

Progetto CIR01\_00021 PACK dal titolo "Potenziamento Appulo-Campano di KM3NeT Rafforzamento del capitale umano dell'infrastruttura di ricerca denominata KM3NeT

(Cubic Kilometre Neutrino Telescope)".

## Assegno di ricerca nell'ambito della ricerca tecnologica:

"Progettazioni meccaniche e studio di materiali nell'ambito del PIR001\_00021 (PACK)".

Coordinatore scientifico di progetto:

Dott. Marco Circella, INFN Bari

Assegnista: Nicola Battista











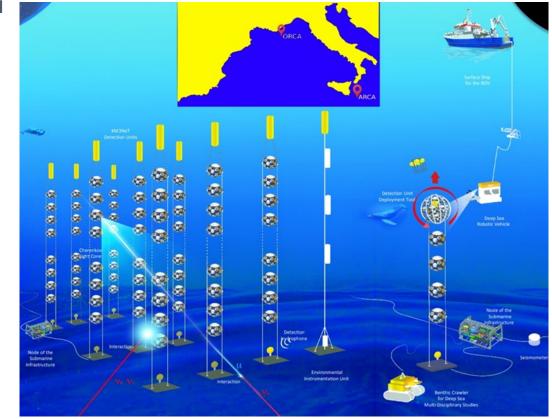
## Obiettivo principale del progetto PACK(PIR01/CIR01\_00021):

Operazione finalizzata al potenziamento dell'infrastruttura di ricerca KM3NeT mediante l'estensione del telescopio sottomarino ed il potenziamento delle installazioni presso le Sezioni INFN di Bari e Napoli ed il Laboratorio CIRCE dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli"

L'obiettivo scientifico del telescopio ARCA, ubicato nelle profondità del Mar Mediterraneo al largo di Capo Passero in Sicilia, è quello di consentire l'osservazione dei neutrini ad alta energia.

#### Il progetto prevede 4 obiettivi realizzativi:

- 1.Laboratorio di prototipazione, integrazione e accettazione di strumentazione sottomarina (INFN-Bari)
- 2.Laboratorio isotopico per la caratterizzazione microscopica di materiali e componenti (UniCampania)
- 3.Laboratorio di costruzione e test di strumentazione opto-acustica sottomarina complessa (INFN-Napoli)
- 4. Potenziamento dell'infrastruttura sottomarina per la neutrinoastronomia e ricerche multidisciplinari (INFN-Napoli)











## KM3NeT

#### La mia attività di ricerca tecnologica

Titolo assegno: "Progettazioni meccaniche e studio di materiali nell'ambito del PIR001\_00021 (PACK)"

Inizio: 01 aprile 2022

Fine: 31 marzo 2025.

Obiettivo: supportare le diverse fasi dell'attività scientifica mettendo in campo conoscenze e

metodologie caratterizzanti l'ingegneria meccanica.

In questi primi 7 mesi le mie attività si sono collocate nell'ambito del gruppo di ricerca INFN-Bari con riferimento a:

- disegno
- prototipazione
- qualifica
- integrazione e coordinazione del nuovo Modulo di Base (BM) in configurazione WWRS.

#### In particolare:

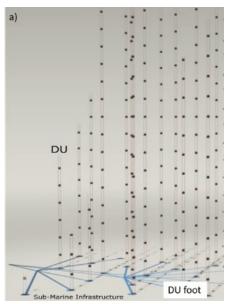
- 1. Partecipazione a: test in pressione sul primo contenitore in titanio del BM realizzato
  - test termici in acqua del primo prototipo del BM
- 2. Controllo metrologico e analisi dei report e di non conformità dei contenitori in titanio attualmente in produzione
- 3. Preparazione di alcuni documenti meccanici necessari all'integrazione del BM
- 4. Aggiornamento e nuovo disegno dei tools per l'integrazione dei BM

