

 digitalizzazione

La famosa invasione dei data center (in Lombardia)



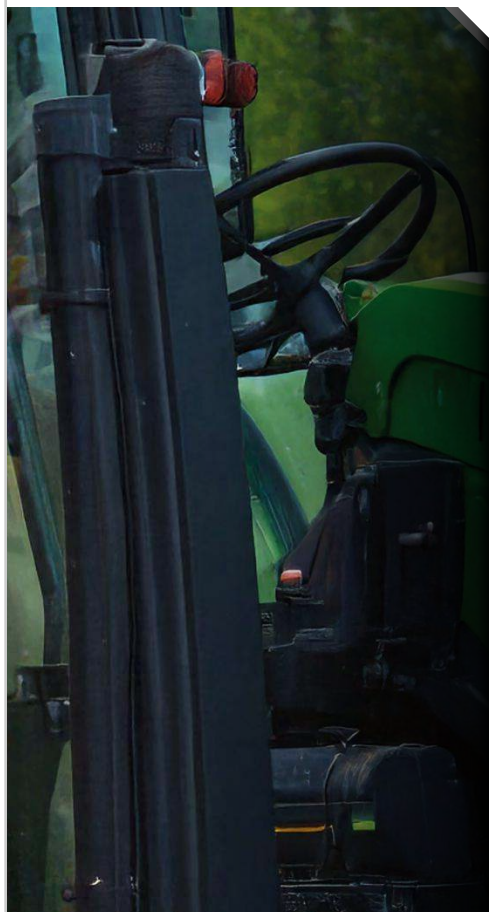
di Beatrice Ala, Cristina
Orlando, Giulia Rovai - I-Com

La crescita esponenziale della generazione di dati, l'adozione del *cloud computing* e l'ascesa dell'intelligenza artificiale hanno reso i data center più cruciali che mai. Tipologie e taglie, consumo elettrico e impatti, connessione alla rete e quadro normativo: una panoramica

I data center rappresentano il cuore pulsante dell'infrastruttura digitale mondiale, fungendo da fondamenta per l'economia e la società dell'informazione. Questi complessi tecnologici costituiscono i nodi vitali dove convergono elaborazione, memorizzazione e distribuzione

dei dati che alimentano la nostra era digitale.

Un data center può essere definito come una struttura fisica specificamente progettata per ospitare sistemi informatici e componenti associati, come telecomunicazioni e sistemi di archiviazione. La funzione principale di un data center



è garantire la disponibilità continua dei servizi digitali, mantenendo livelli ottimali di sicurezza, ridondanza ed efficienza energetica.

La crescita esponenziale della generazione di dati, l'adozione del *cloud computing* e l'ascesa dell'intelligenza artificiale hanno reso i data center più cruciali che mai. Dalla banale consultazione di un sito web alla complessità degli algoritmi di *machine learning*, praticamente ogni attività digitale dipende dal funzionamento di queste infrastrutture.

Nel panorama attuale, esistono

diverse tipologie di data center, ciascuna con caratteristiche distintive e sfide energetiche specifiche, classificabili con riferimento alle dimensioni fisiche dell'impianto, al fabbisogno energetico e alla potenza di calcolo.

Data center di piccola scala

- **Server Room/Closet.**
Integrati all'interno di edifici aziendali, sono spazi dedicati che ospitano alcuni server per supportare operazioni localizzate.
- **Edge Data Center.** Sono posizionati strategicamente ai margini delle reti, per ridurre la latenza e portare la capacità di calcolo più vicino agli utenti geograficamente distanti dai grandi data center cloud.

Per quanto riguarda le caratteristiche energetiche, i data center di piccola scala tipicamente hanno una capacità che varia tra 500 kW e 2 MW, con una minore efficienza rispetto ai grandi data center.

Data center di grande scala

- **Enterprise Data Center.**
Sono di proprietà di singole aziende per una gestione a uso esclusivo, supportano le esigenze informatiche e di rete specifiche dell'organizzazione.

Le caratteristiche energetiche e l'efficienza variano in base all'età e all'architettura. Generalmente meno efficienti dei data center iper-scalabili, presentano dimensioni e consumi energetici molto variabili.

- **Co-location Data Center.**
Sono strutture condivise, con infrastrutture energetiche e di raffreddamento condivise, dove più aziende affittano spazio per i propri server.

Grazie alla condivisione delle risorse, hanno caratteristiche energetiche migliori ed efficienza generalmente maggiore rispetto ai data center aziendali.

- **Hyperscale Data Center.**
Gestiti da giganti del cloud, sono data center di enormi dimensioni progettati per scalare rapidamente.

La capacità parte dai 100 MW e può raggiungere i 1.000 MW, con una massima efficienza energetica grazie alle economie di scala.

I data center possono essere suddivisi anche in base alle loro performance in termini di affidabilità e prestazioni, anche a scopi comparativi per la loro commercializzazione. Il sistema più diffuso e riconosciuto a livello globale è la classificazione secondo lo standard Tier dell'Uptime Institute, che valuta l'affidabilità e la disponibilità dell'infrastruttura dei data center.

Tier I (base). Offre una disponibilità del 99,671 per cento (*downtime* annuo di circa 28,8 ore). Dispone di un percorso singolo per alimentazione e raffreddamento, senza componenti ridondanti. È vulnerabile a interruzioni pianificate e non pianificate.

Tier II (componenti ridondanti). Garantisce una disponibilità del 99,741 per cento (*downtime* annuo di circa 22 ore). Include componenti ridondanti per alimentazione e raffreddamento, ma mantiene un percorso di distribuzione singolo. Rispetto al Tier I offre maggiore protezione contro le interruzioni.

Tier III (manutenzione concorrente). Assicura una disponibilità del 99,982 per cento (circa 1,6 ore di *downtime* annuo). Presenta percorsi multipli per alimentazione e raffreddamento, con componenti ridondanti. La caratteristica principale è la capacità di eseguire manutenzione senza interrompere le operazioni.

Tier IV (*fault tolerant*). Fornisce una disponibilità del 99,995 per cento (circa 0,4 ore di *downtime* annuo).

Dispone di percorsi multipli completamente indipendenti per tutti i sistemi, con ridondanza $2N$ o $2N+1$. È progettato per resistere a qualsiasi guasto singolo senza impatto sulle operazioni.

La crescita esponenziale nella generazione di dati e l'adozione del *cloud computing* già rendevano i data center delle cruciali infrastrutture digitali, ma è con l'emergere dell'intelligenza artificiale (IA), specialmente dei modelli generativi, che il consumo energetico dei data center sta cambiando significativamente e rapidamente.

Secondo i dati riportati dall'EPRI – Electric Power Research Institute emerge che le *query* AI richiedono circa 10 volte più elettricità rispetto alle tradizionali ricerche (2,9 Wh vs 0,3 Wh).

Negli Stati Uniti, le applicazioni IA utilizzano il 10-20 per cento dell'elettricità dei data center, ma questa percentuale è in rapida crescita. Inoltre, il consumo energetico dell'IA si distribuisce tra sviluppo del modello (10 per cento), addestramento (30 per cento) e inferenza/utilizzo (60 per cento).

Il maggiore dettaglio e il miglioramento dei modelli generativi ha comportato un aumento esponenziale dell'energia consumata dalle applicazioni di IA in tutte le fasi. A titolo di esempio, in fase di addestramento, anche al netto della durata del processo stesso, i consumi sono cresciuti con la complessità e la precisione dei modelli: BLOOM, 433 MWh (117 giorni); Gopher, 1.066 MWh (23 giorni); ChatGPT-3, 1.287 MWh (34 giorni);



Secondo i dati riportati dall'EPRI – Electric Power Research Institute, le query AI richiedono circa 10 volte più elettricità rispetto alle tradizionali ricerche (2,9 Wh vs 0,3 Wh)

ChatGPT-4, 62.318 MWh (100 giorni).

La sostenibilità dell'IA in termini energetici dipende fortemente dalle fonti utilizzate per alimentare i data center e dall'impatto delle infrastrutture sul territorio.

