

# Il progetto **KM3NeT4RR** nella Sezione di Bologna

---

**Tommaso Chiarusi** —



*Sezione di Bologna*







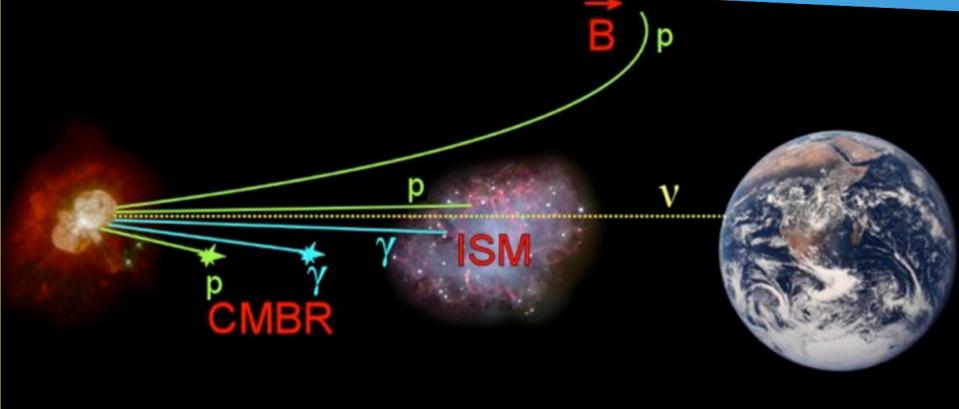
**ARCA** (Astroparticle Research with Cosmics in the Abyss)

- observation of high energy (GeV ÷ PeV) neutrino sources
  - ☞ a telescope offshore Capo Passero (Sicily-Italy) is in construction at a depth of **3500m**.

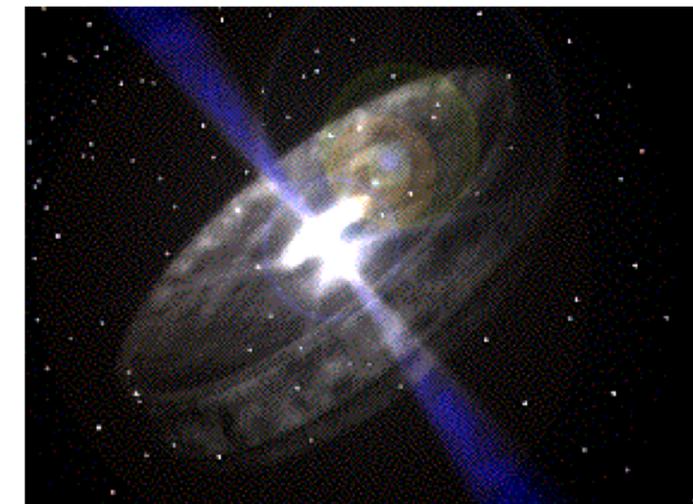
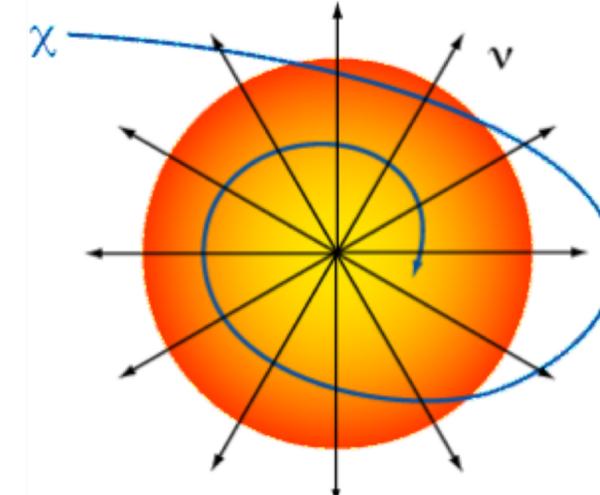
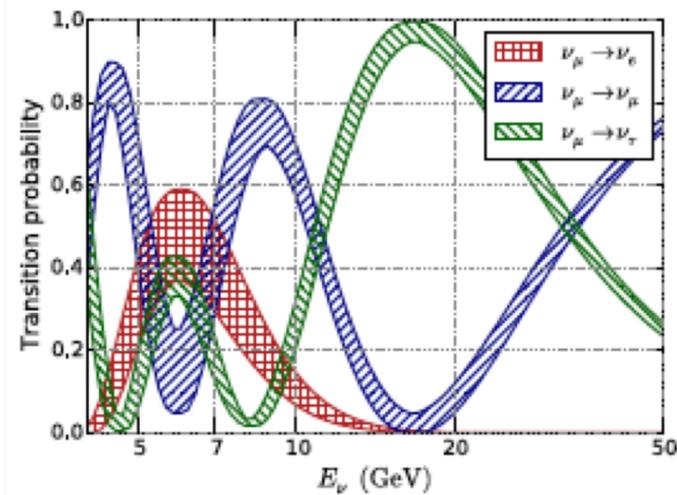
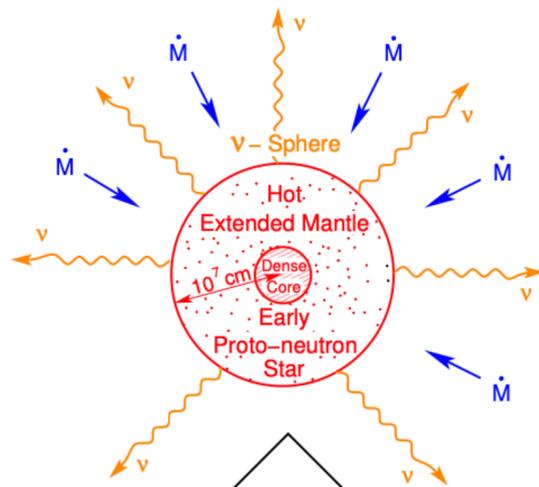
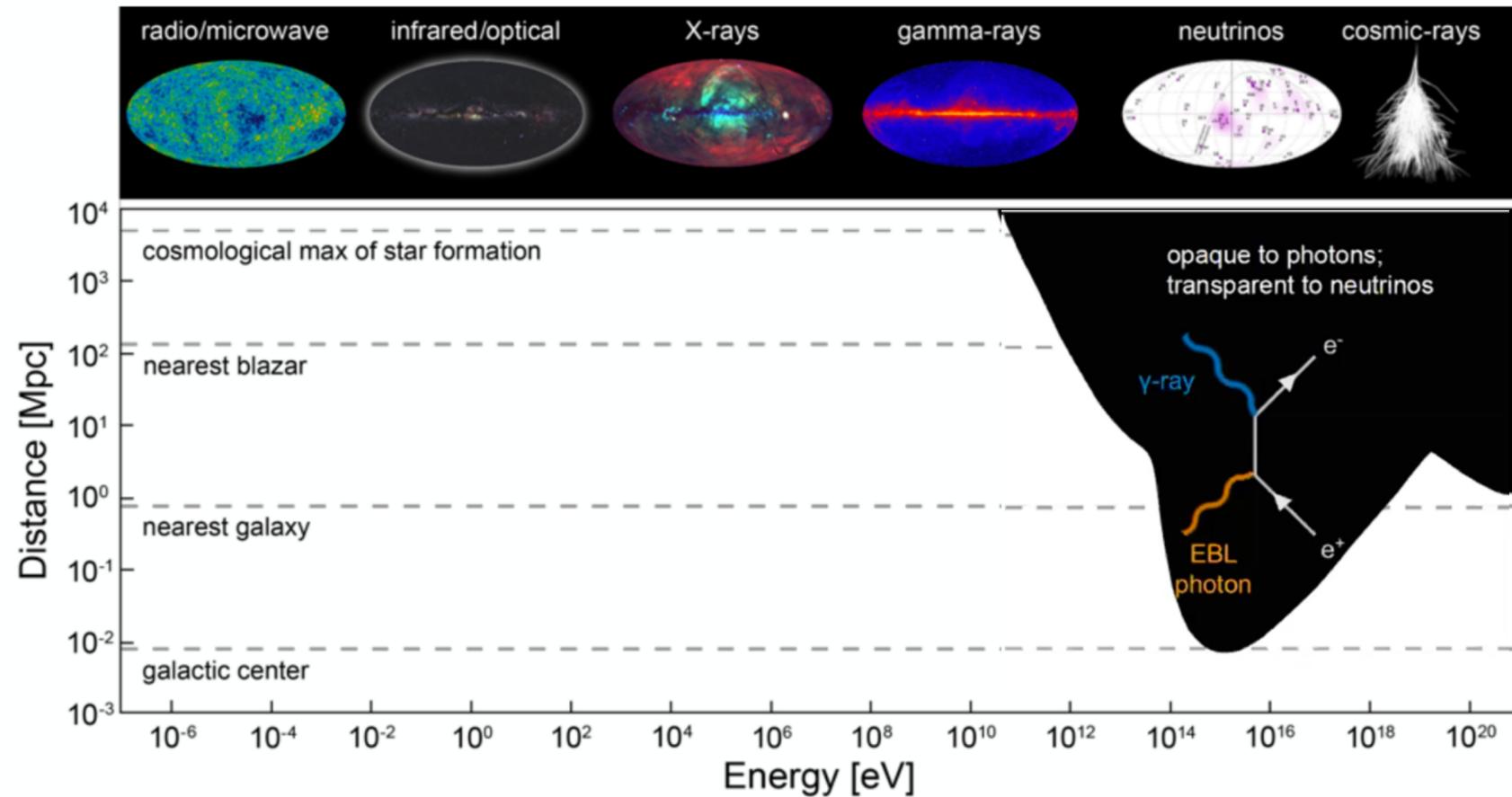


**ORCA** (Oscillation Research with Cosmics in the Abyss)

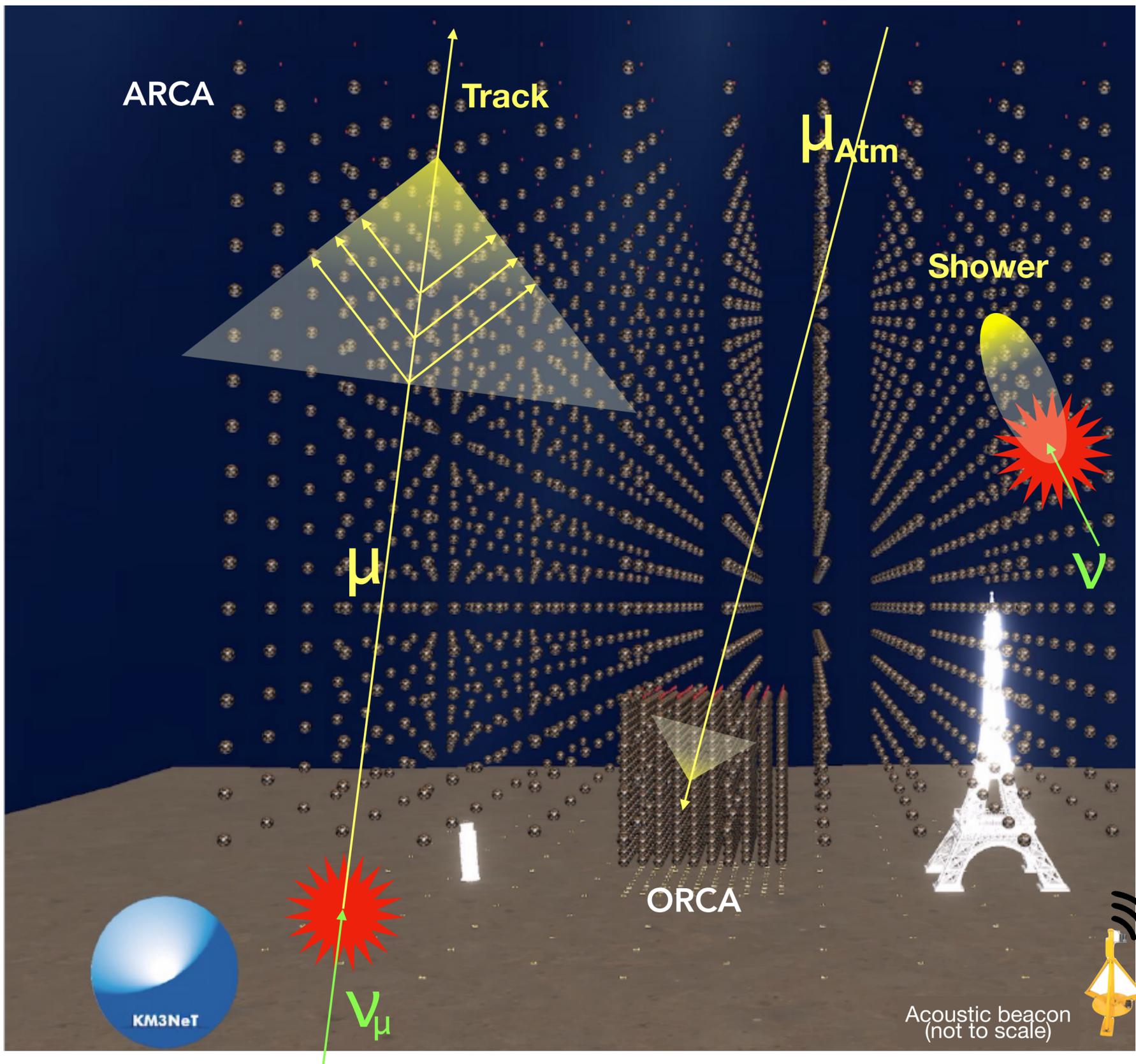
- determination of the neutrino mass hierarchy
  - ☞ a detector offshore Toulon (France) able to detect neutrinos of tens of GeV is in construction at a depth of **2500m**