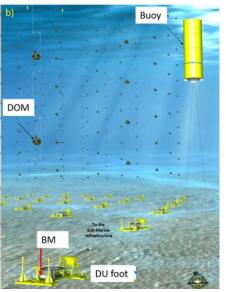












Vista artistica di ARCA KM3NeT



## Progettazione meccanica del BM

#### Principali criticità nella progettazione del contenitore del BM:

- 1. Pressione esterna di **350 bar** (profondità di 3500 m)
- 2. Ambiente marino corrosivo
- 3. Nessuna possibilità di intervento in sito dopo il deployment
- 4. Affidabilità di buon funzionamento per 20 anni
- 5. Opportuno interfacciamento con la linea di rivelazione e l'infrastruttura sottomarina

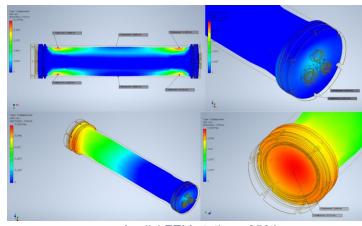
#### Tra i requisiti di progettazione:

- 1. Alloggiamento del frame interno
- 2. Resistenza alla pressione e all'ambiente marino:
  - a) con deformazioni contenute (spessori opportuni cilindro/flange)



- Coeff. Sicurezza = 6
- Max deformazione radiale ≈ 0,2mm
- Max deformazione longitudinale ≈ 0,9mm
- Nessuna trasmissione di tensioni sui componenti interni





<u>Analisi FEM statica a</u> 350 bar (teoria di Von Mises per materiali duttili)







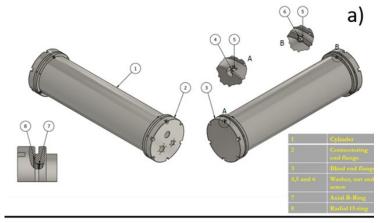


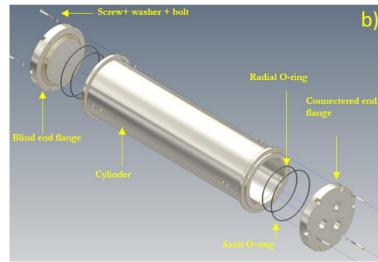


## Progettazione meccanica del BM

- 2. Resistenza alla pressione e all'ambiente marino:
  - b) tenuta stagna: analisi interfaccia accoppiamento, definizione delle tolleranze opportune, impiego di anelli di tenuta con ridondanza (2 per ogni flangia)
  - c) affidabilità per 20 anni: materiale scelto titanio Ti6Al-4V (grado V)

Trade name	1 6Al-4V				
Standards	Material No.	EN Designa	etion	ASTM	UNS
	3.7164/65	Titan Grade 5 (6Al-4V) Ti-G		e 5 (6 Al 4V)	R56400
Chemical Composition	C	V	N	Tì	Al
	% ≤ 0.08	% 3.50-4.50	% ≤ 0.05	≤ % Rest	% 5.50-6.75
	Fe %	0 %	H %		
	≤ 0.40	≤ 0.20	≤ 0.015		
Mechanical Properties 20°C	Hardness HB 30 ≤ HB	0.2% Yield strength R <sub>p</sub> ≥ N/mm <sup>2</sup>	Tensile strength R <sub>m</sub>	Elongation A <sub>5</sub> ≥ %	Modulus of elasticity kN/mm²
	310	830	≥895	10	114
Physical Properties 20°C	Density g/cm <sup>3</sup>	Specific heat capacity J/kg K	Thermal conductivity W/m K	Electrical resistivity Ω mm²/m	
	4.43	560	7.1	1.71	