Un altro aspetto critico è l'utilizzo delle risorse idriche. Il raffreddamento dei data center, essenziale per il funzionamento ottimale dei sistemi di intelligenza artificiale, richiede quantità significative di acqua. Questa necessità sta già creando sfide notevoli in regioni caratterizzate da scarsità idrica. Alcune tecnologie emergenti promettono di ridurre drasticamente questa dipendenza dall'acqua, ma la loro adozione su larga scala è ancora in fase iniziale.

Un'attività ad alta intensità energetica

Il rapido sviluppo dell'intelligenza artificiale e dei servizi collegati sta portando ad un aumento della domanda energetica dei data center. Questo rende necessario cercare di stimare quale sarà, a sua volta, l'effetto di un ulteriore sviluppo dei data center sulla domanda di un singolo Paese o di una più ampia area geografica. Inoltre, secondo stime fornite dall'IEA che indicano una possibile crescita del consumo elettrico dei data center fino al 127 per cento entro il 2030, si pone un'altra questione chiave: definire quali e in che misura

le varie fonti forniranno questo fabbisogno aggiuntivo, in un'ottica di transizione energetica.

La maggior parte dei data center nel mondo si trova negli Stati Uniti (circa il 38 per cento); sono 3.678, il 93 per cento di quelli presenti nel Nord America (**Figura 1**). L'Europa conta poco meno di 3.000 unità, includendo nel calcolo i 173 data center russi. Tra i Paesi europei, il maggior numero di data center si trova in Germania e Regno Unito (rispettivamente 424 e 419 strutture). La terza macroregione per numero di data center a livello globale è l'Asia, con 1.209 strutture. Di queste il 29 per cento si trova in Cina (346 data center).

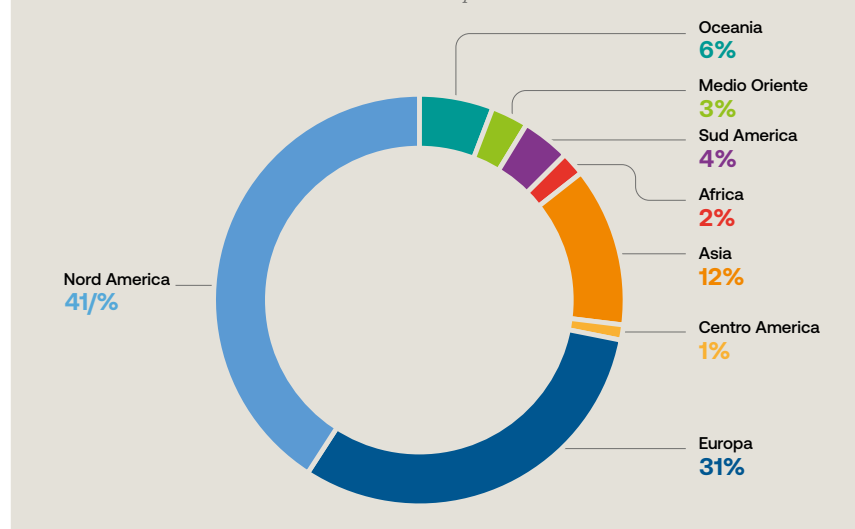
Dal 2015 ad oggi, la rapida diffusione dell'AI, ma anche

la digitalizzazione e la crescita nell'utilizzo dei dati, hanno determinato un aumento notevolissimo della capacità dei data center. Nello scenario base previsto dall'IEA, la capacità totale installata dei datacenter raggiungerà i 226 GW nel 2030, contro i 97 GW attuali. Saranno sempre Stati Uniti, Cina ed Europa a dominare in termini di capacità installata (per la IEA, l'Europa comprende UE, Albania, Bielorussia, Bosnia Erzegovina, Gibilterra, Islanda, Israele, Kosovo, Montenegro, Macedonia del Nord, Norvegia, Moldavia, Serbia, Svizzera, Turchia, Ucraina, Regno Unito). Tuttavia, mentre USA e Cina potrebbero più che raddoppiare la loro capacità in termini di GW, l'Europa potrebbe fermarsi ad

Figura 1

Data center nel mondo per macroregione

Fonte: elaborazione I-Com su dati Data Center Map



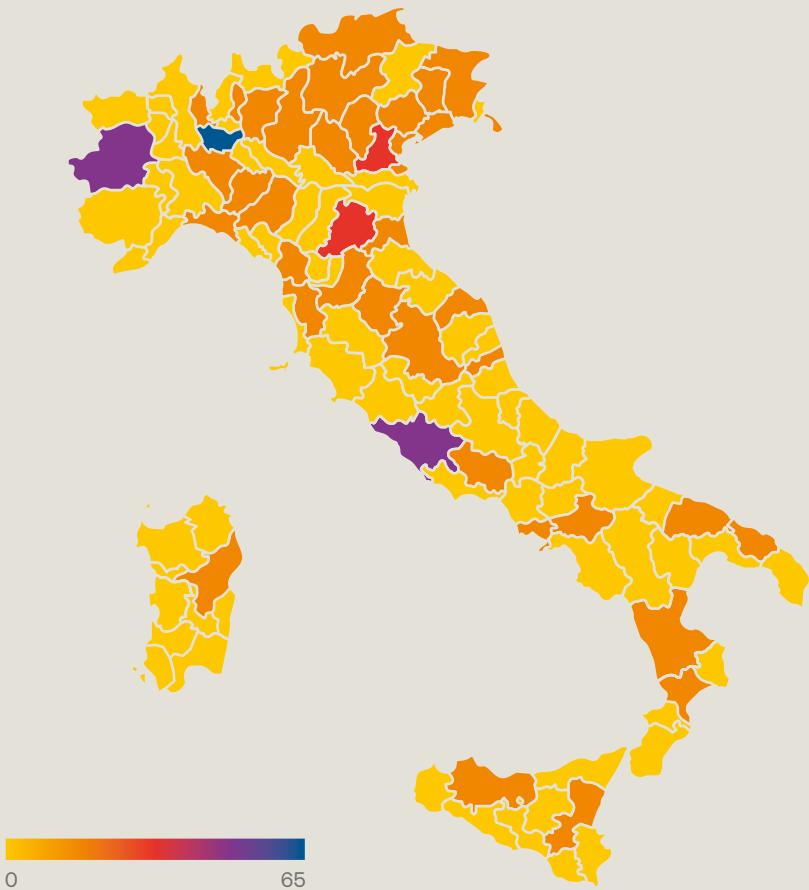
La famosa invasione dei data center (in Lombardia)

71

Figura 2

Numero di data center in Italia per provincia

Fonte: elaborazione I-Com su dati Data Center Map aggiornati al 22/04/2025



Provincia	Numero data center
Milano	65
Roma	19
Torino	11
Padova	7
Bologna	6
Bari, Bergamo Brescia, Genova,	4x 16
Arezzo, Firenze, Napoli, Pisa, Trento, Udine, Venezia	3x 21
Ascoli Piceno, Avellino, Bolzano, Catania, Frosinone, Lucca, Palermo, Piacenza, Pordenone, Treviso	2x 20
Ancona, Brindisi, Catanzaro, Cosenza, Lecco, Nuoro, Parma, Pavia, Perugia, Ravenna, Trieste, Varese, Verona, Vicenza	1x 14
TOTALE	179

un +69 per cento. Questa tendenza è già visibile confrontando la crescita del 2024, quando l'Europa ha toccato un +7 per cento sul 2023, contro il +20 di Cina e Stati Uniti.

A livello mondiale, nel 2024 i data center hanno consumato circa 416 TWh di energia elettrica, in aumento del 15 per cento sull'anno precedente che ha registrato consumi per 361 TWh (erano 269 nel 2020). Secondo lo scenario base della IEA, la domanda di elettricità crescerà ancora nei prossimi anni, raggiungendo i 946 TWh nel 2030.

Gli Stati Uniti rappresentano il 44 per cento della domanda mondiale proveniente dai data center, seguiti da Cina ed Europa rispettivamente a quota 25 e 16 per cento; le tre economie insieme rappresentano l'85 per cento della domanda. Anche in questo caso si prevede che gli equilibri rimarranno invariati al 2030.

Considerata la rapida crescita dei data center prevista nei prossimi anni a livello mondiale, è importante definire una strategia per la fornitura di energia che consideri gli obiettivi di decarbonizzazione. Nello scenario base IEA, le emissioni indirette di CO₂ associate all'elettricità consumata dai data center – che oggi ammontano a 180 milioni di tonnellate e rappresentano lo 0,5 per cento del totale delle emissioni da combustione – potrebbero raggiungere l'1 per cento in circa dieci anni.

