

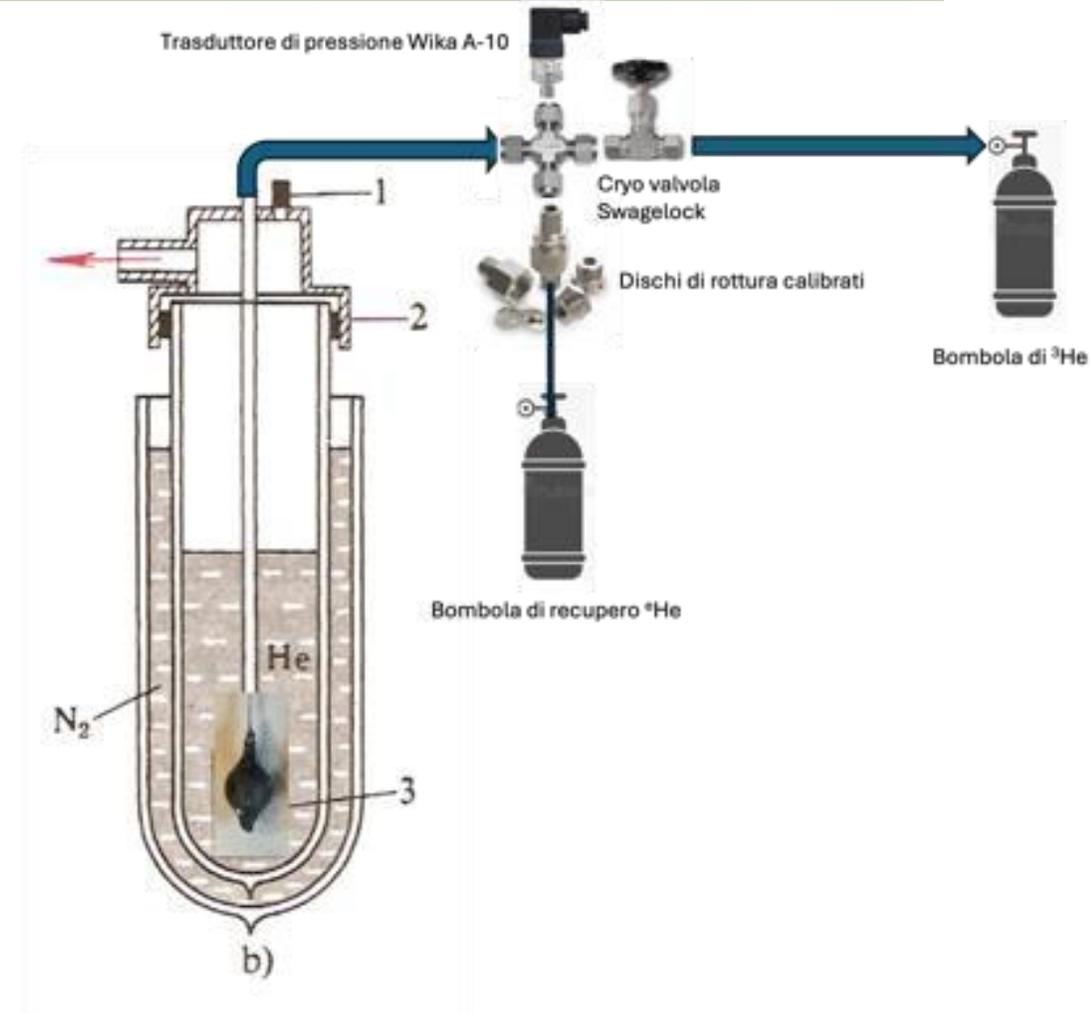
Sviluppi recenti su target ^3He Esperimento X17 (e non solo...)