- Origin of Cosmic Rays
- Neutral messengers point back to their sources
  - Neutrons are short-lived, photons are likely to interact
  - ⇒ **Neutrinos as cosmic probe**
- Neutrinos are produced at sources via hadronic interactions
  - Cosmic diffuse flux
  - Point-like sources
  - Multi-messenger approach



Super Novae explosion MeV	Neutrino oscillation GeV	Dark Matter GeV-TeV	HE neutrinos, CRs Multi-messenger program TeV-PeV
ARCA		ORCA	ARCA



Digital Optical Module (DOM) - 31 PMT



2 detectors ... 1 technology

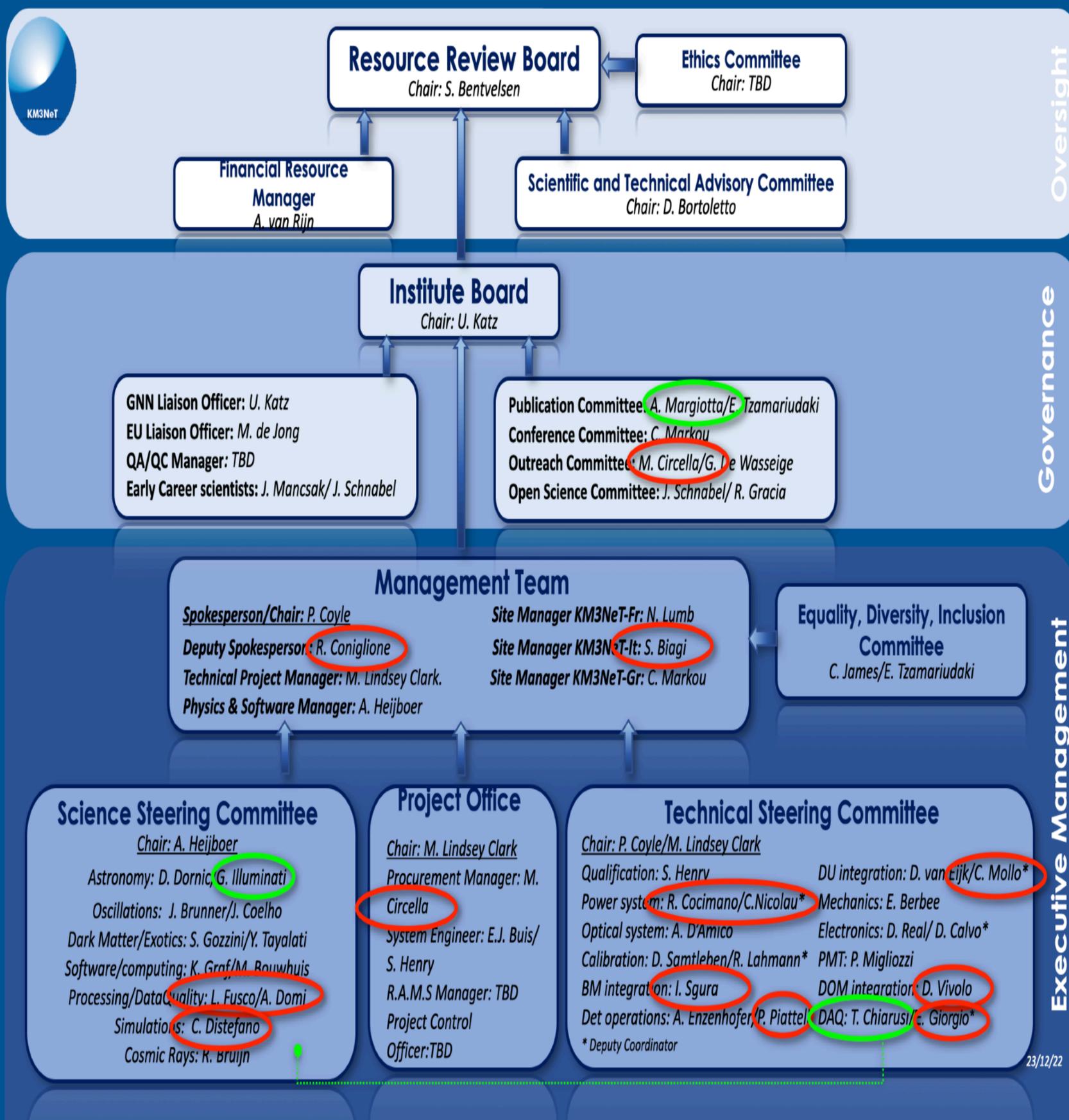
- 1ns Timing with "White Rabbit system"
- O(10)cm spacial res. with acoustic positioning



	ARCA	ORCA
Location	Italy	France
N. building blocks	2	1
N. DU per b.b.	115	115
DU distance	90 m	20 m
DOM spacing	36 m	9 m
DU height	~ 800 m	~ 200 m
Instrumented mass (Mton)	2*650	7
Depth	3500 m	2500 m
Distance to shore	~80 km	~40 km



DU-Base Module (DU-BM) - Instruments - no PMT



## Telescopi per neutrini a Bologna

### Staff

- Annarita Margiotta** - ANTARES IB chair / KM3NeT PB chair
- Giulia Illuminati** - KM3NeT Astronomy WG Deputy Coordinator
- Giuseppe Levi** - Software per integrazioni e test DOM, BM e DU
- Maurizio Spurio** - ANTARES Deputy Spokesperson
- Paolo Castaldi** (Ingegneria Aerospaziale) - KM3NeT dinamica dei sistemi complessi
- Tommaso Chiarusi** - ANTARES membro IB/ KM3NeT DAQ Coordinator

### Studenti di Dottorato e borsisti

- Francesco Benfenati** (PhD): KM3NeT DAQ, analisi dati calibrazioni, sensori ambientali
- Francesco Carenini** (PhD): KM3NeT analisi dati astro e calibrazioni temporali
- Francesco Filippini** (PhD): ANTARES e KM3NeT analisi dati VHE e DAQ
- Simone Dalle Fabbriche** (Borsista) - KM3NeT posizionamento acustico

### Laurea Magistrale e Triennale

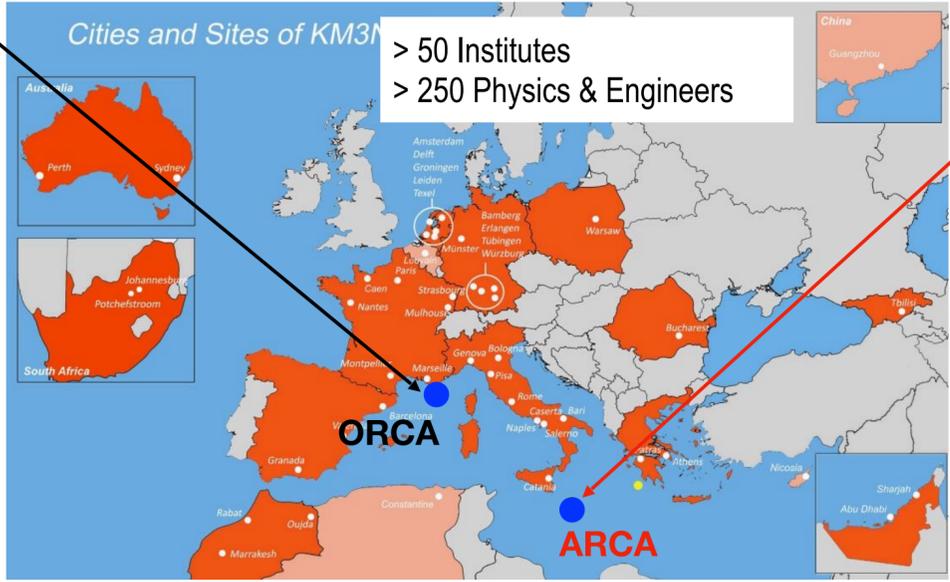
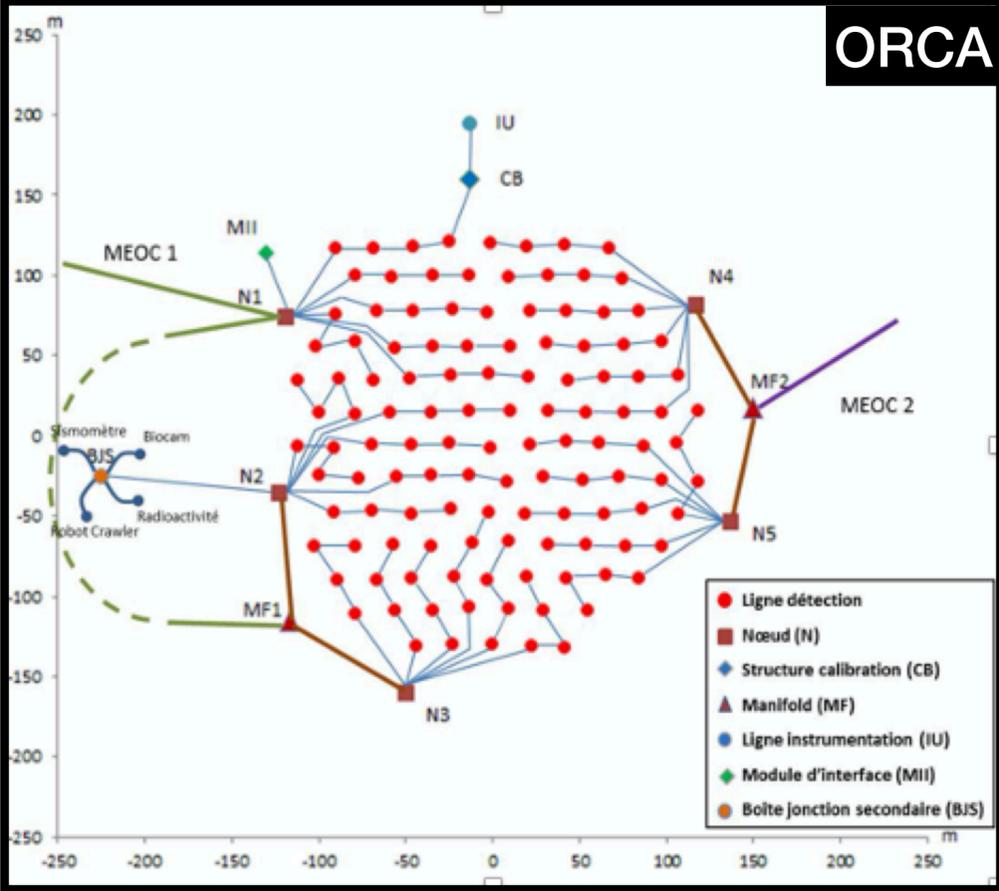
- Francesco Magnani** (LM)- Tesi su selezione eventi downgoing di VHE
- Giulia Fadini** (LT)- Tesi sull'ombra della luna e del sole con KM3NeT-ARCA
- Ilaria del Rosso** (LM)- Tesi su follow-up KM3NeT e GW

