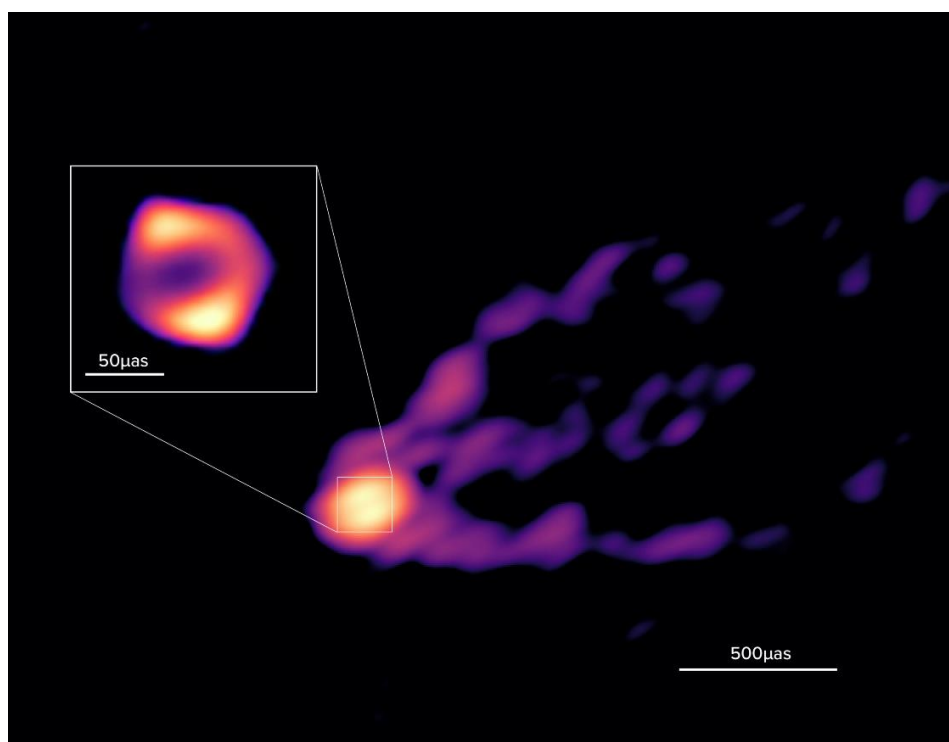


## PRIMA IMMAGINE DIRETTA DI UN BUCO NERO CHE ESPELLE UN POTENTE GETTO

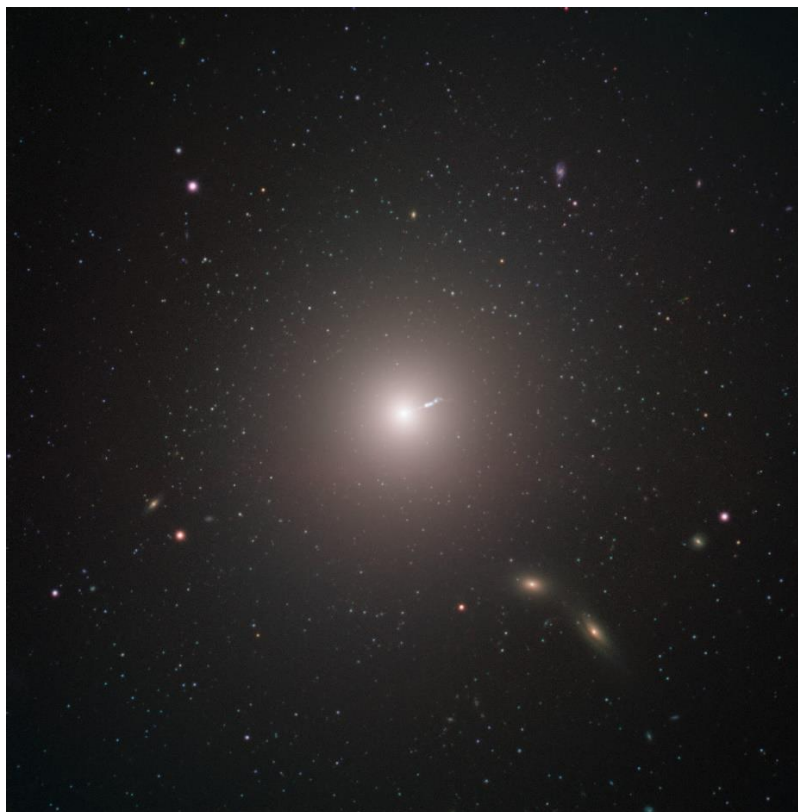
*Dal sito dell'ESO (European Southern Observatory) riprendiamo il Comunicato Stampa Scientifico del 26 aprile 2023 e, alle pagine 5-6, il Comunicato dell'Ufficio Stampa INAF.*



