

# VERSO CYGNO 0.4 .....

Upgrade 29/01/2024

costellazione  
del CIGNO



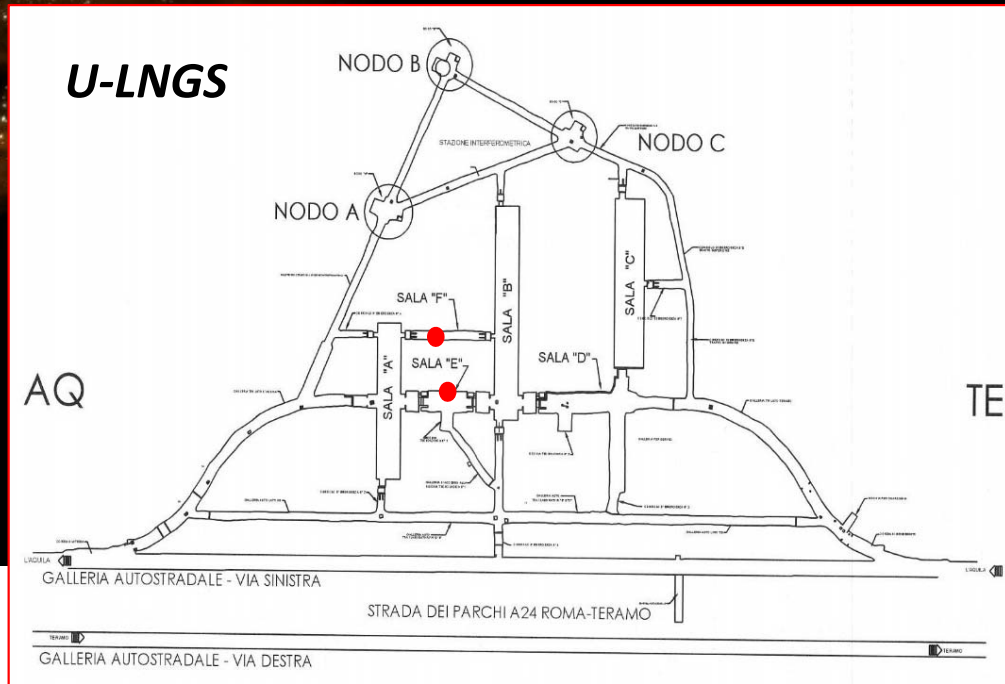
sistema  
solare



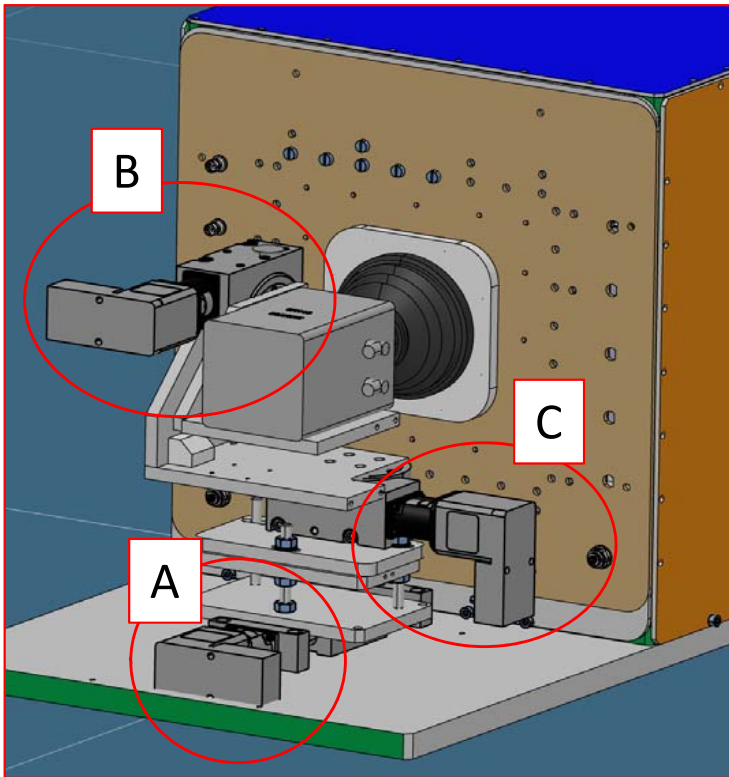
rotazione  
della galassia



... PRATICAMENTE DALLA SALA "E" ALLA SALA "F"  
( CIRCA 30 METRI IN LINEA DI ROCCIA )



L'utilizzo di questo setup su Cygno 0.4 comporterà, oltre al lavoro di adattamento al tipo di telecamera che verrà utilizzata e le interface meccaniche per l'ancoraggio sulla "Copper-Box", anche l'implementazione del controllo remotizzato delle tre regolazioni di "Fine-Positioning"



### STUDIO PRELIMINARE ESEGUITO:

- A) AZIONAMENTO LINEARE LUNGO ASSE "Z"
- B) AZIONAMENTO ROTAZIONE INTORNO ASSE "X"
- C) AZIONAMENTO ROTAZIONE INTORNO ASSE "Y"

### SETUP GUIDE MOTORIZZATE:

2x tavole rotanti Norelem con motore passo-passo. 4400 €+IVA  
 1x guida lineare Norelem con motore passo-passo, corsa 75 mm. 1222 €+IVA  
 Il controllo di posizionamento integrato consente una programmazione semplificata.  
 Software di controllo scaricabile (gratis) + accessori. No driver per Linux.

**TOTALE: per ogni telecamera = 6.000 + Iva (circa) x 4 telecamere = 25.000 + Iva**

#### Descrizione articolo/immagini prodotto



#### Descrizione

**Materiale:**  
 Supporto di cuscinetto e slitta in lega di alluminio.  
 Perni di centratura e mandrino filettato in acciaio inox.  
 Cuscinetto radente per perni di centratura e dado del mozzo in plastica speciale di ottima qualità.  
 Cinghie dentate in neoprene, profilo 3M.

**Versione:**  
 Lega di alluminio anodizzata.  
 Acciaio inox temprato e rettificato.  
 Mandrino filettato con cuscinetti a sfera.

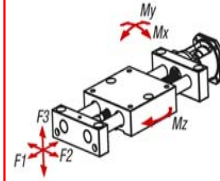
**Indicazioni per l'acquisto:**  
 Posizione dell'unità di avviamento, uscita cavo e/o unità di controllo fornita come rappresentato nel disegno tecnico.

**Nota:**  
 Tavole di posizionamento per operazioni di regolazione e posizionamento a motore. Le boccole di scorrimento e i dadi del mandrino sono adatti per il funzionamento a secco, si consiglia tuttavia una lubrificazione con un grasso per cuscinetti radenti in plastica. Il software di programmazione e il cavo di interfaccia per il motore passo-passo con controllo di posizionamento vengono offerti come accessori (25000-15).

Il motore passo-passo con la sua risoluzione di 200 passi per giro consente una precisione di posizionamento da una direzione di 0,005 mm. La precisione di posizionamento assoluta da una direzione è pari a 0,01 mm. Il sistema può essere utilizzato con un tempo di accensione del 100%.

Combinabile con tutti i componenti della stessa grandezza.

**Dati tecnici:**  
 Alzata mandrino filettato: 2 mm  
 Gioco assiale mandrino filettato: <0,04 mm  
 Gioco radiale guide: <0,02 mm  
 N. giri ingresso massimo: 600 U/min  
 Velocità massima di spostamento: 20 mm/s  
 Tempo di accensione massimo: 100 %  
 Temperatura di funzionamento: da +10 °C a +50 °C



#### Descrizione articolo/immagini prodotto



#### Descrizione

**Materiale:**  
 Corpo base e tavola rotante in lega di alluminio.  
 Albero cavo in acciaio inox.  
 Ingranaggio elicoidale precaricato in acciaio.  
 Accoppiamento a denti in alluminio con giunto a stella in poliuretano.

**Versione:**  
 Lega di alluminio anodizzata.

**Indicazioni per l'acquisto:**  
 La posizione di uscita cavo e/o unità di controllo viene fornita come rappresentato nel disegno tecnico.

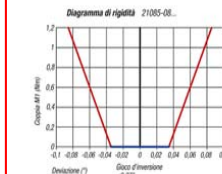
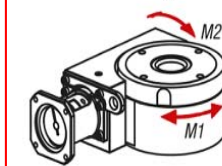
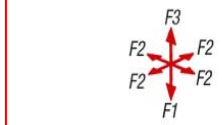
**Nota:**  
 Tavole di posizionamento rotanti per operazioni di regolazione e posizionamento a motore. L'ingranaggio elicoidale precaricato in acciaio opera quasi senza gioco. Il cuscinetto della vite senza fine offre la massima precisione di rotazione radiale. Il grande foro nell'albero cavo consente il passaggio di cavi. Con l'anello di posizionamento regolabile è possibile definire a scelta il punto di riferimento della rotazione rispetto alla posizione del componente montato. Montaggio di interruttori di prossimità con il supporto per il sensore (21094) opzionale. Il software di programmazione e il cavo dell'interfaccia per il motore passo-passo con controllo di posizionamento vengono offerti come accessori (25000-15).

Il motore passo-passo con la sua risoluzione di 200 passi per giro consente una precisione di posizionamento da una direzione pari a 0,005 mm. La precisione di posizionamento assoluta da una direzione ammonta a 0,01 mm. Il sistema può essere utilizzato con un tempo di accensione del 100%.

Combinabile con tutti i componenti della stessa grandezza.

