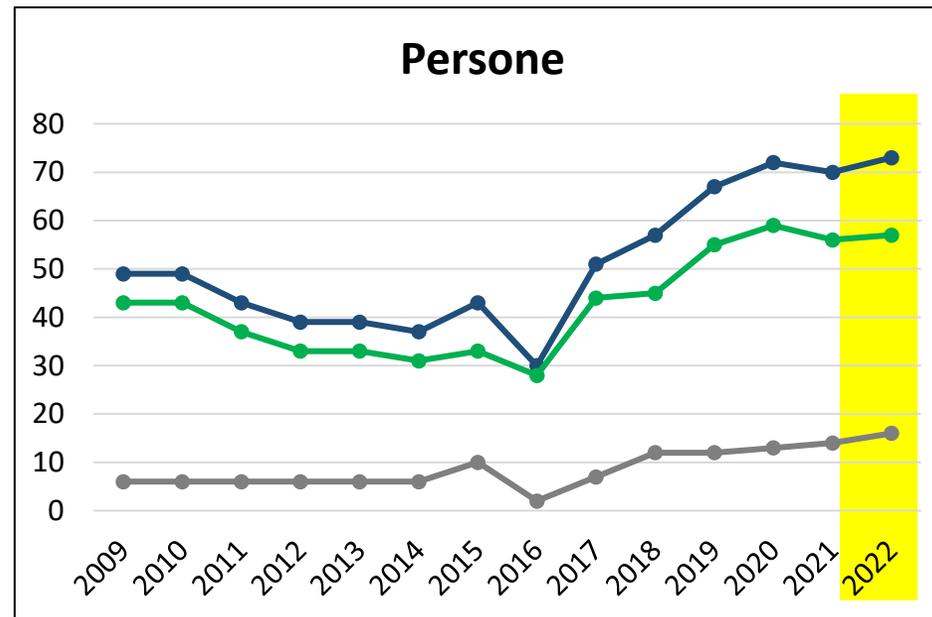
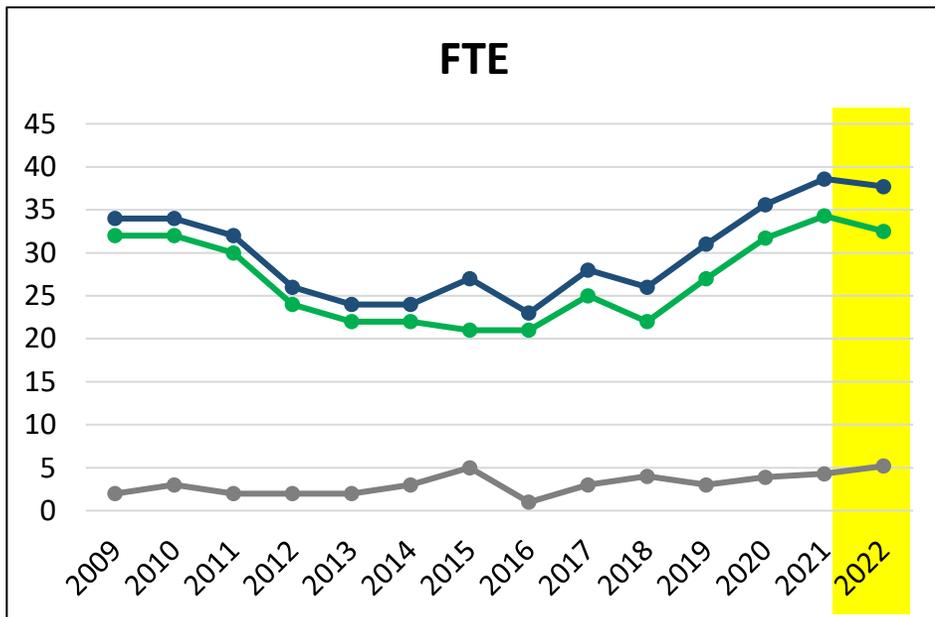




# 2 Fisica delle ASTROPARTICELLE

**G. Sirri**

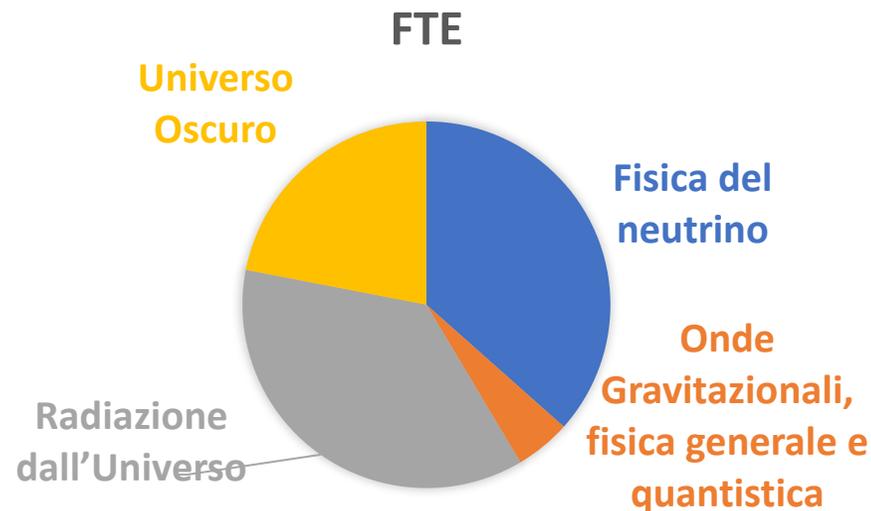
# Gruppo 2 a BOLOGNA



	FTE	Persone
<span style="color: green;">—●—</span> RICERCATORI	32.5	57
<span style="color: grey;">—●—</span> TECNOLOGI	5.2	16
<span style="color: blue;">—●—</span> TOTALE	37.7	<b>73</b>

FTE / PERS.      0.52

Fonte: DB Assegnazioni



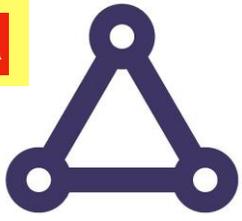
SIGLA	Linea scientifica di CSN2	Sito Sperimentale	Stato	Presentazione «Scientifica»
CUORE_CUPID	Fisica del neutrino	LNGS	CUORE: Running CUPID: <b>In costruzione</b>	Ass.Sez. 28/3/2022, G. Benuzzi
NU-AT-FNAL	Fisica del neutrino	Fermilab (CERN / LNF)	SBN-ICARUS: Running DUNE: <b>In costruzione</b>	Ass.Sez. 28/3/2022, L. Patrizii
ENUBET	Fisica del neutrino	CERN	<b>Presi dati a ottobre</b>	
AMS2	Radiazione dall'Universo	Spazio / CERN	Running	Ass.Sez. 28/3/2022, A. Oliva
KM3	Radiazione dall'Universo	Toulon Capo Passero	ORCA: Running / <b>In costruzione</b> ARCA: Running / <b>In costruzione</b>	Ass.Sez. 28/3/2022, A. Margiotta
LIMADOU_2	Radiazione dall'Universo	Spazio	Running / <b>In costruzione</b>	
XRO	Radiazione dall'Universo	Spazio	IXPE: presa dati eXTP: <b>In costruzione</b>	Ass.Sez. 4/2/2021, R. Campana
XENON	Universo Oscuro	LNGS	Commissioning / Running	Ass.Sez. 28/3/2022, P. Di Gangi
DARKSIDE	Universo Oscuro	LNGS / CERN	<b>In costruzione</b>	Ass.Sez. 20/2/2020, L. Rignanese
EUCLID	Universo Oscuro	Spazio	<b>Test pre-lancio</b>	Ass.Sez. 28/3/2022, A.G. Ferrari
ET_ITALIA	Onde Gravitazionali, fisica generale e quantistica	TBD	<b>Progettazione / R&amp;D</b>	Ass.Sez. 28/3/2022, T. Chiarusi



La sigla chiude  
nel 2022

In operazione  
dal 1992



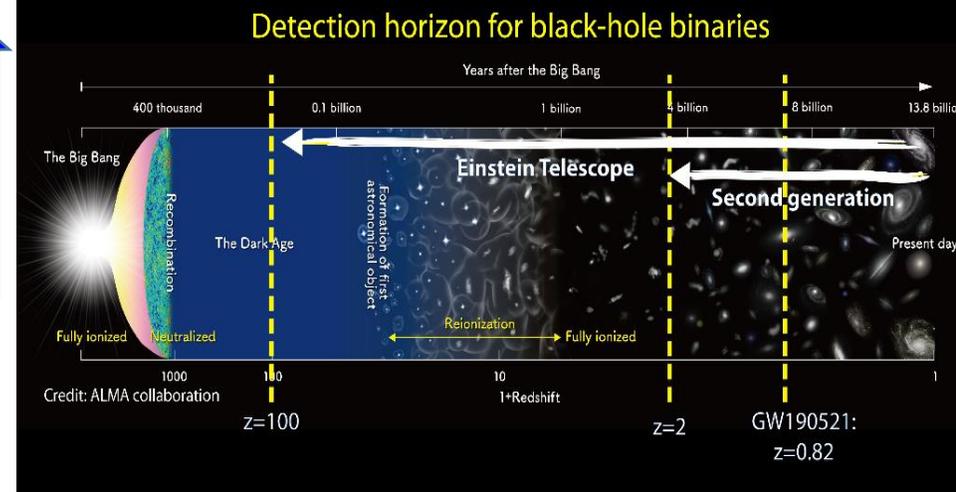
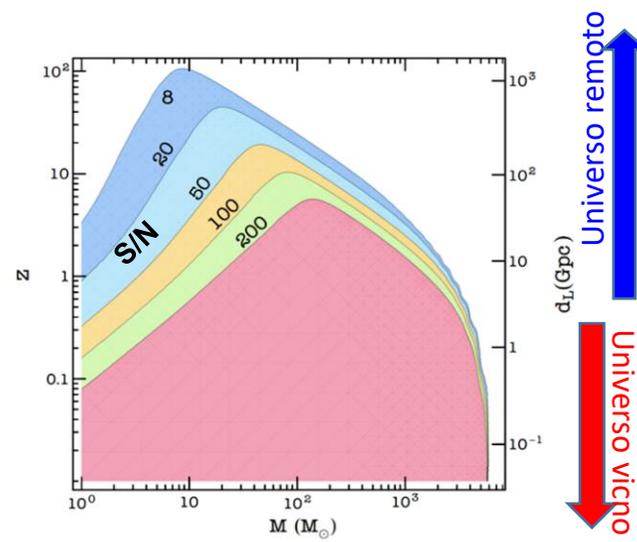


Cos'è Einstein Telescope (ET) ?

Osservatorio GW di 3<sup>a</sup> generazione.

Caratteristiche distintive:

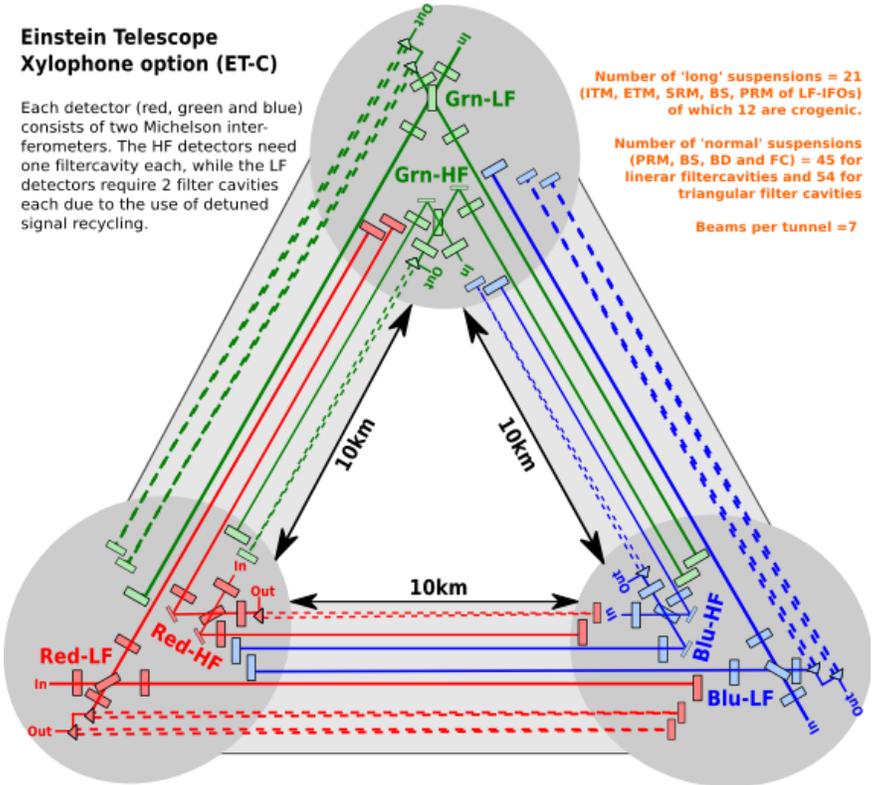
- Aumento della sensibilità > 10x risp. telescopi attuali
- Aumento importante della sensibilità per basse frequenze O(1-10) Hz
- Aumento affidabilità e controllo del telescopio



**Einstein Telescope Xylophone option (ET-C)**

Each detector (red, green and blue) consists of two Michelson interferometers. The HF detectors need one filtercavity each, while the LF detectors require 2 filter cavities each due to the use of detuned signal recycling.

Number of 'long' suspensions = 21 (ITM, ETM, SRM, BS, PRM of LF-IFOs) of which 12 are cryogenic.  
 Number of 'normal' suspensions (PRM, BS, BD and FC) = 45 for linear filtercavities and 54 for triangular filter cavities  
 Beams per tunnel = 7



- ET rivelerà con ottimo Segnale/Rumore sistemi binari di Stelle a Neutroni per centinaia di migliaia all'anno, permettendo lo studio della struttura interna dei loro nuclei.