Questa immagine mostra per la prima volta insieme il getto e l'ombra del buco nero al centro della galassia M87. Le osservazioni sono state effettuate con i telescopi del GMVA (Global Millimeter VLBI Array), di ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), di cui l'ESO è partner, e del GLT (Greenland Telescope). [Immagine (...) ottenuta il 14-15 aprile 2018 a una lunghezza d'onda di 3,5 mm. L'immagine grande raffigura il getto e l'anello centrale ricostruiti con il metodo Clean standard. L'inserito mostra un ingrandimento della regione interna ottenuta con il metodo Smili a super risoluzione, rivelando la forma ad anello con un diametro di 64 microarcosecondi (da MEDIA INAF)].

Questa immagine fornisce agli scienziati il contesto necessario per capire come si forma il potente getto. Le nuove osservazioni hanno anche rivelato che l'anello del buco nero, mostrato qui nel riquadro, è più grande del 50% rispetto all'anello osservato a lunghezze d'onda radio più corte dall'EHT (Event Horizon Telescope). Ciò suggerisce che nella nuova immagine vediamo una maggior quantità di materiale in caduta verso il buco nero rispetto a quanto sia osservabile con l'EHT. Crediti: R.-S. Lu (SHAO), E. Ros (MPIfR), S. Dagnello (NRAO/AUI/NSF)

Per la prima volta alcuni astronomi hanno osservato, nella stessa immagine, l'ombra del buco nero al centro della galassia Messier 87 (M87) e il potente getto da esso espulso. Le osservazioni sono state effettuate nel 2018 con i telescopi del GMVA (Global Millimeter VLBI Array), di ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), di cui l'ESO è partner, e del GLT (Greenland Telescope). Grazie a questa nuova immagine, gli astronomi possono capire meglio come riescano i buchi neri a lanciare getti così energetici.



M87 è un'enorme galassia ellittica situata a circa 55 milioni di anni luce dalla Terra, visibile nella costellazione della Vergine. Fu scoperta da Charles Messier nel 1781, ma non identificata come galassia fino al XX secolo. Con una massa pari al doppio di quella della nostra galassia, la Via Lattea, e contenente fino a dieci volte più stelle, è tra le più grandi galassie nell'Universo locale. Oltre alla sua notevole dimensione, M87 ha alcune caratteristiche davvero uniche. Per esempio, contiene un numero insolitamente alto di ammassi globulari: mentre la Via Lattea ne contiene meno di 200, M87 ne ha circa 12.000, che alcuni scienziati pensano siano stati raccolti dai suoi vicini più piccoli.

Proprio come tutte le altre grandi galassie, M87 ha un buco nero supermassiccio al centro. La massa del buco nero al centro di una galassia è legata alla massa della galassia in generale, quindi non dovrebbe sorprendere che il buco nero di M87 sia uno dei più massicci conosciuti. Il buco nero potrebbe anche spiegare una delle caratteristiche più energetiche della galassia: un getto relativistico di materia espulsa quasi alla velocità della luce.

Il buco nero è stato oggetto di osservazioni rivoluzionarie da parte dell'EHT (Event Horizon Telescope). L'EHT ha scelto questo oggetto come primo bersaglio delle osservazioni per due motivi. La risoluzione della EHT è incredibile, tuttavia limitata. Poiché anche i buchi neri più massicci hanno anche un diametro maggiore, il buco nero centrale di M87 presentava un bersaglio insolitamente grande, il che significa che se ne poteva più facilmente produrre un'immagine, rispetto ai buchi neri più vicini ma più piccoli. L'altra ragione per sceglierlo, tuttavia, era decisamente più "terrena". M87 è abbastanza vicina all'equatore celeste se osservata dal nostro pianeta, rendendola visibile dalla maggior parte della superficie terrestre, sia nell'emisfero settentrionale che in quello meridionale. Ciò massimizzava il numero di telescopi dell'ETH che potevano osservarla, aumentando la risoluzione dell'immagine finale.

