

POLITECNICO DI TORINO
Collegio di Ingegneria Gestionale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Classe LM-31
Percorso Finanza

**Space Economy: evoluzione del settore spaziale e dei
finanziamenti di venture capital**



Relatore:

Giuseppe Scellato

Candidato:

Gennaro Andrea

Anno accademico 2021/2022

Sommario

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Abstract | 4 |
| Introduzione | 5 |
| 1. Space Economy | 7 |
| 1.1 La New Space Economy | 9 |
| 1.2 Segmentazione | 9 |
| 1.3 Il valore della Space Economy | 10 |
| 1.4 La Catena di Valore e i suoi domini | 14 |
| 1.4.1 Focus sul segmento dei satelliti | 16 |
| 1.4.2 Earth Observation e Global Navigation Satellite System | 25 |
| 1.4.3 Le sfide dei prossimi anni | 30 |
| 1.4.4 Le sfide dei prossimi decenni | 35 |
| 2. I Finanziamenti nell'Economia Spaziale | 37 |
| 2.1 Finanziamenti Pubblici in Europa | 37 |
| 2.1.1 Finanziamenti ESA | 38 |
| 2.1.2 Finanziamenti della Commissione Europea | 44 |
| 2.2 Investimenti Spaziali pubblici in Italia | 47 |
| 2.3 Finanziamenti dal Mercato dei Capitali | 49 |
| 3. Analisi del venture capital spaziale | 57 |
| 3.1 Metodologia | 57 |
| 3.1 Segmentazione Europea | 60 |
| 3.2 Segmentazione Americana | 64 |
| 3.3 Finanziamenti | 68 |
| 3.3.1 Capacità di raccolta per segmento | 71 |
| 3.3.2 Capacità di raccolta per dominio | 73 |
| 3.4 Investitori | 79 |
| 3.4.1 Mappatura degli Investitori | 79 |
| 3.4.2 Grado di Specializzazione degli Investitori | 81 |
| 3.4.3 Investitori Principali | 85 |
| Conclusione | 88 |
| Sitografia | 89 |
| APPENDICE | 92 |

Abstract

Nell'ultimo decennio, il settore Spaziale è stato protagonista di un processo che ha portato alla rivoluzione dell'intero settore, consentendo a quest'ultimo di oltrepassare i suoi confini ed essere utilizzato in ambito commerciale. Per questo motivo, negli ultimi anni è nato il movimento New Space, che ha portato la tecnologia spaziale ad essere usata nei campi più disparati come l'agricoltura di precisione, il marketing mirato, il trasporto e la logistica. Chi ha deciso di cavalcare quest'onda e sfruttarla per generare profitto sono stati soprattutto gli investitori privati, i quali hanno finanziato un vasto numero di imprese.

L'obiettivo della seguente trattazione è di approfondire la struttura dell'economia spaziale odierna, valutare le potenzialità di crescita futura e infine analizzare i finanziatori pubblici e privati che fino ad oggi hanno mantenuto questa crescita, con un'attenzione particolare sui privati.

Il lavoro di tesi si compone di tre capitoli: nel primo viene fornita una panoramica dell'ecosistema del settore spaziale cercando di definirne i confini e gli attori per dominio di appartenenza; successivamente verrà riportata un'analisi approfondita del segmento cardine della space economy, ovvero l'industria satellitare, e il capitolo terminerà con la descrizione delle sfide future del settore e della direzione che sta prendendo. Il secondo capitolo verterà sull'analisi dei principali finanziatori dell'economia spaziale europea: ESA, Commissione Europea e Mercato dei capitali, con un focus sul venture capital. Il terzo e ultimo capitolo verterà su uno studio del venture capital spaziale attraverso un database creato appositamente, il quale avrà al suo interno tutte le imprese europee e statunitensi finanziate da venture capitalist, i fondi che queste hanno ottenuto e i diversi investitori che hanno partecipato ai diversi round; questo servirà a tracciare il comportamento finanziario dei venture capitalist spaziali e di valutare similitudini e differenze tra l'economia spaziale in Europa e negli Stati Uniti.

Introduzione

Fin dall'antichità l'uomo è sempre rimasto affascinato dalle stelle che compongono il nostro universo. Infatti, la più antica testimonianza di uno studio compiuto sul cosmo è il disco di Nebra, fabbricato tra il 2100 a.C. e il 1700 a.C. Si trattava di una lastra di metallo raffigurante fenomeni astronomici che, secondo gli ultimi studi, dettavano i tempi del ciclo agricolo, anche se l'aggiunta di alcune parti in epoche successive farebbe presumere che potesse servire anche da calendario solare.

La nascita dell'astronomia come scienza, invece, risale alla scoperta del cannocchiale, avvenuta nel 1608, perfezionato in un secondo momento da Galileo Galilei che lo rese idoneo alla visualizzazione dei corpi celesti. Il limite di questa invenzione risiedeva nel fatto che una maggiore potenza dell'oculare restringeva di molto il campo visivo. Nel 1611 Keplero riuscì a risolvere questo problema ma le immagini visualizzate apparivano capovolte e disturbate da strani colori. Per risolvere anche quest'ultimo problema, negli anni successivi vennero prodotti cannocchiali di dimensioni sempre maggiori (fino a 40 metri) che però portavano con sé complicazioni nella fabbricazione e un conseguente aumento del costo. La soluzione definitiva arrivò solo verso la metà del Seicento con Isaac Newton creatore di un nuovo strumento: il telescopio.

Per quanto riguarda la nascita dell'astronautica, la scienza che si occupa della tecnologia per rendere possibili i viaggi spaziali, bisogna aspettare gli inizi del '900 con la realizzazione dei primi missili a propulsione. Essa vide poi un grande sviluppo negli anni della Germania nazista, attraverso alcuni esperimenti bellici, come i missili V2. Al termine della Seconda Guerra Mondiale e con l'inizio della guerra fredda iniziò la "corsa allo spazio". Nel 1961 l'Unione Sovietica lanciò il primo uomo nello spazio e nel 1963 fu la volta della prima donna. Nel 1969 con il successo della missione spaziale Apollo 11, avvenne il primo sbarco sulla Luna e nel 1971 venne lanciata la prima stazione spaziale abitata. La conclusione della corsa allo spazio avvenne poi nel 1975 quando, per la prima volta, America e Unione Sovietica collaborarono al "Programma test Apollo-Sojuz".

Questa nuova collaborazione portò ad un'accelerazione dei progressi nel campo dell'astronomia e dell'astronautica, come la creazione dello Space Shuttle, una navetta parzialmente riutilizzabile adibita a missioni spaziali in orbita attorno la Terra, o il lancio dell'International Space Station, una stazione spaziale in orbita, avvenuto nel 1998 con la collaborazione delle agenzie spaziali di Stati Uniti (NASA), Russia (RKA), Europa (ESA), Giappone (JAXA) e Canada (CSA-ASC).

Ad oggi però non sono solo le istituzioni ad investire nell'esplorazione spaziale e nello sfruttamento delle sue risorse, ma sono entrati in campo anche i privati, che hanno visto nella space economy un'occasione di guadagno. Uno di questi è sicuramente il visionario Elon Musk che ha già lanciato

dei privati cittadini sulla stazione spaziale internazionale. Ma anche altre società, come Blue Origin e Virgin Galactic, si stanno specializzando nel turismo spaziale. Un obiettivo, invece, rimane la creazione di una colonia umana ad esempio su Marte. La società che sta portando avanti questo progetto è MarsOne in collaborazione con diverse altre aziende private come SpaceX.

Ma i confini della space economy si estendono di gran lunga oltre i settori dell'esplorazione e del turismo spaziale.

1. Space Economy

Associare una descrizione precisa al concetto di economia spaziale risulta molto complicato in quanto la sua influenza si estende in diversi settori. Ad oggi la definizione che più di altre racchiude in sé il significato di economia spaziale è quella scelta dal ministero dello sviluppo economico italiano: "La Space Economy è la catena del valore che, partendo dalla ricerca, sviluppo e realizzazione delle infrastrutture spaziali abilitanti arriva fino alla generazione di prodotti e servizi innovativi "abilitati" (servizi di telecomunicazioni, di navigazione e posizionamento, di monitoraggio ambientale previsione meteo, ecc.)". Lo sviluppo delle tecnologie spaziali ha avuto una crescita esponenziale negli ultimi anni, tanto che al giorno d'oggi la maggior parte di queste viene usata per fornire servizi sulla Terra. Ma fino al 1999 tutte le attività "space" ruotavano attorno all'esplorazione, alla realizzazione di stazioni spaziali e al lancio in orbita di satelliti. In questa prima fase i finanziatori delle attività spaziali erano prevalentemente istituzionali, ed investivano nei programmi delle diverse agenzie spaziali come NASA o ESA. Il motivo dietro questo trend è intrinsecamente legato alle attività spaziali: in principio questi programmi erano molto costosi e con un rischio di fallimento superiore a quello del mercato e di conseguenza risultava difficile attrarre investitori privati.

Tabella 1: Valutazione del rischio dei segmenti di mercato e modelli di business per cinque discriminatori

| Risk assessment of market segments and business models for five discriminators | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| | Launch industry | Satellite manufacturing | Satellite services | Ground equipment | National security | Crewed and robotic space science and exploration | Space tourism (incl. habitation) | Energy, mining, processing and assembly |
| Product/technology | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ● |
| Asset intensity | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ● |
| Demand | ● | ● | ● | ○ | ○ | ● | ● | ● |
| Competitive landscape | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ○ |
| Regulation | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ● |
| Risk summary | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ● |

Table 1: Risk assessment of market segments and business models for five discriminators

Legend: ○—Low Risk ●—High Risk

Ma allora perché i governi nazionali erano disposti a investire grandi somme di denaro in progetti così rischiosi? Il motivo principale è il progresso tecnologico. Ad esempio, se fino a qualche decennio prima non si riuscivano a vedere gli effetti positivi che avrebbe portato l'industria satellitare, ad oggi quest'ultima trova largo utilizzo in diversi campi. Questo "sforzo economico" da parte delle istituzioni nella ricerca e nello sviluppo di nuove tecnologie ha contribuito ad aprire un nuovo mercato a cui

oggi si interessano e investono anche i privati. Inoltre, molte delle invenzioni che utilizziamo oggi sulla Terra provengono proprio dalla ricerca spaziale. Ad esempio, nel 1960, la Nasa ha realizzato la prima trivella dotata di una batteria interna, che oggi è di uso comune, in collaborazione con la Black & Decker; questa sarebbe poi servita agli astronauti durante il programma spaziale Apollo; 4 anni dopo, sempre durante il programma Apollo, è nata la prima coperta termica che oggi si può trovare nella maggior parte dei kit di pronto soccorso. Sempre la Nasa, questa volta in collaborazione con MicroMed Technology Inc, ha contribuito alla realizzazione del VAD, un dispositivo di assistenza ventricolare che aiuta la circolazione cardiaca. Un'altra invenzione utilizzata dalla Nasa è stata la tecnologia a infrarossi per il rilevamento della temperatura corporea: infatti i termometri comuni a mercurio non potevano essere utilizzati in assenza di gravità. Per quanto riguarda invece l'alimentazione degli astronauti, l'agenzia spaziale americana stava cercando di sviluppare dei nutrienti che questi potessero usare durante le missioni spaziali: fu così inventato il latte artificiale, oggi usato per i neonati allergici al latte vaccino. Spostandoci nel campo della telefonia si deve ancora una volta alla Nasa la possibilità di effettuare chiamate a lunga distanza: questa tecnologia fu creata per rendere possibile il lancio dei loro satelliti artificiali. Infine, rimanendo sempre nel campo della comunicazione, la nascita delle cuffie bluetooth si deve alla necessità degli astronauti di voler evitare di essere disturbati dai cavi.

Quindi è possibile affermare che i benefici portati dall'esplorazione spaziale non si devono solo alle scoperte sull'universo ma anche ai cosiddetti spin-off, cioè tecnologie che inizialmente erano state prodotte per le attività al di fuori del pianeta e che ora vengono usate nelle attività pratiche tradizionali.

Questi sono solo alcuni degli effetti positivi derivanti da investimenti istituzionali ma, come detto anche precedentemente, l'effetto più rilevante è certamente legato al fatto che questi hanno contribuito a spianare la strada dell'economia spaziale, anche se per vedere l'entrata di aziende private e start-up in questo campo è stato necessario attendere il XXI secolo. Infatti, nel 2000 l'imprenditore americano Jeff Bezos fonda Blue Origin, società specializzata nella progettazione di lanciatori riutilizzabili, e nel 2002 Elon Musk fonda SpaceX. Successivamente sono nate sempre più imprese private e allo stesso tempo il numero di finanziatori privati è anch'esso aumentato. Ma se in America iniziano ad esserci lanciatori privati, in Europa questi appartengono ancora agli enti spaziali nazionali. Un'altra differenza è che nel nostro continente le attività spaziali sono ancora legate all'osservazione della Terra e alle comunicazioni satellitari, mentre negli Stati Uniti si sta andando oltre il campo tradizionale. In ogni caso la crescita del numero di piccole-medie imprese del settore e finanziatori privati ha favorito la nascita di un segmento tra i più dinamici del mondo: la **new space economy**.

1.1 La New Space Economy

"La new space economy rappresenta una tendenza globale che comprende una filosofia di investimento emergente e una serie di progressi tecnologici che portano allo sviluppo di un'industria spaziale privata guidata in gran parte da motivazioni commerciali." (The future of the European space sector, The European Commission Report). La new space economy, dunque, si lega a quell'insieme di attività economiche e di sfruttamento delle risorse connesse all'esplorazione, alla ricerca, alla gestione e all'utilizzo dello spazio che consentono una significativa riduzione dei costi, nonché la creazione di nuovi prodotti e un aumento delle tipologie di consumatori. Dal punto di vista finanziario si aggiunge la possibilità di rendimenti maggiori per le aziende, che in questo modo riusciranno ad attrarre più facilmente nuovi investitori, soprattutto privati, andando così a generare un effetto ciclico. Ma ad oggi è ancora difficile capire quale sia la vera estensione della nuova economia spaziale dato che spesso viene sottostimata. Ad esempio, la digitalizzazione delle imprese passa anche attraverso tutti i dati che possono ricevere dalle infrastrutture che si trovano al di là dell'atmosfera, grazie ai quali possono creare nuovi servizi e velocizzare la propria crescita.

1.2 Segmentazione

Come affermato nel capitolo precedente, dare una dimensione all'economia spaziale risulta alquanto complicato, quindi si è inizialmente cercato di dividerla in segmenti. Questi segmenti sono stati scelti dall'OCSE, l'organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico, che ne ha individuate tre principali:

- **Upstream:** fa riferimento al business "verso lo spazio" e quindi ricerca e sviluppo, progettazione di satelliti e suoi componenti o di altri velivoli spaziali, piattaforme di lancio e veicoli di lancio. Questi ultimi rappresentano l'insieme di sistemi complessi adibiti al trasporto di un carico utile a una determinata orbita e forniscono la giusta altitudine e velocità per l'iniezione in orbita.
- **Midstream:** è l'insieme delle infrastrutture e delle operazioni che vengono svolte sulla Terra. Sono funzionali sia al segmento upstream che downstream, in quanto consentono la gestione delle risorse spaziali che offrono servizi sul nostro pianeta. È il caso, ad esempio, dei centri di controllo che intervengono sia nella fase di lancio che in quelle successive. Spesso si fa riferimento a questo segmento con il termine "*ground operations*", e nella maggior parte delle trattazioni, ma non tutte, viene inglobato nel segmento upstream in quanto offre servizi verso gli oggetti al di fuori dell'atmosfera terrestre e quindi verso lo spazio.

- **Downstream:** comprende tutte le applicazioni che vengono sviluppate a terra partendo dai dati raccolti dai dispositivi in orbita: elaborazione dei dati satellitari, servizi di telecomunicazione, di navigazione, di monitoraggio ambientale, di previsione meteo ecc. I dati che i satelliti possono raccogliere ed elaborare a seconda dei casi possono essere venduti a un consumatore o a un'industria, sotto forma di servizi o applicazioni. Questi servizi sono di supporto a molte attività, come verrà spiegato meglio più avanti, come all'agricoltura, alla prevenzione e gestione delle emergenze e tante altre. Ai servizi precedentemente citati si aggiunge il mercato dei device, come antenne o ricevitori di posizionamento che permettono lo sfruttamento di questi servizi

Ovviamente ognuno di questi segmenti contiene una molteplicità di applicazioni e ad oggi i più diffusi e tenuti in maggior considerazione, soprattutto dalle istituzioni, sono l'osservazione terrestre, la comunicazione satellitare, la navigazione satellitare, l'accesso allo spazio, la sicurezza spaziale e l'esplorazione spaziale (fonte pwc, Dicembre 2020).

1.3 Il valore della Space Economy

Se dimensionare l'area di applicazione della space economy è oggi decisamente complicato, dare delle stime al suo valore lo è ancora di più. Infatti, nonostante i molteplici studi effettuati, non si sono ancora raggiunti risultati univoci. Secondo l'European Investment Bank, la crescita del mercato spaziale tra il 2005 e il 2016 è stata del 6.7% annuo (la percentuale considera la crescita del fatturato delle imprese spaziali), ed essendo un settore ciclico supera la crescita media annuale dell'economia globale.

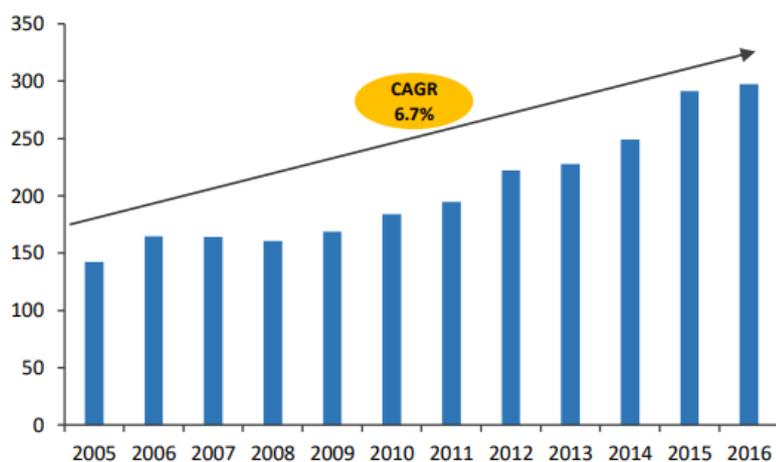


Figura 1: La dimensione dell'economia spaziale globale in mld di euro (fonte: European Investment Bank, "The future of the European space sector")

Come si evince dal grafico, se nel 2005 la valutazione dell'economia spaziale che ha ipotizzato la

banca di investimenti europea si aggirava poco sotto ai 150 miliardi di euro, in poco più di 10 anni ha visto raddoppiare il suo valore, attestatosi intorno ai 310 miliardi nel 2017. Il 76% di questo ammontare è rappresentato dalle attività commerciali, come individuato dagli studi effettuati da PricewaterhouseCoopers (PwC). Nello stesso periodo, l'azienda ha effettuato uno studio simile che è andato a stimare anche la variazione del valore di ogni singolo segmento del mondo space (in questo caso l'intervallo temporale considerato va dal 2012 al 2016).



Figura 2: profitti e relativi tassi di crescita per ogni segmento dal 2012 al 2016 (fonte: pwc, "Main trends and challenges in the space sector June 2019")

Il 30% del mercato spaziale era rappresentato dal settore upstream, che tra tutti i segmenti sembra essere quello più vicino alla saturazione. Infatti, il tasso di crescita annuale risulta essere positivo, e pari a circa il 3% annuo, solo per l'aumento degli investimenti governativi in attività di ricerca nell'ambito civile e della difesa, i quali rappresentano quasi il 70% di tutto il mercato del segmento upstream. Contemporaneamente si registra, nell'intervallo di tempo considerato, una diminuzione annua del fatturato del 7% per quanto riguarda il mercato dei lanciatori e dell'8% per quanto concerne il mercato dei satelliti commerciali.

Il segmento midstream rappresenta invece la fetta minore dell'economia spaziale, circa il 9% del mercato, e ha avuto una crescita del 2% annuo. Infatti, le entrate dei diversi operatori, che nel 2016 si aggiravano attorno ai 21 miliardi di dollari avevano avuto una crescita annua dello stesso valore. Per quanto riguarda invece le infrastrutture e le operazioni di terra è stata stimata una crescita del fatturato minore e pari all'1%.

Il downstream rappresenta la fetta maggiore del mercato dell'economia spaziale e ha avuto tra il 2012 e il 2016 una crescita annuale del 2%, crescita che si deve ai servizi spaziali e ai dispositivi per i consumatori, ognuno dei quali rappresenta la metà del segmento. Questo trend permette di comprendere quanto, al giorno d'oggi, la vita sulla Terra sia intrinsecamente legata alle infrastrutture spaziali sia in termini di servizi per i cittadini ma anche per le imprese. I servizi downstream, infatti, hanno una lunga lista di applicazioni che vanno dalle assicurazioni all'agricoltura, dalle telecomunicazioni alle città intelligenti e così via.

Arrivando agli anni più recenti, anche altre società, soprattutto di consulenza, si sono addentrate nello studio del dimensionamento della space economy. Purtroppo, però gli studi condotti dalle diverse società differiscono tra loro per vari aspetti, il più importante dei quali riguarda la logica di segmentazione del mercato, che quindi rende estremamente difficile la loro comparazione. Questo si

deve principalmente alla difficoltà nel delineare i confini di questo mercato. Nella tabella seguente vengono riportate le stime di alcune delle più importanti società, con la relativa percentuale di ogni segmento da esse individuato.

Tabella 2: valore dell'economia spaziale stimato in ricavi

| Società | Valore dell'economia Spaziale | Stima per Segmento |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | \$371 mld (2022) | industria satellitare: \$271 mld altro: \$100 mld |
|  | \$386 mld (2021) | Servizi Satellitari: \$118 mld Infrastrutture di terra: \$142 mld Progettazione di satelliti: \$13.7 mld Industria del lancio: \$5.7 mld Spese governative e voli umani commerciali: \$107 mld |
|  | \$ 370 mld (2021) | Upstream: \$37 mld Downstream: \$300 mld Altre spese delle organizzazioni governative: \$33 mld |
|  | \$371 mld (2020) | Upstream: \$23 mld Midstream: \$40 mld Downstream: \$226 mld Budget Istituzionale: \$82 mld |
|  | \$423.8 mld (2020) | profitti commerciali: \$336.9 mld Spese governative: \$86.9 mld |
|  | €309 mld (2017) | |

La tabella rispecchia perfettamente le difficoltà prima elencate: le stime, infatti, differiscono per decine di miliardi di dollari.

Secondo le ipotesi fatte dalla società di consulenza Euroconsult nel loro studio "Space Economy Report 2021", ci si aspetta che il business attorno al mondo dello spazio possa crescere del 74% entro il 2030: raggiungerà così una valutazione intorno ai 640 miliardi di dollari, che corrisponderebbe a una crescita annua del 6,3% recuperando ampiamente già dal primo anno la perdita che ha avuto in seguito alla pandemia del Covid-19 nel 2020, che ha pesato soprattutto sui servizi spaziali commerciali. Infatti, i settori da cui dipende la crescita degli ultimi anni, sono stati la navigazione e la comunicazione satellitare: secondo i dati del 2021 la navigazione comprende il 51% del mercato spaziale globale, mentre la comunicazione satellitare incide per il 41%. L'osservazione della terra impatta solo per il 4%, mentre il restante 4% include le attività restanti, come la SSA (dall'inglese Space Situational Awareness, ovvero la consapevolezza della situazione spaziale), la logistica spaziale e così via.

Spostandoci dall'analisi del mercato spaziale in relazione ai diversi settori di applicazione a una basata per regioni, si nota che Nord America seguito da Asia & Oceania ed Europa sono quelle aree dove questo settore è più sviluppato.

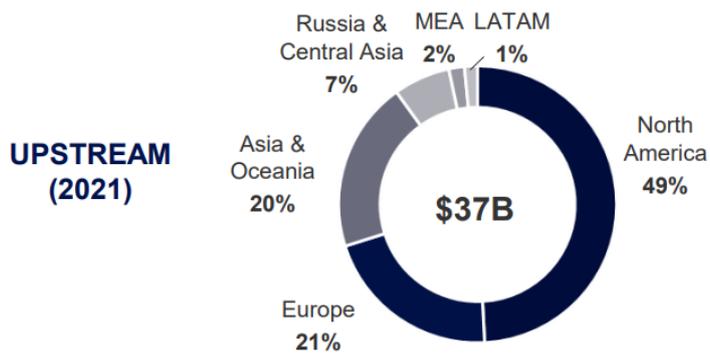


Figura 3: divisione geografica dei profitti del segmento upstream (fonte: Euroconsult "Space Economy Report 2021")

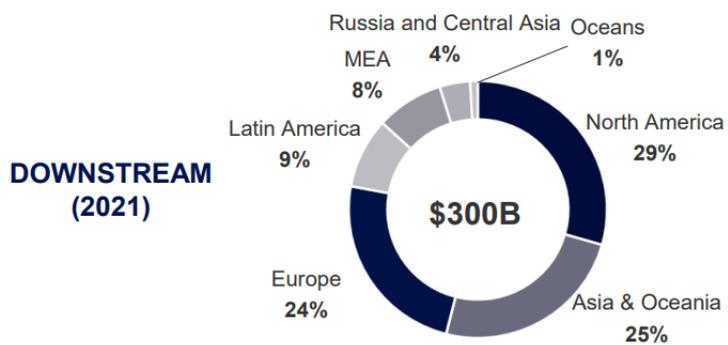


Figura 4: divisione geografica dei profitti del segmento downstream (fonte: Euroconsult "Space Economy Report 2021")

1.4 La Catena di Valore e i suoi domini

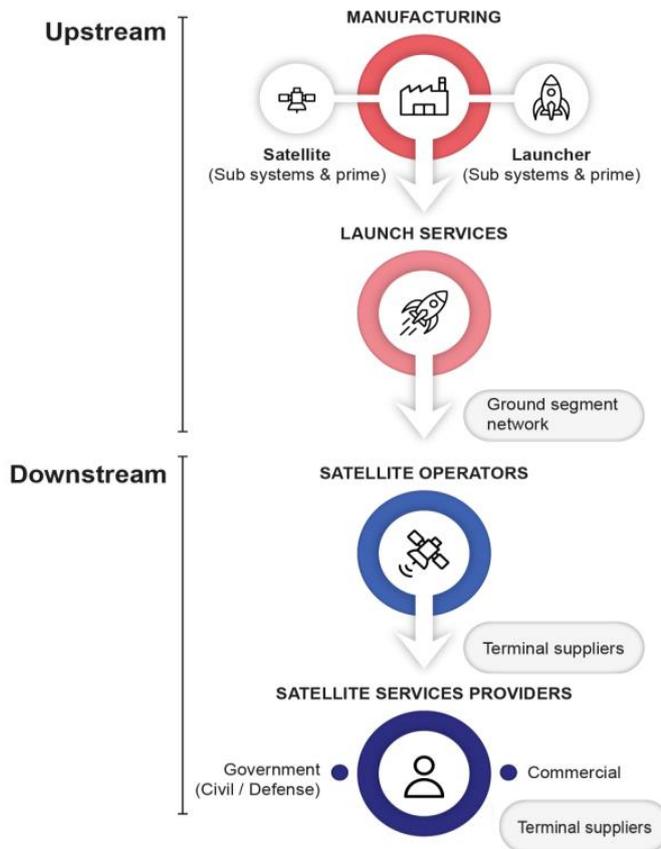


Figura 5: catena di valore (fonte: Euroconsult "Space Economy Report 2021")

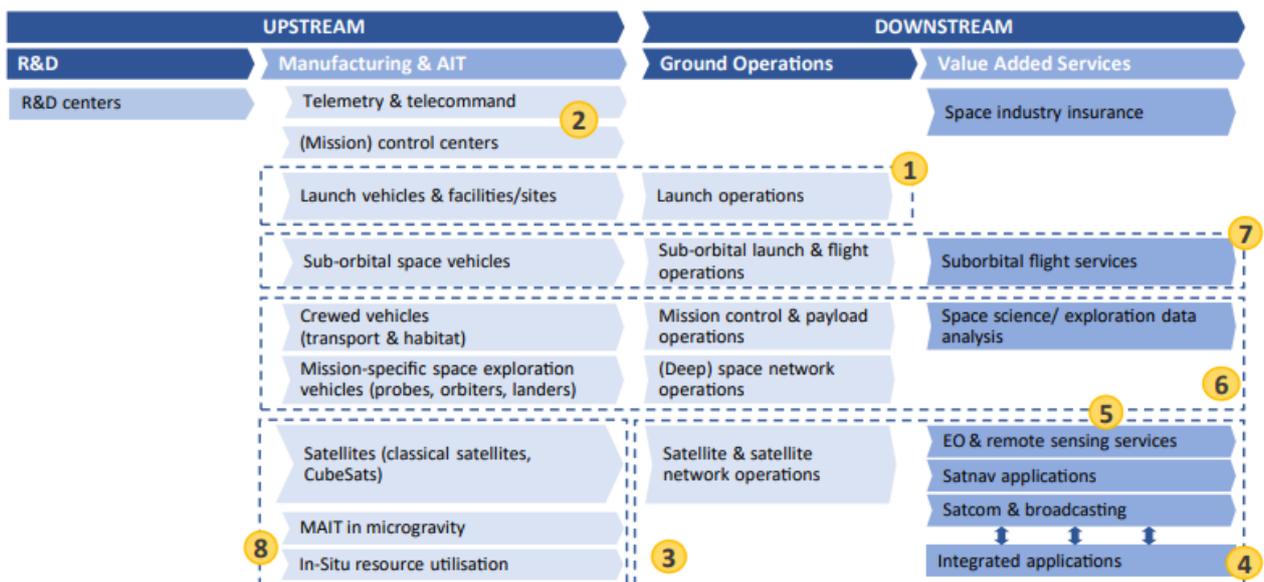
Prima degli anni 2000 l'economia spaziale si basava principalmente sul lancio di satelliti, i quali venivano usati dai vari Stati per scopi militari, per le comunicazioni e per l'osservazione della Terra. A partire però dall'ingresso dei privati e dallo sviluppo di satelliti dalle dimensioni ridotte ma allo stesso tempo più potenti, i confini del settore spaziale si sono allargati e i modelli di business sono cambiati in modo radicale. Infatti, l'aumento di nuovi entranti ha favorito la competizione, e la competizione ha favorito a sua volta l'innovazione e la creazione di nuove opportunità di investimento, creando così un ciclo che al momento continua ad autoalimentarsi. Queste nuove opportunità fanno parte del filone NewSpace. Nel proprio report, l'European Investment Bank facendo analisi più approfondite, ha diviso la catena di valore dell'economia spaziale in 22 domini che ha organizzato in 8 gruppi. Questi 8 gruppi sono poi stati ulteriormente aggregati per andare a formare 4 aree così identificate:

- **completamente affermata:** comprende diversi competitor che cercano di soddisfare i bisogni di utenti sia commerciali che istituzionali. Il segmento riguarda l'industria del lancio (1), la produzione di satelliti (2) e i servizi che questi generano (3) ovvero la comunicazione satellitare, l'osservazione della terra, la navigazione satellitare e le applicazioni integrate,

attrezzature di terra (4) come hardware e software per i centri di controllo delle missioni, ricevitori GNSS, terminali di comunicazione e infine la sicurezza nazionale (5), dominio interessato più dalla disponibilità del servizio che dal costo, siccome opera nel campo della difesa e della consapevolezza della situazione spaziale

- **implementato:** in questa area rientra la scienza dell’esplorazione spaziale con equipaggio e robotica (6). Si tratta di programmi che supportano il funzionamento dei veicoli spaziali o che si occupano della raccolta ed elaborazione dei dati. Per queste attività è già presente un mercato con delle regole delineate ma è ancora acerbo.
- **iniziata:** il segmento di mercato a cui fa riferimento non si è ancora affermato ma risulta essere solo avviato. È il caso del turismo spaziale (7): al momento questo dominio si sta concentrando su voli suborbitali, e prevede dei rigidi requisiti riguardo la forma fisica. Un incentivo alla sua crescita lo sta fornendo la ISS, International Space Station, che potrebbe sfruttarli in futuro per il rifornimento merci.
- **emergente:** in questa ultima area rientrano tutte le aziende e start-up che stanno richiedendo finanziamenti per sviluppare nuove tecnologie ed esplorare nuove aree di business, ma al momento risulta essere solo complementare agli altri segmenti. In questa categoria ricade l’estrazione mineraria, la produzione di energia, nuove forme di lavorazione e assemblaggio nello spazio (8). Si tratta di aziende che si pongono l’obiettivo di sfruttare risorse spaziali, come ad esempio l’estrazione di asteroidi o la raccolta di energia solare direttamente nello spazio.

Di queste quattro aree solo le ultime tre aree fanno parte del mondo New Space. Infine, ognuno dei 22 domini della catena di valore è stato associato al proprio segmento dell’economia spaziale.



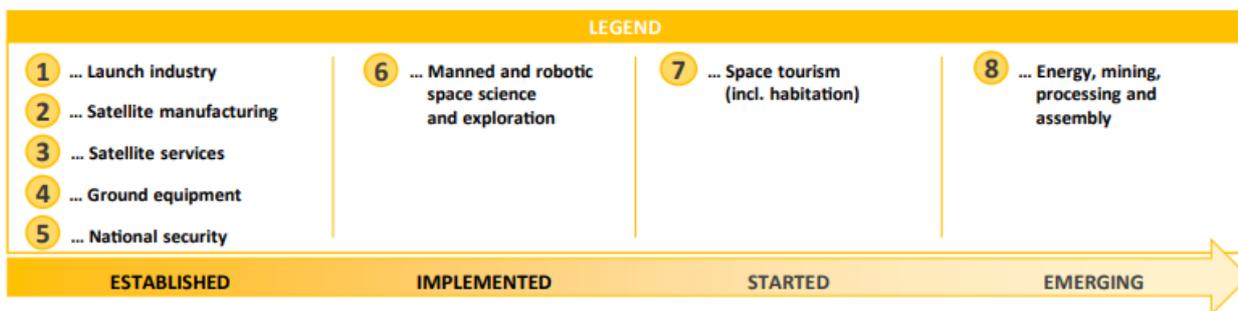


Figura 6: settore spaziale e suoi domini (fonte Report "The future of the European space sector")

Per quanto riguarda le aree "started" ed "emerging", ad oggi sono quelle con le prospettive di crescita maggiori, ma logicamente incorporano un livello maggiore di rischio, soprattutto la seconda, dato che non esistono ancora delle normative e, in secondo luogo, bisognerà attendere alcuni anni per la commercializzazione di queste attività. Se invece spostassimo l'attenzione su quale area ad oggi risulta essere la più strategica faremmo riferimento all'area established. Infatti, di questa categoria fa parte la produzione di satelliti che, sebbene sia un settore saturo a livello commerciale, è l'unico che fornisce servizi a tutti gli altri segmenti dell'economia spaziale.

