

GALASSIE



DI SPECCHI

Prendere
l'energia solar
direttamente
dallo Spazio,
più intensa
e senza
l'alternanza tra
giorno e notte.
Fantascienza?
Tutt'altro,
anche se le
questioni
tecniche da
risolvere
restano tante

TESTO
Emilio Cozzi

ART
Westend61

La prima si chiama Cassiopeia.

È una cattedrale da duemila tonnellate che viaggia a 11mila chilometri orari al di là del cielo. La sua struttura elicoidale è composta da 61mila strati di pannelli in grado di convertire i raggi solari in elettricità, spedita poi sulla Terra sotto forma di microonde. Posizionata in orbita geostazionaria a 36mila chilometri di quota, Cassiopeia non scompare mai oltre l'orizzonte e rimane costantemente orientata verso speciali antenne terrestri chiamate "rectenne".

L'altra è Sps-Alpha.

L'ha progettata l'ex fisico della Nasa John C. Mankins e, sempre in orbita geostazionaria, occupa una superficie di 15 chilometri quadrati, con un diametro di poco superiore ai quattro. Ha una capacità di 2 gigawatt.

Costellazioni costituite da decine di strutture come Cassiopeia e Sps-Alpha permetterebbero di soddisfare fra il 10 e il 20 per cento del fabbisogno energetico europeo annuo, con energia pulita e costante.

Peccato che Cassiopeia e Sps-Alpha non esistano.

Almeno per ora.

«Oltre all'urgenza di trasformare le fonti attuali, ancora basate su combustibili fossili, in energia green, abbiamo bisogno di più energia e in particolare di energia pulita», dice Sanjay Vijendran, fondatore e direttore di Space Energy Insights, una società specializzata in servizi di consulenza sull'energia rinnovabile fornita dallo Spazio. «Fronteggiamo una sfida doppia: decarbonizzare le fonti disponibili e produrre maggiore energia, necessaria per rispondere alle sfide future. In entrambi i casi, lo *Space based solar power* potrebbe rappresentare la soluzione».

Si definisce *Space based solar power*, o Sbsp, la possibilità di raccogliere l'energia solare in orbita per poi indirizzarla sulla Terra. Lungi dalla fantascienza, è un'idea considerata promettente fin dagli anni Sessanta.

Ne teorizzò lo sfruttamento l'ingegnere aerospaziale Peter Glaser, che in un articolo pubblicato su *Science* il 22 novembre del 1968 ipotizzò che la futura espansione, se non la sopravvivenza, del genere umano sarebbe dipesa dalla capacità di usare le fonti alternative. La migliore, per disponibilità pressoché illimitata, era e sarebbe stata l'energia solare. In particolare se intercettata oltre l'atmosfera, dov'è più intensa, e poi inviata alle reti di distribuzione terrestri tramite connessioni wireless.

Sebbene ai tempi fosse tecnologicamente impossibile, oggi sono molti i paesi decisi a dimostrare che Glaser avesse ragione: in palio non c'è tanto la chiave della crisi coeva, quanto quella del nirvana energetico dei prossimi decenni. Ergo, *ça va sans dire*, degli equilibri geopolitici.

Come sottolinea il gruppo finanziario Citi nel rapporto *Space. The Dawn of a New Age*, pubblicato nel maggio del 2022, «secondo il Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti, la quantità di energia solare che colpisce la Terra in un'ora è maggiore di quella che il mondo intero consuma in un anno (430 quintilioni di joule)».

«È vero, ma non si tratta di una possibilità realizzabile in tempi brevi», precisa Vijendran. «È però altrettanto certo che lo Sbsp potrebbe sopperire alle lacune dei sistemi di produzione terrestri, notoriamente instabili poiché soggetti ai cambiamenti meteorologici, garantendo un approvvi-

giamento energetico fisso e continuo». La prudenza di Vijendran evoca insieme entusiasmo e complessità tecnologiche tuttora rilevanti. Un fatto ancor più significativo se si considera che è lui ad aver guidato, per conto dell'Agenzia spaziale europea (l'Esa), il programma Solaris, deputato a fornire una fonte di energia ecologicamente sostenibile, accessibile e pulita all'Europa, in modo da soddisfare il suo crescente fabbisogno energetico e azzerare le emissioni inquinanti nette entro il 2050.

Un programma oggi «congelato», dice Vijendran.

All'inizio del 2022, il Consiglio dell'Esa finanziò valutazioni di costi e benefici per soluzioni Sbsp, per verificare la necessità di avere un programma di ricerca e sviluppo dedicato. I rapporti vennero affidati allo studio inglese Frazer-Nash Consultancy e a quello tedesco Roland Berger. Nel novembre del 2022, con l'obiettivo di proporre la realizzazione ai paesi membri nel Consiglio ministeriale del 2025, l'Esa avviò ufficialmente Solaris e l'anno successivo commissionò due studi di fattibilità dedicati alla realizzazione di altrettanti impianti, che sfruttassero trasmissioni di tipo diverso: il primo, in radiofrequenza, a un gruppo guidato da Thales Alenia Space Italia; il secondo, con tecnologia di trasmissione tramite riflessione, venne affidato ad Arthur D. Little.