**ASTROPHYSICS**

- Black hole properties
- Neutron star properties
- Multi-band and -messenger astronomy
- Detection of new astrophysical sources

**FUNDAMENTAL PHYSICS AND COSMOLOGY**

- The nature of compact objects
- Tests of General Relativity
- Dark matter
- Dark energy and modifications of gravity on cosmological scales
- Stochastic backgrounds of cosmological origin

- ET esplorerà quasi tutto l'Universo, ascoltando le onde gravitazionali emessi da buchi neri coalescenti dalla "Dark age" dopo il Big Bang.

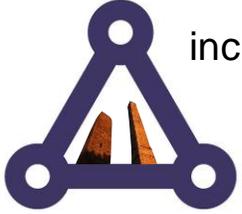
**Budapest (HR), 7 Giugno 2022: nasce la collaborazione internazionale ET**



# Maggio 2022 ⇒ formazione della ET- Research Unit “BOET”

RU Leader: Michele Moresco, DIFA

include: DIFA, INFN-BO, INAF con 50 afferenti.



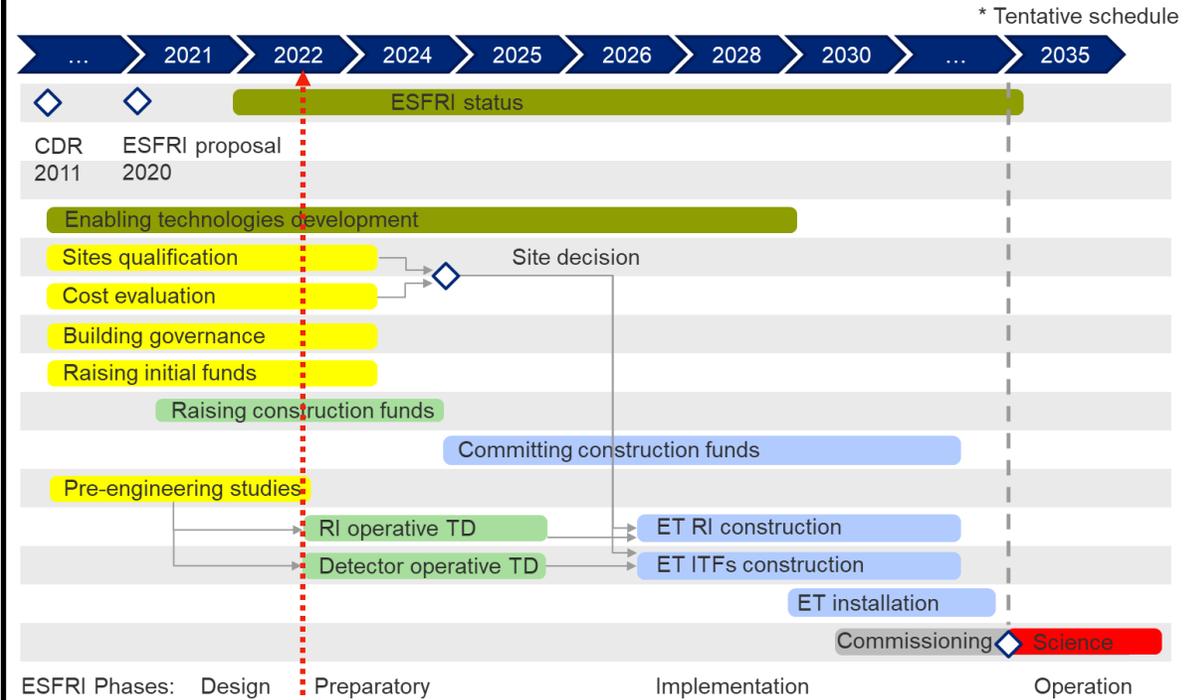
## ET@INFN-BO

### Personale INFN e Associato INFN afferente alla sigla ET\_ITALIA:

N	Family Name	First Name	Position	FTE	Main Affiliation	
1	Bonacorsi	Daniele	Prof. Ordinario	0.1	DIFA - UniBo	Experimental Physicists
2	Chiarusi	Tommaso	Primo Ricercatore	0.3	INFN-BO	
3	Margiotta	Annarita	Prof. Associato	0.1	DIFA- UniBo	
4	Oliva	Alberto	Ricercatore	0.1	INFN-BO	
6	Scapparone	Eugenio	Dirigente Ricerca	0.1	INFN-BO	
7	Selvi	Marco	Primo Ricercatore	0.1	INFN-BO	
8	Sidoti	Antonio	Ricercatore	0.1	INFN-BO	
9	Spurio	Maurizio	Prof. Ordinario	0.1	DIFA - UniBo	
10	Falchieri	Davide	Tecnologo	0.1	INFN-BO	
11	Grandi	Claudio	Dirigente Tecnologo	0.1	INFN-BO	
12	Guandalini	Cristina	Tecnico	0.05	INFN-BO	
13	Guerzoni	Marco	Tecnologo	0.1	INFN-BO	
14	Piazza	Gianluigi	Post-doc	0.4	INFN-BO	
15	Travaglini	Riccardo	Primo Tecnologo	0.3	INFN-BO	Theoretical Physicists
16	Casadio	Roberto	Prof. Associato	0.1	DIFA - UniBo	
17	Cicoli	Michele	Prof. Associato	0.1	DIFA - UniBo	
18	Kamenchtchik	Alexander	Prof. Ordinario	0.1	DIFA - UniBo	
19	Pascoli	Silvia	Prof. Ordinario	0.1	DIFA - UniBo	
20	Pesci	Alessandro	Ricercatore	0.1	INFN-BO	
21	Soares	Francisco	Prof. Associato	0.1	DIFA - UniBo	
22	Tronconi	Alessandro	Ricercatore	0.1	INFN-BO	
23	Vacca	Gian Paolo	Primo Ricercatore	0.1	INFN-BO	
24	Medinaceli	Eduardo	Ricercatore	0.1	INAF-OAS Bologna	
25	Virgilli	Enrico	Ricercatore	0.1	INAF-OAS Bologna	

FTE: 3.05. In 2023 aspettato 1 FTE (post-doc)

## ET nella roadmap di ESFRI



**adesso**

### Attualmente: 2 siti candidati:

- Sardegna (Sos Enattos)
- EU Regio Rhine-Meuse, al confine tra NL-B-D

Nuova opzione (ancora non ufficialmente candidato sito): Sassonia (D).



## Attività sperimentali/tecnologiche:

- Realizzazione della “**Bologna ET Integrated Facility**”, (**BETIF**, contact person: **Riccardo Travaglini**) DAQ, Sincronizzazione temporale, processamento dei segnali su FPGA e algoritmi per analisi dati su GPU (si veda presentazione T. Chiarusi in Assemblea Sezione Marzo 2022).
  - Progetto **ETIC** (10° posto PNRR, finanziati fino all’8°): in corso valutazioni MUR per un finanziamento suppletivo tra il 30-50%. Se ok  $\Rightarrow$  BETIF, altrimenti richieste per “*mini-BETIF*” a CSN2.
  - Esito valutazioni MUR atteso anche per le posizioni TD richieste con il PNRR (1x CTER, 2x Tecnologi).
  - Progetto **M2TECH** (in Sezione previste attività su ottimizzazione White Rabbit Switch, Digital Twin - P.I. INFN: **Tommaso Chiarusi**): Ancora sotto valutazione (esito in Settembre/Ottobre) - Sinergia attività tecnologiche ET-KM3NeT.
- Partecipazione alla realizzazione del modello di calcolo e trattamento dati, stima delle risorse di calcolo necessarie.
- Progettazione di supporti meccanici e sistemi di raffreddamento per apparecchiature elettroniche ed alimentatori.
- Partecipazione al “Electronic Infrastructure” Board (EIB) e al “Observational Science” Board ( OSB - ambito Multi-Messenger, GW e neutrini astrofisici).
- Partecipazione al “Instrumented Science” Board (ISB) e all’analisi dei dati dei vari sensori dell’interferometro. Connessione ISB-EIB

## Attività teoriche:

- Cosmologia e fisica fondamentale: interpretare la gravità con le GW
- Modelli quantistici per oggetti compatti, quali possibili sorgenti di GW
- Predizioni di GW da modelli di Universo primordiale
- Gravità quantistica e osservabili verificabili con misure di GW
- Studio delle GW attraverso le transizioni di fase e GUT
- Studio delle GW in teorie di gravità quantistica
- Partecipazione a OSB ed a scrittura “white papers” per le milestones osservative

## Richieste Servizi Sezione

Servizio	Attività/competenze	M. U.	Intervallo temporale
<b>Elettronica</b>	Supporto FPGA per attività data processing/accelerazione algoritmi	<b>3</b>	distribuito su tutto l’anno
<b>Calcolo e Reti</b>	Supporto gestione sistemi informatici per apparati con FPGA e White Rabbit	<b>2</b>	Distribuito tutto l’anno
<b>Officina Meccanica</b>	Supporti meccanici per schede elettroniche/ adattamento crate	<b>1</b>	Seconda parte 2023
<b>Progettazione</b>	Progettazione strutture/supporto per interfacce tra detector e sistema DAQ	<b>1</b>	Seconda parte 2023
<b>STG</b>		<b>0</b>	

# AMS-02

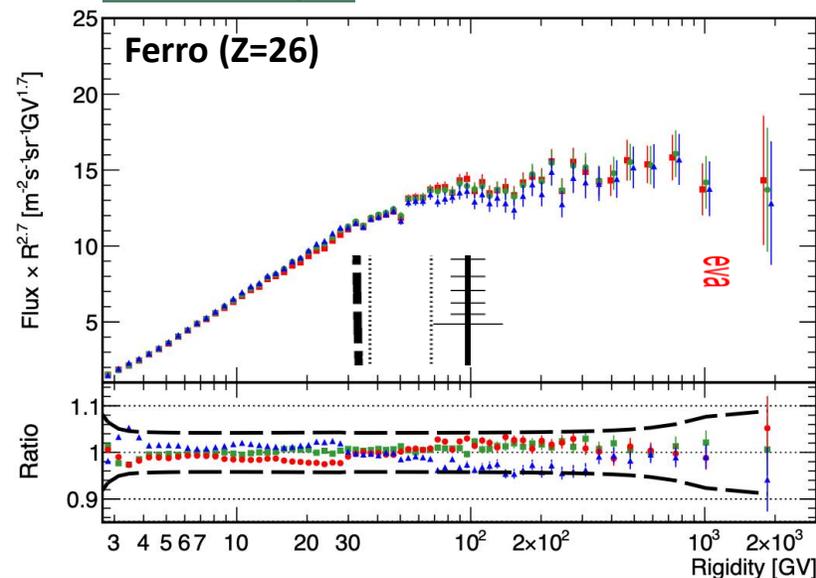


# AMS – Principali Risultati 2021/2022

- Il gruppo AMS Bologna ha un importante **ruolo operativo** per AMS, con la responsabilità del TOF (shift, expert on-call, calibrazione, ...). AMS non si è fermato durante la pandemia, e con l'aiuto del management (locale e nazionale) e dei servizi, abbiamo fatto fronte a tutti gli impegni.
- Il gruppo AMS Bologna è attivo nell'**analisi dei dati** di AMS contribuendo direttamente alle pubblicazioni di AMS:

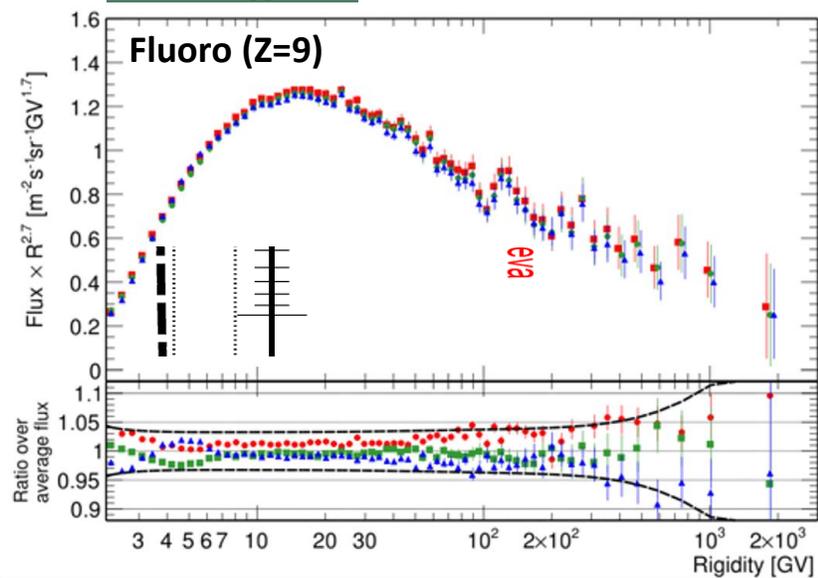
M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett. **126** (2021) 041104.

Featured in Physics

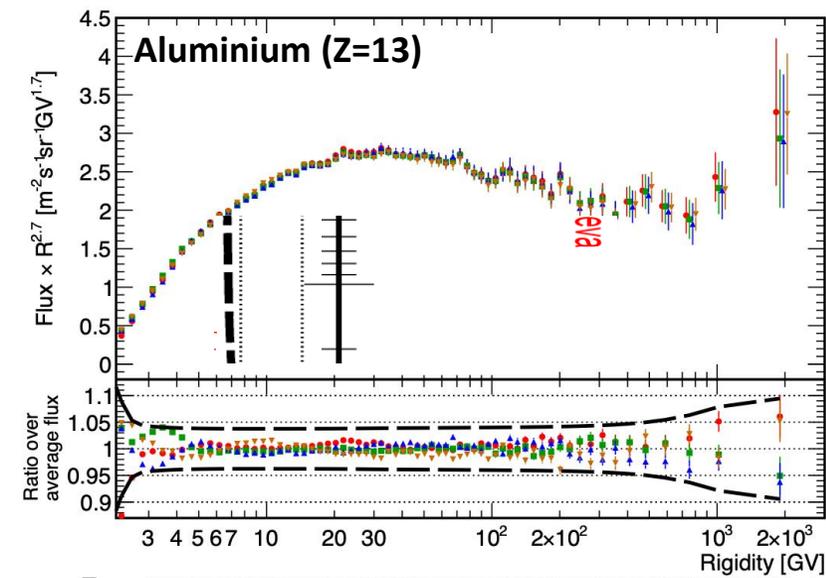


M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett. **126** (2021) 081102.

