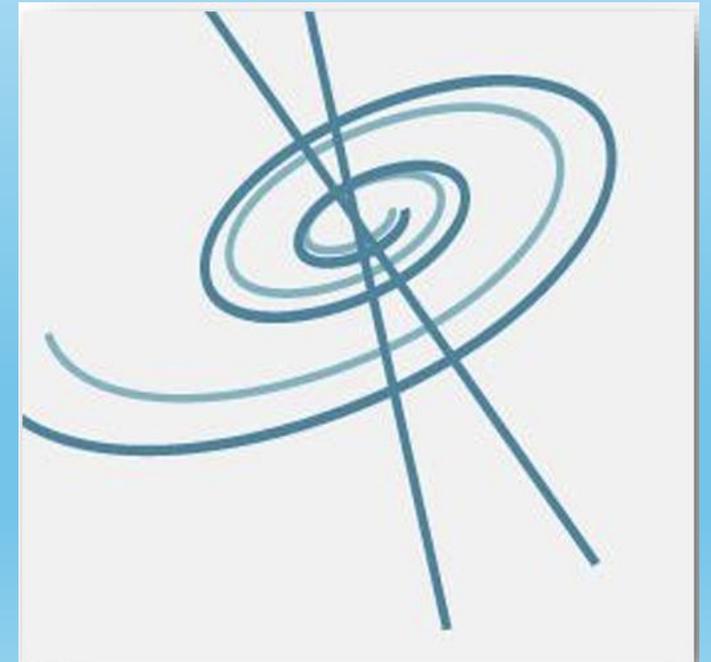


# Fisica delle Astroparticelle

Attività di CSN2 a Bologna

Tommaso Chiarusi

Assemblea di Sezione - INFN Bologna – 11 Luglio 2024



## Universo Oscuro

DARKSIDE

XENON

EUCLID

## Fisica del Neutrino

CUORE/  
CUPID

## Radiazione Cosmica

XRO

AMS2

LIMADOU

HERD

KM3

## Gravità e Fisica Fondamentale

VIRGO

EINSTEIN  
TELESCOPE

A close-up, high-angle photograph of a field of dark, tilled soil. The soil is dark brown to black, with many small clumps and some sparse, dry-looking vegetation. A few small green plants are visible in the upper center. The overall texture is rough and uneven.

DARK UNIVERSE

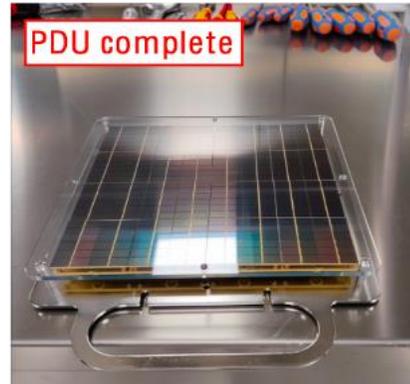
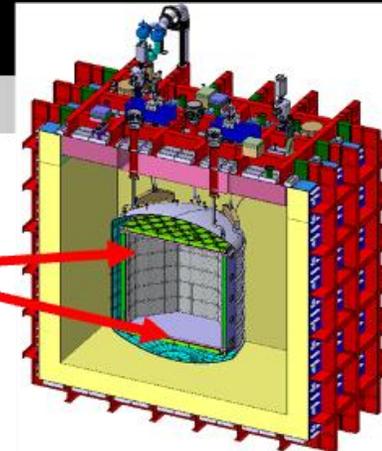
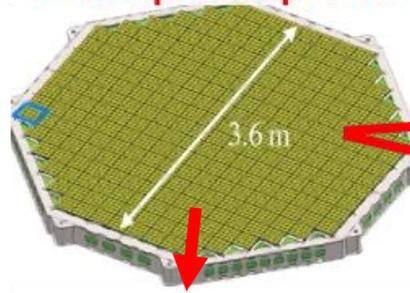
DARKSIDE  
XENON  
EUCLID

# DarkSide-20k

LNGS Hall C



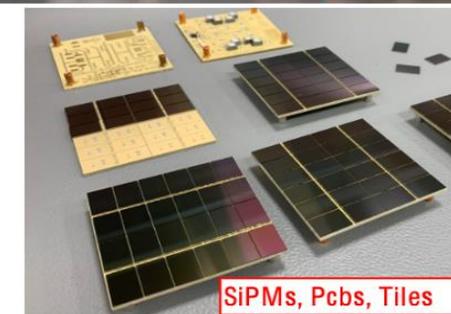
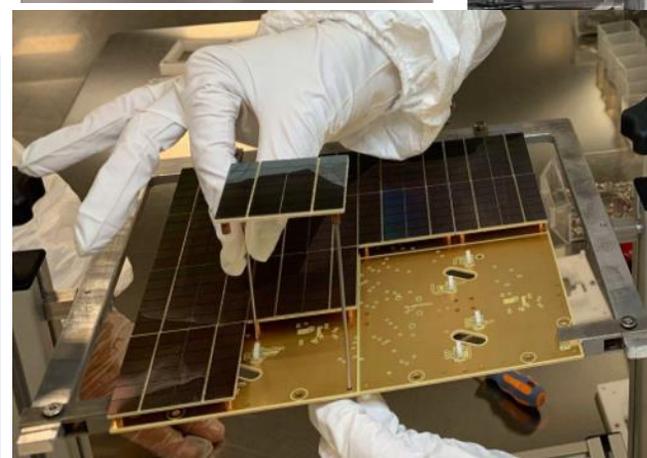
TPC optical plane



PDU complete



Cryo-Probe Station



SiPMs, Pcb, Tiles

## Attività DS Bologna 2024-20245

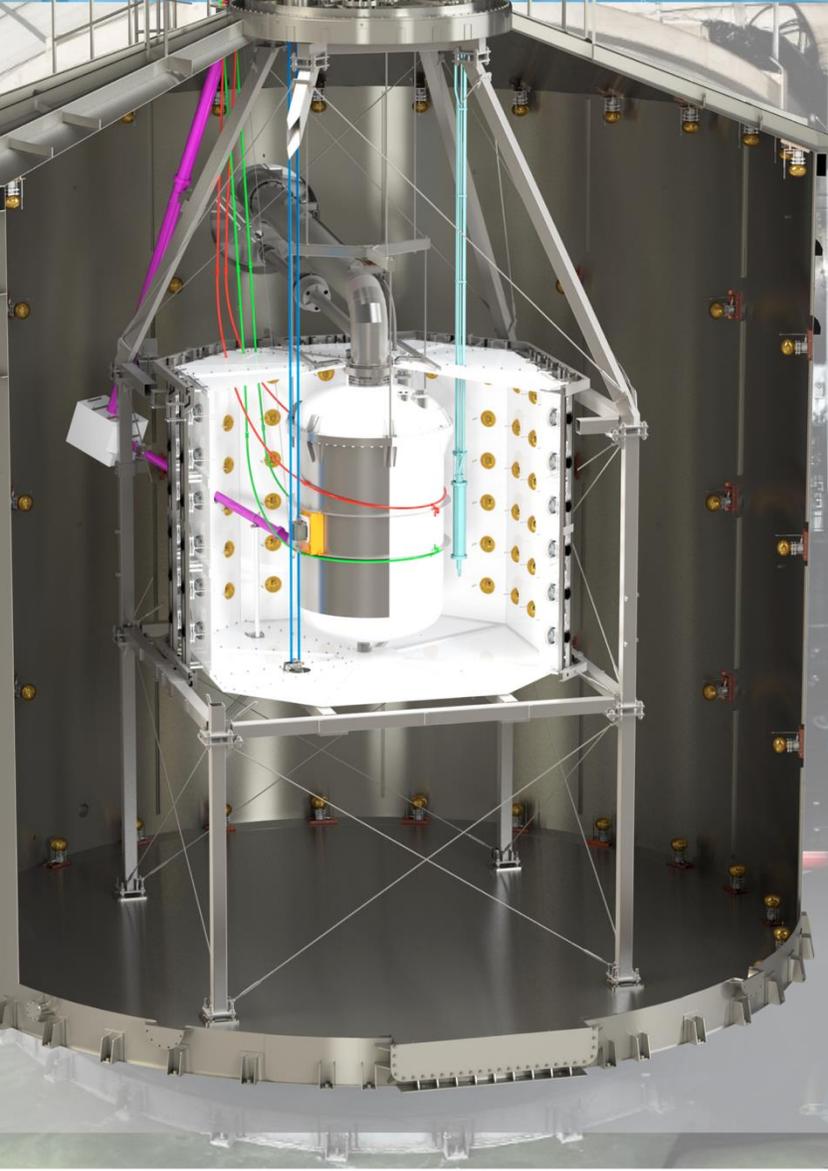
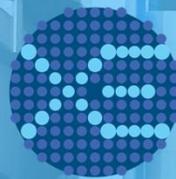
- Mass Production NOA (Nuova Officina Assergi) ai LNGS:
  - verifica SiPM (su wafer) con Cryogenic Probe
  - taglio dei Wafer di Silicio con Dicer Machine
  - assemblaggio di 24 SiPMs su Tile-pcb con Flip-Chip Station,
  - wire Bonding dei SiPM
  - montaggio 16 tile su motherboard-pcb per PDU (51 complete)
- Test di qualità @LNGS:
  - *ispezione ottica del wafer*
  - *test dei SiPM sulla Cryo-probe*
  - *test dei supporti TILE pcb con elettronica di readout*
  - *test delle Tile (in warm & cold) con SiPM*
  - *test dei supporti Motheboard\_pcb*
  - *test delle PDU complete in warm (in cold @Napoli) facility)*
- Attività di Outreach (Dark Matter Masterclass)

## Per il 2026

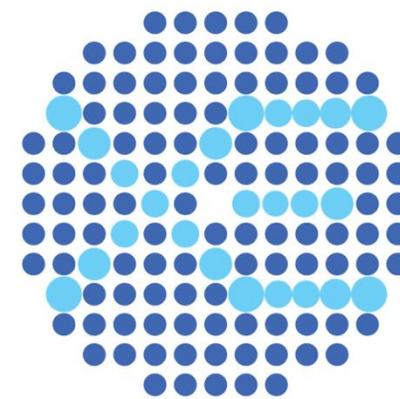
**Anagrafica (1 FTE):** L. Cifarelli, M. Garbini, R. Nania, E. Scapparone, G. Scioli, A. Zichichi, A. Flammini

## Attività previste:

- Partecipazione alla produzione di massa dei fotorivelatori: **richiesti a STG 9 M.U. (genao-dicembre)**
- Patecipazione/organizzazione eventi di Outreach (Dark Matter day, Masterclass)



# XENON project @LNGS



G. Sartorelli, M. Selvi (RN+RL), G. Bruni, L. Bellagamba, F. Semeria, P. Di Gangi, G. M. Lucchetti, V. Mazza, V. Beligotti, A. Barahona Roda

# XENONnT in 2024-25

Physics

ABOUT BROWSE PRESS COLLECTIONS

Search articles

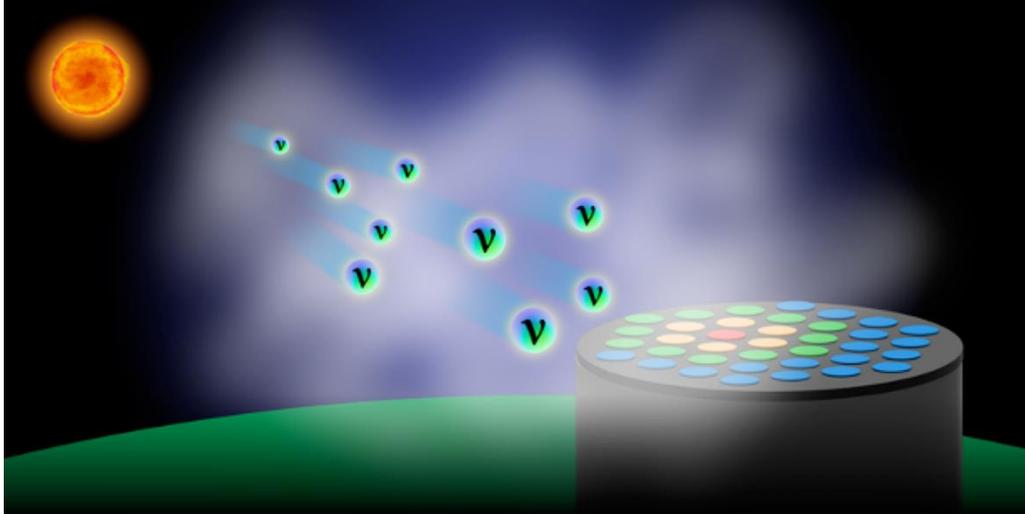
SPECIAL FEATURE

## Highlights of the Year

December 16, 2024 • Physics 17, 181

Physics Magazine Editors pick their favorite stories from 2024.