1.4.1 Focus sul segmento dei satelliti

Quando i primi razzi furono lanciati nello spazio dopo la Seconda guerra mondiale, la scienza e la ricognizione erano i principali motori. Ma con il passare degli anni, l'applicazione militare dei satelliti è diventata sempre più centrale e oggi vengono usati per i seguenti scopi:

- navigazione (GPS);
- ricognizione spaziale (in particolare osservazione di missili balistici intercontinentali stranieri (ICBM));
- controllo dei propri missili balistici intercontinentali e missili guidati a lungo raggio (eseguito da USA/URSS);
- comunicazione;
- l'Iniziativa di difesa strategica (SDI).

Di satelliti ne esistono diversi tipi, e spesso vengono differenziati secondo gli acronimi **LEO**, **GEO**, **MEO**.

Con il termine GEO si fa riferimento all'orbita equatoriale geosincrona e per questo motivo i satelliti appartenenti alla categoria GEO vengono anche chiamati geostazionari. Esistono da oltre 50 anni e si

muovono alla stessa velocità della Terra seguendo un percorso parallelo alla rotazione terrestre. Per questo motivo appaiono immobili nel cielo, e vengono utilizzati per monitorare un'area specifica. Rispetto gli altri satelliti orbitano a una distanza maggiore, circa 35.000 km e sono caratterizzati da dimensioni maggiori. Inoltre, data la grande distanza che li divide dalla superficie terrestre, bastano tre di questi satelliti per avere una copertura totale delle comunicazioni.

I satelliti MEO (orbita terrestre media) occupano solitamente la porzione di spazio compresa tra i 5.000 e 12.000 km. Le distanze minori rispetto ai satelliti GEO, permettono loro di avere una latenza minore e quindi di offrire servizi, ad esempio telefonici, ad alta velocità. Questa tipologia di satelliti è in grado di garantire una velocità di trasmissione dei dati fino ai 1,6 Gbit /s, che è di gran lunga superiore alla velocità di trasmissione odierna che si ottiene per mezzo della fibra. Il tempo che impiegano per orbitare attorno alla Terra varia dalle 2 alle 24 ore in base alla distanza da quest'ultima. Il servizio principale che viene offerto dai satelliti MEO sono i diversi sistemi globali di posizionamento.

I satelliti LEO occupano la fascia orbitale più bassa compresa tra 800 e 1.600 km. Anche in questo caso la distanza minore è sinonimo di latenza più bassa che solitamente si aggira attorno ai 0,05 secondi ma allo stesso tempo per avere una copertura completa è necessario averne in numero maggiore. Tendono ad essere più piccoli rispetto agli altri e questo consente loro di orbitare a una velocità superiore. Il tempo che occorre loro per compiere un'orbita completa si aggira attorno ai 40 – 100 minuti. Al momento, uno dei temi caldi dell'economia spaziale, è la corsa per creare proprio una rete di satelliti in orbita bassa, data la grande mole di investimenti che continuano ad essere fatti per i satelliti LEO. Nonostante questo, nel mercato SATCOM gli operatori principali sono coloro che sfruttano i satelliti geostazionari, i quali continuano a lanciare nuovi satelliti per espandere i propri servizi. Inoltre, l'"anello" intorno alla Terra può ospitare fino a 1.800 satelliti GEO, quindi c'è ancora molto spazio a disposizione. La principale motivazione dietro alla leadership dei satelliti GEO è che questi operatori, oltre ad avere satelliti operativi, posseggono diritti di atterraggio, infrastrutture di terra e canali di comunicazione ben consolidati. Questi fattori creano un vantaggio competitivo e una difficoltà maggiore per gli operatori LEO di invertire questa tendenza.

A queste 3 classi di orbite satellitari se ne può aggiungere un'altra che comprende i satelliti ellittici in quanto descrivono orbite ellittiche attorno il nostro pianeta. In un'orbita ellittica, chiamata anche eccentrica, il satellite cambia la sua velocità in quanto si muove più velocemente al diminuire della distanza dalla Terra. Questo si deve al fatto che l'attrazione gravitazionale del nostro Pianeta è maggiore. L'applicazione principale di questi satelliti riguarda le comunicazioni in quanto permettono loro di coprire una precisa area per un periodo di tempo maggiore rimanendo per poco

fuori contatto mentre effettua il giro dall'altro lato del pianeta.

Ma quanti sono oggi i satelliti presenti nell'orbita terrestre? A fine 2021 il numero totale dei satelliti operativi in orbita era di 4852, 2944 di provenienza americana. Questo numero rappresenta ovviamente solo una parte del numero totale di satelliti lanciati negli anni. Basti pensare che nell'orbita terrestre ne sono presenti circa 8.000. Il numero di questi oggetti spaziali ha registrato un aumento esponenziale dal 2010, anno in cui se ne registravano meno di 100.

Di seguito vengono riassunte le informazioni principali che provengono dall'elaborazione delle informazioni presenti nel Database satellitare UCS (Union of Concerned Scientists) e hanno lo scopo di fornire una panoramica generale degli scopi e delle caratteristiche dei satelliti ad oggi ancora attivi.

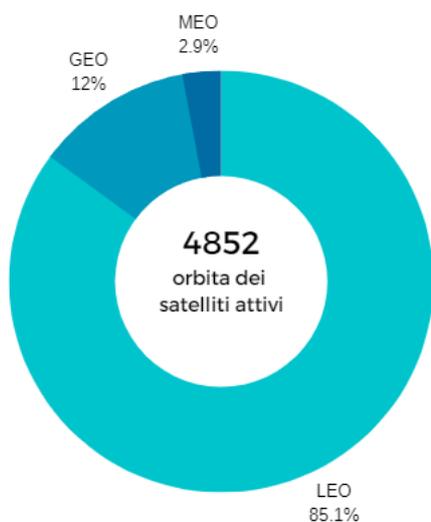


Figura 7: percentuale di satelliti attivi per orbita (fonte: elaborazione dati Database satellitare UCS)

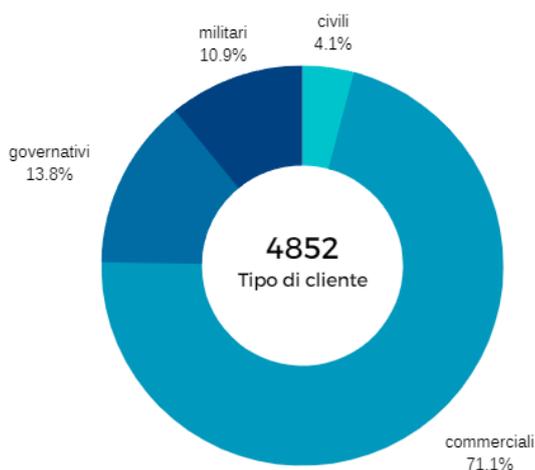


Figura 8: numero di satelliti attivi per tipo di cliente (fonte: elaborazione dati Database satellitare UCS)



Figura 9: porzione di satelliti attivi per applicazione (fonte: elaborazione dati Database satellitare UCS)

L'Italia ha solamente 20 satelliti attivi, 9 dei quali sono stati prodotti da Thales Alenia Space, 3 da OHB Italia, 2 da EADS Astrium e i rimanenti da Israel Aerospace Industries (IAI), dall'università La Sapienza in collaborazione con l'ESA e da D-Orbit. Infine, 6 di questi 20 satelliti utilizzati dalla nostra nazione sono sfruttati in collaborazione con altri paesi, nello specifico Francia, Belgio, Spagna, Grecia e Cina. I dati principali relativi a questi satelliti sono indicati nella tabella seguente.

Tabella 3: satelliti italiani attivi (fonte: elaborazione dati Database satellitare UCS)

| Nome | Data del lancio | Scopo dell'utilizzo | Applicazione | Orbita |
|----------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------------|--------|
| Sicral 1A | 07/02/2001 | Militare | Comunicazioni | GEO |
| Helios 2A | 18/12/2004 | Militare | Osservazione della Terra | LEO |
| COSMO-Skymed 1 | 08/06/2007 | Militare/Civile | Osservazione della Terra | LEO |
| COSMO-Skymed 2 | 09/12/2007 | Militare/Governativo | Osservazione della Terra | LEO |
| COSMO-Skymed 3 | 25/10/2008 | Militare/Governativo | Osservazione della Terra | LEO |
| Sicral 1B | 20/04/2009 | Militare/Commerciale | Comunicazioni | GEO |
| Helios 2B | 18/12/2009 | Militare | Osservazione della Terra | LEO |
| COSMO-Skymed 4 | 06/11/2010 | Militare/Governativo | Osservazione della Terra | LEO |
| Pléiades HR1A | 17/12/2011 | Governativo | Osservazione della Terra | LEO |
| Athena-Fidus | 06/02/2014 | Militare/Governativo | Comunicazioni | GEO |
| Sicral 2/Syracuse 3C | 26/04/2015 | Militare | Comunicazioni | GEO |
| Max Valier | 23/06/2017 | Civile | Scienza dello spazio e sviluppo tecnologico | LEO |
| Optsat-3000 | 01/08/2017 | Militare | Osservazione della Terra | LEO |
| Zhangheng 1 | 02/02/2018 | Governativo | Scienze della Terra | LEO |
| Eaglet-1 | 03/12/2018 | Commerciale | Osservazione della Terra | LEO |
| PRISMA | 22/03/2019 | Governativo | Osservazione della Terra | LEO |
| CSG-1 | 18/12/2019 | Militare/Governativo | Osservazione della Terra | LEO |
| ION SVC Lucas | 02/09/2020 | Commerciale | Dimostrazioni tecnologiche | LEO |
| WildTrackCube-SIMBA | 22/03/2021 | Civile | Comunicazioni | LEO |
| LEDSat | 17/08/2021 | Civile | Sviluppo tecnologico | LEO |

Secondo il report più recente di Bryce, una società che fornisce informazioni e competenze sull'economia spaziale, l'industria dei satelliti vale 279 miliardi di dollari. Questo valore deriva dall'aggregazione di 4 aree che sono:

- servizi satellitari, \$118 mld

- infrastrutture di terra, \$142 mld
- progettazione di satelliti, \$13.7 mld
- lancio, \$5.7 mld

Per quanto riguarda la prima area, la maggior parte degli introiti proviene dai servizi per i consumatori come la TV satellitare, la radio e la banda larga. Il fatturato di questo ramo arriva a 98 miliardi di dollari. Una fetta minore dei ricavi proviene dalle imprese e corrisponde a circa 17 miliardi di dollari. Per quanto riguarda i dispositivi e le attrezzature di terra, la maggior parte dei ricavi deriva dai dispositivi che utilizzano il servizio di posizionamento globale.

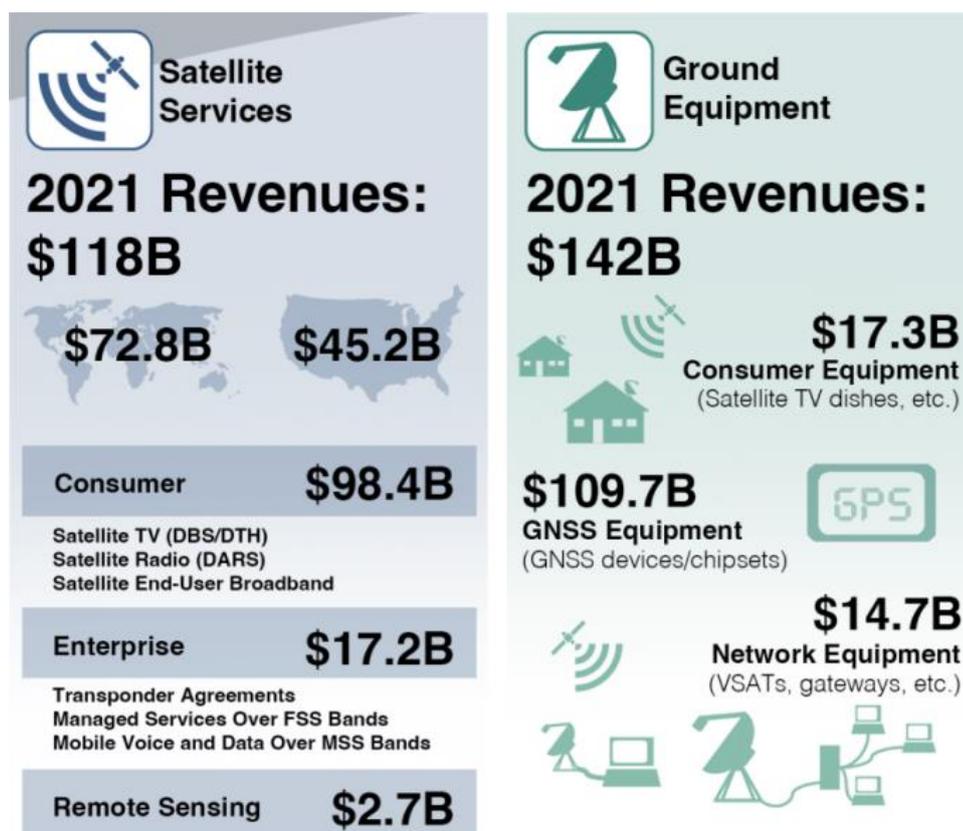


Figura 10: fatturato derivante dai servizi satellitari e dispositivi terrestri (fonte: Bryce, "State of the Satellite Industry Report")

Per quanto concerne gli altri due segmenti le entrate sono decisamente minori. La progettazione dei satelliti ha registrato delle entrate pari a quasi 14 miliardi di dollari e la maggior parte proviene dalla vendita di satelliti usati a scopo commerciale. Le entrate dell'industria del lancio sono ancora minori rispetto alla progettazione dei satelliti e arrivano poco al di sotto dei 6 miliardi. La maggior parte di queste proviene dal mercato statunitense.

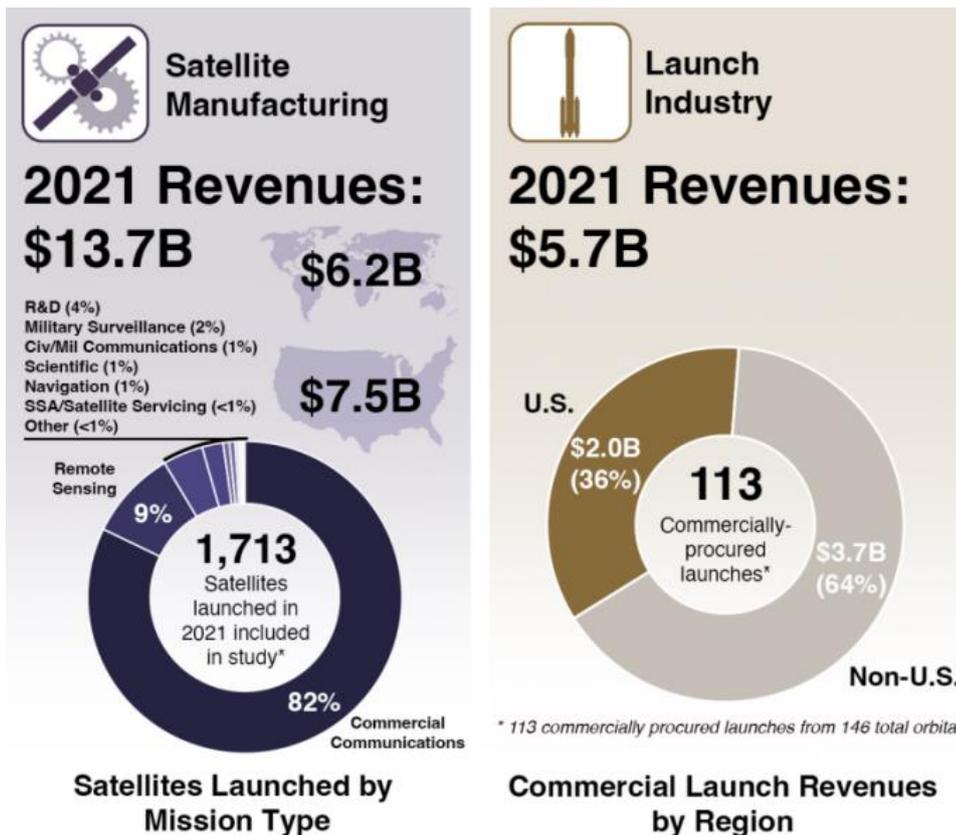


Figura 11: fatturato derivante dalla progettazione dei satelliti e del loro lancio (fonte: Bryce, "State of the Satellite Industry Report")

Come si può notare dalla distribuzione geografica dei ricavi dell'industria satellitare, gli Stati Uniti sono leader del settore. Per quanto riguarda il mercato del lancio orbitale e suborbitale, la maggior parte dei siti di lancio si trova proprio in America e si concentra nella zona più a sud del paese, al confine con il Messico e in Florida, che insieme ne contano una quindicina. Una concentrazione simile la si trova solo nell'area dell'estremo est che comprende il Giappone, la Cina e la Russia. Invece, in Europa ancora non si riscontrano gli stessi numeri anche se ci sono diverse proposte per la creazione di nuovi siti, soprattutto nel Regno Unito. (fonte: "Orbital and Suborbital Launch Sites of the World October 2021", BryceTech).

Fatte queste premesse, ognuno dei settori dell'industria dei satelliti sopra citati, si sta muovendo verso degli obiettivi specifici. Le varie imprese produttrici di satelliti si stanno impegnando nella realizzazione di sistemi dalle capacità maggiori e dal costo minore. Infatti, come verrà illustrato più avanti nella trattazione il numero di smallsats in orbita, satelliti caratterizzati da dimensioni minori, sta crescendo. Oltre a questi obiettivi cardini del settore, ce n'è un altro che riguarda invece lo studio di soluzioni innovative che possano portare i satelliti ad avere un campo di applicazione sempre più ampio.

Anche le imprese che si occupano del lancio dei satelliti stanno cercando di rendere questi ultimi

sempre più convenienti attraverso la riduzione dei costi: al momento le strade intraprese per raggiungere questo obiettivo sono l'impiego di sistemi di lancio riutilizzabili o di micro-lanciatori, oltre al tentativo di offrire ai clienti uno spettro di tipologia di lancio sempre più ampio.

Contemporaneamente le imprese che forniscono i servizi satellitari stanno cercando di migliorare e incrementare la loro offerta. Questo potrebbe essere reso possibile da nuovi sistemi p-LEO. I fornitori p-LEO sono gli operatori di mega-costellazioni commerciali a banda larga in orbita terrestre bassa. Altre vie che sono state intraprese sono l'incremento della capacità delle comunicazioni satellitari GEO e nella gamma di rilevamento remoto a livello commerciale.

Per quanto riguarda tutti gli altri settori del mercato in cui entra in gioco il consumatore finale, il trend è quello di imprimere una spinta maggiore alle applicazioni satellitari principalmente nel campo della salute, della sicurezza e della sostenibilità.

Smallsats

Come detto in precedenza, una delle direzioni che sta prendendo l'economia spaziale è la riduzione delle dimensioni dei satelliti. Basti pensare che nel 2021 il 94% dei veicoli spaziali lanciati apparteneva proprio alla classe degli *smallsats*. Uno studio di questa categoria è stato condotto da Bryce nel report "Smallsats by the Numbers 2022" che riporta le informazioni a cavallo tra il 2012 e il 2021.

Prima di tutto, quando si parla di *smallsats* si fa riferimento a tutti quei veicoli spaziali con un peso minore di 600 chilogrammi, ma possono essere ulteriormente suddivisi in classi di peso come mostrato nella figura seguente.

| | Mass Class Name | Kilograms (kg) |
|-----------|---------------------|----------------------|
| Smallsats | Femto | 0.01 – 0.09 |
| | Pico | 0.1 – 1 |
| | Nano | 1.1 – 10 |
| | Micro | 11 – 200 |
| | Mini | 201 – 600 |
| | Small | 601 – 1,200 |
| | Medium | 1,201 – 2,500 |
| | Intermediate | 2,501 – 4,200 |
| | Large | 4,201 – 5,400 |
| | Heavy | 5,401 – 7,000 |
| | Extra Heavy | > 7,001 |

Figura 12: Classi di satelliti (fonte: FAA "The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018")

Tra il 2012 e il 2021 i piccoli satelliti hanno rappresentato l'82% dei lanci satellitari nello spazio e

rappresentano solo il 16% della massa totale lanciata. Di seguito vengono invece mostrati i numeri di ogni classe di satelliti, in termini di peso e di unità lanciate.

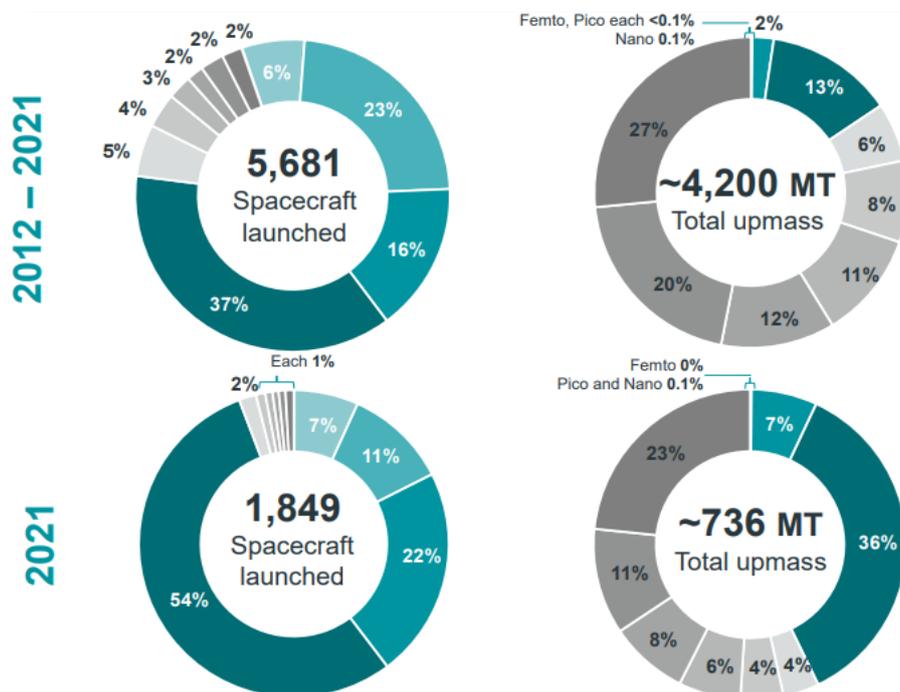


Figura 13: numero di veicoli spaziali lanciati e relativa massa (Fonte: Bryce " Smallsats by the Numbers 2022")

La maggior parte degli smallsats sono stati lanciati da due organizzazioni, Starlink e OneWeb. Si tratta di due imprese di satelliti atti alle comunicazioni, la prima con un focus su quei veicoli da circa 260kg, mentre la seconda è specializzata sui veicoli dal peso di circa 150 kg. Nel 2020 le due imprese hanno lanciato 937 "piccoli satelliti", ovvero il 78% di tutti i veicoli spaziali appartenenti a questa classe e circa il 73% di tutti i veicoli spaziali. Lo scorso anno le unità lanciate sono aumentate a 1273, che corrispondono al 73% dei lanci di smallsats. Si deve principalmente a queste due organizzazioni la crescita di lanci smallsats degli ultimi 3 anni: infatti se nel 2019 il totale dei lanci di piccoli satelliti si aggirava sui 400, nel 2021 è più che triplicato, e il tutto nel giro di soli due anni.

I campi di applicazione degli smallsats individuati da Bryce sono 5 e corrispondono al rilevamento da remoto, allo sviluppo della tecnologia, alla comunicazione, alle applicazioni scientifiche e a un ultimo gruppo che riguarda il resto delle applicazioni possibili che impattano in misura minore. I trend sono mostrati nella figura seguente.

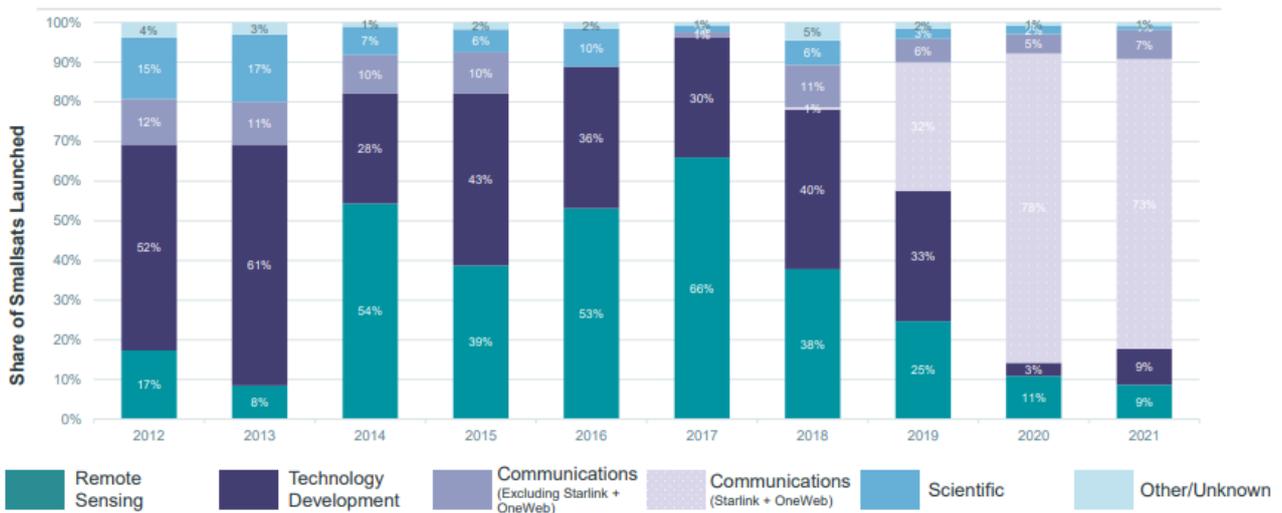


Figura 14: Trend delle applicazioni smallsats (fonte: Bryce " Smallsats by the Numbers 2022")

Se nei primi anni considerati le applicazioni più diffuse riguardavano lo sviluppo tecnologico e il rilevamento remoto, ad oggi il campo di applicazione più in voga è quello delle comunicazioni che raccoglie l'80% degli smallsats. La diminuzione dei primi due si deve principalmente alla crescita dei satelliti in orbita LEO adibiti proprio alle comunicazioni.

La maggior parte degli smallsats viene impiegata per applicazioni di tipo commerciale. Tra il 2012 e il 2021 sono stati lanciati 3588 satelliti con questo scopo, ovvero più del 63% del numero di lanci totali nello stesso periodo. I principali operatori sono SpaceX, Planet, OneWeb, Spire Global e Swarm Technologies, rispettivamente con 1944, 485, 394, 147 e 121 lanci. Sommando questi numeri, insieme arrivano all'86% dei lanci smallsats commerciali.

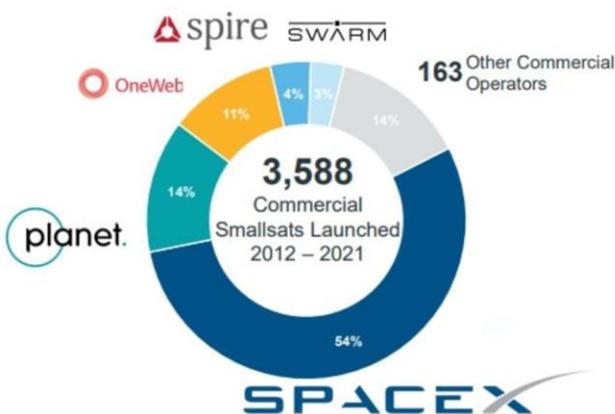


Figura 15: operatori che hanno lanciato smallsats tra il 2012 e il 2021 (fonte: Bryce " Smallsats by the Numbers 2022")

Come si può facilmente intuire, gli Stati Uniti rappresentano il Paese con il più alto numero di lanci smallsats e sin dal 2012 detengono la quota maggiore. Un riassunto del trend sui lanci di questa tipologia di satelliti viene mostrato nel grafico seguente.

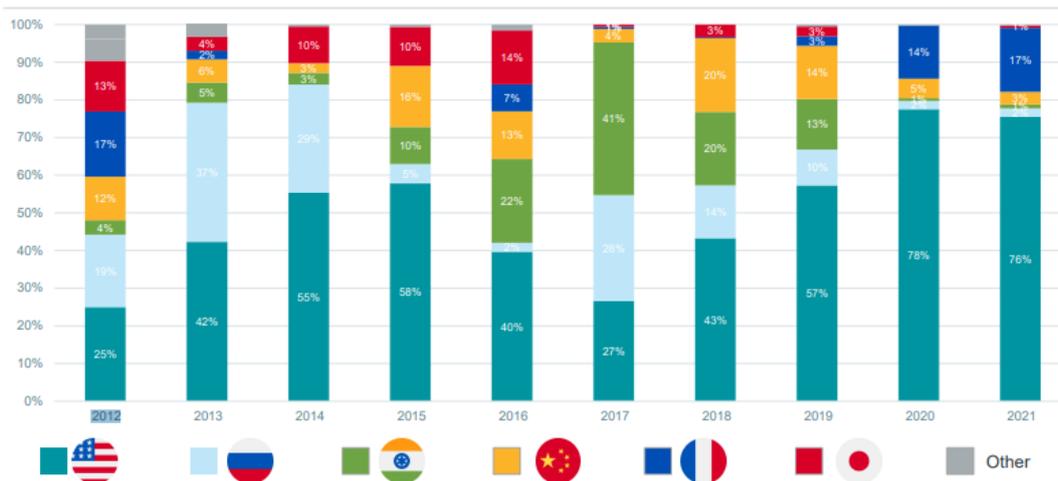


Figura 16: lanci smallsats per Paese (fonte: Bryce "Smallsats by the Numbers 2022")

1.4.2 Earth Observation e Global Navigation Satellite System

Se ad oggi la maggior parte dei satelliti viene usata per le comunicazioni, sempre più imprese si stanno cimentando su nuove opportunità commerciali date dall'osservazione della Terra. Questo settore ha acquisito un'importanza strategica per la prima volta a seguito dell'attentato dell'11 settembre 2001. Infatti, per diversi giorni tutti gli aerei furono banditi dagli Stati Uniti e l'unica fonte che potesse garantire immagini della Terra era rappresentata proprio dai satelliti adibiti all'osservazione della terrestre, come IKONOS. Quando si sente parlare di 'Earth Observation' (EO) si fa riferimento all'insieme delle tecnologie utilizzate per catturare eventi e cambiamenti fisici, chimici, biologici e di conseguenza monitorare la vita sulla Terra. Infatti, i dati, una volta catturati, possono essere assimilati in modelli più complessi per produrre nuove informazioni ed elaborare delle previsioni. Secondo le ultime analisi condotte a termine del 2020 da PwC si stima che il mercato dell'EO valga circa 5.3 miliardi di dollari e che possa crescere annualmente con un tasso maggiore del 20%. La crescita sarebbe dovuta all'aumento dei profitti dagli EO Big Data Applications (BDA), ovvero analisi di grandi quantità di dati che potrebbero aprire la strada a nuove opportunità di business.

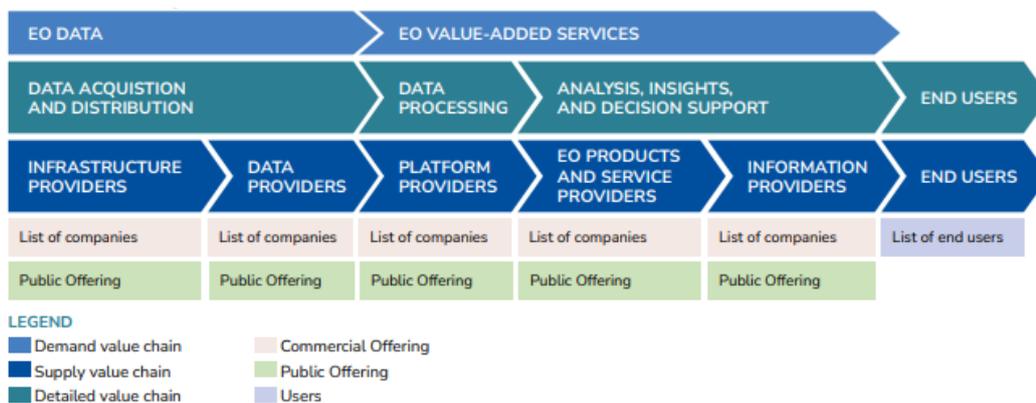


Figura 17: Catena di valore dell'EO (fonte: EUSPA "EO and GNSS Market Report")

Prima di tutto, tecnologie diverse utilizzano diversi tipi di sensori adibiti ad applicazioni precise. Un esempio sono i sensori ottici termici e radar che vengono utilizzati per il monitoraggio dell'energia che la Terra riceve dal Sole. La risoluzione, invece, si divide fra 3 tipi diversi di tecnologia che sono la risoluzione spaziale, che definisce la dimensione dei pixel analizzati dai sensori, temporale, che definisce la frequenza con cui i dati terrestri vengono acquisiti, e la risoluzione spettrale che differenzia l'osservazione in base alla banda dello spettro utilizzata. I trend più importanti riguardanti la domanda dei servizi legati all'EO sono:

- aumento della disponibilità di dati EO attraverso l'integrazione verticale degli attori per creare delle sinergie e l'ingresso di nuovi competitor
- democratizzazione delle informazioni dell'EO utilizzando nuove tecnologie cloud e API (application programming interface), per avere una migliore risposta ai requisiti dei clienti facilitando l'accesso e la lettura dei dati
- avanzamenti nella capacità di unire dati provenienti da fonti diverse, da quelli satellitari fino ad altre fonti come social media, dati finanziari ecc.
- nascita di nuovi mercati dell'analisi attraverso l'immagazzinamento cloud di immagini low-cost per sostenere la crescita dell'EO Big Data, in grado di attrarre finanziamenti di private equity

I ricavi dell'osservazione terrestre derivano dal trasferimento dei dati tra chi li acquisisce, il provider, e chi li acquista, persona fisica o impresa. Secondo l'European Union Agency for the Space Programme (EUSPA) il mercato dell'EO vale circa 2.8 miliardi di euro e si prevede che cresca negli anni arrivando a 5.5 miliardi entro il 2031 (il valore totale è dato dalla somma dei ricavi diretti sui dati e sui servizi a valore aggiunto). La maggior parte della crescita sarà in gran parte dovuta all'aumento del fatturato dei servizi a valore aggiunto che passeranno dai 2.2 miliardi di euro odierni ai 4.7. All'America settentrionale si deve quasi il 50% dei ricavi globali mentre l'Europa conta ricavi per circa 424 milioni di euro ma si prevede che questi crescano entro il 2031 dell'84%. I segmenti

che al giorno d'oggi stanno generando le entrate maggiori nell'ambito dell'EO e dei servizi GNSS sono il segmento agricolo, climatico, dell'energia e materie prime, urbano e culturale. I dati sui ricavi di ogni segmento sono indicati nel grafico seguente.