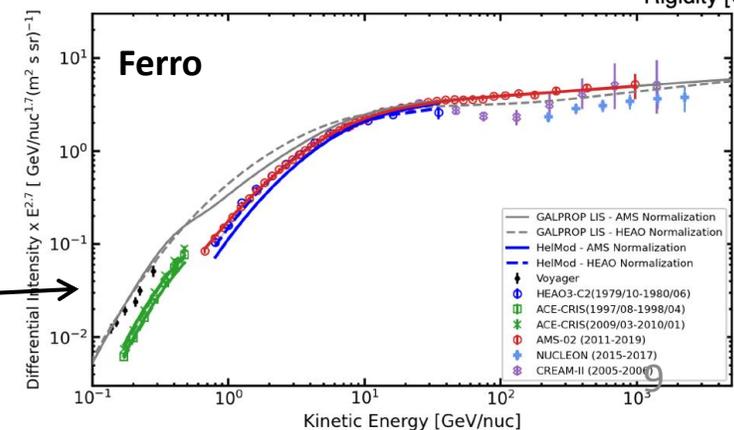
Editor's Suggestion



M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett, **127** (2021) 021101.



- Altre pubblicazioni di AMS con contributo di Bologna:
  - M. Aguilar *et al.*, Phys. Rep. **894** (2021) 1–116 (review di 8.5 anni di dati).
  - M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett. **127** (2022) 271102 (flusso di protoni giornaliero).
  - M. Aguilar *et al.*, Phys. Rev. Lett. **127** (2022) 271102 (flusso di elio giornaliero).
- Il gruppo AMS Bologna è attivo nello studio della **fenomenologia dei raggi cosmici**:
  - M. Boschini *et al.*, Astroph. J. **913** (2021) 5.
  - M. Boschini *et al.*, Astroph. J. **925** (2022) 108.



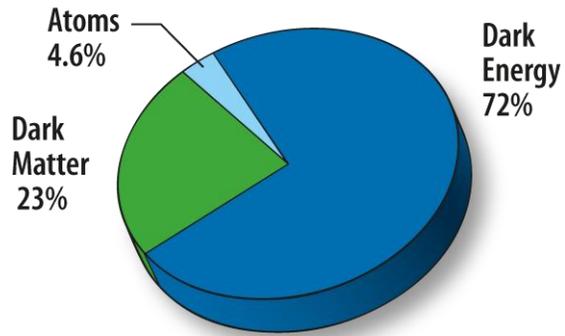
# AMS – Anagrafica e richieste in sezione

Nome	Descrizione	2022	2023	Ruoli e attività
Andrea Contin	Professore Ordinario	0.6	0.6	Responsabile del TOF; Responsabile Contratto ASI-INFN «Progetto AMS – Missione scientifica ed analisi dati»; Responsabile AMS Finance Review Committee.
Alejandro Reina Conde	Assegnista post-doc INFN	1	1	Misura della componente nucleare dei RC con AMS. Misura della loro abbondanza in funzione del tempo. Modellizzazione della propagazione dei nuclei in eliosfera.
Francesco D'Angelo	Assegnista post-laurea DIFA	0	1	Valutazione del fondo astrofisico di anti-protoni nei raggi cosmici.
Nicolò Masi	Ricercatore III livello INFN	1	1	Studio della fenomenologia dei raggi cosmici in collaborazione con i gruppi GALPROP e HelMod, leader nella modellizzazione della propagazione dei RC nella galassia e nell'eliosfera.
Alberto Oliva	Ricercatore III livello INFN	0.95	0.85	Responsabile locale. Misura della della componente nucleare dei raggi cosmici con AMS.
Lucio Quadrani	Tecnico Universitario Categoria D	1	1	Responsabile monitor e calibrazione del TOF.
Giuliano Laurenti	Dirigente Tecnologo, Associato Senior	0	0	
Federico Palmonari	Professore Emerito	0	0	
Antonino Zichichi	Professore Emerito	0	0	
<b>Totale</b>		<b>4.55</b>	<b>5.45</b>	

**Nessuna richiesta in sezione**



# Euclid



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

Einstein Eq.



EUCLID è trasferito nel container per il viaggio da Torino a Cannes (ieri)

**Euclid:** 1100 scienziati – 120 Istituzioni – 14 Paesi EU +USA  
Durata ~ 6 anni in orbita intorno al punto di Lagrange 2.

## Stato della Missione

- Lo spacecraft di Euclid è completo. Il Payload è stato integrato nel Service Module.
- Entro Luglio sarà trasferito a Cannes per i test di sistema finali (thermo-vuoto, vibrazione e EMC)
- A Maggio 2023 il satellite è pronto per il lancio.

## Problema del lanciatore

- A seguito dell'embargo alla collaborazione con la Russia, l'uso della Soyuz è improbabile.
- Arian 62 è la nuova baseline, ma l'attesa è lunga (Galileo + military + Amazon) e può portare 1-2 anni di ritardo
- Si stanno valutando altre opzioni di lanciatori per rispettare il programma (lancio a metà 2023)

## Espansione accelerata dell'Universo...

- **Dark Energy ?**
- Costante Cosmologica ?
- E' costante? cambia con il tempo?
- Gravità Modificata?

## Euclid risponde a queste domande studiando:

- come l'Universo si è espanso
- formazione delle strutture cosmiche a larga scala
- 2 probes: Weak Lensing + Galaxy Clustering (BAO)

## Attività INFN supportata da contratto ASI 2019-2021 (proroga 2023)

per **attività di integrazione e validazione dello strumento NISP** (6 RTD\*anno equivalenti), G.Sirri, ICU ASW Integration responsible



## Attività previste per BOLOGNA:

- **Test e validazione su modello EQM (ruote portafiltri/home sensor/SW)**
- **Supporto alle integrazione Payload-Service Module**
- **Preparazione e lancio**, Kourou (?) (lancio) e MOC a Darmstadt
- **Commissioning Performance Verification** in volo (3 mesi)



# Likelihood: dai dati ai parametri cosmologici - sviluppo e validazione della likelihood per la misura dell'effetto ISW

Il gruppo **INFN Bologna** fornisce un contributo al **Science-Working-Group CMBXC (Cross Correlazione con la CMB)**

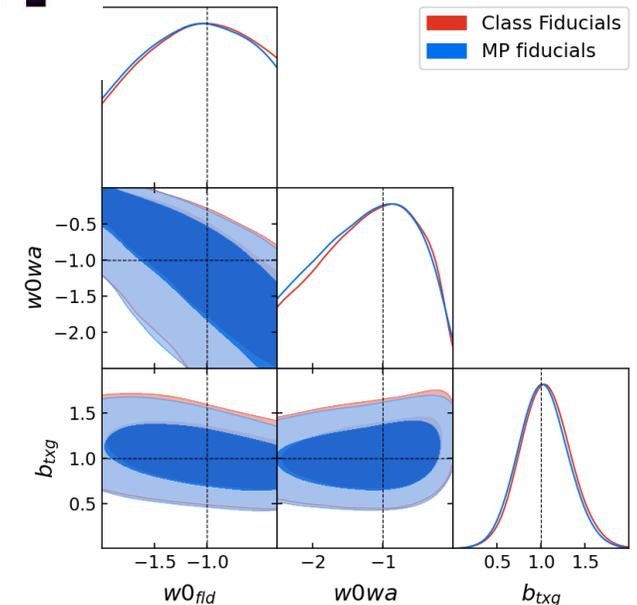
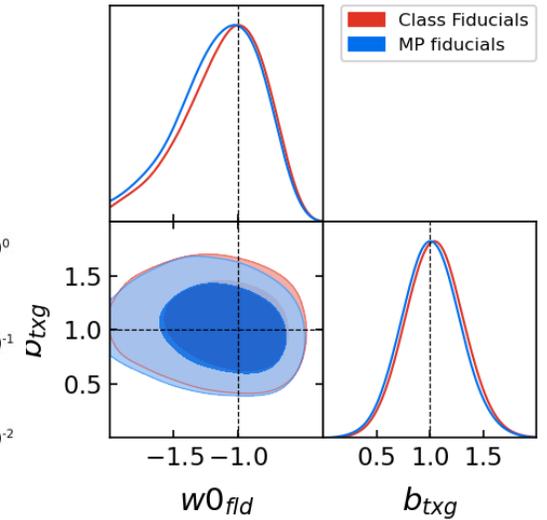
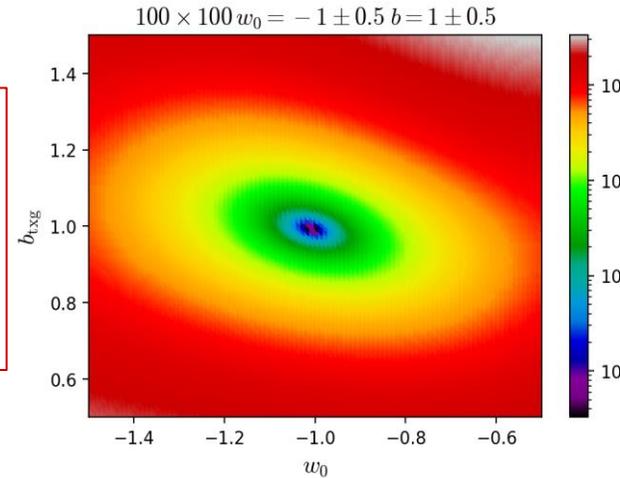
## Validazione Likelihood

**Obiettivo:** verificare che le approssimazioni usate per il calcolo delle predizioni teoriche non inducano bias sulla stima dei parametri cosmologici

**No data yet:** Uso di dati simulati assumendo una certa cosmologia fiduciale e verifica che i parametri ottenuti dall'analisi siano consistenti con quelli usati per creare i dati. (Dati generati sia con lo stesso codice usato per la teoria che con un codice indipendente)

Validazione dell'implementazione completata per  **$\Lambda$ CDM** e le sue estensioni minimali: **dynamical Dark Energy** (Uno dei principali obiettivi di Euclid)

**In corso:** Validazione in modelli estesi, in particolare **Gravità Modificata e Implementazione nel software Likelihood ufficiale di Euclid CLOE: Cosmology Likelihood for Observables in Euclid**





## EUCLID – BOLOGNA – 2023

### 3.0 FTE (TBC)

M. Baldi, F. Finelli, F. Giacomini (CNAF), N. Mauri, L. Patrizzii, G. Sirri (Resp. Locale), M. Spurio, M. Tenti(\*) , A. Tronconi, L. Valenziano (INAF), A. Ferrari (Dottorando 36 ciclo)

(\*) Referente del calcolo di Euclid per la CNSII  
Project Investigator del progetto INF21\_euclid al CINECA.



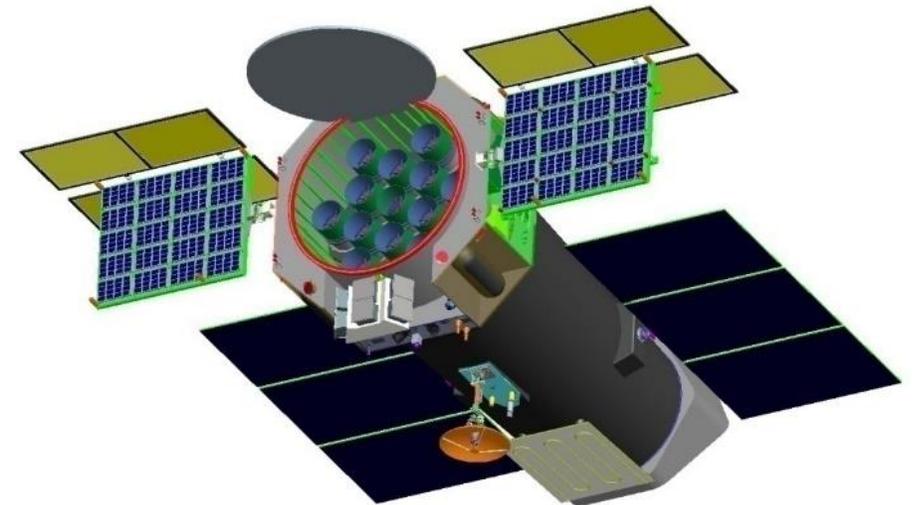
## Marginali richieste ai Servizi

- Manutenzione di ELOG
- Eventualmente pochi giorni di STG (specializzati e già esperti) qualora ESA richiedesse la ripetizione dei test funzionali per la validazione di patch sul SW di volo di NISP.



<https://www.isdc.unige.ch/extp/>

- **XRO** riunisce le attività sulle missioni **IXPE** ed **eXTP**. Responsabili nazionali: L. Baldini (PI) e V. Bonvicini (TS). Strutture partecipanti: TS/UD, PI, TO, RM2, MI, PV, BO, TIFPA per ~25 FTE complessivi.
- La missione sino-europea eXTP è attualmente in **fase B** (review cinese completata a giugno 2022, mission adoption definitiva prevista entro l'anno, partecipazione europea in fase di consolidamento presso ASI/ESA)
- L'attività di **Bologna** coinvolge **eXTP** (responsabile locale G. Baldazzi). L'anagrafica di Bologna è composta da 1.4 FTE complessivi per il 2023
- Richieste finanziarie in CSN2 molto limitate in questa fase.