**Dati tecnici:**  
 21085-08\*:  
 Rapporto di trasmissione: 40:1  
 Gioco d'inversione: <0,12°  
 Gioco radiale: <0,02 mm  
 N. giri ingresso massimo: 600 U/min  
 Tempo di accensione massimo: 100 %  
 Coppia di ingresso richiesta: 0,15 Nm  
 Rigidità: vedere diagramma  
 Girevole: 360°, senza fine  
 Temperatura di funzionamento: da +10 °C a +50 °C

21085-12\*:  
 Rapporto di trasmissione: 55:1  
 Gioco d'inversione: <0,1°  
 Gioco radiale: <0,02 mm  
 N. giri ingresso massimo: 600 U/min  
 Tempo di accensione massimo: 100 %  
 Coppia di ingresso richiesta: 0,15 Nm  
 Rigidità: vedere diagramma  
 Girevole: 360°, senza fine  
 Temperatura di funzionamento: da +10 °C a +50 °C



Upgrade 29/01/2024

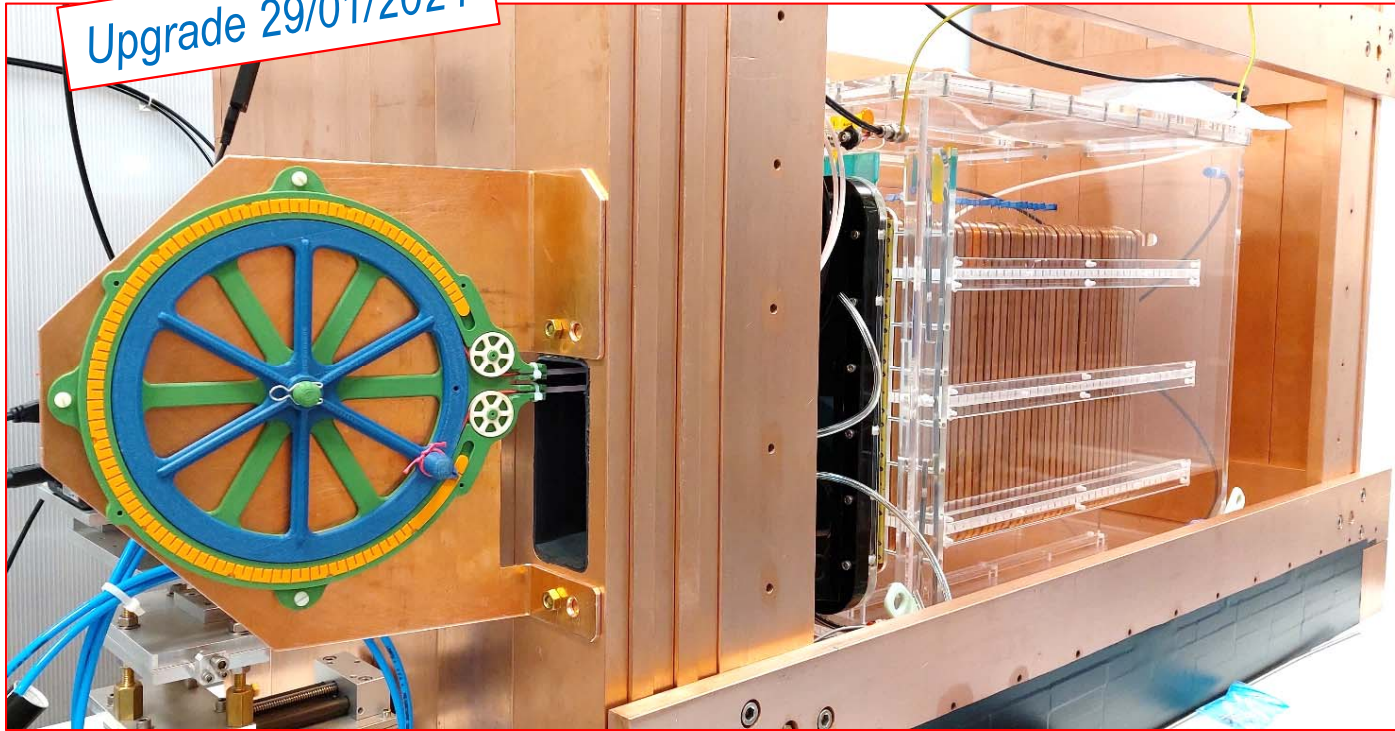
NEL MEETING DEL 15/01/2024 E' STATO DECISO CHE I SUPPORTI DELLE 4 TELECAMERE PER CYGNO 0.4 NON SARANNO MOTORIZZATI E NON AVRANNO AZIONAMENTI DI REGOLAZIONE "FINE POSITIONING" NE' MANUALI NE' MOTORIZZATI.

PER IL POSIZIONAMENTO SARA' SUFFICIENTE IL SETUP UTILIZZATO SU MANGO-STEEL, QUINDI CON SUPPORTO MECCANICO PROVVISORIO DEI GRADI DI LIBERTA' NECESSARI PER ESEGUIRE IL POSIZIONAMENTO "ONCE FOREVER"



# POSIZIONAMENTO SORGENTE

Upgrade 29/01/2024

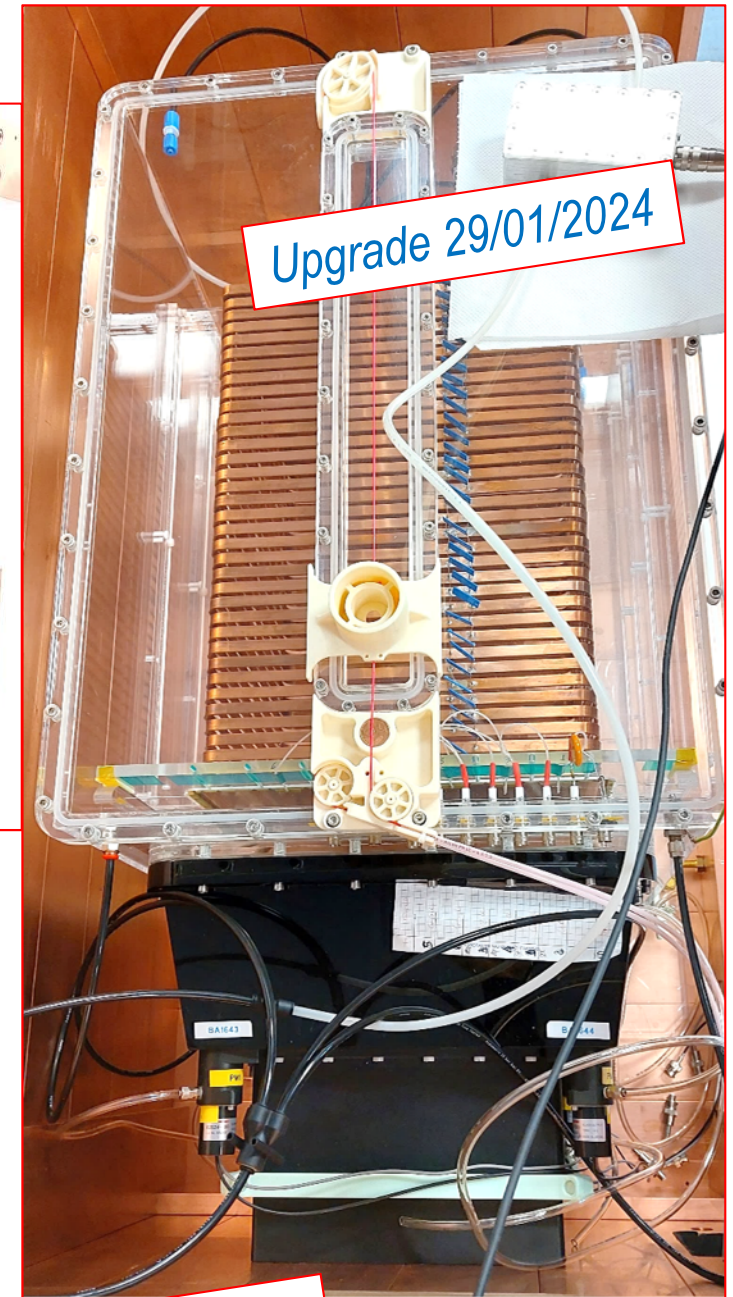


Il Sistema di posizionamento con controllo da remote è stato realizzato e al momento sembra funzionare (va tenuto in considerazione che si tratta di un setup "giovane")

Nato come Sistema manuale, successivamente è stato equipaggiato con step-motor e fine corsa con controllo da remoto (tramite Arduino).

La soluzione adottata è, di fatto, un "su misura" per Lime e le uniche parti che potranno essere riutilizzate su Cygno 0.4 sarà il motore e il controllo (forse).