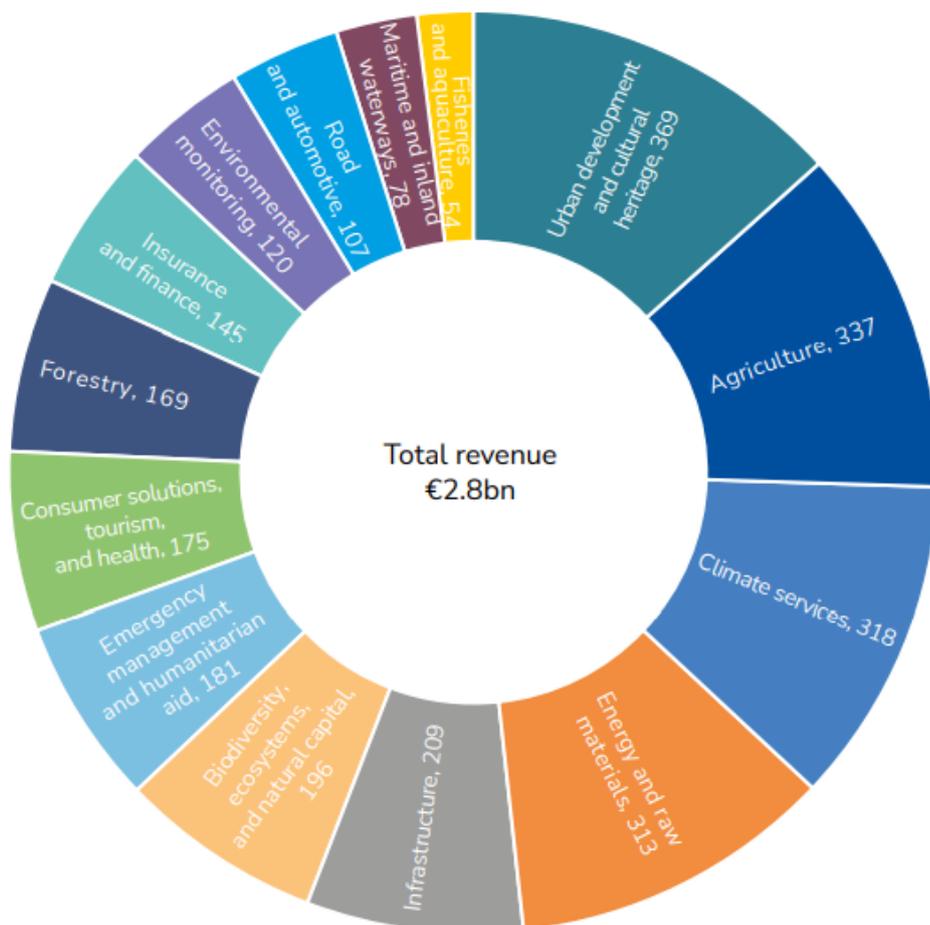


Figura 18: distribuzione dei profitti per segmento (fonte: EUSPA "EO and GNSS Market Report")

Il segmento che gli esperti si aspettano di veder crescere più degli altri sarà quello finanziario e assicurativo. Ci si aspetta che le rendite di questo settore crescano fino a 1 miliardo di euro entro il 2031, circa un quinto dei ricavi attesi totali.

Il programma europeo di osservazione della Terra e monitoraggio prende il nome di Copernico e si compone di tre parti:

- una componente spaziale che ha il compito di fornire i dati dalla flotta di satelliti
- una componente a terra che raccoglie i dati acquisiti
- una componente di servizio che ha il compito di elaborare i dati prodotti e renderli fruibili per le varie applicazioni

Parallelamente all'osservazione terrestre un altro servizio chiave che viene offerto è il Global Navigation Satellite System (GNSS). Quello europeo (EGNSS) si divide in due parti:

- Galileo, che è il primo sistema globale di posizionamento pensato esclusivamente a scopo

civile. È indipendente dagli altri sistemi di posizionamento ma può essere usato insieme a quest'ultimi per aumentare la qualità del servizio

- European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS), che rappresenta il sistema europeo di potenziamento satellitare e migliora la qualità dei segnali di posizionamento globali

Il mercato del GNSS viene suddiviso nel report EUSPA nei ricavi derivanti dai dispositivi e dal raggruppamento dei servizi a valore aggiunto e potenziamento che include prodotti software e altri contenuti come mappe digitali. I servizi a valore aggiunto invece comprendono il download dei dati, come ad esempio, la posizione in tempo reale. L'European Union Agency for the Space Programme ha stimato che il mercato del GNSS possa valere nel suo complesso 199 miliardi di euro, di cui la maggior parte, 150.5 miliardi, proviene dai ricavi sui servizi. Inoltre, si stima che entro il 2031 il mercato dei servizi possa vedere quasi triplicato il suo valore passando a 405.2 miliardi di euro. Il mercato totale potrebbe così arrivare a un valore complessivo di quasi 500 miliardi di euro. Il maggior numero di device GNSS appartiene ai segmenti dell'aviazione, in particolar modo per l'utilizzo dei droni, dell'agricoltura e della navigazione marittima e fluviale.

L'EUSPA ha individuato 16 segmenti di mercato in cui vengono utilizzati l'EO e GNSS:

- agricoltura: le informazioni satellitari vengono utilizzate come dato di partenza per monitorare le condizioni del suolo e per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione attraverso l'High Performance Computing (HPC) e il posizionamento GNSS. Con l'avvento del sistema blockchain l'obiettivo è quello di tracciare le risorse attraverso tutti i punti della catena alimentare partendo dal produttore fino ad arrivare al consumatore.
- aviazione e droni: la maggior parte dei droni a lunga distanza possiede un rilevatore di posizione satellitare e viene usato per il monitoraggio delle emissioni in una determinata zona o per monitorare il traffico aereo, ad esempio per consentire una migliore pianificazione delle rotte degli aerei di linea attraverso servizi meteorologici. Un altro campo di applicazione dei droni ad oggi molto diffuso è quello della sorveglianza.
- salvaguardia di biodiversità ed ecosistema: ricevitori GNSS vengono utilizzati per la geolocalizzazione degli animali ai fini del monitoraggio delle migrazioni, degli habitat e dei comportamenti e contemporaneamente si effettua il monitoraggio degli ecosistemi di neve e ghiaccio, terrestri e acquatici. A queste applicazioni si aggiunge quella per le previsioni del meteo.
- soluzioni per i consumatori, turismo e salute: le imprese saranno in grado, attraverso i dati sulla posizione dei clienti, di offrire soluzioni personalizzate e per gestire al meglio i

dipendenti che lavorano al di fuori dei locali aziendali. Il GNSS è già in grado di monitorare la posizione di soggetti vulnerabili e predisporre in caso di emergenza i soccorsi in modo efficiente. Lato turismo, invece, si cerca di sfruttare i social network che incorporano i cosiddetti Friend Locator che permettono la condivisione delle informazioni relative ai propri viaggi.

- gestione delle emergenze: un esempio di applicazione possono essere le boe oceaniche collegate al GNSS per il rilevamento di eventi naturali causati da attività sismiche, la gestione di campi profughi o aiuti umanitari.
- energia e materie prime: l'osservazione terrestre permette un monitoraggio migliore delle infrastrutture oltre all'impatto ambientale che queste hanno. Per quanto riguarda le fonti rinnovabili, l'EO è in grado di scegliere il posizionamento migliore per pannelli solari, pale eoliche, o altro, semplicemente attraverso le statistiche sui dati storici raccolti.
- monitoraggio ambientale: i dati EO vengono usati per valutare 4 aree diverse che sono le condizioni dell'atmosfera, le zone costiere, i terreni e il suolo, e infine l'acqua e gli oceani; a seguito di queste valutazioni è possibile gestire al meglio le risorse naturali.
- pesca e acquacoltura: attraverso l'EO è possibile monitorare la qualità dell'acqua soprattutto per quel che riguarda le alghe nocive, e allo stesso tempo, anche grazie ai dati degli anni passati, è possibile selezionare il tipo di acquacoltura più adatto a una determinata zona. Inoltre, attraverso i dati satellitari sarà possibile riconoscere tempestivamente la pesca illegale.
- sostenibilità delle foreste: l'applicazione più importante riguarda il grado di deforestazione annuale, oltre che gli inventari delle piante.
- Infrastrutture, più precisamente alla progettazione di infrastrutture sostenibili e resistenti ai possibili rischi individuati: attraverso le immagini satellitari è possibile accelerare le validazioni dei progetti ottenendo i permessi in modo più rapido e monitorare il territorio adiacente in caso ci si trovasse in zone soggette a rischi naturali.
- assicurazioni e finanza: l'EO ha un ruolo strategico dato il suo contributo nel calcolo di indicatori utili circa il rifornimento delle materie prime, come petrolio, gas, ma anche alimenti così da poter scegliere la modalità di finanziamento migliore. Esiste un tema di analisi del rischio che aiuta gli investitori a quantificare potenziali guadagni ma soprattutto le possibili perdite. Lato assicurazioni è possibile migliorare la fase di valutazione del danno ma soprattutto la modellazione del rischio; infatti, attraverso l'utilizzo di indici specifici basati sui dati provenienti dalle immagini il calcolo dei premi assicurativi viene ottimizzato.
- trasporto marittimo, e la sua sicurezza: i dati satellitari vengono usati per monitorare i periodi

di piena e di magra per ottimizzare il traffico fluviale e il GNSS nello specifico è la fonte principale di informazioni sulla posizione, soprattutto nell'ambiente marino, evitando zone a rischio, come quelle ad alte concentrazioni di iceberg. Inoltre, consente di automatizzare tutte le attività portuali di entrata e di uscita.

- trasporto ferroviario: il GNSS fornisce in tempo reale la posizione di treni ai clienti aumentando la qualità del servizio. Fornisce, inoltre, informazioni utili circa le prestazioni dei mezzi ottimizzando la programmazione della manutenzione e il monitoraggio delle infrastrutture, in primo luogo la deformazione delle rotaie.
- trasporto automobilistico: l'applicazione del servizio di posizionamento GNSS si snoda in tre categorie, che sono il car sharing, il trasporto pubblico e la gestione del traffico stradale. La sfida che intreccia presente e futuro rimane l'assistenza alle macchine a guida autonoma.
- sviluppo urbano sostenibile: EO e GNSS contribuiscono alla copertura vegetale nelle città, e permettono di scegliere le zone migliori in cui creare gli spazi verdi. Un futuro sviluppo prevede la realizzazione di città intelligenti; l'utilizzo di lampioni dotati di telecamere e servizi di posizionamento permetterebbero di rilevare informazioni sul traffico e di gestire al meglio le emergenze. Contemporaneamente sarà possibile ottimizzare la posizione dei contenitori per i rifiuti migliorandone la raccolta.

Per un quadro più dettagliato di tutte le applicazioni GNSS ed EO si suggerisce la lettura di "EUSPA EO and GNSS Market Report (annex 3: List of applications)".

1.4.3 Le sfide dei prossimi anni

Il movimento New Space ha aperto la strada a nuovi modelli del mercato spaziale, che però ad oggi risultano ancora acerbi, come il turismo spaziale o l'estrazione mineraria dai corpi celesti. Per vedere l'ingresso di nuovi player e la diffusione di queste attività bisognerà aspettare qualche anno, anche se alcune di queste attività sono già partite.

Sicurezza Nazionale

Lo sviluppo della space economy ha creato per i vari Stati la necessità di aumentare la propria importanza nel quadro geopolitico, in cui si stanno affermando le cosiddette tecnologie duali. Si tratta di tecnologie che rientrano nell'ambito militare ma anche in quello civile e commerciale. Proprio a causa di questo trend, a seguito del summit Nato avvenuto del 2021, i vertici del patto Atlantico hanno deciso di allargare il principio della "difesa collettiva" anche a conflitti spaziali. Ad oggi però non viene impedito ai diversi Stati di utilizzare lo spazio a scopo militare. Infatti, secondo quanto

sottoscritto dal Trattato sullo spazio extra-atmosferico, documento che rappresenta la base del diritto spaziale, viene solamente impedito agli Stati di utilizzare lo spazio per la diffusione di armi nucleari o per lo sviluppo di armi di distruzione di massa. Ma i possibili problemi che legano la sicurezza nazionale e globale allo spazio non si limitano alle armi. Infatti, data la crescente dipendenza a livello commerciale dai servizi spaziali, è nata la necessità per i vari Paesi di creare istituzioni militari ad hoc. Ad esempio, l'Italia ha fondato nel 2020 il Comando Operazioni Spaziali che ha l'obiettivo di "potenziare la capacità nazionale di operare nel dominio spaziale, assicurando la protezione e la difesa degli assetti spaziali nazionali e integrandone efficacemente i servizi nelle operazioni" (fonte: Ministero della Difesa italiano). La sfida che le organizzazioni nazionali militari stanno cercando di superare al momento è garantire che lo spazio rimanga sicuro per l'utilizzo da parte di tutti ma non sempre è stato possibile. Uno degli ultimi "attacchi spaziali" è stato quello ai satelliti ViaSat: si tratta di un attacco informatico che ha interrotto il servizio internet satellitare per diversi clienti sparsi per l'Europa e si pensa che sia legato al conflitto ucraino. A seguito di questo attacco le diverse agenzie nazionali sulla cybersicurezza hanno già trovato delle contromisure e inoltre, ha spinto le nazioni ad iniziare un percorso di medio-lungo termine per migliorare la robustezza delle proprie infrastrutture.

Turismo spaziale

Il turismo spaziale è un segmento che si pone l'obiettivo di dare la possibilità anche ai civili di raggiungere lo spazio e poter così ammirare il nostro pianeta e l'universo. Prima degli anni Settanta, infatti, i viaggi nello spazio erano riservati solo a professionisti in possesso di qualifiche precise e appartenevano per lo più al mondo dell'aviazione militare con una formazione nelle migliori università. Con il lancio del progetto americano *Space Shuttle* ai voli nello spazio poterono partecipare professionisti provenienti dell'industria satellitare. A metà degli anni Ottanta fu la volta di due insegnanti civili, senza alcun addestramento di pilotaggio, ma purtroppo la missione finì in tragedia, con l'esplosione dello shuttle che le ospitava a bordo. Oggi il volo spaziale ha attirato l'attenzione di molte imprese private ma le più importanti sono 6: Virgin Galactic, Blue Origin, SpaceX, Boeing, Axiom Space, Space Perspective. Solo nel 2021 più di 15 civili hanno compiuto un viaggio nello spazio, in 8 missioni, di cui 3 della compagnia Blue Origin. L'offerta che propongono queste imprese è solitamente un volo suborbitale che permette ai turisti di rimanere fino a 6 minuti in condizioni di assenza di peso e osservare il panorama. Il costo si aggira sui 200.000 dollari a passeggero. Ma nella realtà esistono diverse tipologie di voli che vengono offerti da queste compagnie private.

Una di queste è il **volo parabolico**, una particolare tipologia che consente di ottenere per circa 30

secondi consecutivi l'assenza di peso. Il nome si deve proprio alla traiettoria che compie il volo: una volta raggiunto il picco di altezza di 12 chilometri di quota, il pilota spegne i motori e il velivolo, per inerzia, incomincerà la sua discesa creando l'effetto dell'assenza di peso. Dopo questi pochi secondi il pilota riprenderà il controllo per effettuare le manovre di atterraggio producendo un effetto di gravità doppio rispetto a quello terrestre sui passeggeri. Il costo di questo volo si aggira attorno ai 3500 dollari.

Il **volo jet** utilizza un veicolo militare e permette di effettuare accelerazioni fino a 6 volte rispetto quella gravitazionale e il costo è simile ai voli parabolici.

Queste due tipologie però non rientrano nell'area dei voli spaziali dato che per fare parte di questa categoria bisogna allontanarsi dalla Terra di almeno 100 chilometri, anche se negli Stati Uniti vengono considerati spaziali anche quei voli che superano la distanza di 80 chilometri.

Di questa categoria fanno parte i **voli suborbitali**, decisamente più costosi dato che il loro prezzo si aggira tra i 100.000 e i 200.000 dollari e arrivano a una distanza di circa 110 chilometri dalla Terra. La prima compagnia privata a offrire questa possibilità è stata Virgin Galactic. La durata è tra le 2 e le 3 ore. Al momento il maggior numero di imprese operanti in questo settore si concentrano su questa tipologia di volo, il cui costo diminuirà appena i voli spaziali diventeranno più comuni.

Per i **voli orbitali** il costo sale di oltre 100 volte rispetto ai precedenti. Al momento solo la Russia permette a passeggeri civili di poter usufruire di questi viaggi. L'addestramento per i turisti spaziali è molto rigido e possono partecipare solo dopo aver ottenuto il permesso da medici specializzati in missioni spaziali. Un volo orbitale può durare diversi giorni fino a superare una settimana. Ad esempio, Axiom Space offre la possibilità di compiere un volo orbitale di 10 giorni a 55 milioni di dollari.

Infine, ci sono i **voli di trasferimento** che permettono il trasporto dei passeggeri verso una destinazione diversa dalla stazione di partenza. L'unico volo del genere a scopo commerciale è stato condotto da SpaceX che ha permesso ai passeggeri di raggiungere la stazione spaziale internazionale. Nei prossimi anni molto probabilmente i voli di trasferimento partiranno anche dallo spazioporto di Grottaglie, in Puglia. Inoltre, ci si aspetta che anche i voli lunari si aprano ai civili.

Per quanto riguarda il nostro Paese, l'Asi (Agenzia spaziale italiana) ha concluso nel 2018 un accordo con la Virgin Galactic di Richard Branson che dal 2023 permetterà la partenza di voli spaziali turistici anche dall'Italia. A livello globale invece, secondo la banca di investimento Morgan Stanley, il settore del turismo spaziale potrebbe raggiungere il valore di un trilione di dollari entro il 2040.

Il problema principale che nasce da questo settore e che dovrà essere attentamente valutato dalle diverse autorità nazionali è l'inquinamento. I motori a razzo rilasciano gas nocivi nell'atmosfera che

hanno un impatto fortemente negativo sull'ozonofera causandone il suo impoverimento. Secondo alcune statistiche nel 2018 i razzi che producono carbonio nero hanno emesso una quantità di carbonio nero pari all'industria aeronautica globale. Una soluzione a questo problema viene offerta dai razzi a idrogeno liquido che durante la combustione emettono semplicemente vapore. Questo tipo di razzo viene già usato da Blue Origin.

Space mining

Per "space mining" si intende l'attività di estrazione di materia grezza da asteroidi e pianeti. Il segmento ha iniziato a svilupparsi nei primi anni Novanta, ma ha iniziato a diffondersi solo quando l'ex presidente degli Stati Uniti Obama, ha firmato la "Space Law", approvata dal Congresso. Questa legge permetteva alle aziende americane di sfruttare l'estrazione mineraria spaziale e di appropriarsi di asteroidi e altre risorse. Per questo motivo sempre più imprese private stanno cercando di progettare dei veicoli che permettano di raggiungere questi corpi e sfruttarli, dato che possiedono un numero elevato di risorse, come ferro, nichel, titanio, acqua e ossigeno. L'acqua potrebbe essere una risorsa strategica a breve termine, dato che può essere scissa in ossigeno e idrogeno per produrre propellente per i razzi, rifornendoli direttamente nello spazio. Questo sotto-segno, denominato asteroid mining, potrebbe avere un valore inestimabile. La NASA presume infatti che la cintura degli asteroidi tra Marte e Giove possa valere 700 quintilioni di dollari. Inoltre, sono già state portate a termine diverse missioni che avevano come protagonisti gli asteroidi: infatti, nel 2005 fu portato a termine il primo lancio di una navicella spaziale su un asteroide e nel 2011 ci fu il primo lancio orbitale attorno a uno di questi corpi celesti. Nel 2020 è stata la volta dell'atterraggio di una sonda sull'asteroide Bennu che permetterà di studiare al meglio la composizione di questi corpi. Al momento l'estrazione che sembra essere più adatta per scopi commerciali è però quella lunare, in quanto le comunicazioni con la terra hanno un ritardo di soli pochi secondi e la bassa attrazione gravitazionale permetterebbe un dispendio di energia minore per portare le risorse estratte sulla Terra. Inoltre, è ricca di minerali rari: uranio, ferro, potassio, fosforo, alluminio, calcio, silicio e magnesio ed è possibile trovare acqua in forma di permafrost ai due poli. A questo proposito, la NASA ha già stipulato contratti con quattro società che avranno il compito di estrarre la regolite lunare entro il 2024. Un peso importante lo stanno avendo le missioni che hanno come destinazione Marte. Basti pensare al rover Perseverance che, attraverso l'esperimento MOXIE, ha prodotto ossigeno artificiale utilizzando l'atmosfera del pianeta rosso (23 aprile 2021) a un ritmo di 10 grammi all'ora. Questo traguardo ha una duplice attività: permette agli astronauti di respirare e potrà essere usato come combustibile per i razzi. Tutti questi traguardi porteranno vantaggi strategici per eventuali colonizzazioni. Infatti, al giorno

d'oggi, con gli attuali sistemi di propulsione c'è bisogno di avere degli avamposti spaziali in cui effettuare i rifornimenti per completare lunghi viaggi. Una delle aziende impegnate in questa sfida è Planetary Resources che si pone l'obiettivo di identificare, estrarre e trasformare le risorse degli asteroidi vicini alla Terra al fine di utilizzarle per creare strumenti attraverso la stampa 3-D e l'Additive Manufacturing. La stessa azienda nel 2018 ha lanciato un satellite con il compito di trovare tracce di acqua negli asteroidi.

Detriti Orbitali

Quando si sente parlare di detriti orbitali si fa riferimento a tutti quegli oggetti spaziali che sono stati creati dall'uomo e che hanno ormai perso utilità (per cui non rientrano in questa categoria asteroidi o meteoriti). Vengono catalogati per dimensioni e la maggior parte, oltre 170 milioni, sono frammenti inferiori al centimetro, formatisi in seguito alla collisione di satelliti con altri satelliti o asteroidi. Sebbene la dimensione potrebbe far pensare che questi detriti non possano arrecare danni a oggetti molto più grandi di loro, nella realtà non è così. Infatti, questi orbitano a velocità elevatissime, dell'ordine di chilometri al secondo, per cui in caso di urto provocherebbero sicuramente danni. Per prevenire le collisioni è stato creato uno strumento di supporto, denominato space surveillance and tracking (SST). Spesso però questi detriti possono essere dei singoli frammenti per cui il tracciamento risulta più complicato, ma al momento la densità massima di rifiuti spaziali per chilometri cubi si aggira attorno a 0,0001 oggetti/km³. Un rimedio alla generazione dei detriti è la passivazione. Per passivazione si intende quel processo di svuotamento del satellite o altri oggetti spaziali da qualsiasi fonte di energia interna, una volta che la loro utilità si è esaurita, così da evitare esplosioni nello spazio che generano centinaia di migliaia di frammenti. Un'altra possibilità è quella di collocare il satellite in un'orbita con una resistenza atmosferica tale da farlo rientrare dopo un certo numero di anni. Quando la deorbitazione non è possibile i satelliti inattivi vengono portati nella cosiddetta orbita cimitero, che si trova a circa 300 km al di sopra dell'orbita geostazionaria.

La sfida che si pongono soprattutto le istituzioni è quella di creare degli oggetti che siano in grado di rimuovere questi detriti, come il progetto a "ragnatela", dell'ESA, non ancora avviato. Sempre l'agenzia spaziale europea ha avviato la missione ClearSpace-1 per ripulire l'orbita LEO, l'orbita con il maggior numero di detriti, gestita proprio da ClearSpace.

1.4.4 Le sfide dei prossimi decenni

Colonizzazione Spaziale

La colonizzazione dello spazio è l'insediamento permanente da parte dell'uomo su qualsiasi sede che non sia la Terra. Per rendere tutto questo reale sarà indispensabile lo sviluppo dello space mining in modo da sfruttare le risorse che gli altri corpi celesti possono offrire, generando un'indipendenza sempre maggiore dalle risorse terrestri.

Al giorno d'oggi la colonizzazione della Luna appare quella più semplice. Secondo i pareri degli esperti la colonizzazione del satellite avrebbe diversi vantaggi:

- il tempo impiegato per raggiungerla è breve, circa 18,5 ore
- il ritardo nelle comunicazioni è di pochi secondi
- la Terra è visibile, e questo fattore porterebbe gli astronauti a sentirsi più vicini alla Terra, generando nel lungo periodo ansia e depressione minori
- potrebbe conservare diversi minerali rari e no, dato che molti meteoriti, contenenti al loro interno questi minerali, arrivano intatti sulla sua superficie

Gli svantaggi di creare una colonia sulla Luna sono invece:

- la lunga durata delle notti che non permette lo sfruttamento dell'energia solare
- la quasi assenza di gravità che influisce negativamente sulla massa di muscoli e ossa quando l'esposizione è dell'ordine dei mesi
- l'assenza di atmosfera che causa grandi sbalzi di temperatura e non protegge dall'arrivo di potenziali asteroidi

Per quanto riguarda le unità abitative le proposte sono quelle di moduli gonfiabili, navi spaziali e colonie sotterranee. Quest'ultime garantirebbero la protezione dalle radiazioni.

Per quanto riguarda invece gli aspetti in comune tra la Terra e tutti gli altri pianeti del sistema solare, Marte sembra essere quello relativamente più simile al nostro pianeta, ma sono necessari 9 mesi per raggiungerlo. Il ritmo giorno notte è simile a quello terrestre (24 ore e 40 minuti circa), la gravità è più debole di circa 2.6 volte, valore comunque sufficiente affinché il corpo umano riesca ad adattarsi, e c'è abbastanza luce per sfruttare i pannelli solari. L'atmosfera però è decisamente diversa e composta per il 96% da anidride carbonica che rende l'aria irrespirabile e, inoltre, non è presente un campo magnetico. Le temperature variano tra i -150°C e i 20°C e in passato su Marte erano presenti fiumi, mari, laghi che oggi sono completamente scomparsi, mentre i ghiacciai che si vedono ai poli sono in realtà formati da anidride carbonica solidificata. Si pensa però che al di sotto potrebbero esserci dei grandi laghi salati. Una delle ipotesi più accreditate infatti, è che l'acqua sia stata

"risucchiata" all'interno del pianeta e intrappolata nelle rocce. Recuperarla pare decisamente complicato con le attrezzature di oggi, quindi si stanno cercando strade alternative attraverso le diverse missioni marziane in atto. A questo proposito, il rover Perseverance ha l'obiettivo di recuperare rocce marziane da analizzare in un secondo momento sulla Terra, oltre a rilevare tracce di vita su Marte. Il costo complessivo di questa missione è stato di 2.7 miliardi di dollari. La NASA punta a mandare i suoi astronauti su Marte entro il 2030 ma i rischi per una missione marziana sono molteplici. Uno dei principali problemi è l'esposizione alle radiazioni dato che non esiste un campo magnetico. Per risolvere questo problema si stanno creando delle tute spaziali migliori, mentre per l'eventuale vita sul pianeta una soluzione potrebbe essere quella di inserire nelle pareti delle unità abitative delle sacche di polietilene contenenti acqua. Questi sono due elementi che possono fermare le radiazioni. Per radiazioni con intensità maggiori si stanno facendo degli studi ma non si è ancora arrivati a una soluzione. Un altro problema è la bassa gravità: secondo recenti studi la carenza di gravità può avere un impatto negativo sulle abilità cognitive e della comprensione delle emozioni degli astronauti, senza considerare i problemi fisici alle ossa, muscoli ecc. Per quanto riguarda le unità abitative l'idea che ha riscontrato maggior successo è quella di costruirle con una stampante 3D che usi materiale marziano.

2. I Finanziamenti nell'Economia Spaziale

In questo capitolo verranno analizzate le diverse tipologie di finanziamento per le imprese spaziali. La trattazione verterà in un primo momento sui finanziamenti pubblici europei per poi analizzare il panorama degli investitori spaziali privati nel mondo.

2.1 Finanziamenti Pubblici in Europa

Nell'economia globale troviamo diversi metodi di finanziamento a cui possono accedere le start-up, e ognuno di questi viene rilasciato in base alla maturità della tecnologia su cui vuole fare leva l'impresa. Nella sua fase più embrionale, una start-up è costituita solamente da un'idea e dal team che l'ha pensata. In questa fase di vita il rischio di fallimento è molto alto e qualora le proprie risorse non fossero sufficienti, ottenere i finanziamenti necessari risulta difficile. Per questa ragione spesso intervengono enti pubblici o fondazioni, che concedono ad esempio i grant. Questi sono finanziamenti che, a differenza dei prestiti, non devono essere rimborsati. Gli investitori professionali iniziano a interessarsi alle start-up solo nelle fasi successive di vita in cui il rischio di fallimento si è ridotto di molto. Lo stesso meccanismo lo si riscontra anche nell'ambito dell'economia spaziale.

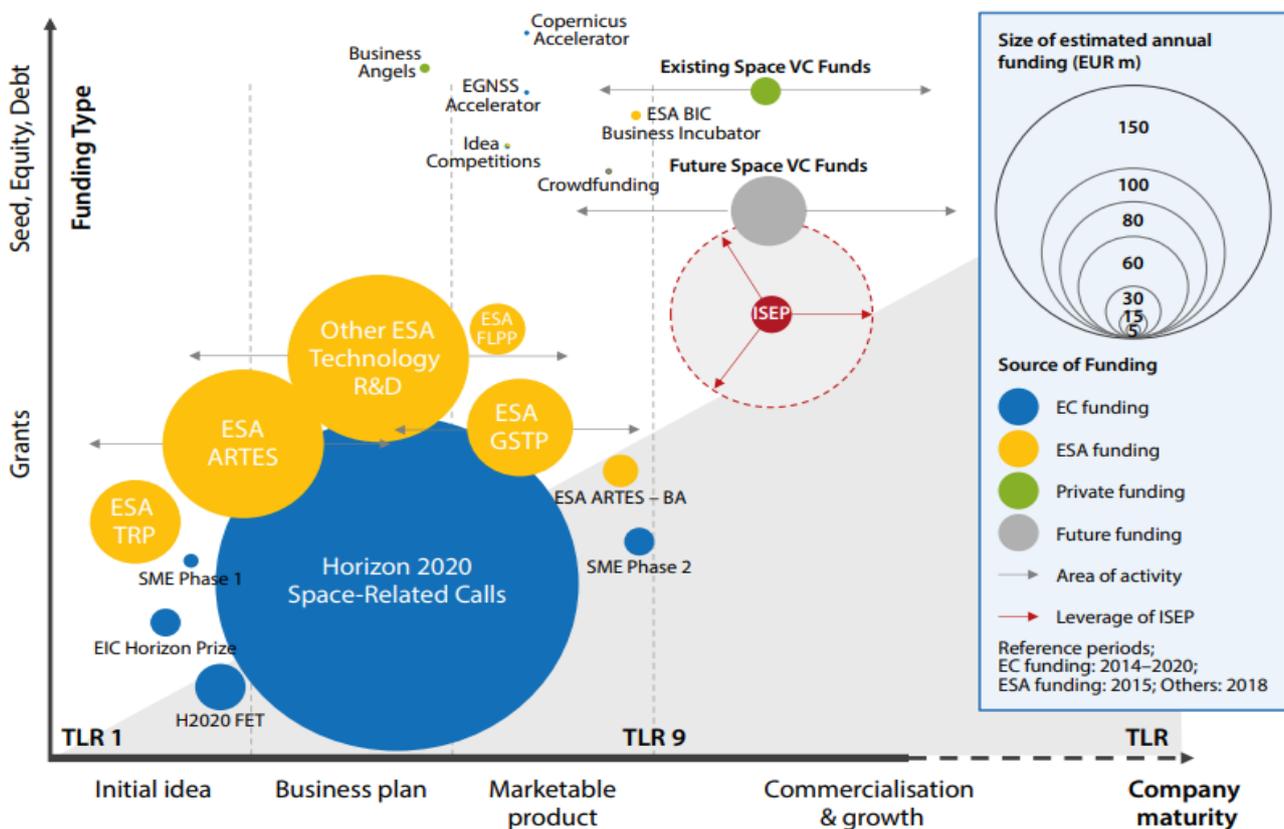


Figura 19: panorama dei finanziamenti space economy nel 2017 (fonte Report "The future of the European space sector", 2019)

Nel grafico in figura 17 vengono riportate sull'asse delle ordinate le tipologie di finanziamenti e sull'asse delle ascisse la Technology Readiness Level (scala TRL). Si tratta di una scala di misura che indica la maturità della tecnologia ed è composta da 9 livelli. Una volta che la tecnologia arriva al nono livello significa che questa è stata testata in un ambiente operativo reale ed è quindi pronta per essere commercializzata. Nella maggior parte dei casi però, le nuove tecnologie non sperimentano completamente la scala ma anzi si fermano ai primi livelli.

| | | |
|-----|---|---------------------|
| TRL | 9 | Commercialized |
| | 8 | Pre-production |
| | 7 | Field Test |
| | 6 | Prototype |
| | 5 | Bench / Lab Testing |
| | 4 | Detailed Design |
| | 3 | Preliminary Design |
| | 2 | Conceptual Design |
| | 1 | Basic Concept |

Figura 20: scala TRL

In supporto all'avanzamento delle tecnologie lungo la scala TRL, oltre ai grant, possono intervenire i programmi Proofs of Concept (POC), il cui compito è ridurre l'incertezza tecnologica, trovare l'opportuna applicazione industriale alla tecnologia e infine, fornire il denaro necessario per progredire con lo sviluppo e arrivare ai livelli successivi. In questo modo si riesce a limitare il gap tra ricerca e industria.

2.1.1 Finanziamenti ESA

Ogni anno i finanziamenti che l'ESA riceve vengono a loro volta investiti in diversi programmi. Di seguito vengono riportati i più importanti degli ultimi anni in base ai livelli diversi della scala TRL in cui operano.

Uno di questi è stato il Basic Technology Research Programme o TRP, un programma di ricerca tecnologica di base che supporta lo sviluppo delle tecnologie spaziali partendo dall'idea. Il suo scopo è quello di verificare la fattibilità del progetto prima che questo venga lanciato e opera in tutti i domini tecnici, dai sistemi di propulsione alla produzione di energia, fino allo sviluppo software.