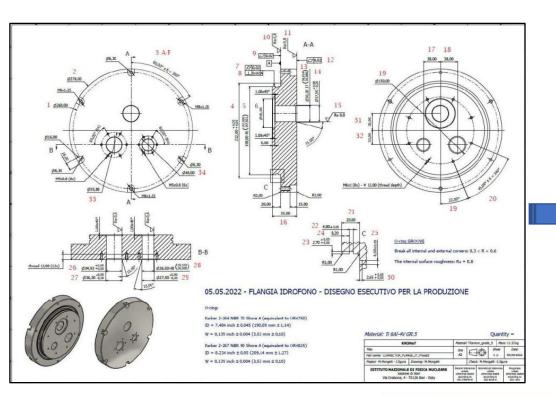




## Accettazione dei contenitori in titanio in produzione

La fase di accettazione dei componenti del BM comprende:

- 1. Verifica dei report inviati con la produzione
- 2. <u>Controllo dimensionale a campione</u> mediante macchina di misura CMM (in foto)
- 3. <u>Analisi dei report di Non Conformità (quando presenti)</u> al fine di accettare anche piccoli valori di fuori tolleranza





	MM	PLAN_0.02(RIF_9) - PIANO-A								
AS	NOMINALE	MIS	TOLL POS	TOLL NEG	DEV	FUORITOL	MAX	MIN		
М	0.000	0.018	0.020	0.000	0.018	0.000	0.009	-0.009		
#	ММ	MIS.Ø198F6(RIF_5) - Ø198F6								
AS	NOMINALE	MIS	TOLL POS	TOLL NEG	DEV	FUORITOL	MAX	MIN		
D	198.000	197.953	-0.050	-0.079	-0.047	0.003	197.964	197.945	<u></u>	
Ø	MM	CILTÀ_0.02(RIF_7) - Ø198F6								
AS	NOMINALE	MIS	TOLL POS	TOLL NEG	DEV	FUORITOL	MAX	MIN		
М	0.000	0.009	0.020	0.000	0.009	0.000	0.005	-0.004		

Verifica interfacce: l'accettazione avviene solo se è garantito il rispetto degli accoppiamenti secondo le tolleranze di progetto











## Qualifica meccanica del BM: test in pressione

- 1. Il contenitore è stato assemblato nel Laboratorio di Bari.
- 2. Il test in pressione è stato condotto in camera iperbarica, presso il laboratorio MacArtney in Francia, in accordo con la procedura NF X10-812:
  - 8h a 525bar
  - 10 cicli di 1h a 350bar

L'obiettivo è stato verificare che non ci fosse assolutamente ingresso di acqua all'interno del BM attraverso le interfacce con l'esterno (le 2 flange e i fori dei connettori)













Il test ha permesso di validare la progettazione del BM da un punto di vista meccanico.











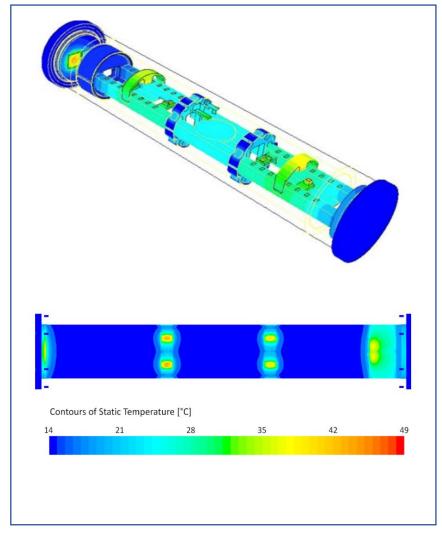
#### Progettazione meccanica del BM

#### Principali criticità nella progettazione del frame interno:

- 1. Sollecitazione dei componenti elettro-ottici durante l'integrazione, la movimentazione e il deployment del BM
- 2.Contenimento della temperatura dei componenti elettro-ottici in accordo con gli studi di affidabilità degli stessi per 20 anni

