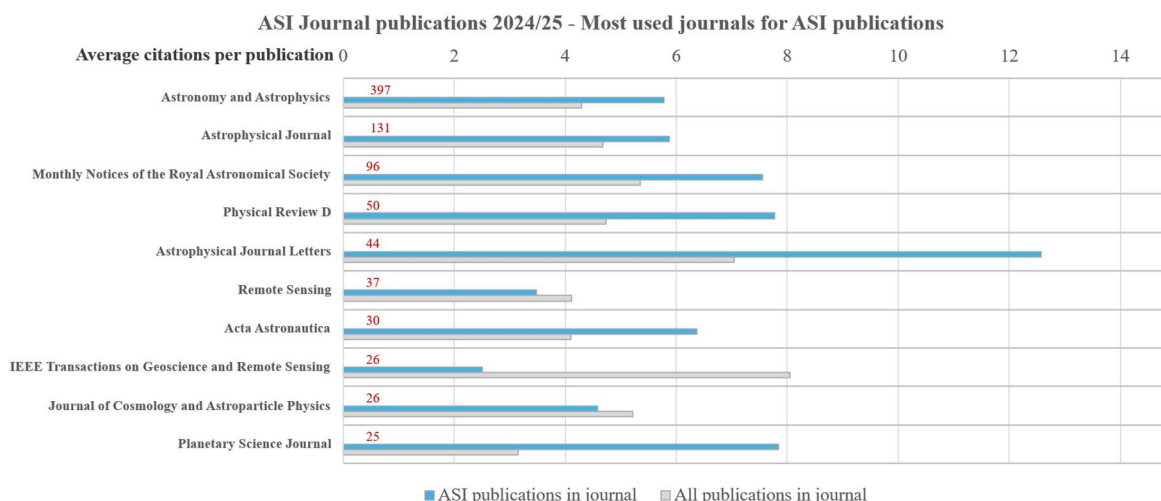


Figura 5: Relativamente alle 10 riviste che ospitano il maggior numero di pubblicazioni ASI nel biennio 2024/25, è presentato il numero di citazioni ottenute in media dalle pubblicazioni ASI (barre in celeste) rispetto alle citazioni medie ottenute dagli articoli in quella stessa rivista (barre in grigio). In rosso è riportato il numero totale di pubblicazioni ASI ospitate dalle riviste e considerate in questa analisi.

6. Prodotti della Ricerca non-bibliometricabili

6.1 Banche dati e software

Lo *Space Science Data Center* (SSDC) è un'infrastruttura di ricerca dell'Agenzia Spaziale Italiana dove sono condotte attività di ricerca scientifica e tecnologica sui dati scientifici provenienti dalle missioni spaziali nazionali e internazionali supportate dall'Agenzia e di interesse per la comunità scientifica nazionale. Coprendo tutto il ciclo di vita della gestione dei dati, dall'acquisizione fino alla distribuzione, il centro ricopre un ruolo cardine nel sistema della ricerca spaziale italiana ed internazionale, configurandosi come nodo di integrazione tra attività scientifiche, sviluppo tecnologico e cooperazione internazionale.

Dal punto di vista strategico, lo SSDC coordina a livello nazionale la gestione dei dati di missioni spaziali nei settori della cosmologia, dello studio dell'universo, dell'esplorazione del sistema solare, dello *Space Weather* e delle astro-particelle. Le attività svolte comprendono l'acquisizione, l'elaborazione, l'archiviazione e la distribuzione dei dati, nonché lo sviluppo di software scientifico avanzato e strumenti per l'analisi dei dati. In tale contesto, il centro promuove l'*Open Science* attraverso l'adozione dei **principi FAIR** (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*), favorendo quindi **l'accesso aperto e l'interoperabilità** dei dati su scala internazionale. Quest'ultimo punto è

importante per garantire lo scambio di dati tra diverse infrastrutture di ricerca e centri dati a livello internazionale, come l'archivio ESA, così come la possibilità di utilizzare i dati pubblicati da SSDC all'interno dei tool e degli strumenti software compatibili con gli standard internazionali, ad esempio quelli definiti dall'*International Virtual Observatory Alliance – IVOA*.

Un elemento chiave del ruolo strategico dello SSDC è rappresentato dalla capacità di integrare dati provenienti da missioni diverse, la maggior parte con strumentazione realizzata scientificamente dall'ASI attraverso lo sviluppo di strumenti software multi-missione e multi-messaggero, quali il *Multi-Mission Interactive Archive*, MATISSE, il *Cosmic Ray Database*, e il *GAIAPortal*. Questo approccio consente di massimizzare il ritorno scientifico degli investimenti spaziali e di supportare la comunità scientifica con strumenti avanzati per l'analisi dei *big data*. Inoltre, il centro contribuisce allo sviluppo di tecnologie innovative legate al segmento di terra delle missioni, partecipando non solo alla progettazione di software, ma più in generale alla gestione delle operazioni scientifiche.

Nel periodo 2024–2025, lo SSDC si inserisce pienamente nelle priorità strategiche dell'ASI, che includono lo sviluppo di tecnologie abilitanti, tra cui intelligenza artificiale e sistemi avanzati di elaborazione dati. In tale contesto, il centro svolge un ruolo trasversale, supportando sia missioni scientifiche già operative sia nuove iniziative legate all'esplorazione spaziale.

Per quanto riguarda il biennio in esame, lo SSDC ha realizzato prodotti software e banche dati a supporto di missioni nazionali, come AGILE, e di missioni internazionali sia in ambito ESA (tra cui *Euclid*, *Gaia*, CHEOPS, e PLATO), sia in collaborazione con la NASA (tra cui *Swift*, NuSTAR, *Fermi* e IXPE), con la JAXA (*LiteBIRD*) e con l'Agenzia Spaziale Australiana (SpIRIT). Il centro ha inoltre partecipato a missioni di esplorazione del Sistema Solare, tra cui *ExoMars* e *Mars Express*, sviluppando software dedicati all'analisi e alla distribuzione dei dati degli strumenti CaSSIS e MARSIS attraverso il tool MATISSE.

Infine, nel biennio 2024–2025 sono stati conseguiti risultati rilevanti anche in nuovi ambiti scientifici, quali lo *Space Weather*, con il prototipo sviluppato all'interno del progetto ASPIS che integra dati e strumenti per l'analisi e la modellistica, e lo studio dei piccoli corpi del Sistema Solare con la pubblicazione del database delle proprietà fisiche dei *Near Earth Objects* realizzato nell'ambito del progetto H2020 NEOROCKS.

Le banche dati e i software prodotti da SSDC nel periodo in esame sono tutti caratterizzati da un **alto rigore della metodologia scientifica** utilizzata. Infatti, i software per la riduzione e l'analisi dei dati sviluppati dal Centro, ad esempio per le missioni *Euclid*, *Swift-XRT*, NuSTAR, IXPE e SpIRIT, sono quelli ufficiali, rilasciati e utilizzati dai team di missione. Questo fornisce anche un'indicazione

importante circa **l'elevato livello di cooperazione internazionale** di SSDC, poiché trattasi di missioni internazionali. Ugualmente, le banche dati disponibili tramite il sito e i tool SSDC forniscono i dati e i prodotti ufficiali delle missioni, o prodotti scientifici di alto livello sviluppati a partire dagli stessi e adatti all'utilizzo scientifico.

Se lo sviluppo dei software e dei tool per l'accesso e l'analisi dei dati portato da avanti da SSDC è sempre caratterizzato da una **elevata originalità**, nel caso degli archivi il livello di innovazione risulta talvolta inferiore, trattandosi di miglioramenti o evoluzioni di tecnologie già sviluppate in precedenza e/o per altri contesti e settori, questo anche per valorizzare le competenze maturate dal Centro in un'ottica di **efficienza e di multidisciplinarietà**.

Per valutare **l'impatto scientifico** delle banche dati e dei software prodotti da SSDC, abbiamo considerato il numero di visitatori unici del sito web SSDC e le richieste informatiche effettuate ai tool, che nel biennio 2024-2025 sono pari rispettivamente a 83.870 e 35.511.

Per avere un raffronto, il numero di visitatori unici registrato nel biennio 2021-2022 è stato pari a 71.243, mostrando quindi una **crescita del 17,7%** di questo indicatore nel biennio in esame.

È importante notare, inoltre, come solo il 19,7% degli accessi provenga da domini registrati in Italia, a conferma della **rilevanza internazionale** delle attività del Centro.

Inoltre, abbiamo effettuato una ricerca delle pubblicazioni che riportano esplicitamente **l'utilizzo di banche dati e software prodotti da SSDC**, che nel biennio in esame è pari a 323.

Sebbene questo costituisca una sottostima dell'effettivo utilizzo dei prodotti di SSDC, allo stesso tempo comprova la **rigorosità scientifica** della metodologia utilizzata, considerata "*science grade*" dai ricercatori, e **l'impatto sulla comunità scientifica** del lavoro del Centro.

Questi risultati sono stati ottenuti anche grazie alla continuità con cui i servizi vengono erogati e quindi alla disponibilità di dati, tool e sistemi hardware e software.

Da un'analisi effettuata su dispositivi di rete, server, sistemi di acquisizione e processamento dei dati, sito web, tool, e archivio, è emerso come la **disponibilità dei sistemi nel biennio 2024-2025 sia stata pari al 99,3%**.