Un altro programma ESA che trova applicazione nelle fasi iniziali della scala TRL è ARTES, Advanced Research in Telecommunications Systems, con la differenza che questo programma supporta l'avanzamento della tecnologia spaziale fino ai primi test (livello 5). ARTES è il programma

di ricerca avanzata nei sistemi di telecomunicazione e ha l'obiettivo di mantenere l'industria SATCOM europea e canadese all'avanguardia trasformando gli investimenti di ricerca in servizi commerciali. Il programma si suddivide in tre parti:

- ARTES Core Competitiveness: supporta lo sviluppo delle tecnologie SATCOM di nuova generazione
- progetti di partnership: per ripartire il rischio dei progetti più ambiziosi l'ESA collabora con produttori e operatori satellitari
- ARTES Business Applications: supporta le aziende che sviluppano nuove applicazioni commerciali basate sulla tecnologia SATCOM

Muovendoci ora verso i livelli più alti della scala TRL, arriviamo al programma ESA dedicato alla progettazione di nuovi sistemi di lancio, ovvero il programma Future Launchers Preparatory Program (FLPP), iniziato nel 2003, che aveva l'obiettivo di portare la maturazione di queste tecnologie fino alla creazione di un prototipo (livello 6), per eseguire successivamente la fase di mitigazione dei rischi. Dei 22 Stati membri dell'ESA, solamente 15 hanno partecipato a questo programma. Infatti, non tutti i programmi dell'agenzia spaziale sono obbligatori, ma alcuni di essi sono facoltativi. La sfida principale era di portare sul mercato i nuovi lanciatori entro 5 anni, sviluppando delle tecnologie che mirassero anche al rispetto dell'ambiente. Il programma ha avuto quindi un ruolo strategico, dato che ha garantito l'accesso allo spazio per i paesi europei nel lungo periodo e ridotto notevolmente il costo per raggiungere l'orbita. Uno dei risultati raggiunti è un uso più efficiente del carburante attraverso un motore a ciclo di espansione riaccendibile: si tratta di un processo in cui il carburante viene preriscaldato prima ancora che avvenga la combustione e secondo diverse ricerche e test condotti dagli ingegneri dell'ESA questa operazione porta a una maggior efficienza del propellente. General Support Technology Program (GSTP) è il programma di tecnologia per il supporto generale e copre invece lo sviluppo della tecnologia dal livello 5 della scala TRL fino alle fasi finali prima della commercializzazione. Le attività di GSTP hanno il compito di avvicinare le tecnologie spaziali già collaudate alle relative missioni attraverso dei test nei centri di prova specializzati (tranne quelle SATCOM che vengono supportate da ARTES). Alcune delle tecnologie supportate sono:

- FPGA (Field Programmable Gate Array) una soluzione per lo sviluppo nello spazio di unità elettroniche
- Fabbricazione del Mission Operation Center (MOC) per CHEOPS che avrà il compito di monitorare i satelliti in orbita
- Un rivestimento a scudo termico multistrato avanzato per proteggere Solar Orbiter, lanciato nel 2020. Al fine di scattare foto più vicine al sole, osservare venti solari e le sue regioni polari

si è avvicinato alla stella fino a 0,28 volte la distanza della Terra da quest'ultima (42 chilometri).

Infine, avvicinandoci all'ultimo livello della scala TRL troviamo i programmi di incubazione. Si tratta dei centri di incubazione ESA BIC, considerata la più grande rete di incubatori spaziali a livello mondiale. Questi hanno il compito di supportare la creazione di nuove società e forniscono principalmente supporto manageriale oltre che finanziario. Le principali offerte dei centri ESA BIC vengono riportate di seguito:

- Fino a due anni di incubazione aziendale presso un ESA BIC a scelta
- Supporto tecnico da parte dei principali esperti della regione e dell'ESA
- Coaching aziendale
- Consulenza legale e in materia di DPI
- Accesso a partner commerciali e reti
- Workshop e corsi di formazione
- Guida e opportunità di raccolta fondi
- Finanziamenti di 50.000 euro per lo sviluppo di prodotti e IP

I programmi citati sono solo alcuni dei programmi finanziati dall'ESA, il cui budget annuale ha superato quest'anno i 7 miliardi di euro, suddivisi nei diversi domini come l'osservazione della Terra, le telecomunicazioni, la navigazione satellitare.

Budget ESA

Il budget annuale a disposizione dell'Agenzia Spaziale Europea ha avuto una crescita pressoché costante nell'ultima decade. Infatti, nel 2013 i finanziamenti raccolti dall'ESA erano pari a circa 4.3 miliardi di euro mentre oggi arrivano a 7.15 miliardi, raggiungendo una crescita media superiore al 5% annuo.

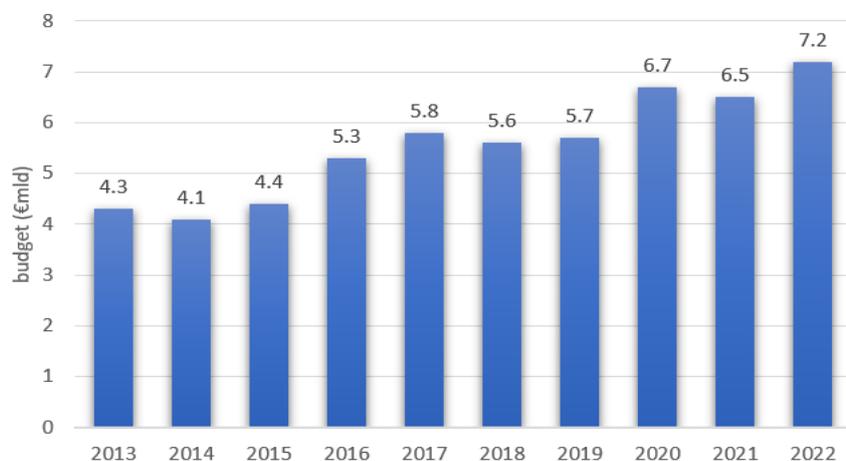


Figura 21: budget annuale ESA (fonte: rielaborazione dati ESA)

Ogni anno il budget raccolto viene suddiviso nei diversi domini spaziali, individuati nel grafico successivo:

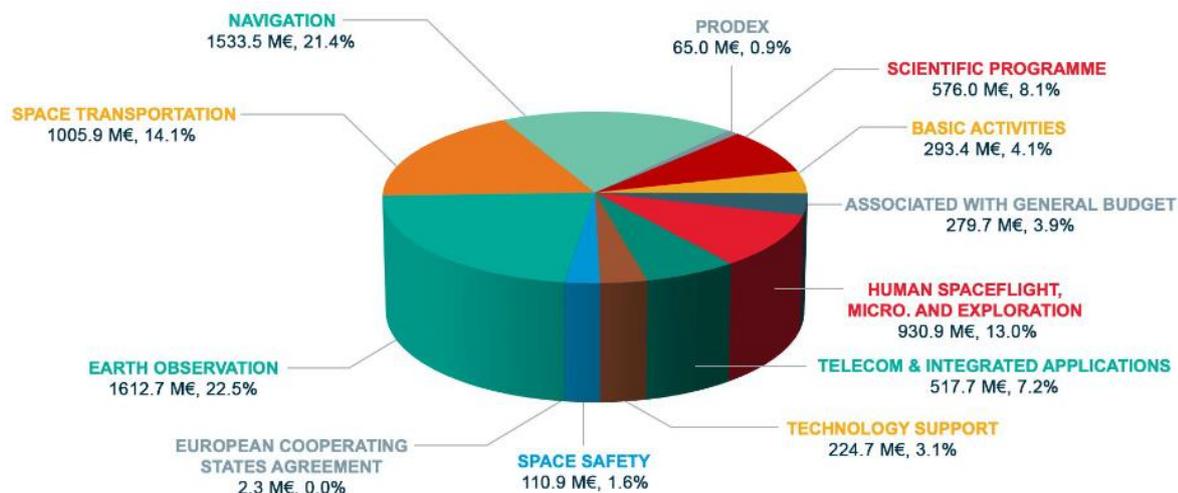


Figura 22: budget ESA per il 2022 suddiviso per dominio (fonte: ESA)

Già dal 2013, i settori a cui era stata assegnata una percentuale maggiore del budget erano il settore del lancio/viaggio spaziale, voli spaziali con astronauti a bordo, navigazione, osservazione della Terra e infine le telecomunicazioni. Al primo è stato assegnato quasi sempre una percentuale del budget totale compresa tra il 19% e il 23%, ma negli ultimi due anni è calata parecchio arrivando al 14%. Mentre, gli altri settori hanno mantenuto all'incirca la proporzione di budget che vediamo oggi. Ma come ottiene questi finanziamenti l'Agenzia Spaziale Europea? I finanziamenti che riceve l'ESA provengono da diversi soggetti, ma la maggior parte di questi vengono offerti dagli stati membri, che in generale contribuiscono in base al PIL.

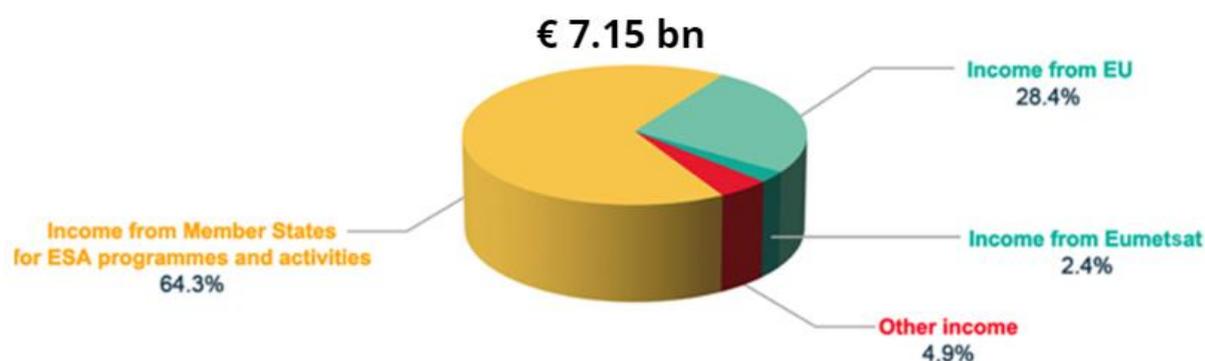


Figura 23: composizione budget ESA (fonte: ESA)

Con 680.2 milioni di euro, l'Italia è la terza nazione per finanziamenti destinati all'agenzia spaziale europea (14,1% circa), dietro a Francia e Germania, che rispettivamente contribuiscono per il 24.5% e 21.1%. Di seguito viene mostrata la ripartizione completa dei fondi statali destinati ai programmi ESA per l'anno 2022:

BUDGET 2022 ESA Activities and Programmes

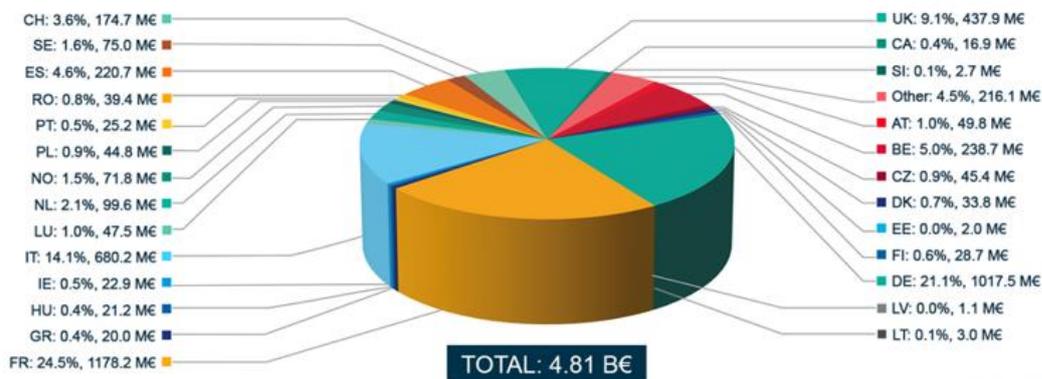


Figura 24: finanziamenti statali (fonte: ESA)

Sicuramente il budget che gli stati membri e le altre organizzazioni hanno messo a disposizione dell'ESA rappresenta un grande passo in avanti per l'economia spaziale europea, ma la somma risulta ancora molto distante dai finanziamenti statunitensi destinati alla NASA, che solo per l'anno 2020 ammontavano a 22.6 miliardi di dollari, al cambio quasi 3 volte tanto.

I programmi più recenti

Nel 2020 l'agenzia aveva reso nota la scelta di investire 2.5 miliardi di euro in 6 sottoprogrammi di Copernico:

- Monitoraggio antropogenico dell'anidride carbonica (CO2M): trova applicazione nel monitoraggio generale della CO2, ma anche nel campo delle previsioni meteo e monitoraggio dell'emissione di sostanze inquinanti da parte delle fabbriche.
- Monitoraggio della temperatura della superficie terrestre (LSTM): l'applicazione di maggior rilievo è senza dubbio l'agricoltura e in secondo piano il monitoraggio ambientale e dell'acqua.
- Radar ad apertura sintetica a banda L (ROSE-L): il campo di applicazione spazia dal monitoraggio di vaste aree fino alla gestione di emergenze a seguito di eventi naturali.
- Topografia altimetrica delle nevi e dei ghiacci polari (CRISTAL): si concentra soprattutto nel campo dell'ottimizzazione delle rotte marittime in ambienti poco ospitali come possono essere i poli, oltre al monitoraggio di questi stessi ambienti e del loro clima.
- Radiometro a microonde per immagini (CIMR): come il precedente vede concentrati i propri studi circa la logistica marittima oltre al monitoraggio degli oceani.
- Missione di imaging iperspettrale (CHIME): trova applicazione nel settore agricolo e nel monitoraggio della biodiversità e dello sviluppo urbano.

Ad ognuno di questi sottoprogrammi che fanno riferimento a Copernico è stato assegnato un budget che va da un massimo di 500 milioni di euro a un minimo di 300 milioni.

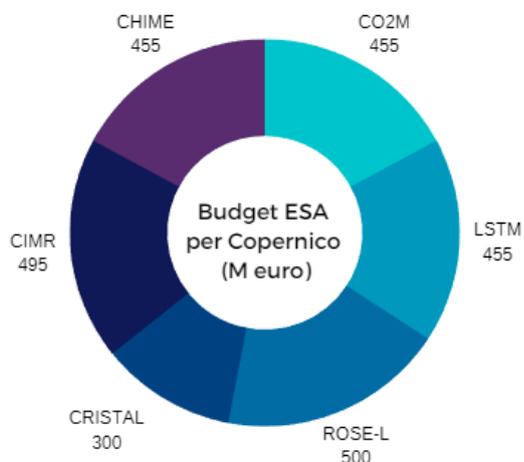


Figura 25: divisione budget ESA per programmi di Copernico (fonte: pwc, "Main Trends & Challenges in the Space Sector", 2020)

Nel 2018, invece, l'ESA ha aperto la strada a Space19+, il nuovo programma spaziale europeo contenente le linee guida per continuare a finanziare e attuare attività spaziali nel nostro continente in modo sostenibile ed efficiente che ha visto l'inizio delle proprie attività anch'esso nel 2020. Questo progetto ha il compito di affrontare sfide come "la meteorologia spaziale, la difesa planetaria dagli oggetti vicini alla Terra e la gestione dei detriti spaziali... l'utilizzo della tecnologia spaziale per applicazioni concrete nel settore della sicurezza (come il controllo alimentare, la sicurezza marittima, la gestione delle catastrofi, la sicurezza delle frontiere, i pericoli e la migrazione) e la cybersicurezza". (fonte: ESA).

Per questo specifico progetto, che terminerà nel 2024, la ripartizione dei finanziamenti da parte dei singoli stati membri viene alterata rispetto a quella vista precedentemente e vede la Germania come primo finanziatore, che metterà a disposizione nel corso di questi 5 anni un budget pari a 3.3 miliardi di euro, (circa il 23% dei 14.4 miliardi investiti dai paesi membri), mentre Francia e Italia investiranno rispettivamente 2.7 e 2.3 miliardi. Entro la fine dell'anno in corso i diversi stati membri avranno finanziato circa l'87% del budget promesso, ovvero 12.5 miliardi di euro.

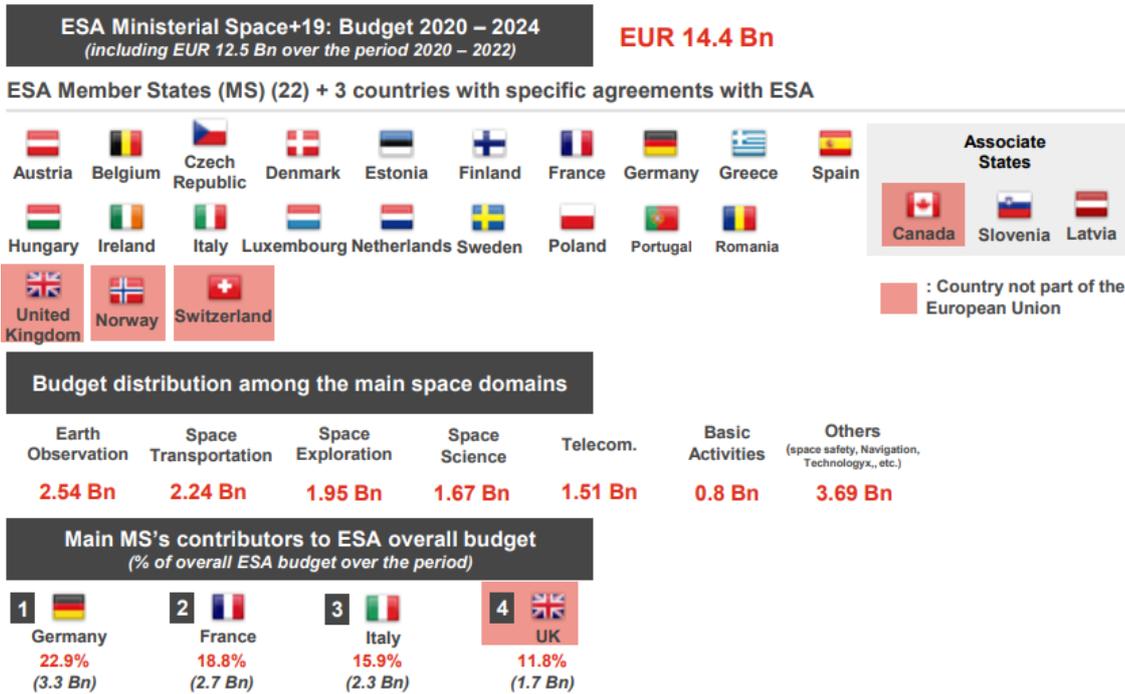


Figura 26: budget stanziato dai governi per i programmi ESA (fonte: pwc, "Main Trends & Challenges in the Space Sector", 2020)

2.1.2 Finanziamenti della Commissione Europea

Il budget dell'UE per lo spazio si basa principalmente sul contributo degli Stati membri e di seguito si trova una panoramica non esaustiva dei programmi spaziali europei in ordine crescente secondo la scala TRL, come fatto per i programmi ESA.

Un programma che ha supportato le tecnologie spaziali dalle loro fasi embrionali è l'EIC (European Innovation Council) Horizon Prize. Si trattava di un concorso che aveva l'obiettivo di supportare i progetti nelle fasi iniziali della loro vita e portare a termine 6 sfide, di cui una in ambito spaziale, che riguardava la riduzione dei costi di lancio dei satelliti leggeri nell'orbita LEO. L'apertura del concorso per il lancio spaziale è avvenuta nel 2018 e prevedeva un premio per il vincitore di 10 milioni di euro (fonte: European Innovation Council), assegnato ad Isar Aerospace Technologies GmbH al termine del 2021.

Altri due progetti con lo stesso compito sono SME Phase 1 e H2020 FET. Il primo si pone l'obiettivo di supportare le piccole-medie imprese (meno di 250 dipendenti, un fatturato annuo non superiore a 50 milioni di euro e/o uno stato patrimoniale non superiore a 43 milioni di euro) impegnate in qualsiasi dominio, tra cui quello spaziale. In quest'ultimo dominio rientrano tutte le imprese che si occupano di ricerca e sviluppo le cui applicazioni sono collegate ai programmi Galileo e Copernico.

Il progetto deve avere una durata massima di 6 mesi e il finanziamento per ogni singolo progetto ammontava a 50.000 euro.

Per quanto riguarda il programma H2020 FET, si tratta della promozione di nuove tecnologie interdisciplinari che possano consentire in futuro all'industria spaziale europea di continuare a essere leader. Nell'ambito di Horizon 2020, al programma FET è stato assegnato un budget provvisorio di 2696 milioni di euro, ma, alla chiusura del 2020, i finanziamenti e gare di appalto valevano quasi 900 milioni di euro (fonte: European Commission).

Horizon 2020 Space-Related Calls è il programma su cui la commissione europea aveva deciso di destinare tra il 2018 e il 2020 290 milioni di euro. Si trattava di finanziamenti destinati a diverse imprese impegnate in diversi campi. Le proposte si dividono in due gruppi che a loro volta si dividono in diversi rami:

- Bando "SPACE 2018-2020 (Call identifier: H2020-SPACE-2018-2020)" le cui richieste di finanziamento possono essere inoltrate da imprese che si impegnano nei seguenti campi:
 - Diffondere sul mercato di Copernico, attraverso l'utilizzo di AI
 - Sviluppo di tecnologie di Big Data e di AI per Copernico
 - Realizzazione di hub spaziali
 - Attività di ricerca e sviluppo di futuri servizi che possano essere offerti da Copernico
 - Nuove soluzioni per la convalida delle sentinelle
 - Missioni per lo sfruttamento dell'acqua sulla Terra
 - Sviluppo di nuove tecnologie spaziali per mantenere la competitività europea
 - Tecnologia di robotica spaziale
 - Propulsione elettrica nello spazio e mantenimento delle stazioni
 - Comunicazione satellitare
 - Sfruttamento dei dati
 - Gestione del traffico spaziale
- Diffusione nel mercato dell'EGNSS
 - Nuove applicazioni per promuovere la digitalizzazione del servizio
 - Applicazioni EGNSS che promuovono la mobilità verde, sicura e intelligente
 - applicazioni EGNSS per soddisfare le esigenze delle autorità pubbliche a livello nazionale, regionale o locale.
 - applicazioni EGNSS che promuovono la resilienza della società e proteggono l'ambiente

Il programma SME Phase 2 è la prosecuzione del lavoro svolto con le imprese selezionate nella fase

precedente solitamente attraverso un finanziamento per un ammontare compreso tra i 500.000 e i 2.5 milioni di euro, ma potrebbero essere anche altri importi (ad esempio, il costo totale del progetto se questo ha una forte componente di ricerca). Si poneva l'obiettivo di supportare tutte quelle aziende descritte nella fase 1, per portare la ricerca dal livello 6 della scala TRL all'ultimo, in modo che la tecnologia sviluppata fosse pronta per essere messa sul mercato.

Infine, la Commissione Europea ha creato un acceleratore, l'E-GNSS Accelerator, che cerca di promuovere l'adozione di Galileo sul mercato, fornendo un supporto dedicato alle startup che utilizzano il sistema globale di navigazione satellitare (GNSS) per idee imprenditoriali. I partecipanti possono ottenere premi del valore di 0,5 milioni di euro.

Per una descrizione più chiara e completa dei programmi si consiglia la visione di "Defence Industry and Space, EU Space Policy".

Per il presente e futuro la Commissione Europea, insieme all'European Union Agency for the Space Programme e all'European Space Agency, ha formalizzato un nuovo programma spaziale, entrato in vigore nel 2021 con scadenza nel 2027, che prevede di dare uno slancio all'industria spaziale privata migliorando l'accesso al capitale di rischio, mantenere un accesso allo spazio autonomo e gestire gli investimenti in modo che tutte le attività vengano compiute nei tempi e nei budget prestabiliti. Questo programma deriva dall'approvazione da parte del Parlamento europeo di un regolamento che stabilisce il quadro finanziario pluriennale dell'UE per il periodo 2021-2027. Il piano "consentirà all'UE di fornire nei prossimi anni finanziamenti senza precedenti pari a 1800 miliardi di euro a sostegno della ripresa dalla pandemia di COVID-19 e delle priorità a lungo termine dell'UE nei diversi settori d'intervento". Una parte di questa somma, 14,8 miliardi di euro, verrà destinata al programma spaziale:

- 9,01 miliardi di euro destinati ai programmi Galileo e EGNOS per migliorare la precisione del segnale e sostenere la commercializzazione dei servizi di navigazione satellitari
- 5,42 miliardi di euro per Copernico affinché l'Europa continui a mantenere la leadership nei mercati dell'osservazione terrestre
- 442 milioni di euro per lo sviluppo di componenti di sicurezza e per la nuova iniziativa di comunicazione satellitare per scopi governativi (GOVSATCOM).

Il programma può erogare i finanziamenti secondo le modalità preferite, ad esempio attraverso i vari strumenti finanziari o appaltando i progetti.

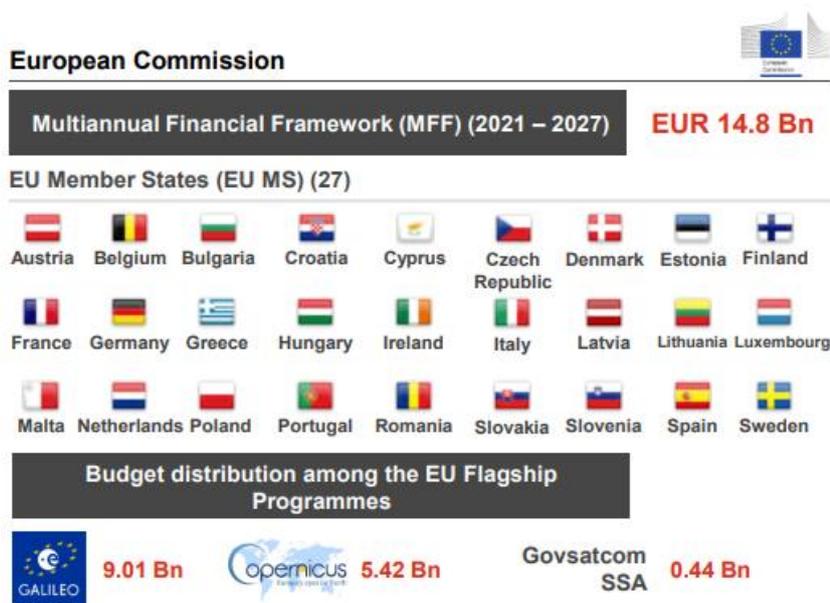


Figura 27: budget stanziato per i programmi dell'EC (fonte: pwc, "Main Trends & Challenges in the Space Sector", 2020)

2.2 Investimenti Spaziali pubblici in Italia

In precedenza, era stato evidenziato come l'Italia fosse uno dei maggiori contribuenti ai progetti spaziali europei. Questa considerazione si può estendere anche al panorama mondiale dato che il nostro Paese è il sesto per finanziamenti spaziali in base al PIL dopo Russia, Stati Uniti, Francia, India e Germania, offrendo finanziamenti pari a quasi il 6% del prodotto interno lordo. Inoltre, l'Italia è uno dei 9 stati che sono dotati di un'agenzia spaziale nazionale con un budget a disposizione che supera il miliardo di euro.

Nell'anno appena trascorso il nostro Paese ha approvato il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR dall'inglese National Recovery and Resilience Plan, che fa parte del programma Next Generation EU, un fondo da 750 miliardi di euro per la ripresa europea) per rilanciare il paese dopo i danni causati dalla pandemia. Il piano si distribuisce su 6 missioni:

- Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo
- Rivoluzione verde e transizione ecologica
- Infrastrutture per una mobilità sostenibile
- Istruzione e ricerca
- Inclusione e coesione
- Salute

L'attività spaziale ha una ricaduta su ognuna di queste 6 missioni e l'Agenzia Spaziale Italiana ha evidenziato i collegamenti tra i diversi campi delle attività spaziali a ognuna di queste missioni. Questi

vengono mostrati nella figura di seguito:

| PNRR | | Settori ed Attività Spaziali | | | |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| MISSIONE PNRR | OSSERVAZIONE DELLA TERRA | TELECOM & NAVIGAZIONE | ESPLORAZIONE & LOGISTICA SPAZIALE | TRASPORTO SPAZIALE | SCIENZA & RICERCA |
| Digitalizzazione, Innovazione, Competitività e Cultura | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| Infrastrutture per un Mobilità Sostenibile | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Istruzione e Ricerca | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Inclusione e Coesione | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Salute | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |

Figura 28: applicazione delle attività spaziali alle missioni del PNRR (fonte: ASI "Lo Spazio nel PNRR", 2021)

Attraverso il PNRR l'Unione Europea ha destinato all'Italia circa 191 miliardi di euro (70 in sovvenzioni a fondo perduto e 121 in prestiti). e nel giugno 2022 è stato siglato l'accordo tra il Dipartimento per la Trasformazione Digitale e le agenzie spaziali europea ed italiana. Per supportare i programmi spaziali alla prima saranno destinati 1.3 miliardi di euro mentre alla seconda 880 milioni.

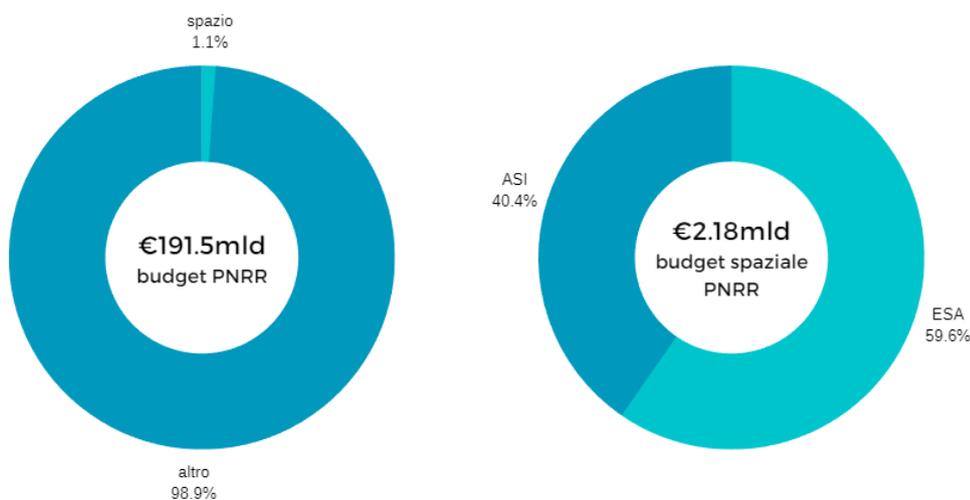


Figura 29: allocazione del budget PNRR (fonte: Ministro per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale, MITD)

Il budget messo a disposizione per l'agenzia spaziale italiana verrà utilizzato per intervenire in quei

settori con un'alta un'incidenza tecnologica per mantenere competitiva l'industria spaziale nazionale.

Più precisamente finanzieranno lo Space Center di Matera e le seguenti attività (fonte: MITD):

- sviluppo di telecomunicazioni satellitari sicure: questo tema sta spingendo l'industria satellitare verso nuovi sistemi di comunicazione che utilizzino tecnologie quantistiche (Quantum Key Communication), le quali sono sinonimo di maggior sicurezza
- realizzazione di fabbriche "intelligenti" per la produzione di piccoli satelliti: la direzione che sta prendendo il mercato è la produzione di sistemi spaziali sempre meno costosi, per questo l'obiettivo di questa attività è cercare di migliorare gli impianti e di ottimizzare i processi produttivi attraverso un largo utilizzo della robotica, dell'intelligenza artificiale
- costruzione di tre nuovi telescopi terrestri per la gestione del traffico spaziale
- tracciamento e rimozione dei detriti: l'obiettivo è sviluppare un oggetto spaziale che sia in grado di rimuovere i detriti orbitanti ma che sia anche in grado di eseguire azioni di manutenzione per garantire l'efficacia operativa dei dispositivi spaziali

Per quanto riguarda il budget destinato all'agenzia spaziale europea, questo verrà utilizzato per l'attuazione del programma di sviluppo della costellazione satellitare "IRIDE" per l'osservazione della Terra. La costellazione avrà il compito di monitorare i cambiamenti climatici, la qualità dell'aria, dissesti idrogeologici ma servirà soprattutto per gli utilizzatori commerciali, dato che attraverso i dati raccolti sarà in grado di supportare nuove applicazioni utili alle nuove imprese spaziali private. Verrà inoltre finanziato un progetto "green" con lo scopo di sviluppare motori per i lanciatori europei eco-sostenibili. Il programma Iride sarà completato entro 5 anni ed è destinato a diventare il più grande programma di osservazione della Terra a bassa quota e verrà realizzato proprio in Italia, con il supporto appunto dell'ESA.

2.3 Finanziamenti dal Mercato dei Capitali

Fino ai primi anni duemila, il finanziamento tramite capitale privato era ancora acerbo, dato l'elevato rischio che si celava dietro le attività spaziali. Ad esempio, gli investitori appartenenti al gruppo del venture capital, oltre ad essere difficili da convincere, accettavano round di finanziamento con importi poco elevati, e questo non era sostenibile per l'industria dato che è caratterizzata da un'alta intensità di capitale. Allo stesso tempo, e per lo stesso motivo, era quasi impossibile accedere ai prestiti bancari. Negli ultimi anni, invece, l'ondata new space sta attirando sempre più capitale privato, favorendo la crescita di piccole start-up spaziali innovative.

| Investment into space ventures [m EUR] | | | | |
|----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| Investment Type | 2000–2005 | 2006–2011 | 2012–2017 | Total (2000–2017) |
| Seed Prize/Grant | 615 | 220 | 1.123 | 1.957 |
| Venture Capital | 228 | 306 | 4.680 | 5.214 |
| Private Equity | 224 | 946 | 185 | 1.354 |
| Acquisition | 0 | 429 | 2.488 | 2.916 |
| Public Offering | 0 | 0 | 19 | 19 |
| Total Investment | 1.067 | 1.900 | 8.494 | 11.461 |
| Debt Financing | 0 | 3.007 | 321 | 3.328 |
| Total with Debt | 1.067 | 4.907 | 8.815 | 14.789 |

Figura 30: trend investimenti privati (fonte Report "The future of the European space sector", 2019)

Dai sei anni compresi tra il 2000 e il 2005 agli anni 2012–2017 gli investimenti nel mondo sono cresciuti di 8 volte, mentre l'accesso al debito ha avuto andamenti oscillatori in quanto tra 2006 e 2011 si ha avuto il picco massimo seguito poi da una riduzione nei sei anni successivi di quasi 10 volte. Nel 2017 il maggior numero di investitori si trovava negli Stati Uniti (circa due terzi dei 400 identificati). La provenienza della restante parte degli altri investitori viene specificata dal grafico seguente.