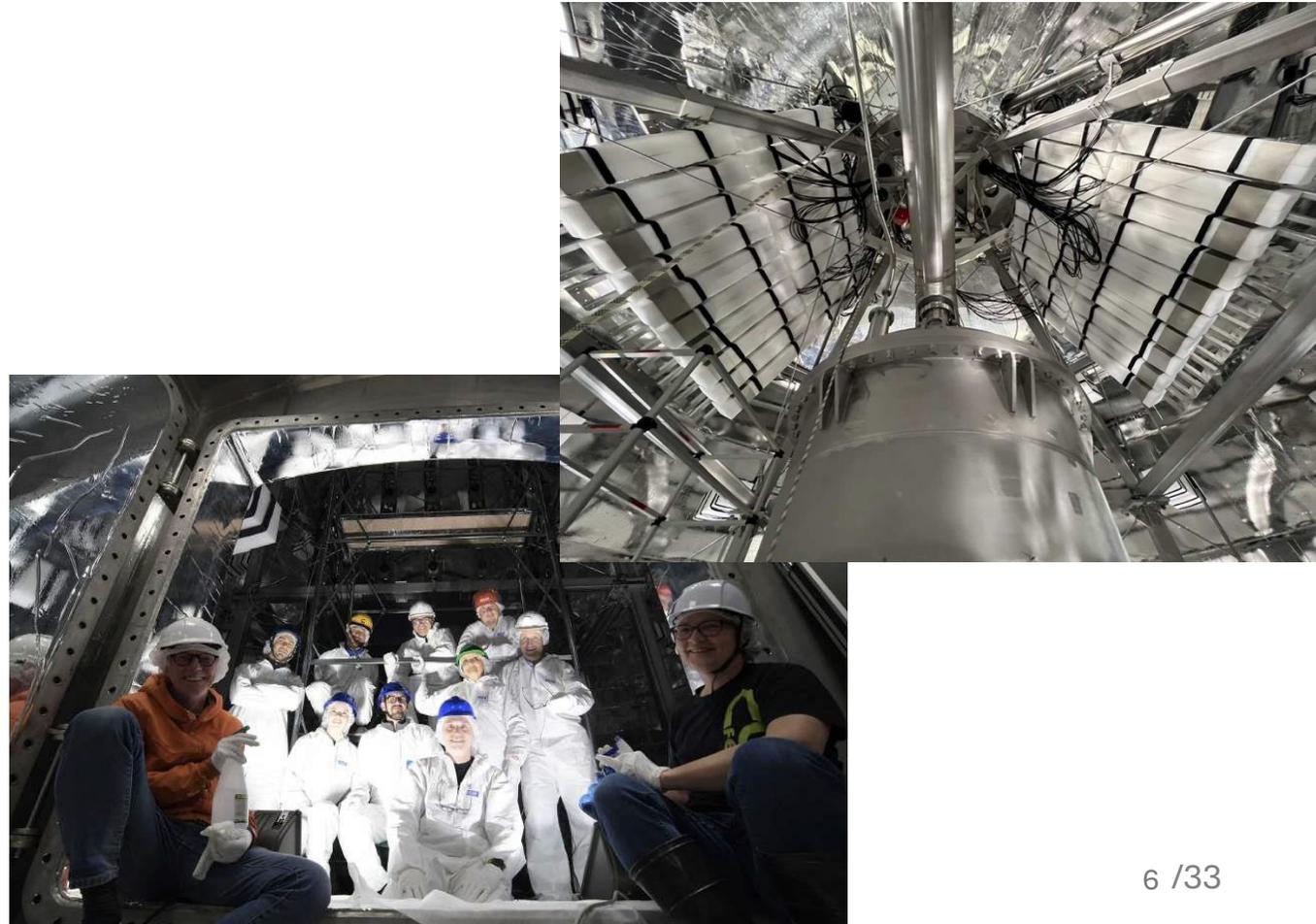
### XENONnT: First measurement of solar B8 neutrinos in a dark matter experiment



Phys. Rev. Lett. 133 (2024) 19, 191002

XENONnT upgrade in corso, per sostituire gli elettrodi della TPC. Come INFN-Bologna, nella primavera 2025 siamo stati impegnati per diversi mesi nello smontaggio del Neutron Veto. In autunno procederemo alla sua reinstallazione.

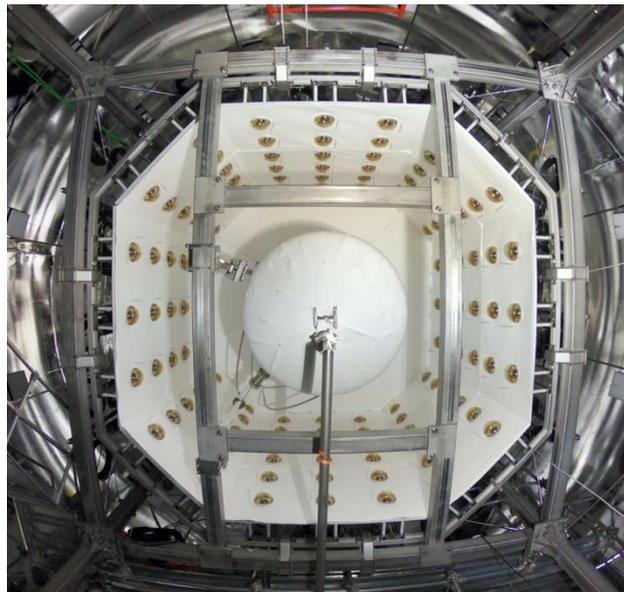
**Un ringraziamento particolare ad Antonio Chiarini e Roberto Michinelli per il supporto prezioso.**



# XENONnT activities in 2026

Una volta completato il rimontaggio del rivelatore, ad inizio 2026 si procederà al commissioning dell'apparato e ad un nuovo run scientifico.

Il Neutron Veto (uno dei maggiori contributi INFN a XENONnT) sarà nuovamente dopato con il sale di **Gd**, fino alla concentrazione nominale (0.5%, pari a 3.5 t di sale di Gd), riducendo ulteriormente il **background di neutroni** (un fattore 3-4 rispetto alla sola acqua pura).

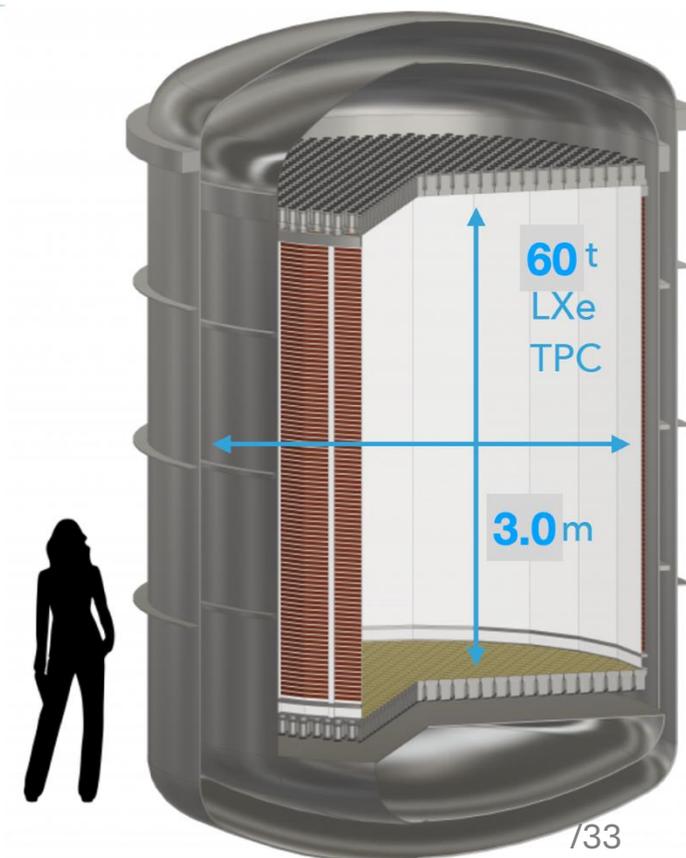


## XENONnT (6t) -> XLZD (60t)

**PRIN2022:** continuano, in sinergia con il gruppo LNGS, le attività di R&D in vista dell'esperimento a LXe di prossima generazione XLZD: fotosensori, elettrodi e GdWater neutron veto.

### Richieste ai servizi INFN-BO per il 2026

Servizio	Attività/competenze	FTE (m.u.)	Intervallo temporale
STG	Supporto per attività ai LNGS per XENONnT	2	Lungo tutto l'anno
Progettazione Meccanica	Design del nVeto di XLZD	1	"



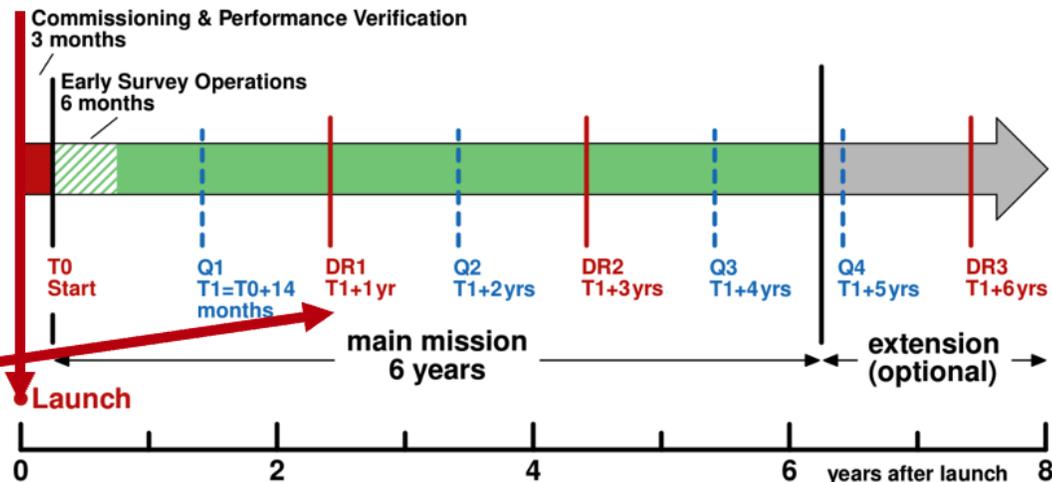
## Euclid: operazioni e Data Release

da **Febbraio 2024**: inizio della Survey, durata prevista da progetto: 6 anni (possibilità di estendere la missione per massimizzare la copertura del cielo)

Tre Data Releases (DR1, DR2, DR3) lungo la missione  
Rilasciate all'Euclid Consortium e dopo un anno come Public Release

➤ In arrivo DR1 (primo anno di dati)!