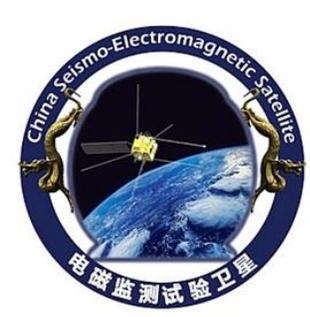
## Attività scientifiche:

- Supporto **sviluppo e test rivelatori** LAD e WFM
- Sviluppo **Detector Assembly** WFM
- **Calibrazioni** LAD e WFM (Detection Plane)
- **Simulazioni** Monte Carlo/Geant4 delle performance scientifiche e del background in orbita.
- Supporto alle simulazioni scientifiche
- Partecipazione ai working group scientifici

Richieste finanziarie (**sezione di Bologna**):

- **Consumo/Inventariabile:** componentistica per test di elettronica e ASIC, produzione PCB, supporto ai test di radiazione per i rivelatori SDD – totale richiesto **5 k€**.
- **Viaggi:** si richiede supporto per riunioni di collaborazione e misure su prototipi – totale richiesto **2.5 k€**.

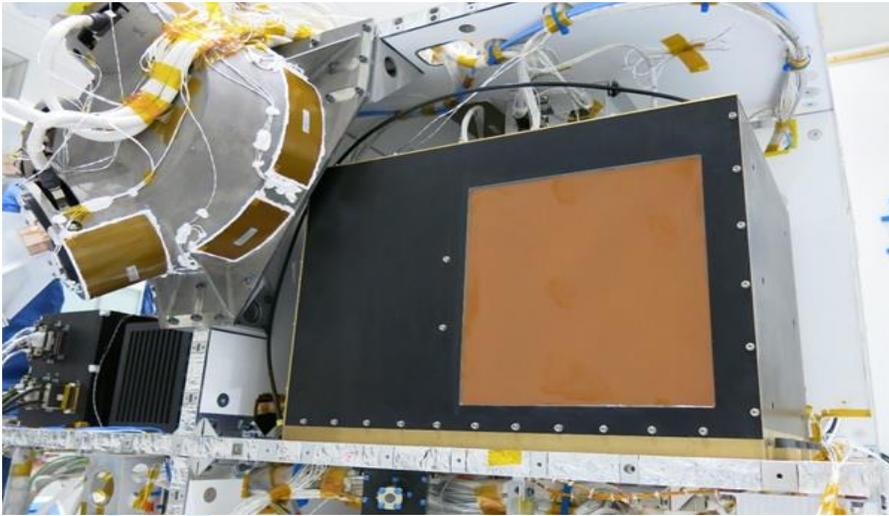
Nome	Contratto	Qualifica	%
Baldazzi Giuseppe	Associato	Ricercatore universitario	30
Campana Riccardo	Associato	Tecnologo	50
Virgilli Enrico	Associato	Ricercatore	50



# Limadou – Analisi dati e programma di lavoro

## Attività 2022

- Analisi dati LIMADOU-1
- Montaggio del modello QM del calorimetro di LIMADOU-2

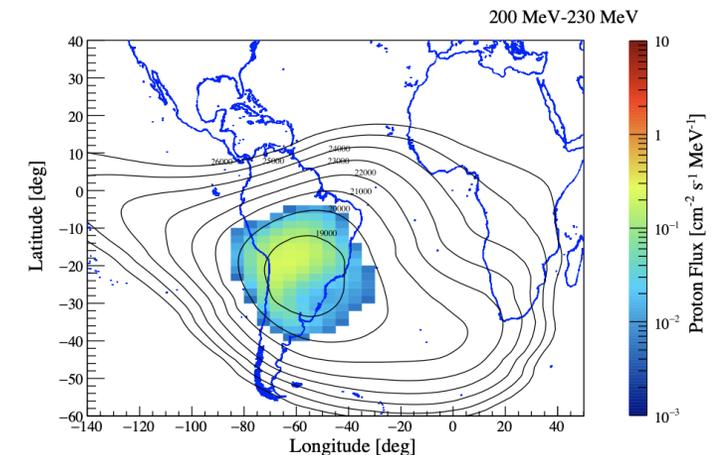
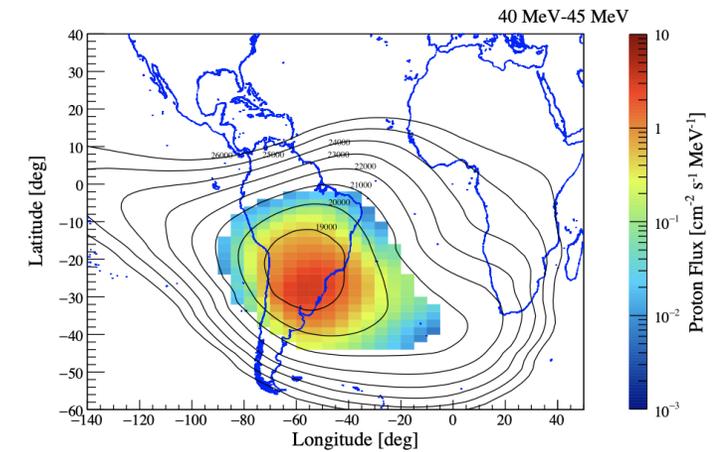


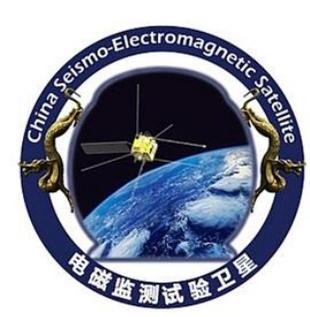
Limadou installato nel satellite CSES

## Papers:

- New results on protons inside the South Atlantic Anomaly, at energies between 40-250 MeV in the period 2018-2020, from the CSES-01 satellite mission, 2022, 105(6), 062001
- Deep learning based event reconstruction for the Limadou High-Energy Particle Detector, 2022, 105(2), 022004

## flusso protoni nella SAA

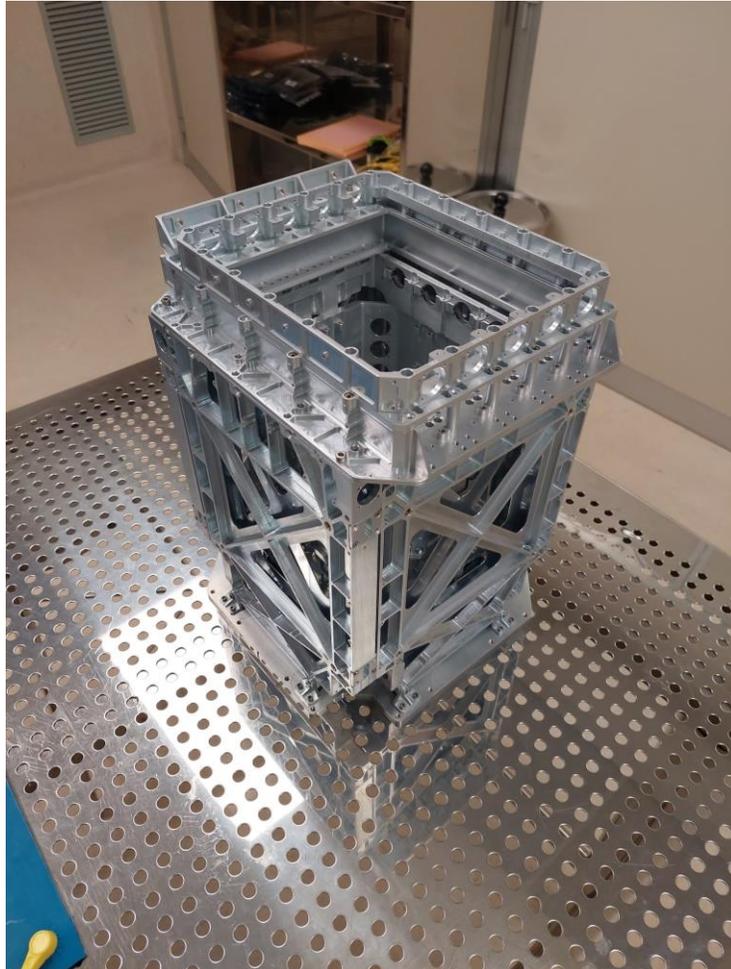




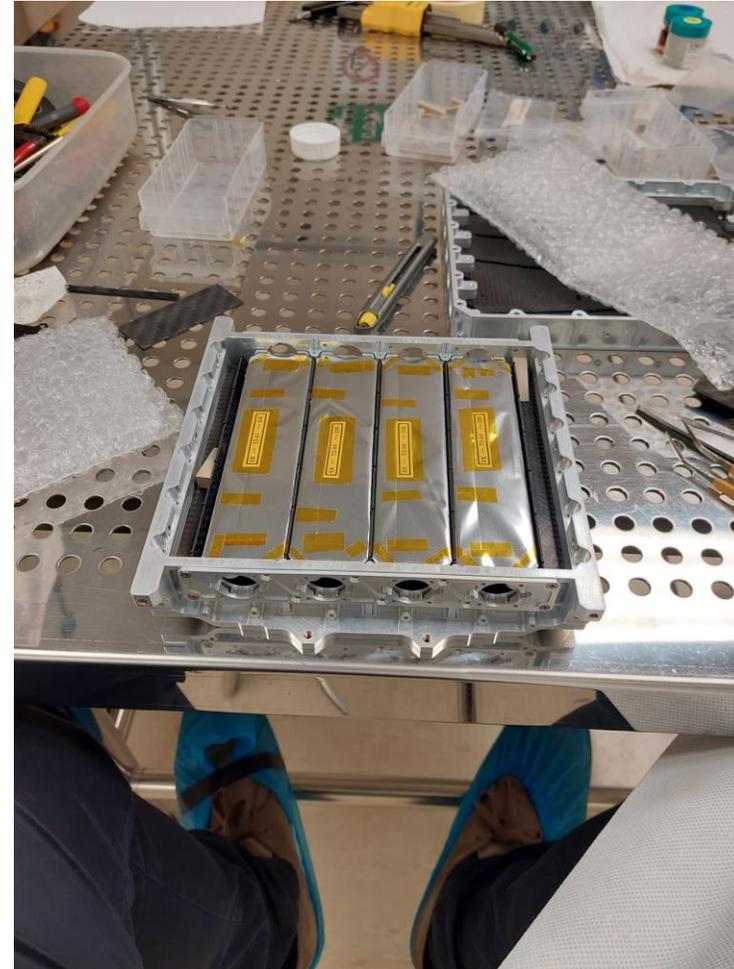
# Limadou 2 – Montaggio QM

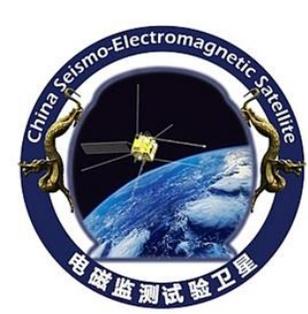
Il montaggio del QM di Limadou-2 è iniziato a fine giugno

Frame



Trigger counters





# Limadou-2 – Anagrafica e richieste in sezione

Ricercatori			
Nome	Contratto	Qualifica	%
<a href="#">Contin Andrea</a>	Associato	Prof. Ordinario	40
<a href="#">Sahnoun Zouleikha</a>		Assegnista	100
Numero Totale Ricercatori	2		FTE: 1.4

FTE: 1.4

## Attività 2023

- Analisi dati LIMADOU-1
- Costruzione del modello FM di LIMADOU-2

Fondi su Dotazioni Gr. 2

## Richieste in Sezione

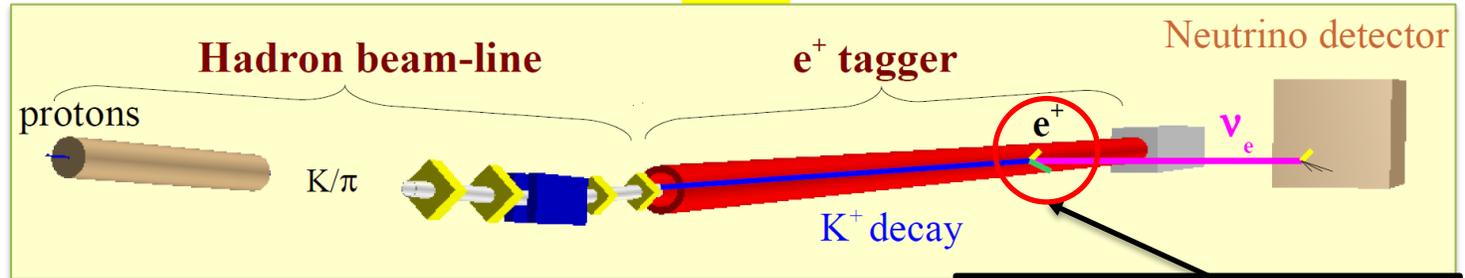
### Progettazione Meccanica

Competenze richieste: Disegnatore  
2 mesi-uomo

### Elettronica

Competenze richieste: Tecnico elettronico  
8 mesi-uomo  
Periodo: 1/1/2023 – 31/12/2023

ERC Grant. 2016 - 2022.



I **positroni** segnano in modo univoco la **generazione** di un **neutrino elettronico**

Sviluppo di una **nuova tecnologia** per un **fascio di neutrini** alla scala del GeV che permetta un **controllo molto preciso** del flusso per misurare all'1% le **sezioni d'urto** di  $\nu_e$  and  $\nu_\mu$  (+ sterili, non-standard-interaction, ...)