### Contributo/supporto dai Servizi di Sezione

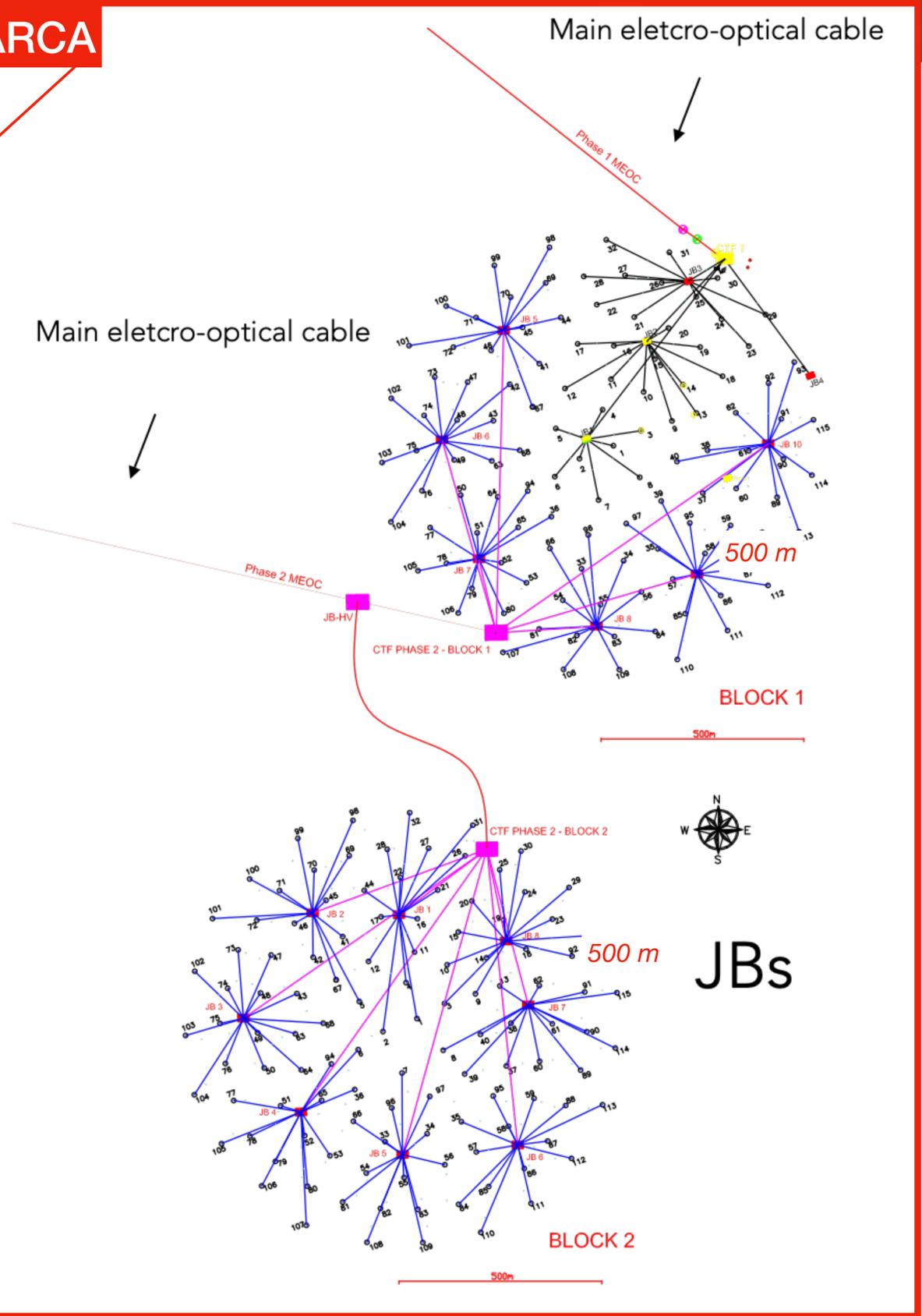
- Andrea Paolucci (CCL)** - Infrastruttura calcolo e reti per DAQ test-bench
- Claudia Valieri (STG)** - Local Quality Supervisor / BM integr.
- Giuliano Pellegrini (SE)** - BM integr/ sviluppatore
- Luigi Degli Esposti (SE)** - Hardware e firmware per DAQ test bench
- Gabriele Balbi (SE)** - Firmware per DAQ test-bench
- Marco Guerzoni (SPM)** - Progettazione supporti meccanici per BM.
- AA.VV. in Officina** - Realizzazione supporti meccanici per BM e DAQ setup

23/12/22

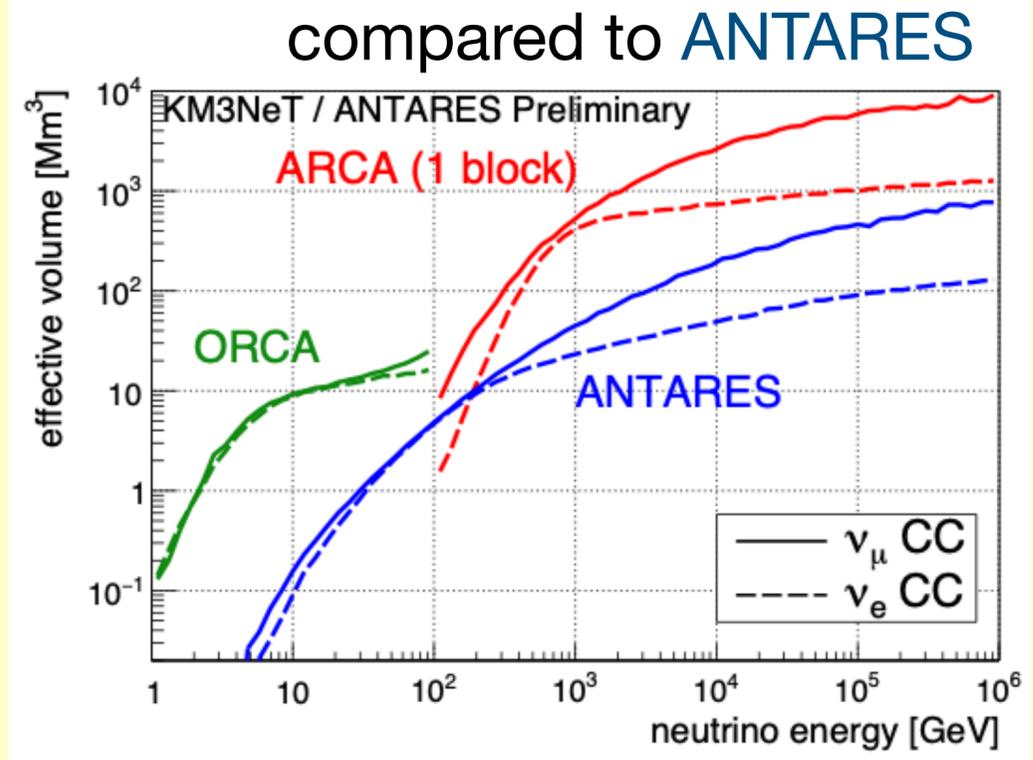
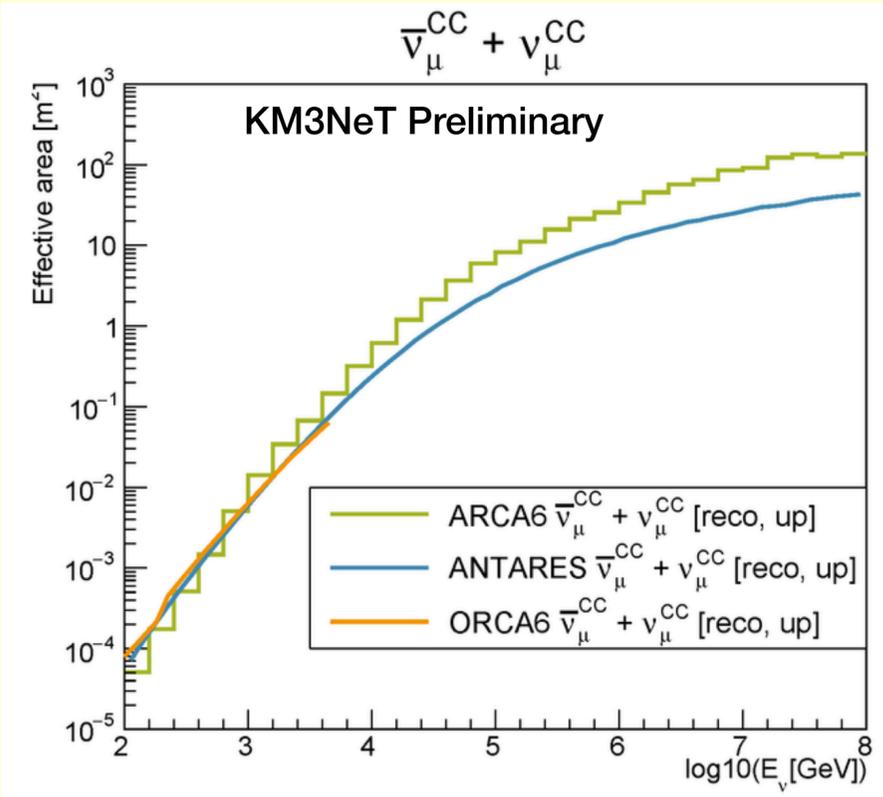
ORCA