**1 Luglio 2023**  
**Lancio di Euclid!**



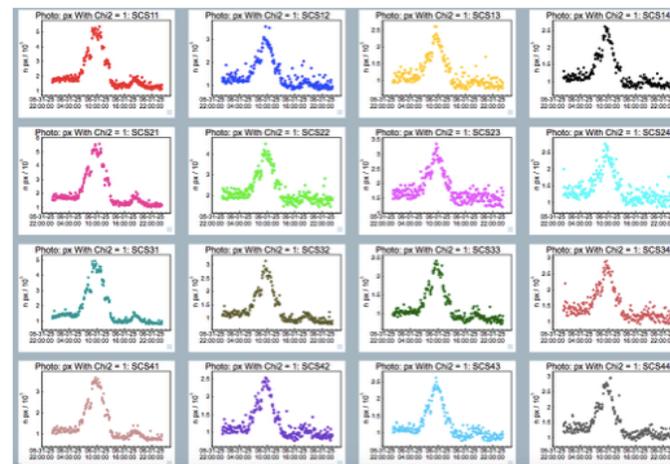
## Euclid@INFN Bologna: Attività in IOT-NISP (Instrument Operation Team - NISP)

Attività di supporto allo strumento NISP (monitoring shift, analisi dati warm electronics, spettro/fotometria, cosmici)  
Fondamentali le competenze specifiche e l'esperienza del team INFN sullo strumento (SW, analisi telemetrie, diagnostica e performance)

1 prezioso mese-persona STG nel 2025

➔ stessa richiesta per il 2026

Un solar flare (1 Giugno) visto da NISP (16 detectors)



Ottime performance e operazioni smooth per NISP!

# Euclid @ INFN BOLOGNA: Dai dati ai parametri cosmologici



Il gruppo **INFN Bologna** è attivo nel **Science-Working-Group CMBXC (Cross Correlazione con la CMB)**

- Attività su Likelihood CMBXC e Likelihood per CMB lensing in preparazione alla Data Release 1 (DR1)
- Finalizzazione paper su estimatori e likelihood per Cross Correlazione Euclid-CMB Temperature
- Forecast in modelli estesi (contributo per Gravità Modificata): previsioni teoriche in modelli estesi che possono essere vincolati o esclusi dai dati XC in DR1
- Attività nel progetto Linear Point: osservabile per la misura dell'espansione dell'Universo

## Attività 2026:

- Preparazione e analisi dati della Data Release 1 (primi dati di Euclid!) prevista per ottobre-dicembre 2025
- Paper su Forecast di Euclid per DR1 e full data set (DR3)
- Paper su progetto Linear Point

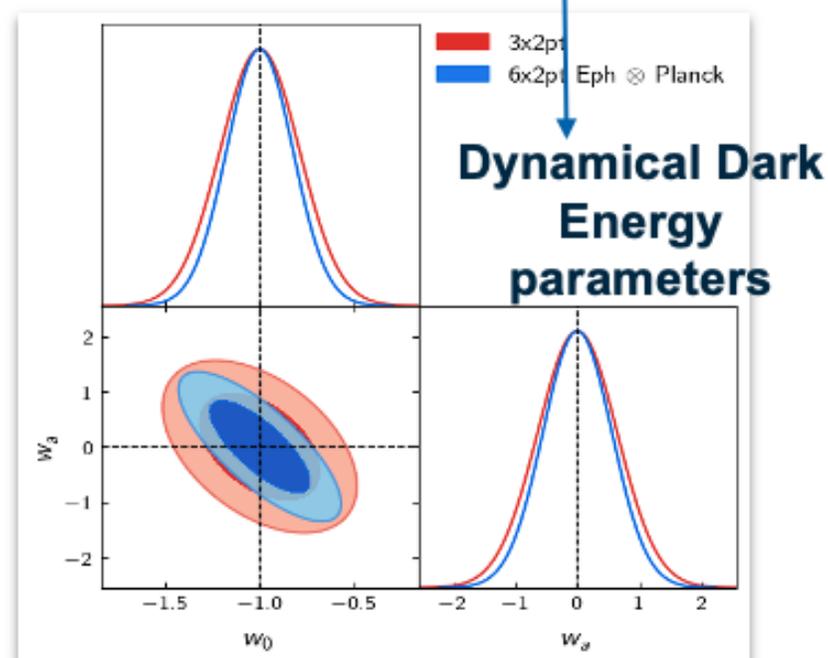
## Gruppo locale:

M. Baldi, A.G. Ferrari, F. Finelli (INAF), F. Giacomini (CNAF), N. Mauri, L. Patrizii, G. Sirri, M. Tenti\*, L. Valenziano (INAF)

\*Referente del calcolo di Euclid per la CSN2

**Euclid** per i prossimi 6 anni (e oltre):

- Natura Dark Energy? ( $\Lambda$ , dynamical Dark Energy,...)
- Gravità Modificata?
- Limiti o segnale sulle masse dei neutrini?



# POPRIETÀ DEL NEUTRINO



CUORE/CUPID

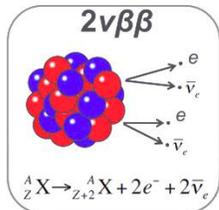


**CUORE** Cryogenic **U**nderground **O**bservatory for **R**are **E**vents  
**CUPID** Cuore **U**ppgrade with **P**article **I**Dentification

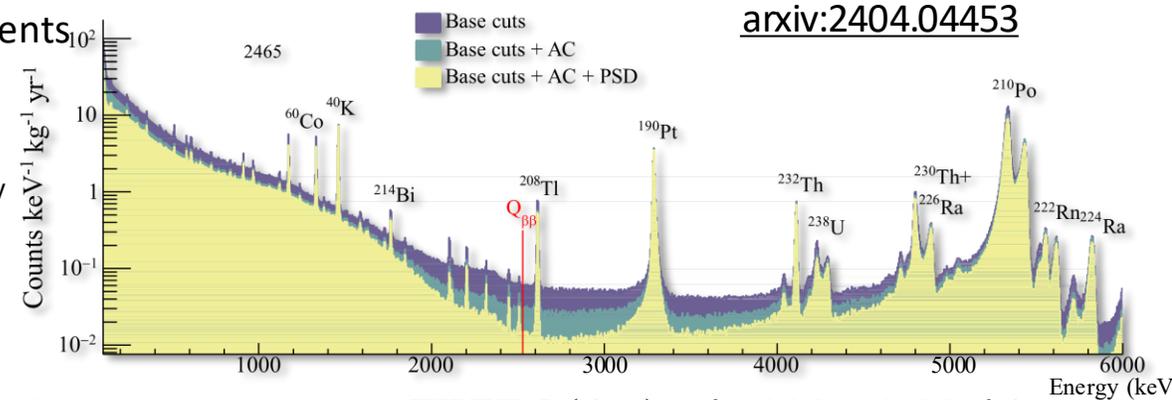
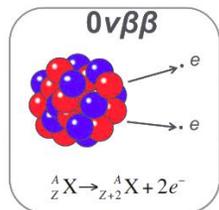
arxiv:2404.04453

Principale obiettivo: determinare la natura di Majorana del neutrino mediante la ricerca del decadimento doppio  $\beta$  privo di neutrini ( $0\nu\beta\beta$ ) nel  $^{130}\text{Te}$

Double Beta Decay (raro, ma osservato)



Neutrinoless Double Beta Decay



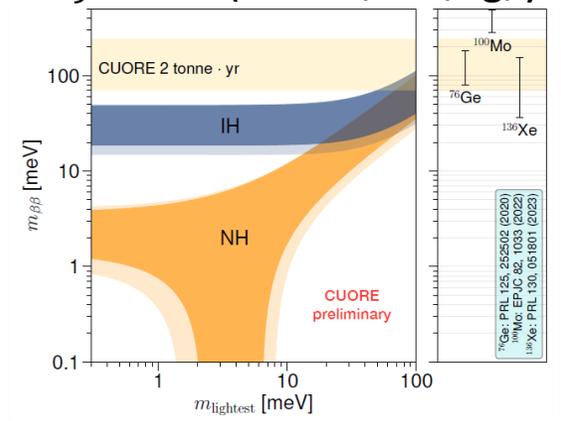
$Q_{\beta\beta} \sim 2528 \text{ keV}$      $\text{FWHM}(Q_{\beta\beta}) = (7.320 \pm 0.024) \text{ keV}$

Aver. background index =  $(1.42 \pm 0.02) \cdot 10^{-2}$  (counts/keV/kg/yr)

➤ **nessuna evidenza di decadimenti  $0\nu\beta\beta$**

con un'esposizione di 2039 kg/anno di  $\text{TeO}_2$

- limite sull'emivita del  $^{130}\text{Te}$ :  $T_{1/2}^{0\nu} > 3.8 \times 10^{25} \text{ yr}$  (90% C.I.) [arxiv:2404.04453 \(2024\)](#)
- limite sulla massa effettiva di Majorana (per scambio di neutrini leggeri)  $m_{\beta\beta} < 70 - 240 \text{ meV}$



**Risultati recenti:**

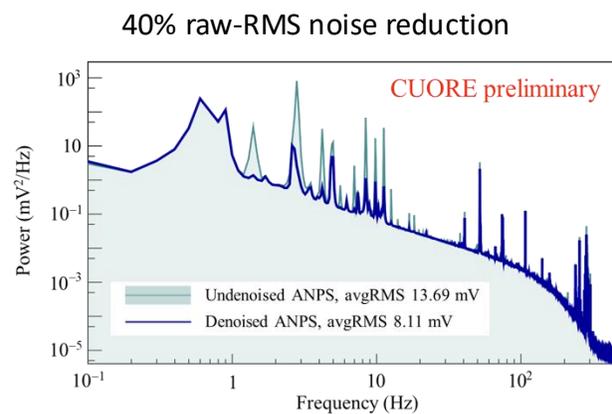
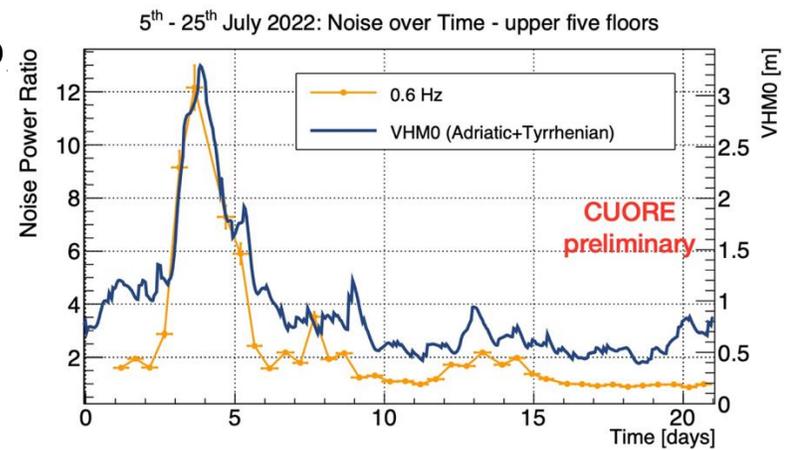
- Half-life and precision shape measurement of  $2\nu\beta\beta$  decay of  $^{130}\text{Te}$  [arxiv:2503.24137 \(2025\)](#)
- Search for Fractionally Charged Particles with CUORE [Phys.Rev.Lett. 133, 241801 \(2024\)](#)
- Data-driven background model for the CUORE experiment [Phys.Rev.D 110.052003 \(2024\)](#)