Per affrontare la sfida della

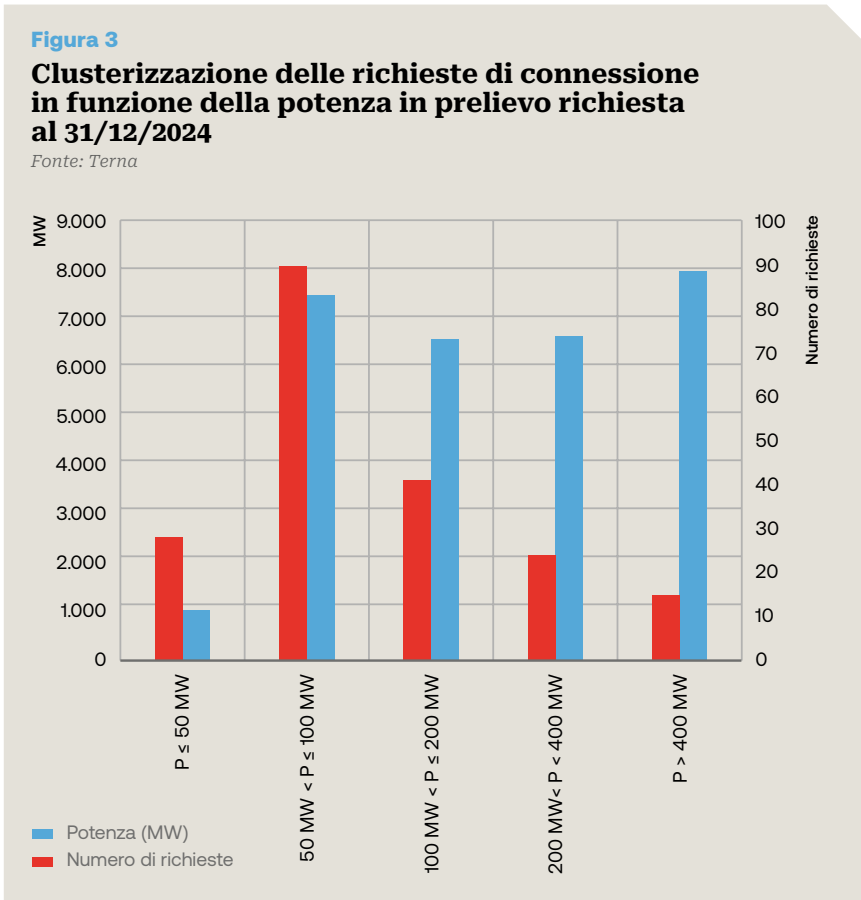
La proprietà intellettuale è riconducibile alla fonte specificata in testa alla pagina. Il ritaglio stampa è da intendersi per uso privato

decarbonizzazione, le aziende del settore stanno cercando di ridurre le emissioni attraverso progetti che puntano a integrare diverse tecnologie. In particolare, le fonti rinnovabili potranno essere affiancate a sistemi di accumulo energetico per rispondere alla loro variabilità, mentre le tecnologie di cattura della CO₂ possono essere applicate sempre di più ai combustibili fossili che, per la loro natura programmabile, potrebbero non essere facilmente sostituibili nel medio periodo. Infine, molti progetti prevedono l'utilizzo di energia elettrica da fonte nucleare.

La situazione italiana e il successo milanese

L'Italia è salita sul treno dei data center già da qualche anno, ma è nell'ultimo biennio che si è vista una decisa accelerazione nelle progettualità avviate e nelle strutture costruite e messe in servizio. Il nostro Paese ospita 179 data center, la maggior parte localizzati nel Nord Italia, nella provincia di Milano.

La concentrazione dei siti attualmente attivi è prevalentemente nel Centro-Nord, ma è la provincia di Milano ad essere il centro nevralgico di queste infrastrutture, con una presenza nel solo milanese che supera un terzo del totale dei centri elaborazione dati italiani. In base ai dati disponibili, risulta che il capoluogo lombardo ospiti infatti 65 data center, rispetto ai 179 totali del territorio italiano.



In termini provinciali seguono (a distanza) Roma, con 19 strutture, e Torino con 10. Sotto un profilo energetico, ad oggi la gran parte dei data center in esercizio è concentrata sulla rete di media e bassa tensione, visto il calibro contenuto degli impianti e il loro uso più ristretto.

In termini di potenza energetica delle apparecchiature IT, secondo i dati dell'Osservatorio Data Center, promosso dalla School of Management del Politecnico di Milano, la sola Lombardia esprime 317 MW IT dei 513 MW IT totali italiani, con la città di Milano che esprime 238 MW IT. L'annualità 2024 ha portato a un significativo incremento del totale di MW IT connessi alla rete,

pari a 75 MW IT (+17 per cento rispetto al 2023), e un relativo aumento della superficie occupata dalle strutture, che ha raggiunto i 333.341 metri quadri (+15 per cento rispetto al 2023).

L'EPRI attesta che negli Stati Uniti, ma in generale in tutto il mondo, con il passaggio al *cloud computing* e all'intelligenza artificiale, i nuovi data center stanno già aumentando di dimensioni, con capacità che vanno da 100 a 1.000 MW, equivalenti all'incirca al carico di 80.000-800.000 abitazioni. Questo passaggio verso dimensioni più grandi, con un conseguente aumento della potenza richiesta da ciascun progetto, sta iniziando a manifestarsi anche in Italia.

Secondo quanto si legge

Data center e rete di trasmissione: una relazione complicata

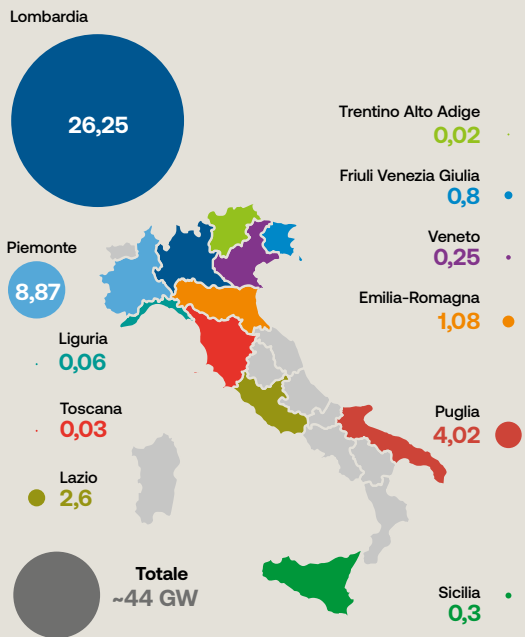
Le richieste di connessione alla rete di trasmissione nazionale associate ai data center si concentrano nel Nord Italia, seguendo la localizzazione degli impianti già esistenti. L'incremento prosegue senza mostrare segni di rallentamento.

Se nel 2024 sono state poco meno di 150 (per 23,3 GW di prelievo), nel periodo gennaio-maggio 2025 le richieste di allaccio in alta tensione (AT) per data center hanno toccato quota 275, per 44,1 GW (nel 2021 i GW erano stati 1,6).

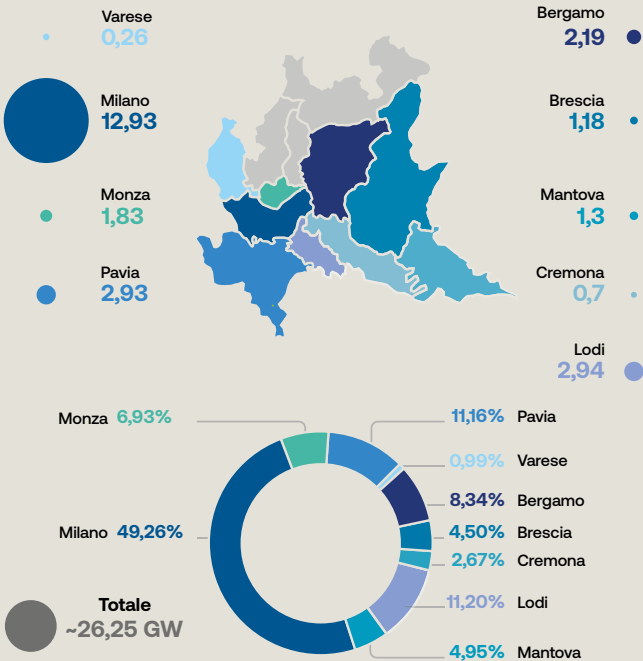
La localizzazione geografica non è omogenea sul territorio nazionale. La concentrazione è nelle regioni del Nord Ovest che raccolgono approssimativamente circa l'80 per cento della potenza richiesta in prelievo. La Lombardia è la regione più attrattiva: copre il 60 per cento della potenza richiesta complessivamente sul territorio nazionale (26,25 GW su circa 44), con l'area della città metropolitana di Milano che da sola sfiora il 30 per cento del totale con 12,93 GW di potenza richiesta in prelievo in AT.