Dr. Elizabeth Musacchio-Gonzalez

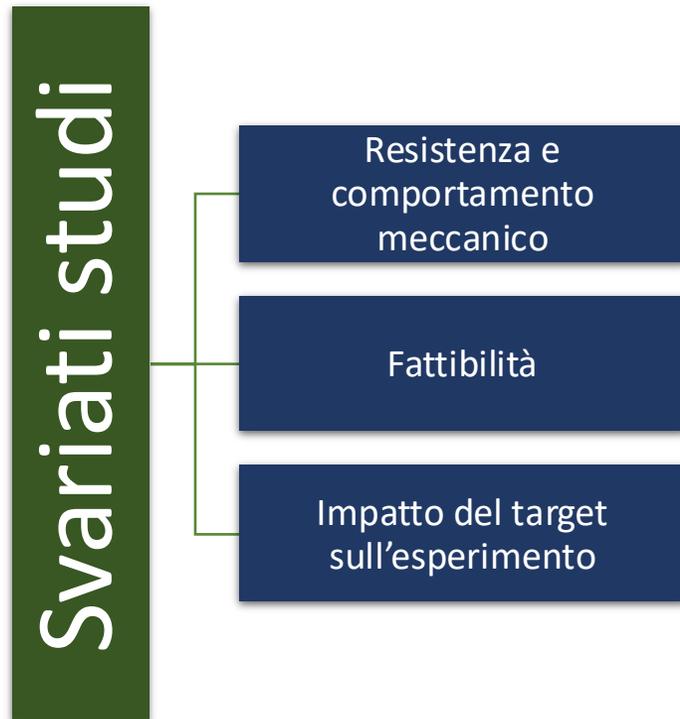
Dr. Pierfrancesco Mastinu

Il Target

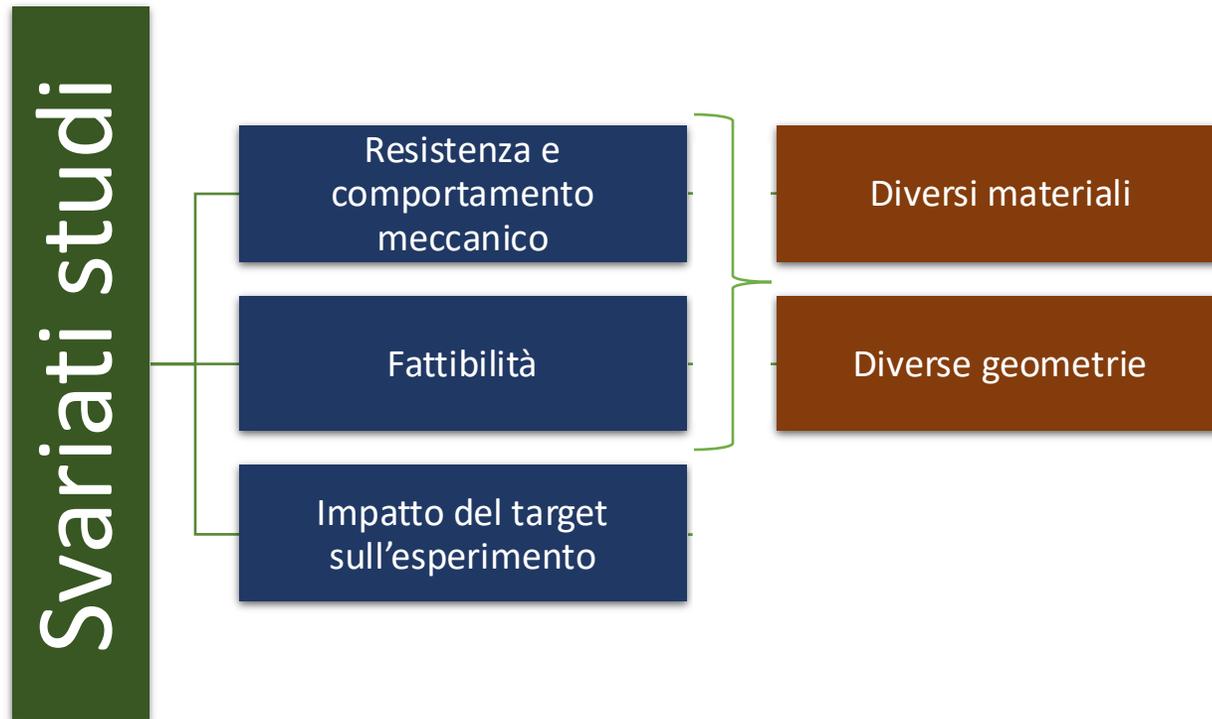
- Il target deve essere in ^3He , solo in forma gassosa o liquida.
- La forma liquida permette di raggiungere la densità massima, ma essendo la temperatura di liquefazione del ^3He di 3.2 K (-270°C), il Sistema diventerebbe molto costoso e introdurrebbe molto fondo.
- **Il nostro obiettivo è di arrivare alla densità del ^3He liquido (59 g/l), corrispondente ad una pressione di circa 358 bar a temperatura ambiente.**
- Dato il costo elevato del ^3He (2500 Euro/l, STP) e la difficoltà di comprimerlo fino a 358 bar, stiamo **sviluppando un metodo che ci permetta di riempire il bersaglio con l'elio nello stato liquido alla temperatura di 3.2 K.** Una volta riempito il contenitore, questo viene portato alla temperatura ambiente.