Questa immagine è stata catturata dallo strumento FORS2 montato sul VLT (Very Large Telescope) dell'ESO come parte del programma Gemme Cosmiche, un'iniziativa di divulgazione che sfrutta i telescopi dell'ESO per produrre immagini di oggetti interessanti, o anche semplicemente belli, a scopi educativi o di informazione pubblica. Il programma utilizza il tempo di telescopio che non può essere utilizzato per le osservazioni scientifiche e produce immagini mozzafiato di alcuni degli oggetti più sorprendenti nel cielo notturno. Perché i dati raccolti possano essere utili per eventuali futuri scopi scientifici, queste osservazioni vengono salvate e rese disponibili agli astronomi attraverso l'Archivio scientifico dell'ESO. **Crediti:** ESO

La maggior parte delle galassie ospita nel proprio centro un buco nero supermassiccio. Si sa che i buchi neri inghiottono la materia nelle loro immediate vicinanze, ma essi possono anche lanciare potenti getti di materia che si estendono ben oltre la dimensione della galassia che li ospita. Capire come i buchi neri possano creare getti così enormi è un problema ormai annoso. «*Sappiamo che i getti vengono espulsi dalla regione che circonda i buchi neri*», afferma Ru-Sen Lu dell'Osservatorio Astronomico di Shanghai in Cina, «*ma non comprendiamo ancora del tutto come ciò effettivamente avvenga. Per studiarlo direttamente, dobbiamo osservare l'origine del getto il più vicino possibile al buco nero*».

La nuova immagine pubblicata oggi mostra esattamente questo per la prima volta: come la base del getto si connette con la materia che ruota intorno a un buco nero supermassiccio. L'oggetto osservato è la galassia M87, ubicata a 55 milioni di anni luce di distanza dai, nel nostro quartiere in senso cosmico, e ospite di un buco nero 6,5 miliardi di volte più massiccio del Sole. Osservazioni precedenti erano riuscite a fotografare separatamente la regione vicina al buco nero e il getto, ma questa è la prima volta che entrambe le strutture sono state osservate insieme. *«Questa nuova immagine completa il quadro mostrando contemporaneamente la regione intorno al buco nero e il getto»*, aggiunge Jae-Young Kim del Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Germania.

L'immagine è stata ottenuta con GMVA, ALMA e GLT, che formano una rete di radiotelescopi sparsi in tutto il mondo che lavora insieme come un telescopio virtuale delle dimensioni della Terra. Una rete così grande può distinguere dettagli minutissimi nella regione attorno al buco nero di M87.

La nuova immagine mostra il getto che emerge dalla vicinanza del buco nero, così come quella che gli scienziati chiamano l'ombra del buco nero. Mentre la materia orbita intorno al buco nero, si riscalda ed emette luce. Il buco nero distorce e cattura parte di questa luce, creando una struttura ad anello intorno al buco nero visibile dalla Terra. La zona scura al centro dell'anello è l'ombra del buco nero, ripresa per la prima volta dall'EHT (Event Horizon Telescope o Telescopio dell'Orizzonte degli Eventi) nel 2017. Sia questa nuova immagine che quella di EHT combinano i dati ottenuti da diversi radiotelescopi in tutto il mondo, ma l'immagine pubblicata oggi mostra la luce radio emessa a una lunghezza d'onda maggiore di quella di EHT: 3,5 mm invece di 1,3 mm. *«A questa lunghezza d'onda, possiamo vedere come il getto emerge dall'anello di emissione intorno al buco nero supermassiccio centrale»*, conferma Thomas Krichbaum del Max-Planck-Institut für Radioastronomie.

La dimensione dell'anello come osservata dalla rete GMVA è circa il 50% più grande rispetto all'immagine dell'EHT. *«Per comprendere l'origine fisica di questo anello più grande e più spesso, abbiamo dovuto utilizzare simulazioni numeriche per verificare diversi scenari»*, spiega Keiichi Asada dell'Accademia Sinica di Taiwan. I risultati suggeriscono che la nuova immagine rivela una maggior quantità di materiale in caduta verso il buco nero rispetto a quanto sia osservabile con l'EHT.