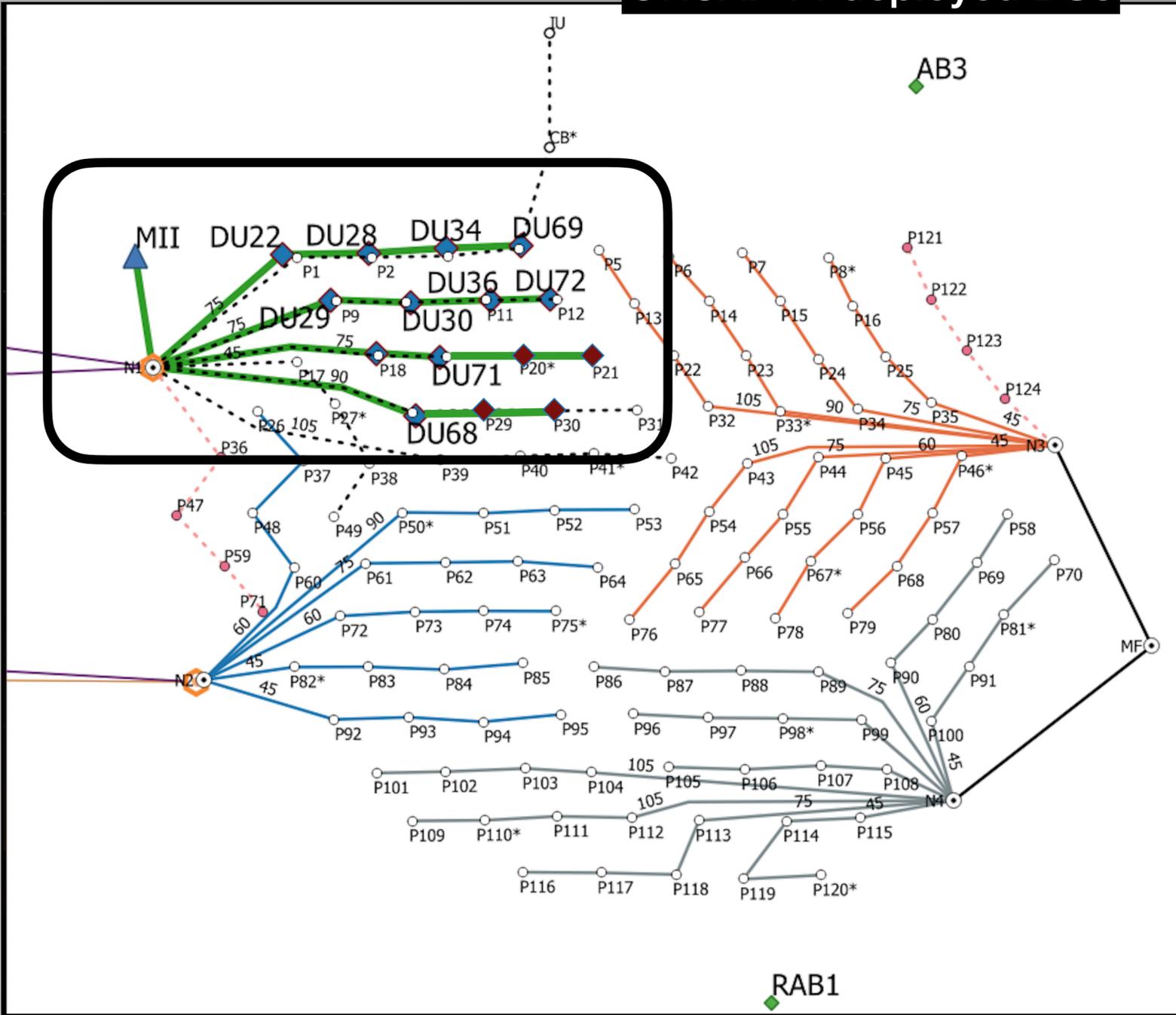
ARCA



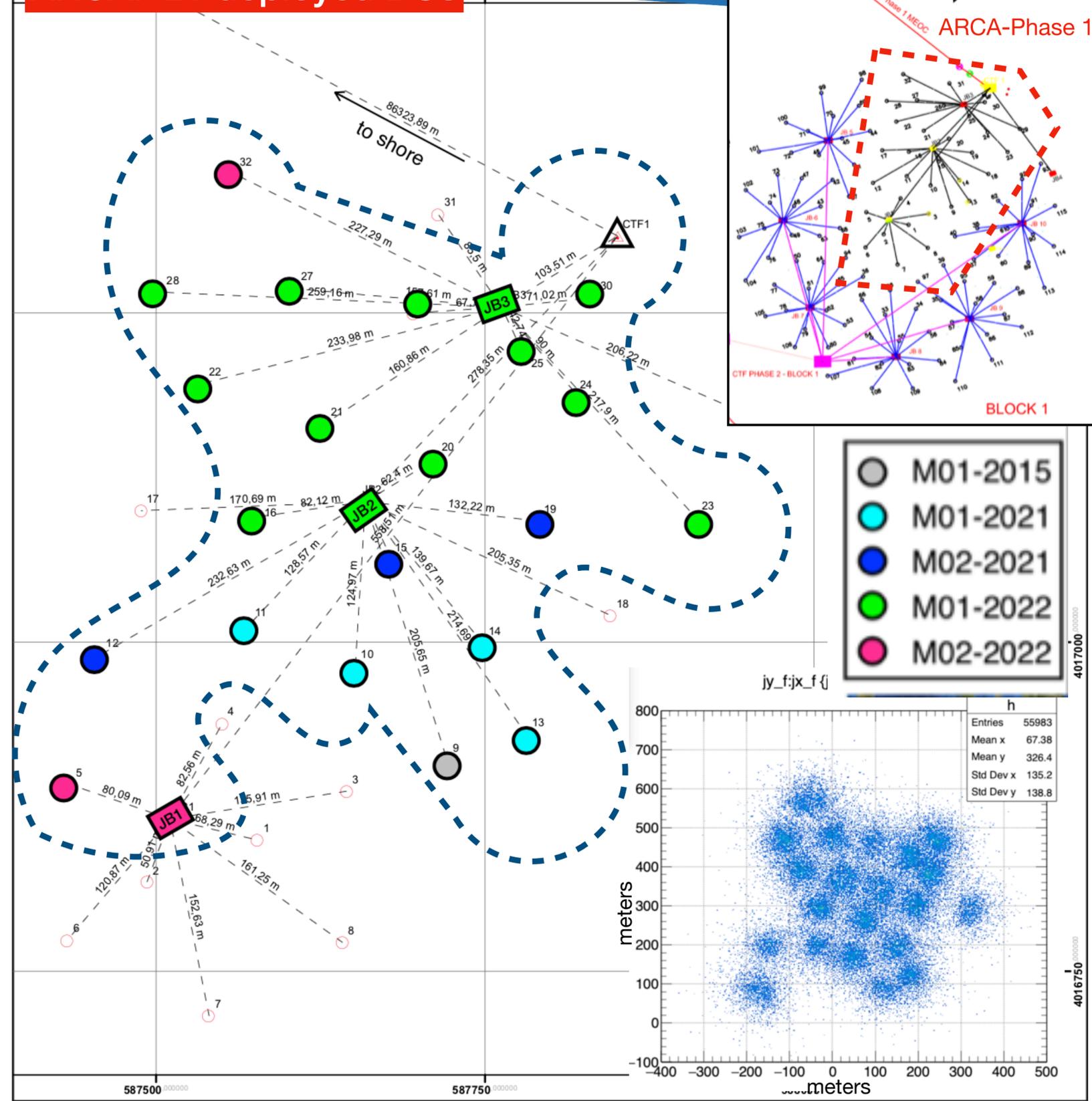
ARCA/ORCA (1BB) compared to ANTARES



ORCA: 14 deployed DUs



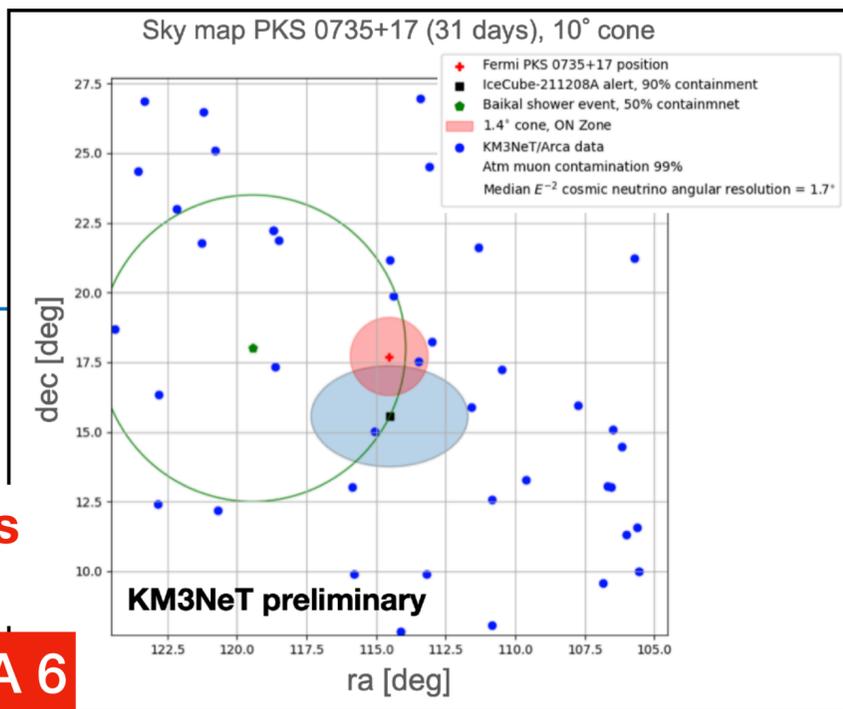
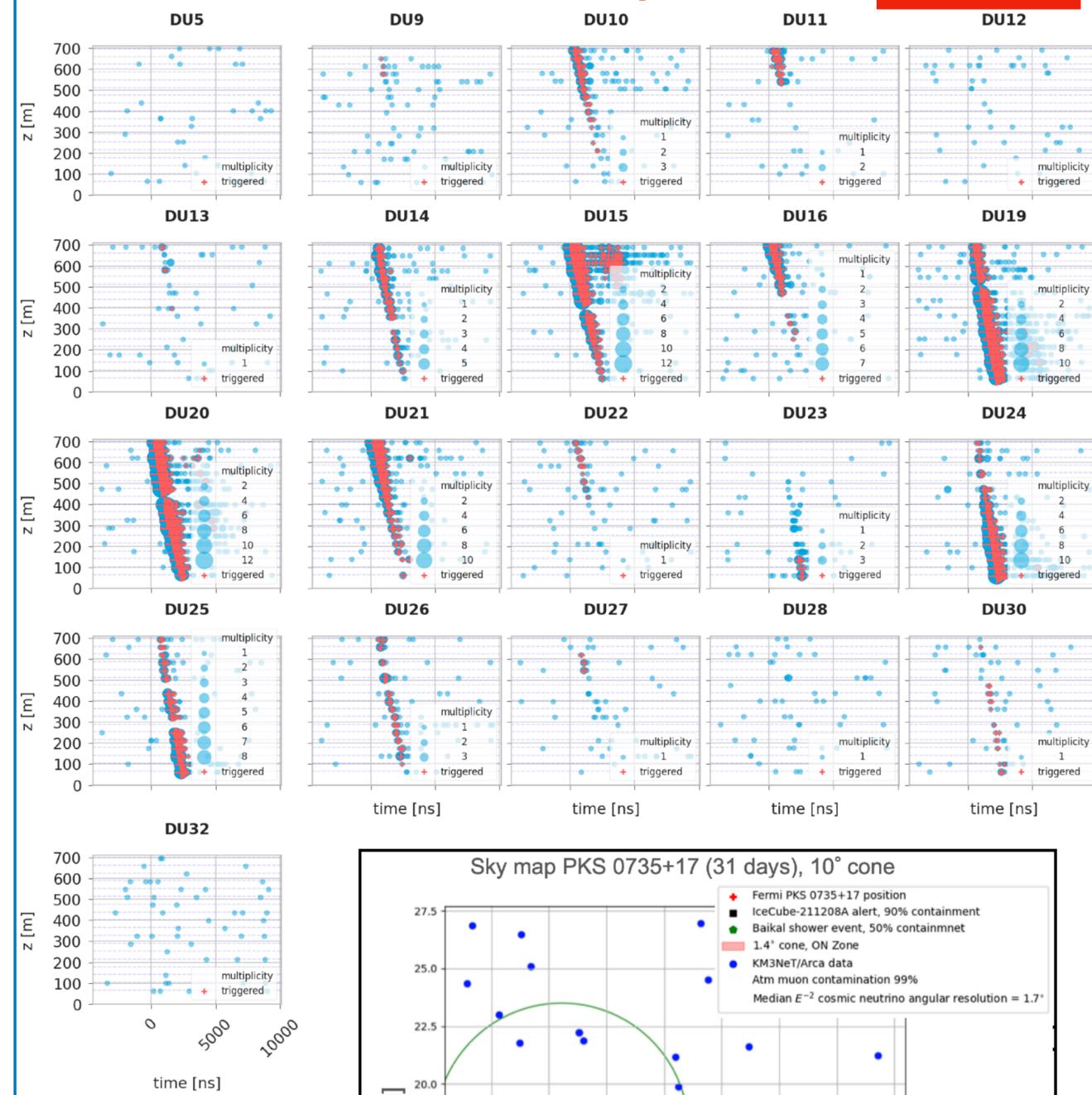
ARCA: 21 deployed DUs



Latest Marine Operations in Dicembre 2022, new deployments for both ARCA and ORCA. Accumulating data with growing detector.