#### Tra i requisiti di progettazione:

- 1. Opportuno alloggiamento e fissaggio dei componenti sul frame
- 2. Fissaggio del frame al contenitore in titanio
- 3. Capacità di dissipazione termica per un valore complessivo sui **100W**, nel rispetto della criticità al punto 2, mediante processo di conduzione termica. Superfici di scambio tra: a) componenti e frame; b)frame e contenitore; c) contenitore e ambiente marino a 14°C



Analisi di simulazione CFD in acqua a T=14°C









## Qualifica meccanica del BM: test termici in acqua

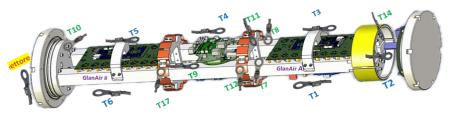
I test termici sono stati condotti presso il laboratorio di Bari. Il BM, come in configurazione di lavoro, è stato immerso in una vasca di acqua a  $T_{water}$  = 14 [°C].

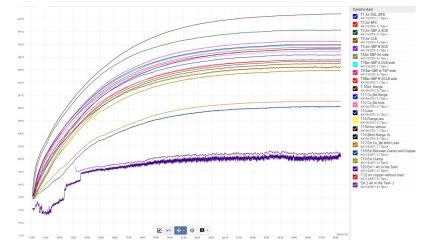
Sono stati posti sensori di temperatura in diversi punti del sistema (esterni al cilindro, interni e a contatto con il frame, interni non a contatto, nella vasca.

L'analisi dei dati ha consentito di validare la progettazione del BM da un punto di vista termico.















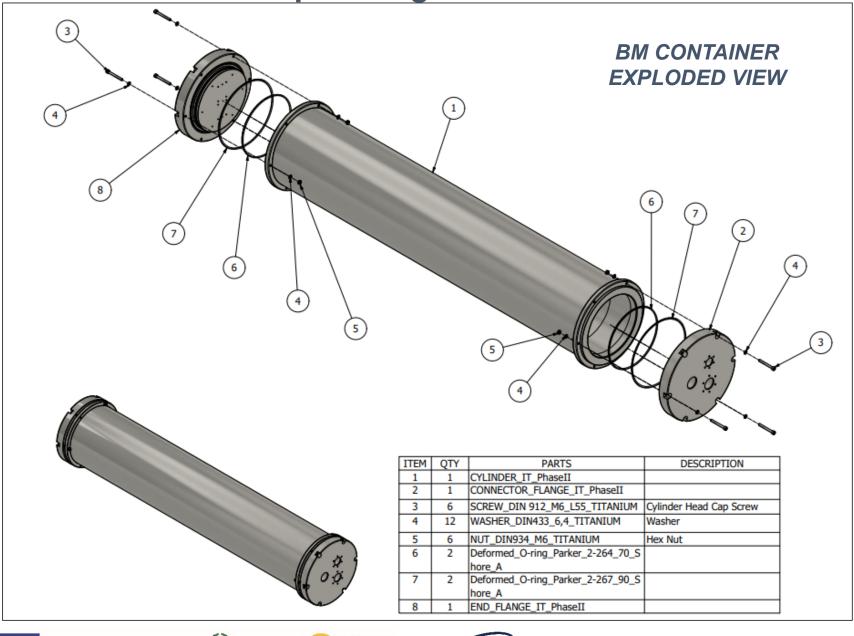




Documenti meccanici per integrazione

I disegni esplosi rappresentano dei documenti tecnici necessari per le fasi di integrazione dei BM:

- Facilità di lettura e supporto nell'assemblaggio dei componenti nelle diverse fasi di integrazione
- Generazione della distinta componenti (BOM) fondamentale per la fase di acquisto dei materiali