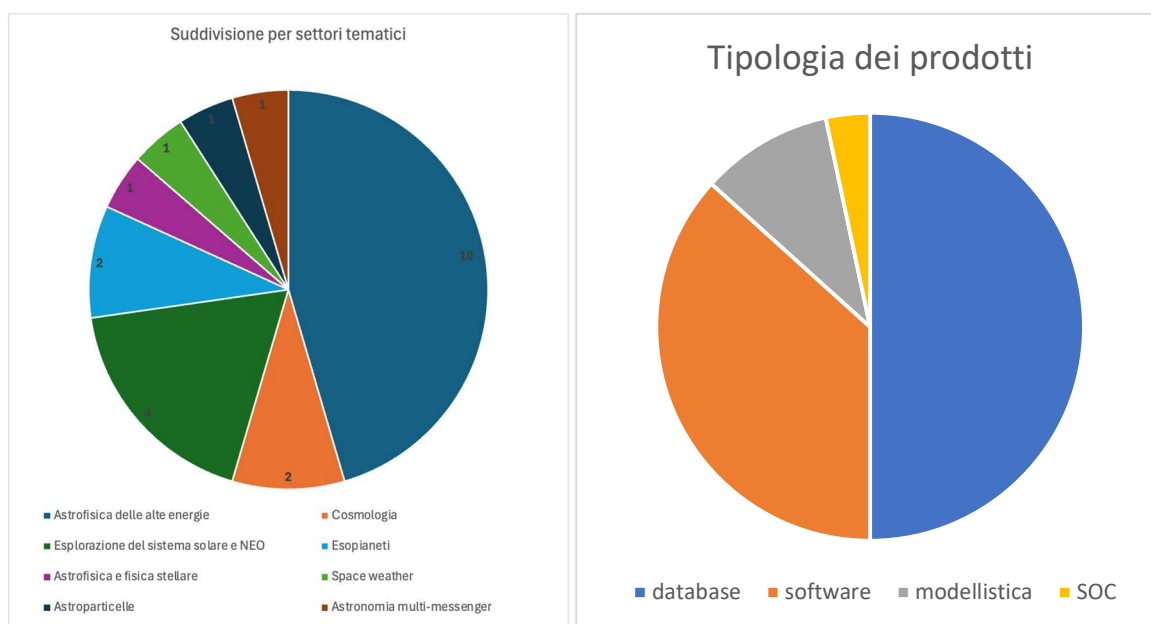


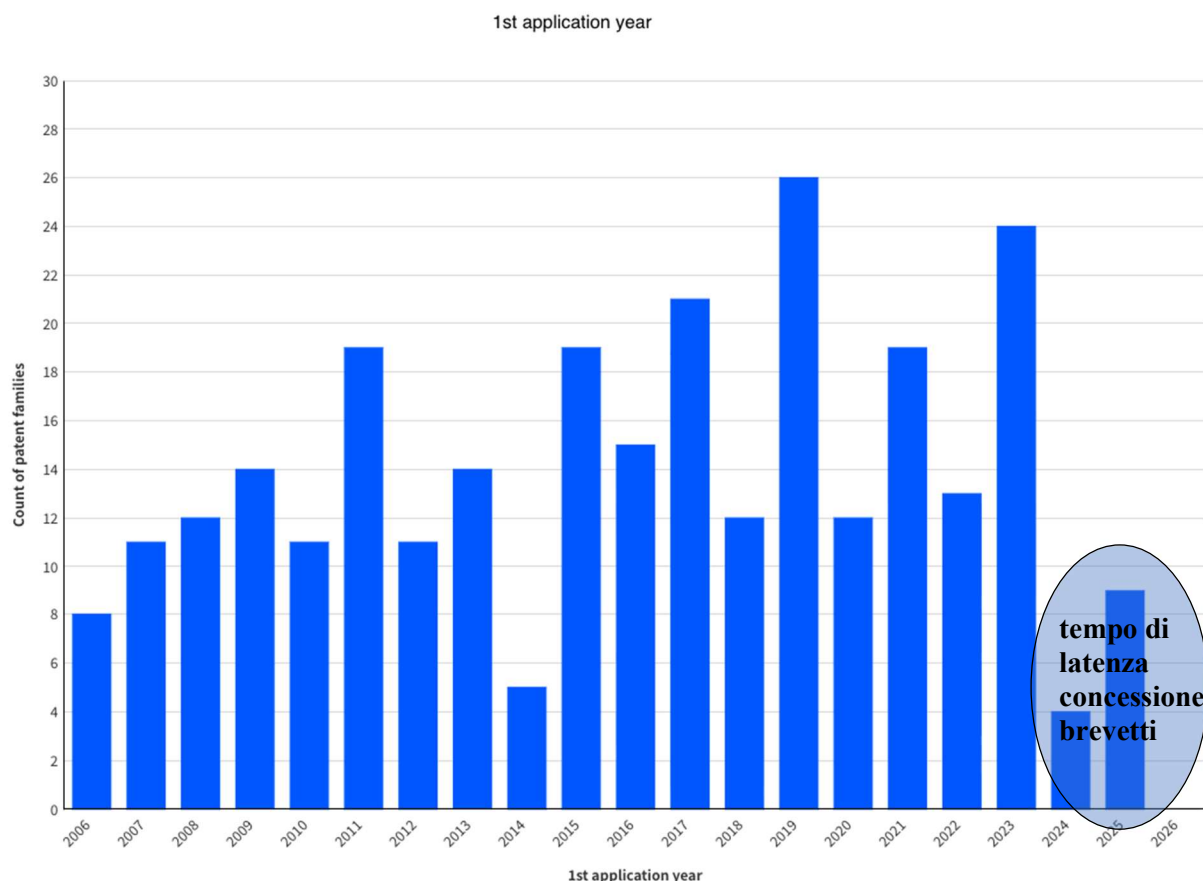
Figura 6. Suddivisione per settore tematico e per tipologia dei prodotti banche dati e software realizzati da SSDC nel biennio 2024-2025.

6.2 Brevetti

Una analisi del portafoglio brevettuale dell'Agenzia Spaziale Italiana non può prescindere da una breve panoramica nazionale sul tema.

Il contesto dei brevetti spaziali in Italia riflette una partecipazione ancora contenuta rispetto allo scenario globale: con circa 450 famiglie brevettuali (ovvero invenzioni uniche di titolarità, totale o parziale, italiana), di cui circa il 45% sono scadute o revocate, il nostro Paese contribuisce solo per lo 0,25% del totale mondiale.

Questo dato evidenzia una storica difficoltà nazionale nel proteggere la proprietà intellettuale nel settore, confermata da un tasso di deposito annuo contenuto (18 domande in media) come mostrato dal diagramma sotto riportato.



Per quanto riguarda l’Agenzia Spaziale Italiana, nel biennio 2024-2025 si riscontra la titolarità di sei brevetti per invenzioni industriali. È interessante notare come tali titoli non derivino direttamente da contratti o accordi di ricerca finanziati dall’Agenzia, ma sono frutto di attività e collaborazioni tra ricercatori ASI e di altri enti o atenei, anche al di fuori da stretti vincoli contrattuali. Tali collaborazioni si inquadrano nell’ambito dell’autonomia dei ricercatori al fine di perseguire gli obiettivi scientifici e innovativi degli enti. L’assenza di brevetti generati da commesse industriali o accademiche è riconducibile a due fattori principali: da un lato, la tendenza del mondo della ricerca a privilegiare la pubblicazione scientifica, più immediata e riconosciuta per la carriera rispetto ai tempi lunghi della brevettazione; dall’altro, un approccio industriale focalizzato su componenti specifici per i quali, storicamente, le scarse economie di scala non hanno giustificato i costi di protezione. Del resto, i finanziamenti elargiti dall’Agenzia sotto forma di contratti e accordi hanno contribuito a generare nuove conoscenze e sviluppi tecnologici nelle industrie e nelle accademie nazionali, creando un patrimonio inventivo nazionale, protetto anche attraverso brevettazione, sia nel dominio spaziale che, in virtù di attività di trasferimento tecnologico, non spaziale. L’espansione della New Space Economy e le conseguenti potenzialità del trasferimento tecnologico da Spazio a Terra (spin-out) e viceversa (spin-in), renderà necessaria una maggiore protezione delle invenzioni, così da rendere la tutela dell’innovazione un asset strategico per il futuro. Un crescente impulso allo sviluppo brevettuale e al

trasferimento tecnologico, individuato come intervento prioritario, è confermato, infatti, anche all'interno degli obiettivi strategici del DSPSN (obiettivo 5.1 punto (e)).

Segue in tabella la lista dei brevetti ASI attivi nel biennio 2024-2025.

Numero	Codice	Titolo brevetto
1	Par_Mag	Metodo e sistema per il monitoraggio della precipitazione di particelle nella magnetosfera
2	Rad_Dam	Apparato integrato per la misura in situ ed in tempo reale del danno biologico da radiazione di particelle ionizzanti su un campione biologico
3	Fot_Gas	Sensore di spettroscopia fotoacustica per il rilevamento di gas traccia e metodo per il rilevamento di gas traccia
4	Mol_Rad	Radioprotective sod soluble isoform and uses thereof
5	Pan_Ter	Pannello sandwich di protezione termica
6	Com_Cer	Procedimento di produzione di materiali compositi ceramici rinforzati con fibre ceramiche

Il portafoglio brevettuale ASI viene valutato attraverso una metodologia basata su criteri chiari e univoci, che garantiscono la piena riproducibilità dell'analisi. Nello specifico, i parametri ANVUR sono stati suddivisi nei livelli basso, medio e alto, secondo i criteri illustrati di seguito.

Per quanto riguarda **originalità, metodologia scientifica, impatto scientifico e rilevanza rispetto al contesto di riferimento**, la valutazione è implicitamente legata al vaglio degli uffici brevettuali nazionali in fase di concessione. Di conseguenza, i brevetti che hanno ottenuto la tutela in più Paesi testimoniano un livello elevato per i criteri citati, mentre i titoli limitati a un singolo ufficio territoriale (tipicamente l'Ufficio Italiano Brevetti e Marchi) garantiscono comunque un livello medio. Non si contempla un livello basso, poiché tale condizione avrebbe precluso l'ottenimento stesso del brevetto. Sebbene l'**interdisciplinarietà** non sia un requisito formale per la concessione, il portafoglio ASI mostra virtuosi esempi di integrazione tra domini diversi. In questo contesto, essa viene misurata in base al settore di competenza degli inventori: il livello è basso in presenza di un inventore singolo, medio se vi sono più inventori del medesimo settore, e alto qualora coesistano specialisti di discipline

ben distinte (es. biologia e ingegneria). Anche la **cooperazione con altri enti/istituzioni** esula dai requisiti formali di concessione, ma viene qui valorizzata su tre livelli: è considerata alta se gli inventori appartengono a più di due enti, media se provengono da due soli enti, e bassa se è coinvolto un unico ente. L'indicatore più significativo resta tuttavia l'**impatto sociale, economico e culturale**. Questo parametro è valutato come alto se il brevetto ha generato, nel biennio in esame, forme di sfruttamento industriale, ricadute economico-sociali o ulteriore sviluppo tecnologico. Il livello è invece medio se tali dinamiche non si sono ancora verificate ma risultano probabili nel biennio successivo, e basso se l'impatto non è avvenuto e non si prevede avvenga nel periodo successivo.

La tabella seguente sintetizza lo schema metodologico adottato per l'assegnazione dei livelli di qualità relativi ai criteri ANVUR.

	Livello alto	Livello medio	Livello basso
Originalità	Brevetto concesso in più Paesi	Brevetto concesso in un solo Paese	N.A.
Metodologia	Brevetto concesso in più Paesi	Brevetto concesso in un solo Paese	N.A.
Impatto scientifico	Brevetto concesso in più Paesi	Brevetto concesso in un solo Paese	N.A.
Rilevanza	Brevetto concesso in più Paesi	Brevetto concesso in un solo Paese	N.A.
Interdisciplinarietà	Più inventori di settori differenti	Più inventori del medesimo settore	Singolo inventore
Cooperazione	Inventori di più di 2 Enti	Inventori di 2 Enti	Inventore/i di un singolo Ente
Impatto sociale, economico e culturale	Il brevetto è stato sfruttato o ulteriormente sviluppato	Il brevetto non è stato sfruttato o ulteriormente sviluppato ma è	Il brevetto non è stato sfruttato o ulteriormente sviluppato e non è

		probabile che lo sia nel futuro	probabile che lo sia nel futuro
--	--	------------------------------------	------------------------------------

In base alla metodologia descritta, la tabella successiva mostra il livello di qualità dei brevetti ASI rispetto agli indicatori ANVUR, identificato convenzionalmente tramite i colori verde (alto), giallo (medio) e rosso (basso).