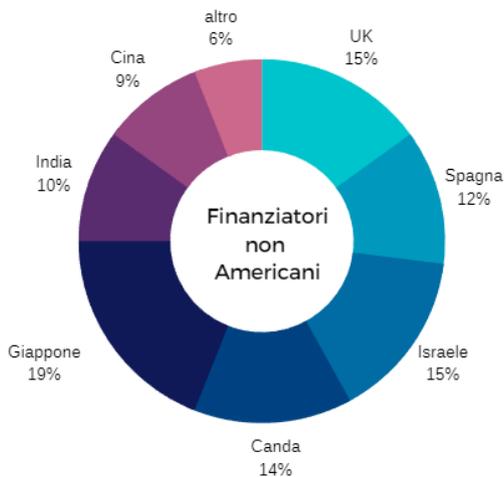


Figura 31: divisione geografica dei finanziatori privati non americani nel 2017 (fonte Report "The future of the European space sector", 2019)

I finanziatori e le modalità di finanziamento che hanno mosso più capitale sono stati gli investitori di venture capital e le fusioni/acquisizioni. Inoltre, tra il 2000 e il 2017, gli investimenti da parte di venture capitalist sono cresciuti maggiormente rispetto alle altre tipologie di finanziamenti mentre il private equity non ha ancora trovato larga diffusione all'interno dell'economia spaziale.

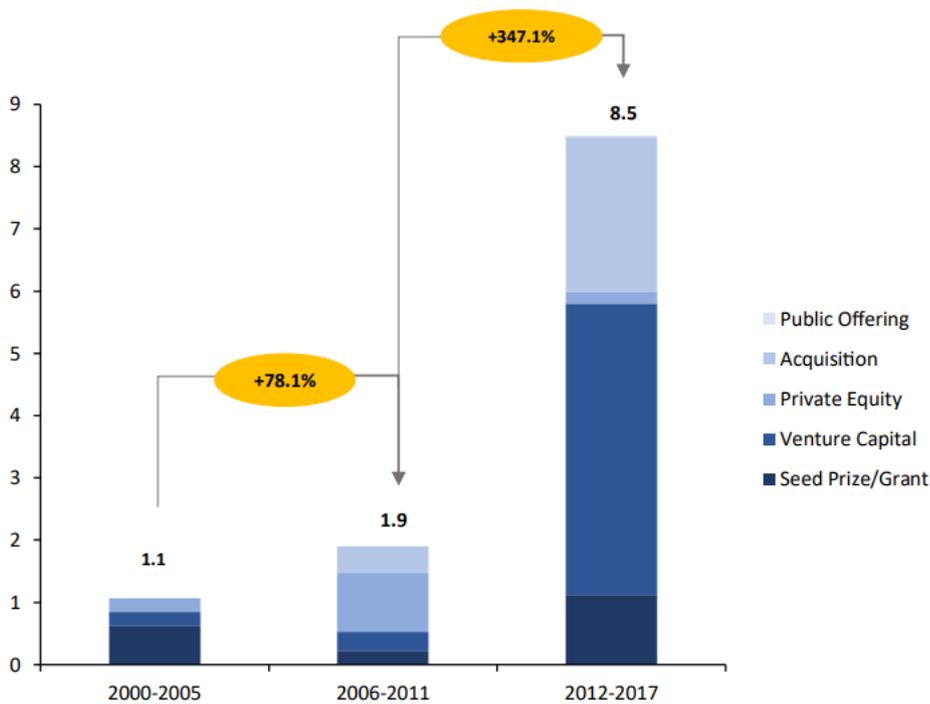


Figura 32: ammontare dei diversi finanziamenti space 2017 [mld euro] (fonte Report "The future of the European space sector", 2019)

Ad oggi il trend circa i finanziamenti privati per le imprese spaziali sembra seguire quello registrato tra il 2012 e il 2017. Infatti, BryceTech ha stimato che gli investimenti nell'economia spaziale sono stati di circa 7.6 miliardi di dollari solo nel 2020. Questa crescita si deve soprattutto al venture capital che dal 2015 ha iniziato ad interessarsi parecchio al settore. Fino al 2018 hanno finanziato le diverse imprese per circa 2 miliardi di dollari all'anno. Nel 2019 e 2020 questo valore è più che raddoppiato dato che si sono registrati finanziamenti rispettivamente per 4.2 e 4.85 miliardi di dollari. L'anno successivo ha visto investimenti record da parte dei venture capitalists così come per il numero di operazioni che questi hanno fatto. D'altra parte, il debt financing rappresenta una fonte di capitale sempre meno sfruttata rispetto gli anni passati. Questo trend si deve alla natura del finanziamento, in quanto si tratta di capitale che prima o poi deve essere restituito, per cui con la diffusione su larga scala di altre tipologie di finanziamento attraverso la vendita di quote societarie, non risultata più conveniente per le start-up. Una divisione più precisa degli investitori per capitale investito nei vari anni dal 2012 viene riportata nel grafico seguente.

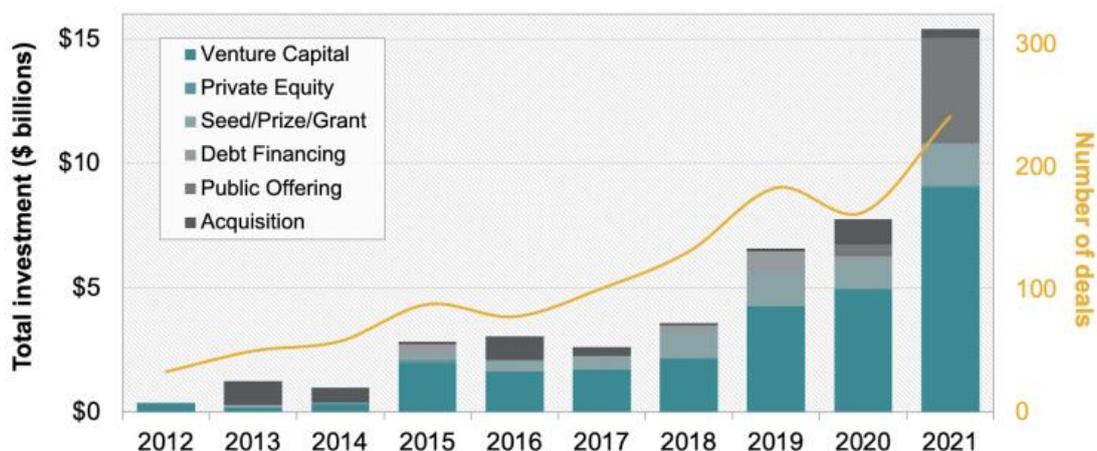


Figura 33: Investimenti nelle compagnie spaziali (fonte BryceTech, "Start-up Space", 2022)

Per quanto riguarda la geografia degli investimenti, il 67% dei finanziamenti compresi tra il 2000 e il 2020 sono stati indirizzati a start-up statunitensi. Basti pensare che fino al 2018 il numero di imprese spaziali che aveva ricevuto dei finanziamenti esterni era maggiore negli Stati Uniti rispetto al resto del mondo. Solo nel 2019 questo trend ha avuto un'inversione, dato che negli Stati Uniti ne sono state finanziate poco meno di 65, mentre nel resto del mondo ne sono state finanziate circa 85. Questa distanza è destinata ad aumentare dato che gli investitori privati nel resto del mondo iniziano ad essere particolarmente attratti dagli alti ritorni che possono offrire le imprese spaziali, soprattutto quelle impegnate nelle applicazioni commerciali. Il 2020 ha fatto registrare una battuta d'arresto in quanto il numero di imprese spaziali che ha ricevuto dei finanziamenti è diminuito, soprattutto in America, a causa della pandemia. Nel 2021 ci sono stati 596 investitori che hanno investito in 212 start-up facendo lievitare i finanziamenti privati a 15 miliardi di dollari, più del doppio rispetto l'anno precedente.

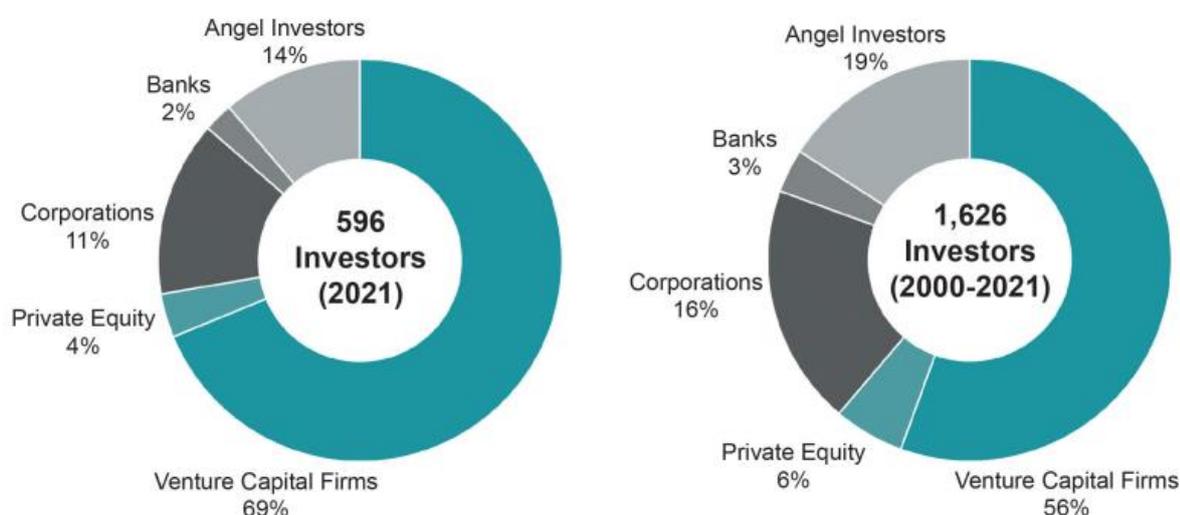


Figura 34: tipologie di investitori spaziali (fonte BryceTech, "Start-up Space", 2022)

Dei 596 investitori individuati da BryceTech che hanno effettuato almeno un investimento in imprese

spaziali, più del 45% ha sede negli Stati Uniti.

Per capire meglio le modalità in cui operano le diverse tipologie di investitori vengono di seguito presentate le fasi di vita di una start-up:

- pre-seme (pre seed): si tratta della prima fase di vita ed è la fase di analisi. Una volta individuato un bisogno che la futura impresa può soddisfare, il team cerca una proposta di successo valutando i potenziali rischi. Per portare a termine questo passo la cosa più importante da fare è ascoltare i clienti per capire i principali punti su cui intervenire, formulando così un'idea. Per questo motivo, un altro modo di nominare questa fase è "fase dell'idea". Pochissimi investitori sono disposti a finanziare la start-up in questa fase, quindi l'imprenditore ricorre spesso al bootstrap, cioè un metodo che punta ad acquisire le risorse a costo minimo o nullo e a minimizzare i finanziamenti esterni.
- seme (seed): in questa fase bisogna convalidare il modello di business cercando di sperimentare le idee proposte. Solitamente il metodo migliore è quello di creare un prototipo in fase iniziale. In questo momento possono intervenire i primi finanziatori esterni come incubatori e business angels, oltre alle donazioni effettuate da enti pubblici.
- Fase iniziale: il prototipo diventa il minimum viable product (MVP), cioè un prodotto reale da lanciare come test. Questa è una prima versione del prodotto finito che non è ancora completo di tutte le sue funzioni ma serve a valutare quanto i bisogni dei clienti individuati nelle fasi precedenti siano stati soddisfatti. In questa fase della start-up iniziano ad interessarsi anche gli investitori appartenenti ai gruppi di venture capital ma anche il crowdfunding che si sta diffondendo negli ultimi anni. La fase termina con la definizione di un modello di business.
- Fase di crescita: questa è la fase in cui si verifica la maggior parte dei fallimenti. Se il prodotto o servizio soddisfa i bisogni dei clienti, la domanda aumenta e se l'impresa riesce a soddisfare la domanda cresce. È molto probabile che il prodotto non rimanga fisso in quanto capita spesso che lo si debba adattare a un settore diverso da quello iniziale. In questa fase di vita della start-up possono investire altre imprese o istituzioni e si parla di private equity
- Fase di espansione: questa è una fase di ulteriore crescita che prevede l'espansione in altri settori, l'internazionalizzazione o l'assunzione di nuovi professionisti
- Fase di uscita: non è una fine obbligatoria, ma la maggior parte delle start-up viene fondata con la prospettiva di una futura vendita, mentre solo poche di queste vengono fondate con una prospettiva di lungo termine.

Per quanto concerne invece gli investitori di start-up spaziali, quelli più attivi appartengono alla categoria del venture capital. Questi sono investitori professionali, e investono in quelle imprese la

cui "fase di vita" è compresa tra la fase iniziale e la fase avanzata, anche se il loro focus è prevalentemente sullo stadio di serie A e di serie B. Prima di investire effettuano una due diligence accurata per essere più sicuri circa l'investimento e arrivare ad un exit di successo, che in genere arriva dopo 4-6 anni. Questi operatori si aspettano ritorni elevati, solitamente del 25%-35% sul capitale iniziale e finanziano l'impresa direttamente con equity o attraverso strumenti partecipativi convertibili. Oltre ad aiuti finanziari supportano l'impresa attraverso i cosiddetti servizi a valore aggiunto, come consulenza legale, coaching o la conoscenza che hanno del mercato. Spesso diversi fondi di venture capital co-investono e in questo caso ci sarà un fondo, di solito quello che concede il finanziamento maggiore, che assumerà il ruolo di lead investor, ovvero di investitore principale. Esistono poi diverse tipologie di venture capital:

- Independent VC (IVC)
- Corporate VC (CVC): sono affiliati ad una grande impresa
- Bank-controlled VC (BVC): sono affiliati ad una banca
- Governmental VC (GVC): sono creati dal settore pubblico

La seconda tipologia di investitore per capitale investito è rappresentata dai business angel. Questi non sono investitori professionali, ma principalmente imprenditori. Solitamente investono dai \$20 ai \$100K nelle fasi preliminari dell'impresa e in imprese in genere geograficamente vicine in modo da poter effettuare un controllo migliore. Come la precedente categoria apportano ulteriori risorse, come quelle manageriali, oltre a quelle finanziarie. Per questo motivo richiedono una presenza nel board per dare supporto alla pianificazione strategica e a quella operativa, seppur in misura minore. Come il venture capital hanno delle aspettative di ritorno alte e prevedono di realizzare questo ritorno tra i 5 e i 7 anni dalla data dell'investimento. Un'altra somiglianza che hanno con i venture capitalist è che spesso si organizzano in gruppi oppure co-investono con altri finanziatori. L'unico problema legato a questa categoria di finanziatori è che spesso i loro investimenti non vengono resi pubblici e quindi risulta difficile quantificare sia la mole degli investimenti sia il numero reale di business angel.

Le imprese corporate rappresentano il 16% degli investitori spaziali. Solitamente le grandi imprese effettuano l'attività di ricerca e sviluppo internamente ma non sempre questa è sufficiente per stare al passo con i rapidi cambiamenti dell'economia di oggi. Per questo motivo spesso creano dei fondi di venture capital (Corporate VC) oppure acquisiscono direttamente le start-up per fare propria la loro tecnologia. Il numero di aziende, anche non spaziali, che investe in imprese spaziali sta aumentando di anno in anno data la crescita che sta avendo il settore.

Le società di private equity invece rappresentano solo il 4% degli investitori spaziali, ma sono i finanziatori che in un singolo round investono di più, anche importi superiori a 100 milioni di dollari,

con una visione di medio-lungo periodo. Solitamente si occupano di operazioni di ristrutturazione del debito e di acquisizioni con leva, per questo motivo investono in società mature. La maggioranza di questi operatori si trova al di fuori degli Stati Uniti.

Tutti gli operatori citati, nella maggior parte dei casi, investono in imprese non quotate sul mercato. Per ultima troviamo le banche i cui finanziamenti nel 2021 sono pari a circa il 2% del totale e come per le società di private equity anche quest'ultime investono in società mature fornendo debito. Talvolta questo debito può essere convertito in parte o interamente in partecipazioni. Essendo il sistema americano basato sui mercati e non sulle banche, la quasi totalità di questi operatori la si trova all'esterno dei confini statunitensi.

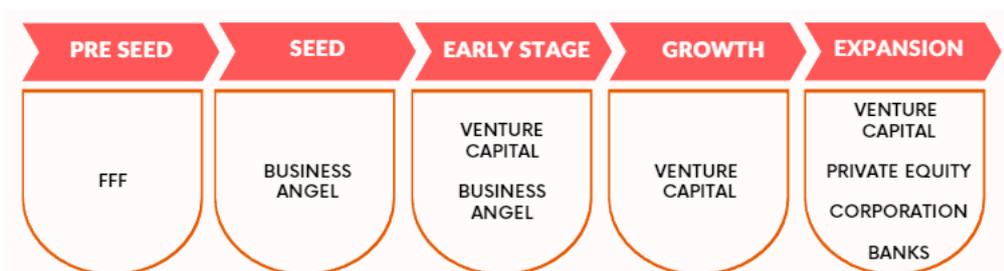


Figura 35: fasi del ciclo di vita di una start-up e finanziatori

Come detto in precedenza la fase di exit è opzionale e per questo motivo non viene indicata nel grafico. Infatti, non è detto che una start-up venga acquisita da un'azienda più grande, ma potrebbe ad esempio accedere alle risorse del mercato pubblico per continuare la propria crescita. Questo processo prende il nome di IPO, cioè di offerta pubblica iniziale. Di questa procedura si occupano le grandi banche di investimento che fanno da intermediari tra il mercato e l'impresa che vuole quotarsi. Nel 2021, il capitale raccolto dalle imprese spaziali tramite offerte pubbliche rappresentava il 28% dei finanziamenti totali, una cifra decisamente alta se paragonata al picco massimo registrato nei 20 anni precedenti, ovvero il 6% nel 2020.

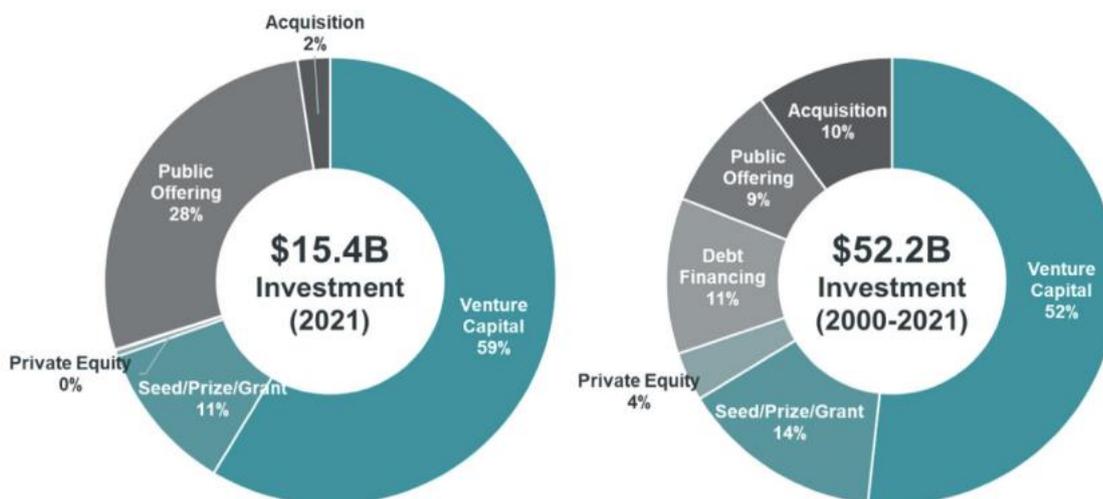


Figura 36: tipologie di finanziamento in imprese spaziali (fonte BryceTech, "Start-up Space", 2022)

La porzione di finanziamenti seed, prize, grant che rappresentano le risorse monetarie per le prime fasi di vita della start-up rappresentano ancora una porzione importante, sebbene questa stia calando, mentre, come accennato in precedenza, il debt financing non viene quasi più utilizzato.

Per debt financing si intende invece sia l'emissione di strumenti di debito da parte delle imprese, sia la richiesta di prestiti alle banche. Infine, per quanto concerne le acquisizioni, queste stanno crescendo sempre di più negli anni, passando dalle 2 del 2013 alle 13 del 2021.

Inoltre, nello stesso anno, più del 75% della mole totale di investimenti proveniva dagli Stati Uniti, con un numero di round pari a quelli di tutti gli altri paesi sommati insieme.

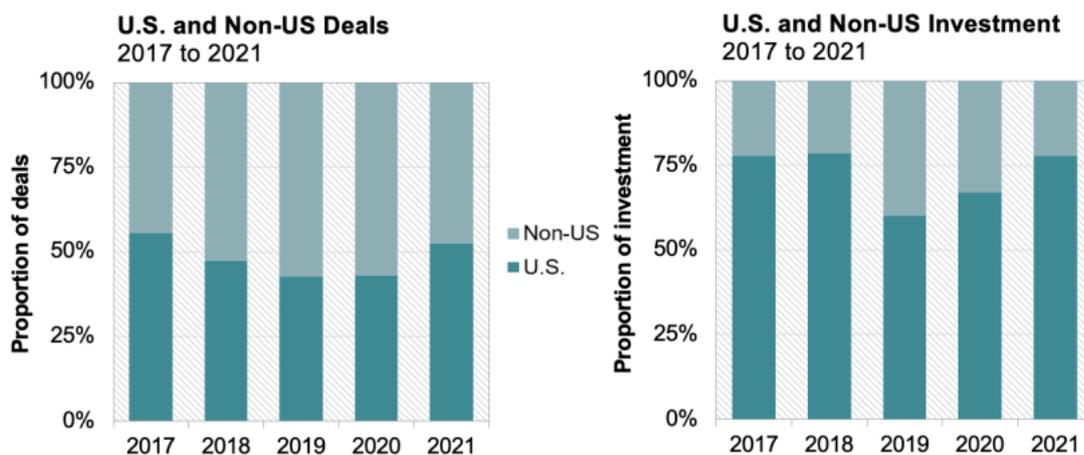


Figura 37: proporzione di deal e mole di finanziamenti tra USA e resto del mondo (fonte BryceTech, "Start-up Space", 2022)

Le 4 imprese che dal 2017 hanno ricevuto la maggior parte dei finanziamenti sono SpaceX, OneWeb, Blue Origin e Virgin Galactic.

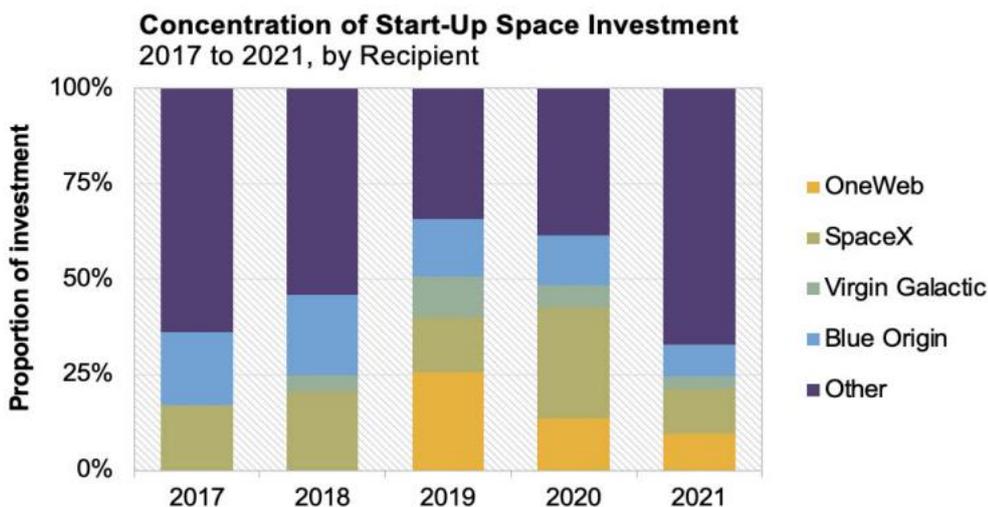


Figura 38: divisione dei finanziamenti spaziali (fonte BryceTech, "Start-up Space", 2022)

3. Analisi del venture capital spaziale

3.1 Metodologia

L'attività di ricerca condotta per portare a termine l'analisi e le connessioni tra il mondo del venture capital e l'economia spaziale ha riguardato la creazione di un database, al momento non ancora presente sul mercato. Quest'ultimo contiene tutte le imprese spaziali non quotate presenti in Europa e negli Stati Uniti che, da quando esistono, sono state finanziate almeno una volta da investitori appartenenti al mondo del venture capital. Il set di dati comprende una combinazione di informazioni delle aziende spaziali e dati finanziari pubblicamente segnalati, come round di finanziamento che queste imprese hanno avuto e dati sui loro finanziatori. L'obiettivo alla base di questa ricerca è in primo luogo numerare i venture capitalist spaziali, dedurre secondo quali strategie questi scelgono di operare e, infine, se ci sono dei punti in comune tra ciò che si vede in Europa e ciò che succede in America.

Le imprese che sono rientrate in questa categoria sono 338, per un totale di 1181 round di finanziamento e 1549 finanziatori.

Nonostante l'analisi fosse focalizzata sui finanziatori di venture capital dell'economia spaziale si è deciso di partire dalla ricerca delle imprese per avere un quadro più dettagliato proprio del panorama finanziario. Un'impresa spaziale è stata definita come un'entità che fornisce prodotti o servizi spaziali; più precisamente per prodotto si intende la produzione di oggetti la cui destinazione è al di fuori dell'atmosfera terrestre, come satelliti e veicoli di lancio, mentre per servizio si intendono le attività che questi svolgono per offrire dei benefici sulla Terra, come la connessione satellitare, il telerilevamento e l'analisi dei dati spaziali raccolti. Una volta mappate le imprese, è stato possibile risalire ai relativi finanziatori appartenenti a diverse categorie, tra cui venture capital, business angel e aziende di private equity e così via. Questo ha permesso di fare analisi generali come, ad esempio, capire su quale segmento gli investitori fossero più attivi o, addentrandoci ancora più in profondità, capire quali possono essere le dinamiche operative, come manovre di coinvestimento tra venture capitalist e altre tipologie di finanziatori.

Il database si compone di 4 blocchi, il primo dedicato alle imprese, il secondo ai round di finanziamento, il terzo al collegamento tra i round di finanziamento e tutti gli investitori coinvolti in ognuno di questi e il quarto ai finanziatori.

Ogni voce (Impresa, Round di finanziamento e Investitori) è identificata tramite un codice univoco che ne richiama la tipologia:

- Startup: S_EU_xxx; S_USA_xxx;
- Round di finanziamento: R_EU_xxxx; R_USA_xxxx;
- Investitori: I_xxxx;

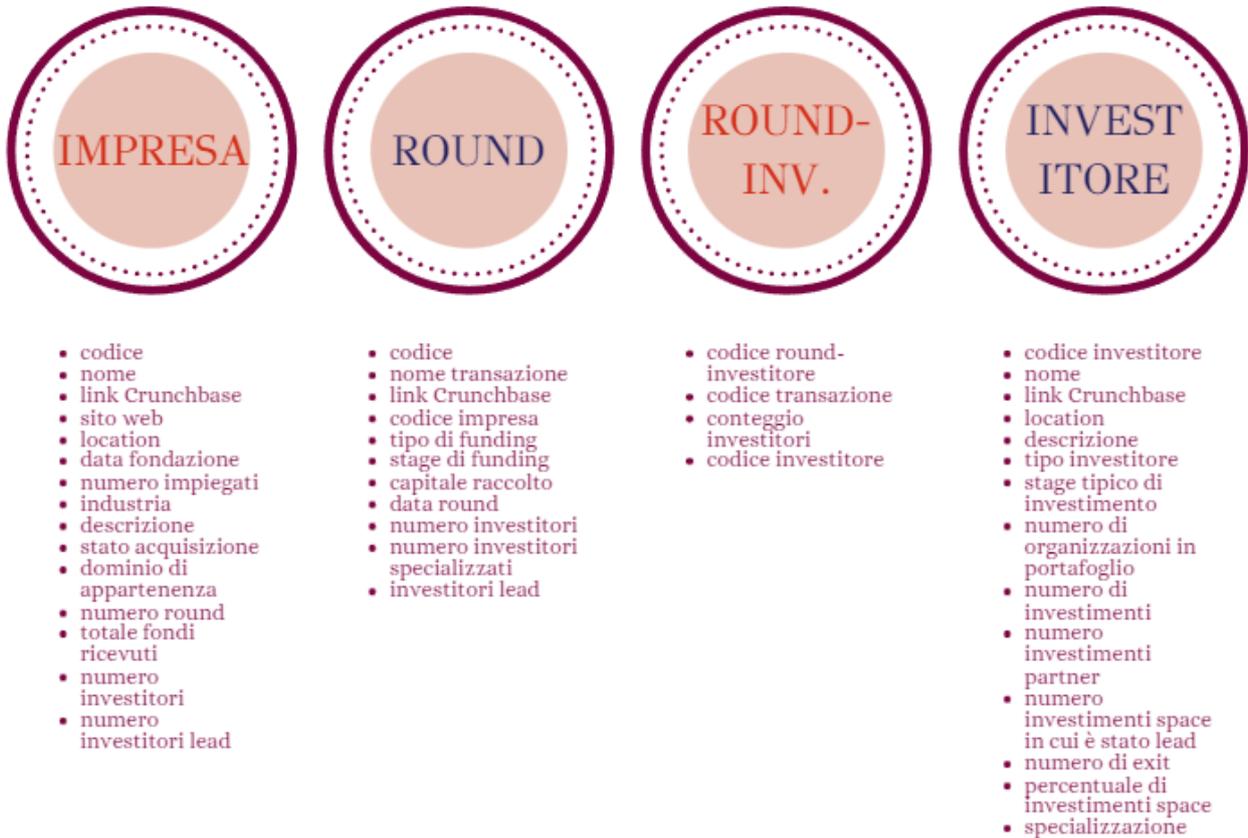


Figura 39: composizione database

BLOCCO I

Come detto, in questo blocco si trovano tutte le informazioni relative alle imprese: informazioni generali come il nome, la sede operativa, la data di fondazione, il numero di impiegati, e informazioni finanziarie, come il numero di round di finanziamento avuti e l'ammontare totale dei fondi che ha raccolto. Per raggruppare le imprese selezionate si è scelto di ricorrere alla suddivisione per domini vista nei capitoli precedenti:

- **Spacecraft Manufacturing:** comprende la progettazione e realizzazione di oggetti spaziali come satelliti, sonde e suoi componenti, ad esempio i sistemi di propulsione.
- **Launch Industry:** comprende tutte quelle industrie produttrici di lanciatori.
- **Ground Service:** in questa categoria rientrano le imprese che operano sulla Terra per monitorare e gestire gli oggetti lanciati nello spazio.
- **Space tourism:** comprende quelle start-up che offrono servizi di trasporto spaziale ai privati

cittadini.

- Space Situational Awareness: comprende le imprese che si occupano del tracciamento degli oggetti in orbita per prevedere dove saranno in un determinato momento, come detriti orbitali o asteroidi, dato che potenzialmente potrebbero essere una minaccia per i nuovi veicoli lanciati nello spazio.
- Exploitation of Space Resources: con questo termine ci si riferisce alle imprese che sfruttano le risorse che si trovano nello spazio, ad esempio all'interno degli asteroidi.
- Support Services and Technology: in questo dominio rientrano le imprese impegnate nella realizzazione di equipaggiamento, strumenti hardware e software di supporto agli altri domini del segmento upstream.
- Earth Observation: al suo interno raccoglie le imprese che si dedicano alla realizzazione di strumenti utili all'osservazione del nostro pianeta e all'elaborazione delle immagini.
- Satellite Navigation: comprende le imprese che utilizzano i sistemi di navigazione per diverse applicazioni.
- Satellite Communication: al suo interno sono presenti le aziende attive nel settore della comunicazione satellitare.
- Satellite Data Analysis: in questa categoria rientrano le imprese che gestiscono, analizzano e utilizzano i dati acquisiti tramite l'osservazione terrestre e il sistema di posizionamento.
- Research in Space: in questo segmento rientrano le imprese che portano avanti la ricerca direttamente nello spazio per sfruttare le caratteristiche di quest'ultimo, come la microgravità.
- Device: in quest'ultima categoria rientrano le imprese impegnate nella produzione di apparecchi, come micro-antenne che permettono lo sfruttamento sulla Terra delle risorse spaziali.

BLOCCO II

Il secondo blocco contiene le informazioni relative ai round di finanziamento come il nome dell'impresa beneficiaria, tipo e stadio del round, numero di partecipanti al round e capitale ottenuto.

BLOCCO III

La funzione principale di questo blocco è di mettere in relazione l'impresa con i suoi finanziatori ed è composto da quattro colonne: la prima serve come chiave per identificare univocamente la coppia round-investigatore, la successiva indica il codice del round di finanziamento, la terza funziona da contatore per tenere traccia del numero di investitori nel round, e infine l'ultima indica il codice

univoco dell'investitore. Logicamente, siccome in un round possono essere presenti più investitori e uno stesso investitore può aver partecipato a diversi round, uno stesso codice potrà essere ripetuto più volte (sia per il Round che per l'Investitore).

BLOCCO IV

In questo ultimo blocco si trovano le informazioni sui finanziatori, tra cui la tipologia, la sede, la specializzazione negli investimenti e l'ammontare totale investito.

I dati inseriti all'interno del database provengono in prevalenza da Crunchbase, una base dati che include informazioni su società, finanziamenti, membri fondatori, individui in posizioni di leadership, fusioni e acquisizioni, notizie e tendenze del settore. A completamento dei dati forniti da Crunchbase, non sempre esaustivi, è stata fatta in primo luogo una ricerca per ogni impresa all'interno del database. Attraverso i relativi siti web sono state aggiunte molte informazioni importanti relative alla loro missione e al loro posizionamento all'interno della space economy. Ulteriori dati, invece, sono stati recuperati dai profili LinkedIn e dalle interrogazioni sul database.

3.1 Segmentazione Europea

Delle 338 imprese mappate, 132 hanno sede nel continente Europeo. Si tratta principalmente di piccole-medie imprese con meno di 10 anni di vita.