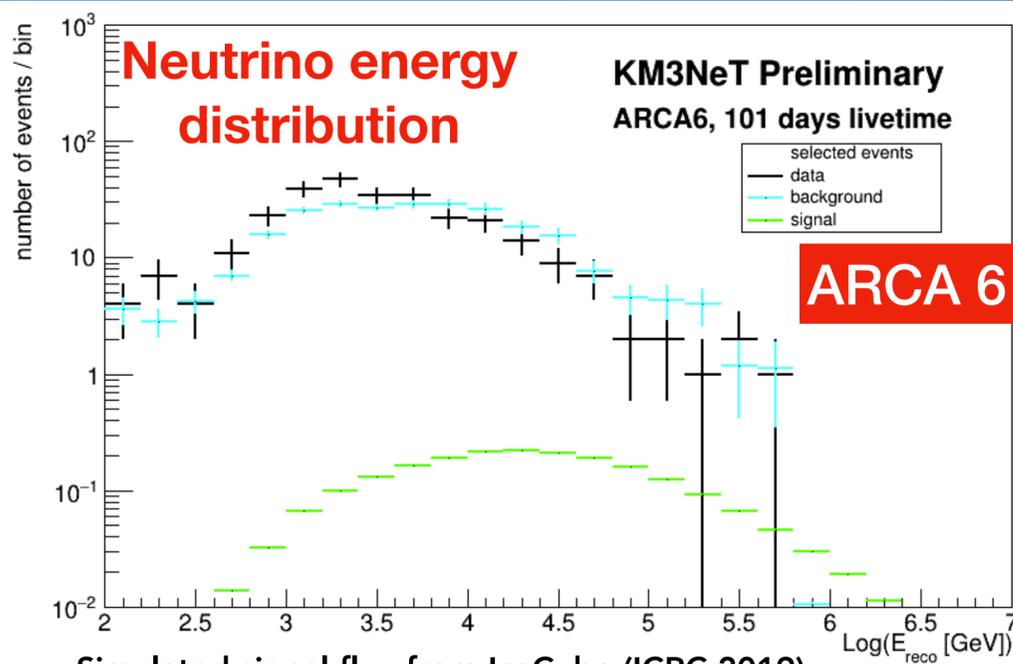
# Online Z vs. Time plots

# ARCA 21

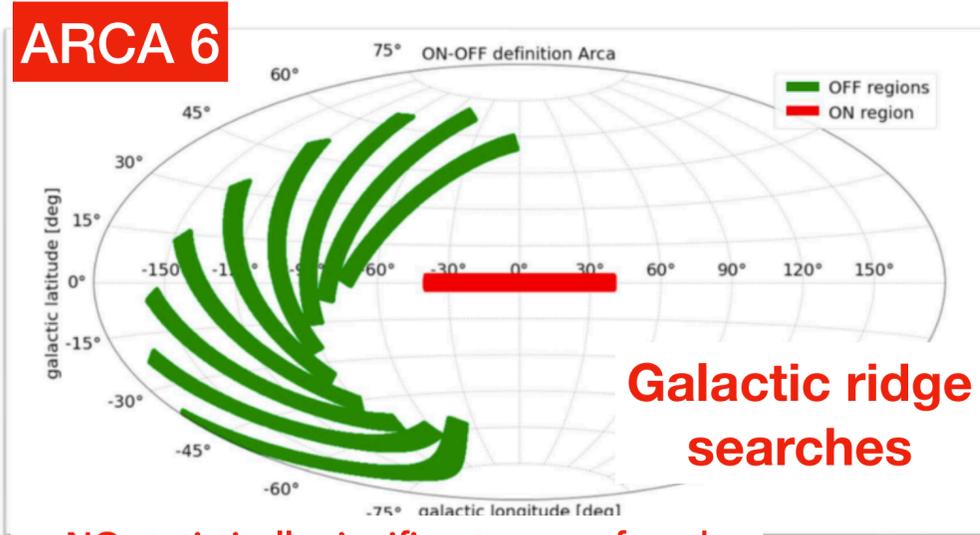


External alerts  
Follow-up

ARCA 8 + ORCA 6



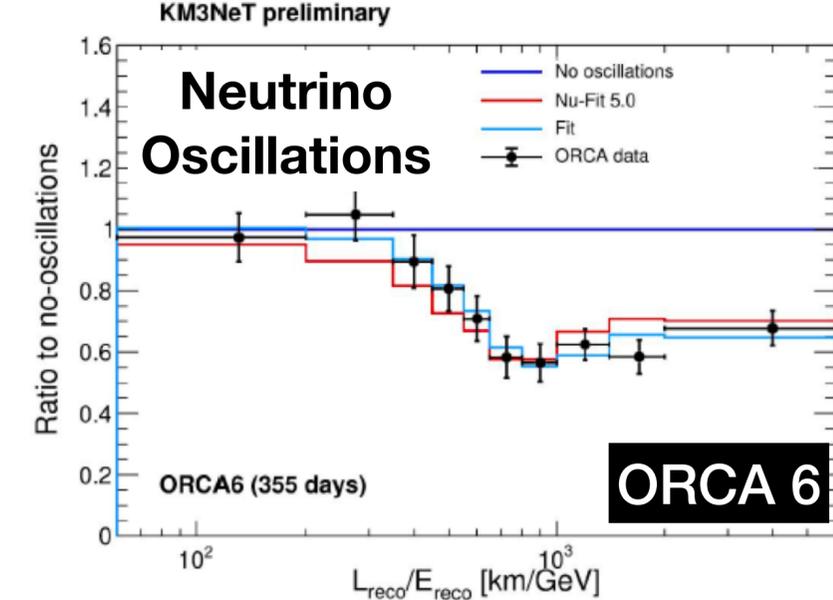
Simulated signal flux from IceCube (ICRC 2019) :  
 $1.44 \times 10^{-18} (E/100 \text{ TeV})^{-2.28} [\text{GeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}]$   
 Obtained sensitivity for the corresponding flux :  
 $17.3 \times 10^{-18} [\text{GeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}]$



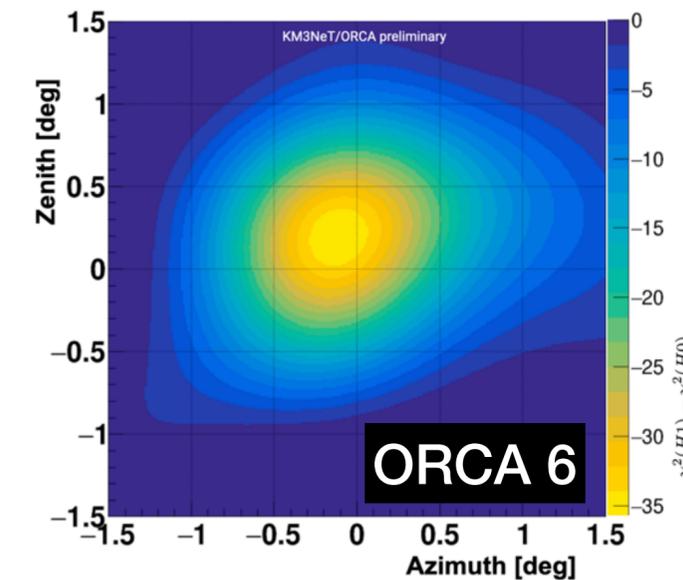
NO statistically significant excess found

Upper limit (UL) :  $6.2 \times 10^{-4} [\text{GeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}]$

ARCA6+ORCA6 already sensitive to 60% of Galactic CCSNe (<11 kpc)  
 Joint real time trigger operational for SNEWS since early 2019



# CR-Sun shadow 2D histogram data sun



Analysis-slide "pot-pourri"

More details in this presentation  
 T. Chiarusi @ UHECR2022 - L'Aquila



# KM3NeT4RR

**75 ARCA-DU finanziate** ([Progetto Regione Sicilia IDMAR](#)+[PACK MUR Project](#))

⇒ Integrazione completa entro Luglio 2023

**33 ORCA-DUs finanziate** in Settembre 2022

**Il Progetto PNRR KM3NeT4RR darà un contributo sostanziale all'espansione ulteriore del telescopio ARCA**, tramite procedure amministrative funzionali e risorse umane dedicate.

Un nuovo MOU viene siglato tra INFN e KM3NeT.

# KM3NeT4RR

PNRR "Infrastrutture di ricerca"

Data Inizio: 01/12/2022

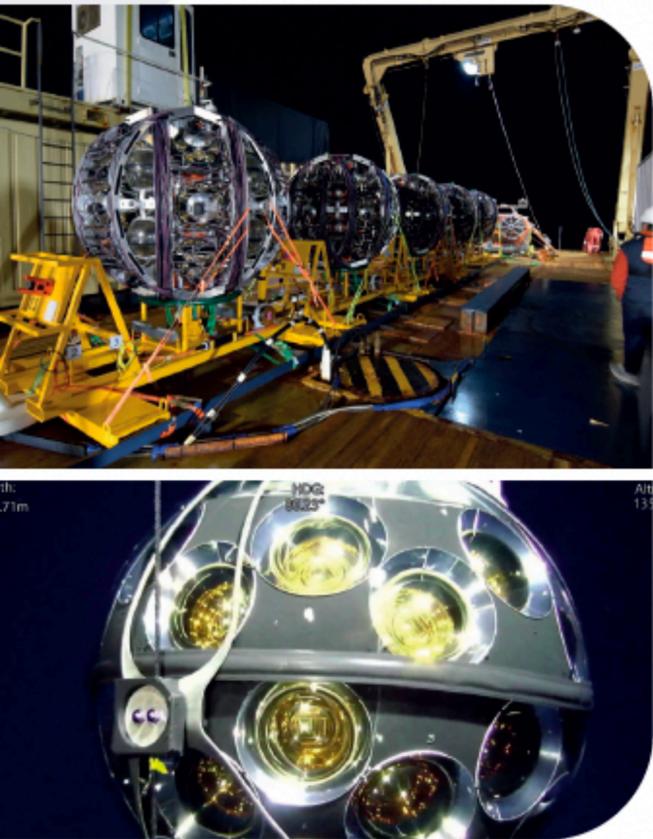
Durata: 30 mesi (per creare l'infrastruttura)

+10 anni per mantenerla ed utilizzarla

**INFN**  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Principal Investigator:  
Giacomo Cuttone (LNS)

**PARTNERS**



## Co-Applicants

- INAF (OA-Catania and OA-Palermo)
- Politecnico Bari
- Università Campania
- Università Catania (DFA - DEI)
- Università Genova
- Università Sapienza Roma
- Università Salerno
- Università Federico II Napoli

Progetto reso possibile perché KM3NeT è:

- ESFRI RI
- PNIR RI
- Strategica RI per la Regione Sicilia

**Budget richiesto ~77M€**  
**(97% nel Sud Italia)**

WorkPackages	Titolo	Scopo	Coordinatore WP
WP 1	Project Management	<i>Gestione tecnica, amministrativa, finanziaria</i>	Veronica Valsecchi, INFN-Mi
WP 2	On-Shore infrastructure	<i>Potenziamento stazione di terra e laboratori connessi alla <b>DAQ</b></i>	Paolo Piattelli, LNS
WP 3	Infrastructure at Caserta site	<i>Allestimento sito di integrazione DU</i>	Lucio Gialanella, Univ. Vanvitelli
WP 4	Infrastructure at Salerno site	<i>Allestimento sito di integrazione dei DOM e infrastrutture di DB</i>	Cristiano Bozza, UniSa
WP 5	Seafloor network	<i>Estensione infrastruttura sottomarina</i>	Simone Biagi, LNS
WP 6	Underwater detector	<i>Acquisizione componenti per 65(55!) DU</i>	Pasquale Migliozi, INFN-Na
WP 7	Implementation of Multimessenger liasons	<i>Attività connesse alla Astrofisica Multi-Messaggera (follow-up, infrastrutture INAF, simulazioni)</i>	Rosa Coniglione, LNS
WP 8	Education, training and outreach	<i>Trasmissione della cultura d'impresa nella ricerca scientifica STEM: disseminazione, formazione PhD, attività in sinergia</i>	Marco Circella, INFN-Ba

13.1, "Fund for the creation of an integrated system of research and innovation infrastructures",  
Action 3.1.1 " Creation of new IR or strengthening of existing IR involved in the Horizon Europe  
Scientific Excellence objectives and the establishment of networks "

Official ranking (provisional) for ESFRI area: PSE - Physical Sciences and Engineering

Position	Proposal code	Applicant	Eligible costs	Total Score
1	IR0000030	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	27.119.150,00 €	191
2	IR0000016	Consiglio Nazionale delle Ricerche	59.999.988,15 €	188
3	IR0000024	ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE (INFN)	24.778.957,76 €	185
4	IR0000002	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	77.186.973,06 €	183
5	IR0000027	Consiglio Nazionale delle Ricerche	95.234.797,73 €	182
6	IR0000037	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale	19.062.481,00 €	181
7	IR0000012	INAF	89.243.505,61 €	181
8	IR0000003	ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE (INFN)	75.036.425,00 €	180
9	IR0000034	INAF - Istituto Nazionale di Astro Fisica	91.450.299,00 €	178
10	IR0000004	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	99.732.649,46 €	175
11	IR0000026	Istituto Nazionale di Astrofisica	24.940.698,48 €	172
12	IR0000028	Area Science Park	53.167.679,98 €	168
13	IR0000038	INAF - Istituto Nazionale di Astrofisica	61.510.669,60 €	160
14	IR0000015	CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	69.663.514,88 €	160
15	IR0000021	Consiglio nazionale delle ricerche	39.952.658,16 €	158
16	IR0000019	Consiglio Nazionale delle Ricerche	32.000.052,46 €	156
17	IR0000006	CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	20.000.000,00 €	149

PANEL "Physical Science and Engineering" (PSE)

[Link sito MUR-PNRR](#)

EUAPS

LNGS-FUTURE

**KM3NET4RR**

IRIS

ET

Proposal code	Nome	P.I.	Budget approvato	Taglio
IR0000002	KM3NeT4RR	INFN	<b>€67.186.973</b>	<b>13%</b>