*Il Sistema dovrà essere sviluppato ex novo in base alle soluzioni che verranno adottate nella realizzazione del setup finale.*



Upgrade 29/01/2024

Upgrade 29/01/2024  
RECEPITO 15/01/2024

# CYGNO - LIME NEUTRON SHIELDING

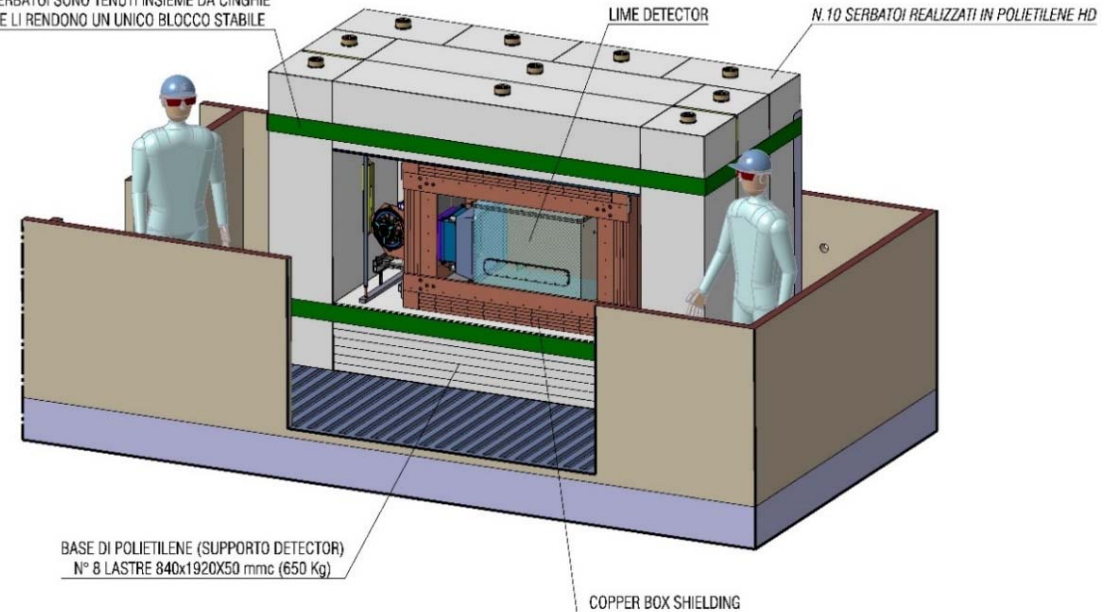
**COSTO TOTALE**  
BASE + SERBATOI = 21.000 euro

DIMENSIONE E VOLUME DEI 14 SERBATOI

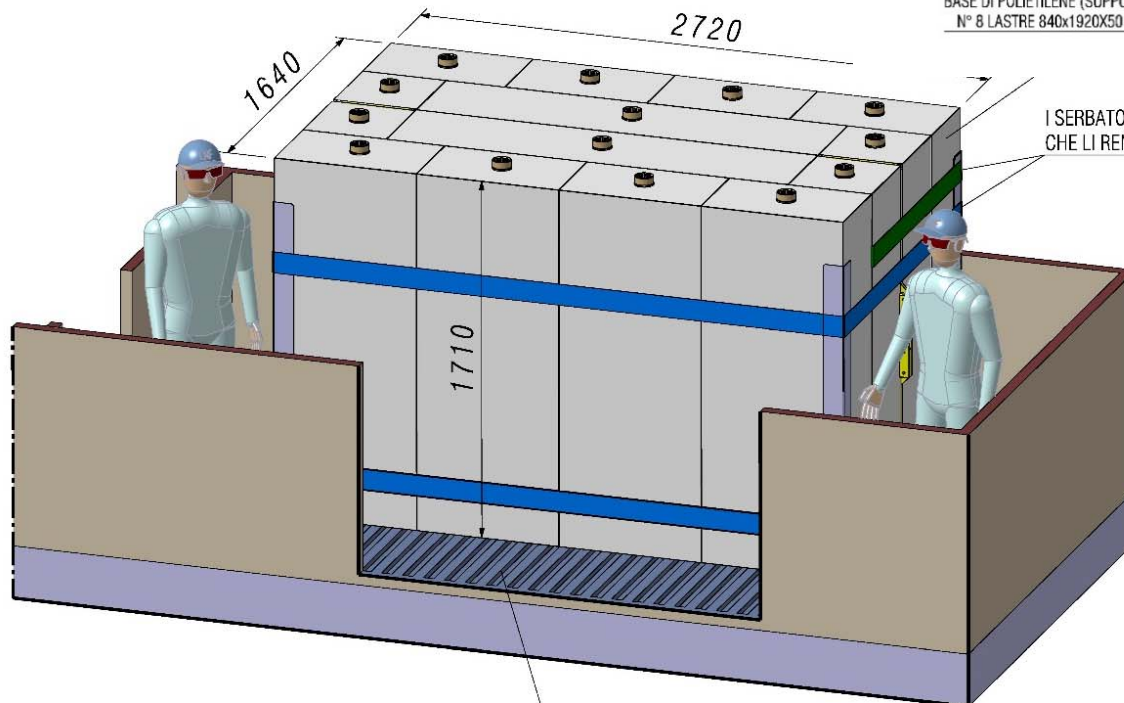
Dim1 (mm)	Dim2 (mm)	Dim3 (mm)	Litri	Qu	Totale	
680	400	1710	465	n. 8	3720	Litri
410	400	1710	280	n. 4	1120	Litri
420	400	1920	323	n. 2	646	Litri
			Totale	14	5500	Litri

SETUP CON I QUATTRO SERBATOI FRONTALI SVUOTATI E RIMOSI PER AVERE ACCESSO AL DETECTOR

I SERBATOI SONO TENUTI INSIEME DA CINGHIE CHE LI RENDONO UN UNICO BLOCCO STABILE



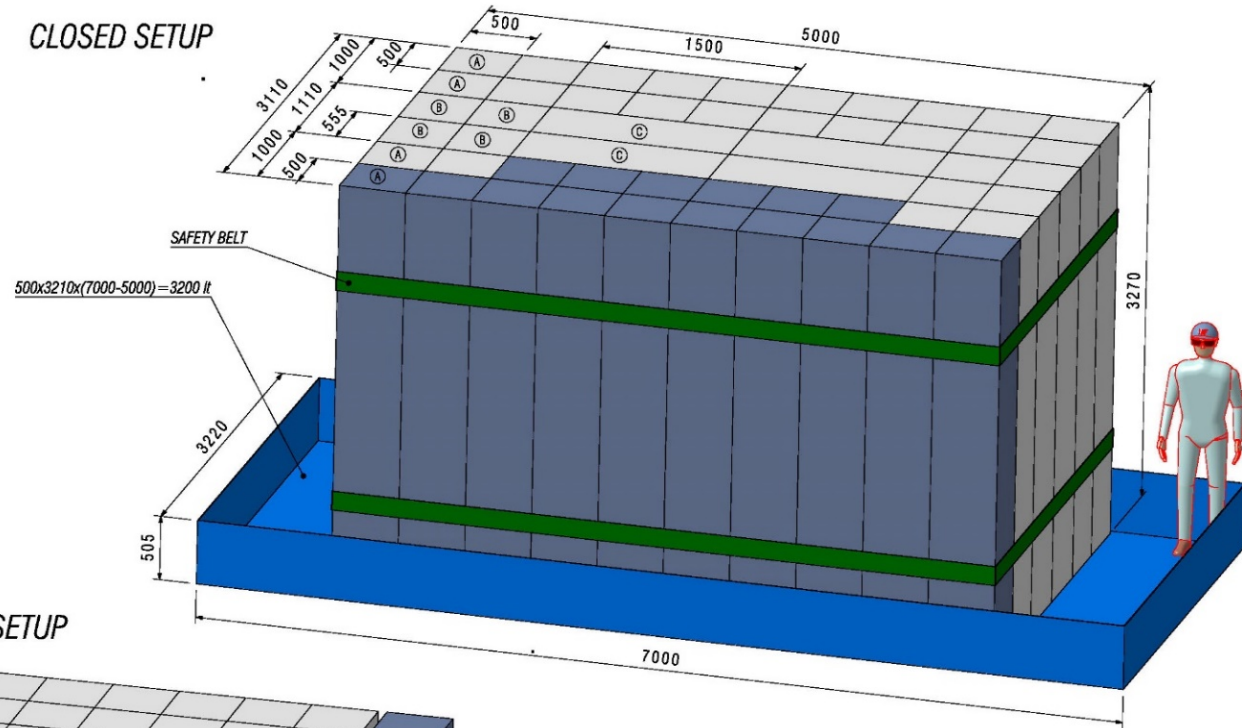
I SERBATOI SONO TENUTI INSIEME DA CINGHIE CHE LI RENDONO UN UNICO BLOCCO STABILE