Richieste di connessione: distribuzione geografica (GW)

ITALIA



LOMBARDIA



nel documento di Programmazione territoriale efficiente e interventi di connessione di Terna (2025), nel 2024 le richieste di connessione di data center alla rete di trasmissione nazionale hanno toccato i 30 GW, in aumento di 24 GW rispetto

al 2023. In particolare, le 15 richieste di allaccio per impianti di taglia superiore ai 400 MW costituiscono il 26 per cento della potenza totale richiesta, pari a 8 GW. Attualmente, su 198 richieste attive, il 40 per cento è attribuibile a impianti da 50 a 100 MW, con una taglia media

di 140 MW, che però è sempre in aggiornamento a causa di domande per impianti più energivori.

Le proposte di legge

Se la presenza del digitale è ormai pervasiva nelle attività

Per quanto riguarda le taglie, Terna osserva un incremento relativo alle singole richieste di connessione. A livello nazionale la potenza media standard associata ai data center attualmente si attesta oltre i 150 MW, anche a causa del forte sviluppo delle applicazioni dedicate all'intelligenza artificiale. Come numero di richieste, la potenza più comune – il 42 per cento di tutte le richieste – si trova nel gruppo che va da 30 a 100 MW. Le taglie, tuttavia, stanno aumentando: circa il 20 per cento delle domande ha una taglia da 200 MW, che rappresenta oltre il 40 per cento della capacità richiesta a livello nazionale. Quattro domande superano i 500 MW, una sola è relativa a un progetto da 1.500 MW (1,5 GW). La connessione per questa tipologia di impianti avviene su rete AT perché c'è la necessità di garantire un prelievo costante e senza interruzioni. Spesso a Terna sono richiesti doppi collegamenti, anche da nodi diversi della rete elettrica, per garantire una maggiore affidabilità e una migliore qualità del servizio.

Se attualmente sono in esercizio poco meno di 200 MW di impianti, ci sono oltre 800 MW ai passaggi finali del processo di connessione alla rete. Questo comporterebbe un incremento del 400 per cento rispetto al prelievo attuale di potenza da parte di data center connessi alla rete di trasmissione nazionale. Ulteriori 12 GW sono in corso di valutazione o autorizzazione, con possibile attivazione nei prossimi 2-3 anni.

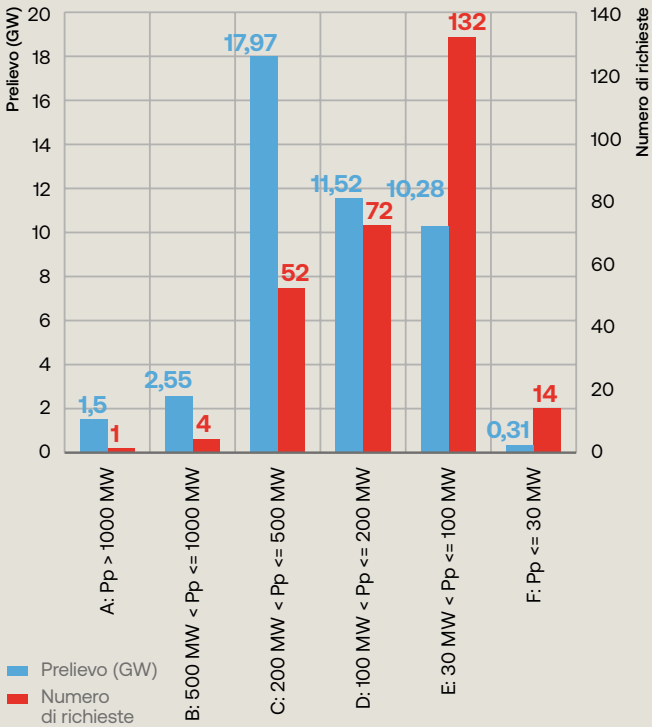
Anche l'aumento delle connessioni alle reti a 220 kV e 380 kV riflette il cambiamento di scenario in termini di incremento della taglia dei data center. Anche dal punto di vista del numero delle richieste, più del 60 per cento sono caratterizzate da soluzioni a livello di tensione non inferiore a 220 kV.

Questi numeri importanti pongono sfide complesse a Terna, chiamata a dimensionare la rete affinché sia pronta ad accogliere tutte le richieste di connessione

provenienti da data center. Una dimensione di complessità è infrastrutturale: i volumi complessivi impongono la progettazione e la realizzazione di nuove stazioni elettriche, nuovi collegamenti o il potenziamento degli asset esistenti. L'altra dimensione di complessità è data dalla localizzazione delle richieste, tipicamente concentrate in territori fortemente antropizzati; il che aggiunge un fattore di complessità ulteriore, legato all'inserimento in queste località di nuove infrastrutture di rete di trasmissione.

pcs

Richieste di connessione: distribuzione per taglia (GW), gennaio-maggio 2025



economiche, nei servizi, nelle imprese e nei business nazionali e internazionali, i data center assumono l'importanza di un'infrastruttura critica e strategica con una propria filiera.

In Italia appare dunque imperativo abilitarne lo sviluppo,

ancorchè sostenibile, considerando il tessuto industriale, l'impatto economico e occupazionale e l'attrattività verso gli investimenti esteri: la messa in produzione di nuovi data center potrebbe infatti portare nel territorio nazionale fino a 15 miliardi

di euro di investimenti.

Un numero di fattori favorisce l'Italia e contribuisce a creare un momento particolarmente opportuno per lo sviluppo di queste infrastrutture: la posa di nuovi cavi sottomarini nel Mediterraneo, la capacità logistica di ricevere e mantenere

La famosa invasione dei data center (in Lombardia)

le infrastrutture, la potenziale attrattività di investimenti e capitali.

Le grandi potenzialità per i data center nel nostro Paese sono tuttavia ostacolate dalla mancanza di un quadro normativo di riferimento chiaro, trasparente e snello, necessario per realizzare gli scenari economici, di competitività e di attrazione di investimenti. A livello nazionale grava una lacuna importante riguardo la classificazione e regolamentazione dei data center, la cui completa e regolare implementazione è quindi ostacolata. La mancanza di un quadro di riferimento rallenta i progetti e disincentiva gli investimenti, creando confusione e inaffidabilità nel contesto nazionale. Oltre a coordinare i piani urbanistico e ambientale, fondamentali nella prospettiva odierna di sostenibilità, la legislazione consentirebbe infatti una più chiara gestione delle richieste di autorizzazione per le strutture, che in mancanza di un riferimento esatto sono ancora classificate come industriali o logistiche.

Anche considerando le generiche linee guida sul tema pubblicate dalla Regione Lombardia e dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, ad oggi il contesto normativo è ancora insufficiente, mancando di una legge a livello nazionale. In Parlamento sono presenti cinque proposte di legge: la prima, a firma Giulia Pastorella (Azione), è stata presentata



La proposta di legge n. 1928 a firma di Giulia Pastorella (Azione) è stata presentata il 24 giugno 2024

il 24 giugno 2024. Le successive proposte, provenienti da Lega, PD, Fratelli d'Italia e MoVimento 5 Stelle, esprimono un interesse trasversale sul tema, chiedendo uniformemente di riconoscere il settore e standardizzare regole e tempistiche.