A fronte delle complessità tecniche e degli investimenti individuati, però, gli studi suscitarono più scetticismo che altro. Eppure, nella relazione tecnica di Roland Berger si legge che una costellazione di impianti Cassiopeia potrebbe produrre «800 terawattora (TWh) all'anno entro il 2050». Oppure, considerando il caso statunitense di Sps-Alpha, «un sistema Sbsp con una capacità di 2 GW produrrebbe circa 15,78 TWh annui. Per soddisfare il 10% della domanda lorda di elettricità dell'Unione Europea, pari a circa 3500 TWh nel 2050 (scenario di riferimento Ue 2020), sarebbero necessari fra i 20 e i 25 sistemi Sbsp operativi, con una produzione totale di elettricità di 314-390 TWh». Tradotto in soldoni, e considerati gli investimenti per costruirla, lanciarla, mantenerla e farla funzionare, la sola Cassiopeia prometterebbe un valore netto dei profitti

fra i «149 e i 262 miliardi, con la stima più credibile di 183 miliardi di euro tra il 2022 e il 2070». I costi, scalabili, diminuirebbero infatti dal primo impianto in poi.

Setticismo europeo a parte, non è un caso se la possibilità di trasmettere energia solare dallo Spazio stia attirando l'attenzione e gli investimenti di paesi come Giappone, Cina e Stati Uniti. Altrettanto significativo, però, è che si tratti ancora e comunque di progetti, cioè solo di piani in divenire: come rilevato dall'Esa, le sfide tecnologiche imposte da colossi come Cassiopeia o Sps-Alpha sono ancora tutte da vincere. La loro difficoltà sarebbe evidente anche solo confrontandone le dimensioni con quelle della Stazione spaziale internazionale, a oggi l'architettura più grossa mai realizzata in orbita, estesa quanto un campo da calcio e pesante «solo» 420 tonnellate.

«Il caso studiato da noi, quello di un impianto geostazionario con trasmissione in radiofrequenza (microonde a 5,8 GHz), contempla un'infrastruttura di circa 7 mila tonnellate», spiega Giorgio Musso, project manager del programma Solaris per conto di Thales Alenia Space Italia. «La stazione avrebbe due campi di pannelli solari da 2,5 chilometri per 1,7 e un'antenna per trasmettere l'energia a Terra con un diametro di 750 metri. Andrebbe anche considerata un'area terrestre di ricezione delle radiofrequenze, che poi verranno trasformate di nuovo in energia elettrica, da 34 chilometri quadrati». Detto altrimenti: un progetto gravoso e non solo per la sua realizzazione, da effettuare interamente in orbita.

«Secondo il nostro studio, per costruire il primo impianto sarebbero necessari 120 lanci di un vettore pesante, capace di portare ogni volta 100 tonnellate in orbita bassa (entro i 1000 chilometri di quota, ndr). A quel punto, sfrutteremmo sei *tug*, cioè dei «rimorchiatori» spaziali, per traghettare la massa alla quota geostazionaria, dove 24 sistemi robotici automatizzati provvederebbero all'assemblaggio. Fra il lancio e la piena operatività sarebbero necessari due anni e circa dieci miliardi di euro. Al fine di produrre 750 TWh all'anno, il target imposto dall'Esa, occorrerebbe costruire 86 impianti, i cui costi diminuirebbe-

ro via via, di circa un decimo per stazione». Numeri capaci di spiegare, in un colpo d'occhio, la perplessità dei paesi membri dell'Esa e l'effettiva scomparsa di una discussione dedicata a Solaris alla prossima Ministeriale, che si terrà a Brema in novembre.

In fondo, come gli studi commissionati dall'Agenzia sottolineano, per costruire le strutture previste, non solo sarebbe necessario aumentare in modo corposo la frequenza dei lanci, moltiplicando di oltre 200 volte la nostra attuale capacità di trasporto spaziale e ipotizzandone una drastica riduzione dei costi, ma occorrerebbe «sviluppare la tecnologia associata ai sistemi robotici e autonomi nello Spazio [...] Considerando l'elevato numero di questi sottosistemi, saranno indispensabili procedure operative autonome, supportate da un'adeguata intelligenza artificiale e da capacità di elaborazione dei dati». Il tutto senza dimenticare altre criticità, come lo sviluppo di una trasmissione energetica wireless ad alta efficienza e a lunga distanza. «Di quest'ultimo aspetto possiamo confermare la fattibilità», riprende Musso. «È stata comprovata la sua efficacia trasmettendo energia in radiofrequenza a diverse centinaia di metri. Mancherebbe solo un test dall'orbita geostazionaria, ma nulla in teoria esclude che funzioni».