Queste nuove osservazioni del buco nero di M87 sono state condotte nel 2018 con il GMVA, formato da 14 radiotelescopi in Europa e Nord America [1]. Inoltre, altre due strutture sono state collegate al GMVA: il Greenland Telescope e ALMA, di cui l'ESO è partner. ALMA è costituito da 66 antenne ubicate nel deserto cileno di Atacama e ha svolto un ruolo chiave in queste osservazioni. I dati raccolti da questi telescopi sparsi in tutto il mondo vengono combinati utilizzando una tecnica chiamata interferometria, che sincronizza i segnali presi da ogni singola struttura. Ma per catturare adeguatamente la vera forma di un oggetto astronomico è importante che i telescopi siano ben distribuiti su tutta la Terra. I telescopi di GMVA sono per lo più allineati da est a ovest, quindi l'aggiunta di ALMA nell'emisfero australe si è rivelata essenziale per catturare l'immagine del getto e dell'ombra del buco nero di M87. *«Grazie all'ubicazione e alla sensibilità di ALMA, abbiamo potuto rivelare l'ombra del buco nero e nello stesso tempo vedere più in profondità l'emissione del getto»*, spiega Lu.

Le prossime osservazioni con questa rete di telescopi continueranno a svelarci come i buchi neri supermassicci possano lanciare potenti getti. *«Abbiamo in programma di osservare la regione intorno al buco nero al centro di M87 a diverse lunghezze d'onda nella banda radio per studiare ulteriormente l'emissione del getto»*, racconta Eduardo Ros del Max-Planck-Institut für Radioastronomie. Le osservazioni simultanee dovrebbero permettere al gruppo di lavoro di districare i complicati processi che avvengono vicino al buco nero supermassiccio. *«I prossimi anni saranno entusiasmanti, poiché potremo imparare di più su ciò che accade nei pressi di una delle regioni più misteriose dell'Universo»*, conclude Ros.

#### Note

[1] Anche la rete coreana VLBI fa ora parte del GMVA, ma non ha partecipato alle osservazioni qui riportate.

#### Ulteriori Informazioni

Questo lavoro è stato presentato nell'articolo "A ring-like accretion structure in M87 connecting its black hole and jet" pubblicato da *Nature* (doi: [10.1038/s41586-023-05843-w](https://doi.org/10.1038/s41586-023-05843-w))

L'equipe è composta da Ru-Sen Lu (Shanghai Astronomical Observatory, Repubblica Popolare Cinese [Shanghai]); Key Laboratory of Radio Astronomy, Repubblica Popolare Cinese [KLoRA]; Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Germania [MPIfR]), Keiichi Asada (Institute of Astronomy and Astrophysics, Accademia Sinica, Taiwan, ROC [IoAaA]), Thomas P. Krichbaum (MPIfR), Jongho Park (IoAaA; Korea Astronomy and Space Science Institute, Corea del Sud [KAASSI]), Fumie Tazaki (Simulation Technology Development Department, Tokyo Electron