Numero- Codice	Originalità	Metodologia	Impatto scientifico	Rilevanza	Interdisciplinarietà	Cooperazione	Impatto sociale, economico e culturale
1- Par_Mag							
2- Rad_Dam							
3-Fot_Gas							
4- Mol_Rad							
5-Pan_Ter							
6- Com_Cer							

6.3 Sviluppo di Strumentazione scientifica

La strumentazione scientifica realizzata individuata come prodotto non bibliometricabile della ricerca svolta in ASI, appartiene alle seguenti tipologie:

6.3.1 Prototipi e dimostratori

Lo sviluppo di prototipi e dimostratori per attività spaziali è cruciale per validare tecnologie innovative in ambienti simulati o reali prima del loro impiego operativo, riducendo i rischi delle missioni. In particolare, questi sviluppi sono finalizzati a validare concetti innovativi a basso-medio

TRL (Technology Readiness Level), tipicamente TRL 3-5, prima della loro implementazione su scala reale. Lo sviluppo di prototipi e dimostratori mira a maturare le tecnologie dai primi concetti teorici fino a prototipi in grado di operare in ambiente simulato o, nei casi più avanzati, nello spazio.

6.3.2 Breadboard di tecnologie

Nel contesto delle attività spaziali i breadboard rappresentano uno strumento fondamentale nella fase di prototipazione e sviluppo di tecnologie aerospaziali, perché consentono di creare circuiti elettronici provvisori a pressione, senza la necessità di saldature, permettendo modifiche rapide e test preliminari su componenti destinati a satelliti, sonde o strumenti di bordo. I breadboard sono ideali per la verifica funzionale di circuiti elettronici durante le fasi preliminari del design di apparati spaziali.

6.3.3 Modelli ingegneristici per payload a bordo di satelliti

I modelli ingegneristici per payload scientifici su missioni spaziali passano attraverso fasi di progettazione, sviluppo e verifica (qualifica) prima della realizzazione del modello di volo finale.

I Principali Modelli Ingegneristici nel Ciclo di Vita di un progetto spaziale sono:

- Modello di Fattibilità (Fase A/B): Studi preliminari e simulazioni software.
- Modello Strutturale e Termico (STM - Structural and Thermal Model): Utilizzato per testare la resistenza meccanica alle vibrazioni del lancio e la gestione termica nel vuoto.
- Modello Ingegneristico (EM - Engineering Model): Riproduce la funzionalità elettronica ed elettrica del payload. Non è destinato allo spazio, ma serve a validare le interfacce, il software e il funzionamento del sistema.
- Modello di Qualifica (QM - Qualification Model): Identico al modello di volo, ma sottoposto a stress ambientali (termico-vuoto, vibrazioni) più severi per garantire la robustezza del design.

6.3.4 Modelli di volo per payload a bordo di satelliti

Modello di Volo (FM - Flight Model): Il payload definitivo che verrà lanciato nello spazio dopo aver superato i test di accettazione.

6.4 Aree Scientifiche

Le aree scientifiche nelle quali vengono principalmente svolte le attività di ricerca dell'ASI sono le seguenti:

6.4.1 Studio dell'Universo

Il superamento delle frontiere osservative dell'astrofisica rappresenta oggi uno dei più rilevanti obiettivi della ricerca scientifica moderna. In questo contesto, la comunità internazionale affronta molteplici sfide scientifiche, tecnologiche, programmatiche, e tecniche per poter progredire nella nostra comprensione dei meccanismi di evoluzione e funzionamento dell'Universo. La catena di ricerca e sviluppo dell'ASI pone le sue fondamenta in programmi di ricerca di base e tecnologica di frontiera che producono soluzioni originali e innovative, che sono inserite nella filiera di sviluppo delle missioni spaziali valorizzandone i risultati.

La realizzazione dei complessi programmi di ricerca dell'ASI richiede una costante sinergia collaborativa tra accademia, enti di ricerca, e comparto industriale. In questo contesto, una attività fondamentale del settore è quella legata allo sviluppo di sensori innovativi per la cosmologia e fisica fondamentale (come, ad esempio, i *Kinetic Inductance Detectors* e *Transition Edge Sensors*), per la misura di raggi cosmici e fotoni, o di nuovi materiali e soluzioni osservative per la misura di onde gravitazionali, nel quale campo la missione LISA - primo interferometro gravitazionale che sarà operato nello spazio - rappresenta il principale investimento scientifico internazionale. ASI interviene con i propri programmi di ricerca in tutta la catena di innalzamento del *Technological Readiness Level* delle tecnologie abilitanti del sistema di ricerca spaziale, rafforzando lo status di indipendenza tecnologica per sensori, processi, e infrastrutture della catena di sviluppo di missioni spaziali.

Il rigore scientifico e la solidità del metodo perseguito dall'ASI sono alla base della realizzazione di opportuni modelli ingegneristici e dimostratori, che garantiscono la affidabilità e prestazioni degli strumenti previsti per le operazioni spaziali, traguardi raggiunti nel biennio 2024/2025 in diversi progetti in cooperazione attiva con le principali agenzie spaziali internazionali partner quali ESA o NASA. Fondamentali nelle fasi di progettazione e sviluppo di missioni sono i risultati ottenuti dal completamento e validazioni di modelli strutturali, funzionali, ecc... di strumenti per le missioni, *milestone* delle attività di integrazione e verifica dei payload che contribuiscono a consolidare la maturità tecnologica e tecnica e a preparare le successive fasi di sviluppo.

Spiccano nel biennio 2024/25 i traguardi ottenuti per gli avanzamenti nelle fasi di missione per i programmi di ricerca e studio di esopianeti PLATO (per la campagna di ricerca esopianeti simili alla Terra che orbitano attorno a stelle simili al Sole) e ARIEL (per lo studio di precisione della composizione chimica e delle strutture termiche delle atmosfere degli esopianeti già noti). Si aggiungono infine gli avanzamenti culminati, anche, in campagne di lancio di strumenti su piattaforme di volo suborbitale, come la campagna di volo dello strumento GAPS per la ricerca di antimateria primordiale nella radiazione cosmica, payload già fornito da ASI nel 2023 e lanciato con successo su pallone stratosferico NASA a dicembre 2025 dalla base *McMurdo Station* in Antarctica.

ASI caratterizza inoltre i propri progetti di ricerca in termini di fattibilità e realizzabilità di approcci osservativi innovativi, come ad esempio mettendo a sistema l'esperienza consolidata con la complessità tecnica e programmatica nella gestione di costellazioni di satelliti (come, ad esempio, la missione SWEATERS per lo studio di *remote sensing* dell'ambiente spaziale, potenzialmente operabile in configurazione di costellazione).

La gestione della complessità e numerosità dei dati che saranno generati e distribuiti dai grandi osservatori spaziali richiede interventi e ricerca di soluzioni tramite opportuni investimenti di ricerca infrastrutturale, culminati ad esempio nel biennio 2024/2025 nei risultati scientifici garantiti dall'efficienza dimostrata dal centro dati italiano del satellite *Euclid*, realizzato dall'ASI ed ospitato presso ALTEC. Gli obiettivi scientifici della missione riguardano lo studio accurato della struttura dell'Universo per investigare l'energia oscura e la materia oscura che lo costituiscono. I due primi rilasci di dati della missione *Euclid*, ovvero i dataset "*early release observations*" (2024) e "*quick data release*" (2025) hanno rivelato informazioni innovative e d'avanguardia sullo studio dell'evoluzione galattica e della materia oscura.

Mettendo a sistema l'esperienza e le competenze in tutto il tessuto della progettazione, costruzione e operazioni di missioni spaziali, nonché le proprie infrastrutture per la gestione dei segmenti di terra delle missioni spaziali come la base operativa *Luigi Broglio Malindi Space Center* e il centro per la gestione e analisi dei dati scientifici *Space Science Data Center*, ASI contribuisce al raggiungimento di risultati scientifici innovativi e senza precedenti del settore dello Studio dell'Universo riconosciuti a livello internazionale. Solo a titolo di esempio, ricordiamo l'assegnazione del *Bruno Rossi Prize 2024*, prestigioso riconoscimento nel campo dell'astrofisica, alla collaborazione della missione ASI-NASA IXPE, missione che dal suo lancio nel 2021 ha aperto la nuova frontiera osservativa della polarimetria nella banda X per lo studio dei fenomeni e sorgenti più energetici dell'Universo, abilitando un nuovo approccio diagnostico per l'astrofisica moderna.

L'Agenzia Spaziale Italiana ha giocato il ruolo di motore trainante della ricerca e dello studio dell'Universo nel biennio 2024/2025, confermando e rafforzando la propria posizione di leadership nel campo. L'ASI ha contribuito in maniera diretta e determinante al raggiungimento di traguardi della ricerca con avanzamenti rivoluzionari, tramite partecipazione diretta a progetti di ricerca, accordi di collaborazione con enti di ricerca e accademia nazionali e internazionali, partnerships con agenzie spaziali internazionali, e infine supportando e stimolando il tessuto industriale nazionale.

I nuovi risultati gettano luce sui processi fondamentali e più elusivi del Cosmo per vasti intervalli di distanza, tempo, e energia, incrementando notevolmente la comprensione dei meccanismi e delle leggi fondamentali dell'Universo. L'astrofisica multi-messaggera sta ottenendo traguardi straordinari nell'avanzamento della conoscenza dell'Universo integrando segnali complementari provenienti da fotoni, onde gravitazionali, neutrini, e raggi cosmici. Lo studio dell'Universo è anche ormai pienamente entrato nell'era dei *big data*, con necessità di infrastrutture evolute per gestire complessità e volumi di informazioni senza precedenti.

La qualità e gli impatti scientifici dei risultati raggiunti sono frutto di una consolidata esperienza nella definizione, assetto, gestione e valorizzazione dei risultati di progetti ed esperimenti operati nello spazio, messa a sistema con l'esperienza della rete di ricerca nazionale. Attraverso il costante coinvolgimento dell'industria aerospaziale e del tessuto delle PMI italiane, ASI trasforma l'eccellenza tecnologica in un volano di sviluppo economico, sociale e culturale, rafforzamento la competitività delle PMI italiane nel mercato globale e affermando il ruolo dell'Italia come pilastro fondamentale della ricerca spaziale globale e della moderna economia della conoscenza.

6.4.2 Esplorazione del Sistema Solare

L'Agenzia Spaziale Italiana ha consolidato nel biennio 2024–2025 il proprio ruolo nel settore dell'esplorazione del Sistema Solare, contribuendo allo sviluppo di programmi di ricerca e di tecnologie innovative per missioni dedicate allo studio dei pianeti, dei corpi minori, del Sole e dell'ambiente eliosferico. Attraverso il coordinamento dell'ASI e la collaborazione con università, enti di ricerca, industria nazionale e partner internazionali, sono state sviluppate soluzioni tecnologiche e strumentazione scientifica avanzata destinate alle future missioni di esplorazione, rafforzando il posizionamento italiano nello scenario internazionale.