Dimostratore a Legnaro

Il 2022 è l'anno della realizzazione del dimostratore (obiettivo principale di ENUBET) una frazione (circa 3 m) del tunnel instrumentato come tagger dei positroni nelle condizioni di un vero tunnel di decadimento. → **test su fascio ottobre 2022**

## Attività di Bologna

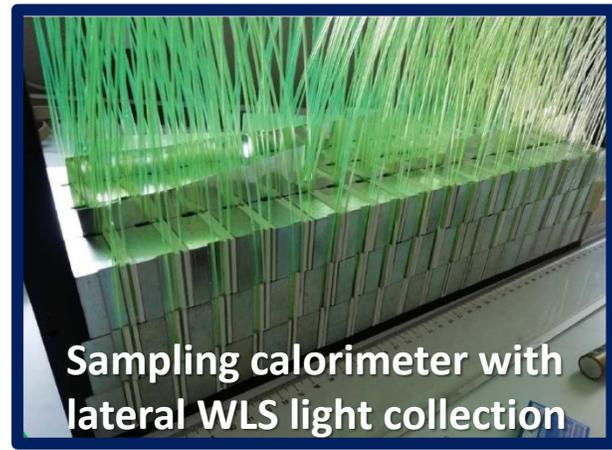
Responsabilità BOLOGNA

- Coordinamento WP2-Calorimetro (M.Pozzato)
- Coordinamento WP4-PhotonVeto (G.Sirri)

Validazione di elementi del dimostratore

(**SiPM** per il photon veto)

Simulazione della raccolta di luce



Sampling calorimeter with lateral WLS light collection

Ruolo primario di **Bologna** nella costruzione e assemblaggio dei prototipi



## ENUBET – BOLOGNA – 2023

L'ERC si conclude a ottobre 2022.

Proposta per proseguire in CSN2 ([ENUBET\\_2](#)) per altri 2 anni

- **Programma di misura complementari in laboratorio a Bologna (esposizione a CR sotto il tracker di Nessie)**
- **Partecipazione al commissioning del dimostratore e alla preparazione dei Test su fascio.**

### **Persone : 0.9 FTE (TBC)**

L. Pasqualini, L.Patrizii, M. Pozzato, G. Sirri, M. Tenti, N. Mauri

### **Richieste**

Servizio	M.U	Periodo
Elettronica	2	Supporto a test in laboratorio.
Officina Meccanica	0	
S.T.G.	0	



# CUORE

Cryogenic Underground Observatory for Rare Events



largest bolometric detector ever built

- 988 bolometers ( TeO<sub>2</sub> crystals operating at 11 milliKelvin )
- 1 tonne detector mass: 330 kg Cu + 742 kg TeO<sub>2</sub> 206 kg of <sup>130</sup>Te)

the design of the CUORE cryostat had to satisfy very tight requirements

- large experimental volume for detector + shielding of 1m<sup>3</sup>
- base temperature for optimal operation of NTDs, i. e. down to 10mK
- low radioactive background from the cryogenic apparatus,
- high system reliability to guarantee long-term operation

Primary focus of the CUORE experiment is the search for the hypothetical neutrinoless double beta decay ( $0\nu\beta\beta$ ) process in <sup>130</sup>Te.

On top of the <sup>130</sup>Te  $0\nu\beta\beta$  decay search several other analysis are ongoing, like :

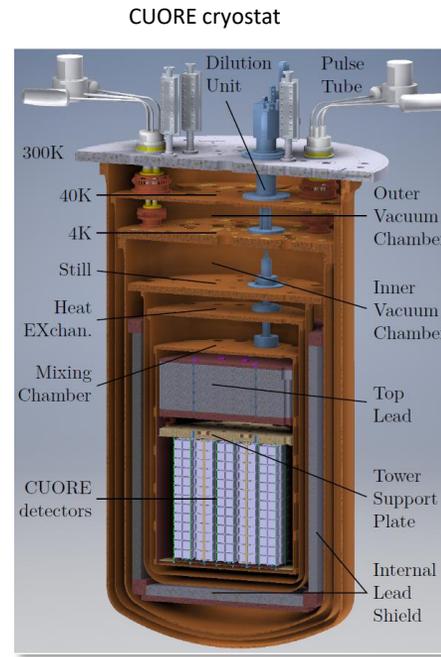
- <sup>130</sup>Te  $2\nu\beta\beta$  decay
- <sup>120</sup>Te  $0\nu\beta+EC$  decay
- <sup>128</sup>Te  $0\nu\beta\beta$  decay
- <sup>130</sup>Te  $\beta\beta$  decay to excited states

WIMP, axions, supernova neutrinos and dark matter

Total exposure: 1038.4 kg yr TeO<sub>2</sub>, 288 kg yr <sup>130</sup>Te

Energy resolution at Q<sub>ββ</sub> = 7.8 keV FWHM

Region of interest background index = 1.49 10<sup>-2</sup> c/(keV·kg·yr)



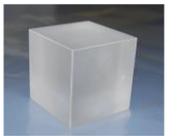
two internal lead shields made from ancient Roman lead  
→ <sup>210</sup>Pb activity < 4 mBq kg<sup>-1</sup>



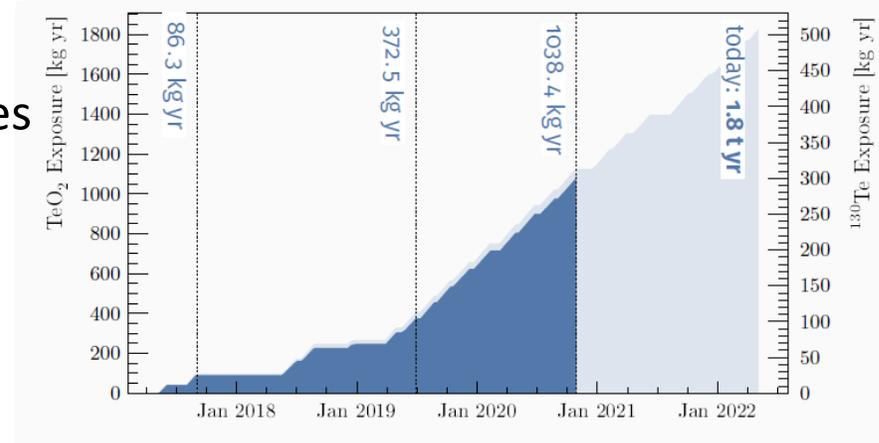
lead ingots from I century BCE



19 towers 13 floors 4 crystals = 988 bolometric crystals



CUORE crystal 5 x 5 x 5 mm

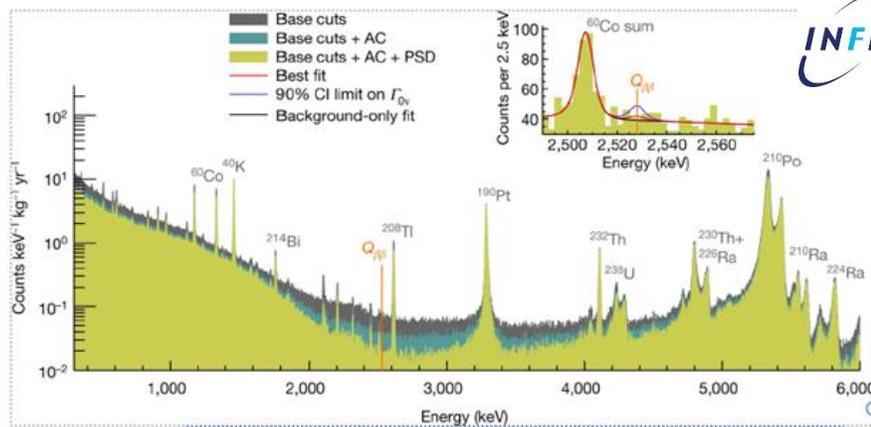




### Physics results :

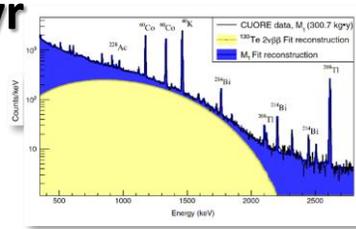
- half-life limit for  $0\nu\beta\beta$  in  $^{130}\text{Te}$   $^{130}\text{T}_{0\nu}^{1/2} > 2.2 \cdot 10^{25} \text{ yr}$   $m_{\beta\beta} < 90 - 305 \text{ meV}$   
 @ 90%C.I.

Alduino C. et al., Phys. Rev. Lett. 124, 122501, (2020)



- half-life for  $2\nu\beta\beta$  in  $^{130}\text{Te}$   $^{130}\text{T}_{2\nu}^{1/2} = [ 7.71^{+0.08}_{-0.06} \text{ (stat)} \ ^{+0.12}_{-0.15} \text{ (syst)} ] \cdot 10^{20} \text{ yr}$

Adams D. et al., Phys. Rev. Lett. 126, 171801 (2021)



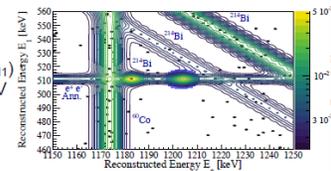
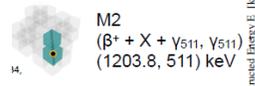
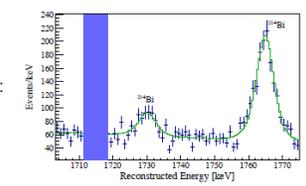
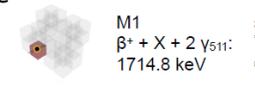
- half-life limits for  $^{130}\text{Te}$   $\beta\beta$  decay to first  $0+$  excited state of  $^{130}\text{Xe}$   
 $^{130}\text{T}_{0\nu 0^+}^{1/2} > 5.9 \times 10^{24} \text{ yr}$   
 $^{130}\text{T}_{2\nu 0^+}^{1/2} > 1.3 \times 10^{24} \text{ yr}$   
 @ 90% C.I.

Adams D. et al., Eur. Phys. J. C (2021) 81:567

exposure: 372.5 kg-yr  $\text{TeO}_2$ , 103.6 kg-yr  $^{130}\text{Te}$

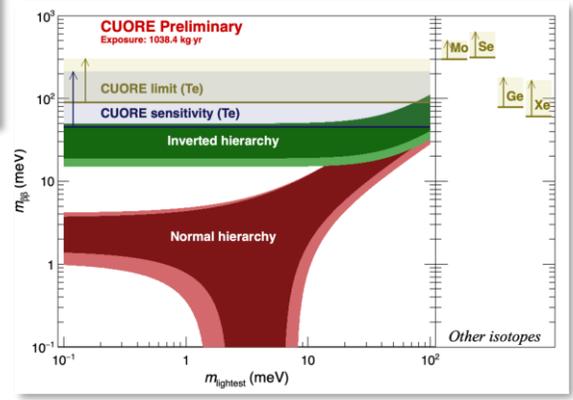
- half-life limit for  $^{120}\text{Te}$   $0\nu\beta+\text{EC}$  decay  $^{120}\text{T}_{0\nu}^{1/2} (^{120}\text{Te}) > 2.9 \times 10^{22} \text{ yr}$   
 @ 90%C.I.

Adams D. et al. (CUORE collaboration), arXiv:2203.08684



- half-life limit for  $^{128}\text{Te}$   $0\nu\beta\beta$  decay  $^{128}\text{T}_{0\nu}^{1/2} (^{128}\text{Te}) > 3.6 \times 10^{24} \text{ yr}$   
 @ 90%C.I.

Adams D. et al. (CUORE collaboration), arXiv:2205.03132,



Adams D. et al. , *Nature* 604 (2022) 7904, 53-58

Adams D. et al. , *Prog. Part.Nucl.Phys.* 122 (2022) 103902

In parallel, several analyses are ongoing to study the CUORE detectors response and understand the noise contributions:

- model of the CUORE detectors thermal response, background model, denoising
- study of environmental and anthropic vibrational sources and correlation with detectors noise ← ideata e sviluppata a Bologna



CUORE: first ton-scale DBD experiment at 10 mK  
No particle ID



**CUPID** : upgrade of the CUORE experiment, to search for neutrinoless double beta ( $0\nu\beta\beta$ ) decay with  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$  scintillating crystals enriched in  $^{100}\text{Mo}$ .