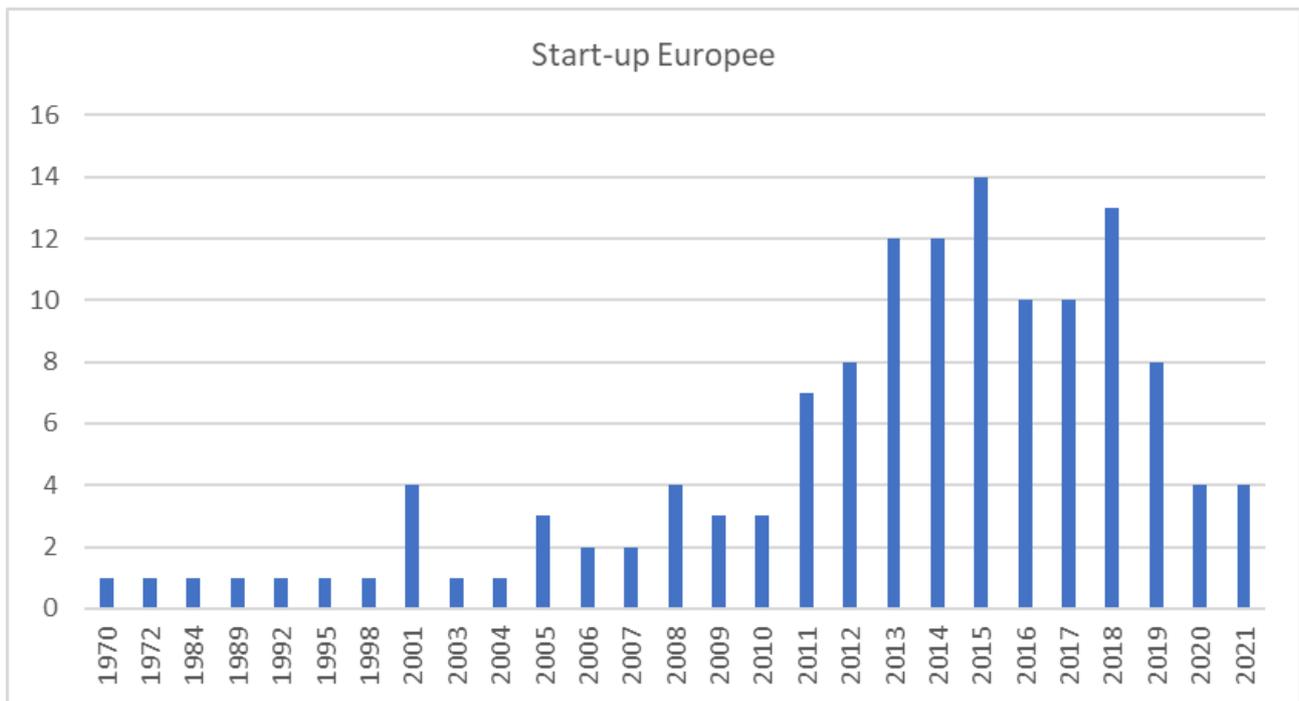


Figura 40: numero di imprese spaziali europee finanziate da venture capital

Com'era facilmente prevedibile il numero di imprese spaziali finanziate almeno una volta da venture capital è aumentato in particolar modo nell'ultimo decennio, periodo in cui questo ha iniziato a diffondersi su larga scala, come visto nel capitolo precedente, soprattutto nelle zone centro-ovest del nostro continente.

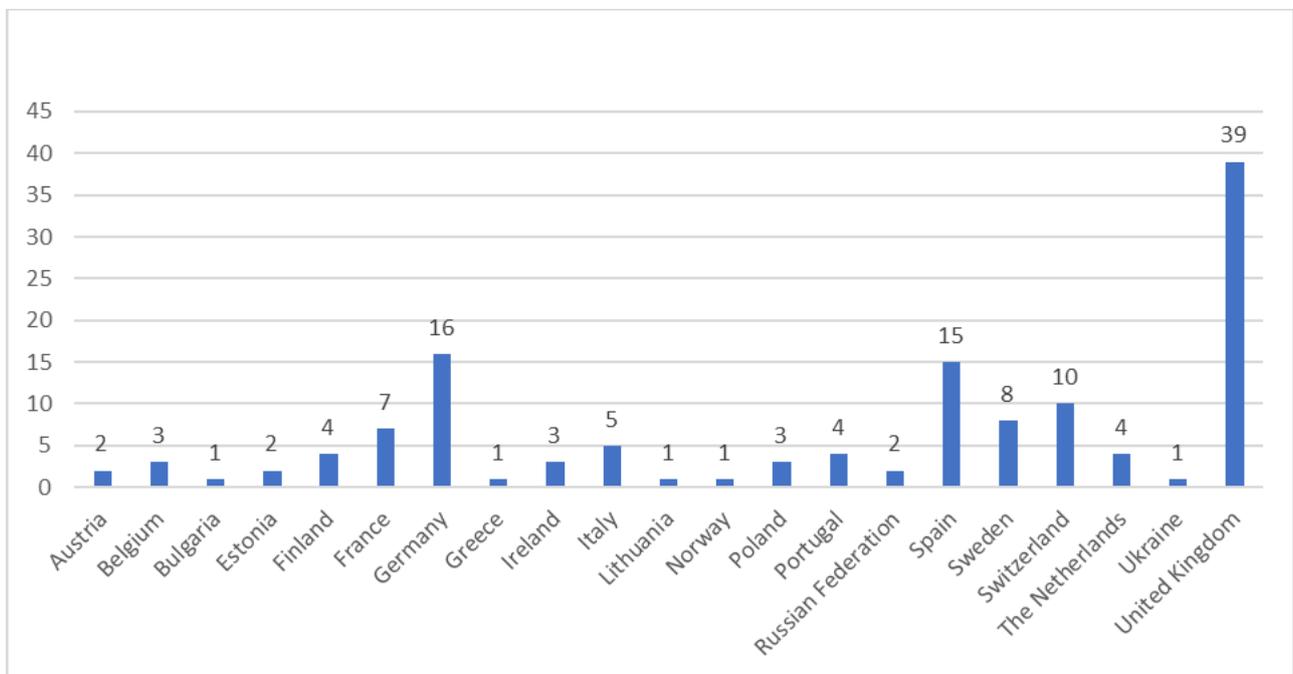


Figura 41: densità di imprese spaziali europee finanziate da venture capital

Come si nota dal grafico in figura 40, il Regno Unito è il paese in cui il venture capital spaziale è più attivo. Il motivo però non è solo dovuto alle tecnologie più avanzate ma al sistema economico

britannico orientato ai mercati, che favorisce l'ingresso di investitori privati. Sempre a conferma di quanto accennato a livello generale nel precedente capitolo, le altre nazioni con un numero importante di venture capitalist sono la Germania e la Spagna. Allo stesso tempo però all'interno dei suoi confini si concentrano in particolar modo le piccole imprese dato che quasi la totalità delle aziende possiede 10 o meno dipendenti. Viceversa, le imprese più grandi hanno sede principalmente in Scandinavia e nel Centro Europa.

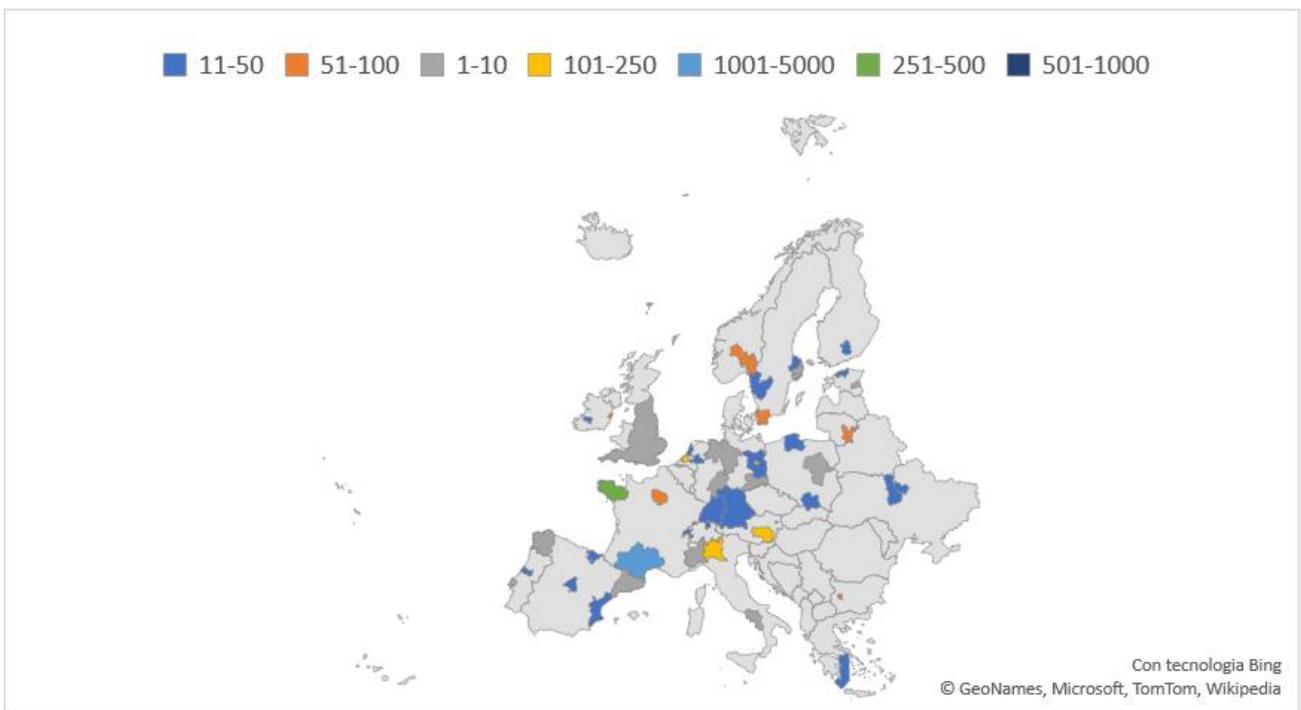


Figura 42: densità di imprese spaziali europee finanziate da venture capital e divise per dimensione

La quota predominante delle imprese considerate appartiene al segmento downstream, circa 50% delle imprese selezionate, e solo una piccola parte si impegna sia in progetti "verso lo spazio" che "verso la Terra".

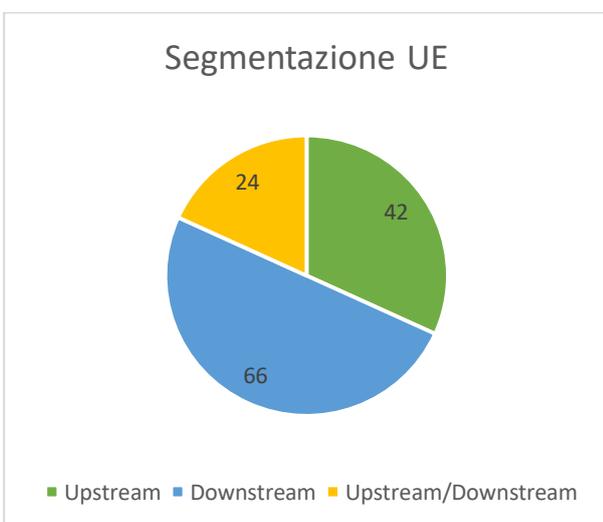


Figura 43: segmentazione di imprese spaziali europee finanziate da venture capital

Da questa analisi è possibile dedurre che gli investitori di venture capital europei hanno logicamente un interesse maggiore per il segmento "verso la Terra" dato che, come spiegato nel primo capitolo, è il segmento con le opportunità di business più profittevoli, sia per quanto riguarda quelle già esplorate che quelle ancora da esplorare. Per un'analisi ancora più approfondita la precedente suddivisione è stata ulteriormente ramificata in diversi domini.

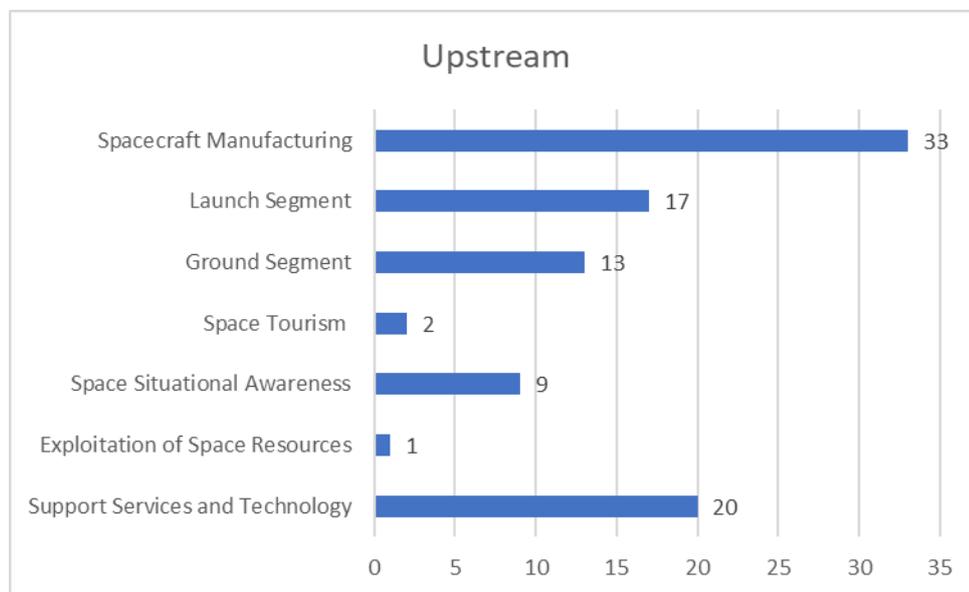


Figura 44: suddivisione per dominio di imprese spaziali europee finanziate da venture capital

Per quanto concerne il segmento upstream, il dominio a cui appartiene il maggior numero di imprese finanziate da venture capitalist è la produzione di veicoli spaziali. Infatti, nuove tecnologie come l'additive manufacturing e la stampa 3D sono in grado di soddisfare al meglio i nuovi requisiti di sicurezza e di peso necessari per il lancio dei satelliti di nuova generazione. Un'altra tendenza che si sta facendo strada riguarda la realizzazione di strutture dispiegabili su misura per i nano-satelliti le quali permettono una notevole riduzione del volume e di conseguenza del costo di lancio. Infine, a bordo della ISS iniziano a essere prodotte nuove aggiunte commerciali alla sua struttura. Il secondo dominio per numero di imprese riguarda i servizi e la tecnologia di supporto ai veicoli spaziali. Il dominio è molto generico e comprende sistemi di microelettronica di bordo, servizi di consegna dei pezzi più rapidi e software per una gestione migliore del veicolo in orbita. Al terzo posto si trova il dominio dei lanciatori per il rilascio dei satelliti in slot orbitali precisi e indipendenti e al minor costo possibile. Inoltre, alcune delle imprese appartenenti a questo dominio hanno già realizzato razzi riutilizzabili che non producono alcun tipo di detrito durante il trasporto e la fase di discesa.

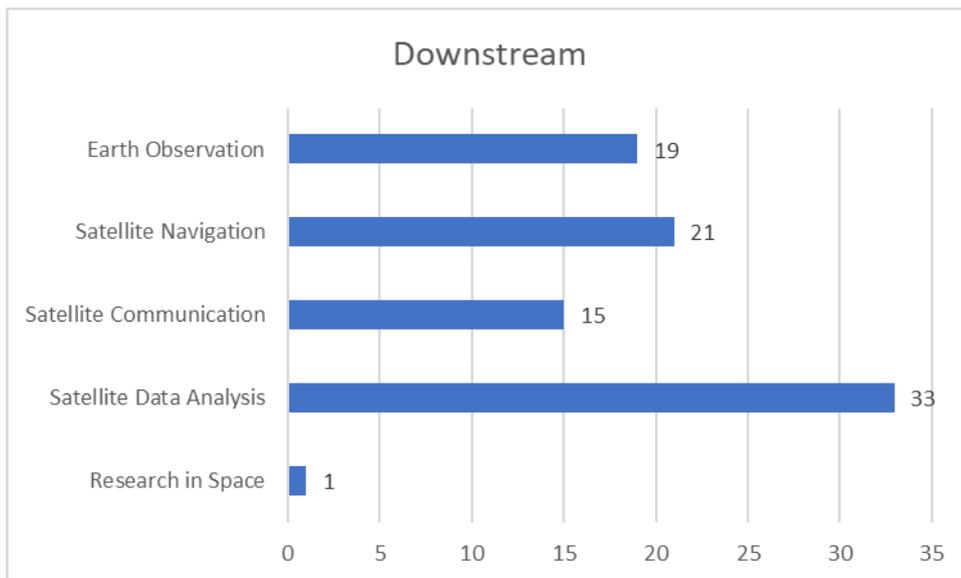


Figura 45: suddivisione per dominio di imprese spaziali europee finanziate da venture capital

Il numero di imprese del segmento downstream si distribuisce abbastanza equamente nei vari domini fatta eccezione per l'ambito delle ricerche scientifiche nello spazio. Ovviamente il più diffuso è il settore dell'analisi sui dati satellitari in quanto recupera i dati ottenuti dai due domini di Osservazione della Terra e Navigazione satellitare e li elabora a seconda delle necessità dei diversi clienti, dal monitoraggio dello spazio aereo, dei campi agricoli, del clima, fino al marketing mirato. Come detto, la ricerca e la sperimentazione scientifica spaziale non si sono ancora diffuse su larga scala ma i primi esperimenti hanno iniziato a prendere piede. Ad esempio, condurre queste attività nell'orbita terrestre permette di sfruttare la microgravità che, se utilizzata come piattaforma di innovazione, produce soluzioni che semplicemente non esistono o non possono esistere sulla Terra. Infatti, questa può influenzare le proprietà fisiche dei materiali e dei fluidi, nonché dei sistemi biologici aprendo le porte a nuove capacità e vantaggi per la tecnologia, i materiali e le industrie biomediche.

3.2 Segmentazione Americana

Il contesto americano sembra anch'esso ripercorrere gli schemi visti nel panorama europeo riguardo il numero di imprese con meno di un decennio di vita finanziate da fondi di venture capital.

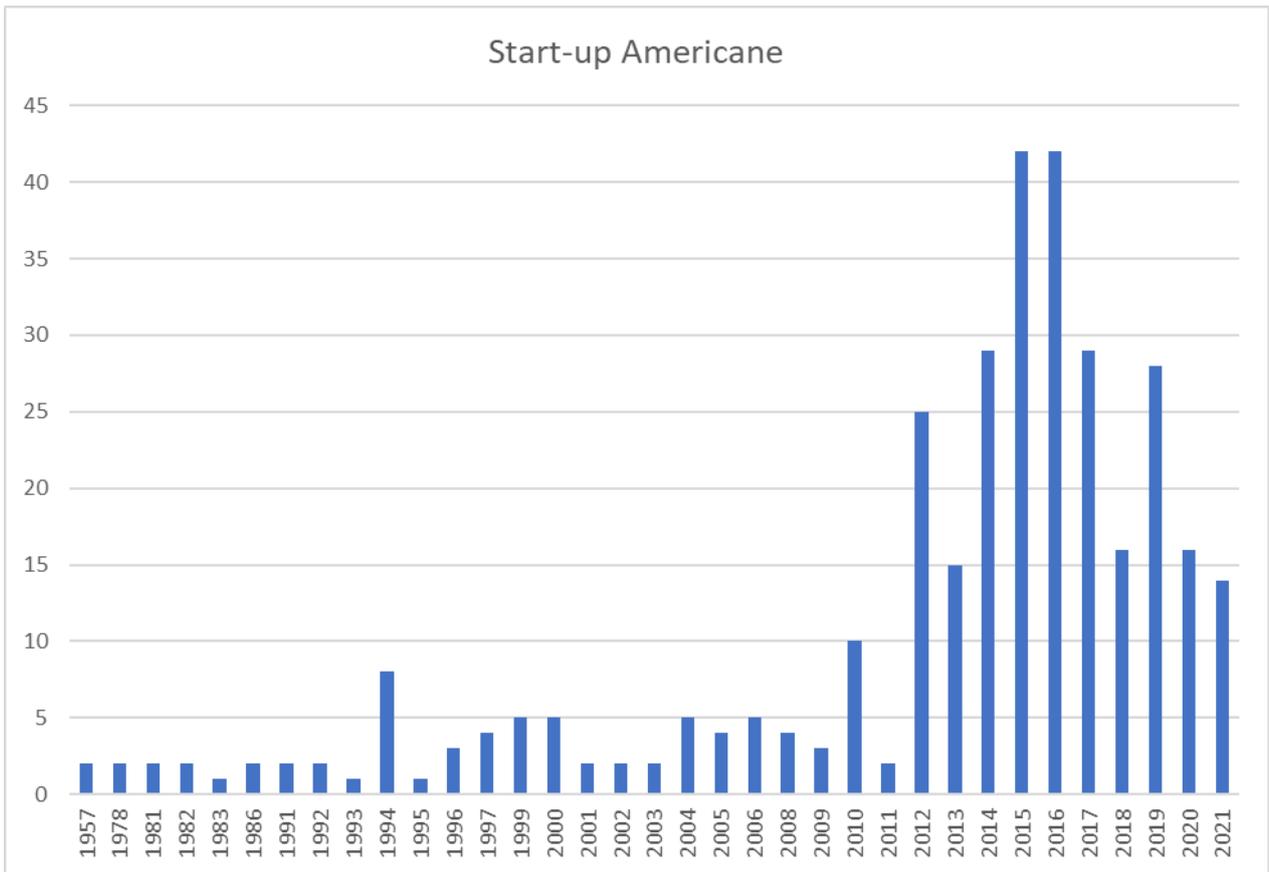


Figura 46: imprese spaziali statunitensi finanziate da venture capital

La California, centro globale per l'alta tecnologia, l'innovazione e il capitale di rischio, è la sede principale di queste imprese e ne raccoglie 88, quasi il 43% del totale. Al secondo e al terzo posto troviamo il Colorado e lo stato di Washington.

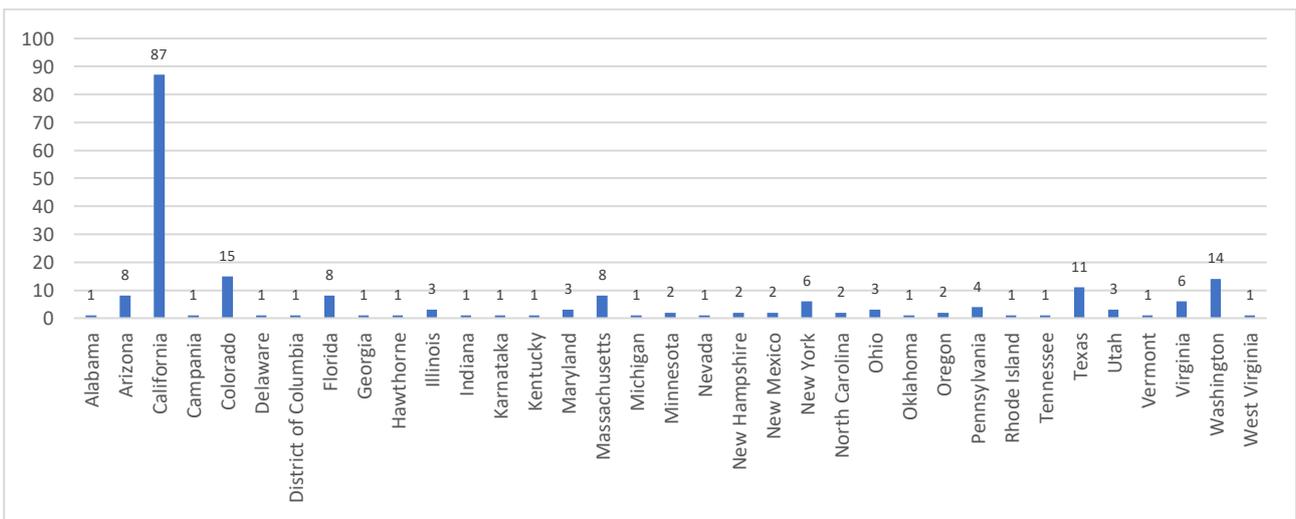


Figura 47: densità di imprese spaziali statunitensi finanziate da venture capital

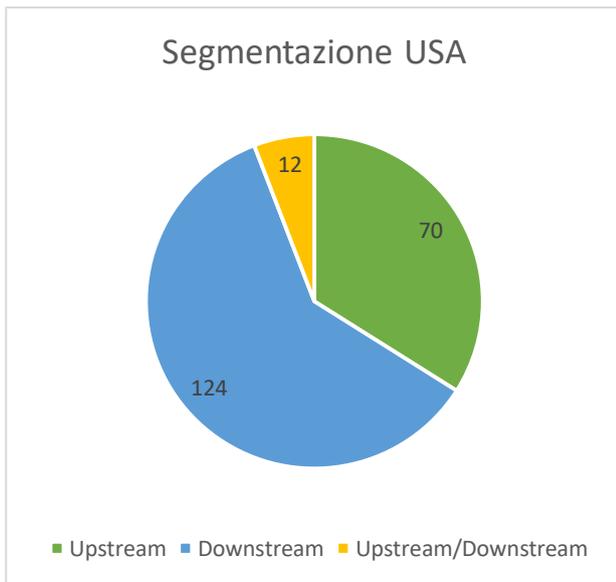


Figura 48: segmentazione di imprese spaziali statunitensi finanziate da venture capital

Mettendo ancora in relazione la regione europea e statunitense si nota come la percentuale delle imprese nel settore upstream sia pressoché la stessa, mentre risulta essere superiore la percentuale di imprese del downstream.

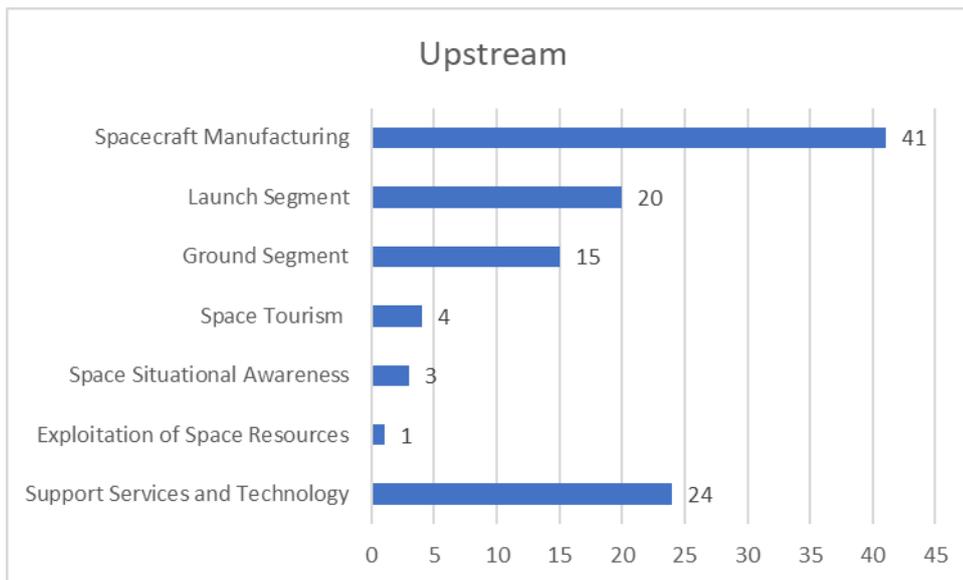


Figura 49: suddivisione per dominio di imprese spaziali statunitensi finanziate da venture capital

Anche la suddivisione in domini del segmento upstream sembra essere la stessa in proporzione, fatta eccezione per il dominio della consapevolezza della situazione spaziale che ha attirato meno l'attenzione del venture capital rispetto a quanto successo in Europa.

Per quanto riguarda il segmento downstream il venture capital, soprattutto, negli ultimi anni, si è interessato a diverse imprese che si occupano di osservazione della Terra, di comunicazione satellitare ma soprattutto di ricerca nello spazio. Infine, a differenza del caso europeo, hanno dimostrato interesse in 6 imprese impegnate nella realizzazione di device terrestri che si appoggiano alla

tecnologia spaziale.

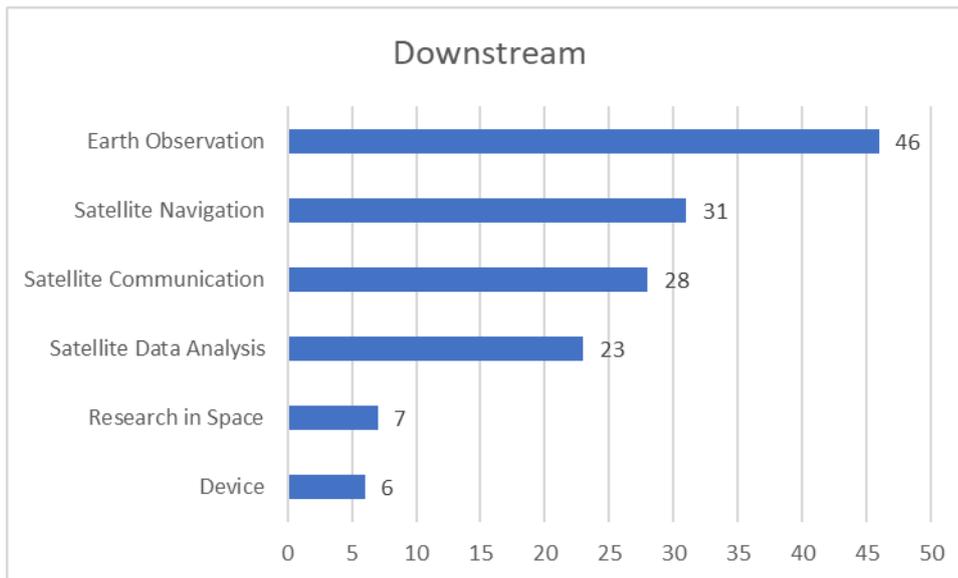


Figura 50: suddivisione per dominio di imprese spaziali statunitensi finanziate da venture capital

3.3 Finanziamenti

Successivamente allo studio di dimensionamento del mercato e della collocazione di ogni impresa nel dominio di appartenenza è stata condotta un'analisi sui finanziamenti che queste hanno ottenuto. Come era facile intuire, le imprese statunitensi hanno ottenuto un ammontare di fondi esterni maggiore.

| Importo totale dei finanziamenti per area geografica | | | |
|------------------------------------------------------|----|--------|---------|
| EU | \$ | 7.484 | 28,06% |
| USA | \$ | 19.189 | 71,94% |
| Tot | \$ | 26.673 | 100,00% |

Figura 51: saldo dei finanziamenti delle imprese spaziali selezionate (dati in mln di \$)

In Europa la quasi totalità dei finanziamenti è stata destinata a start-up britanniche che hanno ricevuto più di 5,5 miliardi di dollari corrispondenti a circa il 74% del totale. Quindi per una questione visiva questo dato non è stato inserito nel grafico seguente che invece descrive geograficamente i fondi ottenuti dagli altri paesi europei.

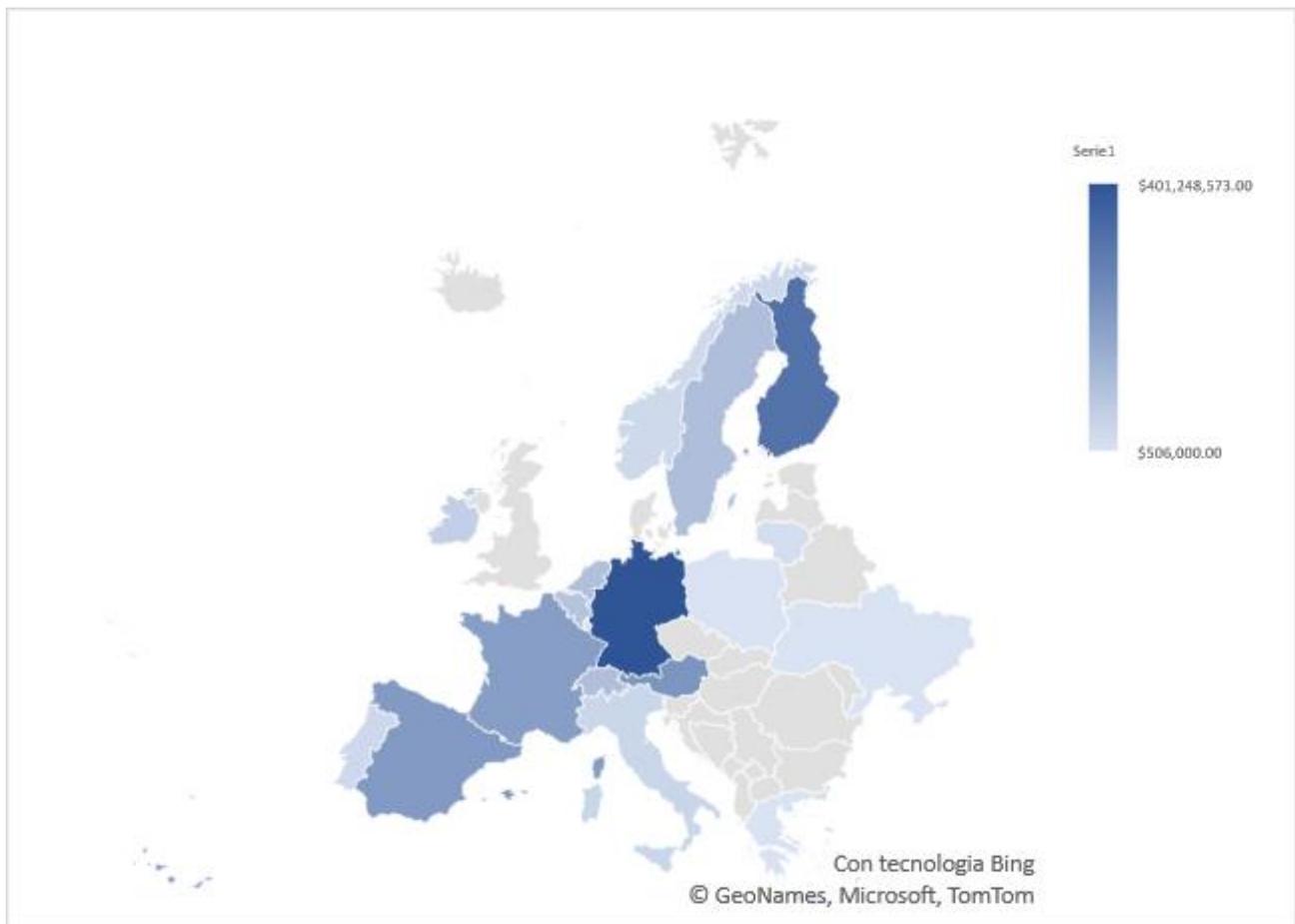


Figura 52: finanziamenti a imprese spaziali europee (eccetto il Regno Unito)

Germania, Finlandia e Austria, dopo il Regno Unito, sono le nazioni le cui imprese spaziali hanno ottenuto i maggiori finanziamenti. Il Paese tedesco è secondo in questa particolare classifica, ma la sua industria spaziale ha raccolto solo 401 milioni di dollari, circa il 5% del totale europeo.

Negli Stati Uniti il trend risulta molto simile, in quanto le imprese californiane hanno ottenuto insieme quasi tre volte i finanziamenti registrati nei restanti stati americani sommati insieme. Secondo i dati forniti da Crunchbase, infatti, quasi 14 miliardi di dollari sono serviti a finanziare le imprese spaziali con sede in California, mentre i dati su quelle con sede negli altri stati sono mostrati nel grafico seguente.