L'esplorazione del Sistema Solare rappresenta uno dei principali ambiti della ricerca spaziale contemporanea. Il continuo avanzamento delle tecnologie spaziali e delle capacità osservative consente oggi di studiare con crescente accuratezza la composizione e l'evoluzione delle superfici

planetarie e delle atmosfere e i processi fisici in generale che caratterizzano pianeti, satelliti naturali, asteroidi e comete, contribuendo alla comprensione dell'origine del Sistema Solare e dei processi che hanno portato allo sviluppo di ambienti potenzialmente abitabili. In tale contesto, le missioni spaziali richiedono lo sviluppo di strumenti scientifici sempre più sofisticati e di tecnologie ad elevata maturità, in grado di operare in ambienti estremi e di garantire misure scientifiche di elevata precisione.

Nel corso degli ultimi decenni l'Italia ha assunto un ruolo di primo piano nell'ambito dell'esplorazione planetaria attraverso la partecipazione, coordinata dall'ASI, a numerose missioni internazionali realizzate in collaborazione con ESA, NASA e altre agenzie spaziali, tra cui Cassini-Huygens, Rosetta, Mars Express, Venus Express, Dawn, ExoMars, Juno, JUICE, BepiColombo, Solar Orbiter e DART. Tali programmi hanno consentito alla comunità scientifica e industriale nazionale di contribuire allo sviluppo di strumentazione scientifica d'avanguardia e di acquisire competenze tecnologiche oggi riconosciute a livello internazionale.

In questo quadro si inseriscono le principali attività di ricerca e sviluppo tecnologico realizzate nel biennio 2024–2025, che hanno visto il coinvolgimento diretto del personale dell'ASI e il finanziamento dell'Agenzia a favore di università, enti pubblici di ricerca e industria nazionale. Le attività svolte hanno riguardato la progettazione, lo sviluppo, la realizzazione e la qualificazione di strumenti scientifici destinati a future missioni di esplorazione del Sistema Solare, producendo risultati significativi nell'avanzamento della maturità tecnologica delle soluzioni sviluppate e nel consolidamento delle competenze nazionali nei settori della spettroscopia, della sensoristica e dell'ottica spaziale.

Fra le principali iniziative realizzate nel biennio si segnalano: a) il progetto realizzato in collaborazione con la United Arab Emirates Space Agency (UAESA) da Leonardo S.p.A. e INAF per la fornitura dello spettrometro infrarosso MIST-A, destinato alla missione Emirates Mission to the Asteroid Belt (EMA), prevista per il lancio nel 2028;

- a) il progetto realizzato in collaborazione con la United Arab Emirates Space Agency (UAESA) da Leonardo S.p.A. ed INAF per la fornitura dello spettrometro I/R MIST-A destinato alla missione EMA (Emirates Mission to the Asteroid Belt), prevista per il lancio nel 2028;
- b) le attività industriali di Fase D per due strumenti della missione Comet Interceptor, che hanno portato, in collaborazione con Leonardo S.p.A., allo sviluppo di due modelli Electrical Functional Model (EFM) per il sensore di polvere DISC (Dust Impact Sensor and Counter) e

- di un modello EFM e di un Structural-Thermal Model (STM) completo per la camera EnVisS (Entire Visible Sky), utilizzato nella campagna di qualifica ambientale;
- c) la realizzazione, da parte di INAF, dei modelli di volo spare dei sensori basati su microbilance a cristalli di quarzo dello spettrometro DIANA per la missione Tianwen-2 della China National Space Administration (CNSA), lanciata nel maggio 2025 e dedicata allo studio dei piccoli corpi del Sistema Solare;
 - d) lo sviluppo, da parte di INFN, di due prototipi di rivelatori, rispettivamente nella banda gamma e nella banda X, destinati alla missione SEE, CubeSat dedicato a studi di eliofisica e Space Weather;
 - e) lo sviluppo, da parte di INAF di Brera, INAF di Palermo e dell'Università degli Studi di Palermo, di tre specchi e tre filtri destinati a due strumenti innovativi – uno spettrografo e un imager EUV – per la missione MUSE della NASA, dedicata allo studio dei processi fisici responsabili del riscaldamento della corona solare, dell'origine del vento solare e dei fenomeni eruttivi della nostra stella;
 - f) lo sviluppo, da parte di Thales Alenia Space Italia, dell'Electrical Ground Support Equipment (EGSE) della missione NASA VERITAS, finalizzata allo studio della superficie di Venere e della sua evoluzione geologica.

Le attività sviluppate nel biennio hanno consentito di conseguire risultati rilevanti sia sul piano scientifico sia su quello tecnologico, attraverso il completamento di prototipi, modelli funzionali, modelli strutturali e termici e modelli di volo destinati a missioni internazionali in differenti fasi di sviluppo. Tali risultati contribuiscono ad accrescere la maturità tecnologica della strumentazione scientifica nazionale e a ridurre il rischio tecnologico delle future missioni, favorendo il trasferimento delle innovazioni dalla ricerca alle applicazioni spaziali.

La realizzazione di queste iniziative conferma inoltre il ruolo dell'ASI quale elemento di raccordo tra comunità scientifica, enti di ricerca, università e industria nazionale. La partecipazione ai principali programmi internazionali ha rafforzato la competitività del sistema nazionale nel settore dell'esplorazione planetaria, consolidando le competenze tecnologiche italiane e creando le condizioni per future ricadute scientifiche, industriali e tecnologiche derivanti dai dati e dalle osservazioni che saranno acquisiti dalle missioni nei prossimi anni.

6.4.3 Esplorazione robotica

La strategia dell'ASI per l'esplorazione spaziale si fonda su tre pilastri principali: un solido sostegno ai programmi ESA, la promozione della cooperazione internazionale e l'attivazione di iniziative nazionali volte a consolidare le competenze scientifiche e tecnologiche in tutte le principali destinazioni dell'esplorazione robotica e umana. Questo quadro riflette una visione a lungo termine finalizzata a rafforzare il ruolo dell'Italia come attore chiave nel panorama internazionale dell'esplorazione, in particolare di Luna e Marte.

In ambito ESA, nel biennio 2024/2025, l'Italia conferma la propria posizione di secondo contributore per l'esplorazione umana e robotica, guidando alcuni dei programmi che stanno definendo i nuovi standard delle attività scientifiche nello spazio. La leadership italiana si esprime nel co-finanziamento e nella gestione tecnica del modulo I-HAB, elemento abitativo della stazione cislunare Lunar Gateway, e nel lander Argonaut, un elemento logistico fondamentale per il trasporto e la gestione di esperimenti scientifici sulla superficie lunare. Lo sviluppo parallelo di queste due attività consente di validare simultaneamente sia gli aspetti critici di una infrastruttura orbitante complessa che le dinamiche di un sistema di allunaggio di precisione, dimostrando un ventaglio di competenze tecnologiche espresso dal comparto spaziale italiano ampio e versatile. A questa complementarità si deve il riconoscimento a livello internazionale dell'intera filiera nazionale come uno dei pochi attori capaci di presidiare con successo sia i sistemi di volo orbitale sia le tecnologie di superficie.

Nell'ambito degli Accordi Artemis, l'ASI sta sviluppando il Multi-Purpose Habitat (MPH), il primo modulo abitativo lunare di superficie che fungerà da laboratorio permanente, garantendo la continuità operativa necessaria per ricerche geologiche, astrobiologiche e astrofisiche sulla Luna. L'attività di progettazione riguarda un'infrastruttura pressurizzata ad alta tecnologia, concepita per la gestione integrata di sistemi di supporto vitale rigenerativi e l'alloggiamento di strumentazione scientifica multidisciplinare. I risultati attesi si tradurranno nella prima validazione operativa di un ecosistema artificiale autosufficiente sulla Luna, aprendo la strada a sperimentazioni scientifiche e tecnologiche ininterrotte direttamente sul suolo lunare. L'impatto di lungo termine sarà garantire la continuità operativa sulla superficie della Luna, consolidando il ruolo diplomatico e tecnologico dell'Italia nel programma Artemis. In questo contesto si inserisce lo spettrometro MoonIS, selezionato tra la strumentazione scientifica a bordo della missione emiratina Rashid3: lo spettrometro ha l'obiettivo di mappare la composizione mineralogica e le proprietà termofisiche della regolite nel polo sud lunare, incluso l'interno di una PSR (permanent shadowed region). I dati scientifici ottenuti saranno utilizzati sia per perfezionare i modelli sull'evoluzione della Luna che per identificare in modo oggettivo i siti più idonei per i futuri insediamenti umani.

Sul fronte dell'esplorazione robotica di Marte, la missione ESA Rosalind Franklin vede l'Italia ricoprire il ruolo di prime contractor industriale per lo sviluppo del rover, un'attività che si concretizza anche nella realizzazione del sistema di perforazione capace di campionare il sottosuolo fino a due metri di profondità. A questa tecnologia meccanica si affianca lo spettrometro miniaturizzato Ma_MISS, integrato direttamente all'interno della punta del trapano e finanziato interamente dall'ASI. L'integrazione di questi sistemi consentirà di effettuare analisi spettroscopiche *in situ* sulle pareti del foro, ottenendo risultati scientifici complementari rispetto all'analisi dei campioni estratti e poi esaminati nel laboratorio del rover; questo approccio integrato produrrà una mappatura stratigrafica e mineralogica tridimensionale inedita, fondamentale per la ricerca di potenziali bio-firme marziane. L'impatto generato da questo coordinamento tecnologico e scientifico consolida la leadership internazionale dell'Italia sia nella gestione sistemistica di missioni planetarie complesse, sia nella robotica da perforazione d'avanguardia per lo spazio profondo.

Sempre sul fronte dell'esplorazione robotica di Marte, nel biennio 2024/2025, l'ASI ha partecipato allo studio di fase A/B del concetto di missione International Mars Ice Mapper (I-MIM), una collaborazione internazionale in cui l'Italia sviluppa il sistema di comunicazione e il radar ad apertura sintetica (SAR) ad alta frequenza. L'obiettivo scientifico è la mappatura esatta dei depositi di ghiaccio d'acqua accessibili nelle medie latitudini; l'impatto strategico sarà duplice: ricostruire la storia climatica del pianeta e blindare una risorsa logistica indispensabile per la futura sopravvivenza degli astronauti.

Parallelamente, l'eccellenza italiana nello sviluppo di CubeSat per lo spazio profondo rappresenta un contributo fondamentale alla conoscenza del Sistema Solare e alla validazione di nuove metodologie esplorative. Ne sono prova LICIACube (lanciato il 24 novembre 2021) e ArgoMoon (16 novembre 2022). LICIACube ha fotografato e analizzato la dinamica degli ejecta dopo l'impatto della sonda NASA DART, fornendo i dati essenziali per validare i modelli di difesa planetaria settore nel quale ora l'Italia ha un ruolo di primo piano. ArgoMoon ha operato come laboratorio di navigazione autonoma e monitoraggio delle radiazioni, testando l'affidabilità dell'elettronica italiana in orbita cislunare dimostrando l'operatività dei componenti industriali italiani per i futuri voli commerciali nello spazio profondo.