**Altre analisi :**

ricerca del decadimento  $0\nu\beta\beta$  in eventi a doppio cristallo studi correlati al background (cosmici), ricerche di materia oscura, WIMP, assioni;

**Articoli legati all'attività di Bologna**

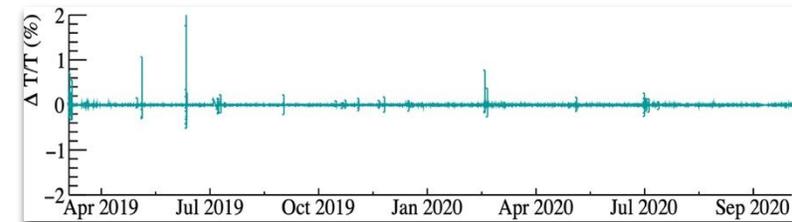
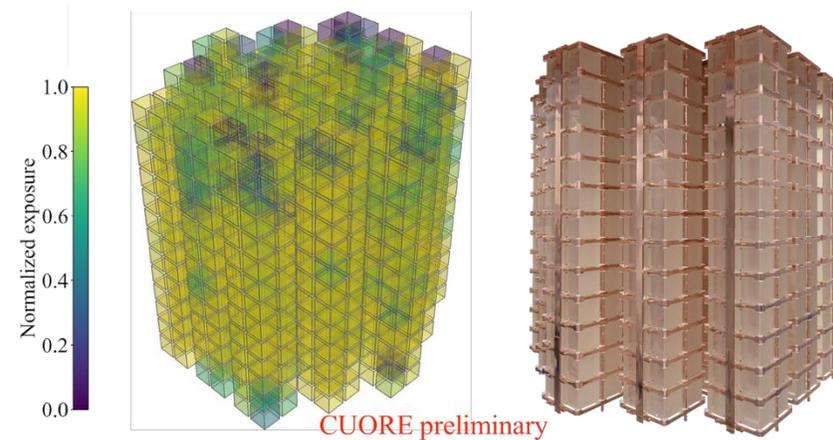
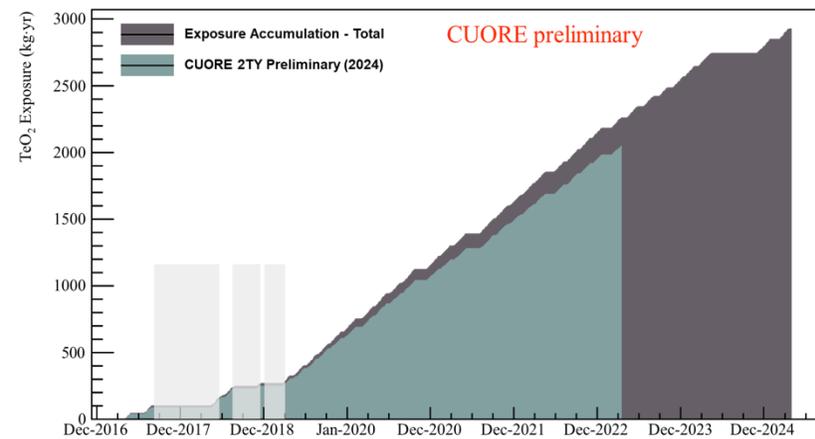
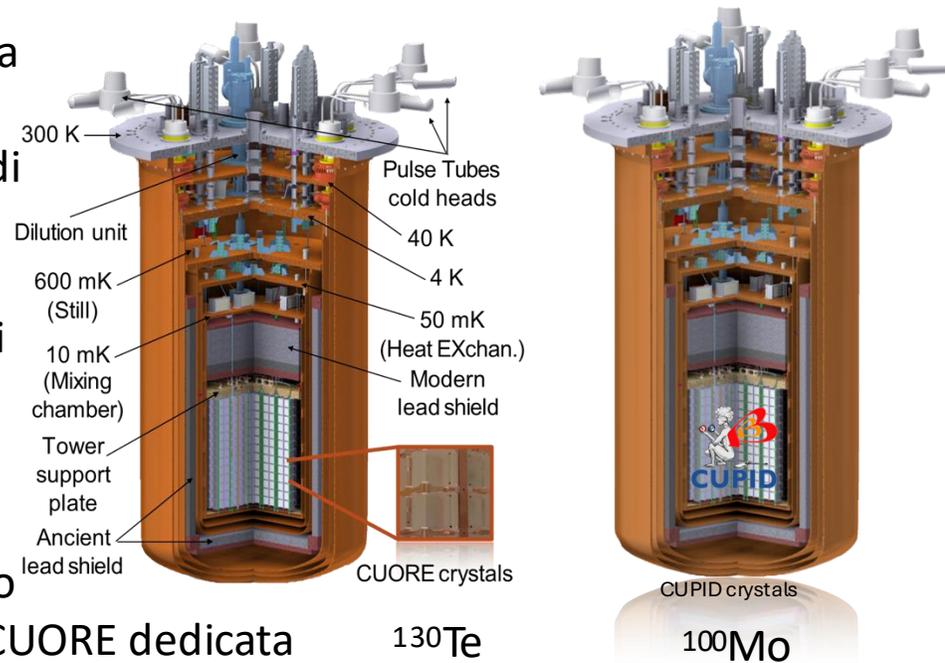
- Sulla misura Rumore ambientale a bassa frequenza [Eur.Phys.J.C 84,728 \(2024\)](#)
- Sulla cancellazione del rumore offline [Eur.Phys.J.C 84, 243 \(2024\)](#)



il rivelatore e' ininterrottamente in acquisizione dati dal Marzo 2019 in condizioni di temperatura stabili ( 11 e 15 mK ) e ad oggi ha accumulato un'esposizione (raw) di oltre 2900 kg.anno distribuita in modo uniformemente tra i 988 rivelatori bolometrici obiettivo di CUORE e' il raggiungimento entro la meta' del 2026 di un'esposizione finale di tre tonnellate-anno di TeO<sub>2</sub> corrispondenti ad una tonnellata all'anno di <sup>130</sup>Te

successivamente sono in programma interventi sulla criogenia che richiederanno l'utilizzo del sistema di sollevamento espressamente progettato dall'Ufficio Tecnico di Bologna per l'apertura degli schermi criogenici di CUORE

infine, dopo gli interventi sulla criogenia e prima dell'installazione del rivelatore CUPID (aggiornamento di CUORE), è prevista una fase II di CUORE dedicata agli studi a bassa energia ed alla ricerca di materia oscura



**CUORE\_CUPID-BO anagrafica:**

**totale F.T.E. 2026 = 1.7 [ ric. (1.5) + tecnologi (0.2) ]**  
**G. Bari\*, S. Zucchelli\*, R. Brancaccio (FE), R. Rizzoli (CNR), M. Guerzoni**

Richieste ai Servizi di Sezione

Progettazione meccanica  
STG

simulazioni di analisi modali; sistema sollevamento schermi criogenici  
apertura criostato di CUORE

3.0 m.u. durante l'anno  
2.0 m.u. durante l'anno

# RADIAZIONE COSMICA

A photograph of the aurora borealis (Northern Lights) over a snowy mountain range. The aurora displays vibrant green and purple hues against a dark, starry night sky. The mountains in the foreground are covered in snow and partially illuminated by the aurora's glow.

XRO  
AMS2  
LIMADOU  
HERD  
KM3NeT

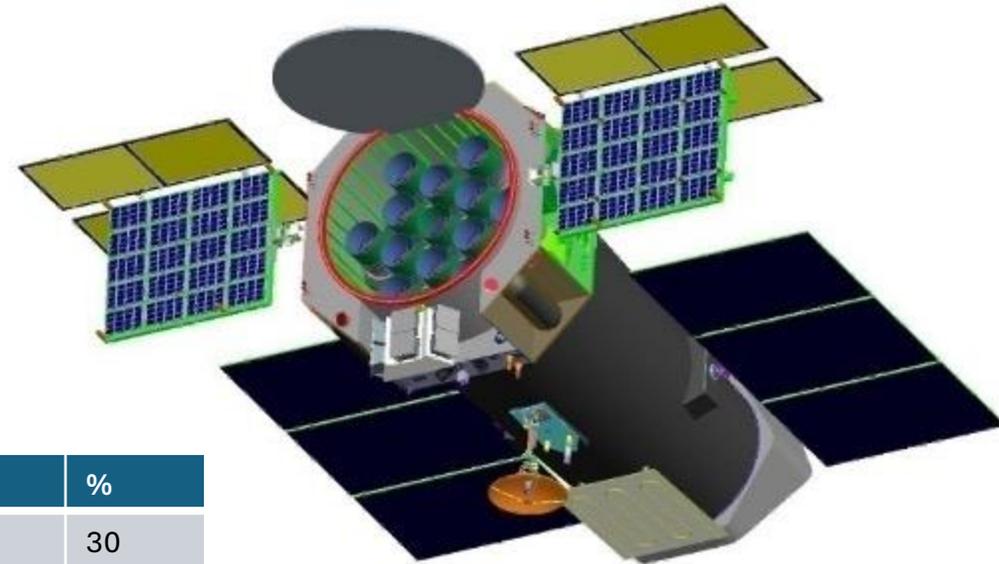
# XRO

- **XRO** riunisce le attività sulle missioni spaziali **IXPE** ed **eXTP**. Responsabili nazionali: L. Baldini (PI) e V. Bonvicini/G. Zampa (TS). Strutture partecipanti: TS/UD, PI, TO, RM2, MI, PV, BO, TIFPA per ~25 FTE complessivi.
- La missione cinese eXTP ha attualmente concluso la fase B2. Le incertezze legate alla situazione geopolitica hanno portato la Cina ad adottare a inizio 2024 la missione *senza* partecipazione europea, escludendo quindi i due strumenti **LAD** e **WFM**, a guida o forte partecipazione italiana, dalla baseline. Un futuro reinserimento di questi strumenti non è comunque completamente escluso, sotto forma di Mission of Opportunity ESA oppure come accordo bilaterale Italia+Spagna e Cina. **La sezione eXTP della sigla quindi si chiude quest'anno.**
- Le tecnologie dei sensori a deriva di silicio (SDD) sviluppate nell'ambito di eXTP, e il relativo percorso di qualifica, trovano comunque naturale prosecuzione o applicazione nei progetti spaziali **LEM-X** (Wide field monitor per il cielo X, sulla superficie lunare, progetto finanziato da PNRR EMM) e **ARCO** (osservatorio spaziale per raggi X, versione in scala ridotta dello strumento LAD a bordo di eXTP, proposta in risposta alla call ESA per missioni "fast" F3 di quest'anno).
- Al momento attuale si prevede di proseguire l'attività della sigla XRO anche per il 2026, con una nuova sotto-sigla che riunisca le attività legate al punto precedente.