**Taglio di ~10 M€**  
**Sottratto alla costruzione di 10 DU**

# ARCA Detector with Km3NeT4RR

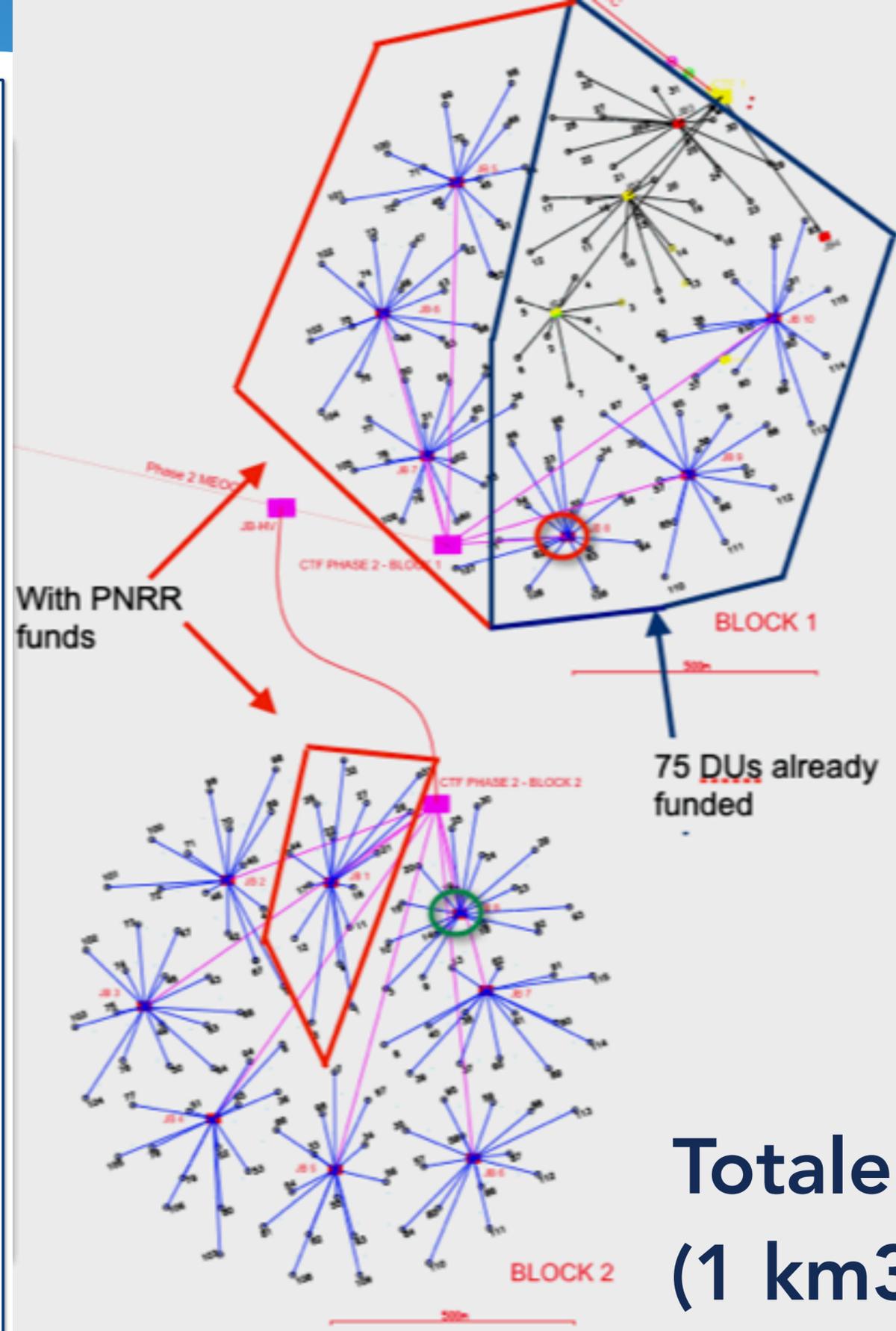
KM3NeT4RR approved for **67.2 M€** :

- **55 DUs (Initial Rrequest for 65 Dus)**
- The related sea floor infrastructure (5 JB's + 1CTF + IL cables)
- The reinforcement of INFN KM3NeT laboratories
- Human resources

This funds will allow the completion of the first block and the construction of about 15 DUs of the second block of the ARCA detector.

Marine Ops will be funded by INFN

Another PNRR call for Environment (ITINERIS) includes 1JB



~ 63% km<sup>3</sup>

+

~ 7% km<sup>3</sup>

**Totale = 70% km<sup>3</sup>  
(1 km<sup>3</sup> = IceCube)**

Applicant / Co-applicant	% on total	TOTAL	a. Fixed term personnel specifically hired for the project	b. Scientific instrumentation and technological equipment, software licenses and patent	c. Open Access, Trans National Access, FAIR principle implementation	d. Civil infrastructures and related systems	e. Indirect costs, including running costs	f. Training activities
<b>INFN</b>	<b>88,3%</b>	<b>59.330.290,48 €</b>	<b>3.257.034,00 €</b>	<b>52.136.835,61 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>55.000,00 €</b>	<b>3.881.420,87 €</b>	<b>0,00 €</b>
<b>INAF</b>	<b>1,5%</b>	<b>989.407,60 €</b>	<b>425.700,00 €</b>	<b>498.980,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>64.727,60 €</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Poli-BA</b>	<b>1,2%</b>	<b>780.565,00 €</b>	<b>125.040,00 €</b>	<b>296.460,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>308.000,00 €</b>	<b>51.065,00 €</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Uni-Campania</b>	<b>5,2%</b>	<b>3.512.583,16 €</b>	<b>306.168,00 €</b>	<b>183.000,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>2.684.000,00 €</b>	<b>229.795,16 €</b>	<b>109.620,00 €</b>
<b>Uni-CT</b>	<b>0,5%</b>	<b>329.200,48 €</b>	<b>213.264,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>24.400,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>21.536,48 €</b>	<b>70.000,00 €</b>
<b>Uni-SA</b>	<b>2,6%</b>	<b>1.726.697,52 €</b>	<b>405.936,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>1.207.800,00 €</b>	<b>112.961,52 €</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Uni-Napoli</b>	<b>0,3%</b>	<b>231.389,64 €</b>	<b>106.632,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>15.137,64 €</b>	<b>109.620,00 €</b>
<b>Uni-Ge</b>	<b>0,3%</b>	<b>172.742,94 €</b>	<b>106.632,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>11.300,94 €</b>	<b>54.810,00 €</b>
<b>Uni-Sapienza</b>	<b>0,2%</b>	<b>114.096,24 €</b>	<b>106.632,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>7.464,24 €</b>	<b>0,00 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100,0%</b>	<b>67.186.973,06 €</b>	<b>5.053.038,00 €</b>	<b>53.115.275,61 €</b>	<b>24.400,00 €</b>	<b>4.254.800,00 €</b>	<b>4.395.409,45 €</b>	<b>344.050,00 €</b>

Operating Unit INFN	% sul totale	TOTALE per OU	Principale investimenti
INFN-BA	14,4%	9.696.472,65 €	Acquisto componenti e integrazione Base-Module
INFN-BO	1,2%	798.025,26 €	Sviluppo tecnologia e test, sola integrazione Base Module (componenti forniti da altre OU)
INFN-CT	13,2%	8.867.415,28 €	Acquisto componenti e integrazione DOM
INFN-GE	0,3%	192.908,16 €	Potenziamento sito integrazione DU
INFN-LNS	33,2%	22.325.060,71 €	Acquisto componenti per integrazione DU, Junction Box, logistica (sotto)marina
INFN-NA	25,0%	16.807.719,34 €	Acquisto componenti per integrazione DOM
INFN-RM1	1,0%	642.689,08 €	Potenziamento laboratorio
<b>Totale OUs</b>	<b>88,3%</b>	<b>59.330.290,48</b>	

Di cui al SUD: €57.696.667,98 (97%)



**KM3NeT4RR@BO**

**WP2 (On-shore Infrastructure)**

**WP6 (Off-shore Detector)**

Operating Unit: **INFN-BO**  
Contact person: **Tommaso Chiarusi**

**Bologna Common Infrastructure (BCI)**

DAQ, sincronizzazione temporale, networking, computing, sviluppo tecnologia per acquisizione, sviluppo e test di schede elettroniche

Resp: Tommaso Chiarusi

**Bologna Laboratory for User-ports (BLU)**

Controllo, sincronizzazione e lettura di apparecchiature per il monitoraggio ambientale ed ancillari, integrazione con DAQ

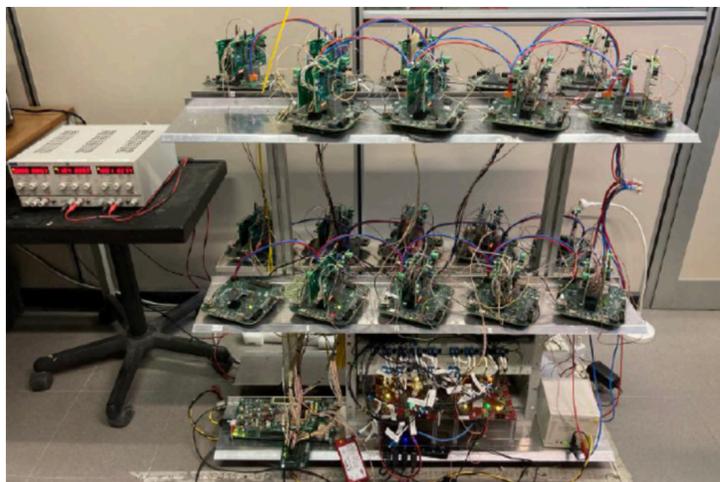
Resp: Tommaso Chiarusi, Francesco Benfenati

**Bologna Base-Module Integration Laboratory (BBMIL)**

Integrazione dei moduli di base delle DU

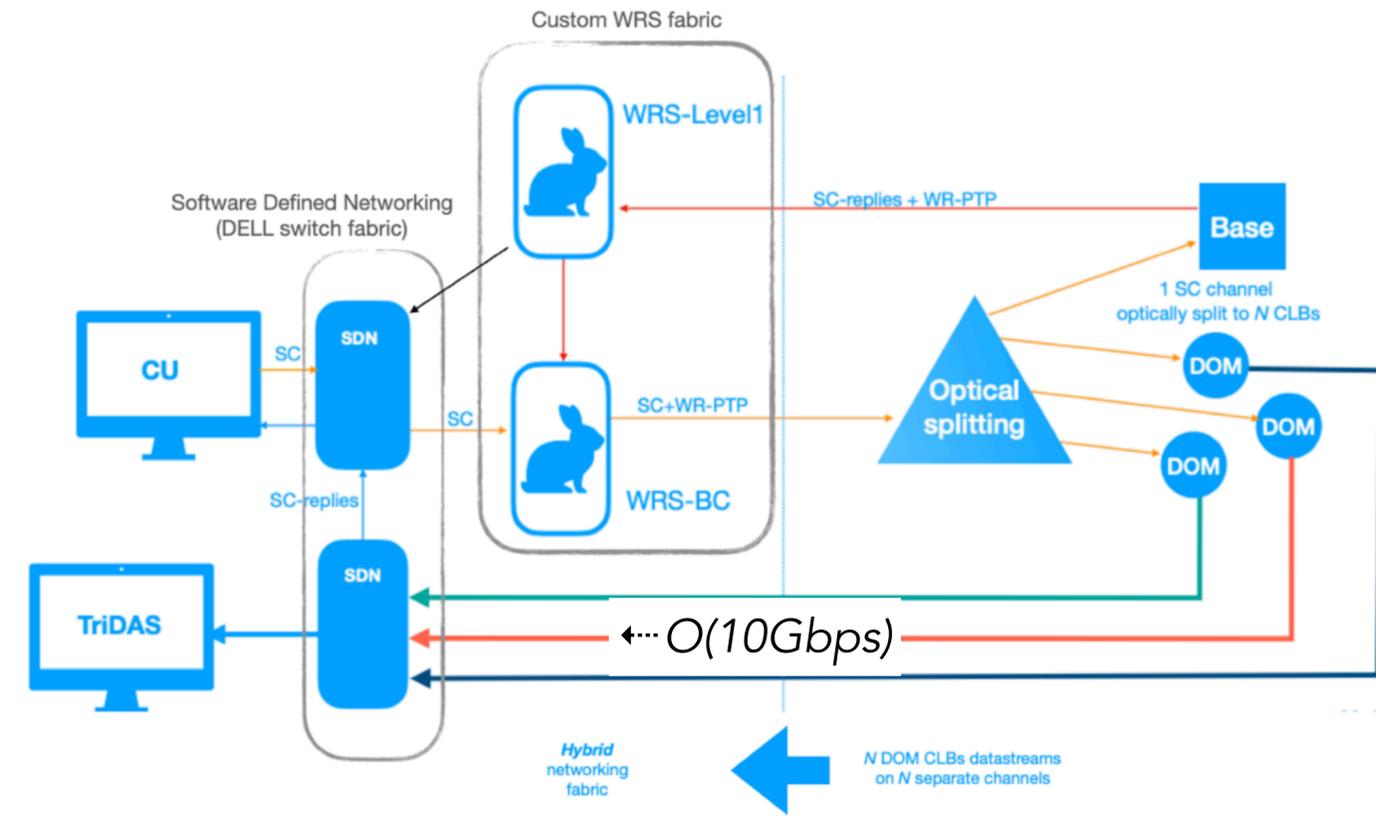
Resp: Annarita Margiotta

- **Potenziamento dei test bench della DAQ:** nuove schede elettroniche analoghe a quelle sui DOM → nuovo DU-like setup; ulteriori elementi di rete e computing (GPU); sviluppo nuovi algoritmi (anche AI/ML) di acquisizione dati e selezione online (regime di streaming-readout), anche su GPU (**G. Levi, Francesco Filippini**)
- **Progettazione nuove schede elettroniche** per l'emulazione dei segnali dai PMT e dai sensori acustici ( new OctoPAES - **G. Pellegrini, G. Balbi, L. Degli Esposti, Francesco Filippini, Francesco Benfenati**)  
Sviluppo, test ed ottimizzazione del nuovo firmware per le schede di controllo dei DOM.
- **Sviluppo di software per il test dei DOM** (G. Levi)
- **Ottimizzazione del sistema di sincronizzazione temporale** tramite il protocollo *White Rabbit* nei 2 scenari "Broadcast" e "Full-WR" — **Ottimizzazione apparecchiature White Rabbit** (Upgrade a 10 GbE del WR-switch, diminuzione *phase-lock* noise)