Vijendran è ancora più assertivo: «Pannelli solari con un'efficienza soddisfacente e tecnologie di trasmissione energetica esistono già. Queste ultime, sperimentate fin dai tempi di Nikola Tesla fra il 1910 e il 1920, oggi sono state affinate per convogliare l'energia in direzioni precise, in modo da non disperderne in eccesso. L'obiettivo attuale è un altro: alleggerire il peso delle componenti e ottimizzarne i costi. Oggi stiamo ipotizzando un sistema che renda il prezzo dell'energia trasmessa dallo Spazio più abbordabile per il pubblico. A differenza di altre missioni, per cui il costo ridotto non è una priorità, nel caso dello Sbsp esso rappresenta il traguardo principale».

Ammesse complessità immani, il rapporto di Citi autorizza comunque un certo ottimismo, vaticinando che entro il 2040 i costi di lancio, soprattutto grazie alla riutilizzabilità dei razzi vettore (come quelli di SpaceX), po-

Secondo il Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti, la quantità di energia solare che colpisce la Terra in un'ora è maggiore di quella che il mondo intero consuma in un anno (430 quintilioni di joule)

trebbero scendere dagli attuali 1500/2000 dollari al chilo a meno di 100 dollari e che i pannelli solari potrebbero raggiungere una massa di un chilogrammo per kW, contro i 20 kg/kW di oggi. Significa che il trasporto di un impianto solare da 4 GW - il consumo annuale di una città come Milano - costerà un miliardo di dollari. I benefici sarebbero a quel punto palesi: un parco solare terrestre da 4 GW, in Europa, costa 2,5 miliardi e produce solo il 15% dell'energia annua rispetto a quella di una centrale orbitante. Dati su cui tutti gli studi concordano: lo *Space based solar power* potrà rivelarsi più economico anche del solare tradizionale.

Rimane da capire se la volontà politica, in primis europea, convergerà nel sostenere lo sviluppo e il costo di progetti tanto ambiziosi. L'importanza della decisione non è testimoniata solo dall'emergenza energetica attuale, ma anche dai progetti già in corso altrove: ben più avanti dell'Europa sono la Nasa e il Regno Unito, che sta considerando l'investimento in un progetto Sbsp da 16 miliardi di sterline e potrebbe portare il primo prototipo in orbita nel 2035. Anche più avanzate sono le ricerche di Giappone e Cina. Quest'ultima, dopo aver testato un modello completo nel 2021, punta a portarlo in orbita bassa nel 2028 e, due anni dopo, a 36mila chilometri dalla Terra.

È significativo che esperti come Musso e Vijendran non escludano anche l'intervento di finanziatori privati nello sviluppo dello Sbsp. Oggi lo Spazio funziona così: i privati stimolano le nuove tecnologie assumendosene il

rischio di impresa, per poi vendere applicazioni e servizi al miglior offerente. È per questo evidente come la questione possa diventare cruciale anche per gli equilibri politici globali. Chiunque si dotasse per primo della capacità di produrre energia dallo Spazio a basso costo, avrebbe un vantaggio non solo economico.

«Nonostante i progressi nello sviluppo di energie rinnovabili come il solare e l'eolico, il fossile rappresenta ancora una fonte dalla quale dipendiamo fortemente», incalza Vijendran. «Supponiamo che entro il 2050 l'Europa, gli Stati Uniti e la Cina riescano a sfruttare solo energia green: stiamo comunque parlando solo di un miliardo di persone. Altri miliardi dall'Africa, dall'America Latina o dall'India, per esempio, avranno bisogno di una quantità sempre crescente di energia, poiché cercheranno di migliorare le loro condizioni come hanno fatto i paesi occidentali. A quel punto, l'eolico o il solare tradizionale non saranno più sufficienti. Per questo oggi abbiamo due possibilità: puntare sul nucleare e moltiplicare gli impianti esistenti oppure optare per sistemi alternativi capaci di fornire energia pulita in maniera continua e stabile. Lo Sbsp potrebbe liberarci una volta per tutte dalla dipendenza da combustibili fossili come gas naturale o carbone. Il suo utilizzo sarà inizialmente riservato a settori specifici, come quello militare, o per alimentare zone remote e colpite da disastri naturali, dove portare elettricità con i sistemi tradizionali sarebbe difficile. Una volta testata l'efficienza, si inizierà a estenderne l'utilizzo a città o nazioni intere. Non possiamo ancora definire i tempi, ma lavoreremo affinché le tecnologie a disposizione siano abbastanza performanti da permettere una transizione su scala globale. Lo Spazio è il posto migliore per raccogliere tutta l'energia pulita di cui abbiamo bisogno». Proprio là dove, un giorno, a 36mila chilometri di distanza dalla Terra, potrebbero galleggiare Cassiopeia e Sps-Alpha.

EMILIO COZZI Giornalista e divulgatore, scrive di Spazio e gaming su varie testate nazionali. È coautore e conduttore di *Countdown - Dalla Spazio alla Terra* [Sky Ig24]. Il suo libro più recente è *Geopolitica dello Spazio* (il Saggiatore)