## Attività della sezione di Bologna:

- Supporto **sviluppo e test rivelatori SDD** e relativa caratterizzazione nell'ambito di proposte di missione
  - Sviluppo **Test Equipment** dedicati
  - Calibrazioni** (Detection Plane)
  - Simulazioni** Monte Carlo/Geant4 delle performance scientifiche e del background in orbita.
  - Supporto alle simulazioni scientifiche
  - Partecipazione ai working group scientifici
- Totale (TBC) di circa 1 FTE per il 2026

Nome	Contratto	Qualifica	%
Giuseppe Baldazzi	Associato	Ric. Univ. Unibo	30
Riccardo Campana	Associato	Primo Tecnologo INAF	40
Enrico Virgilli	Associato	Primo Ricercatore INAF	50



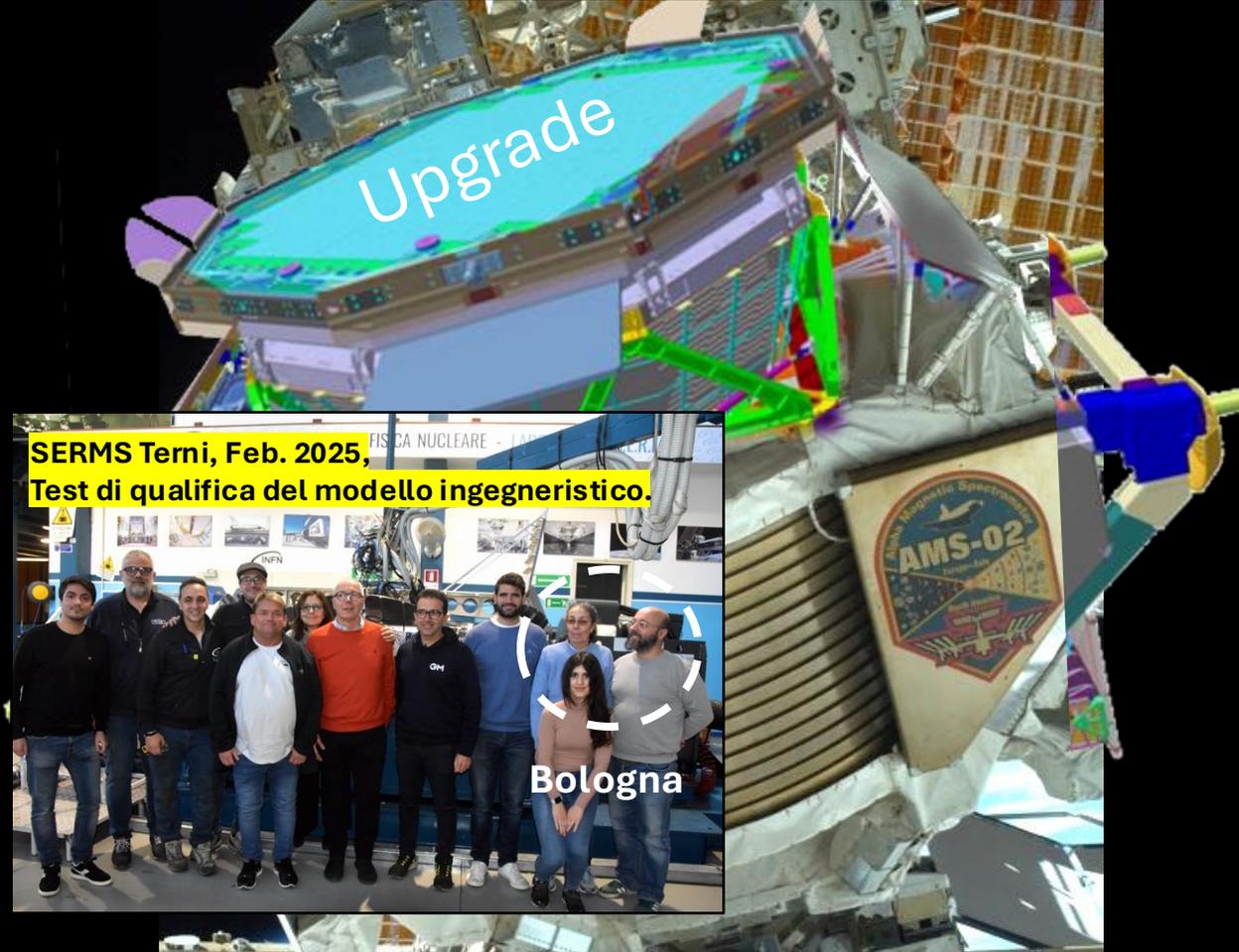
# AMS-02

Installato nel 2011 sulla stazione spaziale internazionale. Raccoglie dati continuamente sin da allora. Ad oggi ha raccolto più di 250 miliardi di raggi cosmici. → Le misure di AMS sono molto più accurate degli esperimenti passati e hanno mostrato nuovi effetti.

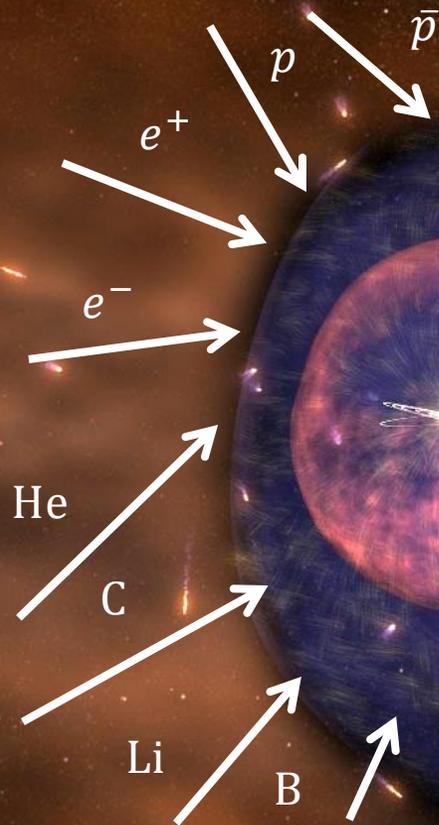


# AMS-02 Upgrade

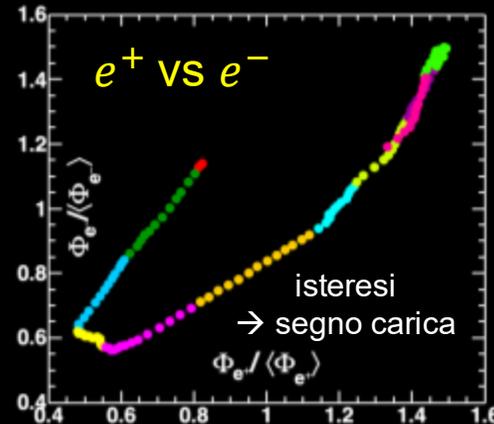
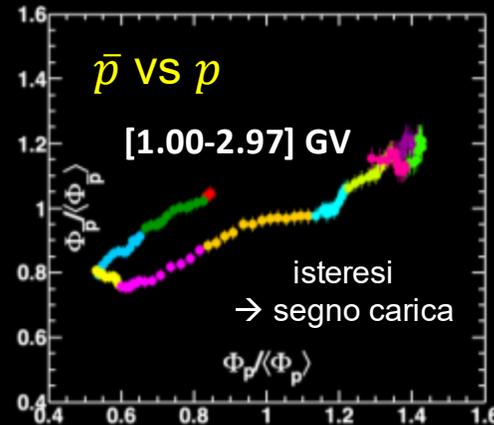
Consiste di un piano di tracciamento al silicio (~8 m<sup>2</sup>) che sarà installato sopra AMS nel 2026. L'upgrade aumenta di un **fattore 3** il potere di raccolta dei dati. → Attualmente è in fase di **integrazione del modello di volo**. I test di qualifica spaziale finali saranno condotti in Italia entro il 2025.



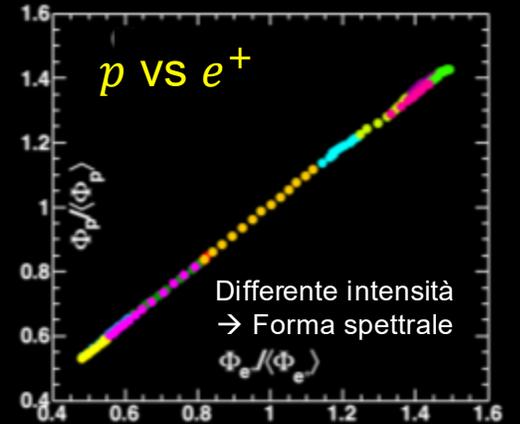
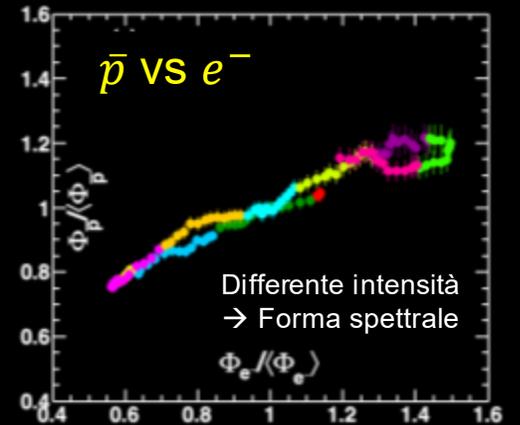
# AMS-02: Principali Risultati Scientifici 2024/2025



stessa massa, differente carica



stessa carica, differente massa



2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021

M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett. **134** (2025) 051002.

- M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett. **134** (2025) 051001 e 051002.
- I due lavori sono usciti con un **annuncio stampa** della American Physics Society e uno è Editors' Suggestion di PRL.
- In Italia 2 analisi indipendenti, una delle quali di **Bologna**.
- Si tratta di ~50.000 punti sperimentali di 11 specie di raggi cosmici ( $e^-$ ,  $e^+$ ,  $p$ ,  $\bar{p}$ , e nuclei fino all'ossigeno) in funzione del tempo lungo 11 anni e mezzo. → Questi dati permetteranno di ridurre l'incertezza nei modelli di propagazione dei raggi cosmici in eliosfera aiutando la **ricerca di segnali di materia oscura nello spettro di  $\bar{p}$  misurato da AMS**.

# AMS-02: Attività e Richieste



Attività del gruppo 2024/2025:

- **Coordinamento:** responsabile nazionale (AO), responsabile del financial review committee (AC).
- **Operazionali:** responsabile del TOF (AC), esperto on-call per tutto l'anno (AO).
- **Analisi dei dati:** responsabile calibrazione del TOF (LQ), misura di antimateria nei raggi cosmici (FD), misura degli isotopi (AO, ER, JP).
- **Upgrade:** test di qualifica dell'Upgrade (AO).

Altre attività 2024/2025:

- M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett. **134** (2025) 201001.
- F. D'Angelo *et al.*, Il Nuovo Cimento **47 C** (2024) 302.
- J. Boschini *et al.*, Astrophys. J. **981** (2025) 85.
- **Presentazioni su invito** a conferenze e workshop: JENAA, ECRS, CRNMM, XSCRC2004, NASA CRN-SIG.
- **Tesi triennale** di N. Campanini, N. Masi relatore, A. Oliva e F. D'Angelo correlatori.
- **Tesi magistrale** su antinuclei nei raggi cosmici di N. Pucetti, F. Bellini relatrice, A. Oliva e N. Masi (ora N. Pucetti è **dottorando** con il gruppo AMS Trento).