### Attività previste per il 2023

- Partecipazione alla campagna di acquisizione dati in corso
- Analisi del background: studi di correlazione sismometri e rumore vibrazionale a bassa energia
- Monitor dei devices e dei servizi ( F. Del Corso )
- Sistema di backup azoto in Permanent\_Storage\_Area e sistema di movimentazione degli schermi criogenici ( M. Lolli, A. Chiarini, C. Guandalni )

### Attività previste per il 2023 all'IMM Bologna e IMEM Parma

- Aumento sensibilità e miglioramento del tempo di risposta dei termistori (NTD) di Cupid
- Impianto  $^{11}\text{Boro}$  su Germanio
  - R&D impianto  $^{10}\text{Boro}$
  - Test stress a freddo nuovi NTD

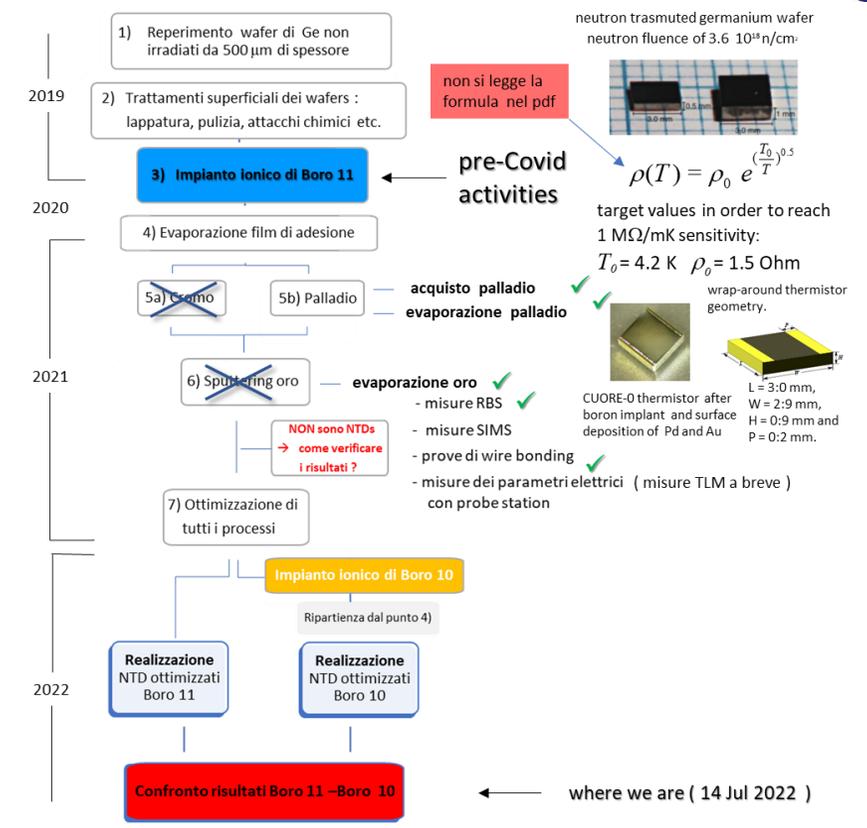
**CUORE\_CUPID totale FTE 2023 [ ric. (2.1) + tecnologi (0.1) ] : 2.20**

Giacomo Bari .....	100%	Manuele Bettelli ....	15%	IMEM (CNR di Parma)
Francesca Del Corso ....	30%	Virginia Boldrini ....	25%	IMM (CNR Bologna)
Stefano Zucchelli .....	0%	Fulvio Mancarella ...	25%	IMM (CNR Bologna)
Marco Guerzoni .....	10%	Rita Rizzoli .....	15%	IMM (CNR Bologna)

( F. Del Corso : dottoranda UniBo )

Servizio	Attività/competenze	CUORE (m.u.)	Intervallo temporale
<b>Elettronica</b>	Manutenzione sistema di controllo livello N2	0.50	Durante l'anno
<b>Progett. Meccanica</b>	1) Fascicolo tecnico sistema di sollevamento dei vessel. 2) Progettazione supporti per irraggiamento NTD.	0.25	1) Se richiesto 2) Durante l'anno
<b>Officina Meccanica</b>	Collaborazione in operazioni criostato. Realizzazione supporti NTD	0.25	Durante l'anno
<b>STG</b>	1) Installazione e manutenzione backup azoto in PSA e argani Cuore 2) Installazione supporti per irraggiamento NTD.	1.00	1) Occasionale 2) Durante l'anno
<b>Calcolo e Reti</b>	Gestione rete interna esperimento	1.50	Tutto l'anno

### CUPID Bologna – ATTIVITÀ DI IMM BOLOGNA



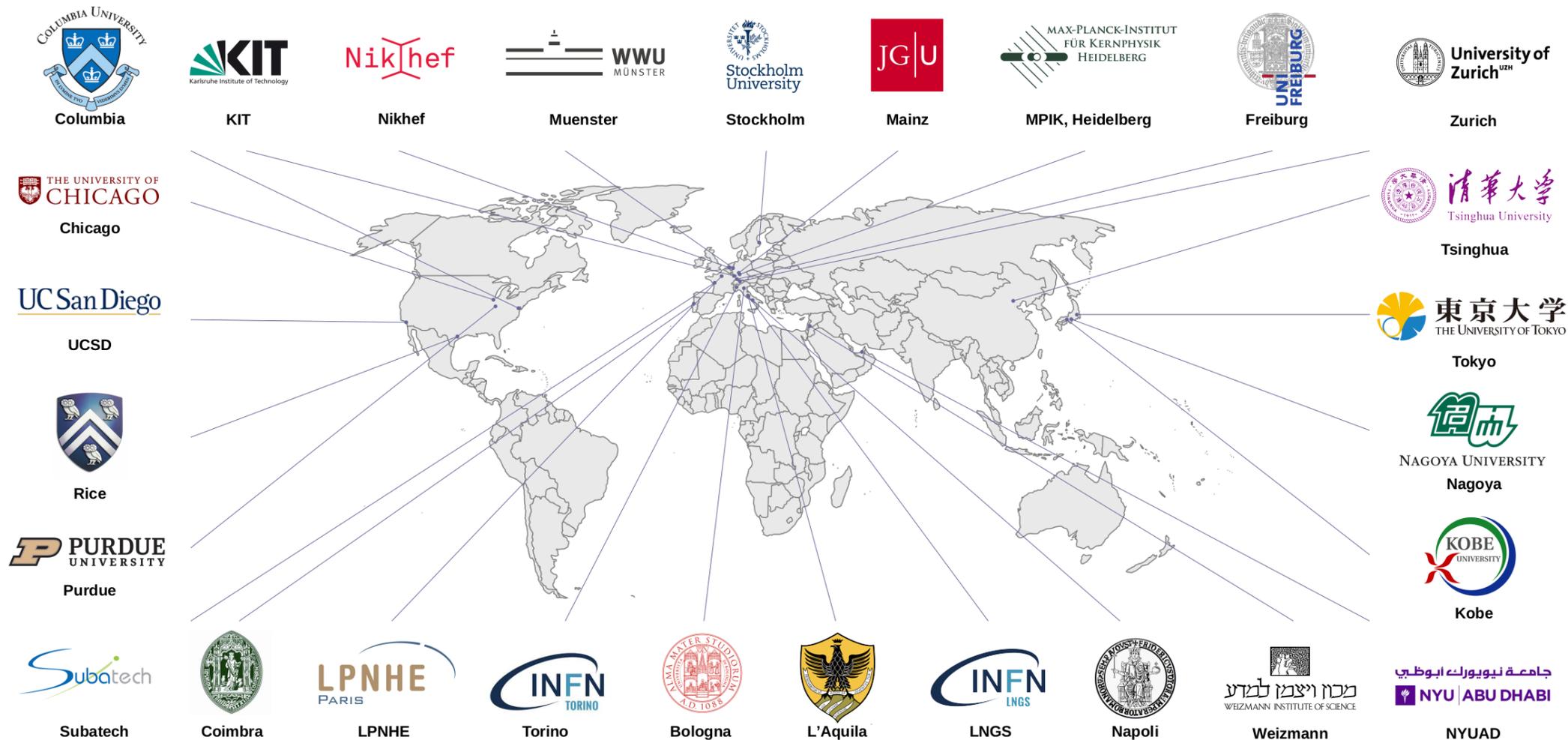
siamo in attesa dei risultati delle misure bolometriche attualmente in corso di svolgimento a Milano Bicocca

# Il Progetto XENON @LNGS

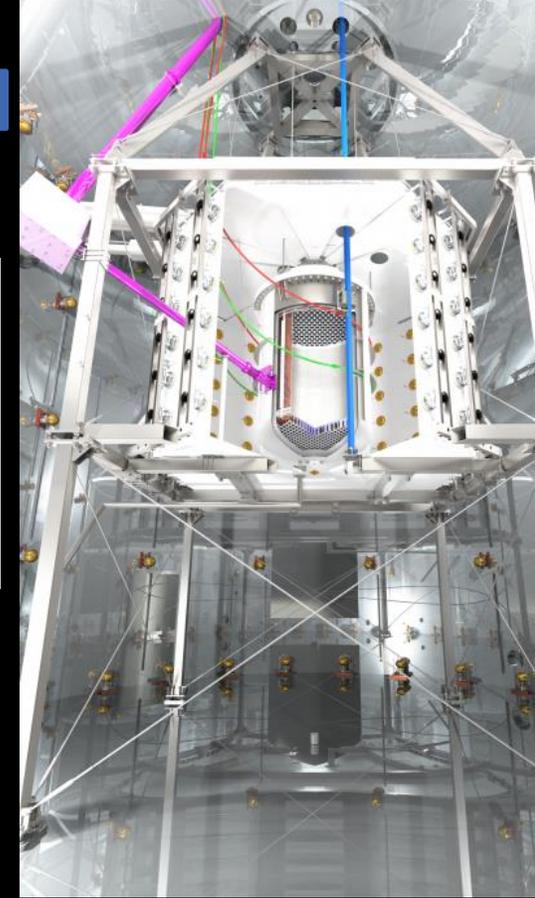


L. Bellagamba, G. Bruni, F. Casadei, P. Di Gangi, A. Mancuso, G. Sartorelli, M. Selvi, F. Semeria

~ 170 scienziati - 27 Istituzioni / 11 Nazioni

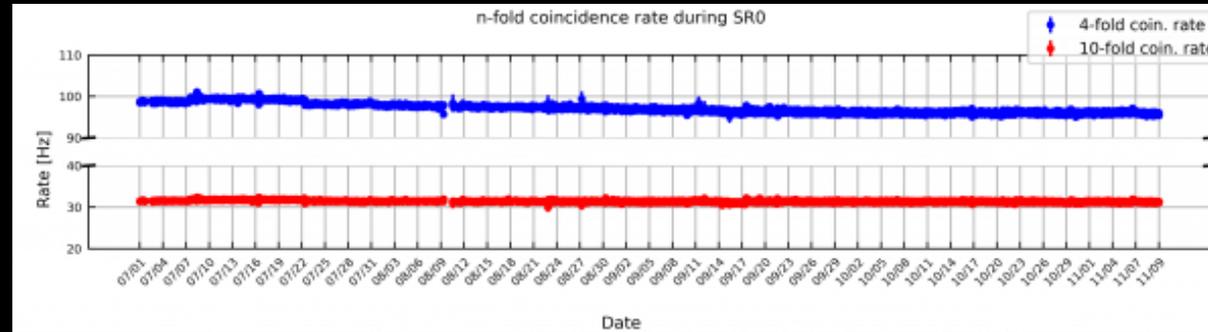


# Attività Svolta 2021/22 - XENONnT



Commissioning dell'esperimento concluso nella prima metà del 2021

- Presa dati *Science Run 0 (SR0)*
- Analisi Dati e preparazione alla pubblicazione dei risultati



Stabilità e qualità della presa dati del Neutron Veto durante il SR0

- Calibrazione del Neutron Veto e dei PMT
- Presa dati durante il Science Run
- Analisi: Studio del Background del Neutron Veto e qualità dei dati acquisiti
- Installazione e Commissioning Sistema di purificazione del Gadolinio

## Pubblicazioni (da Giugno 2021)

- "Application and modeling of an online distillation method to reduce krypton and argon in XENON1T", Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2022, Issue 5, May 2022, <https://arxiv.org/abs/2112.12231>
- "Double-Weak Decays of  $^{124}\text{Xe}$  and  $^{136}\text{Xe}$  in the XENON1T and XENONnT Experiments", <https://arxiv.org/abs/2205.04158>
- "Emission of single and few electrons in XENON1T and limits on light dark matter", Rev. D 106, 022001, <https://arxiv.org/abs/2112.12116>



Impianto di purificazione Gd+Acqua, attualmente in fase di test ai LNGS

# Attività Prevista 2023- XENONnT

- Continuazione presa dati
- Analisi dati
- Calibrazioni nVeto
- Completamento impianto Gd

## Persone e richieste Servizi Sezione

- L. Bellagamba
- G. Bruni
- F. Casadei
- P. Di Gangi
- A. Mancuso
- G. Sartorelli - PI
- M. Selvi – [Responsabile Nazionale, nVeto WG co-coordinator, Editorial Board Member, Public Relation Group member](#)
- F. Semeria



**FTE per 2022 4.8 (Ric.)+0.5 (Tecn.)**

Servizio	Attività/competenze	FTE(m.u.)	Intervallo temporale
STG	Supporto per attività ai LNGS per XENONnT	2	Gennaio-Giugno 2023

# darkside

two-phase argon TPC for Dark Matter Direct Detection

## Attività 2021-2022

- Studio delle componenti di un sistema di trasmissione ottica dei segnali, **Opto-Link**
- Assemblaggio e test a freddo della PDU-Slim con ASIC a Napoli
- Partecipazione/organizzazione eventi di Outreach (Dark matter day, Masterclass, Demetra-Mostra interattiva)

