



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali del Gran Sasso



Via G. Acitelli, 22 – 67100  
Assergi (AQ), Italia

DocID

Rev.  
2.0

Validità  
DRAFT

Riferimento

## FASCICOLO TECNICO-Esp LIME

26-06-2019

Documento interno

# Fascicolo tecnico dell'Esperimento sperimentale LIME

- LABORATORI ESTERNI/SOTTERRANEI -

Il presente documento individua e descrive le caratteristiche e le richieste tecniche da parte dell'Esperimento LIME relative all'area **ovest** presso l'edificio **GALLERIA TIR** dei laboratori sotterranei che saranno sottoposte a valutazione e validazione da parte delle Divisioni e Servizi competenti dei LNGS

Autore	Verificato da	Approvato da
E. Baracchini C. Capoccia G. Mazzitelli S. Tomassini	G. Mazzitelli	Stefano Ragazzi

Lista di distribuzione:

## Storico delle Revisioni

Rev.	Data	Descrizione delle modifiche	Autore/Editore
1.0	26/06/2019	Emissione del documento Template	L. Leonzi
2.0	11/07/2019	Piccole modifiche	Servizio Ambiente

## Sommario

Introduzione	4
0 Informazioni generali dell'attività	4
1 Obiettivo dell'attività	4
2 Campo di applicazione	4
3 Descrizione e layout dell'area	4
4 Richieste infrastrutture tecniche	5
5 Installazione e Commissioning	5
6 Salute, Sicurezza e Ambiente	6
6.1 Radioprotezione	6
6.2 Procedure	6
6.3 Personale qualificato	6
7 Fondi	6
8 Interventi futuri	7
9 Gestione dell'attività/upgrade	7
<i>Fasi dell'attività</i>	7
<i>Work Breakdown Structure</i>	8
<i>Cronoprogramma</i>	8
<i>Budget</i>	9
<i>Risks</i>	9
<i>Organizational Breakdown Structure</i>	10

## Introduzione

Nome dell'Esperimento: LIME

Nome del responsabile dell'area: G. Mazzitelli

Collaborazioni/Istituti coinvolti: GSSI, INFN-LNF, INFN-ROMA1, INFN-ROMA3, Università Roma TRE, Università di Sheffield (UK), New Mexico (US), Juz da Fora (BRA) e Coimbra (PG)

### 1 Obiettivo dell'attività

L'obiettivo del progetto LIME è installare presso i laboratori sotterranei del Gran Sasso un prototipo di una Time Projection Chamber (TPC) ad alta risoluzione spaziale basata su un readout ottico tramite telecamere sCMOS e PMT che sfruttano la luce prodotta dall'amplificazione dalle Gas Electron Multipliers (GEMs) dal passaggio delle particelle nel gas. Questo prototipo si colloca nell'ambito della ricerca direzionale di materia oscura e della spettroscopia di neutrini solari di bassa energia all'interno del progetto CYGNO/INITIUM.

La TPC di LIME è costituita da un volume attivo di 50 litri, contenente una miscela di He:CF<sub>4</sub> a pressione atmosferica immerso in un campo elettrico di trasporto generato da un alimentatore di alta tensione in grado di fornire un voltaggio di 50 kV al catodo della TPC. Nel contenitore, ermetico e realizzato in PMMA, è flussata la miscela attraverso un sistema di purificazione (chimica e radionuclidica), ricircolo e recupero del gas. Gli elettroni secondari prodotti nel gas sono guidati dal campo elettrico verso la zona di amplificazione dove il segnale delle GEMs è letto attraverso telecamere collegate al sistema di acquisizione di front-end insieme a tutti i canali ausiliari per il monitoraggio e il settaggio dei parametri di operazione. L'apparato sperimentale è schermato dalla radioattività ambientale residua nella galleria attraverso opportuni strati di materiale inerte (acqua, rame) progettato e realizzato regola d'arte e nel rispetto delle normative di sicurezza sul lavoro, ambientale e antisismiche.

### 2 Campo di applicazione

Il presente Fascicolo Tecnico è attribuito all'area assegnata all'Esperimento LIME situata presso l'edificio XXX dei Laboratori galleria TIR dei Laboratori sotterranei. LIME ha le stesse dimensioni di ed è concepito (in termini di numero di telecamere e PMT, sistema di DAQ, sistema di gas ecc.) come ognuno dei 18 moduli che andranno a costituire il detector di CYGNO/INITIUM 1 m<sup>3</sup>. L'installazione e l'operazione di LIME underground hanno dunque i seguenti scopi:

- Testare su dimensioni e layout realistici i sistemi di costruzione, operazione e i materiali da impiegare in CYGNO/INITIUM 1 m<sup>3</sup>;

- Testare su dimensioni e layout realistici in condizioni di soppressione della contaminazione indotta dai raggi cosmici dai la risposta del nostro rivelatore;
- Misurare il fondo indotto nel nostro rivelatore dalla radioattività di gamma e neutroni sia esterni (i.e. prodotti dalle rocce della caverna) che interni (i.e. prodotti dai materiali di cui e' costituito il rivelatore), verificarne la simulazione MC e ottimizzare da questi materiali e schermatura di CYGNO/INITIUM 1 m3. Per poter fare questo, sarà necessario prendere dati con e senza la schermatura d'acqua per poter comprovare la misura separata di neutroni e gamma, e con questa anche la capacità di reiezione del fondo dei nostri algoritmi.
- Eseguire una misura spettrale, direzionale e stagionale del flusso naturale dei neutroni presente al LNGS. Da simulazioni preliminari ci attendiamo piu' di 100 rinculi nucleari indotti da neutroni ambientali al di sopra di 20 keV in assenza della schermatura d'acqua. Per poter fare una misura di precisione, dalle nostre stime un minimo di 6 mesi sono necessari. Incidentalmente, risiede qui la sinergia dell'installazione di LIME con il PRIN, il cui scopo e' lo sviluppo di una TPC a lettura 3d ottica con sCMOS + PMT per la rivelazioni di neutroni ambientali in laboratori sotterranei.

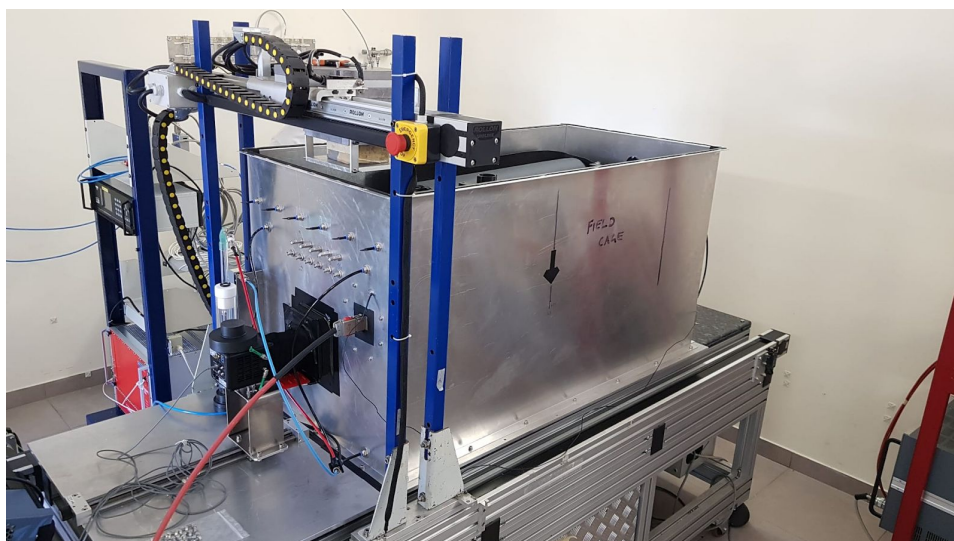
### 3 Descrizione e layout dell'area

Il rivelatore LIME nella versione "Detector Only" si presenta come un contenitore in PMMA (commercialmente conosciuto come Plexiglass) di dimensioni contenute.