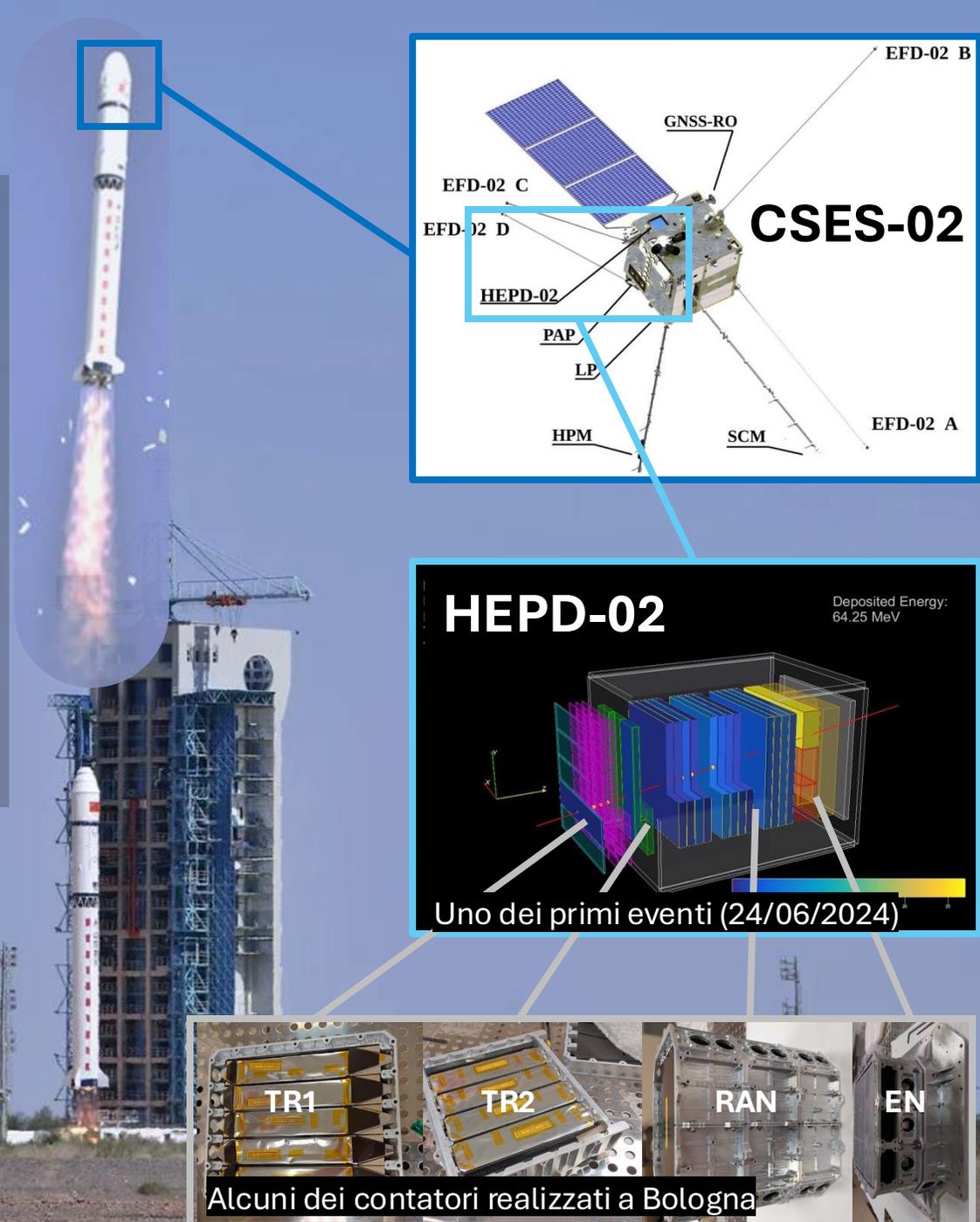
## Anagrafica 2026

Nome	Descrizione	FTE
Alberto Oliva (RN, RL)	Primo Ricercatore INFN	0.7
Nicolò Masi	Ricercatore INFN	0.8
Lucio Quadrani	CTER D	1.0
Erwan Robyn	Assegno di Ricerca	1.0
Josè Peleteiro	Assegno di Ricerca	1.0
Francesco D'Angelo	Dottorando	1.0
Andrea Contin	Professore Ordinario *	0
Giuliano Laurenti	Dirigente Tecnologo *	0
Federico Palmonari	Professore Ordinario *	0
Antonino Zichichi	Professore Emerito *	0
<b>Totale</b>		<b>5.5</b>

Richiesto supporto di disegno meccanico (~2 MU) e officina (~0.5 MU) per eventuale supporto test upgrade.

# Limadou: Lancio di CSES-02

- Lancio del “Lunga Marcia 2D” il 14 Giugno 2025 con a bordo il satellite **CSES-02**. Ora in orbita.
- Bologna si è occupata del **disegno, prototipazione, costruzione, integrazione e test** del sistema di scintillatori del rivelatore **HEPD-02** (High Energy Particle Detector). **Che sta funzionando perfettamente!**
- Grazie alla sezione (in particolare Labele con M. Lolli) per il supporto di questi anni. Ora si apre lo studio della **magnetosfera**, di **space weather**, e di **correlazione tra particelle e terremoti**.



# Limadou: Attività e Richieste

Attività recenti e in corso su HEPD-01 (in orbita dal 2018):

- Calcolo dei flussi di protoni in zone geomagnetiche e comparazione con i dati di AMS.
- Pubblicazione su protoni re-entrant con il **backtracing Bologna**.

Attività recenti e in corso su HEPD-02 (in orbita da giugno):

- Analisi dei dati dei test a terra del FM (termo-vuoto, aging, healthcheck, ...) e del QM (test procedure per FM, ...).
- Partecipazione ai test pre-lancio, al lancio, e alla fase di commissioning (responsabilità della calibrazione).
- Contributo alle numerose pubblicazioni di strumentazione precedenti al lancio.

Pubblicazioni nell'ultimo anno:

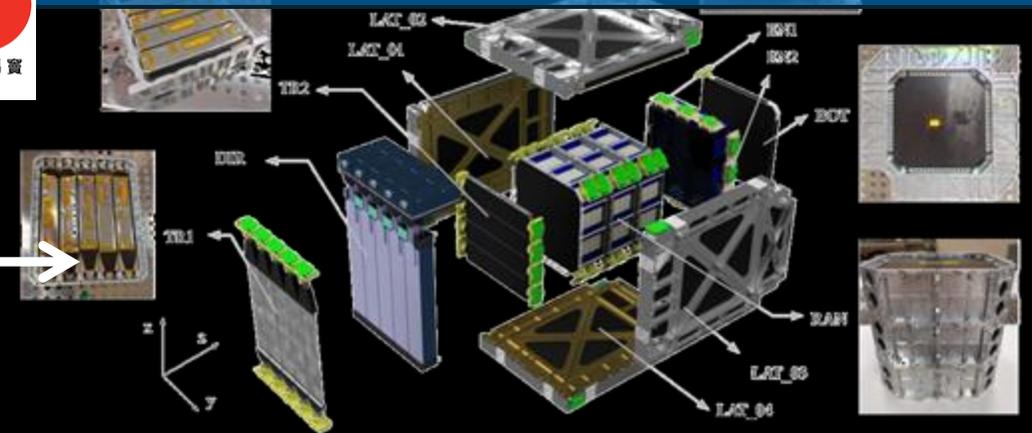
- S. Bartocci et al. JINST **20** (2025) 06, P06005.
- Z. Sahnoun et al. Nuovo Cim. C **48** (2025) 3, 102.
- S. Bartocci et al., Phys. Rev. D **111** (2025) 2, 02200.
- S. Bartocci et al. Astrophys. J. **976** (2024) 2, 239.
- S. Bartocci et al., Remote Sens. **16(21)** (2024) 3982.
- S. Bartocci et al., Astrophys. J. **974** (2024) 176.
- M. Martucci et al., Astroparticle Phys. **162** (2024) 102993.



## Anagrafica 2026

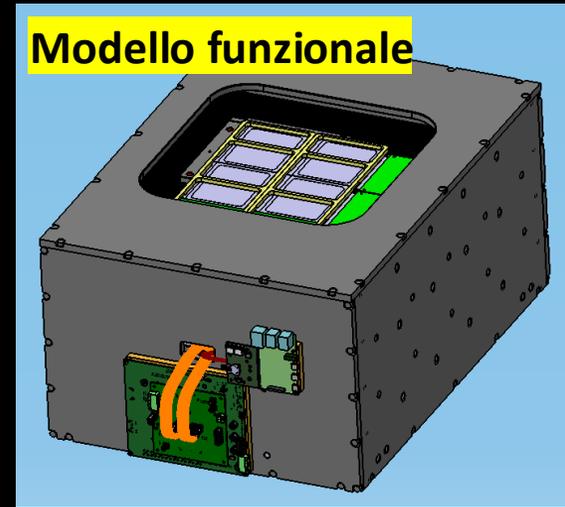
Nome	Descrizione	FTE
Alberto Oliva (RL)	Primo Ricercatore INFN	0.22
Zouleikha Sahnoun	Dottoranda	1.00
Emilie Savin	Assegno di Ricerca	0.50
Mauro Lolli	Tecnico* (associato)	0.20
Michele Pozzato	Ricercatore INFN	0
Andrea Contin	Professore Ordinario *	0
Giuliano Laurenti	Dirigente Tecnologo *	0
Federico Palmonari	Professore Ordinario *	0
<b>Totale</b>		<b>1.92</b>

Richiesto supporto di Labele (~1 MU) per eventuali test sul modello di qualifica.