L'atto della Camera 1928 a firma di Pastorella ed altri dal titolo *Delega al Governo in materia di organizzazione, potenziamento e sviluppo tecnologico dei centri di elaborazione dati* è attualmente in corso di esame in Commissione.

La proposta di legge n. 1928 – volta a colmare il vuoto normativo concernente i data center, che vengono riconosciuti come infrastrutture critiche per il Paese – punta a fornire un primo quadro regolamentare e a definire le procedure di autorizzazione specifiche per la costruzione di nuove infrastrutture.

Consta di un articolo unico

e il comma 1 reca una disposizione di delega al Governo, da esercitare entro sei mesi, e delinea una prima definizione dei data center. Nello specifico, la delega è in materia di «organizzazione, potenziamento e sviluppo tecnologico dei centri di elaborazione dati», definiti come «l'insieme di risorse umane, fisiche, architetture, elettroniche e tecnologiche necessarie per il funzionamento dei sistemi informativi».

Il comma 2 reca i principi e criteri direttivi della delega che spaziano da questioni energetiche – come il potenziamento della rete elettrica nazionale per garantire la concreta attuazione dello sviluppo infrastrutturale – a questioni concernenti la promozione dello sviluppo tecnologico e dell'economia digitale, incentivando gli investimenti pubblici e privati nell'innovazione per il settore

A livello mondiale, nel 2024 i data center hanno consumato 416 TWh di energia elettrica, (+15 per cento sul 2023, 361 TWh). Secondo lo scenario base della IEA, la domanda di elettricità raggiungerà i 946 TWh nel 2030

dei centri di elaborazione dati, ottimizzando l'utilizzo delle risorse e riducendo l'impatto ambientale. Sono altresì da definire i parametri e i livelli di sicurezza, resilienza, ripristino ed efficienza energetica dei centri di elaborazione dati, nel rispetto degli standard e delle disposizioni internazionali in materia. Altrettanto fondamentale è la formazione e lo sviluppo di competenze specifiche nel settore dei centri di elaborazione dati: in questo senso, viene proposta anche l'istituzione di programmi educativi specifici in collaborazione con enti di alta formazione.

La proposta di legge Pastorella è stata seguita e ricalcata da altre, che hanno confermato di volta in volta l'impostazione di legge delega con il termine di sei mesi. In questa scia si colloca la proposta di Centemero (Lega): *Delega al Governo per la disciplina, la realizzazione e lo sviluppo dei centri di elaborazione dati*, Atto Camera n. 2083 presentato il 10 ottobre 2024. Cinque giorni dopo, all'esame in Commissione è presentata un'altra legge delega (C. 2091), a firma Amich (Fratelli d'Italia); il 28 novembre 2024, la *Delega al Governo in materia di organizzazione, potenziamento e sviluppo tecnologico dei centri di elaborazione dati* (C. 2152) è proposta da Ascani (PD). Similmente, l'ultima proposta di legge è del 13 gennaio 2025, presentata da Iaria (M5S): *Disposizioni concernenti*

la promozione della costruzione di centri di elaborazione dati e la disciplina urbanistica del loro insediamento (C. 2194).

Le varie proposte, strutturate sulla prima legge a firma Pastorella, sono confluite in un Testo Unico attualmente all'esame della IX Commissione Trasporti della Camera.

Nel testo unificato vi sono ulteriori rimandi a questioni fondamentali: in particolare, i progetti di nuovi centri di elaborazione dati dovrebbero essere qualificati come progetti di pubblica utilità indifferibili e urgenti, che siano considerati di «interesse pubblico prevalente» in quanto funzionali allo sviluppo socioeconomico nazionale.

Vengono inoltre considerate disposizioni da parte del legislatore sul piano della sostenibilità energetica, tramite l'impiego di sistemi di accumulo di energia e di sistemi di alimentazione di backup a basso impatto ambientale per rendere più sostenibili ed efficienti l'esercizio e il funzionamento dei centri di elaborazione dati.

Nonostante il potenziale strategico dei data center nel sostenere la trasformazione digitale del Paese e nel rafforzare la competitività infrastrutturale dell'Italia a livello europeo e mediterraneo, il quadro normativo nazionale risulta ancora manchevole di regolamentazioni necessarie rispetto alla rapida evoluzione

del settore. Tali infrastrutture, fondamentali per l'erogazione di servizi digitali pubblici e privati e capaci di attrarre ingenti investimenti sul territorio, non godono per ora di un riconoscimento giuridico autonomo né di un iter autorizzativo specifico, con evidenti ripercussioni in termini di ritardi procedurali, incertezza normativa e mancata valorizzazione delle opportunità economiche e occupazionali.

In un momento storico in cui l'Italia può posizionarsi come hub emergente per l'ecosistema cloud europeo, diventa urgente dotarsi di una regolamentazione chiara, semplificata e coerente, capace di abilitare lo sviluppo ordinato, sostenibile e sicuro dei centri di elaborazione dati, garantendo allo stesso tempo la sovranità tecnologica e la resilienza digitale del Paese.



Regione Lombardia
Linee guida
per la realizzazione
in Lombardia
dei data center



MASE
Linee guida
per le procedure
di valutazione
ambientale
dei data center



ricerca

Energia in orbita: passeggiata nell'economia spaziale

Il valore globale della *space economy* è in crescita. Nel 2024 si è attestato intorno ai 600 miliardi di dollari, registrando un incremento del 17 per cento rispetto al 2023. Tuttavia, il potenziale dello spazio è ancora poco utilizzato, in particolare a livello europeo. Alcuni numeri



di **Alessandro D'Amato**, I-Com

La vita sulla Terra è da tempo strettamente correlata alla resilienza di molte infrastrutture che si trovano nello spazio.

Come noto, i satelliti consentono le comunicazioni in tempo reale, il timing delle transazioni bancarie e finanziarie, la navigazione satellitare e la geolocalizzazione, il monitoraggio della superficie per le previsioni meteorologiche e per gli impatti dei cambiamenti climatici, il trasferimento di dati e la fornitura di servizi ai consumatori, nonché diverse attività di competenza degli Stati per garantire la sicurezza nazionale e la difesa. Tuttavia, il potenziale strategico dello spazio è ancora scarsamente utilizzato, in particolar modo a livello europeo.

Gli ultimi dati contenuti



nello *Space Economy Report* di Novaspaces (società di consulenza nel settore spaziale) mostrano come il valore globale della *space economy* si sia attestato a 596 miliardi di dollari nel 2024, registrando un incremento del 17 per cento rispetto al 2023, anno in cui il settore ha toccato i 509 miliardi di dollari. La quota comprende

La proprietà intellettuale è riconducibile alla fonte specificata in testa alla pagina. Il ritaglio stampa è da intendersi per uso privato



La proprietà intellettuale è riconducibile alla fonte specificata in testa alla pagina. Il ritaglio stampa è da intendersi per uso privato

i contratti stipulati da attori governativi, militari e commerciali (il mercato spaziale vale 224 miliardi di dollari), nonché i servizi e le applicazioni che si basano sulle infrastrutture spaziali (soluzioni abilitate, 308 miliardi), oltre ad attività governative non contrattualizzate (ovvero, costi interni delle Agenzie spaziali o programmi

di R&S non contrattualizzati con l'industria, pari a 64 miliardi di dollari).

In merito alle principali applicazioni (**Figura 1**, a pag. 88), la comunicazione satellitare – che supera di gran lunga le altre categorie considerate – occupa la prima posizione con il 52 per cento del mercato spaziale a livello globale,

Nella foto del 1° maggio 2025 l'astronauta della NASA e ingegnere di volo di Expedition 72 Anne McClain (fotografata dalla collega Nichole Ayers) lavora vicino a uno dei principali pannelli solari della Stazione Spaziale Internazionale

seguita a distanza dall'osservazione della Terra (6,8 per cento) e dalla navigazione satellitare (6,3 per cento).

Quanto alla distribuzione geografica del mercato (**Figura 2**), l'Europa consolida

la terza posizione con 38 miliardi di dollari, poco più del 17 per cento del totale considerato (-3 per cento su base annua), preceduta da Asia e Oceania con 45 miliardi di dollari (20,5 per cento del totale e -4 per cento rispetto al 2023) e dal Nord America, che intercetta 151 miliardi di dollari (il 33,1 per cento del totale, con un incremento del 6 per cento su base annua). Fuori da questo podio virtuale, le altre quattro regioni considerate (America Latina, Medio Oriente e Africa, Russia e CSI, alcune isole indipendenti nell'Oceano Pacifico e Indiano)

occupano complessivamente una quota del 23,1 per cento (+2,4 per cento sul 2023).