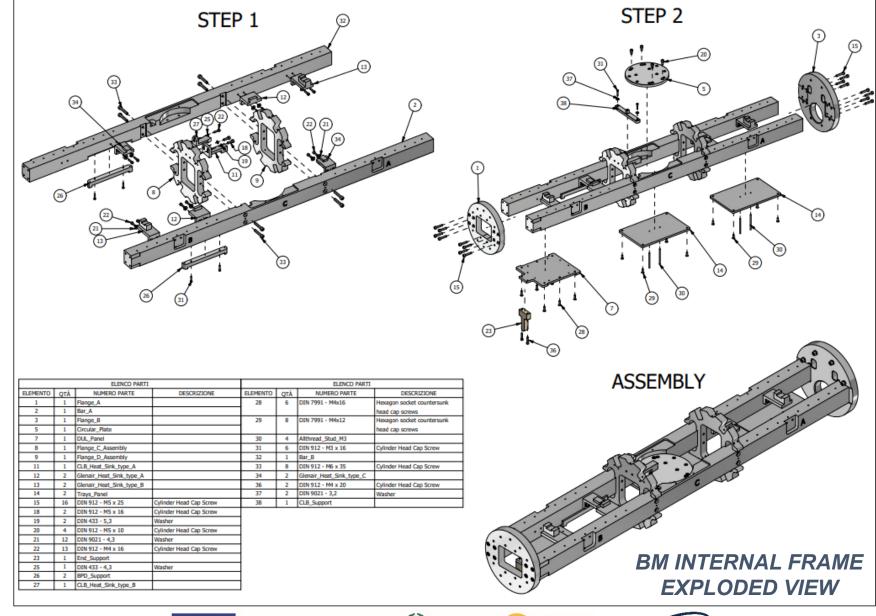








## Documenti meccanici per integrazione





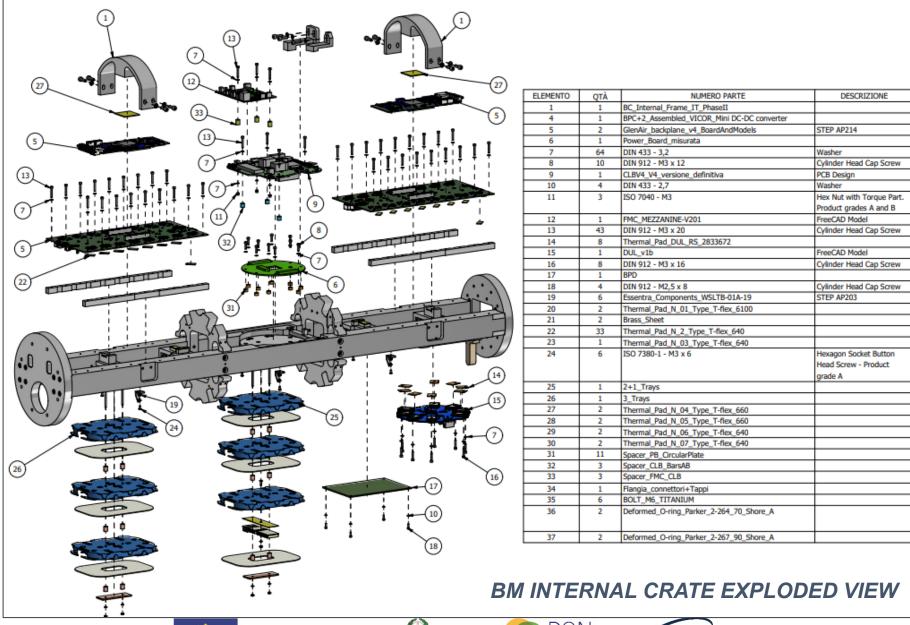








## Documenti meccanici per integrazione













## Integrazione dei moduli di base

1. Workshop per training integrazione dei nuovi moduli di base presso il Laboratorio di integrazione a Bari (dal 08/11/22 al 11/11/22)



2. Collaborazione per l'apertura e l'attrezzaggio del sito di integrazione delle DU presso il Politecnico di Bari











# Grazie per l'attenzione!