Considerando il detector equipaggiato di Faraday-Cage (box in lamiera di alluminio) non si supera l'ingombro di 1900x700x700 mm e un peso contenuto entro i 200 Kg

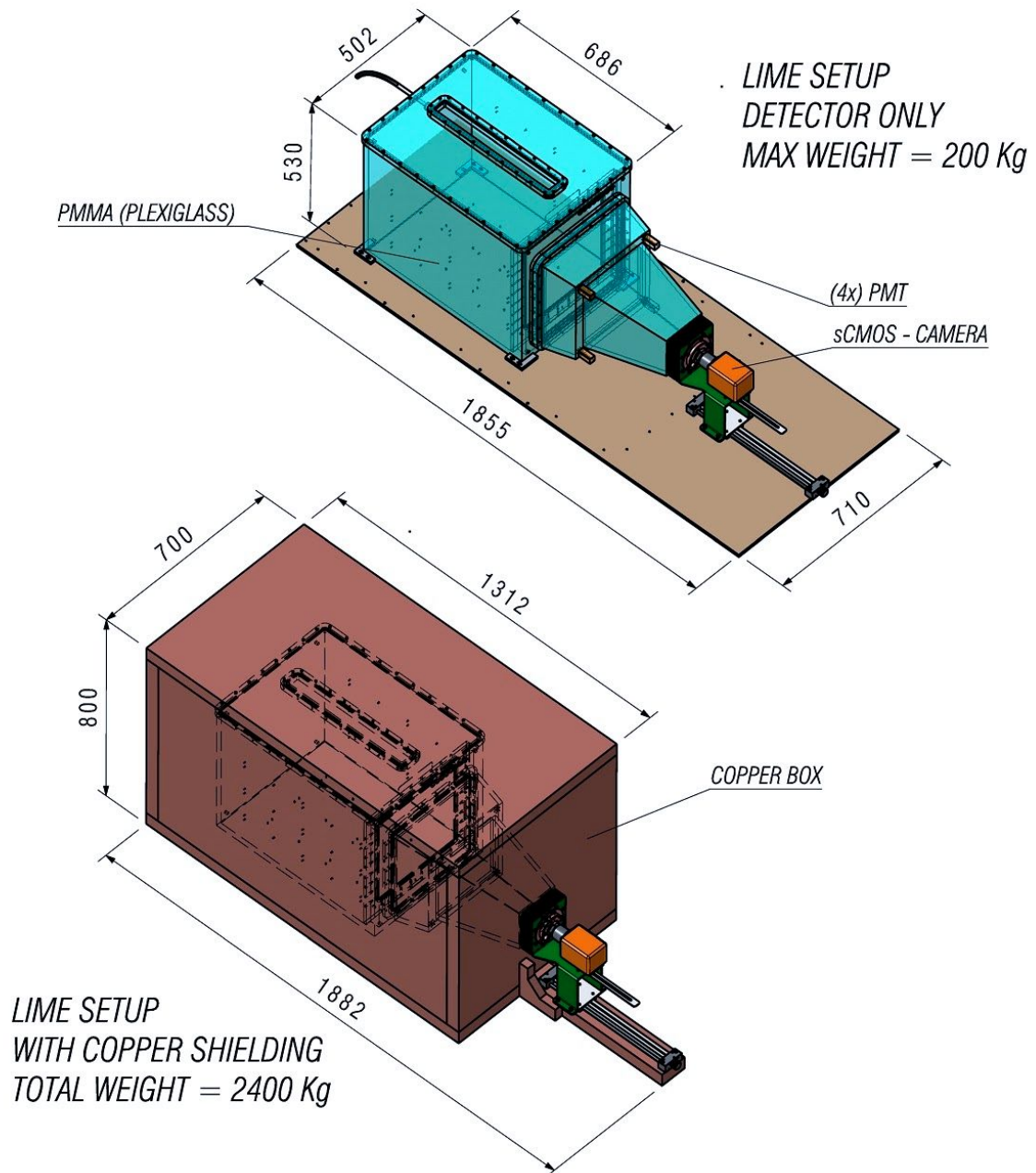


LIME Detector Only PMMA ai LNF



LIME setup ai LNGS con Faraday-Cage in alluminio

Il Setup è montato su un supporto con ruote, per cui l'Handling risulta agevole.



Si prevede di sostituire la Faraday-Cage in alluminio con una box in rame che funzioni anche da schermatura per il rivelatore nel fase 2 del run shielded.

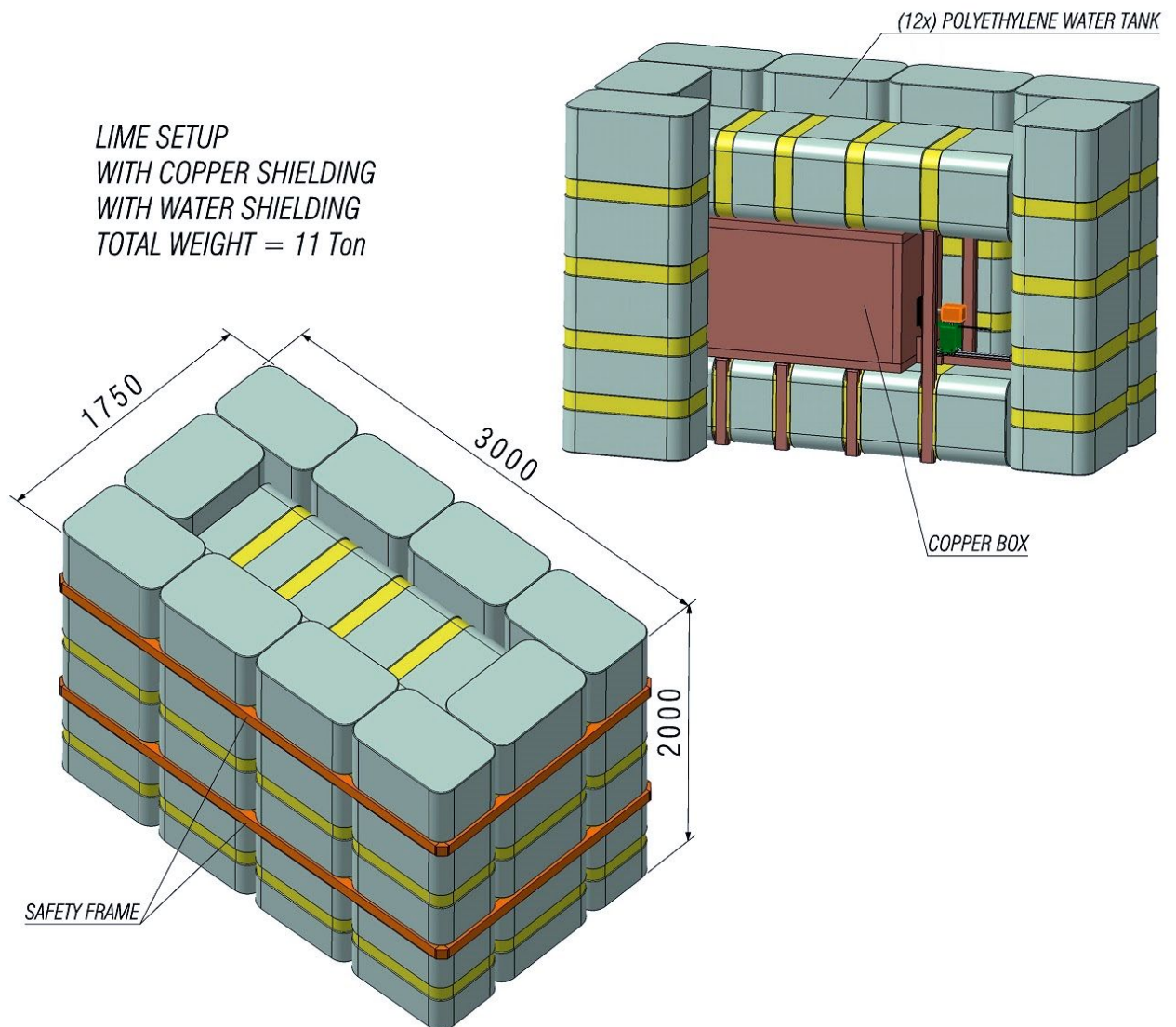
La box avrà uno spessore di circa 50 mm, non modificherà di molto l'ingombro del setup ma il peso verrà notevolmente incrementato, arrivando a circa 2.400 Kg.