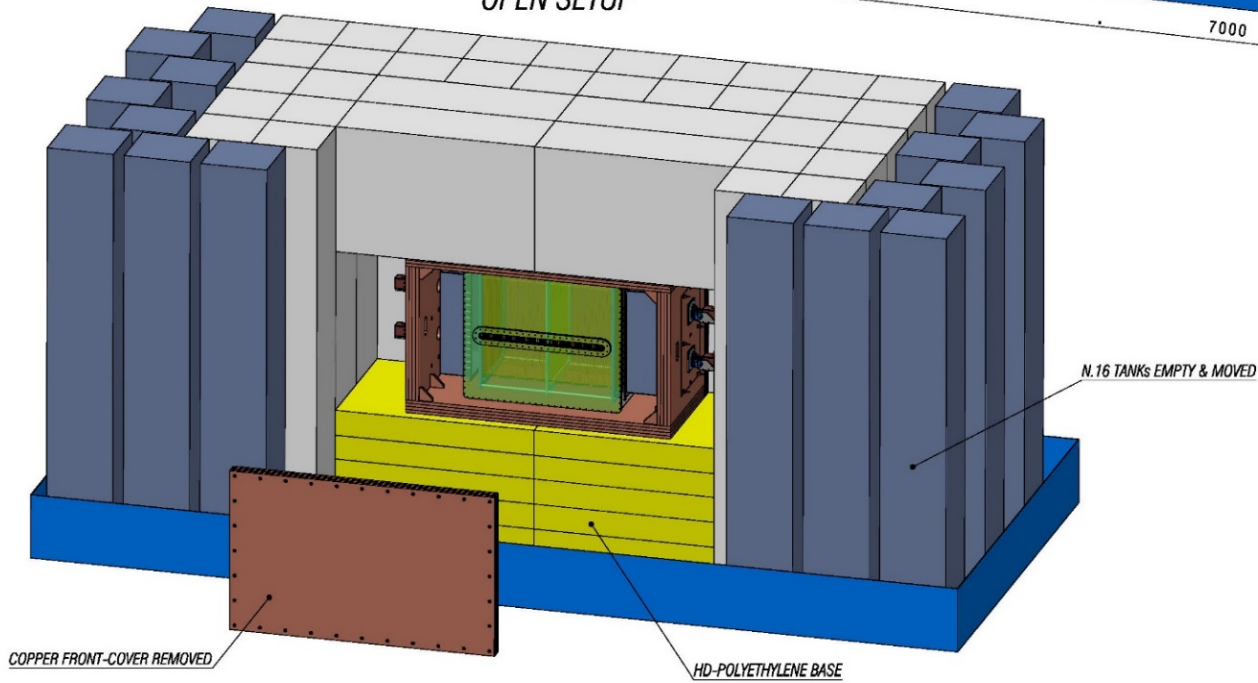
IL PAVIMENTO E' REALIZZATO IN GRIGLIATO DI ACCIAIO ZINCATO  
AL DI SOTTO ABBIAMO UNA VASCA DI CONTENIMENTO DI 2000 Litri

**CYGNO 0.4**  
**NEUTRON SHIELDING**  
 SCHEMA ALLEGATO AL TDR  
 SEGUENDO IL SETUP ADOTTATO  
 PER LIME UNDERGROUND

CLOSED SETUP



OPEN SETUP



**NEUTRON SHIELDING SETUP:**

- 40 mc OF WATER CONTAINED IN 48 POLYETHYLENE TANKS
- 3.4 mc HD-POLYETHYLENE (AS BASE OF DETECTOR)
- N. 40 TANKS (A) -> 500x500x3270 -> 817 lt x 40 = 33 mc (WATER)
- N. 04 TANKS (B) -> 555x500x3270 -> 908 lt x 4 = 3.6 mc (WATER)
- N. 04 TANKS (C) -> 555x1500x1000 -> 833 lt x 4 = 3.4 mc (WATER)
- MAX WEIGHT OF EMPTY TANK IS 72 Kg x 48 TANKS = 3.456 Kg
- N. 01 POLYETHYLENE BASE -> 1110x3000x1000 = 3.330 Kg
- Total = 6.786 Kg\*

PART.N	DRAWING	MATERIAL	DENOMINATION	WEIGHT	Q.TY
General tolerance ISO 2768-mK-E		Geometrical tolerance ISO 8015-E		Roughness ISO 1302	
NATIONAL INSTITUTE FOR NUCLEAR PHYSICS FRASCATI NATIONAL LAB RESEARCH DIVISION - SEM			SIZE A2 PROJECTION	DATE: / / DATE: / / DATE: / /	NAME: / / / NAME: / / / NAME: / / /
CYGNO EXPERIMENT			12/06/2022	C. Capoccia	
CYGNO 0.4 DETECTOR			1:25		
DETECTOR WATER SHIELDING SETUP			5/6		
					CY4-01-S

<b>NEUTRON SHIELDING</b>		<b>LIME</b>	<b>CYGNO</b>	<b>Note</b>
<b>SERBATOI - QUANTITA'</b>	N.	14	48	
<b>COSTO TOTALE SERBATOI</b>	EURO	14.300	98.057	(2.043x48)
<b>COSTO MEDIO SERBATOIO</b>	EURO	1.021	2.043	(1.021x2)
<b>METRI CUBI ACQUA</b>	MC	5,5	40	
<b>COSTO MEDIO PER MC</b>	EURO	2.600	2.600	
<b>COSTO TOTALE (PER MC)</b>	EURO		104.000	(2.600x40)
<b>MEDIA COSTO SETUP SERBATOI</b>	EURO		101.029	
<b>COSTO BASE POLIETILENE</b>	EURO	6.500	30.643	(9.286x3,3)
<b>METRI CUBI POLIETILENE</b>	MC	0,7	3,3	
<b>COSTO MEDIO PER MC</b>	EURO	9.286	9.286	
<b>COSTO VASCA</b>	EURO	//	??	
	EURO	20.800	131.671	<b>TOTALE</b>

*Costo medio Lime x 2 considerando l'altezza doppia*

*Valutazione probabilmente eccessiva in quanto le lavorazioni (che decretano il costo) non sono il doppio. Va anche considerate che abbiamo un quantitativo consistente di serbatoi uguali che concorrono a contenere i costi.*

*Valutazione che probabilmente può essere considerata congrua in quanto va aggiunto il costo dell'attrezzatura di handling.*

*Es. Costo medio 1.500x48=72.000 + Handling Tools 25.000 (?)*

DA CONSIDERARE, IN MERITO AL NEUTRON SHIELDING PER CYGNO 0.4:

Va premesso che la soluzione adottata per Lime risulta appropriata per un setup a "dimensione d'uomo" quindi "user friendly" ed economicamente vantaggiosa, ma potrebbe non essere più valida/vantaggiosa per un setup di dimensioni maggiori che comportano un impegno maggiore in termini di strutture e attrezzature.

**La progettazione del Neutron Shielding dovrà per forza di cose, essere un esercizio mirato ad avere un "fit" tra dimensione - numero dei serbatoi e tools per la "gestione" degli stessi in termini di handling e safety.**

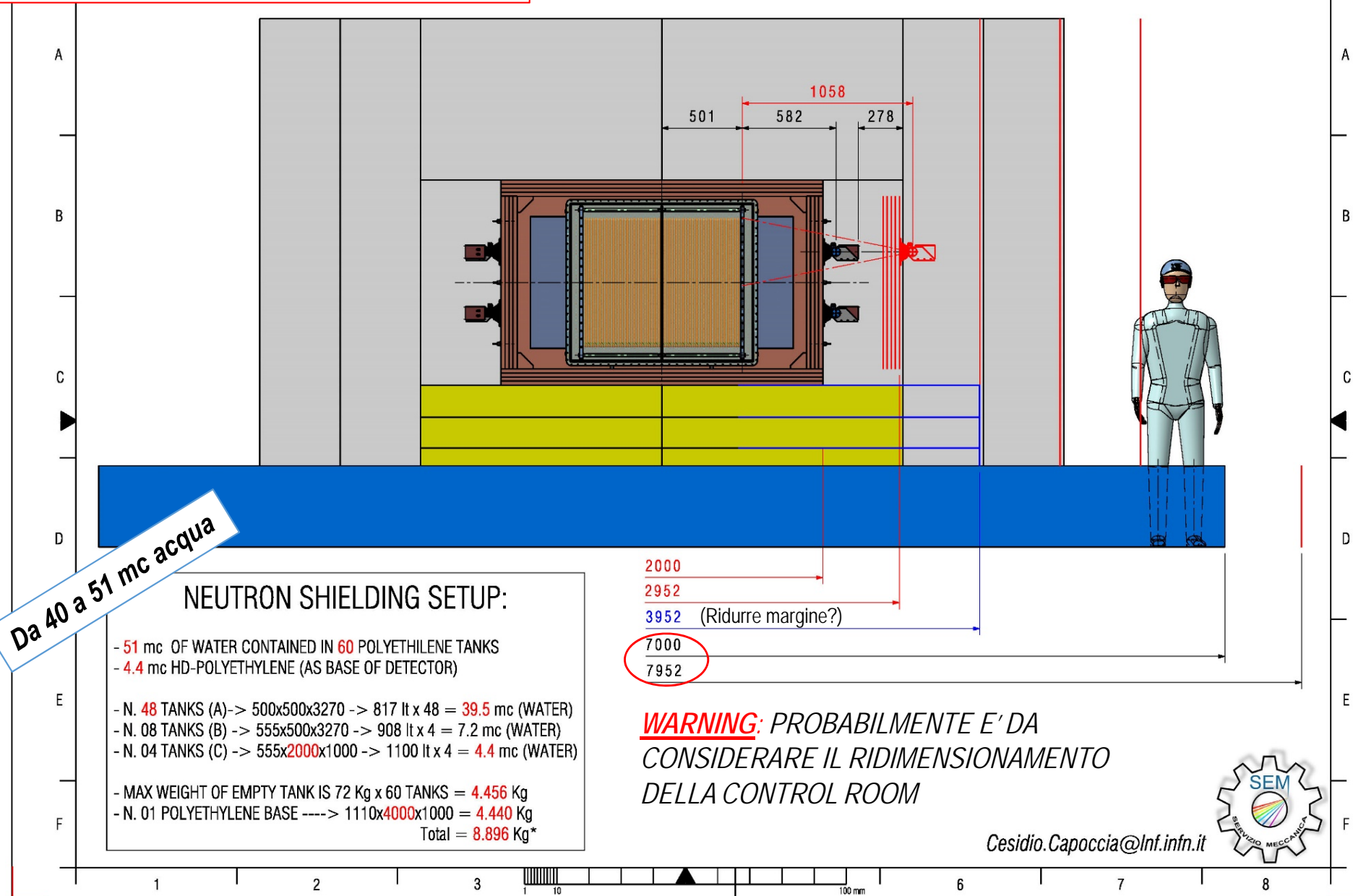
Note:

La **base di polietilene** dovrà integrare dei sistemi (vincoli) per risultare stabile

La **vasca** da realizzare è tutta da sviluppare (bisognerà cercare qualche riferimento)

Upgrade 29/01/2024  
RECEPITO 15/01/2024

**CYGNO 0.4 - NEUTRON SHIELDING**  
 INGOMBRI AGGIORNATI - DISTANZA TELECAMERA



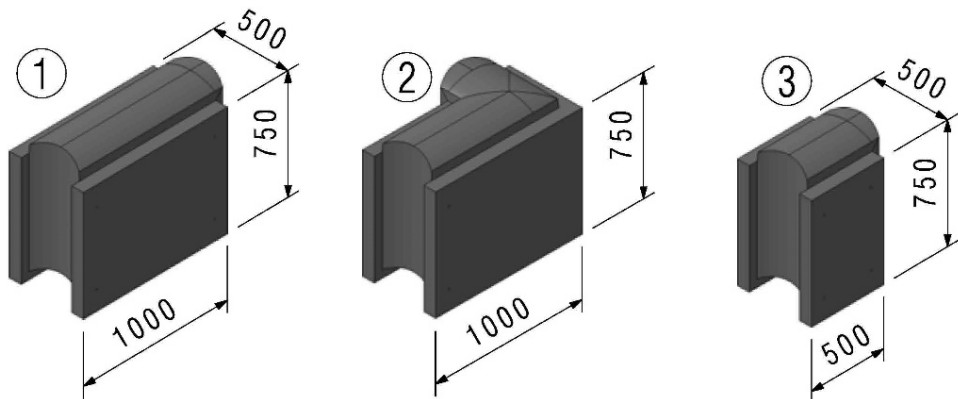


## COSTI - NEUTRON SHIELDING

INGOMBRI AGGIORNATI -> DISTANZA TELECAMERA

NEUTRON SHIELDING		LIME	CYGNO	Note
SERBATOI - QUANTITA'	N.	14	60	
COSTO TOTALE SERBATOI	EURO	14.300	122.571	(2.043x60)
COSTO MEDIO SERBATOIO	EURO	1.021	2.043	(1.021x2)
METRI CUBI ACQUA	MC	5,5	51	Da 40
COSTO MEDIO PER MC	EURO	2.600	2.600	
COSTO TOTALE (PER MC)	EURO		132.600	(2.600x51)
MEDIA COSTO SETUP SERBATOI	EURO		127.586	
<b>COSTO BASE POLIETILENE</b>	EURO	6.500	40.857	(9.286x4,4)
METRI CUBI POLIETILENE	MC	0,7	4,4	
COSTO MEDIO PER MC	EURO	9.286	9.286	
<b>COSTO VASCA</b>	EURO	//	??	
	EURO	20.800	168.443	<b>TOTALE</b>

MRP TANKS (offerta Nov.2019)	250 pz	121 Keuro	484	euro/cad
	70 mc	121 Keuro	1.750	euro/mc
<b>Costo serbati con MRP Tanks</b>	<b>51</b>	<b>1.750</b>	<b>89.250</b>	<b>Euro</b>



MRP Systems Limited, 21 Sheephill Lane, New Longton, PRESTON  
Lancashire, PR4 4ZN, UK. +44(0)7483229838, [info@mrpsystemsuk.com](mailto:info@mrpsystemsuk.com)

Cesidio CAPOCCIA  
INFN ( Istituto Nazionale di Fisica Nucleare )  
LNF ( Laboratori Nazionali di Frascati )  
SPAS ( Supporto Progettazione ApparatI Sperimentali )  
Via Enrico Fermi n.40  
00044  
Frascati - ROMA  
Tel. Ufficio +39.06.94032292  
Fax +39.06.94032618

MRP Ref: MRP344

28 November 2019

Dear Cesidio,

### QUOTATION

Following your request for a quotation for a variety of parts from the MRP Barrier System, I am writing to confirm details.

Our understanding of your requirements (as per your request) is that you require;

- 100 Standard Blocks (001/MRPS/01)
- 50 Half-length Blocks (003/MRPS/01)
- 100 Corner Blocks (005/MRPS/01)

121.000 Euro / 250 Pz = 484 Euro/Cad  
- completi di staffe di collegamento

Whilst you have not asked for the parts, we have also assumed you would need;

- 96 Four Hole fixing Plates c/p with nylon setscrews and washers (011/MRPS/01)
- 84 Two Hole Fixing Plate c/p with nylon setscrews and washers (014/MRPS/01)

**The firm price for the supply of these parts will be €120,990.00 excl. VAT, incl. delivery and excl. any import taxes and duties.**

## IMPIANTO DI RIEMPIMENTO, SVUOTAMENTO, "GESTIONE" DEI SERBATOI



RIEMPIMENTO/SVUOTAMENTO

SCARICO

Ogni serbatoio avrà una connessione di riempimento/svuotamento e una di scarico

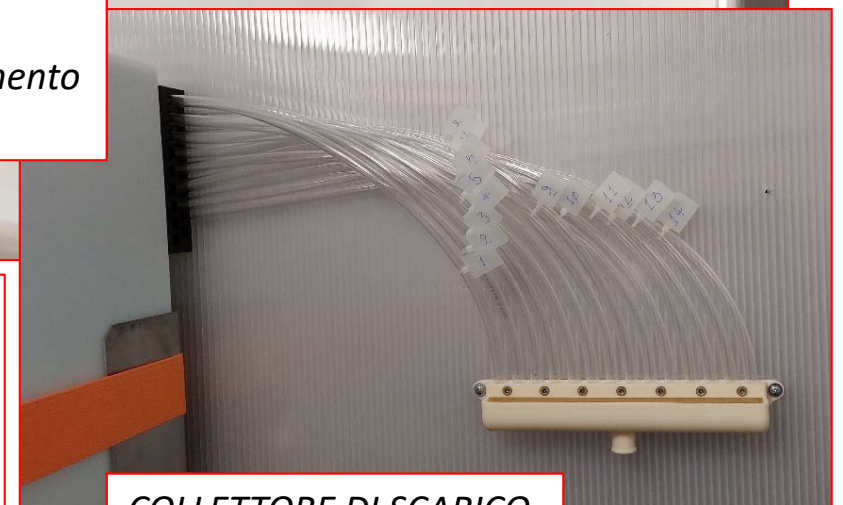
Sul setup di Lime questo impianto è di fatto "non necessario" in quanto i "bocchettoni" dei serbatoi sono accessibili (anche se non proprio comodi), almeno per le fasi di riempimento/svuotamento.

Diverso è il discorso se consideriamo la necessità di cercare "quale serbatoio perde?" in questo caso basta alimentare i serbatoi singolarmente e verificare sullo scarico quale "tarda" a scaricare.

Oppure se dobbiamo trattare l'acqua con varichina, amuchina o altro.

Oppure se vogliamo intervenire sullo shielding aggiungendo Boro...

Su Cygno 0.4 questo impianto sarà molto probabilmente necessario (H=3.5 m)