L'impegno dell'ASI nel settore dei CubeSat per l'esplorazione dello spazio profondo prosegue con lo sviluppo delle missioni TASTE e ANIME, attualmente in fase A/B.

Per quanto riguarda il progetto TASTE, l'attività ingegneristica è focalizzata sulla progettazione di un micro-satellite dotato di payload per il telerilevamento radar e spettroscopico di un asteroide Near-

Earth. I risultati scientifici attesi consistono nella caratterizzazione della composizione mineralogica superficiale e della struttura geologica interna, inclusi i livelli di porosità e l'eventuale stratigrafia del sottosuolo. TASTE permetterebbe di qualificare la filiera tecnologica italiana nell'identificazione di risorse in-situ utili per la futura economia mineraria spaziale.

Parallelamente, la missione ANIME si concentra sull'attività di sviluppo di un CubeSat dotato di propulsione autonoma avanzata, concepito per eseguire sorvoli ravvicinati e sequenziali di una serie diversificata di asteroidi. Questa architettura di missione produrrà come risultato scientifico un'indagine multispettrale comparativa diretta, utile a comprendere l'evoluzione e le differenze compositive degli asteroidi, con l'impatto strategico di dimostrare la piena autonomia e flessibilità operativa sei cube-sat nazionali nell'esplorazione dello spazio profondo.

A livello nazionale, questa visione si completa con un portafoglio di attività mirate a consolidare l'autonomia scientifica dall'orbita LEO fino a Marte. Il focus è rivolto alla sostenibilità attraverso tecnologie di In-Situ Resource Utilization (ISRU), come il dimostratore ORACLE, progettato per estrarre ossigeno dalla regolite lunare. I risultati dei test chimici dimostreranno la fattibilità della produzione di risorse in loco, generando l'impatto di trasformare la Luna in un avamposto autosufficiente. Parallelamente, il potenziamento delle infrastrutture a terra garantisce il supporto logistico alla ricerca e all'innovazione tecnologica: le facility come i Mars e Moon Terrain Demonstrators presso ALTEC consentono la validazione di rover in ambienti analoghi, mentre la futura Sample Curation Facility assicurerà risultati scientifici diretti grazie all'analisi microbiologica e geologica di campioni extraterrestri. L'impatto finale sarà quello di garantire alla comunità scientifica nazionale la piena autonomia di studio dei materiali alieni in ambienti protetti e ultra-controllati.

6.4.4 Osservazione della Terra

L'Osservazione della Terra si erge come un imperativo strategico per l'Italia e per l'Unione Europea, rappresentando un pilastro fondamentale per la sicurezza nazionale, lo sviluppo sostenibile e la risposta alle sfide globali del XXI secolo. L'attività di monitoraggio sistematico del nostro pianeta, resa possibile dall'innovativa capacità satellitare italiana ed europea, non è soltanto una questione scientifica, ma un investimento cruciale in termini di resilienza climatica, gestione delle risorse idriche, prevenzione dei rischi naturali e tutela della biodiversità.

L'Osservazione della Terra, attraverso i dati satellitari, alimenta una vasta gamma di applicazioni: dalla gestione delle emergenze, alla valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici

sull'agricoltura e sulle infrastrutture, al controllo della qualità dell'aria e dell'acqua, fino alla mappatura accurata del territorio e alla protezione del patrimonio culturale. In questo scenario, la ricerca scientifica e tecnologica costituisce il nucleo vitale dell'innovazione e il fondamento per tradurre le potenzialità dei dati in valore reale per la società. Essa non si limita alla produzione di conoscenza, ma funge da catalizzatore per lo sviluppo di algoritmi d'avanguardia e modelli di analisi complessi, alimentando un ecosistema d'eccellenza che favorisce il consolidamento della leadership scientifica nazionale.

Nel campo dell'Osservazione della Terra, l'ASI si configura come promotore attivo e protagonista diretto di ricerca scientifica, finanziando, coordinando e intervenendo nello sviluppo di tecnologie spaziali d'avanguardia e nuovi servizi. L'Agenzia agisce non solo come motore di innovazione per l'intero comparto, ma come architetto di una sinergia strutturale tra il mondo accademico, gli enti di ricerca e il tessuto industriale nazionale. L'impegno diretto di ASI nella promozione, ricerca, sviluppo e diffusione di tecnologie spaziali in settori chiave dell'economia nazionale come quello dell'Osservazione della Terra permette di trasformare l'eccellenza accademica in strumenti operativi, garantendo al contempo la formazione di personale altamente specializzato e lo sviluppo di competenze di frontiera indispensabili per consolidare la leadership scientifica italiana a livello internazionale. Il biennio 2024-2025 è stato anche caratterizzato da un profondo cambio di paradigma: la transizione dal semplice monitoraggio alla gestione intelligente del dato. In questo contesto, le tecnologie di Intelligenza Artificiale, Big Data e Edge Computing non costituiscono moderni domini tecnologici isolati, bensì le fondamenta architettoniche su cui si basa la filiera dell'Osservazione della Terra, permettendo di trasformare il dato spaziale in informazioni decisionali ad alto valore aggiunto offrendo così alla ricerca scientifica, alla Pubblica Amministrazione e al comparto industriale strumenti decisionali e nuove capacità di analisi predittiva.

L'attuazione di questa missione da parte di ASI si riflette in una pluralità di programmi e iniziative di ricerca implementati nel biennio 2024-2025 che, pur operando su domini differenti, concorrono sinergicamente al rafforzamento del comparto. Di seguito vengono illustrate le principali linee d'azione e i risultati tecnico-scientifici conseguiti.

Un primo ambito d'intervento riguarda il programma I4DP (Innovation for Downstream Preparation), uno strumento operativo che si articola in tre pilastri strategici: I4DP-Science, dedicato alla ricerca accademica per lo sviluppo di nuovi algoritmi; I4DP-Market, rivolto ai servizi applicativi per il mercato; e I4DP-PA, finalizzato a soluzioni per la Pubblica Amministrazione.

Le attività sviluppate nell'ambito di I4DP-Science nel biennio 2024-2025 testimoniano l'efficacia della sinergia tra ricerca accademica e dati satellitari. I progetti finanziati si sono concentrati sulla

creazione di algoritmi e modelli avanzati per la gestione delle risorse naturali e dei rischi ambientali, con risultati tangibili in diversi domini critici. Nell'ambito della gestione delle risorse idriche, l'attività di sviluppo si è concentrata sulla suite open source GRAW e sulla piattaforma TETI. Grazie all'uso combinato di dati ottici, SAR e iperspettrali, questi strumenti permettono di stimare con precisione l'estensione delle acque, i livelli idrometrici e lo stress agricolo, supportando strategie di adattamento alla scarsità idrica. Tale traguardo tecnologico si traduce in un impatto tangibile sulle strategie di adattamento alla scarsità idrica, offrendo agli enti gestori strumenti decisionali supportati da dati scientifici rigorosi. Sulla stessa linea, il progetto SatellOmic ha integrato le osservazioni della costellazione Sentinel-2 con misurazioni in situ, dando vita ad applicazioni mobile per il controllo dell'inquinamento che migliorano significativamente la capacità di monitoraggio capillare dei bacini nazionali.

Sul fronte della prevenzione dei rischi ambientali quali incendi, alluvioni e frane, l'impegno si è focalizzato sull'implementazione di tecniche di Intelligenza Artificiale (Machine Learning ed Explainable AI) e di una dashboard WebGIS all'interno del progetto GEORES. Questi modelli non si limitano a produrre mappe di probabilità di rischio, ma, anche grazie all'impiego sinergico delle tecnologie satellitari di Osservazione della Terra (in particolar modo i satelliti della costellazione COSMO-SkyMed e SAOCOM e il satellite PRISMA), analizzano i parametri ambientali che maggiormente contribuiscono all'insorgenza di tali eventi. Il valore aggiunto di questo approccio risiede nel rafforzamento delle capacità di protezione civile, rendendo le azioni di mitigazione del rischio più efficaci e basate su evidenze trasparenti.

Basati su intelligenza artificiale sono anche dei moduli applicativi sviluppati nell'ambito del progetto ECONET, in cui è stato elaborato un sistema integrato sensor-driven per il monitoraggio di acque territoriali su cui insistono insediamenti umani. Particolare attenzione è stata inoltre rivolta allo studio delle isole di calore attraverso la generazione di mappe di Local Climate Zone (LCZ-ODC). L'elaborazione di questi dati iperspettrali e multispettrali ha prodotto mappe dettagliate delle isole di calore urbano, fornendo alle amministrazioni locali una base conoscitiva essenziale per una pianificazione urbana sostenibile, volta a mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici nei contesti cittadini.

I4DP-Market, nel biennio 2024-2025, ha visto il consolidamento di iniziative strategiche volte a trasformare il dato spaziale in strumenti di gestione attiva. Nell'ambito del contratto FIXYLL, l'attività si è focalizzata sulla lotta contro la diffusione della malattia Xylella fastidiosa: attraverso l'integrazione di dati satellitari Sentinel-2 e PRISMA con le rilevazioni del vigore vegetativo, è stato sviluppato un software per l'identificazione delle aree ad alto rischio e il monitoraggio della dinamica

dell'infezione. Il risultato ottenuto consiste in un sistema di supporto alla validazione degli interventi di trattamento e ripianto, che genera un impatto diretto sulla resilienza agricola, permettendo azioni di contenimento tempestive ed efficaci. Parallelamente, l'impegno in ambito infrastrutturale si è concretizzato nei contratti MODISAT e SAFE BRIDGE, finalizzati al monitoraggio dinamico delle infrastrutture critiche come i ponti. In questi progetti sono state sviluppate soluzioni end-to-end con reti di sensori distribuiti, un sistema di acquisizione dati cloud (DDAS), software avanzati di analisi e tecniche interferometriche, strumenti di modellazione FEM, Imaging Geodesy e monitoraggio GNSS. Tali soluzioni hanno prodotto strumenti avanzati di diagnostica strutturale, con l'impatto significativo di innalzare gli standard di sicurezza e manutenzione predittiva, dimostrando la capacità operativa dell'Osservazione della Terra nel risolvere criticità infrastrutturali complesse.

Infine, il pilastro I4DP-PA traduce l'innovazione spaziale in strumenti operativi per la Pubblica Amministrazione. Un esempio è il progetto TUS:CAN dedicato alla pianificazione urbana e territoriale, che sfrutta l'integrazione tra i dati PRISMA, Sentinel-2 e validazioni con spettrometro da campo. L'attività ha permesso di sviluppare metodologie avanzate per la classificazione del suolo, testate con successo nei comuni di Lucca e Prato. Il risultato è la produzione di mappe binarie (naturale/artificiale) e mappe d'uso del suolo aggettivate, strumenti geospaziali fondamentali per il governo del territorio. Questi prodotti software non restano confinati alla ricerca, ma sono stati resi disponibili alla collettività attraverso il Geoportale della Regione Toscana, trasformando il dato satellitare in un servizio pubblico concreto, accessibile e funzionale alle decisioni di governo del territorio.