L'Handling risulterà più impegnativo, sia per il trasporto che per il posizionamento, serviranno skates e martinetti con portate adeguate.



Il Sistema di schermatura del rivelatore si completa con la realizzazione di una barriera di acqua avente uno spessore di mezzo metro.

La realizzazione verrà fatta utilizzando dei serbatoi in polietilene che verranno posizionati in modo da creare una vera box intorno alla schermatura in rame.



I serbatoi verranno posizionati manualmente (vuoti pesano circa 50 Kg cadauno) e successivamente riempiti d'acqua, nello smontaggio si procederà al contrario, svuotando e rimuovendo.

E' previsto un telaio esterno per garantire la stabilità del setup.

Il sistema si compone di n.12 serbatoi in polietilene della capacità di circa 700 Lt cad. Per un totale di 8.400 Lt di acqua da caricare e scaricare sul posto durante l'installazione e lo smontaggio.



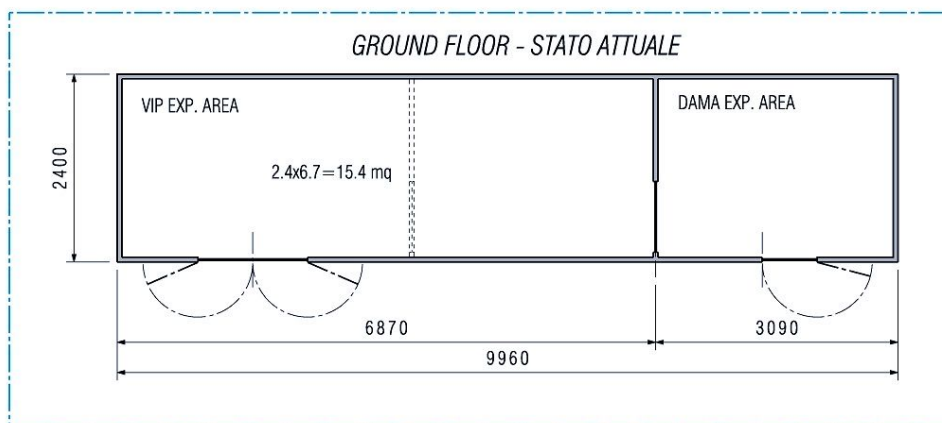
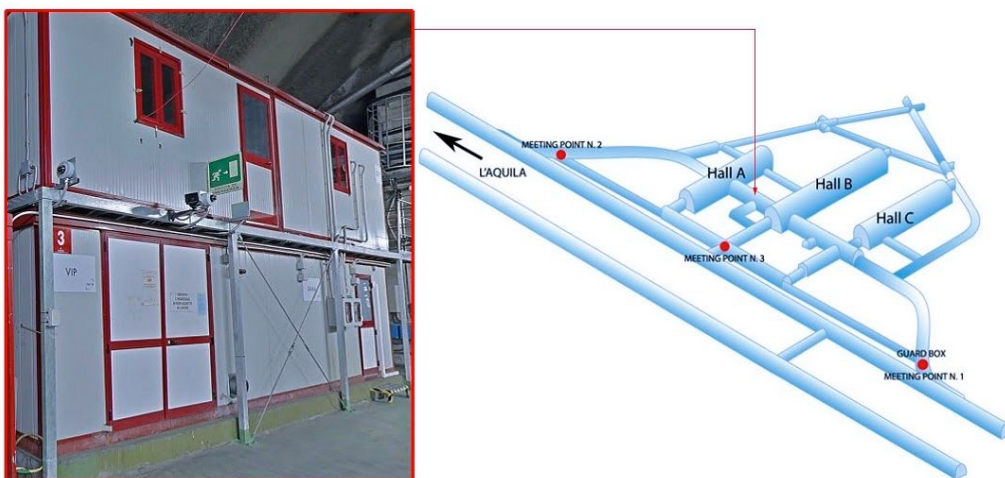
Non è previsto lo smontaggio durante la presa dati, salvo complicazioni.

L'area disponibile in galleria per i test da eseguire con LIME è composta da due prefabbricati sovrapposti lungo la galleria Tir tra la Hall A e la Hall B.

Il prefabbricato inferiore risulta occupato per i 2/3 dall'esperimento VIP e per 1/3 libero dal precedente esperimento DAMA.

Il prefabbricato superiore risulta completamente libero.

L'accesso al piano superiore è garantito da una scala a chiocciola esterna.



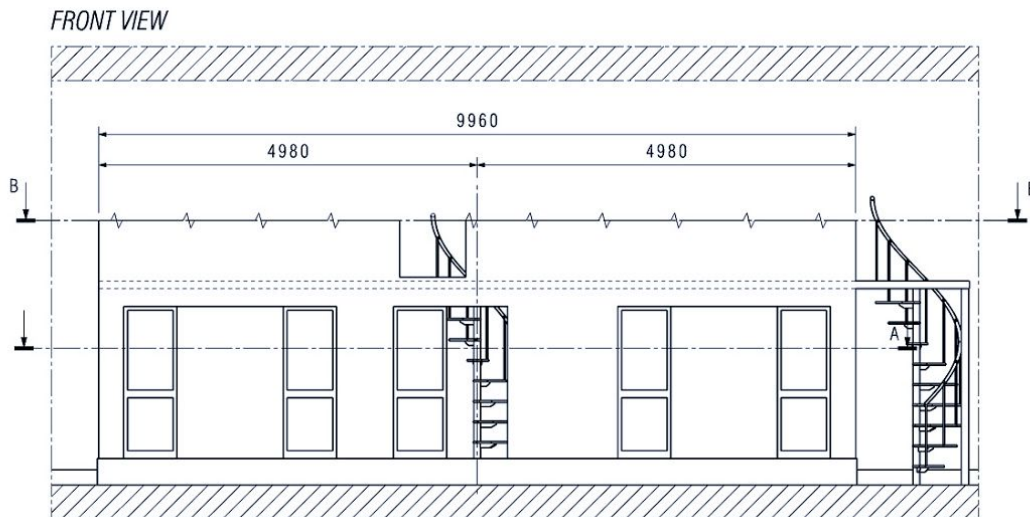
Per rendere possibile l'attività sperimentale di LIME è necessario ridistribuire gli spazi in modo da mettere i due esperimenti in condizione di operare insieme in modo indipendente.