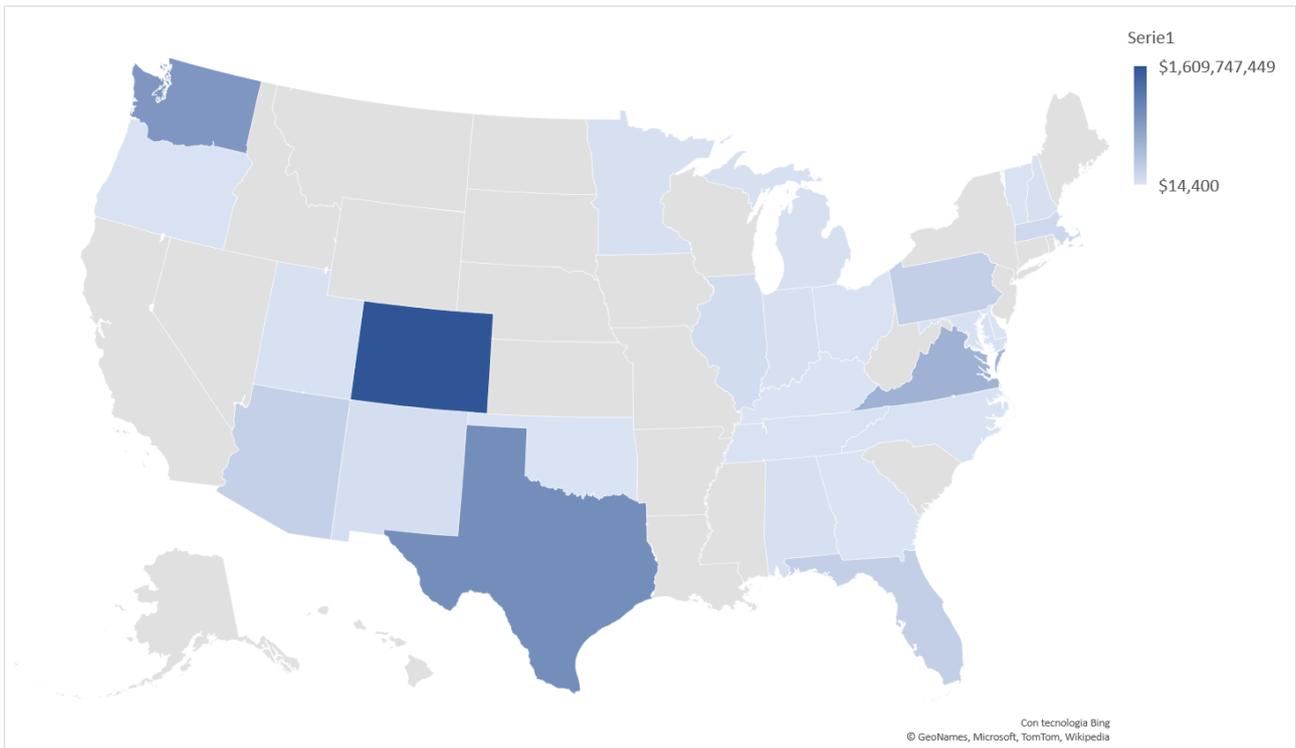


Figura 53: finanziamenti a imprese spaziali statunitensi (eccetto la California)

Facendo un breve confronto con la mappa che rappresenta la densità delle piccole-medie imprese americane si vede subito che l'area nord-est degli Stati Uniti, caratterizzata da un alto numero di piccole-medie imprese, è anche l'area che ha ricevuto nel complesso un quantitativo minore di finanziamenti. Ma qual è il numero di imprese che ha ricevuto finanziamenti entro un certo range? La risposta è nel grafico seguente.

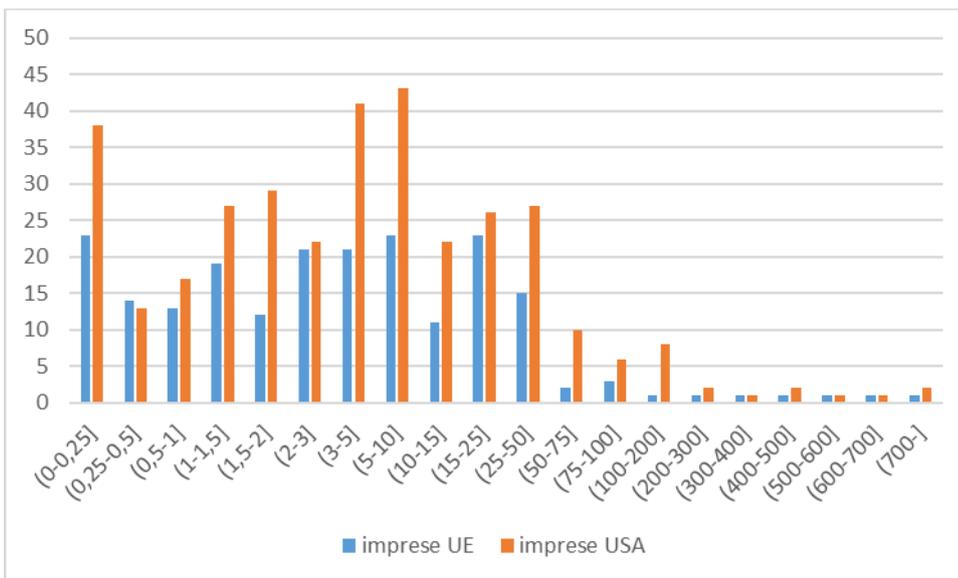


Figura 54: numero di imprese che ha ricevuto fondi appartenenti a un determinato range dal 2016 (dati in mln di \$)

In questa rappresentazione viene mostrato il numero di imprese che ha ricevuto un round di finanziamento entro un determinato range variabile dal 2016 ad oggi. Molte imprese hanno

ottenuto finanziamenti diversi in diversi round, quindi una stessa azienda potrebbe appartenere a più di queste categorie. Fatta questa premessa, si nota che la maggior parte delle imprese selezionate ha ricevuto finanziamenti compresi tra i 5 e i 10 milioni di dollari, anche se c'è un numero importante di imprese che ha ottenuto da un singolo round 50 milioni di dollari. Un altro dato interessante è che il numero di imprese europee e statunitensi che hanno raccolto da un singolo round più di 200 milioni di dollari, è pressoché lo stesso. Le uniche tre imprese ad aver ottenuto più di 700 milioni di dollari da un singolo round sono state in Europa, OneWeb, e in America Sierra Space e SpaceX.

3.3.1 Capacità di raccolta per segmento

Per uno studio migliore, si è voluto poi analizzare la capacità delle imprese selezionate di attirare negli anni l'interesse degli investitori privati e quindi di ottenere dei finanziamenti maggiori.

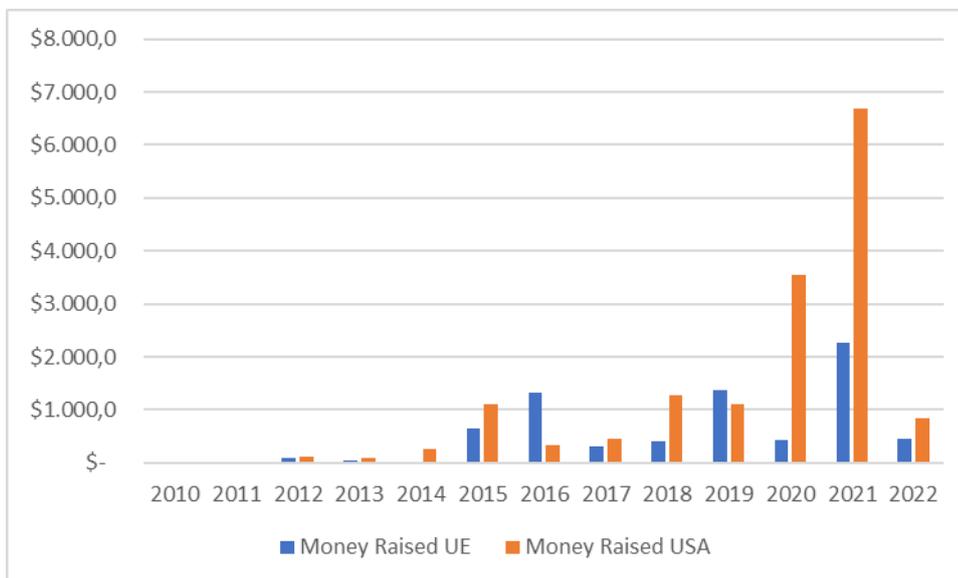


Figura 55: Importo totale dei finanziamenti alle start-up dal 2010 (dati in mln di \$)

Come si vede dal grafico in figura 55 i finanziamenti hanno iniziato a crescere solo dal 2015, perché, come spiegato nei capitoli precedenti, la space economy non aveva ancora attratto l'interesse di investitori privati. Il 2020 è l'anno in cui si registra la differenza maggiore tra i finanziamenti effettuati alle imprese europee e statunitensi. La principale spiegazione è data dalla pandemia del Covid-19, che ha bloccato economicamente il continente europeo a differenza di quanto successo negli Stati Uniti. Infine, i dati sull'anno in corso non sono strettamente realistici in quanto imprese e investitori tendono ad inserire i propri dati sulla piattaforma Crunchbase solo al termine dell'anno.

Addentrando ancora più nello specifico è stato possibile effettuare un'analisi su quale segmento

(upstream o downstream) avesse una capacità di raccolta maggiore nei diversi continenti. Attenzione però: le quantità numeriche sono solamente "potenziali" in quanto un round, caratterizzato da un certo ammontare, potrebbe fare riferimento a un'impresa la cui tecnologia appartiene sia al segmento upstream sia al segmento downstream. Non essendo possibile individuare esattamente la divisione del budget tra i segmenti, in questo caso, è come se l'ammontare del round rientrasse in entrambe le categorie raddoppiandone così il valore. Inoltre, non si può neanche essere sicuri che il finanziamento venga dedicato solo in progetti spaziali, in quanto molte delle imprese selezionate non appartengono solo al settore spaziale ma a quello più vasto dell'aerospaziale. Fatta questa premessa, i dati sulla capacità di raccolta sono riportati nei seguenti grafici

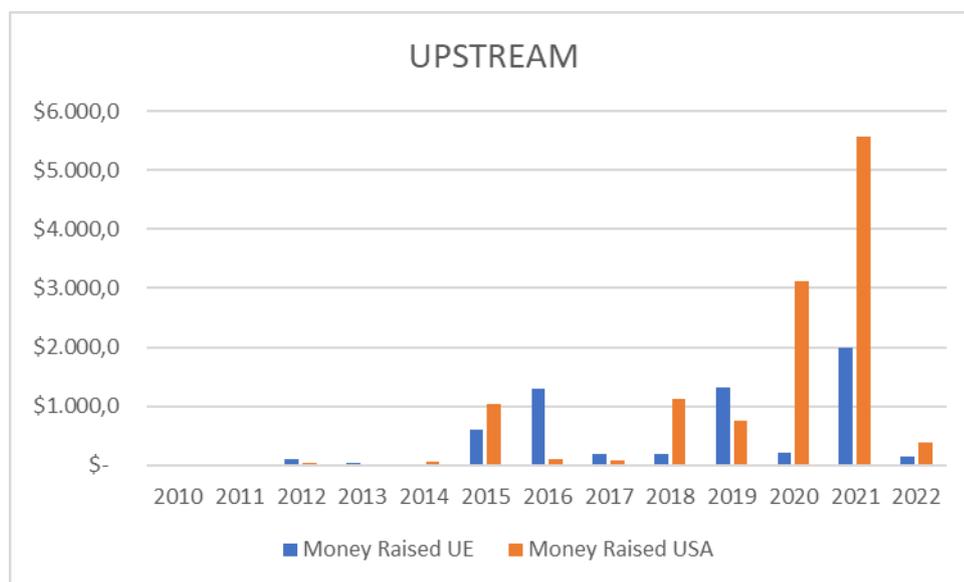


Figura 56: capacità di raccolta del segmento upstream (dati in mln di \$)

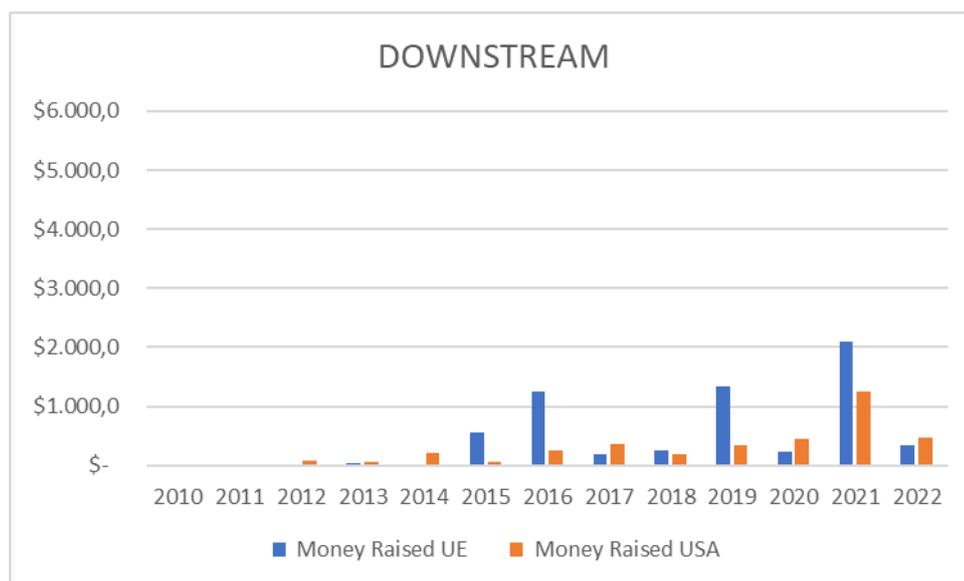


Figura 57: capacità di raccolta del segmento downstream (dati in mln di \$)

La differenza tra le due aree geografiche è sostanziale. In Europa i due segmenti sembrano creare lo

stesso interesse verso il venture capital dato che la mole di finanziamenti negli anni è stata pressoché la medesima. Un parametro che sicuramente influenza questo risultato è il numero di imprese la cui area di competenza non è confinata solamente in uno di questi segmenti. Infatti, la percentuale di questa tipologia di impresa rappresenta in Europa quasi il 20% del campione selezionato. Negli Stati Uniti sembra essere l'opposto: i finanziatori delle imprese selezionate con sede in questo luogo sono più inclini a finanziare le tecnologie del segmento upstream. Molto probabilmente il motivo è che in questo segmento ci sono meno imprese ma più consolidate. Queste imprese in aggregato hanno ricevuto più di 12 miliardi di dollari dal 2010, circa il 324% dei fondi ricevuti dal downstream americano. Più precisamente tra il 2018 e il 2021 hanno ricevuto finanziamenti di almeno tre volte superiori rispetto ai finanziamenti del segmento "verso la Terra". Quest'ultimo però ha riscontrato successo in Europa. Infatti, la capacità di raccolta del downstream americano viene superata dal downstream europeo, in quanto negli anni in esame, è stato finanziato per 3,7 miliardi di dollari contro i 6,3 registrati nel nostro continente.

3.3.2 Capacità di raccolta per dominio

Di seguito è proposta una tipologia di analisi simile alla precedente, ma con un grado di dettaglio maggiore, in quanto vengono riportati i round di finanziamento categorizzati secondo il dominio o i domini a cui appartengono le imprese. Anche in questo caso rimane il problema di potersi trovare di fronte a una società appartenente a più di un dominio, per cui anche questa volta i valori finanziari sono solo "potenziali".

Tabella 4: finanziamenti per i domini Spacecraft Manufacturing, Launch Segment, Ground Segment (dati in mln di \$)

| Year | Spacecraft Manufacturing | | Launch Segment | | Ground Segment | |
|------|--------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA |
| 2010 | \$ - | \$ 2,5 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2011 | \$ - | \$ 0,3 | \$ 0,4 | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2012 | \$ - | \$ 43,2 | \$ 2,4 | \$ 36,0 | \$ - | \$ 36,0 |
| 2013 | \$ 25,4 | \$ 19,1 | \$ 1,7 | \$ 7,5 | \$ - | \$ 7,5 |
| 2014 | \$ 4,7 | \$ 45,7 | \$ 9,0 | \$ 21,6 | \$ 1,7 | \$ 21,1 |
| 2015 | \$ 511,7 | \$ 1.005,2 | \$ 2,1 | \$ 1.033,6 | \$ 1,3 | \$ 1.021,0 |
| 2016 | \$ 1.244,9 | \$ 20,1 | \$ 8,5 | \$ 59,6 | \$ 1,1 | \$ 48,8 |
| 2017 | \$ 12,4 | \$ 38,0 | \$ 1,6 | \$ 44,5 | \$ 65,3 | \$ 29,5 |
| 2018 | \$ 39,8 | \$ 767,0 | \$ 60,0 | \$ 1.034,3 | \$ 0,3 | \$ 999,3 |
| 2019 | \$ 1.265,3 | \$ 595,5 | \$ 29,0 | \$ 681,7 | \$ 13,5 | \$ 539,3 |
| 2020 | \$ 26,8 | \$ 2.306,8 | \$ 146,9 | \$ 2.839,0 | \$ 4,7 | \$ 2.339,0 |
| 2021 | \$ 1.868,6 | \$ 4.181,2 | \$ 130,4 | \$ 3.590,7 | \$ 24,1 | \$ 2.940,7 |
| 2022 | \$ 122,3 | \$ 162,5 | \$ 51,1 | \$ 192,0 | \$ 45,5 | \$ 165,0 |
| TOT | \$ 5.122,0 | \$ 9.187,0 | \$ 443,1 | \$ 9.540,4 | \$ 157,6 | \$ 8.147,1 |

Tabella 5: finanziamenti per i domini Space Tourism, Space Situational Awareness, Exploitation of Space Resources (dati in mln di \$)

| Year | Space Tourism | | Space Situational Awareness | | Exploitation of Space Resources | |
|------|-----------------|------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
| | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA |
| 2010 | \$ 0,3 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2011 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2012 | \$ 92,6 | \$ 30,0 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2013 | \$ 5,0 | \$ 0,3 | \$ - | \$ 0,5 | \$ - | \$ - |
| 2014 | \$ - | \$ 7,2 | \$ 5,0 | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2015 | \$ 37,3 | \$ 1.000,0 | \$ - | \$ 0,2 | \$ - | \$ - |
| 2016 | \$ - | \$ 15,0 | \$ 10,0 | \$ - | \$ 28,7 | \$ - |
| 2017 | \$ 2,0 | \$ - | \$ - | \$ 0,1 | \$ - | \$ - |
| 2018 | \$ 53,3 | \$ 762,7 | \$ - | \$ - | \$ 16,9 | \$ - |
| 2019 | \$ - | \$ 538,7 | \$ 0,6 | \$ - | \$ - | \$ 0,9 |
| 2020 | \$ 0,3 | \$ 2.253,2 | \$ 0,4 | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2021 | \$ 1,0 | \$ 3.710,8 | \$ 7,3 | \$ - | \$ - | \$ 2,0 |
| 2022 | \$ - | \$ 70,0 | \$ 2,8 | \$ 166,3 | \$ - | \$ - |
| TOT | \$ 191,9 | \$ 8.387,8 | \$ 26,1 | \$ 167,1 | \$ 45,6 | \$ 2,9 |

Tabella 6: finanziamenti per Support Services and Technology (dati in mln di \$)

| Year | Support Services and Technology | |
|------|---------------------------------|------------------|
| | Money Raised UE | Money Raised USA |
| 2010 | \$ 11,4 | \$ - |
| 2011 | \$ - | \$ - |
| 2012 | \$ - | \$ - |
| 2013 | \$ 5,4 | \$ - |
| 2014 | \$ 3,9 | \$ 1,0 |
| 2015 | \$ 60,5 | \$ 1,0 |
| 2016 | \$ 20,5 | \$ 5,2 |
| 2017 | \$ 120,0 | \$ 2,7 |
| 2018 | \$ 30,2 | \$ 31,1 |
| 2019 | \$ 26,3 | \$ 27,7 |
| 2020 | \$ 40,7 | \$ 211,6 |
| 2021 | \$ 18,0 | \$ 56,6 |
| 2022 | \$ 63,2 | \$ 100,9 |
| TOT | \$ 400,2 | \$ 437,6 |

Tabella 7: finanziamenti totali dal 2010 per ogni dominio del segmento upstream (dati in mln di \$)

| Domain | Money Raised UE | Money Raised USA |
|---------------------------------|-----------------|------------------|
| Spacecraft Manufacturing | \$ 5.122,0 | \$ 9.187,0 |
| Launch Segment | \$ 443,1 | \$ 9.540,4 |
| Ground Segment | \$ 157,6 | \$ 8.147,1 |
| Space Tourism | \$ 191,9 | \$ 8.387,8 |
| Space Situational Awareness | \$ 26,1 | \$ 167,1 |
| Exploitation of Space Resources | \$ 45,6 | \$ 2,9 |
| Support Services and Technology | \$ 400,2 | \$ 437,6 |
| Support Services and Technology | \$ 400,2 | \$ 437,6 |

Il risultato di questa analisi porta ad affermare che in generale i domini spaziali upstream a cui sono più interessati i venture capitalist sono la produzione e il lancio di veicoli spaziali.

Però solo il primo vede competere le imprese europee e statunitensi in quanto capitale raccolto, ovviamente in proporzione al numero di imprese.

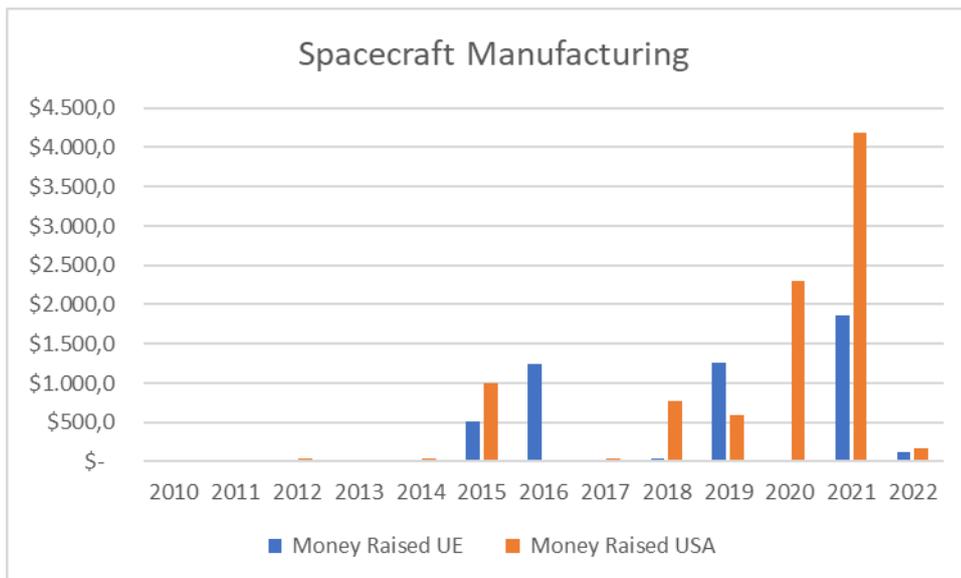


Figura 58: capacità di raccolta del dominio spacecraft manufacturing europeo e statunitense (dati in mln di \$)

Nonostante questo dato possa sembrare in controtendenza rispetto a quanto affermato circa la saturazione del mercato della produzione di oggetti spaziali, in realtà concorda con la tendenza degli ultimi anni circa l'aumento del lancio di smallsats e altre tipologie di satelliti. Inoltre, essendo il dominio più maturo è normale pensare che sia quello che ha ricevuto la maggior parte dei finanziamenti negli ultimi anni.

Un altro dato particolare è che negli Stati Uniti le imprese appartenenti al dominio del lancio, delle operazioni a Terra e del turismo spaziale ottengono finanziamenti 20, 30, 40 volte maggiori rispetto al nostro continente. Questo dato è in parte fuorviante in quanto una buona parte delle imprese statunitensi lavora in due o più di questi domini. In particolare, risulta che quasi la totalità delle imprese appartenenti al dominio dell'industria del lancio americano appartiene anche al dominio di terra, mentre in Europa non si riscontra questa tendenza. Contemporaneamente, sempre all'interno dei confini americani, alcune imprese della fabbricazione spaziale si occupano anche del turismo spaziale. Tutte queste particolarità portano a gonfiare i finanziamenti per i suddetti domini.

Il caso del dominio della consapevolezza della situazione spaziale è abbastanza particolare poiché sono stati i finanziatori privati delle imprese europee i primi ad interessarsi ma, come si vede in tabella 7, recentemente solo in America si è riscontrata una mole notevole di investimenti. Uno slancio verso i nuovi sviluppi della new space economy è portato invece dai privati che investono in imprese europee che cercano di sfruttare le risorse che si trovano nello spazio: tra il 2016 e il 2018 sono stati raccolti ben 45 milioni di dollari, un valore molto al di sopra rispetto al caso americano.

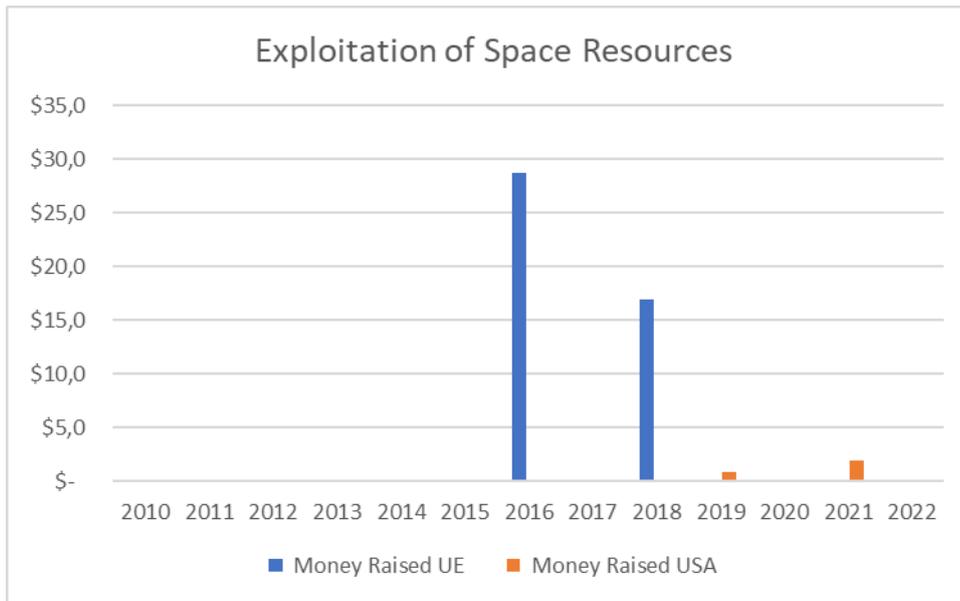


Figura 59: capacità di raccolta del dominio exploitation of space resources europeo e statunitense (dati in mln di \$)

Come già accennato il segmento downstream sembra essere più simile tra le due regioni ma vediamo nel dettaglio.

Tabella 7: finanziamenti per i domini Earth Observation, Satellite Navigation e Satellite Communication (dati in mln di \$)

| Year | Earth Observation | | Satellite Navigation | | Satellite Communication | |
|------|-------------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA |
| 2010 | \$ 0,3 | \$ - | \$ - | \$ 9,4 | \$ 8,7 | \$ 4,0 |
| 2011 | \$ - | \$ 1,5 | \$ - | \$ 0,8 | \$ - | \$ 0,3 |
| 2012 | \$ 3,0 | \$ 15,7 | \$ 1,1 | \$ 4,7 | \$ 0,0 | \$ 31,0 |
| 2013 | \$ 20,5 | \$ 0,3 | \$ 1,2 | \$ 0,3 | \$ 21,4 | \$ 50,0 |
| 2014 | \$ 1,1 | \$ 166,1 | \$ 4,9 | \$ 166,4 | \$ 9,6 | \$ 20,0 |
| 2015 | \$ 18,5 | \$ 22,1 | \$ 21,5 | \$ 13,5 | \$ 514,0 | \$ 3,7 |
| 2016 | \$ 14,4 | \$ 38,5 | \$ 24,8 | \$ 51,7 | \$ 1.208,4 | \$ 84,0 |
| 2017 | \$ 2,7 | \$ 139,4 | \$ 117,2 | \$ 67,1 | \$ 75,0 | \$ 138,0 |
| 2018 | \$ 21,7 | \$ 48,2 | \$ 126,7 | \$ 55,8 | \$ 3,1 | \$ 33,3 |
| 2019 | \$ 23,4 | \$ 194,1 | \$ 30,0 | \$ 106,6 | \$ 1.284,2 | \$ 60,5 |
| 2020 | \$ 18,5 | \$ 57,5 | \$ 103,9 | \$ 74,2 | \$ 8,8 | \$ 224,7 |
| 2021 | \$ 115,4 | \$ 321,8 | \$ 119,5 | \$ 118,7 | \$ 1.841,0 | \$ 331,0 |
| 2022 | \$ 80,8 | \$ 138,2 | \$ 13,9 | \$ 100,0 | \$ 43,7 | \$ 177,7 |
| TOT | \$ 320,1 | \$ 1.143,4 | \$ 564,6 | \$ 769,1 | \$ 5.017,9 | \$ 1.158,2 |

Per quanto riguarda il dominio dell'Earth Observation c'è una differenza abissale tra le due regioni. Negli Stati Uniti i finanziamenti sono stati decisamente maggiori e anche regolari se consideriamo intervalli di due anni. Diverso è il caso della navigazione satellitare in cui sia le imprese americane che quelle europee hanno ricevuto all'incirca le stesse somme nell'arco degli ultimi 5 anni, escludendo il 2022.

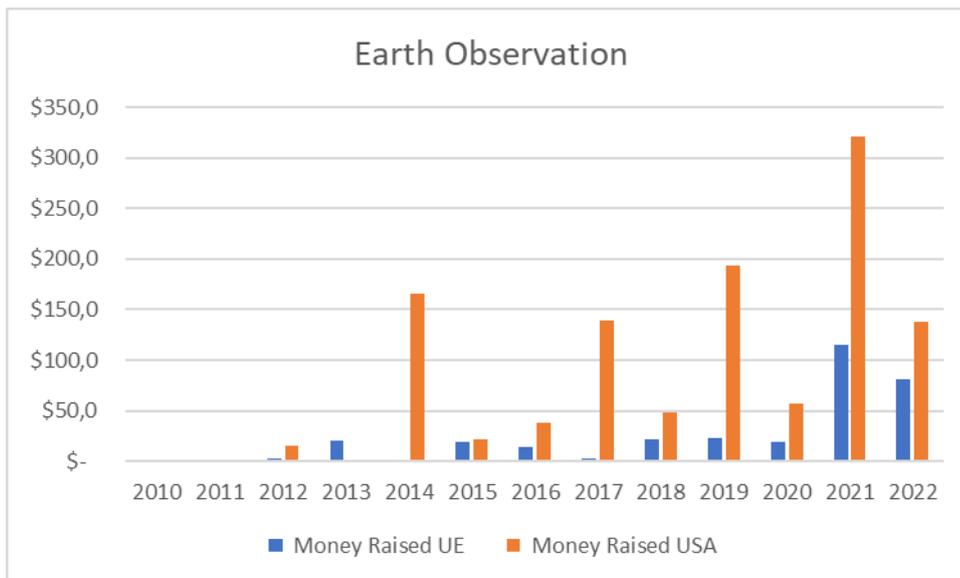


Figura 60: capacità di raccolta del dominio earth observation europeo e statunitense (dati in mln di \$)

Il dominio della comunicazione satellitare, invece, ha una forte capacità di raccolta rispetto agli altri, soprattutto nel mercato europeo.

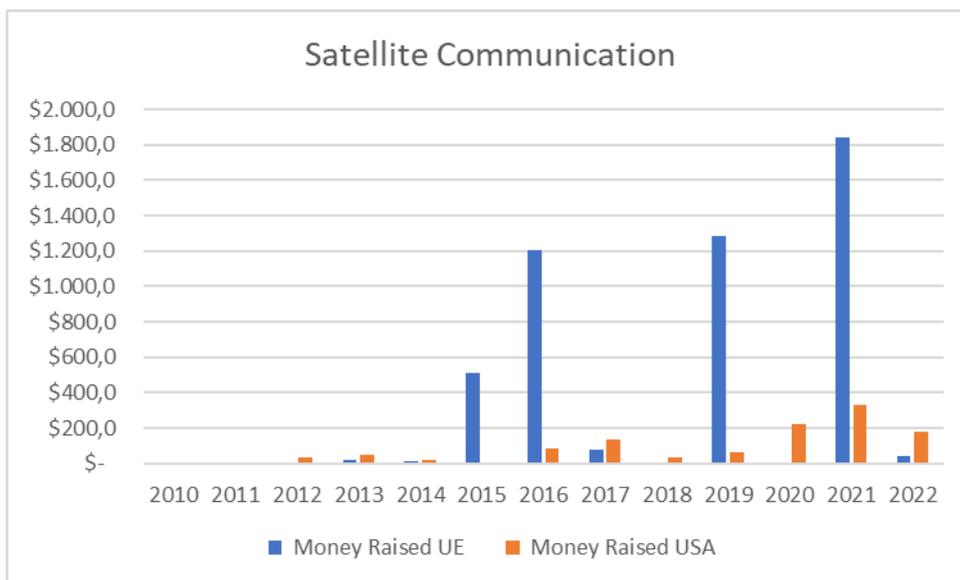


Figura 61: capacità di raccolta del dominio satellite communication europeo e statunitense (dati in mln di \$)

Nel nostro continente, dal 2015 ci sono stati tre anni in cui le imprese hanno ottenuto in aggregato finanziamenti che hanno superato il miliardo di euro. D'altra parte, in America, si registrano numeri molto più bassi che nel giro degli ultimi 6 anni hanno portato le imprese del dominio ad ottenere comunque quasi un miliardo di dollari di fondi. Nonostante ciò, è il dominio che, in entrambe le regioni, attrae più investitori e fondi, soprattutto venture capital.