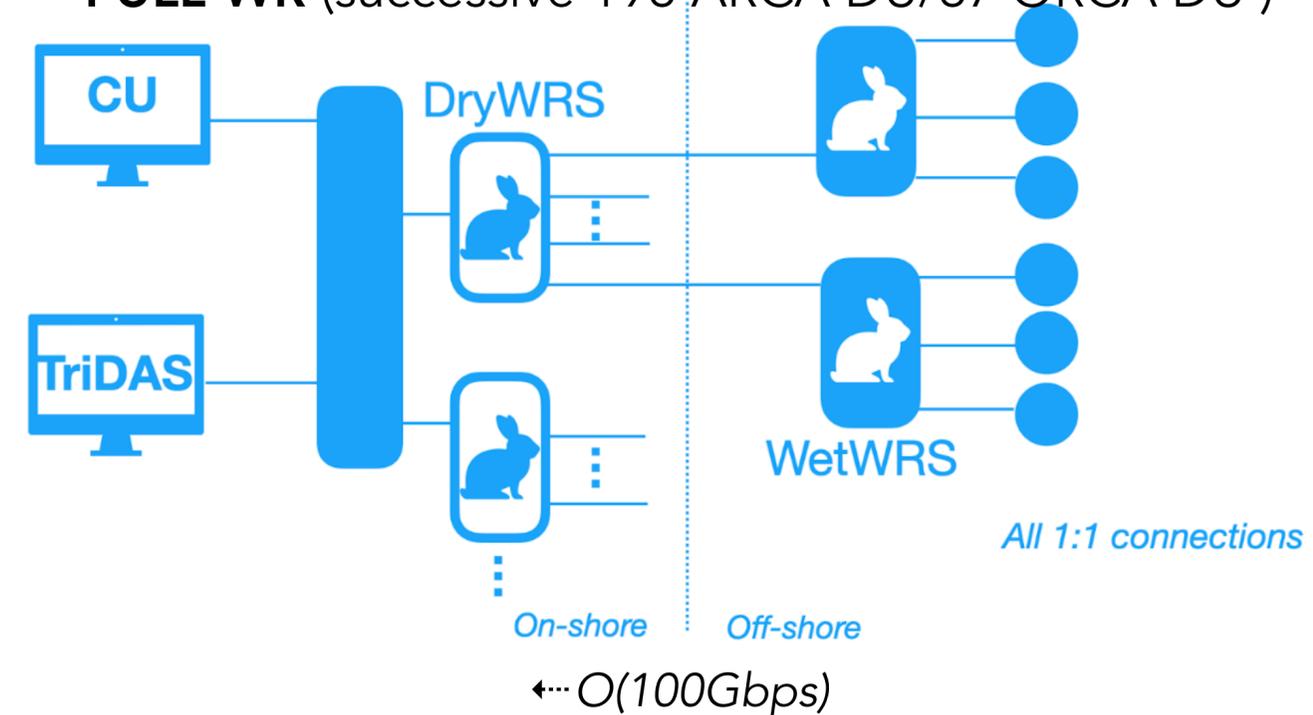


- **BCI è un "hub-internazionale".** Ad oggi ci lavorano, on-site e/o da remoto, colleghi da Olanda, Francia, Belgio, Germania e Spagna, oltre ai colleghi di altre Sezioni e Laboratori dell'INFN
- **Sinergie di ricerca con ET/ETIC/BETIF** (si veda il talk di Riccardo Travaglini)

## BROADCAST (prime 32 ARCA DU/48 ORCA DU)

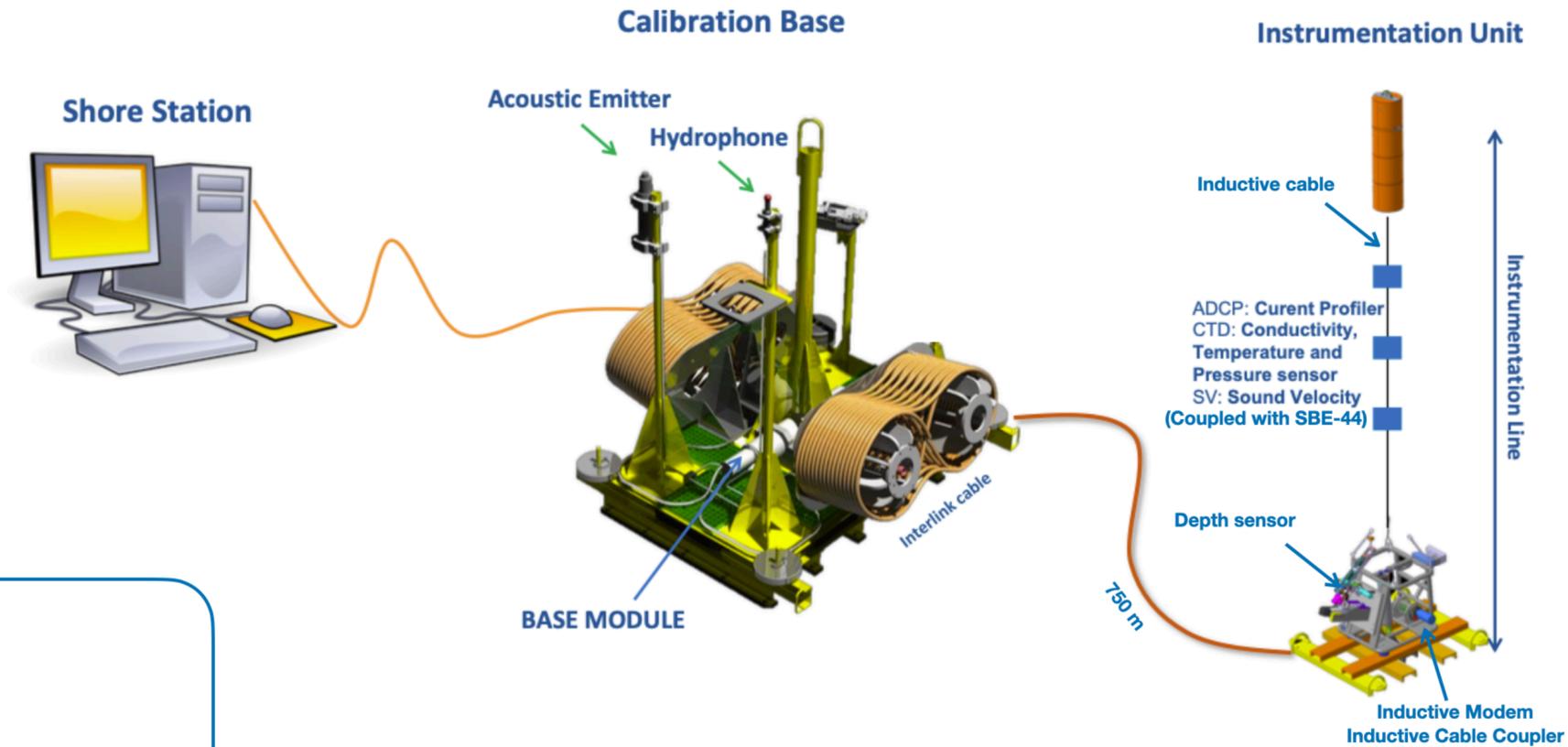


## FULL-WR (successive 198 ARCA DU/67 ORCA DU)



# Bologna Laboratory for User-ports (BLU)

Il Laboratorio sarà dedicato al design ed alla realizzazione di interfacce per dispositivi oceanografici e ambientali, fornite da utenti esterni, da montare su Calibration Units ed integrati nel sistema DAQ KM3NeT.



**IMM**  
SBE  
Part # 41420

**ICC**  
Clamp onto mooring cable  
Optional bulkhead connector

**Inductive Modem Module:** microprocessor for communicating with inductive instruments along the cable

**Inductive Cable Coupler:** allows IMM coupling with inductive cable

**Sound Velocimeter:** measures sound velocity in water

**Pressure sensor:** piezo-electric sensor for measuring sea-bottom pressure

**SBE-44:** allows communication between IMM and non-inductive instrumentation

**Acoustic Current Doppler Profiler:** hydro-acoustic current meter, measures water molecules velocity along 3 directions

**Hydrophone**  
**Acoustic Beacon**

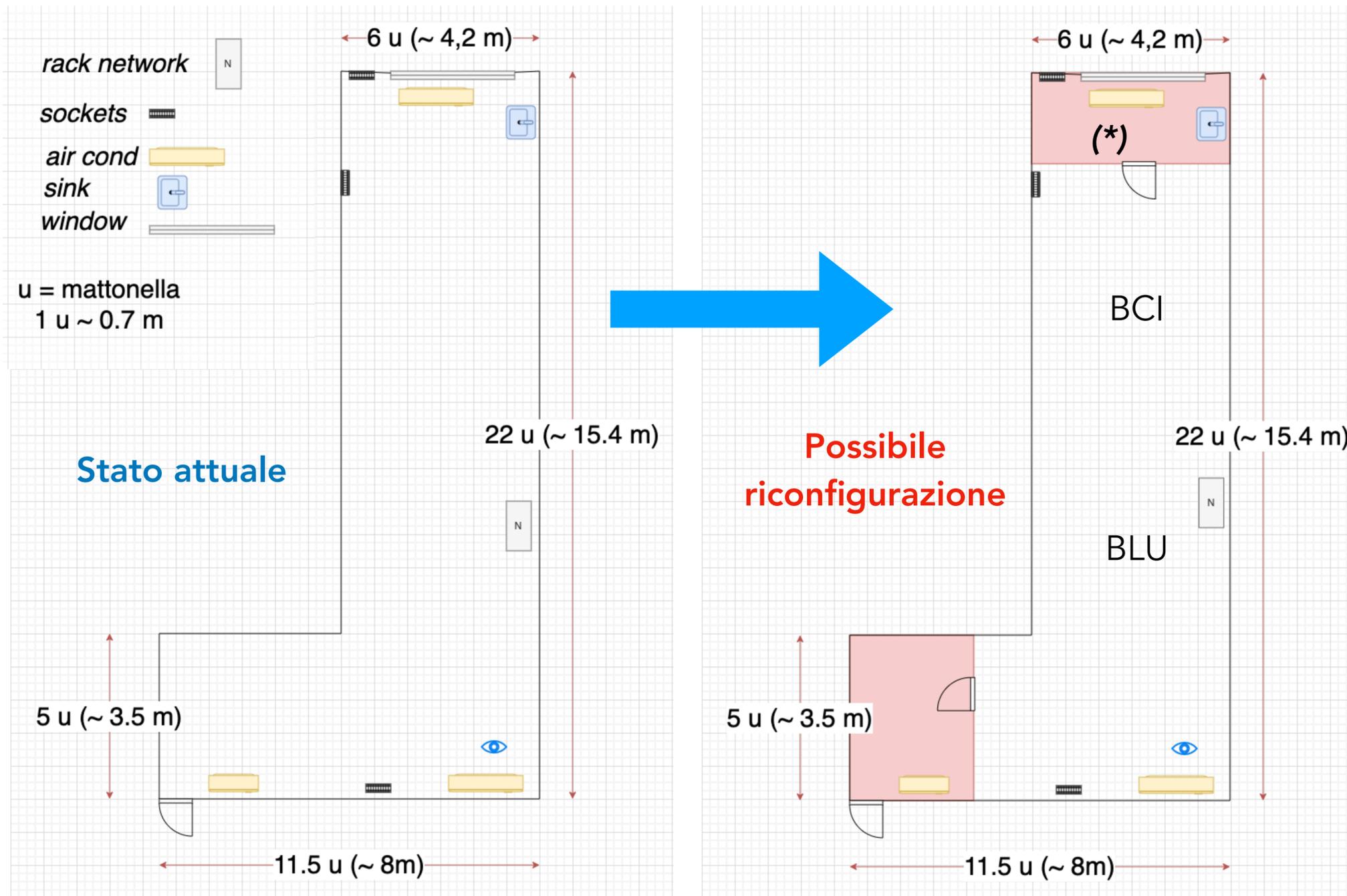
**Hydrophone:** underwater acoustic sensor  
**Acoustic Beacon:** underwater acoustic pulse emitter