Per prima cosa si è deciso di dedicare gli spazi a piano terra al setup dell'esperimento e il piano superiore alle rispettive control-room.

A seguire, per rendere indipendente l'accesso al piano superiore, si è reso necessaria la realizzazione di una seconda scala a chiocciola.

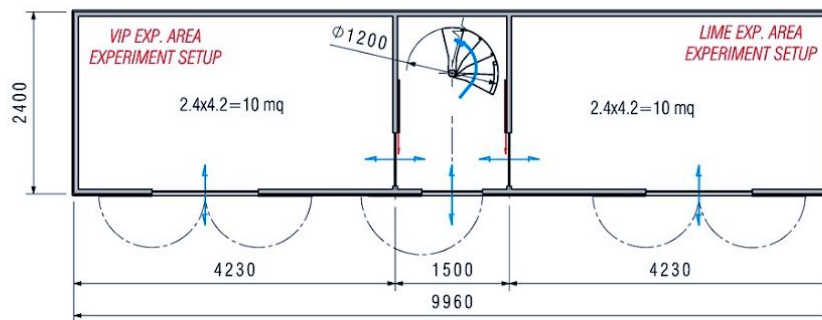
In questo modo si creano due aree sperimentali completamente indipendenti e allo stesso tempo comunicanti, quindi con la massima accessibilità/flessibilità, anche in previsione di attività future .

Di seguito lo schema del risultato finale dello studio preliminare eseguito:



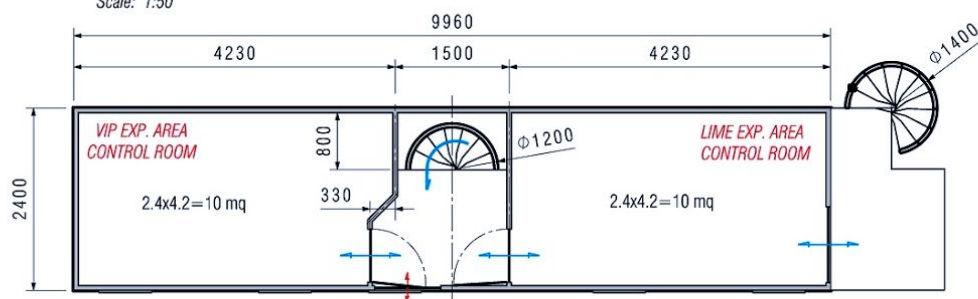
**GROUND FLOOR**

Section view A-A  
Scale: 1:50

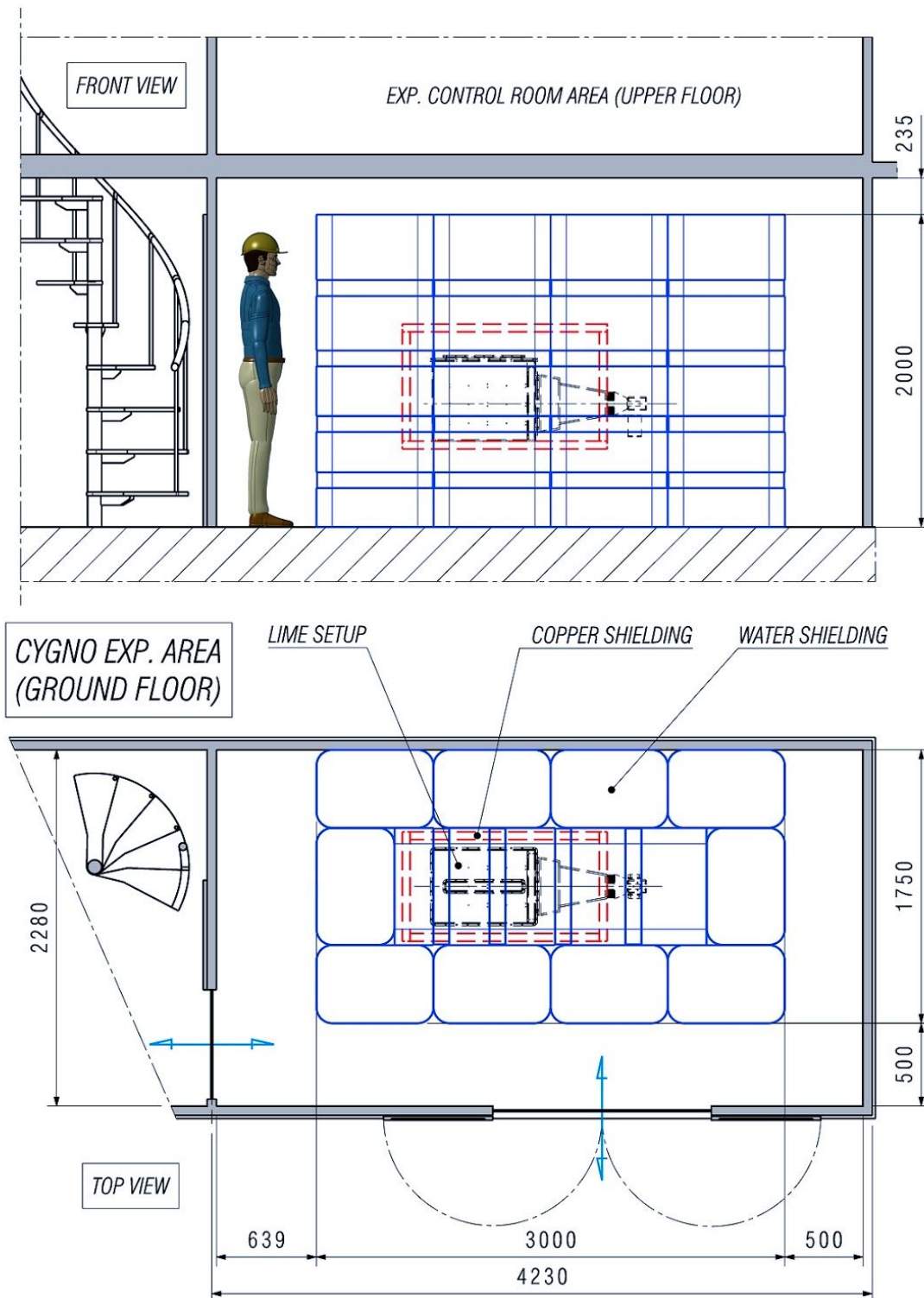


**UPPER FLOOR**

Section view B-B  
Scale: 1:50

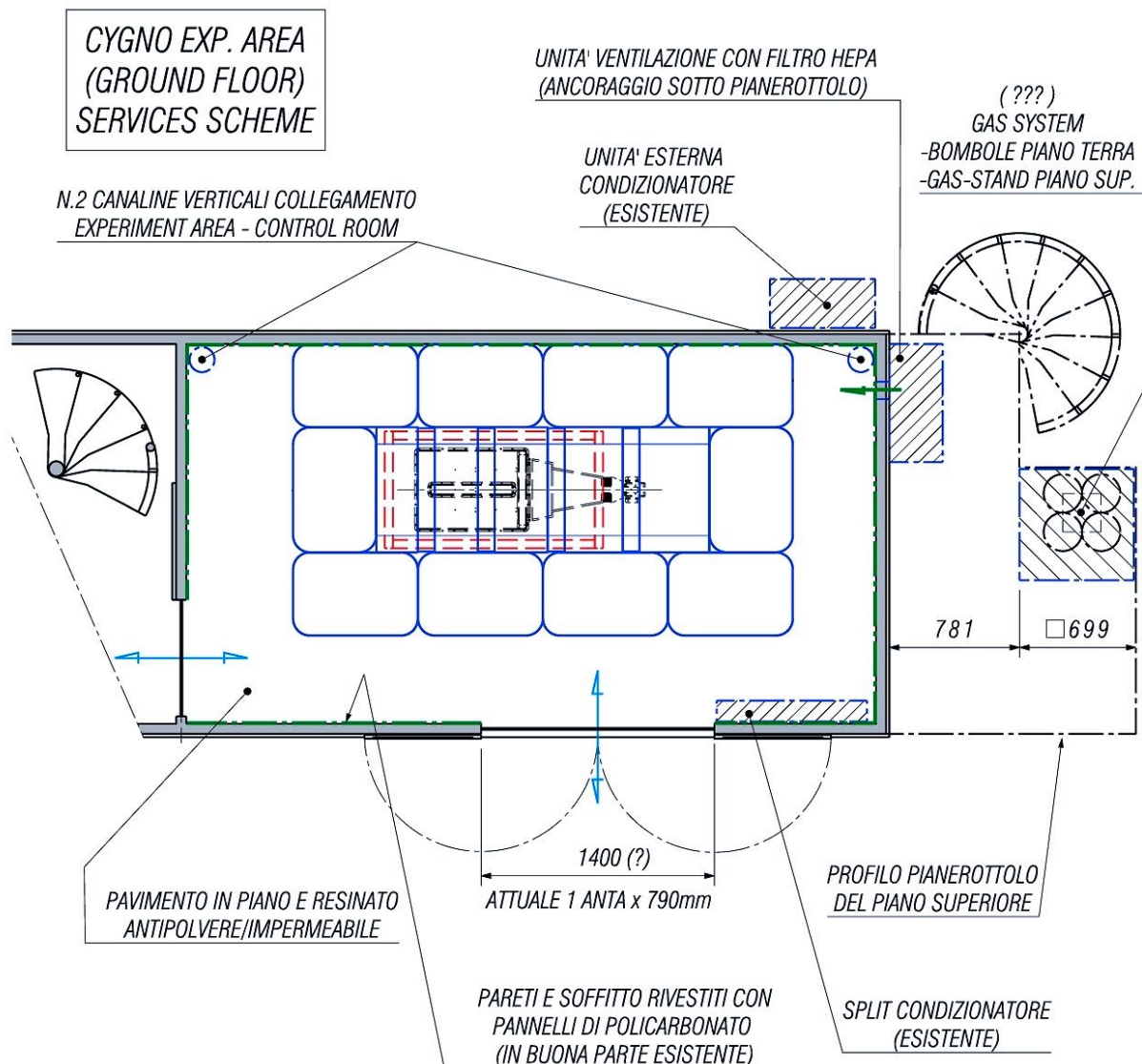


Il setup di LIME, completo di schermatura di rame e di acqua, si verrebbe a posizionare nell'area assegnata come di seguito:



Il piano terra, dove verrà installato LIME, dovrà essere attrezzato in modo da garantire delle condizioni ottimali alle attività di test:

- Verifica impianto di climatizzazione esistente
- Ripristino dell'unità di ventilazione con filtro Hepa
- Completamento del rivestimento pareti+soffitto in pannelli di polycarbonato
- Il pavimento dovrà essere in piano e resinato antipolvere/lavabile
- Serviranno due canaline verticali per collegare il setup alla control-room
- Bisognerà individuare e attrezzare degli spazi per l'installazione del gas-system composto da n. 4 bombole e un gas-stand di trattamento del gas.
- .....



## 4 Richieste infrastrutture tecniche

Di seguito la descrizione delle caratteristiche tecniche dei sistemi e sottosistemi principali:

- opere civili: ristrutturazione della **baracca TIR** come da progetto concordato e coordinato dai servizi tecnici dei LNGS
- impianti elettrici: 2 quadri di distribuzione e sezionamento **32A**, uno per piano, distribuzione locale, illuminazione.
- HVAC (riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria): impianto di condizionamento e riscaldamento +/- 1C
- acqua di raffreddamento/deionizzata: sistema di e carico/scarico per l'acqua degli schermi.
- aria compressa: per uso di laboratorio; a supporto del sistema gas
- apparecchi in pressione: il sistema di gas richiede l'utilizzo dell'aria compressa servita dai LNGS
- sistemi da vuoto e criogenici: non ci sono ne sistemi sotto vuoto ne criogenici
- sistemi di sollevamento e trasporto: handling/movimentazione degli schermi e del rivelatore
- supervisione e controllo: sono previsti i sistemi di supervisione e controllo del sistema di flussaggio, purificazione, ricircolo e recupero del gas usato nel prototipo.
- sicurezza: -
  - IT: switch di rete dedicato all'esperimento e distribuzione della rete nello spazio sperimentale tramite plug a parete; server dati, 3 pc e relativi monitor per controllo dell'acquisizione, del flusso dati e il monitoraggio dei sistemi ausiliari;
  - radioprotezione: uso di sorgenti di calibrazione senza rischio di radiazioni ionizzanti (lavoratore non esposto)
  - meccanica: come descritto nel capitolo 3 sono necessarie delle infrastrutture di carpenteria per sostenere e assicurare la stabilità delle water tank.
  - elettronica: e' necessario un rack con elettronica standard e certificata legato al sistema di acquisizione e per l'alloggiamento dei power supply.

il fascicolo delle sicurezze relativo alla descrizione completa di tali apparati in uso ai LNGS e' disponibile al link: <https://drive.google.com/drive/folders/122-c4lnpFMWmFnJEcPt bz55z2fsHuVwC> che contiene la documentazione (manuali e elaborati tecnici) dei dispositivi che verranno usati su LIME. In dettaglio riportiamo di di seguito dispositivi e manuali usati allo stato attuale del progetto:



- Alimentatore ISEG HV 50kV  
[http://hv.com/files/media/Manual\\_HPS\\_350W\\_eng.pdf](http://hv.com/files/media/Manual_HPS_350W_eng.pdf)
- Alimentatore CAEN SYS2527 5kV:  
<https://drive.google.com/open?id=1jSFRxR8N-ZSXN7YEcpvBaoqJqEeABByUN>
- Alimentatore CAEN 15kV N1570:  
<https://drive.google.com/open?id=1jSFRxR8N-ZSXN7YEcpvBaoqJqEeABByUN>
- Alimentatore CAEN 5kV:  
[https://drive.google.com/open?id=18ZZI2Kdm\\_oWtVnlDugz\\_l8wF1chKELld](https://drive.google.com/open?id=18ZZI2Kdm_oWtVnlDugz_l8wF1chKELld)
- Controller GAS mks 647C:  
[https://www.mksinst.com/mam/celum/celum\\_assets/resources/647Cman.pdf](https://www.mksinst.com/mam/celum/celum_assets/resources/647Cman.pdf)
- Crate NIM ed elettronica di controllo
- Crate VME e schede di acquisizione dati (CPU, ADC, ecc)
- PC acquisizione, PC controllo HV
- Telecamere Hamamatsu ORCA FLASH:  
<https://www.hamamatsu.com/us/en/product/type/C13440-20CU/index.html>
- Pompa da vuoto agilent technology SH110:  
[https://www.idealvac.com/files/manuals/Varian\\_SH-110\\_instruction\\_manual.pdf](https://www.idealvac.com/files/manuals/Varian_SH-110_instruction_manual.pdf)
- Progetto sistema di distribuzione GAS edificio 28: (All. 3)  
<https://drive.google.com/open?id=1A2GbXJFhXMRISqtvBNeFceiX8nTYi4Q->  
. In fase di realizzazione, RUP Alessandro Mengucci.
- Capitolato tecnico sistema di GAS CYGNO: (All. 4)  
[https://drive.google.com/open?id=1A-C5t-0ZbIXLwUEPgNd-5sZ\\_Dr61YnhS](https://drive.google.com/open?id=1A-C5t-0ZbIXLwUEPgNd-5sZ_Dr61YnhS)
- Relazione Tecnica sistema GAS:  
<https://drive.google.com/file/d/1inEhZ48mb6ba2zCU83A9va2DtGEBvihu>

## 5 Installazione e Commissioning

L'installazione di LIME non prevede l'utilizzo di particolari dispositivi meccanici ed elettronici, e non si prevedono interferenze o richieste verso servizi dei LNGS per questa attività.

## 6 Salute, Sicurezza e Ambiente

L'esperimento fa uso di una miscela di gas non infiammabili HeCF<sub>4</sub> che verranno flussati attraverso il rivelatore con un sistema prodotto dalla ditta Air Liquide Italia Service e certificato. Fa inoltre uso di apparecchi di alta tensione omologati e certificati il cui dettaglio (manuali ed elaborati tecnici) e' disponibile al link:  
<https://drive.google.com/drive/folders/122-c4InpFMWmFnJEcPtzbz55z2fsHuVwC>

L'esperimento dispone del supporto di un contratto con la ditta NIER per la valutazione dei rischi e l'elaborazione dei piani relativi.



## 6.1 Radioprotezione

Nessun rischio radiazioni ionizzanti; uso di sorgenti di calibrazione che non prevedono la classificazione nelle categorie di rischio del lavoratore.

## 6.2 Procedure

l'esperimento LIME ha un contratto in essere con la ditta di consulenza NIER per la valutazione delle procedure in caso di emergenza.

## 6.3 Personale qualificato

vedi organigramma di LIME/CYGNO/INITIUM

## 7 Fondi

LIME e' un prototipo finanziato dalla CSN2 per 5 anni all'interno del progetto CYGNO/INITIUM di cui alleghiamo budget profile, organigramma ecc. E' cofinanziato all'interno del progetto ERC INITIUM e del progetto PRIN ai LNGS Zero radioactivity in future experiments dei LNGS

## 8 Interventi futuri

non previsti ad oggi

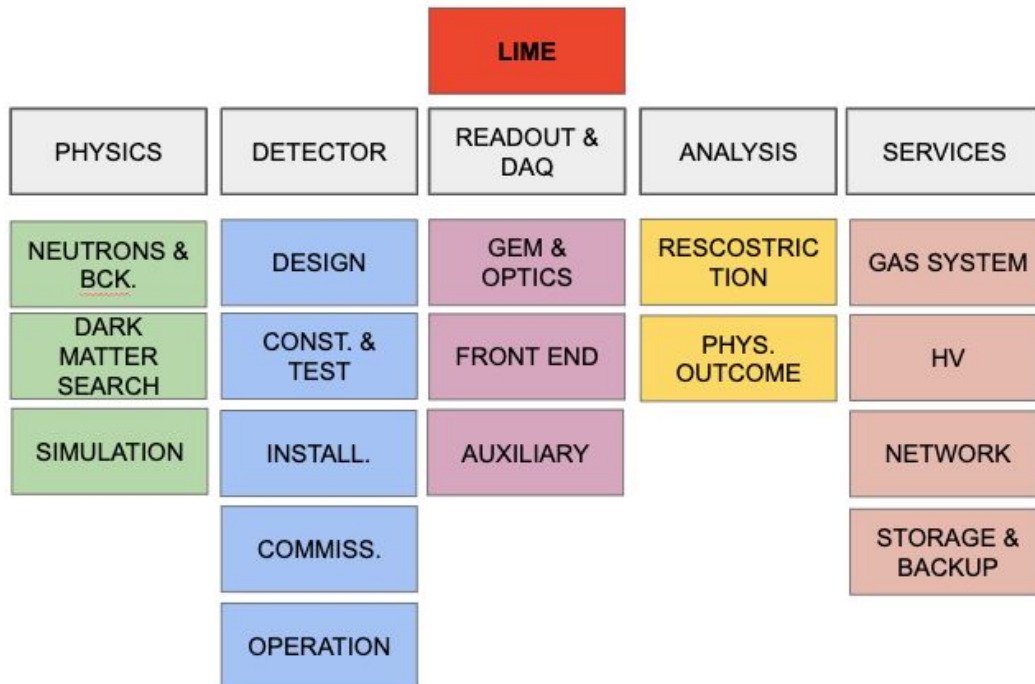
## 9 Gestione dell'attività/upgrade

### *Fasi dell'attività*

Il prototipo LIME e' stato approvato dalla CNS2 nel 2020 e' stato *realizzato* presso i LNF ed e' in fase di caratterizzazione overground. Questa fase di *commissioning* overground e' prevista finire a novembre 2020, dopo la quale potrà essere trasferito ai LNGS per l'installazione unshielded non appena i LNGS approvano l'ingresso negli spazi assegnati. Seguirà una fase di *commissioning* (2 mesi) e la *operazione* unshielded (6 mesi). La seconda fase prevede l'installazione degli schemi di acqua come descritti nel capitolo 3 e una seconda fase di operazione per altri 6 mesi. Eventuali upgrade al momento non sono previsti poiché il naturale upgrade di LIME e' l'esperimento CYGNO/INITIUM approvato e supportato dalla CSN2 e dell'ERC in attesa di una collocazione presso i LNGS.