Tabella 8: finanziamenti per i domini Satellite Data Analysis, Research in Space e Device (dati in mln di \$)

| Year | Satellite Data Analysis | | Research in Space | | Device | |
|------|-------------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA | Money Raised UE | Money Raised USA |
| 2010 | \$ 0,4 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| 2011 | \$ - | \$ 0,8 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 0,3 |
| 2012 | \$ 2,8 | \$ 15,4 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 2,0 |
| 2013 | \$ 2,1 | \$ 7,0 | \$ 5,0 | \$ 0,5 | \$ - | \$ - |
| 2014 | \$ 11,0 | \$ 12,1 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 10,0 |
| 2015 | \$ 8,9 | \$ 29,5 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 1,7 |
| 2016 | \$ 4,9 | \$ 77,6 | \$ - | \$ 0,3 | \$ - | \$ 24,0 |
| 2017 | \$ 43,1 | \$ 73,9 | \$ 2,0 | \$ - | \$ - | \$ 16,0 |
| 2018 | \$ 91,1 | \$ 17,5 | \$ 16,0 | \$ - | \$ - | \$ 25,0 |
| 2019 | \$ 38,4 | \$ 78,9 | \$ - | \$ 5,1 | \$ - | \$ 0,6 |
| 2020 | \$ 112,3 | \$ 87,2 | \$ - | \$ 9,0 | \$ - | \$ 5,2 |
| 2021 | \$ 54,7 | \$ 315,4 | \$ - | \$ 203,4 | \$ - | \$ - |
| 2022 | \$ 291,9 | \$ 50,2 | \$ - | \$ 4,5 | \$ - | \$ - |
| TOT | \$ 661,4 | \$ 765,5 | \$ 23,0 | \$ 222,7 | \$ - | \$ 84,7 |

Collegato ai primi due domini è il campo dell'analisi dei dati satellitari che negli ultimi 5 anni ha visto un ammontare di finanziamenti simile per le due regioni. L'unica differenza è che in Europa, le imprese che si occupano della cattura dei dati sono spesso le stesse che si occupano della loro analisi. Diverso è il caso statunitense, dove la presenza di imprese che lavorano sui dati spaziali acquistati da altre aziende è maggiore e riesce anche ad ottenere più fondi. Un altro dominio che negli Stati Uniti ha una capacità maggiore di attrarre finanziamenti privati è la ricerca nello spazio, con la differenza che in questo caso il numero di imprese europee appartenenti al settore è decisamente minore, nello specifico 1 contro 7.

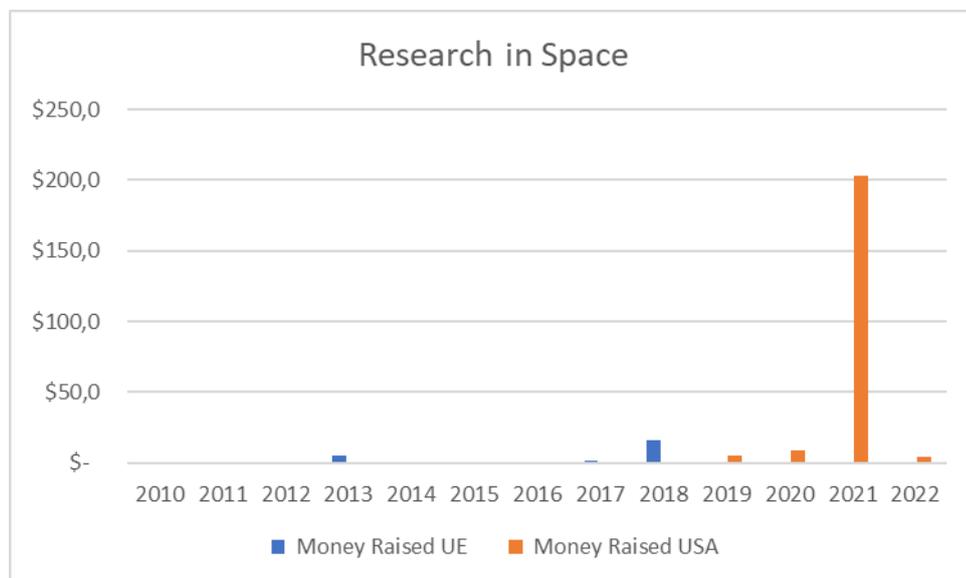


Figura 62: capacità di raccolta del dominio research in space europeo e statunitense (dati in mln di \$)

È però doveroso notare che nell'ultimo periodo solo il 2021 è stato un anno particolarmente buono per queste imprese americane. Infine, rimane il dominio dei device, ma in questo caso solo le imprese

statunitensi sono riuscite ad ottenere finanziamenti privati da venture capital, anche se negli ultimi quattro anni è stata registrata una forte flessione.

3.4 Investitori

In questo paragrafo viene fatta un'analisi sui finanziatori che hanno partecipato ai round delle imprese selezionate. Siccome lo studio si concentra sulle imprese spaziali che hanno ricevuto almeno una volta un finanziamento da venture capitalist, la maggior parte degli investitori presenti apparterrà a questa categoria, ma, all'interno di Crunchbase, alcuni possono identificarsi in più di una. Purtroppo, però, per alcuni degli investitori mancavano le informazioni anagrafiche, tra cui proprio la categoria di appartenenza, perciò sono state effettuate delle ricerche sui rispettivi siti web e profili LinkedIn e così è stato possibile aggiungere le informazioni mancanti, anche se non è stato possibile per tutti. Dunque, il set di informazioni non può definirsi totalmente completo ma è stata ridotta notevolmente la carenza di informazioni soprattutto riguardo il luogo di provenienza.

3.4.1 Mappatura degli Investitori

Nel grafico seguente si trova il numero di finanziatori che appartengono alle diverse categorie individuate (su Crunchbase era presente la categoria Micro VC che è stata però inglobata in Venture Capital).

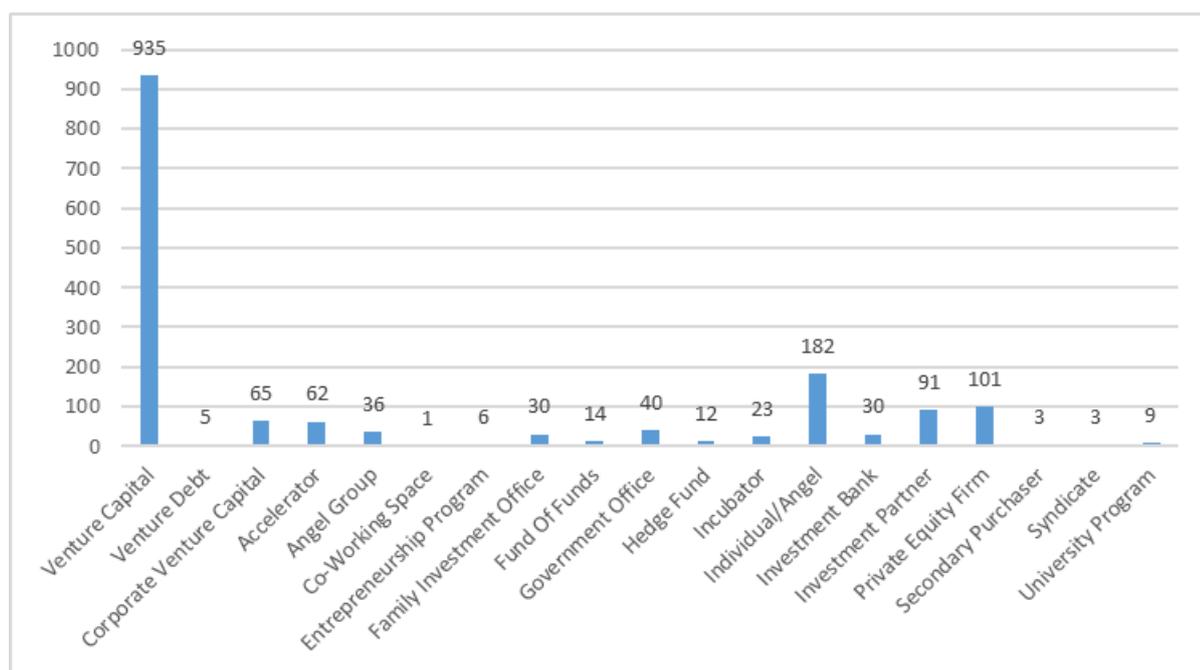


Figura 63: finanziatori delle imprese selezionate divisi per categoria

Dal grafico si vede che i business angels, le aziende di private equity e gli incubatori per start-up sono stati i finanziatori che più degli altri hanno investito nelle stesse imprese scelte dai venture capitalist. Come anticipato a inizio capitolo, attraverso una ricerca sui siti web e LinkedIn degli investitori, è stato possibile aggiungere il dato sulla sede mancante a circa 150 di questi. Di conseguenza è stato possibile mapparli con una precisione molto maggiore, ottenendo i seguenti risultati.

Tabella 9: provenienza dei finanziatori

| Investitori | Quantità | Percentuale |
|-----------------|----------|-------------|
| UE | 476 | 31% |
| USA | 904 | 58% |
| Resto del Mondo | 124 | 8% |
| N/A | 45 | 3% |
| Tot | 1549 | 100% |

Logicamente, siccome lo studio si focalizza sulle start-up americane ed europee, la maggior parte degli investitori appartiene a queste aree. Solo l'8% appartiene ad altre aree geografiche, mentre per il 3% degli investitori non è stato possibile ottenere un'indicazione del luogo di residenza.

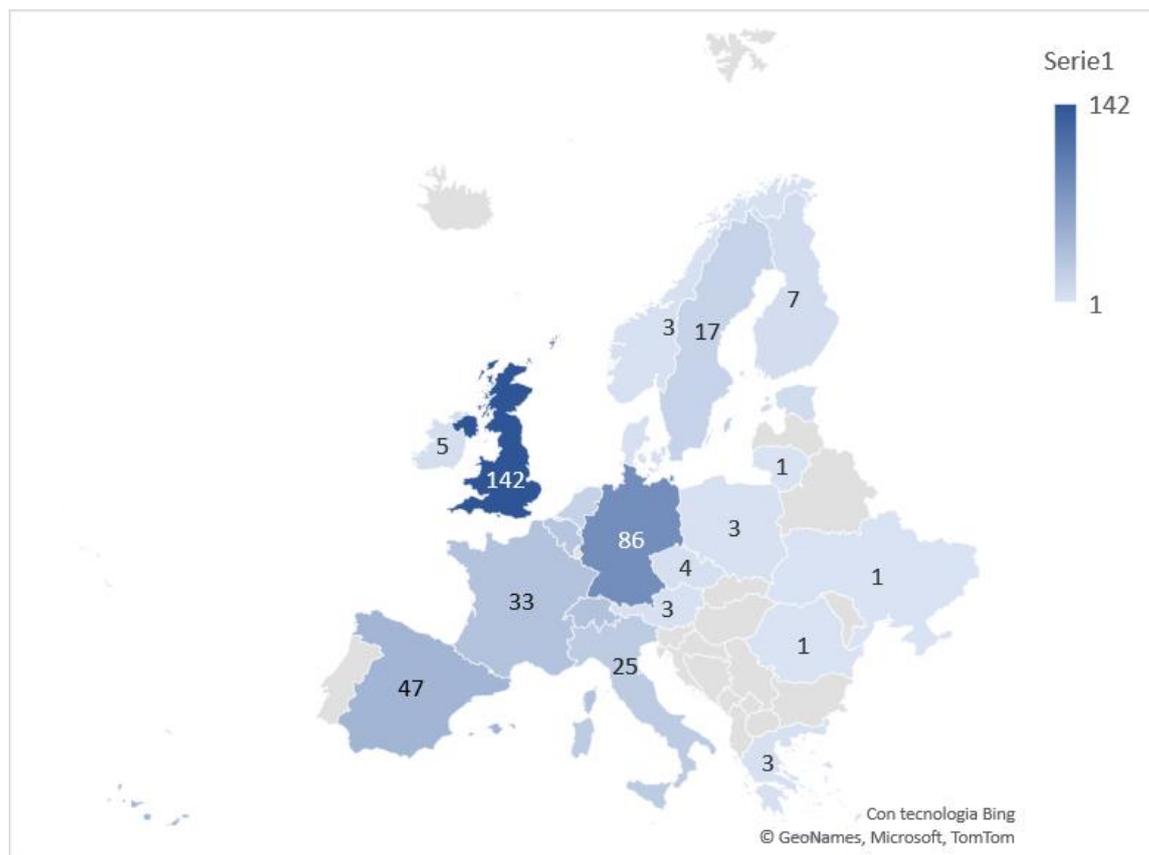


Figura 64: densità dei finanziatori europei

Il Regno Unito, luogo le cui start-up hanno ricevuto l'ammontare maggiore di finanziamenti, è logicamente il Paese con il maggior numero di investitori. Subito dopo ci sono Germania, Spagna e Francia. Quello che salta all'occhio è che la proporzione finanziamenti/investitori è decisamente

A questo punto era necessario scegliere una quota minima oltre la quale l'investitore potesse essere riconosciuto come specializzato. La quota minima scelta è stata di 0,33. In questo modo è stato possibile considerare un finanziatore esperto nell'industria spaziale nel momento in cui quest'ultimo avesse effettuato almeno un terzo dei suoi investimenti in imprese del settore.

Dei 1549 mappati, 249 sono risultati specializzati e nella seguente tabella ne viene riportata la quantità per tipologia.

Tabella 10: numero di investitori specializzati per categoria di appartenenza

| Investor Type | Specialized |
|---------------------------|-------------|
| Accelerator | 3 |
| Angel Group | 5 |
| Corporate Venture Capital | 4 |
| Co-Working Space | 0 |
| Entrepreneurship Program | 0 |
| Family Investment Office | 10 |
| Fund Of Funds | 1 |
| Government Office | 1 |
| Hedge Fund | 4 |
| Incubator | 1 |
| Individual/Angel | 75 |
| Investment Bank | 5 |
| Investment Partner | 15 |
| Private Equity Firm | 6 |
| Secondary Purchaser | 0 |
| Syndicate | 0 |
| University Program | 0 |
| Venture Capital | 83 |
| Venture Debt | 0 |

Ancora una volta la somma di questi elementi non è pari al totale degli investitori specializzati in quanto sulla piattaforma Crunchbase un singolo investitore può identificarsi in più di una categoria.

Un'altra analisi che è stata condotta ha riguardato il numero di investitori specializzati nell'ambito space che ha partecipato ad ogni singolo round. Il risultato ottenuto dalla ricerca è che in 263 round ha partecipato almeno un investitore specializzato.

Tabella 11: numero di round a cui ha partecipato almeno un investitore specializzato nel mondo space

| Area | Round con Investitori Specializzati |
|------|-------------------------------------|
| EU | 57 |
| USA | 206 |
| TOT | 263 |

Come si vede dalla tabella precedente, negli Stati Uniti, c'è stato un numero di round finanziati da investitori esperti nel settore spaziale maggiore rispetto al caso europeo. E non solo, perché anche in

proporzione ce ne sono stati in numero maggiore, più precisamente il 29% in USA e il 12% in Europa. Questa considerazione porta ad affermare che in America c'è una forte concentrazione di investitori interessati prevalentemente all'economia spaziale che investe nelle stesse imprese in cui credono i venture capitalist, mentre in Europa questa sembra essere un settore che viene visto ancora come una soluzione alla diversificazione del proprio portafoglio.

Un'ultima domanda a cui vuole rispondere l'analisi sugli investitori specializzati è in quale stage di investimento si colloca la maggior parte di questi. Prima di tutto sono stati scelti quattro stage di investimento:

- Seed
- Early Stage Venture
- Late Stage Venture
- Private Equity
- N/A: questo quinto elemento è stato aggiunto perché non è stato possibile associare a ogni round un preciso stage, e alcuni di questi sono rimasti senza collocazione

L'obiettivo era di provare se il binomio stage di investimento nelle fasi iniziali e percentuale alta di investitori specializzati fosse corretto.

I risultati sono riassunti nella seguente tabella.

| Stage | Rounds | Investitori Specializzati | Investitori Specializzati per round |
|---------------------|--------|---------------------------|-------------------------------------|
| Seed | 391 | 175 | 44,76% |
| Early Stage Venture | 256 | 151 | 58,98% |
| Late Stage Venture | 59 | 47 | 79,66% |
| Private Equity | 9 | 1 | 11,11% |
| N/A | 466 | 90 | 19,31% |

Figura 61: stage dei round e percentuale di investitori specializzati partecipanti

La ricerca sembra non aver confermato la tesi iniziale. Infatti, la percentuale di investitori specializzati che ha partecipato ai diversi round raccolti nel database cresce al crescere dello stage e diminuisce solo nel momento in cui si considera lo stage di private equity. Il problema è che non è stato possibile associare univocamente un investitore a uno specifico stage. Per questo motivo, la somma del numero totale di investitori specializzati per ogni stage è quasi doppia rispetto al numero di investitori specializzati all'interno del database. Ciò potrebbe voler dire che molti degli investitori che hanno partecipato ai round per le fasi iniziali come seed e early stage hanno proseguito i finanziamenti anche in periodi più avanzati. Questo risulta vero solo in parte perché considerando solo quegli investitori specializzati che hanno investito solo in stage di tipo late stage venture il loro numero scende a 35, portando la percentuale a un valore del 59,32%, comunque al di sopra di tutte le altre percentuali.

Il bias che più influenza questi dati è che all'interno del dataset sono comprese solo le imprese che hanno ricevuto finanziamenti da venture capital; questo significa che mancano informazioni su quelle imprese spaziali che hanno ricevuto finanziamenti, ad esempio, di tipo seed da altre tipologie di investitori. Per capire meglio l'incidenza di questo bias viene mostrato di seguito un esempio: l'agenzia spaziale europea, che ovviamente è specializzata in investimenti in ambito spaziale, secondo i dati offerti da Crunchbase ha investito in 18 aziende attraverso round di tipo grant, pre-seed e seed. Di queste imprese solo 3 sono state finanziate anche da venture capital, e per questo motivo, sono le uniche presenti nel database. Per cui all'interno del dataset l'ESA non risulta essere investitore specializzato in quanto ha un indice di specializzazione dello 0.17 (=3/18).

Per concludere l'analisi è stato ancora una volta interrogato il database per conoscere il numero di volte in cui ogni investitore avesse assunto il ruolo di lead investor. Una volta ottenuto questo dato si è andati a vedere quale fosse il numero di lead investor specializzati. L'ipotesi di partenza era di trovare tra tutti i lead investor una percentuale maggiore di specializzati. Lo studio ha evidenziato una percentuale decisamente bassa rispetto alle aspettative, in quanto la percentuale di lead investor specializzati è solo del 12,19%. Uno dei motivi principali è che spesso l'investitore lead è colui che all'interno del round concede il finanziamento maggiore, e spesso le grandi somme di denaro arrivano dai grandi fondi di investimento con un portafoglio altamente diversificato.

Di seguito viene riportata una lista dei principali lead investor presenti nel database.

Tabella 12: principali space lead investor

| Investor Code | Organization/Person Name | Number of Lead Investments |
|---------------|---------------------------------------|----------------------------|
| I_1193 | Seraphim Space | 10 |
| I_1242 | Space Capital | 10 |
| I_1009 | Pario Ventures | 9 |
| I_0935 | National Science Foundation | 8 |
| I_0419 | EASME - EU Executive Agency for SMEs | 7 |
| I_1324 | Techstars Starburst Space Accelerator | 7 |
| I_0201 | Boeing HorizonX Ventures | 6 |
| I_0522 | Founders Fund | 5 |
| I_0984 | OGCI Climate Investments | 5 |
| I_1191 | Sequoia Capital | 5 |
| I_1431 | Venture Kick | 5 |

Come si può già capire dal nome, i primi due lead investors più attivi sono entrambi specializzati, così come Techstars Starburst Space Accelerator, ma gli altri non lo sono, come ad esempio Sequoia Capital, una delle più importanti società di venture capital, diventata famosa per avere finanziato le più importanti imprese high-tech di oggi.

3.4.3 Investitori Principali

La conclusione della trattazione ha portato infine a identificare per le categorie più rilevanti i top investors. Siccome lo studio verteva in particolar modo sulla categoria del venture capital, per questa tipologia sono stati individuati 5 investitori in più rispetto alle altre. Ancora una volta, la metodologia per associare l'importanza a un investitore è stato quello di ordinarli in ordine decrescente secondo il numero di finanziamenti effettuati verso le imprese presenti nel database. Di seguito si trovano le tabelle con questi risultati.

Tabella 13: top investors venture capital

| Investor_Code | Venture Capital | Space Investments |
|---------------|---------------------------------|-------------------|
| I_0074 | Alumni Ventures | 29 |
| I_1242 | Space Capital | 27 |
| I_1316 | Techstars | 23 |
| I_0833 | Lux Capital | 17 |
| I_0209 | Bossanova Investimentos | 13 |
| I_0928 | NASA - @gabrisnf | 12 |
| I_1100 | Revolution | 12 |
| I_1260 | Starbridge Venture Capital | 12 |
| I_0054 | Airbus Ventures | 11 |
| I_0371 | DCVC | 11 |
| I_0522 | Founders Fund | 11 |
| I_0067 | Allied Minds | 9 |
| I_0493 | Fifty Years | 9 |
| I_1087 | Razor's Edge Ventures | 9 |
| I_1245 | SpaceFund | 9 |
| I_0347 | Crosslink Capital | 8 |
| I_0596 | GV | 8 |
| I_0625 | Hemisphere Ventures | 8 |
| I_0179 | Bill Gates | 7 |
| I_1000 | OUP (Osage University Partners) | 7 |

Tabella 14: top investors corporate venture capital

| Investor_Code | Corporate Venture Capital | Space Investments |
|---------------|----------------------------------------|-------------------|
| I_0201 | Boeing HorizonX Ventures | 6 |
| I_0693 | Intel Capital | 6 |
| I_0826 | Lockheed Martin Ventures | 6 |
| I_1035 | Plug and Play | 4 |
| I_0053 | Airbus | 3 |
| I_0288 | Chevron Technology Ventures | 3 |
| I_0383 | Deutsche Telekom Strategic Investments | 3 |
| I_0131 | Audi | 2 |
| I_0313 | CME Ventures | 2 |
| I_0818 | Liberty Global | 2 |

Tabella 15: top investors partner di investimento

| Investor_Code | Investment Partners | Space Investments |
|---------------|---------------------|-------------------|
| I_0179 | Bill Gates | 7 |
| I_0857 | Mark Cuban | 6 |
| I_0747 | Josh Buckley | 4 |
| I_0711 | Jaan Tallinn | 3 |
| I_0751 | Justin Mateen | 3 |
| I_1251 | Spencer Rascoff | 3 |
| I_0038 | Adam Nash | 2 |
| I_0063 | Alexis Ohanian | 2 |
| I_0111 | Arjun Sethi | 2 |
| I_0362 | David Beyer | 2 |

Tabella 16: top investors angel groups

| Investor_Code | Angel Group | Space Investments |
|---------------|----------------------------|-------------------|
| I_0074 | Alumni Ventures | 29 |
| I_1158 | Sand Hill Angels | 10 |
| I_0271 | CDTI | 8 |
| I_1193 | Seraphim Space | 5 |
| I_0380 | Desert Angels | 3 |
| I_0673 | Indicator Fund | 3 |
| I_0950 | New World Angels | 3 |
| I_0001 | #Angels | 2 |
| I_0110 | Arizona Tech Investors | 2 |
| I_0245 | Caerus Investment Partners | 2 |

Tabella 17: top investors angel individuali

| Investor_Code | Individual/Angel | Space Investments |
|---------------|---------------------|-------------------|
| I_0413 | Dylan Taylor | 19 |
| I_0712 | Jackson Moses | 10 |
| I_0364 | David Hodge | 6 |
| I_0061 | Alexander El Gammal | 4 |
| I_1205 | Shaun Coleman | 4 |
| I_0294 | Christian Dahlen | 3 |
| I_0365 | David J. La Placa | 3 |
| I_0368 | David Spector | 3 |
| I_0721 | Jared Leto | 3 |
| I_0748 | Jude Gomila | 3 |

Tabella 18: top investors imprese di private equity

| Investor_Code | Private Equity Firm | Space Investments |
|---------------|--------------------------|-------------------|
| I_1087 | Razor's Edge Ventures | 9 |
| I_0971 | Norwest Venture Partners | 5 |
| I_0026 | ACE & Company | 4 |
| I_0044 | AE Industrial Partners | 4 |
| I_1454 | Vulcan Capital | 4 |
| I_0008 | 3i Group | 3 |
| I_0171 | Beringea | 3 |
| I_0241 | Business Growth Fund | 3 |
| I_0336 | Cota Capital | 3 |
| I_0422 | Edison Partners | 3 |

Conclusion

La rapida ascesa dell'economia spaziale ha prodotto cambiamenti che hanno portato vantaggi in diversi campi. Infatti, da questo settore è nata una lunga lista di servizi abilitati dall'uso congiunto della tecnologia spaziale e tecnologie digitali con una forte previsione di crescita, dovuta anche ai cambiamenti sociali e ambientali degli ultimi anni. Un esempio è il settore energetico che è stato uno dei primi a percepire i vantaggi che l'industria spaziale poteva apportare. Infatti, attraverso l'analisi dei dati satellitari combinati con modelli di machine learning è stato possibile monitorare gli impianti con regolarità e prevenire eventi esogeni negativi. Negli ultimi anni una lunga lista di altri settori, come l'agricoltura, la pianificazione urbana, le assicurazioni e così via hanno iniziato a combinare le proprie risorse con i dati spaziali ottimizzando i loro risultati.

Tutto ciò non sarebbe mai stato possibile senza l'intervento di istituzioni pubbliche, le quali hanno concesso a diverse imprese spaziali le risorse necessarie per iniziare ad operare. Un ruolo centrale in Europa lo hanno svolto l'ESA e le agenzie spaziali statali che hanno fornito servizi di incubazione e concorsi per permettere alle aziende di continuare il processo di innovazione. Una volta avviato questo meccanismo c'è stato l'ingresso di investitori privati, i quali hanno visto in queste imprese la possibilità di importanti ritorni economici.

Ad oggi però sembrano esserci differenze sostanziali tra l'industria spaziale europea e quella americana. Negli Stati Uniti, infatti, il numero di investitori è decisamente minore rispetto a quelli che si trovano in Europa e di conseguenza anche i fondi concessi alle imprese sono più bassi. Inoltre, all'interno dei confini statunitensi è presente una concentrazione di investitori specializzati molto maggiore e questo ha delle forti ricadute sulle piccole imprese europee più innovative che spesso non possono beneficiare della guida e dei suggerimenti che può dare un finanziatore esperto del settore, diminuendo le proprie chance di crescita.

Per ridurre questo gap e consentire all'industria spaziale europea di diventare leader sarà ancora fondamentale l'apporto delle istituzioni pubbliche per sostenere soprattutto le start-up, in quanto il mercato dei capitali nel nostro continente non è ancora maturo in questo settore. L'adozione di nuove misure e strumenti di sostegno consentirà alle nuove imprese spaziali, ma anche ad imprese già avviate, di proliferare, generando nei prossimi anni una maggior fiducia nei privati, e di conseguenza una capacità maggiore di raccolta fondi.

I vantaggi che porterà la democratizzazione dello spazio non saranno solo per queste imprese e i loro investitori ma per tutta l'economia che, attraverso le innovazioni portate dall'industria spaziale, potrà crescere e accedere a una vasta quantità di risorse.

Sitografia

Ministro per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale, (2022) "Spazio: siglate le Convenzioni PNRR con ESA e ASI"

<https://innovazione.gov.it/notizie/articoli/spazio-siglate-le-convenzioni-pnrr-con-esa-e-asi/>

BryceTech, "Rapporti"

<https://brycetech.com/reports>

European Union Agency for the Space Programme, (2022) "Rapporto di mercato 2022"

[euspa_market_report_2022.pdf](https://eusa-market-report-2022.pdf) (europa.eu)

Pwc, (2020) "Main Trends & Challenges in the Space Sector, 2nd Edition"

[en-france-pwc-main-trends-and-challenges-in-the-space-sector.pdf](https://www.pwc.com/it/it/risorse/rapporti/2020-main-trends-and-challenges-in-the-space-sector.pdf)

Pwc, (2019) "Main Trends & Challenges in the Space Sector"

[fr-pwc-main-trends-and-challenges-in-the-space-sector.pdf](https://www.pwc.com/it/it/risorse/rapporti/2019-main-trends-and-challenges-in-the-space-sector.pdf)

European Investment Bank, (2019) "The future of the European space sector"

https://www.eib.org/attachments/thematic/future_of_european_space_sector_en.pdf

Wikipedia, "Storia dell'astronautica"

https://it.wikipedia.org/wiki/Storia_dell%27astronautica?msclkid=dc90dc7acf8411ec8ce13255a2874a19

Pirelli, (2022) "Missioni nello spazio – l'uomo nello spazio"

<https://www.pirelli.com/global/it-it/life/missioni-nello-spazio-l-uomo-nello-spazio?msclkid=2ef0c468cf7911ec8639d17ab16ebf5a>

Colonialismo spaziale, (2013) "Breve storia del rapporto uomo spazio"

<https://colonialismospaziale.wordpress.com/2013/11/06/breve-storia-del-colonialismo-spaziale/?msclkid=8babcaf1cf7911ecae732f4eee99db84>

Geopop, (2022) "Perché spendiamo soldi per andare nello spazio"

<https://www.geopop.it/perche-spendiamo-soldi-per-andare-nello-spazio-lutilita-nella-vita-di-tutti-i-giorni/>

FUTURA network, (2021) "La forza dei privati nella conquista dello spazio"

<https://faturanetwork.eu/focus/533-2550/la-forza-dei-privati-nella-conquista-dello-spazio>

Forbes, (2022) "Decolla la Space economy: l'Italia è sesta al mondo per spese spaziali in rapporto al Pil"

<https://forbes.it/2022/01/25/space-economy-italia-sesta-al-mondo-per-spese-spaziali/#:~:text=Sono%2088%20i%20paesi%20nel,miliardo%20di%20dollari%20all'anno>

Ministero dello sviluppo economico, "Space Economy"

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/impresa/competitivita-e-nuove-imprese/space-economy?msclkid=8286b096cfb111ec8f46cb8d2363a49b>

Treccani, (2022) "Cannocchiale e Binocolo"

https://www.treccani.it/enciclopedia/cannocchiale-e-binocolo_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/?msckid=cd5fc62acf7f11ec8c26b3ef59b9459e

Cannocchiale.com, (2022) "La storia del cannocchiale"

<http://m.cannocchiale.com/default.cfm?msckid=9b09812fcf7f11ecbf5d7d0d211f56e6>

Ministero dello sviluppo economico, (2016) "PIANO STRATEGICO SPACE ECONOMY"

https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/all_6_Piano_Strategico_Space_Economy_master_13052016_regioni_final.pdf

Energia ambiente e innovazione, (2021) "La Space Economy tra prospettive di sviluppo nazionali e internazionali"

<https://www.eai.enea.it/archivio/ricerca-e-innovazione-per-la-sfida-spaziale/la-space-economy-tra-prospettive-di-sviluppo-nazionali-e-internazionali.html#:~:text=Generalmente%20l%E2%80%99economia%20spaziale%20viene%20divisa%20in%20tre%20segmenti%3A,componenti%20per%20satelliti%2C%20lanciatori%20e%20altri%20velivoli%20spaziali.?msckid=6de9ba2ad06e11ecb3714bd8125d9f13>

European Investment Bank, (2019) "Nuova relazione: il futuro del settore spaziale europeo - come sfruttare la leadership europea nel settore delle tecnologie e stimolare gli investimenti nelle imprese spaziali"

<https://www.eib.org/en/press/all/2019-018-new-report-the-future-of-the-european-space-sector.htm?lang=it%23%3a%7e%3atext%3dGli+imprenditori+spaziali+europei+sono+alla+ricerca+di%2cfinanziamento+preferiscono+capitale+di+rischio+o+private+equity.&msckid=923c8f7bd12711ecbc22430b3e16f3ef>

Simple Flying, (2020) "Satelliti LEO, GEO, MEO – Qual è la differenza?"

<https://simpleflying.com/leo-geo-meo-satellites-whats-the-difference/>

Union of Concerned Scientists, (2022) "UCS-Satellite-Database "

<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.ucsusa.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2022-02%2FUCS-Satellite-Database-1-1-2022.xls&wdOrigin=BROWSELINK>

Satellite Evolution Group, (2020) "Satelliti GEO/MEO/LEO: perché GEO sta vincendo?"

GEO/MEO/LEO satellites: Why GEO is winning (satelliteevolution.com)

Wikipedia, "Turismo spaziale "

https://it.wikipedia.org/wiki/Turismo_spaziale#I_primi_progetti

Starwalk Space, (2021) "Turismo spaziale: un civile può andare nello spazio?"

<https://starwalk.space/it/news/space-tourism>

Milken Institute review, (2021) "L'estrazione mineraria nello spazio sta arrivando"

<https://www.milkenreview.org/articles/mining-in-space-is-coming>

European Innovation Council, "Premi EIC Horizon"

https://eic.ec.europa.eu/eic-funding-opportunities/eic-prizes/eic-horizon-prizes_en

Horizon 2020, "Aperti gli inviti spaziali UE-Orizzonte 2020"

<https://www.h2020.md/en/eu-horizon-2020-space-calls-are-opened#:~:text=Today%2C%205%20th%20November%202019%2C%20the%20European%20Commission,topic%20%28s%29%3A%20CALL%3A%20SPACE%202018-2020%20%28Call%20identifier%3A%20H2020-SPACE-2018-2020%29>

Galileo Egnos, (2017) "E-GNSS Accelerator stimola l'adozione di Galileo da parte del mercato"

<https://galileognss.eu/e-gnss-accelerator-boosting-market-uptake-of-galileo/>

Ministro per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale, "Novità PNRR"

<https://innovazione.gov.it/>

Ministero della Difesa, (2015) "Comando delle Operazioni Spaziali (COS)"

https://www.difesa.it/SMD_/Avvenimenti/giornata_nazionale_spazio/Pagine/Comando_Operazioni_Spaziali.aspx

Cyber Security 360, (2022) " Cyber security nel settore Spazio: tecniche di analisi e difesa"

<https://www.cybersecurity360.it/cybersecurity-nazionale/cyber-security-nel-settore-spazio-tecniche-di-analisi-e-difesa/>

Cyber Security 360, (2022) " Attacco cyber ai satelliti ViaSat: il più grave della guerra d'Ucraina"

<https://www.cybersecurity360.it/nuove-minacce/attacco-cyber-ai-satelliti-viasat-il-piu-grave-della-guerra-ucraina/>

Agenda Digitale, (2021) " Spazio, un'arena di conflitto strategico per gli Stati: gli scenari di sicurezza e difesa"

<https://www.agendadigitale.eu/mercati-digitali/lo-spazio-unarena-di-conflitto-strategico-per-gli-stati-gli-scenari-di-sicurezza-e-difesa/>

Agenda Digitale, (2021) " La minaccia cyber viene dallo Spazio: quanto ci costa la corsa dei privati alle stelle"

<https://www.agendadigitale.eu/mercati-digitali/il-rischio-cybersicurezza-nella-new-space-economy-quanto-ci-costa-la-corsa-allo-spazio-dei-privati/>

Exodus, (2022) "Space Mining: il futuro del business spaziale"

<https://exodusofficial.it/space-mining-il-futuro-del-business-spaziale/>

APPENDICE

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1f0mwNApJnMk4iOxMGOvJxYzk_3mAM_5-/edit#gid=747471295