L'Italia nel contesto globale

L'Italia vanta una lunga tradizione nelle attività spaziali. Siamo stati tra i primi al mondo a lanciare e a far operare in orbita infrastrutture satellitari, siamo tra i membri fondatori dell'ESA (il nostro è attualmente il terzo Paese contribuente), oltre a essere tra i nove Stati a livello globale che si sono dotati di un'Agenzia spaziale a cui è destinato un budget che supera il miliardo di dollari.

Il ruolo riconosciuto allo spazio in ambito nazionale si rivede peraltro nei fondi dedicati nel PNRR (Missione 1, Componente 2, Investimento 4.1 – Tecnologia satellitare ed economia spaziale), ossia poco meno di 2,3 miliardi di euro fino al 2026.

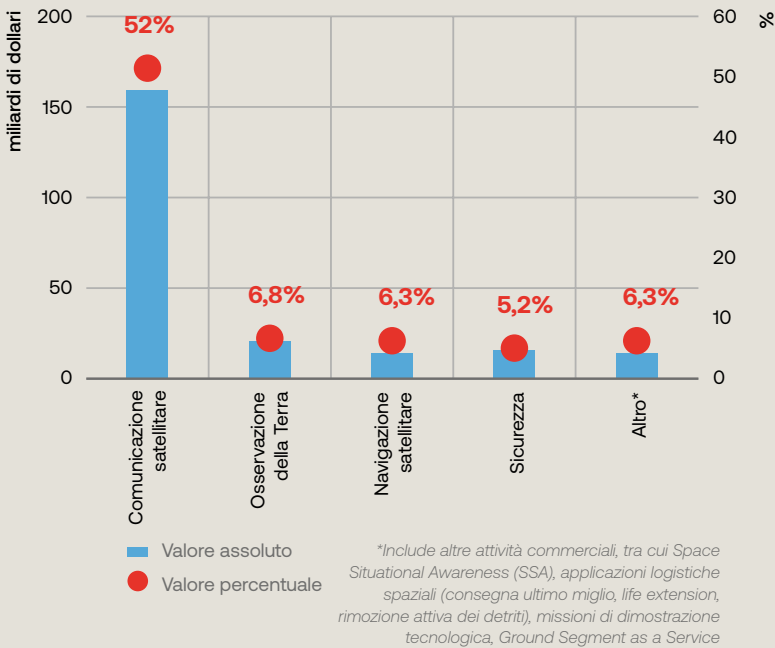
Simili investimenti nel corso degli anni hanno consentito all'intera catena del valore di maturare ed evolversi. Tenendo in considerazione la mappatura effettuata periodicamente sul portale istituzionale Italian Space Industry (catalogo multimediale frutto di un'iniziativa del Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale – MAECI e dell'ASI – Agenzia spaziale italiana), il settore spaziale italiano risulta costantemente in crescita. In particolare, si è passati da un totale di 120 imprese nel 2019 a 257 nel 2025, complice anche il conteggio delle start-up a partire dal 2020. In tutti gli anni considerati prevale la quota di PMI, in aumento del 37,8 per cento rispetto al 2021. Tra le grandi imprese registrate si evidenzia un incremento del 80,9 per cento tra il 2021 e il 2025. Allo stesso modo, il numero di start-up è passato dalle 21 del 2021 alle 42 registrate per l'anno in corso.

Risulta complesso mappare le imprese che operano nel comparto spaziale poiché in molti casi si tratta di aziende

Figura 1

Valore del mercato spaziale globale nel 2024, per applicazione

Fonte: Novaspace, Space Economy Report, gennaio 2025



Il mercato globale della propulsione spaziale è passato dagli 8,3 miliardi di dollari del 2023 ai 10,2 del 2024 e si prevede possa raggiungere i 20 miliardi di dollari entro il 2030

multi-business (o diversificate), per cui il loro numero potrebbe essere decisamente sottostimato. Peraltro, una stessa impresa può occuparsi di diversi ambiti riconducibili alla *new space economy*: La maggior parte offre servizi collegati all’osservazione della Terra e di comunicazione satellitare, seguite da chi fornisce materiali e strutture o applicazioni legate alla sicurezza. Un ventaglio più limitato di soggetti si interessa di trasporto spaziale, servizi di lancio e di rientro, servizi in orbita ed esplorazione umana e microgravità.

Le fonti energetiche da e nello spazio

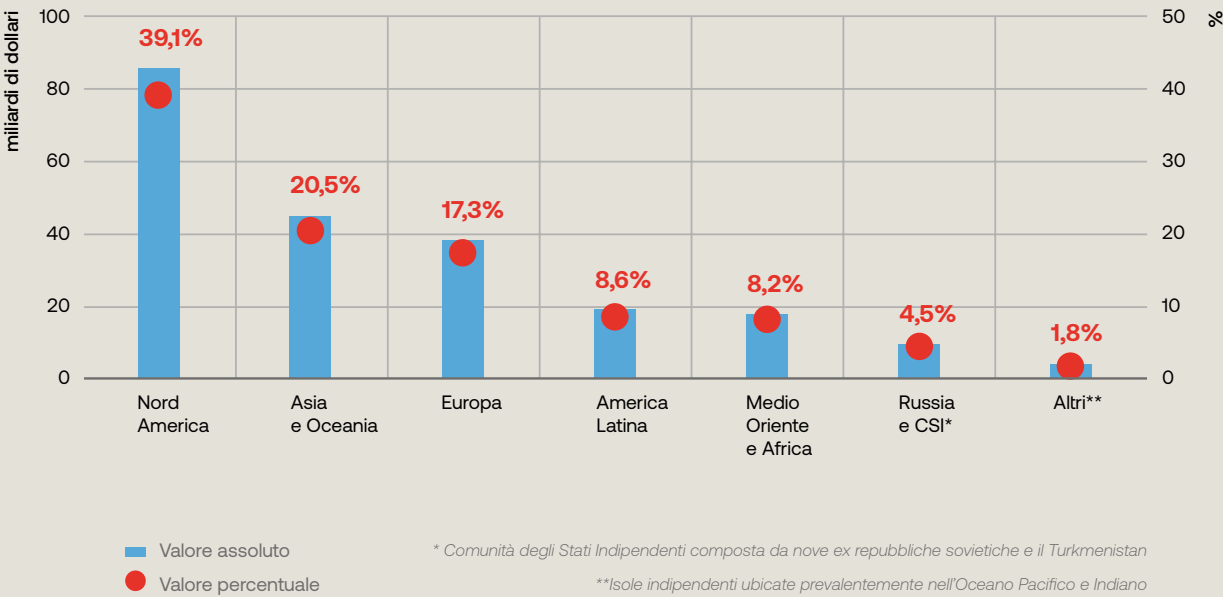
L’esplorazione umana e robotica dello spazio è considerata il principale fattore abilitante per lo sviluppo non solo del comparto spaziale, ma di quei settori che utilizzano dati e tecnologie abilitate dallo spazio (*downstream*). In questo contesto, i prossimi anni costituiranno un’importante occasione anche per il continente europeo, con la ripresa dell’accesso autonomo e indipendente allo spazio grazie ai lanciatori Ariane 6, Vega C ed E. Basti pensare che nel 2024 sono

stati effettuati 263 tentativi di lancio, di cui ben 258 che hanno raggiunto con successo lo spazio: +17,9 per cento su base annua (McDowell, 2025).

Il mercato globale della propulsione spaziale è in forte crescita: è passato dagli 8,3 miliardi di dollari del 2023 ai 10,2 del 2024 e si prevede che possa raggiungere i 20 miliardi di dollari entro il 2030. Questo andamento positivo beneficia della crescita della *space economy* a livello globale, con particolare riferimento alla maggiore richiesta di applicazioni spaziali

Figura 2
Valore del mercato spaziale globale nel 2024, per regione

Fonte: Novaspace, Space Economy Report, gennaio 2025



(soprattutto per l'ambiente e il contrasto al cambiamento climatico), nonché per aspetti legati alla sicurezza, alla meteorologia, alla connettività e allo sviluppo di lanciatori riutilizzabili.