Technology Solutions Ltd., Giappone; Mizusawa VLBI Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, Giappone [Mizusawa]], Hung-Yi Pu (Department of Physics, National Taiwan Normal University, Taiwan, ROC; IoAaA; Center of Astronomy and Gravitation, National Taiwan Normal University, Taiwan, ROC), Masanori Nakamura (National Institute of Technology, Hachinohe College, Giappone; IoAaA), Andrei Lobanov (MPIfR), Kazuhiro Hada (Mizusawa; Department of Astronomical Science, The Graduate University for Advanced Studies, Giappone), Kazunori Akiyama (Black Hole Initiative at Harvard University, USA; Massachusetts Institute of Technology Haystack Observatory, USA [Haystack]; National Astronomical Observatory of Japan, Giappone [NAOJ]), Jae-Young Kim (Department of Astronomy and Atmospheric Sciences, Kyungpook National University, Corea del Sud; KAASi; MPIfR), Ivan Martí-Vidal (Departament d'Astronomia i Astrofísica, Universitat de València, Spagna; Observatori Astronòmic, Universitat de València, Spagna), Jose L. Gomez (Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC, Spagna [IAA]), Tomohisa Kawashima (Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo, Giappone), Feng Yuan (Shanghai; Key Laboratory for Research in Galaxies and Cosmology, Chinese Academy of Sciences, Repubblica Popolare Cinese; School of Astronomy and Space Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Repubblica Popolare Cinese [SoAaSS]), Eduardo Ros (MPIfR), Walter Alef (MPIfR), Silke Britzen (MPIfR), Michael Bremer (Institut de Radioastronomie Millimétrique, Francia [IRAMF]), Avery E. Broderick (Department of Physics and Astronomy, University of Waterloo, Canada [Waterloo]; Waterloo Centre for Astrophysics, University of Waterloo, Canada; Perimeter Institute for Theoretical Physics, Canada), Akihiro Doi (The Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, Giappone; Department of Space and Astronautical Science, SOKENDAI, Giappone [SOKENDAI]), Gabriele Giovannini (Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Bologna, Italia; Istituto di Radio Astronomia, INAF, Bologna, Italia [INAF]), Marcello Giroletti (INAF), Paul T. P. Ho (IoAaA), Mareki Honma (Mizusawa; Hachinohe; Department of Astronomy, The University of Tokyo, Giappone), David H. Hughes (Instituto Nacional de Astrofísica, Messico), Makoto Inoue (IoAaA), Wu Jiang (Shanghai), Motoki Kino (NAOJ; Kogakuin University of Technology and Engineering, Japan), Shoko Koyama (Niigata University, Giappone; IoAaA), Michael Lindqvist (Department of Space, Earth and Environment, Chalmers University of Technology, Svezia [Chalmers]), Jun Liu (MPIfR), Alan P. Marscher (Institute for Astrophysical Research, Boston University, USA), Satoki Matsushita (IoAaA), Hiroshi Nagai (NAOJ; SOKENDAI), Helge Rottmann (MPIfR), Tuomas Savolainen (Department of Electronics and Nanoengineering, Aalto University, Finlandia; Metsähovi Radio Observatory, Finlandia [Metsähovi]; MPIfR), Karl-Friedrich Schuster (IRAMF), Zhi-Qiang Shen (Shanghai; KLoRA), Pablo de Vicente (Observatorio de Yebes, Spagna [Yebes]), R. Craig Walker (National Radio Astronomy Observatory, Socorro, USA), Hai Yang (Shanghai; SoAaSS), J. Anton Zensus (MPIfR), Juan Carlos Algaba (Department of Physics, Universiti Malaya, Malesia), Alexander Allardi (University of Vermont, USA), Uwe Bach (MPIfR), Ryan Berthold (East Asian Observatory, USA [EAO]), Dan Bintley (EAO), Do-Young Byun (KAASi; University of Science and Technology, Daejeon, Corea del Sud), Carolina Casadio (Institute of Astrophysics, Heraklion, Grecia; Department of Physics, University of Crete, Grecia), Shu-Hao Chang (IoAaA), Chih-Cheng Chang (National Chung-Shan Institute of Science and Technology, Taiwan, ROC [Chung-Shan]), Song-Chu Chang (Chung-Shan), Chung-Chen Chen (IoAaA), Ming-Tang Chen (Institute of Astronomy and Astrophysics, Academia Sinica, USA [IAAAS]), Ryan Chilson (IAAAS), Tim C. Chuter (EAO), John Conway (Chalmers), Geoffrey B. Crew (Haystack), Jessica T. Dempsey (EAO; Astron, Paesi Bassi [Astron]), Sven Dornbusch (MPIfR), Aaron Faber (Western University, Canada), Per Friberg (EAO), Javier González García (Yebes), Miguel Gómez Garrido (Yebes), Chih-Chiang Han (IoAaA), Kuo-Chang Han (System Development Center, National Chung-Shan Institute of Science and Technology, Taiwan, ROC), Yutaka Hasegawa (Osaka Metropolitan University, Giappone [Osaka]), Ruben Herrero-Illana (European Southern Observatory, Cile), Yau-De Huang (IoAaA), Chih-Wei L. Huang (IoAaA), Violette Impellizzeri (Leiden Observatory, Paesi Bassi; National Radio Astronomy Observatory, Charlottesville, USA [NRAOC]), Homin Jiang (IoAaA), Hao Jinchu (Electronic Systems Research Division, National Chung-Shan Institute of Science and Technology, Taiwan, ROC), Taehyun Jung (KAASi), Juha Kallunki (Metsähovi), Petri Kirves (Metsähovi), Kimihiro Kimura (Japan Aerospace Exploration Agency, Giappone), Jun Yi Koay (IoAaA), Patrick M. Koch (IoAaA), Carsten Kramer (IRAMF), Alex Kraus (MPIfR), Derek Kubo (IAAAS), Cheng-Yu Kuo (National Sun Yat-Sen University, Taiwan, ROC), Chao-Te Li (IoAaA), Lupin Chun-Che Lin (Department of Physics, National Cheng Kung University, Taiwan, ROC), Ching-Tang Liu (IoAaA), Kuan-Yu Liu (IoAaA), Wen-Ping Lo (Department of Physics, National Taiwan University, Taiwan, ROC; IoAaA), Li-Ming Lu (Chung-Shan), Nicholas MacDonald (MPIfR), Pierre Martin-Cocher (IoAaA), Hugo Messias (Joint ALMA Observatory, Cile; Osaka), Zheng Meyer-Zhao (Astron; IoAaA), Anthony Minter (Green Bank Observatory, USA), Dhanya G. Nair (Astronomy Department, Universidad de Concepción, Cile), Hiroaki Nishioka (IoAaA), Timothy J. Norton (Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian, USA [CfA]), George Nystrom (IAAAS), Hideo Ogawa (Osaka), Peter Oshiro (IAAAS), Nimesh A. Patel (CfA), Ue-Li Pen (IoAaA), Yurii Pidopryhora (MPIfR; Argelander-Institut für Astronomie, Universität Bonn, Germania), Nicolas Pradel (IoAaA), Philippe A. Raffin (IAAAS), Ramprasad Rao (CfA), Ignacio Ruiz (Institut de Radioastronomie Millimétrique, Granada, Spagna [IRAMS]), Salvador Sanchez (IRAMS), Paul Shaw (IoAaA), William Snow (IAAAS), T. K. Sridharan (NRAOC; CfA), Ranjani Srinivasan (CfA; IoAaA), Belén Tercero (Yebes), Pablo Torne (IRAMS), Thalia Traianou (IAA; MPIfR), Jan Wagner (MPIfR), Craig Walther (EAO), Ta-Shun Wei (IoAaA), Jun Yang (Chalmers), Chen-Yu Yu (IoAaA).