Parallelamente ai programmi I4DP, l'ASI ha coordinato PRISMA Scienza, un'iniziativa dedicata allo sfruttamento del satellite iperspettrale nazionale PRISMA, finanziando la ricerca accademica per trasformare questa capacità tecnologica in algoritmi avanzati, validando i dati spaziali con misure a terra per applicazioni di precisione. Nel biennio 2024-2025, i principali risultati del programma si sono tradotti in applicazioni concrete per la sicurezza e la tutela ambientale.

Un primo ambito di applicazione ha riguardato la prevenzione degli incendi con lo sviluppo del prototipo HYPERFUEL. Attraverso l'integrazione dei dati iperspettrali di PRISMA con quelli dei satelliti Sentinel-2 e Landsat, il sistema consente di monitorare lo stato della vegetazione e stimare con estrema accuratezza l'impatto del fuoco sulla biomassa. Il risultato tecnologico è un monitoraggio estremamente accurato dello stato della vegetazione che genera un impatto concreto sulla capacità di mitigazione del rischio incendi e sulla gestione delle emergenze forestali.

Parallelamente, la ricerca ha esteso i propri benefici alla salute pubblica e alla gestione delle attività outdoor attraverso la realizzazione di una piattaforma integrata web e android (HYPERHEALT).

Questo strumento valuta l'esposizione ai rischi ambientali monitorando non solo la radiazione solare e gli agenti atmosferici, ma sfruttando il dettaglio spettrale per identificare la distribuzione sul territorio di specie vegetali allergeniche. Il sistema offre un servizio di supporto alle attività outdoor, con un impatto diretto sulla prevenzione sanitaria e sulla qualità della vita dei cittadini. Infine, il progetto SAPP4VU ha permesso di implementare metodologie avanzate per l'analisi della resilienza territoriale. Gli algoritmi sviluppati permettono oggi di monitorare con precisione sia fenomeni a dinamica lenta, come la degradazione del suolo, sia eventi a dinamica rapida come frane e incendi. Grazie alla produzione di indicatori precoci di stress ambientale, tale innovazione abilita un passaggio decisivo verso una gestione predittiva e proattiva del territorio, rafforzando la resilienza degli ecosistemi.

L'eccellenza dell'ASI nell'ambito dell'Osservazione della Terra si sviluppa anche attraverso le missioni del programma ALCOR. La missione dimostrativa EARTHNEXT ha come obiettivo provare la capacità di un CubeSat di volare in Very Low Earth Orbit (VLEO) acquisendo immagini multispettrali della Terra ad alta risoluzione. Tecnologie abilitanti sono un sistema di propulsione elettrica ed un telescopio anastigmatico compatti; tra i prototipi della missione va menzionato anche un computer di bordo, e relativo SW, e il meccanismo di dispiegamento dei pannelli solari e del piano focale della camera. La missione SATURN introduce invece un sistema SAR cooperativo basato su tre satelliti in formazione, capace di eguagliare le prestazioni di infrastrutture più grandi con l'impatto strategico di abilitare un monitoraggio del territorio in tempo quasi reale.

Per completare il quadro delle attività del biennio 2024-2025, è fondamentale menzionare la vasta rete di accordi strategici tra l'ASI, le università e i centri di ricerca. Queste collaborazioni hanno dato vita a software e banche dati d'avanguardia, focalizzati sulla sostenibilità urbana, l'intelligenza artificiale di bordo e lo studio avanzato del clima. In particolare, il progetto APEMAIA ha portato alla realizzazione di sistema multi modulare basato su tecniche di data fusion (tra dati HR come PRISMA/Sentinel e dati a media risoluzione) e Intelligenza Artificiale. Il risultato è la capacità di migliorare le stime di Aerosol Optical Depth (AOD) e mappare le concentrazioni di particolato (PM) a scala intra-urbana (<500 m). Tale traguardo tecnologico genera un impatto diretto sulle politiche di salute pubblica, consentendo di quantificare con precisione l'esposizione della popolazione in linea con gli indicatori di sostenibilità SDG (Sustainable Development Goals) 11.6.2.

In preparazione alla missione PRISMA Second Generation (PSG), la ricerca si è concentrata su tecniche di edge-computing (progetto COME-ON-BOARD-PSG!). Attraverso l'implementazione di algoritmi di IA direttamente a bordo, il sistema è in grado di analizzare i dati iperspettrali e termici in autonomia. L'impatto di questa innovazione è duplice: da un lato, ottimizza l'efficienza della missione

attraverso la valutazione in tempo reale della nuvolosità; dall'altro, trasforma il satellite in un sensore intelligente capace di generare allerta immediate in caso di calamità naturali, come gli incendi boschivi, accelerando drasticamente i tempi di risposta nelle emergenze.

Parallelamente è stato inoltre realizzato nell'ambito del progetto SIM4PRISMA2G un simulatore di scena altamente innovativo che utilizza tecniche dictionary-based e modelli neurali generativi per riprodurre immagini iperspettrali e multispettrali. Il risultato è la disponibilità di uno strumento essenziale per l'addestramento degli algoritmi e la validazione dei payload delle missioni future, garantendo una riduzione dei rischi in fase di progettazione e test.

Tra le attività del biennio 24/25 va citato anche il progetto TEBAKA, che punta a migliorare la conoscenza del territorio unendo le forze delle missioni PRISMA e Cosmo-SkyMed. L'attività si è focalizzata sull'applicazione di algoritmi 2D-CNN per la segmentazione semantica di colture pregiate come l'olivo e la vite. L'impatto di tale innovazione è duplice: da un lato, fornisce strumenti tecnici concreti per una gestione più sostenibile delle risorse rurali; dall'altro, allinea l'Osservazione della Terra agli obiettivi istituzionali di modernizzazione del settore agricolo.

Un altro filone cruciale ha riguardato lo sviluppo di modelli diretti veloci e accurati per simulare le misure atmosferiche dei sensori di prossima generazione (come CAIRT, IASI-NG e FORUM). In particolare, il codice sviluppato per la missione FORUM rappresenta lo stato dell'arte nel trasferimento radiativo, capace di analizzare con estrema precisione l'influenza del vapor d'acqua e delle nubi di ghiaccio nel lontano infrarosso. Tale risultato, ottenuto grazie a collaborazioni di rilievo internazionale con l'Imperial College e la NASA, genera un impatto strategico significativo: oltre a dotare la comunità scientifica di strumenti avanzati per l'interpretazione dei dati climatici, queste partnership favoriscono l'alta formazione di personale specializzato, consolidando la leadership scientifica italiana nelle reti globali di monitoraggio climatico e assimilazione dati.

6.4.5 Esplorazione umana dello Spazio

L'esplorazione umana dello spazio richiede una conoscenza approfondita degli effetti prodotti dalla permanenza in ambiente spaziale sulla fisiologia e sulla biologia degli esseri viventi ed, in particolare, dell'uomo. Con essa, infatti, il corpo umano viene esposto a numerosi fattori di rischio, tra cui la gravità alterata, la presenza di radiazioni cosmiche, le condizioni di isolamento e confinamento, la distanza da terra.

Questi fattori diventano ancora più importanti se si pensa ai futuri scenari di esplorazione umana dello spazio, che vedono come obiettivo condiviso dalle più importanti agenzie spaziali la colonizzazione di Marte, avendo come step intermedio missioni sulla superficie lunare. Tali scenari comporteranno,

infatti, distanze via via crescenti dal nostro pianeta e la permanenza degli astronauti nello spazio per periodi ben più lunghi di quelli previsti per le missioni ad oggi condotte in bassa orbita terrestre sulla Stazione Spaziale Internazionale. Ad essi si associano, pertanto, sfide uniche, anche dal punto di vista biomedico e psicologico, mai affrontate prima.

Attività a bordo della ISS

Il Programma di Volo Umano dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), avviato oltre vent'anni fa, nasce proprio con l'obiettivo di comprendere questi fenomeni e sviluppare strategie di protezione per gli equipaggi, sfruttando la Stazione Spaziale Internazionale come laboratorio ideale dove condurre esperimenti che ci consentono di acquisire conoscenze in preparazione alle missioni oltre la bassa orbita terrestre. Il programma è stato costruito attraverso una collaborazione intensa con partner internazionali come NASA ed ESA, a cui si sono aggiunti più recentemente operatori commerciali come Axiom Space. In questo contesto, a gennaio 2024, l'Agenzia Spaziale Italiana ha partecipato alla missione Ax-3, la terza missione spaziale commerciale di Axiom Space sulla ISS, con la presenza del Colonnello dell'Aeronautica Militare Italiana Walter Villadei. Il piano sperimentale della missione ha visto l'esecuzione di un ampio portafoglio di esperimenti scientifici in diversi settori disciplinari, e più in particolare:

- PROMETEO II: esperimento di biologia cellulare che esplora l'effetto protettivo di nanoparticelle di polidopamina e nanoceria come contromisure innovative contro la degenerazione neuronale indotta dallo stress ossidativo in ambiente spaziale.
- Beta Amyloid: esperimento volto a investigare gli effetti del volo spaziale sulla neurodegenerazione attraverso lo studio dell'aggregazione delle proteine beta-amiloidi, coinvolte nell'Alzheimer, in microgravità;
- ORION: esperimento che studia l'effetto dell'esposizione alla microgravità sulla funzione endocrina in cellule ovariche di mammifero, valutando l'effetto del mio-inositolo nel ripristinare la funzione steroidogenica;
- EMSi: tuta intra-veicolare per contrastare la perdita di massa muscolare e ossea degli astronauti in microgravità. Il device utilizza le proprietà meccaniche e compressive del tessuto in combinazione con sensori ed elettrodi per fornire un'elettrostimolazione "intelligente" e adattiva;
- AstRNAuts e NUT: esperimenti che hanno analizzato campioni biologici prelevati dagli astronauti a diversi *time points*, prima e dopo la missione Ax-3, al fine di identificare nuovi biomarcatori per lo studio degli effetti del volo spaziale sulla fisiologia umana (trattandosi di

studi su campioni biologici di astronauti pre- e post-missione, per questi esperimenti non è stata sviluppata una scheda prodotto).