COLLETTORE DI SCARICO

Upgrade 29/01/2024

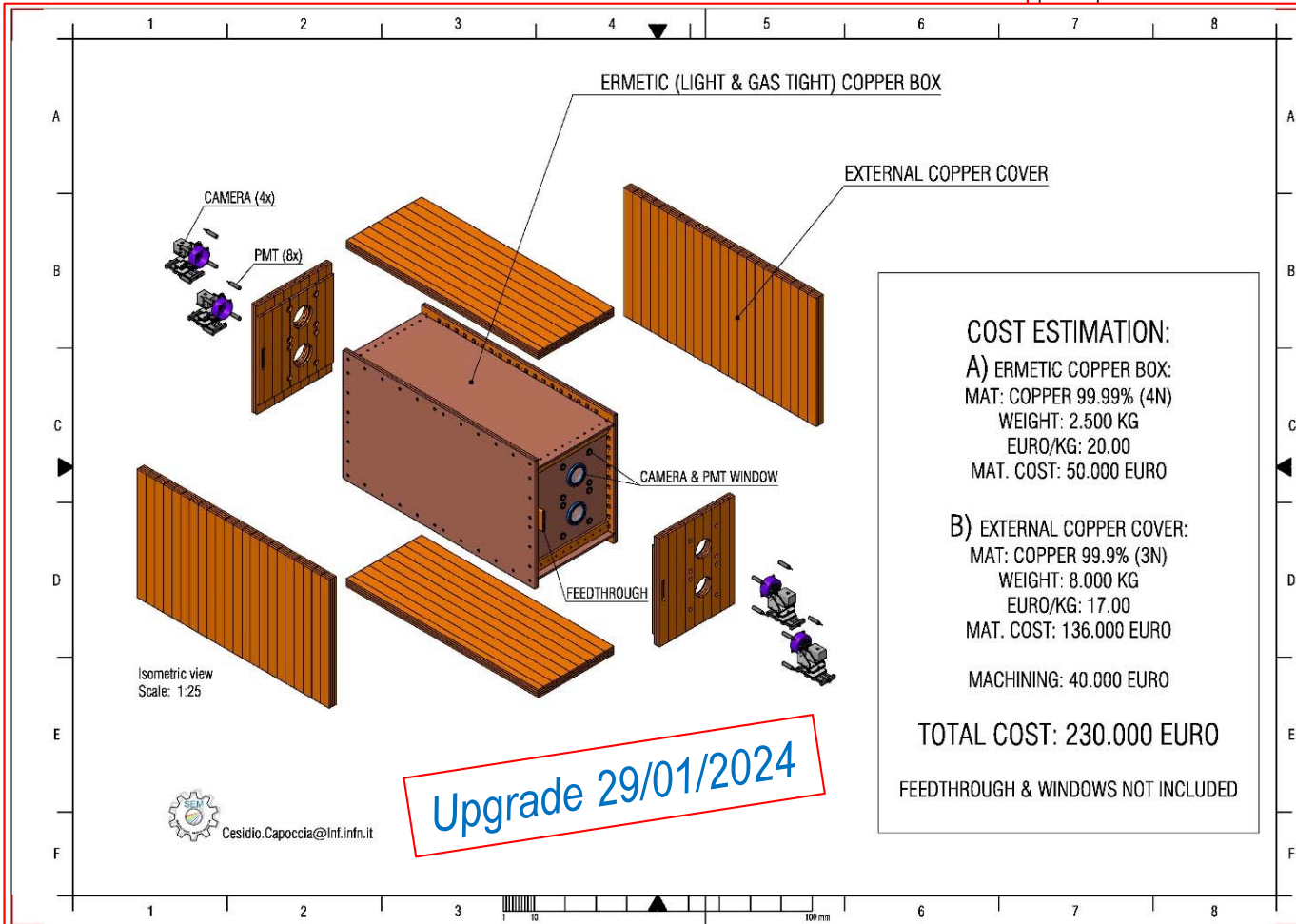
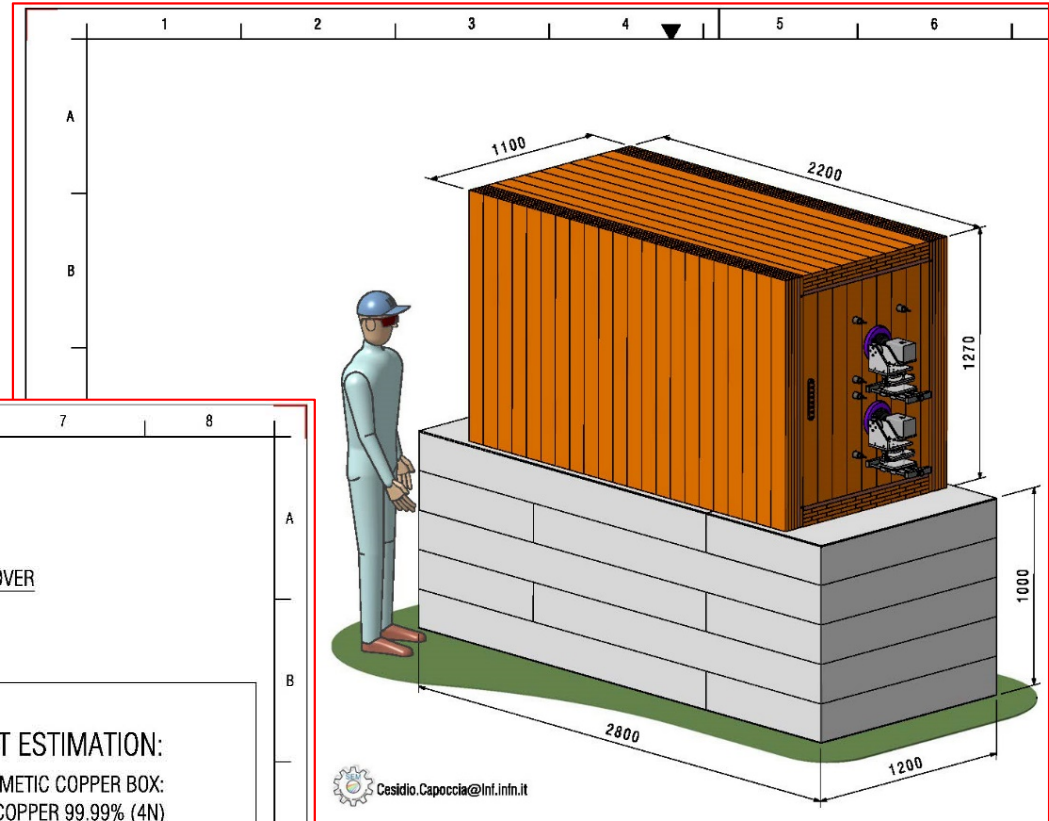
*NEL MEETING DEL 15/01/2024 ALLA VOCE "TRATTAMENTO ACQUA" IN MERITO:*

- *ALLA GENERAZIONE DI MUFFE SI E' FATTO RIFERIMENTO A LIME CHE SI TROVA IN UN BOX AL BUIO, CYGNO 0.4 SARA' IN GALLERIA ILLUMINATO 24/24H 366/365gg*
- *AL TRATTAMENTO CON BORO NON SI E' DETTO NULLA. IN REALTA' AGGIUNGENDO BORO SI AUMENTA LA CAPACITA' DI SHIELDING E QUESTO SIGNIFICA CHE A PARITA' DI SHIELDING POSSIAMO RIDURRE IL VOLUME ...*
- *... QUINDI ANDREBBE FATTO IL CONTO DELLA SERVA: COSTO ADDITIVO BORO (CONSIDERANDO ANCHE LO SMALTIMENTO) RISPARMIO SULLA REALIZZAZIONE DEI CONTENITORI (NUMERO E/O DIMENSIONI)*

# CYGNO 0.4 - COPPER BOX (VESSEL)

STUDIO (RECENTE) SULLA POSSIBILITA' DI REALIZZARE LA COPPER-BOX A TENUTA (VESSEL)

N.B. NELL'ATTIVITA' DI R.&D. ESEGUITA CON LIME E' STATA SVILUPPATA UNA BOX DI RAME CON FUNZIONE DI SOLO SHIELDING



### COST ESTIMATION:

A) ERMETIC COPPER BOX:  
 MAT: COPPER 99.99% (4N)  
 WEIGHT: 2.500 KG  
 EURO/KG: 20.00  
 MAT. COST: 50.000 EURO

B) EXTERNAL COPPER COVER:  
 MAT: COPPER 99.9% (3N)  
 WEIGHT: 8.000 KG  
 EURO/KG: 17.00  
 MAT. COST: 136.000 EURO  
 MACHINING: 40.000 EURO

TOTAL COST: 230.000 EURO

FEEDTHROUGH & WINDOWS NOT INCLUDED

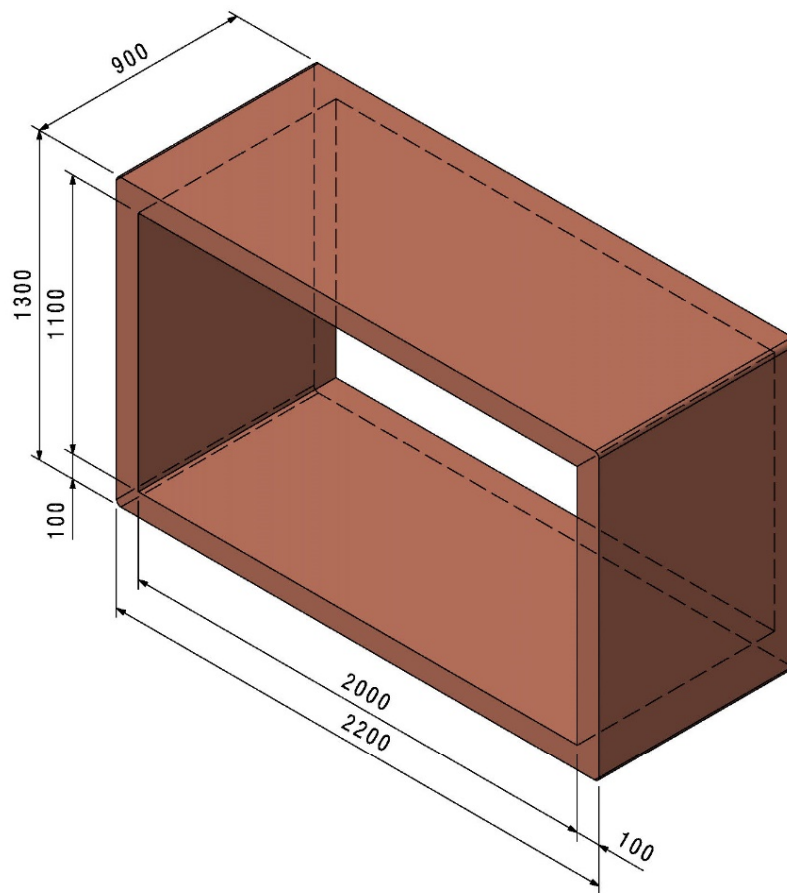
### BARRE RAME DA Exp.OPERA

LUNGH.FIN.	TAGLIO min/max	QU	SVILUPPO
700	704-707	4	2.800
604	608-611	4	2.500
643	647-650	120	77.000
900	904-907	160	144.000
1404	1408-1411	14	20.000
-----		-----	
TOTALE		302	246.300

Note: 10 ton = 60 barre x 8.5 Mt = 510 Mt  
 ( 260/8.5=31 barre )

N.29 barre taglio L=3.000 -> n.2 x 29 = 58  
 N.29 barre taglio L=2.250 -> n.3 x 29 = 87

# COPPER BOX BY CASTING



**COPPER-BOX BODY (5.3 ton)**  
REALIZZATO MEDIANTE FUSIONE E  
GETTO IN SABBIA/TERRA  
RECUPERANDO IL RAME UTILIZZATO  
PER LA COPPER BOX DI "LIME"