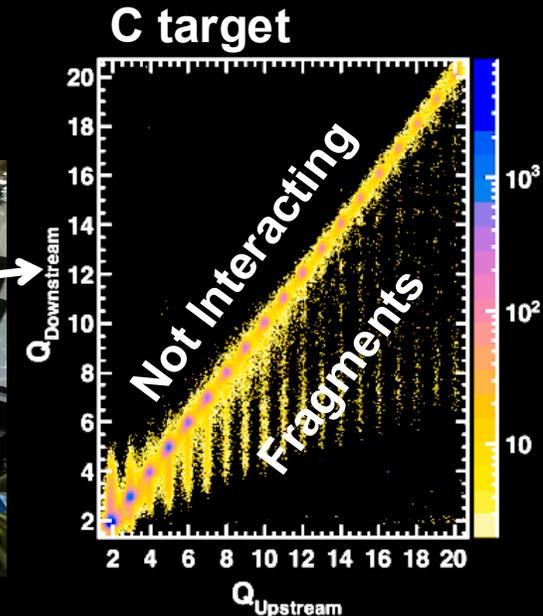
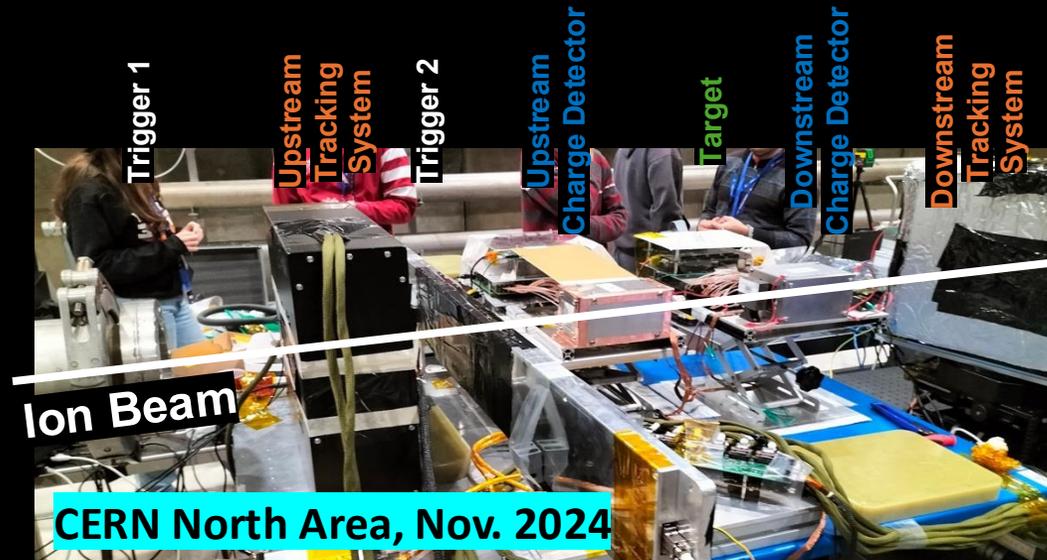
# HERD\_DMP: Chiusura di Sigla a Bo

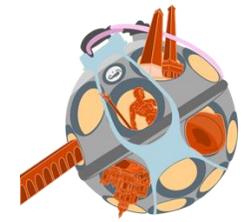
- **HERD** (High Energy Cosmic Radiation Detection) è un esperimento calorimetrico per la misura diretta dei raggi cosmici fino al ginocchio ( $\sim 10^{15}$  eV) che verrà installato sulla Stazione Spaziale Cinese NET 2027.
- Il **gruppo di Bologna** ha coordinato il gruppo internazionale di disegno dei rivelatori di carica al silicio (SCD) occupandosi della simulazione, dello studio dei prototipi su test su fascio, la progettazione meccanica dei modelli di qualifica e di volo.
- Le incertezze legate alla **situazione geopolitica** hanno portato a una forte **rimodulazione del contributo europeo**. Questo ha causato una forte **riduzione della sigla HERD a livello nazionale**. A Bologna la sigla costituita da A. Oliva e E. Savin **viene chiusa**.



Attività residue:

- Una attività marginale di progettazione di un **modello funzionale** presente come **deliverable del contratto ASI**.
- Uno sviluppo interessante è stato l'uso dei prototipi di HERD per la **misura di sezioni d'urto utili per l'astrofisica** misurate con test su fascio → **Possibili sviluppi futuri**.





# KM3 = KM3NeT a Bologna

## Telescopi di neutrini nel Mar Mediterraneo



### SCIENZA

- identificazione di neutrini di alta energia
- astronomia multimessaggera
- ricerca indiretta di Dark Matter
- oscillazioni di neutrini e gerarchia di massa ( $\nu$  atm)
- neutrini da Core Collapse Super Novae
- scienze marine

Finanziate  
125 DUs - ARCA  
50 DUs - ORCA

**OPERAZIONE MARINA IN CORSO  
NEL SITO DI ARCA!**

- F. Benfenati Gualandi - **Coordinamento DAQ**
- T. Chiarusi – **membro del Conference Comm.**
- I. Del Rosso – **membro dell' Outreach Comm.**
- F. Filippini – **RAMS officer per revisione s/w e f/w**
- G. Illuminati - **Coordinamento WG Astrophysics**
- G. Levi - **Gestione software KM3DIA (supporto integrazione)**
- A. Margiotta - **Chair del Publication Comm.**
- R. Muller – **co-Chair dell'Outreach Comm.**
- G. Pellegrini – **Local Logistic Officer**
- C. Valieri – **Local Quality Supervisor**

**KM3NeT: ARCA** (Sicilia) 230 Detection Units (DUs)  $\sim 1 \text{ km}^3$  - **33 DUs** neutrini di alta energia

**ORCA** (Toulon) 115 DUs - **28 DUs in presa dati**  $\nu$  atmosferici, gerarchia di massa



12/2/25 – Nature: neutrino di energia elevatissima ( $>200 \text{ PeV}$ ) – evento internazionale - collegamento da tutte le sezioni

7/4/25 – Inaugurazione laboratori finanziati PNRR

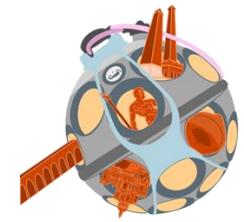
5/6/25 - ANTARES - legacy paper (M. Spurio):

**The ANTARES detector: two decades of neutrino searches in the Mediterranean sea, Phys. Rept. 1121-1124 (2025) 1-46**



Article  
**Observation of an ultra-high-energy cosmic neutrino with KM3NeT**

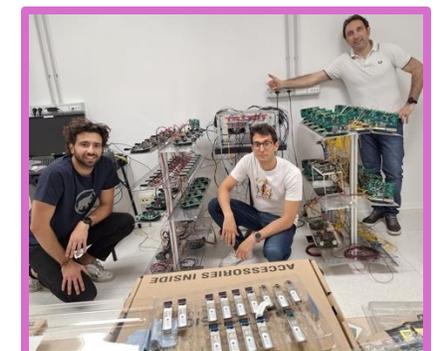
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08543-1> The KM3NeT Collaboration<sup>1</sup>  
Received: 19 August 2024



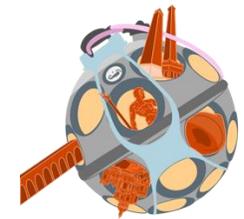
# KM3NeT a Bologna – attività previste



- **Neutrino astronomy WG – Coordinamento – G. Illuminati**
- **tutti i fisici impegnati in INTENSA ATTIVITA' di analisi dei dati di KM3NeT**
- Sviluppo s/w gestione siti di integrazione (KM3DIA) - G. Levi
- Sviluppo modelli matematici per la forma della stringa floating - P. Castaldi
- **Progettazione**, realizzazione e test elettronica – L. Degli Esposti, G. Pellegrini
- **Integrazione moduli di base WWRS** - F. Benfenati, G. Pellegrini, S. Ragonesi, C. Valieri (Integration Site Resp.: A. Margiotta)
- **DAQ KM3NeT – coordinamento - F. Benfenati**
- **BB-LAB T. Chiarusi (Resp.)**, F. Benfenati, L. Degli Esposti, F. Filippini, G. Pellegrini, S. Ragonesi
  - Riproduce DAQ KM3NeT
  - Emulazione del segnale delle Detection Units
  - Emulazione Instrumentation Unit



**GRAZIE A TUTTI I SERVIZI PER IL SUPPORTO FONDAMENTALE !**



# KM3 a Bologna - 2025



11 ricercatori/tecnologi; ~ 10 FTE

## RICHIESTE ALLA SEZIONE

Nome	ruolo	attività principale
F. Benfenati	Tecnologo TD PNRR	<b>Coord. DAQ</b> - BB-LAB Analisi dati
F. Carenini	PhD - 38° ciclo	Analisi dati - Calibrazioni temporali
P. Castaldi	PA UniBO - Ingegnere	Calibrazioni - posizionamento acustico
T. Chiarusi	Primo ric. INFN	DAQ - Analisi dati
F. Filippini	Post – doc INFN	RAMS (Risk Assessment Method Statement) Analisi dati
G. Illuminati	Ric. INFN	<b>Coord. Astronomy &amp; MultiMessenger</b> Analisi dati
G. Levi	Ric. UniBO	KM3DIA – DAQ
A. Margiotta (Resp. Locale)	PA UniBO	<b>Chair PC KM3NeT</b> Analisi dati Base Module ISR (Lab. BILBO)
R. Muller	Post-doc INFN	Analisi dati
M. Spurio	PO UniBO	Analisi dati
I. Del Rosso	PhD - 39° ciclo	Analisi dati

Servizio	Attività/competenze	m.p.	Periodo
<b>Elettronica</b>	Integrazione e test moduli base (componenti elettronici) Supporto BCI e Lab. BLU	5	tutto l'anno
<b>Officina Meccanica</b>	Possibili richieste saltuarie	2	tutto l'anno
<b>STG</b>	Integrazione moduli base (componenti ottici)	14	tutto l'anno
<b>Calcolo e Reti</b>	Supporto DAQ	10	tutto l'anno

# ONDE GRAVITAZIONALI

The image features a red and white checkered grid that is distorted by gravitational waves, creating a wavy, undulating pattern. A solid red banner is positioned at the top left, and a dark red banner is at the bottom right. The overall background is a gradient of red and white, with the grid pattern being the central focus.

VIRGO

EINSTEIN  
TELESCOPE



Rivelazione delle Onde Gravitazionali da sorgenti astrofisiche

Ospitato presso l'Osservatorio Gravitazionale Europeo (EGO), nella campagna vicino a Pisa, in Italia.



### Stato dell'esperimento

Attualmente nel periodo di presa dati O4, iniziato il 24 Maggio 2023 e pianificato fino al 18 novembre 2025, insieme a LIGO e Kagra;

In modalita' "Science" > 60% del tempo - performance ~ 50 Mpc (BNS range)  
O5 in fase di riprogrammazione

### Configurazione attuale: AdvancedVirgo+

In previsione di O5 si e' proposto un major upgrade (AdvancedVirgo+ Phase II) con nuovo layout ottico e un maggior numero di sospensioni; richiedera' importanti lavori infrastrutturali

TDR quasi pronto, piano di upgrade in discussione con le funding agencies (INFN, CNRS, ...)