Lo studio ha utilizzato i dati ottenuti da GMVA (Global Millimeter VLBI Array), formato da telescopi gestiti dal Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR), dall'Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM), dall'Onsala Space Observatory (OSO), dall'Metsähovi Radio Observatory (MRO), da Yebes, dal Korean VLBI Network (KVN), dal Green Bank Telescope (GBT) e dal Long Baseline Array (VLBA).

ALMA, l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, un osservatorio astronomico internazionale, è una collaborazione fra l'ESO, la U.S. National Science Foundation (NSF) e gli Istituti Nazionali di Scienze Naturali del Giappone (NINS), in cooperazione con la repubblica del Cile. ALMA è stato fondato dall'ESO per conto dei suoi stati membri, dall'NSF in cooperazione con il National Research Council del Canada (NRC) e dal National Science and Technology Council (NSTC) in Taiwan e dal NINS in cooperazione con l'Accademia Sinica di Taiwan (AS) e l'Istituto di Astronomia e Scienze Spaziali della Corea (KASI). La costruzione e la gestione di ALMA sono condotte dall'ESO per conto dei suoi stati membri, dall'Osservatorio Nazionale di Radio Astronomia (NRAO) gestito dalle Associated Universities, Inc. (AUI) per conto del Nord America e dall'Osservatorio Astronomico Nazionale del Giappone (NAOJ) per conto dell'Asia Orientale. L'osservatorio congiunto di ALMA (JAO: Joint ALMA Observatory) fornisce la guida unitaria e la gestione della costruzione, del commissioning e delle operazioni di ALMA.