**DA VERIFICARE SE LA LEGA UTILIZZATA  
SI PRESTA ALLA FUSIONE & GETTO**

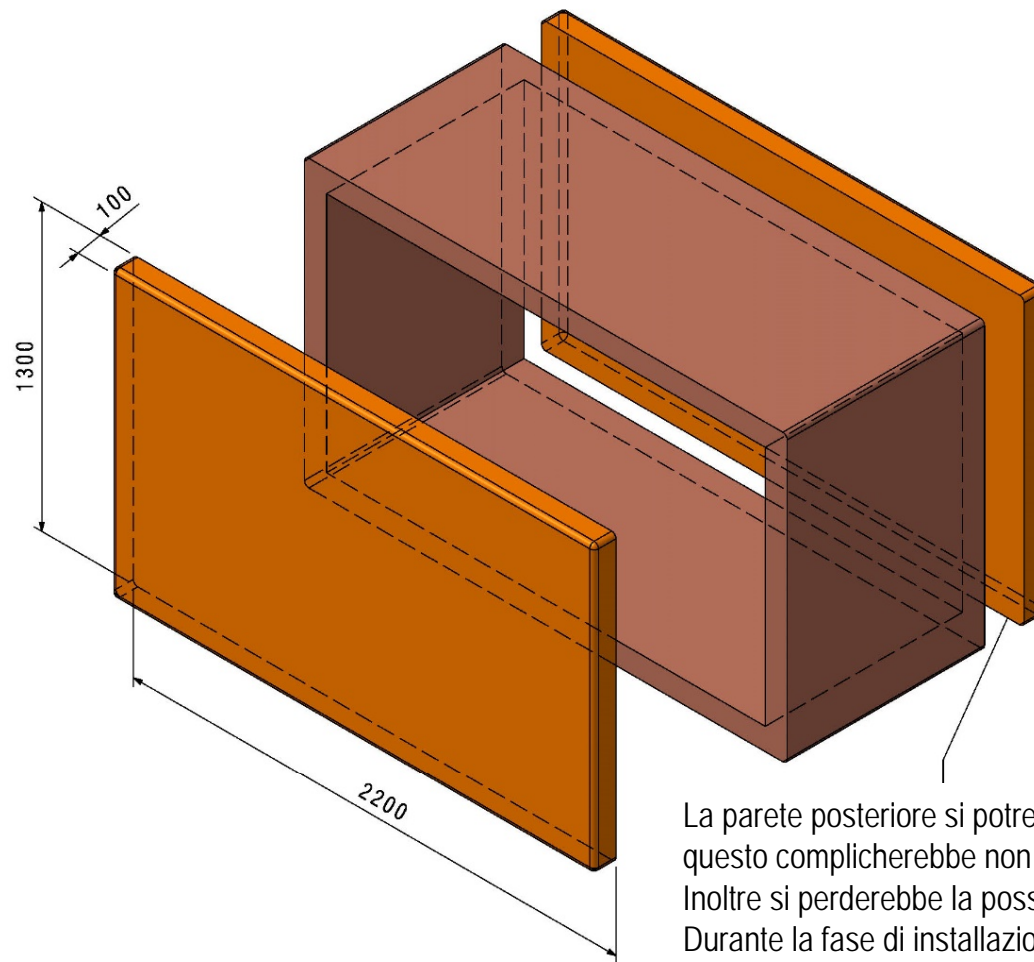
**VERIFICARE LE LAVORAZIONI SUCCESSIVE:**

- SOVRAMETALLI
- FINITURE
- TRATTAMENTI

Cesidio.Capoccia@Inf.infn.it



# COPPER BOX BY CASTING



**COPPER-BOX COVERS (2x2.5=5 ton)**  
REALIZZATE MEDIANTE FUSIONE E GETTO  
IN SABBIA/TERRA UTILIZZANDO IL RAME NON  
UTILIZZATO PER LA COPPER BOX DI "LIME"

**DA VERIFICARE SE LA LEGA UTILIZZATA  
SI PRESTA ALLA FUSIONE & GETTO**

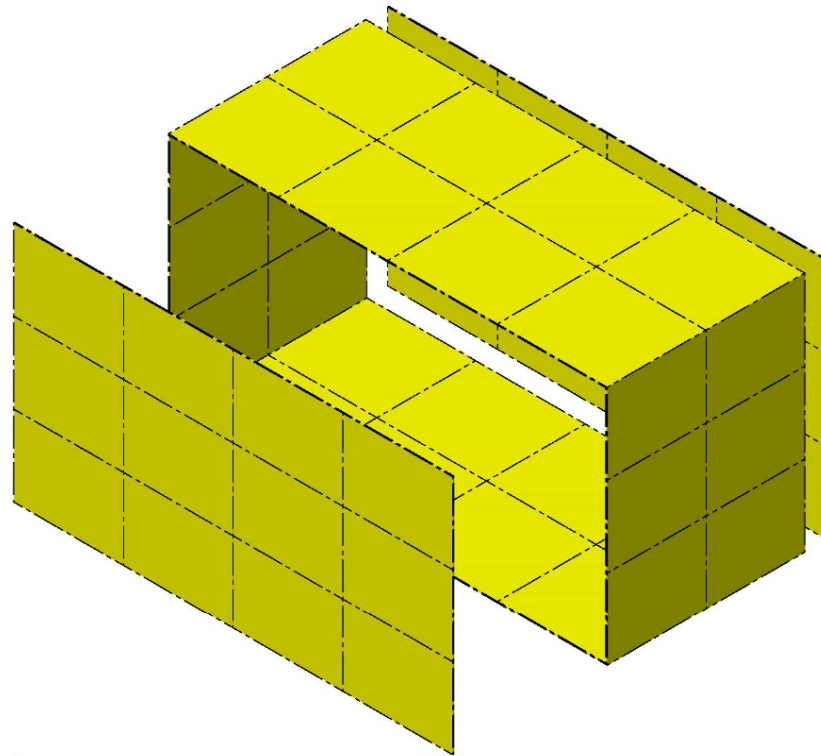
**VERIFICARE LE LAVORAZIONI SUCCESSIVE:**  
- SOVRAMETALLI  
- FINITURE  
- TRATTAMENTI

La parete posteriore si potrebbe realizzare direttamente insieme al body ma questo complicherebbe non poco lo stampo e l'handling dell'oggetto (7,8 ton). Inoltre si perderebbe la possibilità di accedere dai due lati al detector. Durante la fase di installazione e debugging si potrebbe utilizzare due "fogli" di lamiera in modo da garantire la funzionalità di Faraday Cage e Light tight.

Cesidio.Capoccia@Inf.infn.it



# COPPER BOX BY CASTING



## SHIELDING RADIO-PURO

REALIZZARE DEI PANNELLI DI GRANDEZZA  
( LxLxS ) E FORMA OPPORTUNA UTILIZZANDO  
MATERIALE RADIO-PURO (RAME....)  
DOPO LA LAVORAZIONE E SUCCESSIVI  
TRATTAMENTI, PROCEDERE AD UTILIZZARE GLI  
STESSI PER RIVESTIRE L'INTERNO DELLA BOX

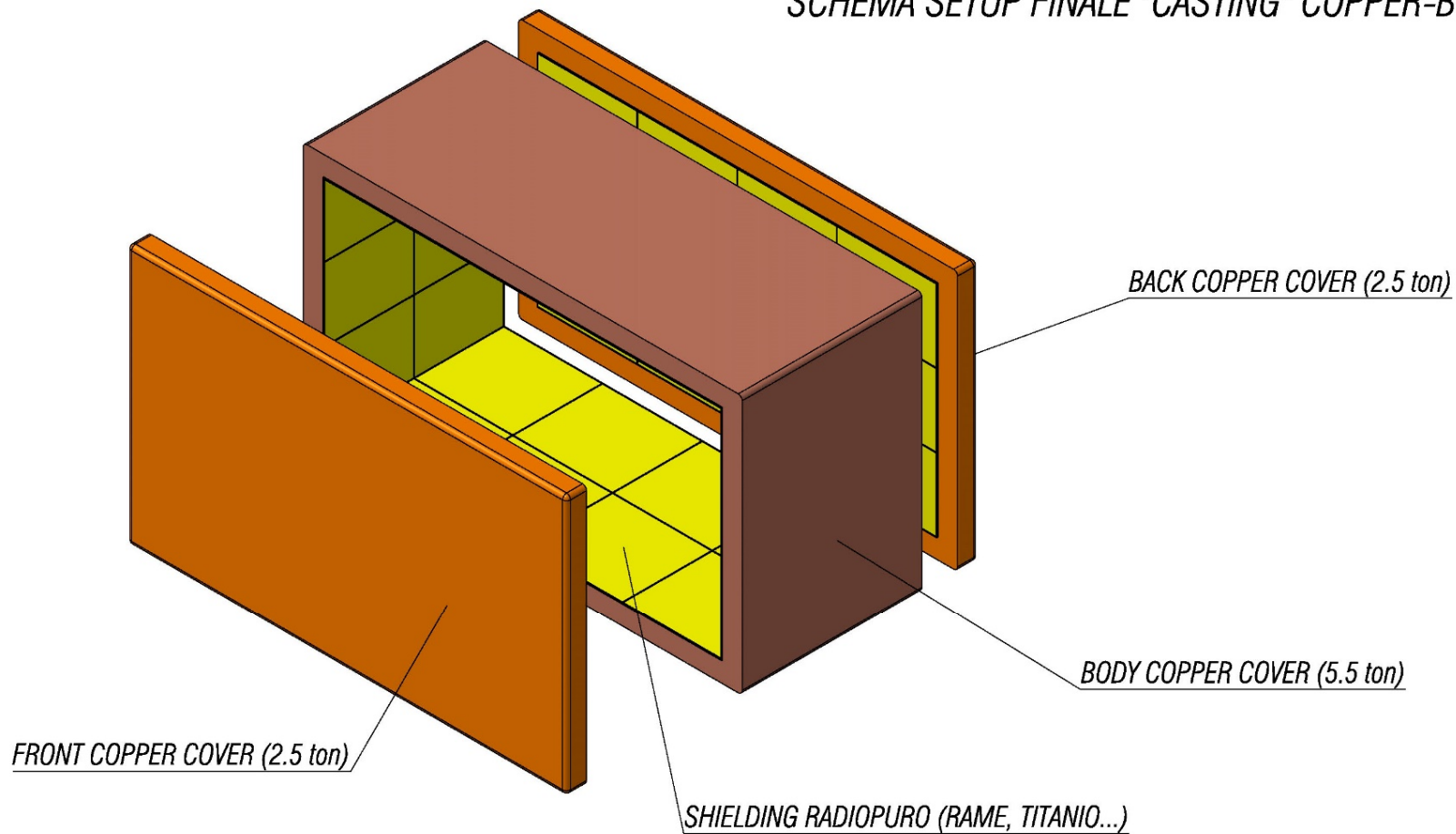
IN QUESTO MODO ABBIAMO UNO SHIELDING  
RADIOPURO RIMOVIBILE, RIPARABILE E, SECONDO  
NECESSITA', OTTIMIZZABILE (MATERIALE, SPESSORE etc)