### Gruppo di Bologna DIFA-INFN

Accettato nella collaborazione il 6 febbraio 2025

Gabriele Balbi <sup>1)</sup>, Daniele Bonacorsi, ***Nicola Borghi (responsabile locale Outreach)***, Enrico Gianfranco Campari, Sara Cepic, ***Elena Cuoco (PI)***, Stefano Dal Pra, Simone Dall'Osso, Luca De Siena, Beatrice Fraboni, Antonio Ghinassi, Annarita Margiotta, Bernardo Martins, Giovanni Mastropasqua <sup>1)</sup>, Enrico Paolucci, Luca Pasquini, Alessandro Pesci, Maurizio Spurio, Giulia Stratta, Matteo Tagliazucchi,

***Riccardo Travaglini (responsabile locale INFN)***, Gabriele Umbriaco <sup>2)</sup>

1) 0% Virgo - su progetto ETIC 2) in corso di affiliazione al gruppo

21 membri - 6.9 SVAC (standard Virgo annual contribution) per il 2025

14 dipendenti/associati INFN per 7.30 FTE

(situazione al 1/7/2025 - similmente attesa per il 2026 a chiusura preventivi)



"Gita di classe"  
Aprile 2025

## Attività in corso che continueranno nel 2026

### Data Analysis

Transient signal Searches from Virgo Burst signals

Cosmological and astrophysical population studies

Development of the CHIMERA pipeline for GW cosmology

Contribution to the Search pipeline using the Frequency hough algorithm

Search for effects of horizon area quantization during the inspiral of binary black hole coalescences

### Machine Learning

AI and machine learning application for Data Analysis, Detector Characterization, Computing

- Cuoco, E., Cavaglia', M., Heng, I.S. et al., Applications of machine learning in gravitational-wave research with current interferometric detectors., Living Rev Relativ 28, 2 (2025) <https://doi.org/10.1007/s41114-024-00055-8>
- Gravitational Wave Science with Machine Learning (Springer Series in Astrophysics and Cosmology) by Elena Cuoco (Editor)
- Organization of Conferences ("European AI for Fundamental Physics Conference" (EuCAIFCon))

### Computing

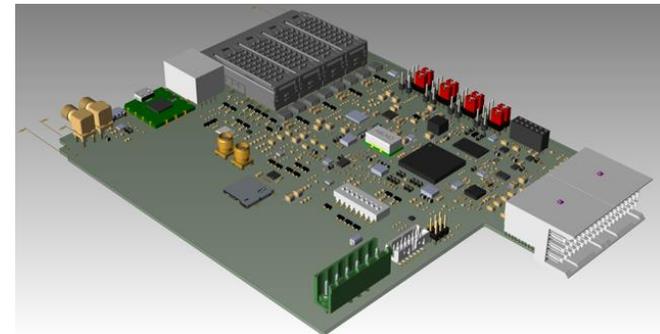
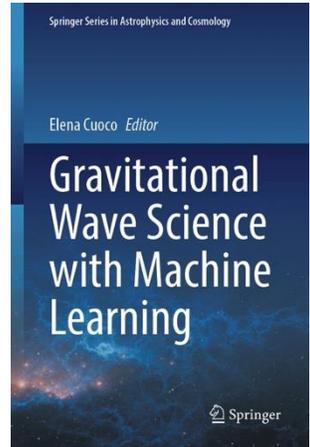
CW workflows for IGWN Computing; setup and management of IGWN services

### Detector

Design of the Timing and DAQ board for the upgrade of the Mirror Position Control subsystem

(Thanks to the *Servizio di Elettronica*: Mirco Zuffa and Gabriel Latronico - ITS Maker intern)

Perspective of using it also in Einstein Telescope





## Data Analysis

Multi-messenger pipelines with either neutrinos or electromagnetic counterparts

## Detector Characterization and Operation

Ambient and seismic noise studies

## Detector

Development of new coating techniques for optics: R&D for post-O5 upgrades

Optics simulation

## Outreach

Participation to "Notte dei Ricercatori 2025"

GW150914 10th anniversary: **stay tuned!**

PRL **116**, 061102 (2016)

 Selected for a **Viewpoint** in *Physics*  
PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending  
12 FEBRUARY 2016



### Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger

B. P. Abbott *et al.*\*

(LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)  
(Received 21 January 2016; published 11 February 2016)

On September 14, 2015 at 09:50:45 UTC the two detectors of the Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory simultaneously observed a transient gravitational-wave signal. The signal sweeps upwards in

## Richieste ai servizi della sezione per il 2026

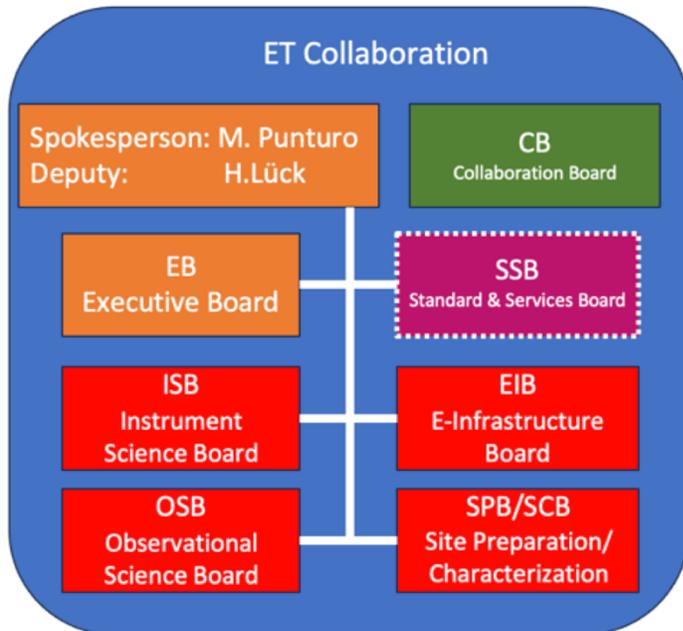
Servizio	Mesi Persona	Periodo
Electronica	10	Layout e test dei prototipi della scheda Timing e DAQ per MPC



Osservatorio GW **3G**  
 GW da buchi neri coalescenti dalla  
 “Dark age” dopo il Big Bang.  
 Target rivelazione:  $O(10^5)$ /anno  
 sistemi binari di Stelle a Neutroni

Caratteristiche principali:

- 10x sensibilità risp. telescopi attuali (2G) -  $f @ O(1-10)$  Hz
- Aumento affidabilità e controllo del telescopio
- Collaborazione: ~1800 membri,  $O(100)$  RU, 30 Nazioni



Technical Design Report  
 (la tecnologia impiegata)  
 Blue Book (il caso  
 scientifico)

INFN-Bologna inserita in 3  
 Science Boards → Obiettivi:  
 contributi a TDR e BB

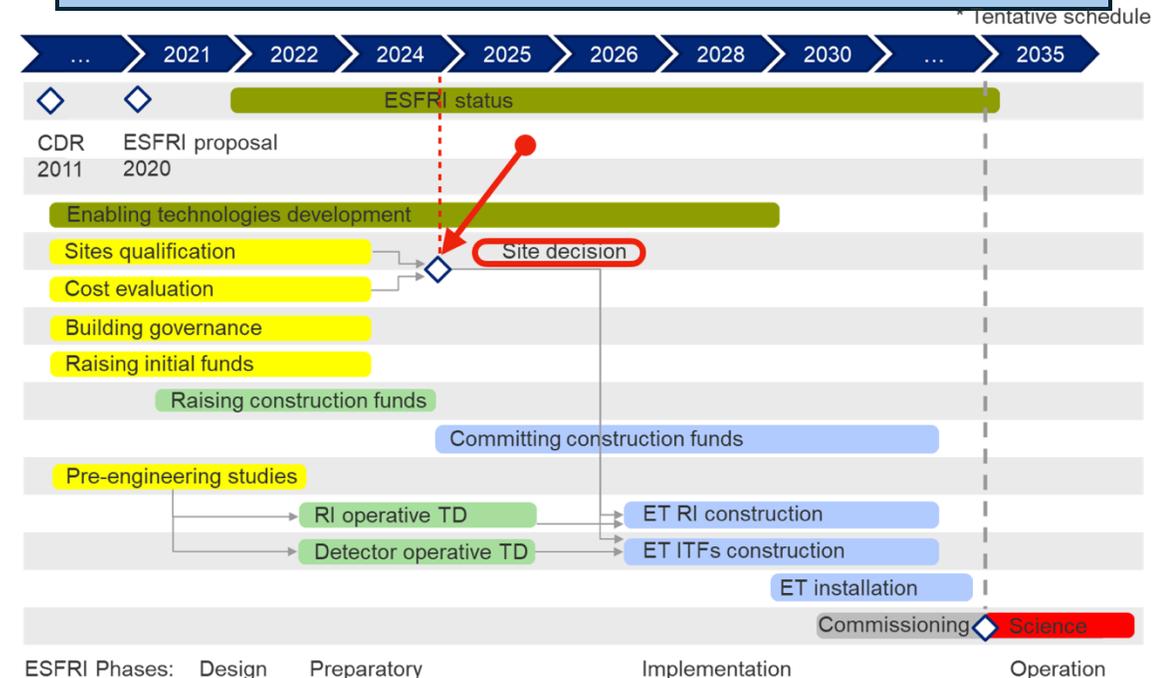
## 🔥 Hot-topics 🔥

### Come si fa ?

- Configurazione a Triangolo...  
(in un sito unico)
- ... o a doppia L (in due siti distinti)

### Dove si fa ?

- **Sos Enattos, Sardegna, IT**
- Meuse-Rhine Euroregion, NL
- Sassonia (DZA), Germania





**G. Balbi**, **D. Bonacorsi**, **N. Borghi**, **R. Casadio**, **T. Chiarusi**, **E. Cuoco**, **T. Diotallevi**, **A. Giusti**,  
**M. Guerzoni**, **G. Illuminati**, **G. Levi**, **A. Margiotta**, **G. Mastropasqua**, **A. Pesci**, **G. Piazza**,  
**M. Selvi**, **F. Soares**, **M. Spurio**, **R. Travaglini**, **A. Tronconi**, **P. Veronesi**

Legenda: Resp. Locale Fisici sperimentali **Fisici teorici** **Astronomi** **Tecnologi INFN** **Tecnici INFN**

**5.25 FTE**

### Responsabilità

**PNRR-ETIC : BETIF @ BO** → Contact person: R. Travaglini – T. Chiarusi (deputy)

**PNRR-ETIC : CAOS @ PG** → DAQ coordinator: T. Chiarusi, R. Travaglini (deputy) → Membri Steering Committee CAOS

**DAQ R&D ET-Italia:** T. Chiarusi → coordinamento con Sezioni Pisa e Perugia – ISB/EIB Scientific Boards di ET Collab.

**OSB-DIV10:** E. Cuoco → Co-chair

### Attività 2025

**PNRR:** - Finalizzazione acquisti supplementari e rendicontazione (**ancora grazie al Servizio di Amministrazione !**).

- ET LAB (BETIF/DIFAET): w.i.p – trovata destinazione temporanea per BETIF(+DIFAET calcolo) . Valutazione locali ex-Tier1

**DAQ:** Sviluppo schede elettroniche (**forte** sinergia con VIRGO, target ADV VIRGO +) per super-attenuatori (use-case in ET: CAOS);

**Computing:** - on-line le risorse BETIF/DIFAET (**grazie al Servizio di Calcolo!**);

- set-up ambienti software e autenticazione, primi user tests (**grazie a M.Lorusso (CNAF), S. Dalpra (CNAF), T. Diotallevi**);

- [Workshop @BO ET Data Analysis \(Feb 2025\)](#)

**Att. Teoriche:** quantum-gravity, cosmology and fundamental physics (accepted publication in CQG – [2505.02773](#) )

**Multi-Messenger, Data Analysis, Att. Teoriche:** contributi al Blue-Book di ET - [2503.12263](#)

**Organizzazione** [XV ET-Symposium](#) + [eventi di divulgazione](#) a Bologna con INAF, INGV e DIFA - (LOC / SOC – ruolo primario INFN-BO)

### Attività previste per il 2026

**DAQ:** - test batch prototipi (sviluppati per upgrade ADV VIRGO+) e sistema di time-sync con White Rabbit in BETIF e CAOS.

- CAOS partecipazione all'installazione e test del nuovo interferometro

**Computing/Multi-messenger:** Studio delle “pipelines” per la Mock Data Challenge (MDC) ; Workshop on Data Analysis and MDC

**Att. Teoriche:** continuazione studi di Quantum Gravity, Cosmology e Fundamental Physics (ET-OSB Div 1/2)

**Richieste Servizi 2026:** Elettronica (10), CCL (4), Officina Meccanica (2) Progettazione (2), *STG (0), TA(0)*

**GRAZIE A TUTTI *per l'attenzione,***

***ma soprattutto:***

***GRAZIE AI SERVIZI DI SEZIONE PER IL  
CONTINUO E PREZIOSO SUPPORTO !!!***