### Work Breakdown Structure

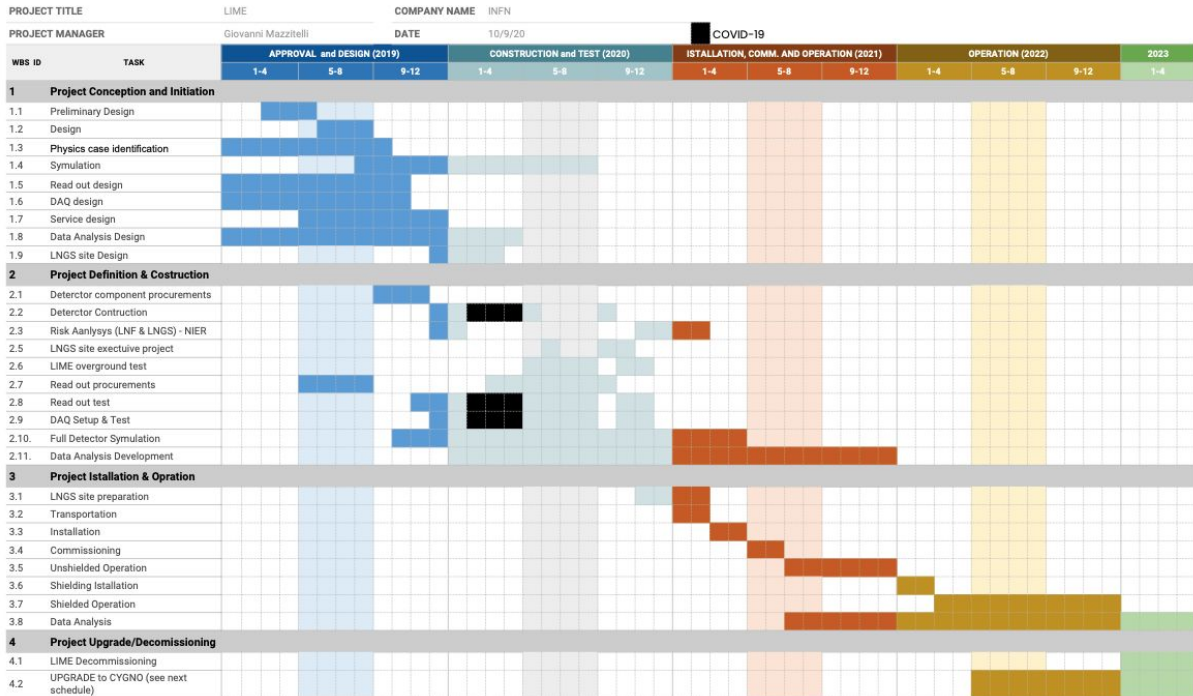
Redazione dello schema della WBS e descrizione dei Work Packages. Di seguito un esempio di WBS:



### Cronoprogramma

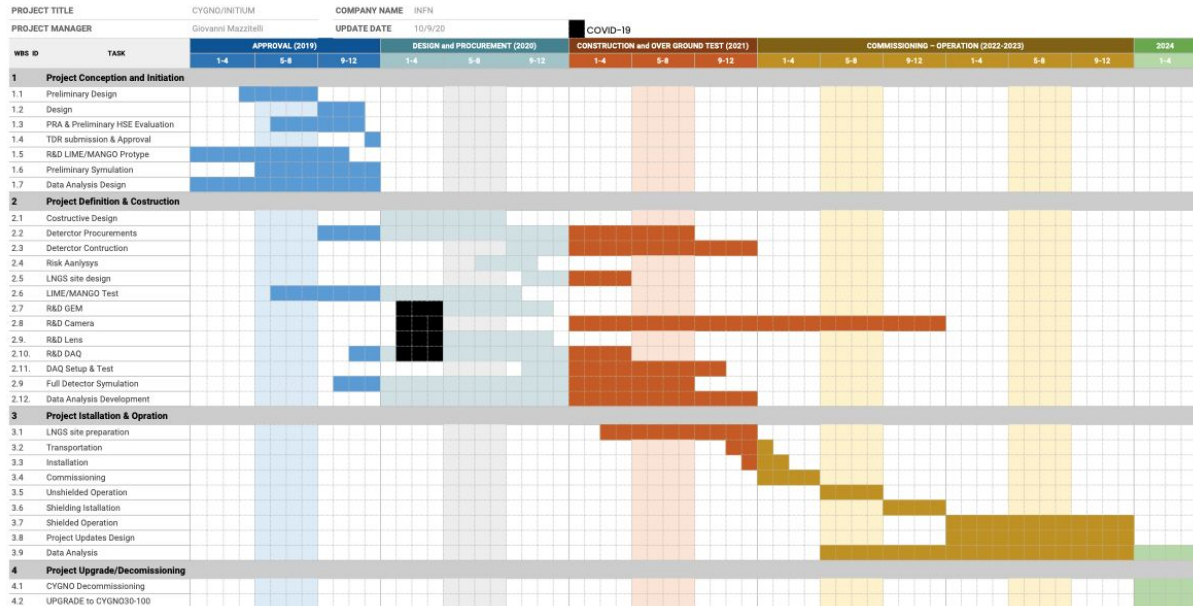
Diagramma temporale per la pianificazione di alto livello delle fasi, attività e milestones principali del progetto con tempo iniziale dalla data di assegnazione dell'area. Di seguito il GANTT di LIME e più in generale dell'attività del gruppo:

## LIME



LIME GANTT project

## CYGNO/INITIUM

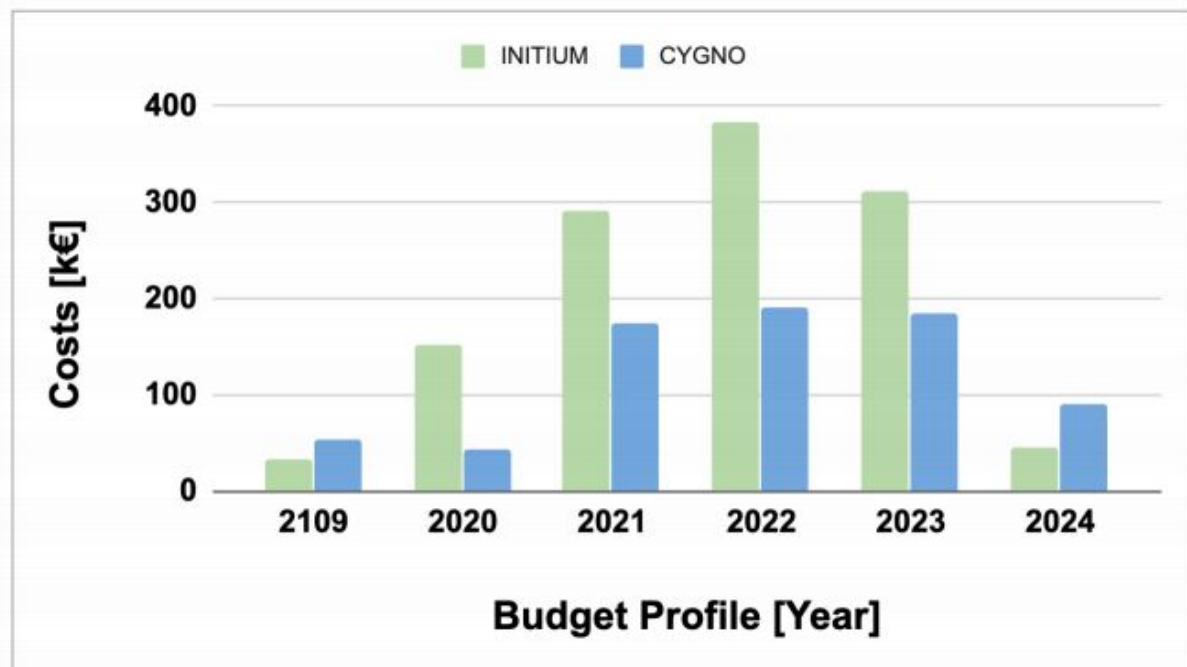


CYGNO/INITIUM project

## Budget

Elaborazione della tabella dei costi di progettazione, costruzione, installazione, operazione e smantellamento individuando anche il budget di contingency. Di seguito un esempio di CBS (Cost Breakdown Structure).