**CTP sensor:** native-inductive, measures Conductivity, Temperature, Pressure and computes water salinity and density

- **aprire a più utenti esterni** che accedono all'infrastruttura sottomarina;
- **sviluppo strategie di analisi** per caratterizzare il mezzo che circonda il rivelatore con i dati ambientali;
- **lettura e calibrazione** di apparati di misura ambientali;
- **Integrazione nel sistema della DAQ** di KM3NeT
- **raccolta ed analisi** dei dati oceanografici, biologici e geofisici;
- **supporto tecnico** alle comunità scientifiche e industriali italiane(e non) per lavorare in acque profonde;



## Spazi dedicati ai laboratori **BCI** e **BLU**



Iniziata ri-progettazione del laboratorio  
Minimi interventi strutturali

*Pending* decisione di collocazione farm-DAQ

- **Opzione 1:** in apposito spazio dedicato (\*)
- **Opzione 2:** nei locali del (ex-)Tier1

In Gennaio 2023 collaborazione con CCL  
(**Andrea Paolucci e Paolo Veronesi**) per  
definire gli scenari possibili

# Bologna Base-Module Integration Laboratory (BBMIL)

INFN-BO ospita il primo sito di integrazione di Moduli di Base di KM3NeT.

Ha contribuito con la progettazione di alcune schede del BM (G. Pellegrini), con lo studio ed implementazione dei test per i moduli prototipali (G. Pellegrini, C. Valieri).



Con KM3NeT4RR:

- **adeguamento del laboratorio esistente (BP-C38)** con nuova attrezzatura ed infrastruttura per l'integrazione del nuovo "Wet-WRS" BM
- **Realizzazione nuovo supporto meccanico** (supporto Officina)
- **Realizzazione nuova catena di misura** della potenza elettrica dissipata, dei livelli di potenza ottica e delle lunghezze d'onda di ogni fibra
- **Realizzazione dei test** di funzionamento/validazione/accettazione dei nuovi BM
- **Integrazione con sistema di DAQ** di KM3NeT

Ogni acquisto deve essere definito (gara/RDA avviata) entro il 2023 !!!!

→ Più che prezioso il supporto della ns. Amm.ne (in primis **Martina Allegro, Giulia Grandi, Sara Haghshenas e tutte le altre colleghe**)

Lotti	Lotto	Totale Lotto (k€)	Programmazione INFN-Bo	Anno Programmazione
1	Schede Elettroniche "Mass Production"	83	Programmazione	2023
2	Schede Elettroniche "Custom"	12,5	---	---
3	White Rabbit	50	Programmazione	2023
4	Switching infrastructure	18	---	---
5	GPU	56	Programmazione	2023
6	Computer Desktop	9	---	---
7	Farm Infrastructure	20,5	---	---
8	UPS	20	---	---
9	Oscilloscopi	70	Programmazione	2023
10	Power supply	14	---	---
11	Apparecchiature Segnali elettrici	24	---	---
12	Apparecchiature Segnali ottici	9	---	---
13	Strumentazioni Monitoraggio Ambientale	51,3	Programmazione	2023
14	Consumo laboratorio	37,13	---	---
15	Infrastruttura Laboratorio	29	---	---
16	Air conditioning	10	---	---
17	Officina	19,1	---	---

**Totale assegnato a INFN-BO:**  
~800 k€

**Di cui per infrastruttura:**  
~530 k€

Totale spese per settore	(k€)
BCI	278,7
BLU	142,23
BM	81,6
COMMON	30
<b>Grand Total (k€)</b>	<b>532,53</b>



Totale assegnato a INFN-BO: ~800 k€

~530 k€ per infrastruttura

➔ ~270 k€ per nuovo personale: **Concorsi per Tempo Determinato (24 mesi)**

**1 CTER Elettronico (concorso CT/C6/25107/PNRR - scad: 16:00 10/01/2023 - [bando](#) )**

- Allestimento, servizio manutenzione e operazione dei test nei laboratori BCI, BLU;
- Partecipazione alle integrazione dei BM nel laboratorio BBMIL



**1 Tecnologo Elettronico (concorso GE/T3/25104/PNRR - scad: 16:00 10/01/2023 - [bando](#) )**

- Realizzazione del firmware per schede elettroniche di controllo dei DOM.
- Implementazione della tecnologia 10GbE su White-Rabbit switch (WRS)
- Ottimizzazione stabilità della fase del segnale di timing distribuito dai WRS



**Bandi usciti recentemente.**

**Scadenza di questi bandi: alle ore 16:00 del 10/01/2023**

Serve massima diffusione (questo il link sul sito INFN: <https://jobs.dsi.infn.it/index.php?tipo=Tempo%20Determinato>)

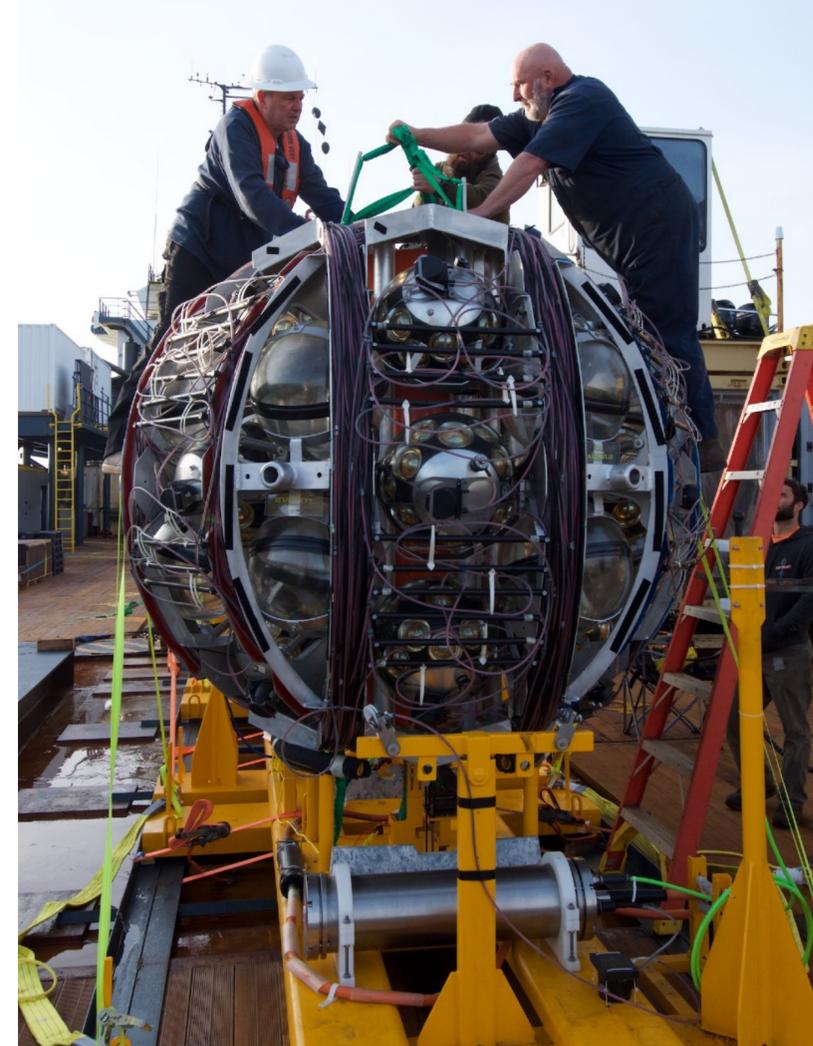
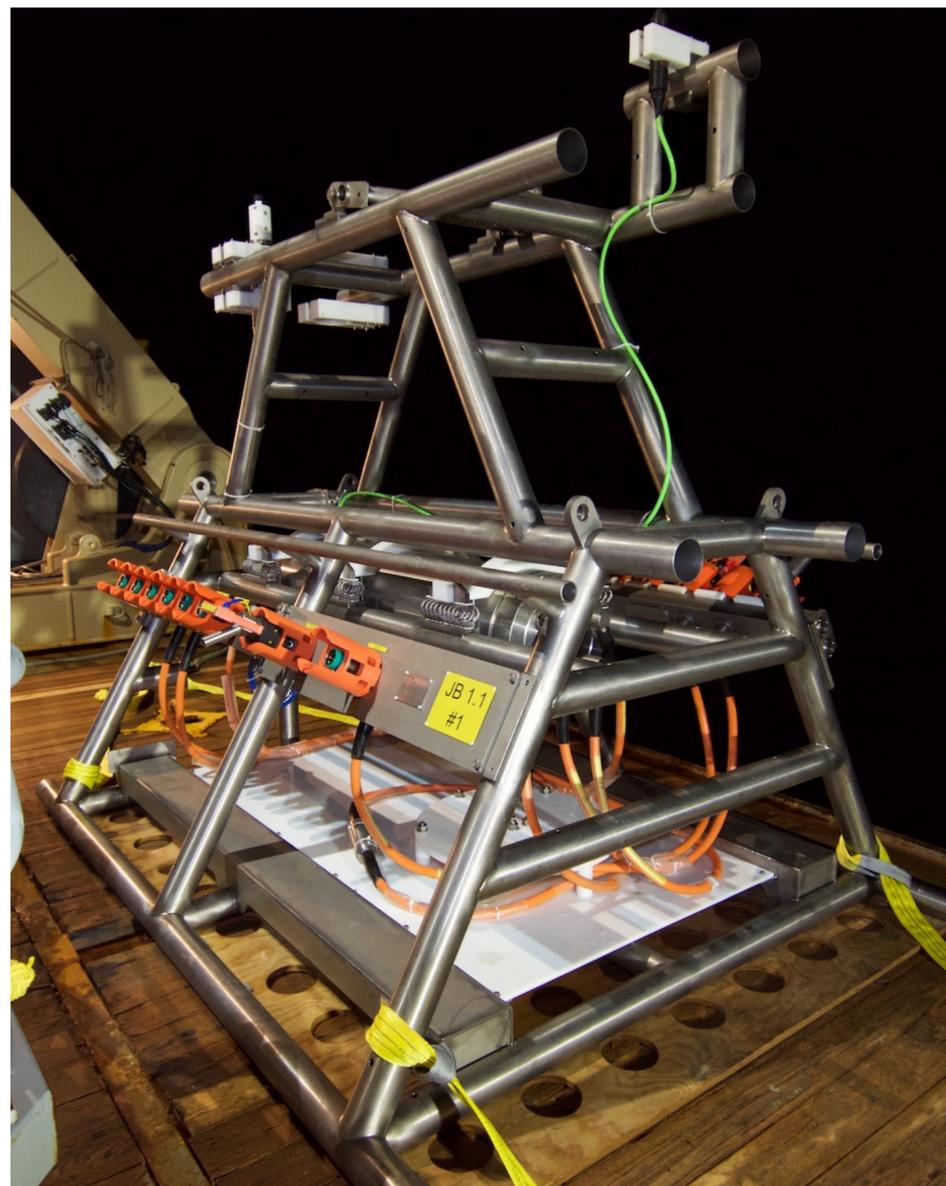
Il 2023 sarà un anno estremamente ... *interessante!*

Grazie in anticipo a **tutte le colleghe e tutti i colleghi della Sezione.**

In particolare a chi lavora nei Servizi, per il supporto e, soprattutto, **per la pazienza !**

... e grazie per l'attenzione!

**SLIDE DI BACKUP**



DOM: 8 sites  
DU: 5 sites

+ sites for  
base contain  
electronics,  
testing