Attività brevettuale nel trasporto spaziale

Prima di analizzare l'evoluzione dell'attività brevettuale in questo settore, è opportuno richiamare le principali categorie dei sistemi di propulsione spaziale e i propellenti maggiormente utilizzati per i lanciatori. La propulsione chimica, che costituisce il sistema tradizionale in quest'ambito, sfrutta carburanti e ossidanti come l'idrogeno liquido (LH_2), l'ossigeno liquido (LO_x) e l'idrazina (N_2H_4), soprattutto in veicoli spaziali riutilizzabili, propulsione e micro-propulsione all'interno di tali veicoli e per le manovre di rientro.

La propulsione elettrica si sostanzia nell'utilizzo di elettricità per accelerare i principi di un determinato propellente (ad esempio, kripton, argon e xenon) e può basarsi su tre diversi meccanismi: elettrotermico, elettrostatico ed elettromagnetico. Tali sistemi sono utilizzati primariamente nelle missioni spaziali per cui è previsto un viaggio di lunga durata e per alimentare i satelliti di telecomunicazione.

Esistono anche forme alternative di propulsione, tra cui

quella che ricava energia dai raggi solari o laser, o dall'utilizzo di lunghi cavi per innescare e stabilizzare il movimento di veicoli spaziali, ad esempio tramite l'interazione elettromagnetica tra un flusso di corrente elettrica e la magnetosfera del pianeta, o ancora la propulsione nucleare, che in prospettiva può essere applicata alle missioni scientifiche nello spazio profondo e a quelle di esplorazione con equipaggio umano.

In base a queste premesse (e andando verso sistemi di propulsione e propellenti green per un accesso allo spazio più sostenibile), secondo gli ultimi dati sull'attività brevettuale nel settore del trasporto spaziale resi noti dalla World Intellectual Property Organization – WIPO (l'agenzia delle Nazioni Unite che si occupa di proteggere e promuovere la proprietà intellettuale), l'area più rilevante è quella della propulsione elettrica. Il numero di famiglie brevettuali pubblicate in questo ambito è passato da 70 nel 2000 a 293 nel 2023, mentre i brevetti relativi all'impiego di idrogeno e celle a combustibile per applicazioni spaziali sono passati dai 2 nel 2000 ai 45 nel 2023.

Se si guarda ai principali Paesi attivi nella brevettazione della propulsione sostenibile, la Cina risulta leader tecnologico nel settore delle batterie, con 643 famiglie brevettuali pubblicate tra il 2000 e il 2023, seguita da USA e Giappone, rispettivamente al secondo (399) e terzo posto

(182). Anche nella propulsione elettrica la Cina è in testa (929), seguita a breve distanza (722) dagli Stati Uniti, che sono invece al primo posto nella ricerca sull'idrogeno e sulle celle a combustibile per applicazioni spaziali (238), seguiti dalla Cina (112) e dalla Germania (79). Ancora una volta, gli USA si collocano al primo posto per i carburanti sostenibili (59), seguiti da Francia (37) e Germania (23).

In questo contesto, il nostro Paese non figura tra i top performer in nessuna delle tecnologie considerate ma raggiunge i migliori posizionamenti nell'ambito dell'idrogeno e delle celle a combustibile (10° posto con 9 brevetti) e dei carburanti sostenibili (8° posto e 2 brevetti).

L'energia solare spaziale

L'energia solare rappresenta una straordinaria fonte energetica per le attività in orbita, grazie all'innovazione nel campo delle celle solari spaziali (*space solar cells*), ossia pannelli fotovoltaici sottili e flessibili che possono raggiungere un livello di efficienza vicino al 30 per cento. I pannelli sono multigiunzione, ossia composti da più strati ciascuno dei quali formato da diversi semiconduttori capaci di assorbire differenti porzioni dello spettro della luce solare con una minore copertura in termini di superficie occupata. Sono utilizzati, fra l'altro, per alimentare alcune parti della Stazione Spaziale Internazionale



Piccoli satelliti, noti anche come CubeSats, dispiegati nell'orbita terrestre da un satellite orbitale all'esterno del modulo laboratorio Kibo della Stazione Spaziale Internazionale, Credit: NASA/Tracy Dyson

(ISS) grazie alla copertura di oltre 2.000 metri quadrati di superficie, dove consentono di generare 735 MWh di energia elettrica l'anno.

In Italia opera una tra le società leader nel settore a livello mondiale, il CESI, che ha firmato un contratto importante (13 milioni di euro) nell'ambito del programma Space Factory 4.0 (PNRR) gestito dall'ASI e funzionale a incrementare la capacità produttiva di celle solari da installare sui satelliti nelle due orbite più utilizzate (LEO e GEO). Tra gli obiettivi, il potenziamento dell'efficienza energetica delle celle, sino a raggiungere il 35 per cento, e la riduzione dello spessore a quello di un capello.

Tra le opportunità più interessanti legate al futuro della *space economy* va annoverata l'energia solare spaziale (Space Based Solar Power – SBSP), che si sostanzia nella raccolta di energia

tramite appositi pannelli fotovoltaici collocati sulle infrastrutture in orbita e la conseguente trasmissione sulla Terra in maniera completamente wireless. Nonostante si tratti di un ambito che dovrebbe vedere la luce a partire dal prossimo decennio, fa registrare già un importante fermento, in particolar modo grazie all'impulso dell'ESA, della NASA e del Regno Unito. Secondo gli ultimi dati disponibili, il mercato globale della SBSP ha raggiunto la cifra di 610 milioni di dollari nel 2023 e si stima possa avvicinarsi al miliardo e mezzo di dollari nel 2031.

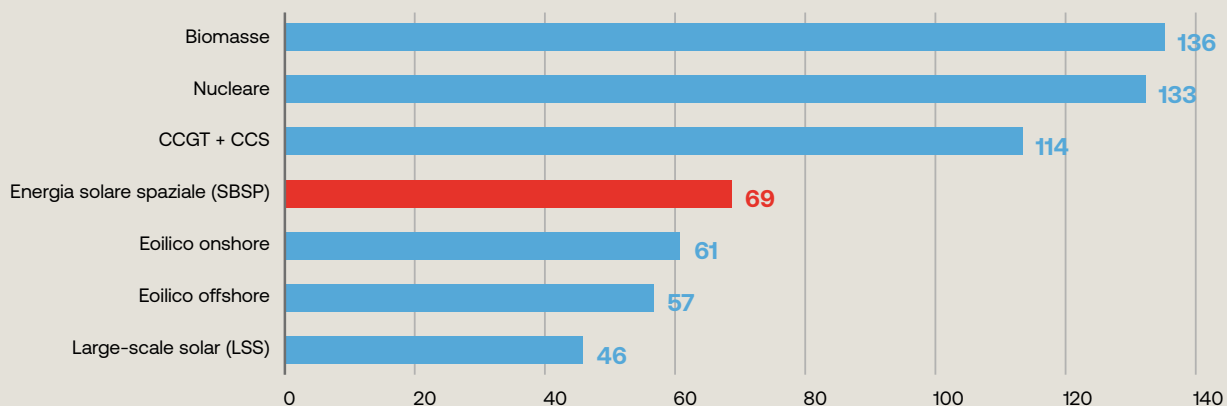
L'ultimo Consiglio ministeriale ESA ha approvato ufficialmente il progetto SOLARIS che, partendo da una ricognizione tecnologica e un'analisi di fattibilità (termine fissato entro la fine del 2025), mira

a fornire elementi utili per decidere se investire o meno nello sviluppo di un sistema europeo di SBSP. L'obiettivo è di avere delle vere e proprie centrali solari in orbita geostazionaria che potenzialmente potrebbero produrre energia 24/24h e 7 giorni su 7, fatta eccezione dei periodi corrispondenti agli equinozi, durante i quali la Terra genera un cono d'ombra che non consente di assorbire la luce solare. Per l'Italia, Thales Alenia Space ed Enel hanno effettuato una prima valutazione di fattibilità sulla generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, sullo storage energetico, sulla trasmissione e distribuzione. Se queste analisi condurranno a un esito positivo, si punta a lanciare in orbita

Figura 3

Confronto tra fonti energetiche a basse emissioni di carbonio, per LCOE (dollari/MWh)

Fonte: Frazer-Nash Consultancy, Space Based Solar Power. De-risking the pathway to Net Zero, 2021



Le valutazioni di LCOE per le fonti, a eccezione della SBSP, seguono le proiezioni BEIS - Electricity Generation Costs (2020) per il 2040. Cambio Sterlina - Dollaro: 1.38

impianti sempre più performanti, che possano giungere a 1 GW di potenza tra il 2040-2045, contribuendo in maniera significativa all'obiettivo indicato dall'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA) di produrre quasi il 90 per cento dell'energia mondiale da fonti rinnovabili entro il 2050.