Più di recente, le attività di sperimentazione a bordo della ISS sono proseguite con l'esecuzione a bordo di due ulteriori esperimenti:

- IRIS: progetto che ha avuto l'obiettivo di realizzare, per la successiva sperimentazione in orbita, innovativi rivelatori di radiazione ionizzante, indossabili, ultraleggeri e in grado di trasmettere in tempo reale la dose di radiazione assorbita dall'astronauta;
- Drain Brain 2.0: sistema portatile e di semplice utilizzo per il monitoraggio non invasivo di parametri fondamentali per la salute cardiovascolare degli astronauti.

e sono proseguite le attività preparatorie per la successiva sperimentazione in orbita di due nuovi payload:

- APHRODITE: piattaforma miniaturizzata per l'analisi autonoma di campioni di saliva a fini diagnostici;
- NAVCOM: testbed di comunicazione e navigazione sviluppato in tecnologia Software Defined Radio (SDR).

Risultati Scientifici: nel biennio di riferimento, ASI e la comunità scientifica nazionale hanno confermato un ruolo di primo piano nelle attività di ricerca e sperimentazione a bordo della ISS, portando a 87 il numero totale di esperimenti italiani eseguiti in orbita. Dei 10 esperimenti condotti, 5 hanno previsto lo sviluppo di strumentazione dedicata.

Impatti generati: sono numerose le discipline scientifiche rappresentate: dalla fisiologia umana, alla biologia/biotecnologie sino allo sviluppo tecnologico e alle relative dimostrazioni, con un importante impatto sia in termini di abilitazione delle future missioni di esplorazione umana, per le quali sarà fondamentale conoscere in maniera sempre più approfondita l'effetto dell'ambiente spaziale sull'uomo e sviluppare adeguate contromisure, sia in relazione alla generazione di ricadute a terra, quali ad esempio lo sviluppo di device autonomi per il monitoraggio dello stato di salute in zone remote del nostro pianeta.

Sperimentazione tramite Cubesat

In questo contesto è stato completato il prototipo funzionale di un lab-on-chip per la missione BOREALIS, che ha il duplice obiettivo di valutare l'impatto delle condizioni ambientali spaziali su

biofilm microbici e eseguire test di schermatura dalle radiazioni sulle comunità di microrganismi scelti.

Risultati Scientifici: rendere possibile l'esecuzione in orbita, in maniera autonoma e a costi ridotti, di un esperimento di microbiologia consentendo al tempo stesso di azzerare l'hazard connesso ad una missione manned.

Impatti generati: l'esperimento consentirà di esplorare temi di interesse quali la sicurezza degli habitat e la loro protezione da possibili contaminazioni. Lo studio della microbiologia in ambiente spaziale riveste, inoltre, un notevole interesse per applicazioni in ambito spazio, ad esempio nei sistemi biorigenerativi di supporto alla vita, e a terra per applicazioni in ambienti ospedalieri.

Attività di ricerca ground-based

Parallelamente, nel periodo di riferimento sono state portate avanti importanti iniziative di ricerca a terra. Tra l'agosto e l'ottobre 2025 è stata, infatti, realizzata una campagna di BED REST a carattere completamente nazionale, nella quale è stata coinvolta un'ampia fetta della comunità scientifica italiana, impegnata nello studio degli effetti della microgravità simulata sulla fisiologia umana, con il fine ultimo di sviluppare strategie di prevenzione e contromisure in vista delle future missioni spaziali di lunga durata. Durante la campagna è stato validato e utilizzato per l'acquisizione di un set di dati preliminari il prototipo EMSi_BR.00. È stato, inoltre, avviato il progetto ICE-BLU, in collaborazione con la Marina Militare, finalizzato allo studio degli effetti dell'isolamento e del confinamento sulla psicofisiologia umana.

Sempre nel settore della fisiologia umana è stato realizzato il prototipo di sleep-mask SOMNIA MONITOR, un polisonnigrafo ergonomico ed indossabile che attraverso sensori multipli e multifunzionali consente la rilevazione accurata della qualità del sonno. Per la diagnostica è, invece, importante citare il sistema analitico WEAR-ME! che integra in un solo dispositivo indossabile un sistema integrato miniaturizzato per l'analisi non invasiva di un pannello di biomarcatori utili alla valutazione dello stato di salute degli astronauti.

È stata, inoltre, realizzato presso ENEA Casaccia un modulo allestito come camera bianca per coltivazioni fuori suolo completamente controllate e automatizzate. Il sistema integra in un'unità trasportabile tutti i sottosistemi necessari per creare un ambiente agricolo ad alta tecnologia e alta produttività, temi fondamentali per garantire l'autonomia dei futuri equipaggi di astronauti.

Risultati Scientifici: contribuire con la ricerca condotta nei laboratori terrestri ad ampliare le conoscenze relative agli effetti dell'ambiente spaziale sugli organismi viventi e alla mitigazione delle 5 categorie di hazards per il volo umano spaziale.

Impatti generati: tutte queste attività mettono in luce alcune aree di studio in cui la comunità scientifica nazionale risulta impegnata in prima linea, tra cui lo sviluppo di tecnologie innovative per il monitoraggio della salute psicofisica degli astronauti. Al tempo stesso particolare rilievo è dato allo sviluppo di sistemi per la coltivazione in grado di ottimizzare l'utilizzo delle risorse in preparazione alle missioni di esplorazione umana oltre LEO. Entrambe le macroaree mettono in luce la grande attenzione da parte di ASI rivolta al trasferimento tecnologico e al potenziale di ricadute in ambiente terrestre.

Queste attività sono fondamentali per la valorizzazione della ricerca e per l'innovazione a supporto della Space Economy che il nostro Governo ha inserito come assi principali di intervento negli "Indirizzi del Governo in materia spaziale e aerospaziale" approvati dal Presidente del Consiglio e pubblicati nel novembre del 2024.

6.4.5 Tecnologie

L'Agenzia Spaziale Italiana ricopre un ruolo centrale nel direzionare e sostenere il progresso tecnologico nazionale, agendo come volano per l'innovazione e la competitività dell'intero comparto spazio. Attraverso una strategia di investimenti mirati, l'Agenzia promuove lo sviluppo di tecnologie abilitanti indispensabili per garantire la leadership scientifica dell'Italia in ambito internazionale.

L'azione di ASI si concentra sul consolidamento di una filiera industriale e accademica d'eccellenza, capace di trasformare la ricerca di frontiera in soluzioni applicative concrete. Questo impegno non solo potenzia le capacità operative nei domini classici – come ad esempio l'osservazione della Terra, le telecomunicazioni, la navigazione satellitare il trasporto spaziale e l'esplorazione - ma accelera anche il trasferimento tecnologico verso settori terrestri, generando ricadute economiche e sociali ad alto valore aggiunto. Per ottimizzare questi processi, l'Agenzia integra metodologie avanzate di progettazione, avvalendosi anche della propria Concurrent Engineering Facility (CEF). In questo quadro, l'ASI supporta attivamente la crescita tecnologica del Sistema Paese attraverso una pluralità di strumenti e iniziative, tra cui:

- **Lo sviluppo tecnologico integrato nelle missioni e nei sistemi di trasporto spaziale:** oltre ai programmi dedicati, l'Agenzia promuove l'innovazione attraverso la realizzazione di intere missioni scientifiche, costellazioni satellitari e sistemi di lancio. All'interno di questi progetti

complessi, lo sviluppo di nuovi sottosistemi e componenti non è solo finalizzato al successo della missione specifica, ma funge da piattaforma di validazione per tecnologie d'avanguardia che diventano abilitanti per future applicazioni e roadmap strategiche.

- **La messa a disposizione della Concurrent Engineering Facility (CEF):** utilizzata non solo per scopi istituzionali interni, ma anche come supporto tecnico-metodologico per l'analisi di fattibilità di idee e proposte provenienti dal mondo accademico e scientifico nazionale (attraverso una open call permanente). La Concurrent Engineering Facility (CEF) rappresenta un ambiente strategico per lo sviluppo, la validazione e la maturazione di nuove tecnologie, grazie alla sua capacità di favorire un approccio multidisciplinare e collaborativo alla progettazione e alla ricerca. L'utilizzo di una CEF consente di riunire competenze provenienti da diversi ambiti tecnico-scientifici, permettendo ai gruppi di lavoro di affrontare in modo integrato le sfide progettuali e di accelerare i processi decisionali. Nel contesto delle attività di ricerca e sviluppo, la Concurrent Engineering Facility offre la possibilità di testare tecnologie innovative in un ambiente strutturato, simulando scenari operativi realistici e valutando in tempi rapidi prestazioni, affidabilità e fattibilità delle soluzioni proposte. Questo approccio consente di individuare tempestivamente eventuali criticità, riducendo il rischio tecnico e i costi associati alle modifiche nelle fasi più avanzate del ciclo di sviluppo. La Concurrent Engineering Facility costituisce un importante punto di incontro tra università, centri di ricerca, enti pubblici e industria, promuovendo la condivisione delle competenze, la formazione di personale e lo sviluppo di progetti collaborativi. Grazie a queste caratteristiche, la CEF rappresenta uno strumento essenziale per sostenere l'innovazione tecnologica, incrementare la competitività della ricerca e favorire la realizzazione di soluzioni avanzate in ambiti ad elevato contenuto scientifico e tecnologico.
- **Il programma di sviluppo tecnologico STEP (Space TEchnology Program):** volto ad assicurare la disponibilità di tecnologie abilitanti e innovative per le future missioni ASI in tutti gli ambiti disciplinari. Il programma è articolato in step di avanzamento multilivello legati al livello di maturità tecnologica (TRL), per tecnologie trasversali (es. materiali, componentistica, equipaggiamenti di bordo, etc.) e in roadmap tematiche in aree di competenza specifiche e strategiche per i futuri interessi dell'Agenzia (roadmap ottica, SAR, robotica e intelligenza artificiale, quantistica, grandi antenne):
 - STEP-1: sviluppo di tecnologie innovative a basso TRL;
 - STEP-2: consolidamento di tecnologie chiave per la competitività nazionale;

- STEP-3: dimostrazione in orbita (IOD/IOV) per ridurre il time-to-market e de-criticizzare le missioni future;
- STEP-4: trasferimento tecnologico e valorizzazione dei risultati in ambiti cross-settoriali.

Le roadmap tematiche, sono focalizzate sui seguenti domini tecnologici: ottico, robotica e intelligenza artificiale, sistemi radar ad apertura sintetica e sviluppo di tecnologie per nanosatelliti focalizzate sulla miniaturizzazione dei payload che devono necessariamente rispondere alle ridotte risorse di bordo ma anche allo sviluppo di equipaggiamenti critici come la generazione e gestione della potenza, la propulsione, la trasmissione dati, il controllo di assetto e la navigazione, l'elaborazione e trasmissione dei segnali, computers evoluti, fino allo sviluppo di capacità di intelligenza artificiale. Il tutto è focalizzato al mantenimento del livello di eccellenza tecnologica nazionale del settore spazio.