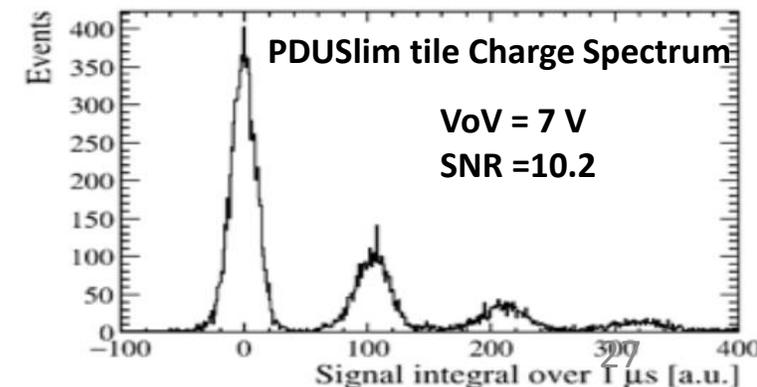
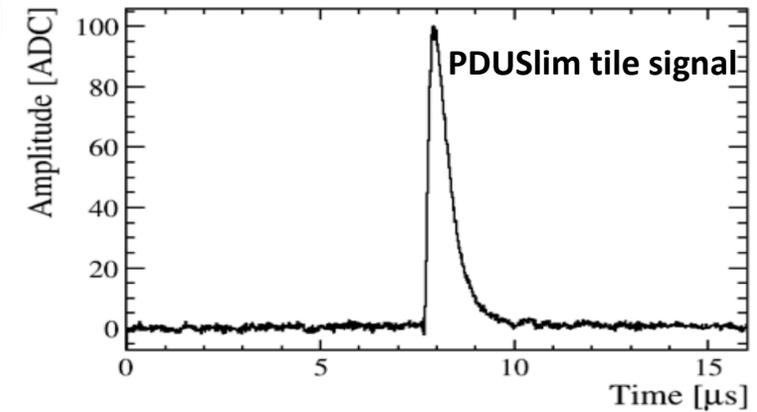
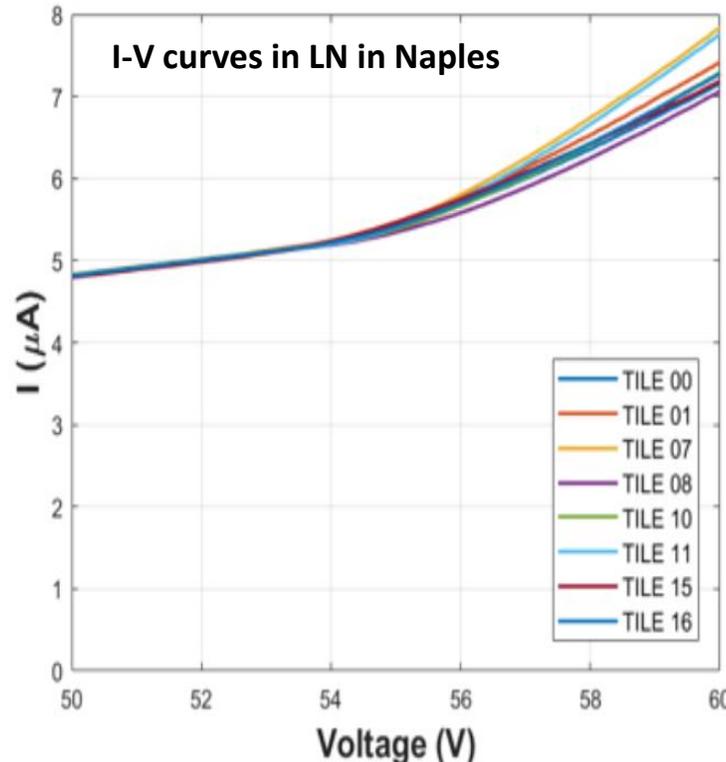
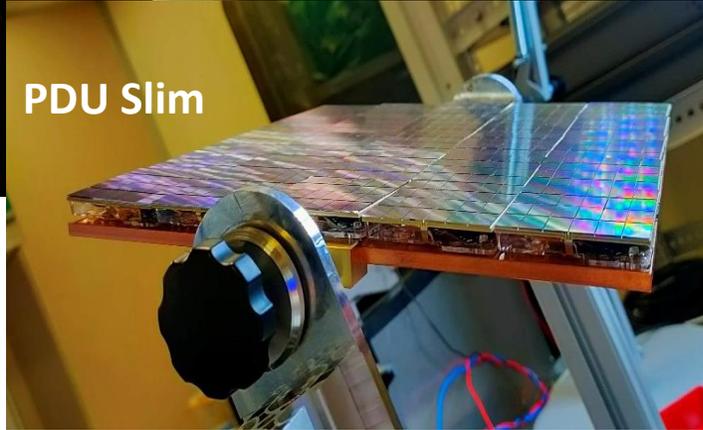
## Attività dei Servizi di Sezione 2021-2022

- **Lab.Ele** Supporto alla realizzazione e test di transmitter digitale per PDU-Slim (M.Z., I.L.)
- **Off. Mecc.** Supporto alla realizzazione di component per test Opto-link e per test della PDU-Slim
- **STG.** Supporto in assemblaggi e test (D. Cavazza, A. Flammini) e produzione di massa a NOA (Flammini)

## Attività prevista per il 2022-2023

- Design finale dell'**Opto-Link (PRIN)**
- Partecipazione alla produzione di massa dei fotorivelatori a LNGS
- Partecipazione/organizzazione eventi di Outreach (Dark Matter day, Masterclass, Demetra-Mostra interattiva)

PDU Slim



**Anagrafica 2023 (1.8 FTE):**

L. Cifarelli (PO), M. Garbini (AS), M. Guerzoni (PT), R. Nania (DR), L. Rignanese(AS), E. Scapparone (DR), G. Scioli (PA), A. Zichichi (PE).

**Richieste ai Servizi di Sezione per il 2023**

Servizio	Attività/competenze	FTE (m.u.)	Intervallo temporale
Elettronica	-	0	-
Progett. Meccanica	-	0	-
Officina Meccanica	-	0	-
STG	Produzione di massa a LNGS	10	Gennaio-Dicembre
Calcolo e Reti		0	-
Amministrazione		0	-



# KM3 = ANTARES + KM3NET

## Telescopi di neutrini nel Mar Mediterraneo

- Identificazione di neutrini di alta energia diffusi o da sorgenti
- Ricerca indiretta di Dark Matter
- Studi su oscillazioni di neutrini e gerarchia di massa
- Core Collapse Super Novae
- Scienze marine



# ANTARES

Dopo 16 anni di presa dati ANTARES è stato spento e smontato

Fantastica avventura, ricca di sfide scientifiche e tecnologiche  
 Esperienza essenziale per la costruzione di KM3NeT  
 Contributo bolognese importante su analisi dati e Quality Management  
 Numerosi articoli hanno corr\_authors bolognesi

M. Spurio: Deputy Spokesperson  
 A. Margiotta: Institute Board's Chair  
 T. Chiarusi: Membro dell'IB  
 G. Illuminati: convener WG Astrofisica

Deployment linea 1  
2006



Recupero linea 1 - 2022

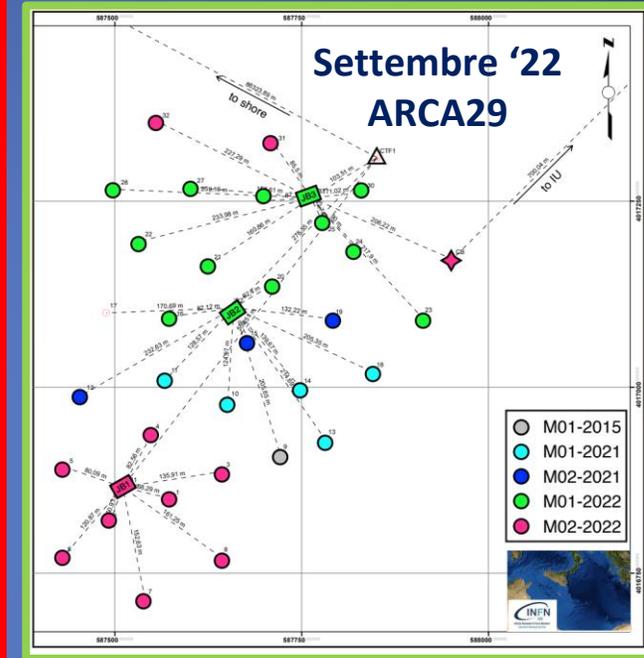
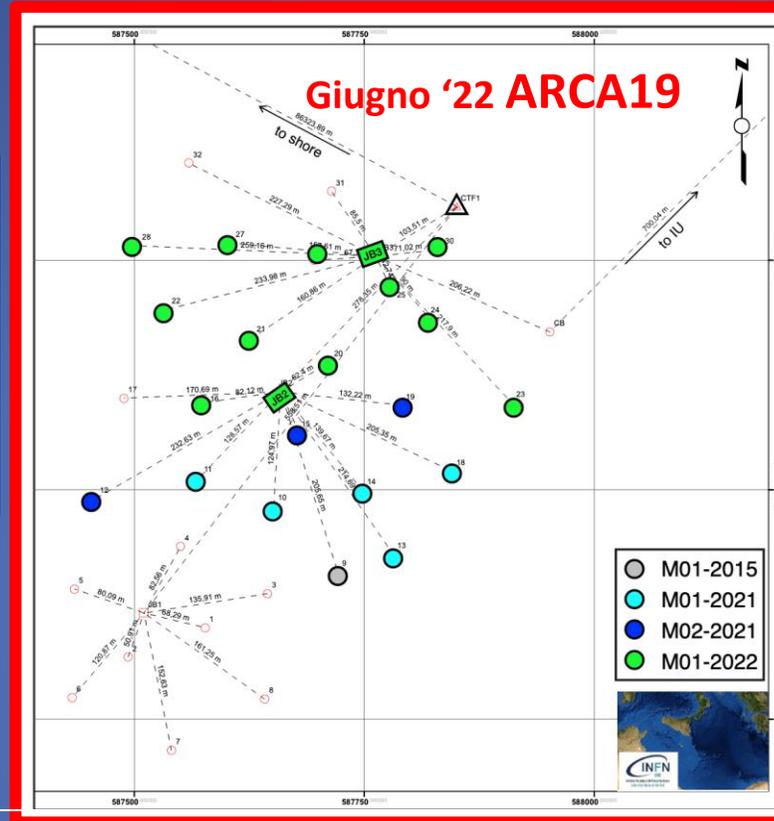
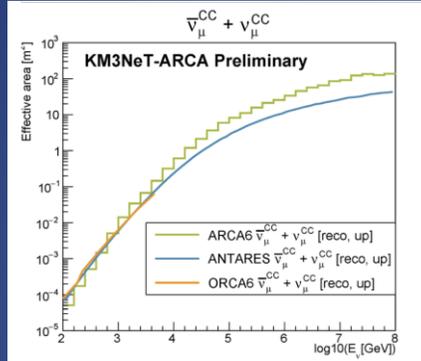


ANTARES smontato



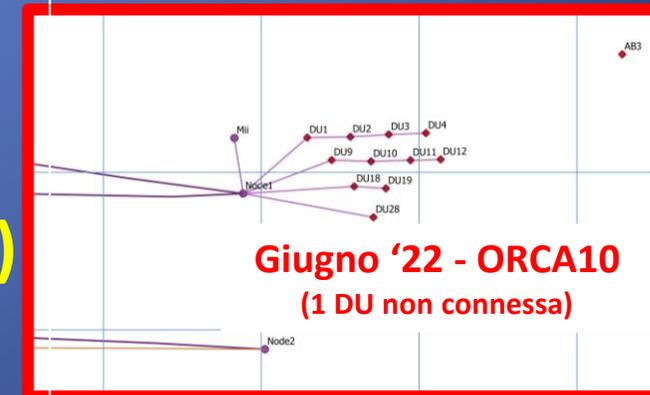


ARCA6 (Aprile '21  
area eff. > ANTARES



**KM3NeT/ARCA + PNRR =  
KM3NeT4RR**

**~ 67 Meuro = completamento del  
Building Block 1 (115 stringhe =  $0.5 \text{ km}^3$ )  
+ 15 stringhe del BB 2**





# KM3 a Bologna



## Attività di KM3NeT

- T. Chiarusi - Coordinamento DAQ
- G. Illuminati - Coordinatrice WG Astrophysics
- G. Levi - Gestione software KM3DIA (Integrazione)
- A. Margiotta - Chairperson del Publication Comm.
- C. Valieri - Local Quality Supervisor



Progettazione, realizzazione e test elettronica - G. Pellegrini

Integrazione/test moduli di base stringa  
G. Pellegrini, C. Valieri, A. Margiotta



Bologna Common Infrastructure (BCI) test DAQ per Phase 1 e Phase 2. F. Benfenati, T. Chiarusi, F. Filippini - significativi contributi da CNAF, CCL, LabEle

Progetto M2TECH - sotto valutazione progetto in sinergia tra KM3NeT e ET



Software gestione siti di integrazione (KM3DIA) - G. Levi

Collaborazione con il Dipartimento di Ing. dell'Energia Elettrica e dell'Informazione per sviluppo di modelli matematici per la forma della stringa sotto l'azione della corrente. - P. Castaldi

Borsa di studio presso i LNS per studi sul posizionamento acustico

S. Delle Fabbriche (neolaureato di Ingegneria) Analisi dati e studi MonteCarlo

**FONDI PNRR (~500 kE) per upgrade BCI e Lab. integrazione Base Modules e nuova attività su Laboratorio BLU**

### NUOVA ATTIVITA' - FONDI PNRR

Creazione di una Common Infrastructure BLU per la simulazione della Linea di Strumentazione Ambientale - F. Benfenati, T. Chiarusi - PhD PON - collaborazione con aziende del territorio

**Completamento analisi dati ANTARES**



# KM3 a Bologna



F. Benfenati - dottorando

P. Castaldi (Dip. Ing. Energia Elettrica e Informazione - UniBO) - PA

T. Chiarusi – **DAQ Coordinator KM3NeT** - primo ric. INFN

contributi CNAF

~ 7 FTE

F. Filippini – dottorando

G. Illuminati – RTDa - **Coordinatrice WG Astrophysics**

G. Levi - RU

A. Margiotta - PA - **Chairperson ANTARES IB;**

- **Chairperson Publication Committee KM3NeT**

N. Pinardi (oceanografia) - PO

M. Spurio – PA **Deputy Spokesperson ANTARES**

da PNRR: 1 Tecnologo e 1 Cter a t.d.