Il potenziamento, la ricostruzione e la gestione del Greenland Telescope (GLT) sono guidati dall'Accademia Sinica, dall'Istituto di Astronomia e Astrofisica (ASIAA) e dallo Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO).

#### Links

- [Articolo scientifico](#)
- [Fotografie di ALMA](#)

<https://www.eso.org/public/italy/news/eso2305/?lang>

<https://www.eso.org/public/news/eso2305/>







di *imaging* del Gmva. I risultati sono pubblicati sulla rivista scientifica *Nature* [Ru-Sen Lu *et al.*, “A ring-like accretion structure in M87 connecting its black hole and jet”].



Rappresentazione artistica che mostra uno zoom sul flusso di accrescimento e sul getto che emerge dalla regione del buco nero in Messier 87. Crediti: Sophia Dagnello, Nrao/Aui/Nsf

«Il buco nero al centro della galassia M87 è ben noto», ricordano **Gabriele Giovannini** e **Marcello Giroletti** dell’Inaf di Bologna, tra gli autori dello studio, «essendo il primo di cui è stata ottenuta una immagine (dal team dell’Event Horizon Telescope, Eht). Noi lo abbiamo osservato con alta sensibilità ad una lunghezza d’onda leggermente più grande (3,5 mm) e quindi più adatta a rivelare le strutture più estese della sorgente. Le immagini hanno infatti mostrato che la struttura ad anello intorno al buco nero è più estesa di quanto si credeva e che questo anello è collegato al getto relativistico visto in M87. Per la prima volta vediamo quindi il collegamento tra la materia che circonda il buco nero e la base del getto relativistico».

«In precedenza», spiega il primo autore di questa scoperta, **Rusen Lu**, dell’Osservatorio astronomico di Shanghai e leader del Max Planck Institute di Bonn. partner group presso l’Accademia cinese delle scienze, «avevamo visto sia il buco nero che il getto in immagini separate. Ora è come se avessimo scattato una foto panoramica del buco nero insieme al suo getto a una nuova lunghezza d’onda». Si pensa che il materiale circostante cada nel buco nero in un processo noto come accrescimento, da cui ha origine il getto ma nessuno aveva mai visto direttamente l’origine del getto.

La partecipazione di Alma e Glt alle osservazioni del Gmva e il conseguente aumento della risoluzione e della sensibilità di questa rete intercontinentale di telescopi ha reso possibile per la prima volta l’immagine della struttura ad anello in M87 alla lunghezza d’onda di 3,5 mm. Il diametro dell’anello misurato dal Gmva è di 64 microsecondi d’arco, corrispondenti alle dimensioni di un piccolo anello luminoso (13 cm) visto da un astronauta sulla Luna che guarda la Terra. Questo diametro è del 50 per cento più grande di quanto osservato dall’Event Horizon Telescope alla lunghezza d’onda di 1,3 mm, in accordo con le previsioni per l’emissione del plasma relativistico in questa regione.

L’emissione da questa regione di M87 è prodotta dall’interazione tra elettroni altamente energetici e campi magnetici, un fenomeno chiamato radiazione di sincrotrone. Le nuove osservazioni, a una lunghezza d’onda di 3,5 millimetri, rivelano maggiori dettagli sulla presenza e l’energia di questi elettroni. Ci dicono anche qualcosa sulle proprietà del buco nero, in particolare che non è molto “affamato”. Cosa vuol dire? Consuma materia a bassa velocità, convertendo solo una piccola frazione di essa in radiazioni.

I buchi neri sono la miglior macchina che conosciamo in grado di trasformare materia (la materia dell’anello) in energia (il getto relativistico espulso). Gli studi per saperne di più su Messier 87 non finiscono qui: ulteriori osservazioni e una flotta di potenti telescopi continueranno a svelarne i segreti. I radiotelescopi Inaf (Medicina, Noto, Sardinia Radio Telescope), una volta completato il potenziamento attualmente in corso, saranno in grado di collaborare a queste osservazioni a 3,5 mm, aumentandone ulteriormente la qualità.

<https://www.media.inaf.it/2023/04/26/getto-m87-vlbi/>

<https://www.youtube.com/watch?v=hAHerQKJqnA> (servizio su MediaInaf Tv)