- **La ricerca nei domini della fotonica e della quantistica:** con l'obiettivo di consolidare le sinergie tra accademia e industria per lo sviluppo di componenti critici quali rilevatori, combinatori e sorgenti di nuova generazione.
- **Il programma ASIF (ASI Supported Irradiation Facility):** finalizzato a incentivare l'utilizzo di una rete nazionale di impianti di irraggiamento (in collaborazione con ENEA e INFN). Tale iniziativa è strettamente connessa alla validazione di componentistica commerciale (COTS - Commercial Off-The-Shelf) per l'impiego in missioni spaziali a costi ridotti.
- **Il programma ALCOR, dedicato alle missioni nanosatellitari:** ha avviato e sta portando avanti lo sviluppo di 20 missioni con scopi sia scientifici che applicativi. Le missioni coprono uno spettro di applicazioni ampio e diversificato nei principali settori di rilevanza quali: osservazione della Terra, esplorazione spaziale, astrofisica, Space Weather, operazioni in orbita, telecomunicazioni, la navigazione e la sicurezza dello spazio. Le piattaforme nanosatellitari offrono un'opportunità unica per testare in orbita tecnologie innovative e, al contempo, perseguire obiettivi scientifici di grande rilevanza. Le missioni scientifiche di ALCOR stanno aprendo la strada all'adozione di approcci multimissione per lo Space Weather, favorendo lo sviluppo di nuove tipologie di sensori (ad es. per radiazioni) e apparati (ad es. sistemi di microfluidica), nonché la miniaturizzazione di tecnologie quali i microscopi a fluorescenza. Anche nel campo dell'Osservazione della Terra, il programma ALCOR dimostra l'eccellenza nazionale validando tecnologie per il volo in orbite bassissime, sistemi

SAR in formazione e metodologie innovative per lo studio dell'atmosfera e della gravità. Le competenze e le tecnologie di cui l'Italia dispone per l'accesso autonomo allo Spazio diventando sempre più rilevanti nello scenario Europeo ed internazionale visto l'incremento del numero di lanci di satelliti degli ultimi anni, in previsione della crescita ulteriore prevista per il prossimo futuro ed al contestuale incremento del livello di competizione internazionale ed Europeo nel settore. Nel settore del trasporto spaziale per il segmento di accesso allo Spazio, l'Italia investe nei programmi dell'ESA da diversi decenni, con un ruolo di leadership e di cooperazione Europea per il lanciatore Vega, e le sue versioni evolutive, Vega, Vega C (C: consolidation) e Vega E (E: evolution) e con un ruolo di contributore di primo piano nell'ambito dei programmi Ariane, principalmente attraverso lo sviluppo e la produzione dei booster, prima dell'Ariane 5 e poi di Ariane 6, attraverso il programma comune tra Vega e Ariane 6, il P120C ulteriormente progredito verso la versione P160C. Alle attività di accesso allo Spazio, si affiancano anche le competenze che il Paese possiede attraverso gli investimenti fatti nell'ambito dei programmi Europei dell'ESA per i sistemi di rientro, prima attraverso il programma IXV (Intermediate eXperimental Vehicle), poi confluiti con la leadership e gli sviluppi in corso del programma Space Rider, che costituisce la prima navetta autonoma riutilizzabile Europea per il rientro dallo Spazio. La recente competizione internazionale ed Europea correlata soprattutto al dinamismo della crescita del numero e della massa dei payload lanciati, lo sviluppo di sistemi riutilizzabili e a basso costo per l'accesso ed il rientro dallo Spazio e l'ingresso nel settore di nuovi player emergenti a livello Europeo, nonché le capacità nazionali, necessitano di costanti sviluppi tecnologici nel settore. Tali sviluppi sono volti principalmente a fornire un consolidamento del posizionamento strategico italiano, al mantenimento della propria leadership nel segmento dei piccoli-medi satelliti per orbita bassa, e all'evoluzione della filiera industriale nel rinnovato contesto Europeo ed internazionale attraverso nuove tecnologie "green" e sistemi innovativi, e nel segmento dei sistemi di rientro dallo Spazio, tendendo a sistemi riutilizzabili e a basso costo, al fine di rispondere sempre più alla fruibilità e all'accessibilità dello Spazio, quale elemento di autonomia strategica Europea, in linea con il programma Spaziale Europeo e le ambizioni Europee e nazionali.

7. Contributo dell'Agenzia allo sviluppo di competenze specialistiche per la ricerca

L'Agenzia Spaziale Italiana, in attuazione delle proprie finalità istituzionali, promuove, realizza e valorizza la ricerca scientifica e tecnologica nel settore aerospaziale, operando in stretta sinergia con la comunità scientifica nazionale e internazionale.

L'Agenzia cura il raccordo con accademie, istituti e centri di ricerca, predisponendo, coordinando e sviluppando programmi e progetti volti al progresso delle conoscenze e alla crescita delle competenze nel medesimo settore, favorendo anche il trasferimento tecnologico e la diffusione dei risultati scientifici, sociali ed economici delle attività svolte.

Lo sviluppo e la valorizzazione della ricerca aerospaziale richiedono competenze avanzate, infrastrutture adeguate e capacità interdisciplinari di eccellenza, nonché percorsi formativi di alto livello dedicati alle nuove generazioni di ricercatori e ricercatrici. In tale prospettiva, l'ASI sostiene iniziative di **alta formazione** e percorsi dedicati, spesso attuati tramite avvisi, manifestazioni di interesse, e bandi competitivi quali:

- **Finanziamento di borse di dottorato**, nell'ambito di una strategia di medio e lungo periodo volta a potenziare la competitività scientifica del Paese e a formare competenze capaci di affrontare le nuove sfide del settore spaziale, sostenendo il ruolo degli Atenei, quali protagonisti della ricerca e dell'innovazione spaziale, per contribuire allo sviluppo di competenze scientifiche avanzate e alla formazione di figure altamente qualificate. L'ASI favorisce il coinvolgimento del mondo accademico nelle attività di ricerca scientifica e innovazione tecnologica in aree di interesse strategico per il Paese e sostiene anche percorsi di dottorato industriale per favorire la circolazione della conoscenza tra il sistema della ricerca e quello produttivo. Nel biennio 2024-2025 l'ASI ha assegnato più di 50 borse di dottorato a scuole di dottorato specifiche e tramite avvisi per manifestazione di interesse.
- **Assegnazione di borse di studio per Master di II livello**. Tramite collaborazioni con istituzioni accademiche, l'ASI contribuisce allo sviluppo di programmi accademici di alta formazione. Nel biennio 2024-2025 l'ASI ha partecipato all'organizzazione di Master II livello, come ad esempio il Master in *Scienze e Tecnologie Spaziali* dell'Università di Roma Tor Vergata e il Master in *Space transportation systems: launchers and re-entry vehicles* di Sapienza Università di Roma, e supportato studenti e studentesse meritevoli con borse di studio dedicate alla partecipazione di Master specialistici nazionali e internazionali.

- **Assegnazione di borse di ricerca** per supportare giovani ricercatori e ricercatrici impegnati nello sviluppo di progetti di ricerca innovativi in collaborazione con istituti partner internazionali e nazionali (come, ad esempio, *Cultural Association of Italians at Fermilab*), e per supportare la loro partecipazione a rilevanti eventi, congressi, o scuole di interesse per le tematiche di *ricerca dell'ambito aerospaziale* (come, ad esempio, *l' International Astronautical Congress*, il *Space Generation Advisory Council* e la *Summer School Alpbach*). Nel biennio 2024-2025 l'ASI ha assegnato 30 borse di ricerca per la partecipazione a progetti di ricerca ed eventi di formazione.
- **Tirocini Curricolari e co-tutele di tesi di laurea e dottorato.** Mettendo a sistema le competenze nella ricerca innovativa e lo sviluppo tecnologico a disposizione del personale di ricerca dell'Agenzia, l'ASI rende disponibili a studenti e studentesse opportunità di svolgimento di tirocini professionalizzanti e progetti di tesi di laurea e dottorato sotto la supervisione di ricercatori e tecnologi dell'ASI per garantire il massimo trasferimento della conoscenza in ambiti e percorsi di ricerca riconosciuti di rilevante interesse per l'Agenzia. Nel biennio 2024-2025 sono stati attivati 15 percorsi di tirocinio svolti sotto la supervisione di personale ASI, che hanno permesso a studenti e studentesse di entrare in diretto contatto programmi spaziali finanziati dall'agenzia, rafforzandone sinergie e trasferimento di conoscenze da e verso il comparto industriale. Questo valore aggiunto dato dai tirocini curricolari ASI contribuisce a promuovere la conoscenza della filiera industriale, con particolare riferimento alle competenze tecnologiche rilevanti per il settore spaziale.

L'Agenzia Spaziale Italiana dal luglio 2024 ha anche avviato le attività del Partenariato Esteso “*Space It Up*”. La struttura del Programma si articola in nove *Spoke* tematici, coprendo un ampio spettro di competenze scientifiche e tecnologiche. Il consorzio coinvolge 13 università, 10 enti pubblici di ricerca e 10 industrie, con l'obiettivo di rafforzare il legame tra ricerca di base, innovazione, trasferimento tecnologico e applicazioni industriali. Il Programma prevede tra le altre cose la formazione di una nuova generazione di ricercatori/trici altamente qualificati, in grado di affrontare le sfide scientifiche e tecnologiche del futuro con un approccio innovativo e multidisciplinare.

Le iniziative di alta formazione dell'Agenzia contribuiscono in maniera attiva e mirata alla crescita delle capacità nazionali e allo sviluppo di competenze specialistiche, attraverso la partecipazione a programmi di **cooperazione e multidisciplinari** in collaborazione con accademie, istituzioni di ricerca e industrie. I programmi e le attività di alta formazione a cui partecipa l'ASI sono basati su procedure di selezione competitive per garantire l'elevato livello in termini di **originalità, rigore, impatto scientifico e rilevanza**. L'apertura delle opportunità di formazione a giovani studenti/esse e

ricercatori/trici tramite borse di dottorato e programmi di ricerca congiunti con le industrie valorizzano e contestualizzano l'**impatto sociale, economico, e culturale** degli interventi, sviluppando specifiche competenze specialistiche, che rafforzano le filiere industriali di alta tecnologia del sistema aerospaziale e della ricerca.



Struttura di Coordinamento dell'ASI

RELAZIONE DI AUTOVALUTAZIONE DEI PROGRAMMI DI RICERCA

Biennio 2024-25

Barbara Negri

Coordinatrice del Gruppo
Vicedirettore della
Direzione VI, e
Responsabile dell'Ufficio
Volo Umano e
Sperimentazione
Scientifica

Eleonora Ammannito

per i programmi di
Esplorazione robotica

Paola Bergamaschi

per I/F con ANVUR

Valeria Cottini

per lo studio del Sistema
Solare

Giuseppe D'Amore

per i programmi
tecnologici della DTE

Eloisa Menegoni

per le strategie e
cooperazione ASI

Marco Pizzarelli

per i programmi
tecnologici della DSI

Deborah Katia

Pallotti
per la tematica di
Osservazione della Terra

Sara Piccirillo

per le attività di Life
Science

Gianluca Polenta

per le attività del SSDC

Valerio Vagelli

per lo studio
dell'Universo

Giovanni Di Rienzo

per la segreteria tecnica

In conformità ai criteri ANVUR