WBS ID	TASK	APPROVAL (2019)			DESIGN and PROCUREMENT (2020)			PROCUREMENT and CONSTRUCTION (2021)			CONSTRUCTION and INSTALLATION (2022)			COMMISSIONING - OPERATION (2023-2024)			Gran Total					
		CYGNO	INITIUM	Tot19	CYGNO	INITIUM	Tot20	CYGNO	INITIUM	Tot21	CYGNO	INITIUM	Tot22	CYGNO	INITIUM	Tot23	CYGNO	INITIUM	Tot24	CYGNO	INITIUM	Total
1.3.1	Safety & Health	5		5		0		0		5		5	5		5		0		15	0	15	
2.2.1	Vessel	0		0		0		20	20	0		0	0		0		0		0	20	20	
2.2.2	GEM	0		0		0		0	0	20	20	0	0		0		0		0	20	20	
2.2.3	FC & Cathode	0		0		0		12	12	0	0	0	0		0		0		0	12	12	
2.2.4	Lens	0		0	5	5		0	0	36	36	0	0		0		0		0	41	41	
2.2.5	Camera	0		0	16	16		0	0	0	0	160	160		0		0		0	176	176	
2.2.6	PMT/SIPM	5.5		5.5		0		0	0	21	21	0	0		0		0		5.5	21	26.5	
2.2.7	Shielding	0		0		0		150	150	200	200	77	77		0		0		0	427	427	
2.2.8	CRT	0		0		0		0	0	0	0	0	0		20	20		0	20	20		
2.2.9	DAQ & Storage	0		0		0		0	0	50	50	50	50		5	5		0	105	105		
2.2.10	Calibration	0		0		0		0	0	12	12	0	0		0		0		0	12	12	
2.2.11	High Voltage System	0		0	16	16		70	70	0	0	0	0		0		0		0	102	102	
2.2.12	Gas System	7	16	23	60	60		20	20	0	0	0	0		0		0		27	60	87	
2.2.13	Auxiliary Services (Sensors)	0		0	6	6		8	20	28	0	25	25		5	5		0	14	50	64	
2.2.14	Gas Bottles	5.5		5.5	4	5	9	30	30	20	20	20	20		20	20		99.5	5	104.5		
2.2.15	Consumables	5		5	6	6		25	25	20	20	20	20		20	20		96	0	96		
2.6.1	R&D LIME/MANGO	16.5	5	21.5		0		20	20	0	0	0	0		0		0		36.5	5	41.5	
2.7.1	R&D GEM	0		0		0		5	5	5	5	0	0		0		0		10	0	10	
2.8.1	R&D Camera	0		0	4	4	8	0	0	80	80	80	80		0		0		164	4	168	
2.9.1	R&D Lens	0		0	10	10	5	5	5	0	0	0	0		0		0		5	10	15	
2.10.1	R&D DAQ	0	3	3	5	26	31	18	18	0	0	0	0		0		0		23	29	52	
3.2.1	Transportation	0		0	3	3		3	3	10	10	10	10		0		0		26	0	26	
<b>Total (detector)</b>		<b>44.5</b>	<b>24</b>	<b>68.5</b>	<b>28</b>	<b>142</b>	<b>170</b>	<b>134</b>	<b>272</b>	<b>406</b>	<b>140</b>	<b>364</b>	<b>504</b>	<b>135</b>	<b>292</b>	<b>427</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>65</b>	<b>521.5</b>	<b>1119</b>	<b>1614.5</b>
<b>Travels</b>		<b>9.5</b>	<b>10</b>	<b>19.5</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	<b>20</b>	<b>57</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>175.5</b>	<b>80</b>	<b>255.5</b>
<b>Total</b>		<b>54</b>	<b>34</b>	<b>88</b>	<b>44</b>	<b>152</b>	<b>196</b>	<b>171</b>	<b>292</b>	<b>463</b>	<b>190</b>	<b>384</b>	<b>574</b>	<b>185</b>	<b>312</b>	<b>497</b>	<b>90</b>	<b>45</b>	<b>135</b>	<b>697</b>	<b>1199</b>	<b>1870</b>

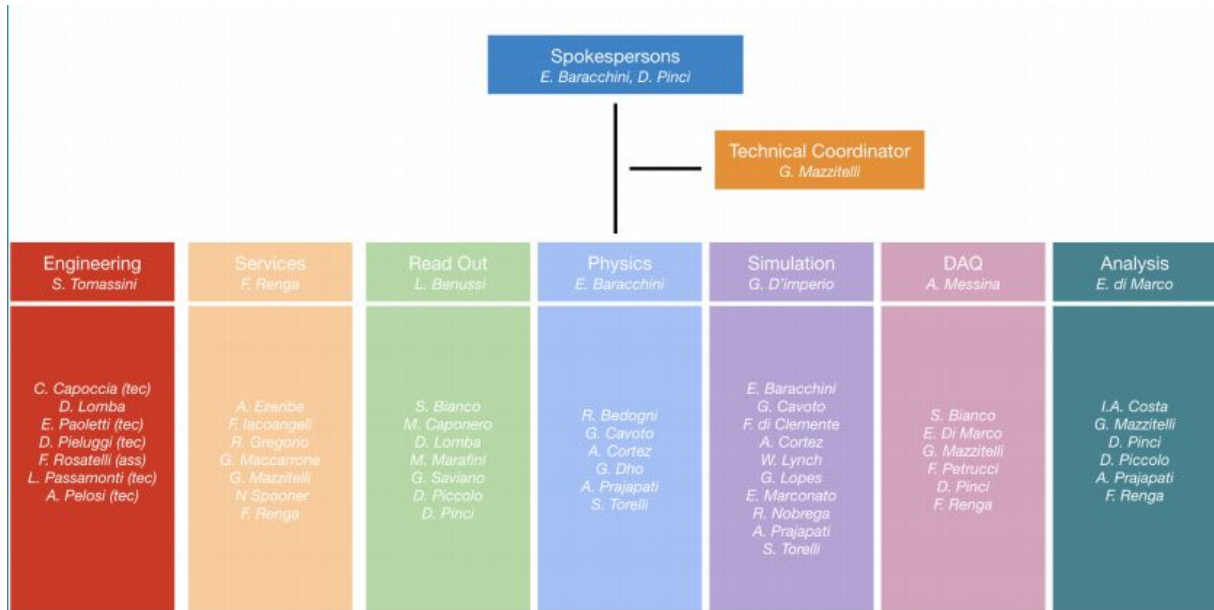


## Risks

L'esperimento dispone di un contratto con la ditta NIER per la valutazione della matrice dei rischi che verrà implementata a valle del lavoro sulle opere edili e la loro verifica,

## Organizational Breakdown Structure

Elaborazione dell'Organizzazione dell'attività includendo i ruoli e le responsabilità (OBS):





Analisi	Emanuele Di Marco
Gas	Francesco Renga
HV	Davide Pinci
GEM	Luigi Benussi
CMOS	Davide Pinci
PMT - SiPM	Francesco Iacoangeli
Ottica (lenti, specchi)	Davide Pinci
Progettazione Mecc	Sandro Tomassini
Integrazione	Giovanni Mazzitelli
DAQ	Andrea Messina
Fisica	Elisabetta Baracchini
Simulazione	Giulia D'Imperio
Rapp. Internazionali	Elisabetta Baracchini
Calibrazione	Gianluca Cavoto
Eco gas	Davide Piccolo