**RICHIESTE ALLA SEZIONE**

Servizio	Attività/competenze	FTE (m. u.)	Intervallo temporale
<b>Elettronica</b>	Integrazione e test moduli base (componenti elettronici) Supporto BCI e Lab. BLU	10	distribuito su tutto l'anno
<b>Officina Meccanica</b>	Possibili richieste saltuarie	1	distribuito su tutto l'anno
<b>STG</b>	Integrazione moduli base (componenti ottici)	10	distribuito su tutto l'anno
<b>Calcolo e Reti</b>	Supporto DAQ	6	distribuito su tutto l'anno

## Bo in SBN/ICARUS

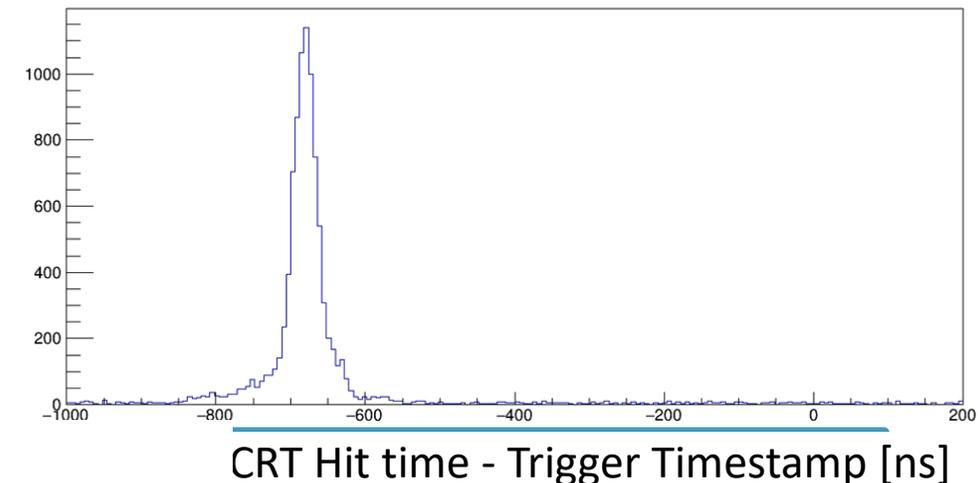
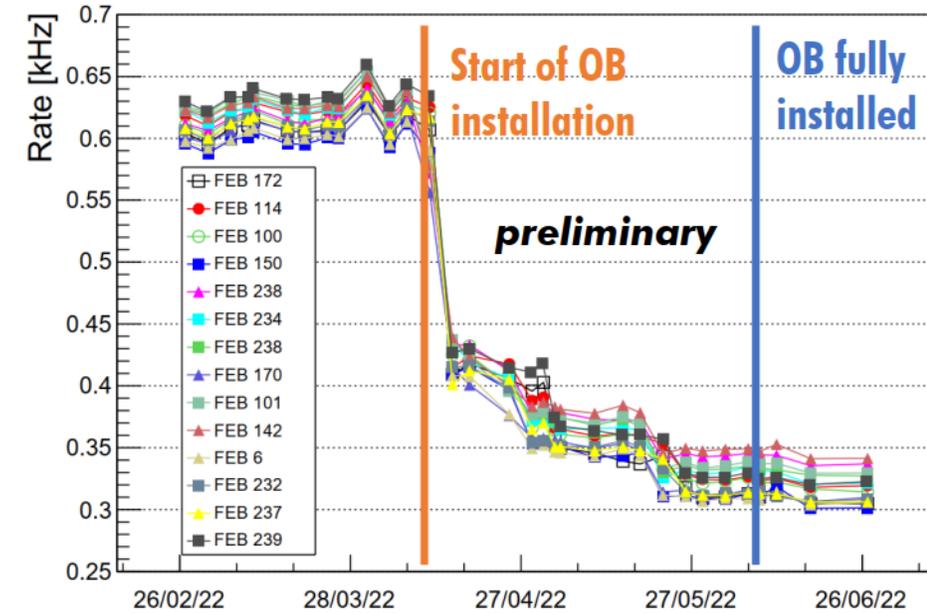
### Local Core Team

S. Bertolucci, L. Degli Esposti, D. Di Ferdinando, M. Guerzoni, G.Ingratta, N.Mauri, N. Moggi, E. Montagna, A. Montanari, L.Pasqualini, L.Patrizii, V. Pia, F.Poppi, G. Sirri, M. Tenti, V. Togo, S.Zucchelli

### Activities

- Installation and commissioning of the top Cosmic Ray Tagger (CRT)
- Timing calibration
- Data Analysis (real and simulated data)
- Visual TPC Event Scanning Campaign (tuning reco algo)
- CRT to TPC Matching
- Slow Control system (PMTs and CRTs)
- Data Production and Management
- Remote Online shifts (> 12% of ICARUS shift load)
- Shift support : DAQ (L. Pasqualini), PMT (N. Moggi)
- Run Coordination (V.Pia, F. Poppi)

**October 2022- Start of ICARUS Run 2 on Booster and NuMI beams**

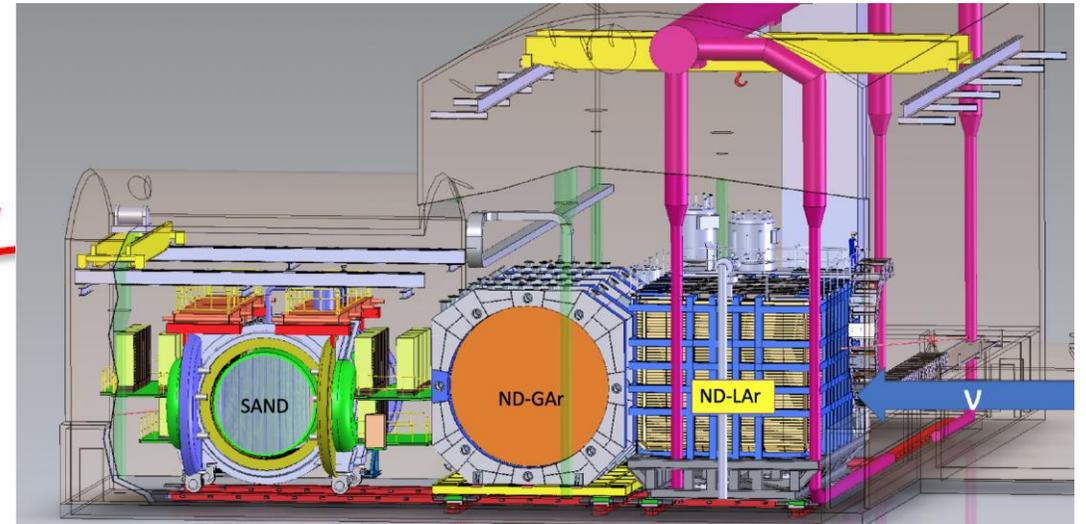
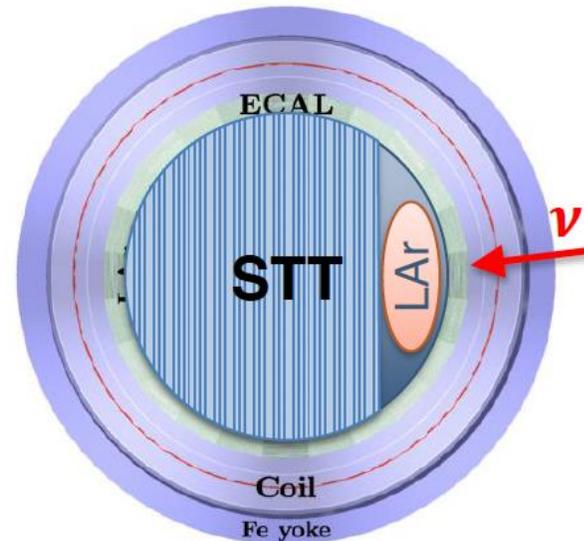


**New schedule** : End of 2030/ Q1 2031 Start of data taking with the neutrino beam  
**Q1 2028** : Beneficial occupancy of Near Detector Hall → SAND installation

## NEAR DETECTOR COMPLEX

### SAND:

- KLOE Superconducting magnet
- KLOE ECAL
- Straw Tube Target Tracker
- LAr Active Target (GRAIN)



## Bo in SAND in 2022/2023

KLOE ECAL and Magnet Disassembling at LNF

Straw Tube Target Tracker (STT) : Design and Prototyping

GRAIN Design and Prototyping

Simulations and MC Data analysis for detector design optimization

- **GRAIN** : *A. Montanari : Co-Convener of the GRAIN WG*

**Local Core Team** : S. Bertolucci , V. Cicero, A. Gabrielli , M. Guerzoni , C. Guandalini, G. Ingratta, G. Laurenti, I. Lax, N. Mauri, A. Montanari, A. Paladino, L. Patrizii, V. Pia, G. Piazza, M. Pozzato, A. Ruggeri, N. Tosi

- Mechanics of the Cryostat
- Detectors and Optics for VUV Scintillation Light
- 3D Event Reconstruction with Coded Aperture Masks
- Cryogenics Readout Electronics and Detector Demonstrator
- Tests at room and LN2 temperatures

- **Straw Tube Target Tracker** : *G. Sirri: Co-Convener of the STT WG*

**Local Core Team** : S. Bertolucci, A. Cervelli, M. Guerzoni, C. Guandalini, L. Patrizii, G. Piazza, S. Serra, G. Sirri, M. Tenti

- Design of STT module frame and of the Assembly Tools
- Small Scale (120 cm x 80 cm) Prototype
- Full Scale Prototype (4 m x 4 m)

- **Simulation and MC Data Analysis** : *M. Tenti : Co-Convener of the Simulation and Analysis WG*

**Local Core Team** : G. Ingratta, F. Poppi, M. Pozzato, G. Sirri, M. Tenti

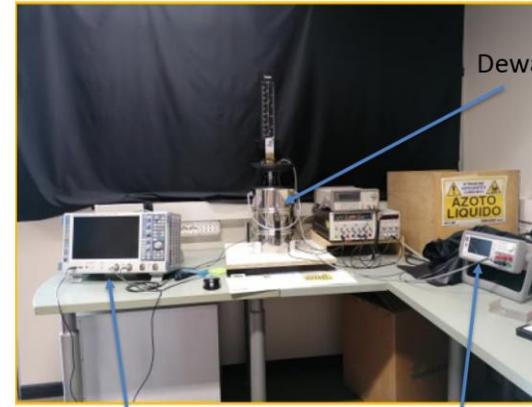
- SAND performances and of GRAIN physics case
- Stopping power of the GRAIN cryostat
- SAND full event reconstruction

Computing resources @CNAF : 2022- 3000 HS; 510 TB (Disk); 35 TB (Tape)  
2023- + 375 TB Tape

## A. Montanari: Co-Convener of the PhotonDetectionSystem WG

**Local Core Team** D. Di Ferdinando, I. Lax, N. Moggi, E. Montagna, A. Montanari, A. Paladino, L. Patrizii, M. Pozzato, N. Tosi, S. Zucchelli

- 2021 Downselection of Hamamatsu and FBK SiPMs:
  - full characterization of prototypes in LN2
  - Bologna test station reference for the other labs
- 2022/2023 Mass Test of  $\sim 3 \cdot 10^5$  SiPM (HKH/FBK)
  - System designed by Bologna + Ferrara
  - Thermal cycle and measurements of 120 in parallel SiPMs
  - System Cloned in other DUNE Labs



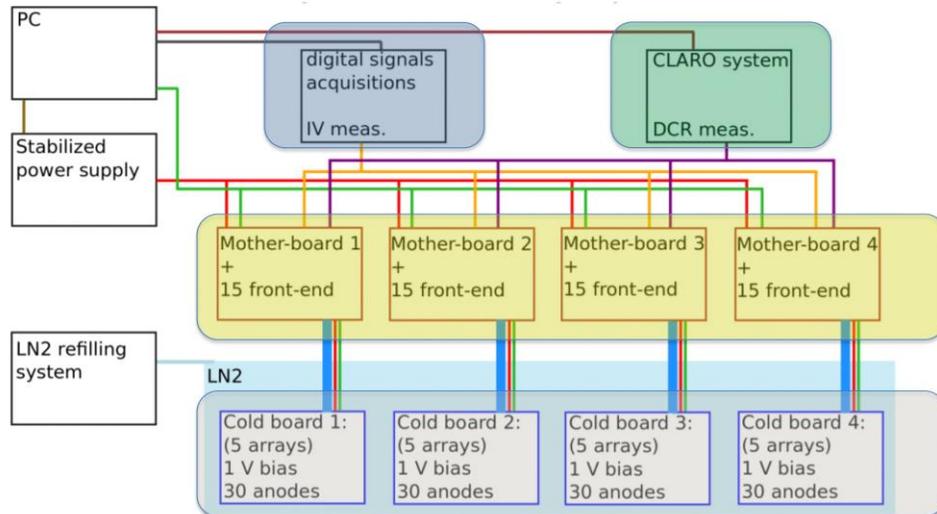
Scope Rhode&Schwarz RTO 2024



Amplifier by Bologna Electronic workshop (Ignazio Lax)

Dewar (6 L)

Source meter Keysight B2901A



## Mass Test System Components



Bo Cryogenic Lab

Sezioni : BO, FE, GE, LE, LNF, LNS, MI, MIB, NA, PD, PI, RM1, RM Tor Vergata

## Gruppo Locale in 2023 : > 13 FTE (Fisici+ Tecnologi)

S. Bertolucci (RN), A. Cervelli, V. Cicero, L. Degli Esposti, D. Di Ferdinando, A. Gabrielli , M. Guerzoni , C. Guandalini, G. Ingratta, G.Laurenti, I.Lax, M. Lolli, A. Margotti, N.Mauri, N. Moggi, E. Montagna, A. Montanari, A. Paladino, G. Pancaldi, L. Pasqualini, L.Patrizii (RN/RL), V. Pia, G. Piazza, F. Poppi, M. Pozzato, A. Ruggeri, S. Serra, G. Sirri, M. Tenti, V. Togo, N. Tosi, R. Travaglini, C. Valieri, S. Zucchelli

## S. Bertolucci : DUNE Co-spokesperson da Aprile 2022

Laureandi (attuali) : 2 Magistrali, 1 Triennale

Tesi Magistrali: 2021/2022 (ad ora) : Gianfranco Ingratta, Irene Cagnoli, Alessandro Ruggeri

2023	15 M.U.
Servizio Elettronica	
Servizio Tecnico Generale	25 M.U.
Servizio Progettazione Meccanica	20 M.U.
Servizio Officina Meccanica	10 M.U.
Servizio Calcolo e Reti	1 M.U.
Servizio Direzione e Servizio Amm.ne	Overflow!

## Richieste ai servizi di sezione in mesi-persona (2023)

NU-AT-FNAL	72
KM3	26
DARKSIDE	10
LIMADOU	8
ET_ITALIA	7
CUORE_CUPID	3,5
XENON	2
ENUBET	2
AMS2	0
XRO	0
EUCLID	0

Grazie a tutti ...!