Anche USA e UK stanno dando un grande impulso agli sviluppi dell'energia solare spaziale. Secondo uno studio del 2021 di Frazer-Nash Consultancy per conto del Dipartimento per le imprese, l'energia e la strategia industriale del Regno Unito, la SBSP può supportare efficacemente l'obiettivo net zero al 2050. L'analisi sviluppa un modello per stimare il costo livellato dell'elettricità (- LCOE) basato sulla metodologia BEIS (2020) così da confrontare tale valore con quello di altre fonti energetiche a basse emissioni di carbonio (**Figura 3**). Ipotizzando un *hurdle rate* (tasso minimo di rendimento che un investimento deve superare

affinché sia considerato redditizio) del 20 per cento e che il sistema sia messo in funzione entro il 2040, il Levelized Cost of Electricity del progetto di SBSP del Regno Unito è stimato a 69 dollari/MWh, performando meglio di altre tecnologie come CCGT + CCS (114 dollari/MWh), nucleare (133 dollari/MWh) e biomasse (136 dollari/MWh).

Con investimenti adeguati su questa tecnologia, stimati complessivamente tra pubblico e privato in 23,9 miliardi di dollari in 18 anni, di cui 22,5 per i costi di sviluppo e il restante per la parte operativa, si potrebbe giungere alle prime missioni dimostrative entro l'inizio del prossimo decennio e al lancio del primo sistema SBSP nel 2040. Quanto all'impatto sul PIL, si è valutato un possibile effetto moltiplicatore pari al 2,3 (per ogni dollaro di PIL diretto si sosterebbero ulteriori 1,8 dollari di PIL indiretto e indotto), ottenuto considerando le diverse industrie coinvolte nello sviluppo e nella produzione

di un simile sistema.

Con specifico riferimento all'incidenza sul settore pubblico, è stato calcolato che per ogni sterlina di fondi pubblici investiti si genererebbero ulteriori 2,5 dollari nell'economia del Regno Unito per l'intera durata del programma. Nello studio sono stati valutati anche gli effetti *spillover* su altri settori, tra cui trasmissione di energia wireless, semiconduttori, fotovoltaico, educazione e formazione, trasporto merci e assemblaggio robotico.

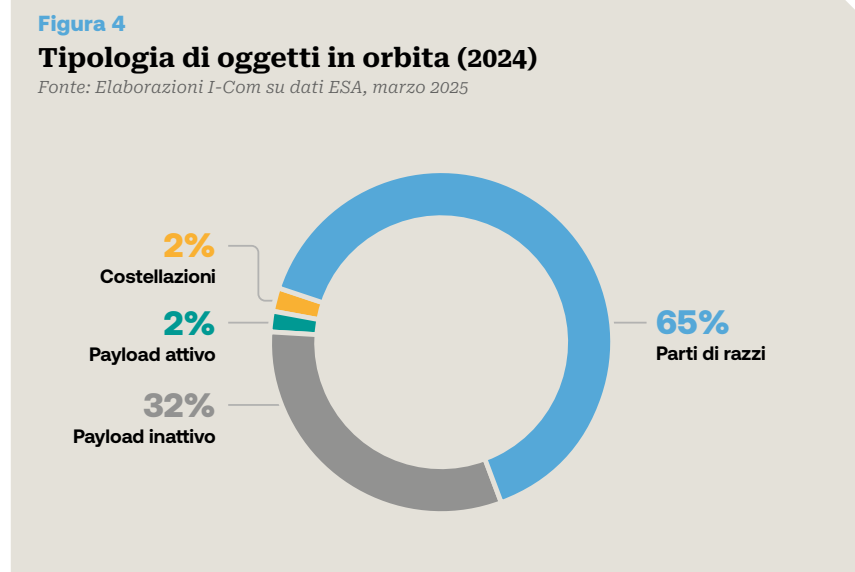
La sostenibilità dello spazio: la questione dei detriti

Il problema dei detriti spaziali (frammenti di satelliti e razzi, veicoli spaziali in disuso e altri detriti di dimensioni minori legati alle missioni spaziali) è notevolmente peggiorato negli ultimi 15 anni, principalmente a causa di due macro-eventi: il test Anti-satellite weapon (ASAT) su Fengyun-1C condotto dalla Cina nel 2007 e la collisione

accidentale tra Cosmos 2.251 e Iridium 33 nel 2009.

Le ultime statistiche rilasciate dall'ESA mostrano come la quasi totalità degli oggetti in orbita, circa il 97 per cento nel 2024, è riconducibile a parti di razzi o a payload inattivo (**Figura 4**). Di conseguenza, solo una parte estremamente ridotta concerne payload attivo e funzionante o comunque costellazioni satellitari. Nelle due orbite terrestri più trafficate (LEO e GEO) si concentra larga parte della massa e della quantità totale degli oggetti spaziali. Più nel dettaglio, l'orbita bassa – dove, fra l'altro, si trova la ISS – risulta prima per entrambi i valori considerati (oltre 22.400 oggetti, corrispondenti a 6.661 tonnellate).

Restringendo l'orizzonte temporale agli ultimi dieci anni, le cause principali degli eventi di frammentazione risiedono in criticità relative alla propulsione (ad esempio, stress termico che conduce a un'esplosione), verificatesi nel 37 per cento dei casi, seguite da anomalie (19 per cento, definite dall'ESA come “una separazione non pianificata, di solito a bassa velocità, di uno o più parti di un satellite”, come materiale isolante o pannelli solari; satellite che rimane però sostanzialmente intatto e funzionante. Chiudono questa classifica i malfunzionamenti del sistema elettrico (4 per cento), riconducibili prevalentemente a un sovraccarico e alla conseguente esplosione delle batterie, a cui seguono eventi



prodotti in maniera intenzionale (2 per cento) e cause di natura accidentale (inclusi difetti di progettazione) registrate nel 2 per cento dei casi. Relativamente alta (25 per cento) la percentuale di situazioni in cui non è stato possibile stabilire una specifica classificazione dell'evento di frammentazione.

Una singola collisione tra oggetti o detriti spaziali può causare l'interruzione di una missione, il danneggiamento di infrastrutture satellitari o mettere in pericolo le persone che si trovano nel raggio di azione dell'impatto. In aggiunta, se le attività nello spazio venissero percepite come eccessivamente rischiose, ciò potrebbe far aumentare a dismisura il prezzo delle polizze assicurative, con ripercussioni economiche importanti soprattutto per gli operatori di medie e piccole dimensioni. Peraltro, non è da sottovalutare il danno di immagine che può scaturire da un'inadeguata gestione dei detriti spaziali, in quanto un

comportamento etico e attento all'ambiente si sta intensificando anche con riguardo allo spazio, come testimoniano, fra l'altro, gli sforzi nell'ambito dello Zero Debris Charter dell'ESA.

Il valore (e l'impatto ambientale) del turismo spaziale

Tra le opportunità considerate più promettenti per la *space economy* rientrano il turismo spaziale e il trasporto sub-orbitale.

Ad oggi si tratta di un mercato ancora piuttosto contenuto, pari a 810 milioni di dollari nel 2024, ma si stima che potrebbe quasi quadruplicare entro il 2033, superando i 3 miliardi di dollari a livello globale.

Tale segmento sta concentrando gli investimenti su una sempre più ampia riutilizzabilità dei sistemi spaziali, anche al fine di rendere queste tipologie di volo più economiche e accessibili per il pubblico interessato. Si sta lavorando pure