Cesidio.Capoccia@Inf.infn.it

# COPPER BOX BY CASTING

SCHEMA SETUP FINALE "CASTING" COPPER-BOX

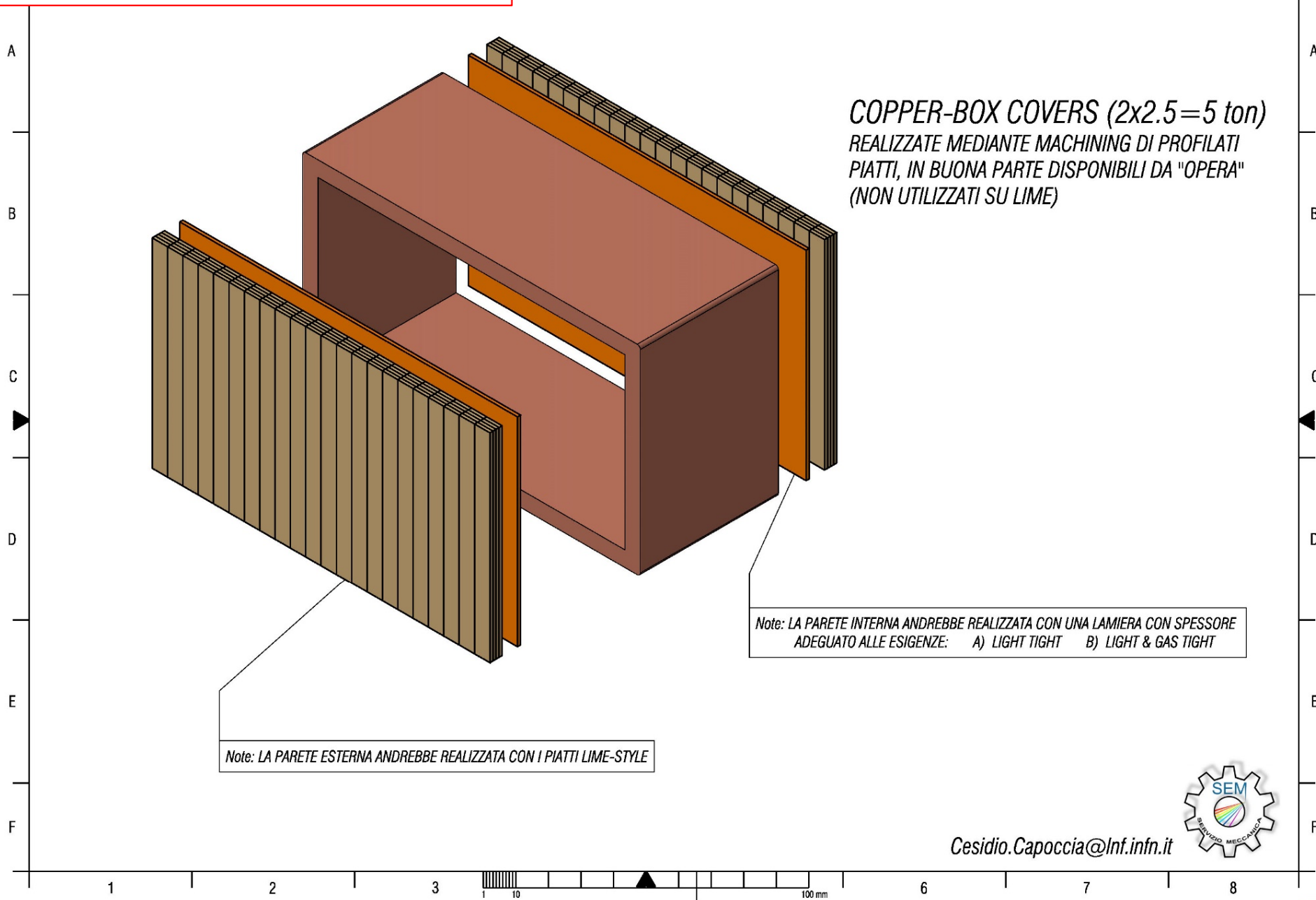


Cesidio.Capoccia@Inf.infn.it





# COPPER BOX BY CASTING



## PULIZIA DEL RAME

Per quanto riguarda il materiale, l'offerta allegata al mail porta sia il fornitore che i riferimenti del materiale ("NOSV-99.99%" Della Aurubis -> lo stesso che avevo trovato sulle pubblicazioni dell'exp. Cuore ), quindi direi che non ci dovrebbero essere problemi.

Per il trattamento di pulizia viene indicato il plasma-cleaning.  
Ho cercato una ditta che lo facesse in conto terzi ed ho trovato la <https://www.plasonic.it/> di Torino

Dopo una chiacchierata, ho scoperto che la stessa ditta ha venduto una macchina (capacità 10 lt) per eseguire il trattamento di piccoli pezzi a Roma1, con contatto Colantoni (Ivan) credo.

Inoltre mi hanno detto che qui in Italia nei loro impianti (Camere sottovuoto) trattano particolari di dimensioni contenute, ma in Germania hanno impianti in grado di trattare anche lamiere di dimensioni compatibili con la Copper-box di Cygno-04

Il trattamento per il rame (sottovuoto), nel dettaglio, è il seguente:

- A) Spazzolatura delle superfici con plasma-> Ossigeno
- B) Spazzolatura delle superfici con plasma -> (Idrogeno)
- C) Passivazione

Il trattamento per il PMMI/Plexiglass (sottovuoto), nel dettaglio, è il seguente:

- A) Spazzolatura delle superfici con plasma-> Ossigeno

Sono disposti a fare dei campioni, di dimensioni contenute, con una spesa di qualche centinaio di euro...

The detector components (i.e. frames, columns, shield) were machined from a high-purity Electrolytic Tough Pitch (ETP1) copper alloy, produced by Aurubis under the name NOSV and cast by the same company. NOSV copper was selected for its low hydrogen content and its extremely low bulk contamination levels; the upper limits are  $5.0 \times 10^{-13}$  g/g for  $^{232}\text{Th}$  [37] and  $5.3 \times 10^{-12}$  g/g for  $^{238}\text{U}$  (90% C.L.). To clean the surfaces of the copper detector parts, an aggressive cleaning procedure (TECM) was developed at the Legnaro National Laboratories in Legnaro, Italy, consisting of several stages: precleaning, mechanical abrasion (tumbling), electropolishing, chemical etching, magnetron-plasma etching and packaging.

During precleaning, the copper components were first manually cleaned with solvents: tetrachloroethylene, acetone and ethanol, in that order. This precleaning was designed to remove contaminants (mainly grease and oil) introduced by the machining. The components were then treated in an ultrasonic bath with alkaline soap and rinsed several times with deionized water to remove residual contamination.

The tumbling consisted of the erosion (approximately  $1 \mu\text{m}$ ) and smoothing out of the copper surfaces to prepare the components for the electropolishing process. The tumbling was performed in a wet environment (water and soap) with an abrasive medium of alumina powder in an epoxy cone matrix. For the thinnest components (those under 1 mm thick, including wire trays, shields and screws), the tumbling process was not performed to avoid damaging them. Instead, a soft chemical treatment was performed using a bath of ammonium persulfate. All components were then cleaned again in an ultrasonic bath with alkaline soap and rinsed in deionized water.

The electropolishing consisted of a controlled oxidation of the copper surfaces and the consequent dissolution of the generated oxide. The oxide was formed by applying a positive anode potential to the copper and was dissolved with a bath of phosphoric acid and butanol. The shape of the cathode was optimized for each type of copper component in order to make the surface erosion uniform. The electropolishing removed  $100 \mu\text{m}$  of material from the copper surface, resulting in a reduction of the roughness and a mirror-like surface. As in the precleaning and tumbling steps,