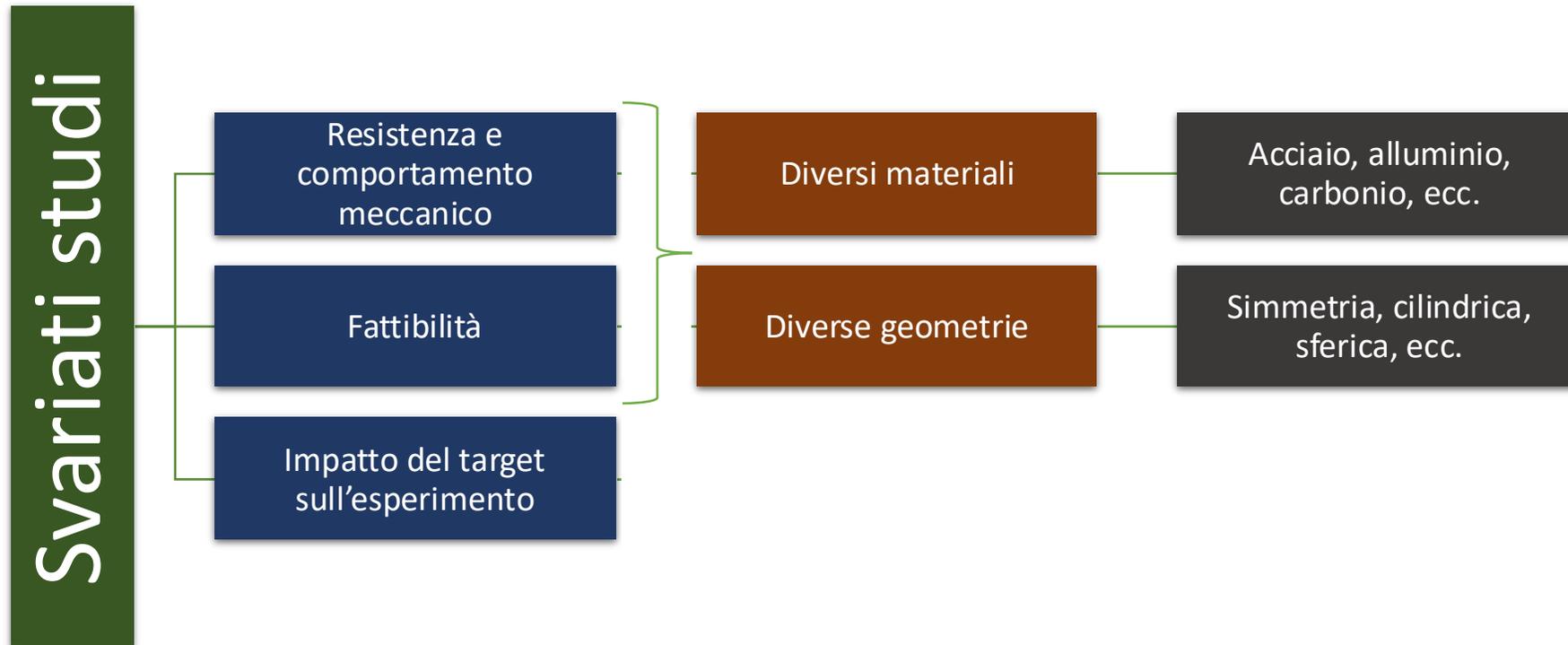
Il Target



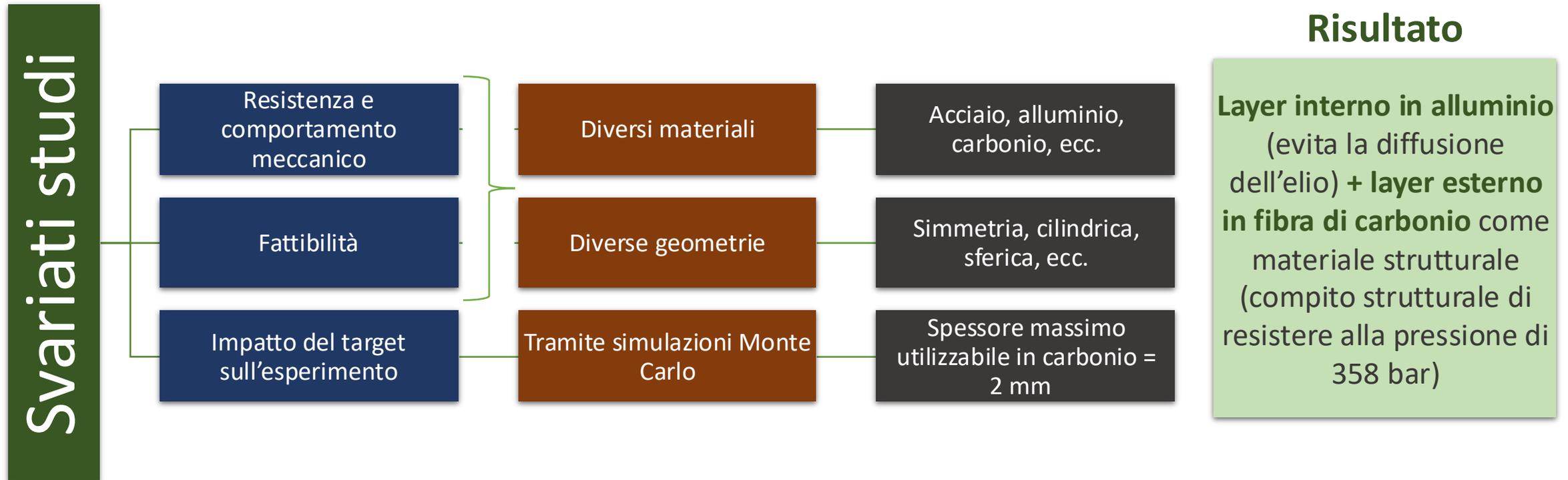
Il Target



Il Target



Il Target



Il Target

Risultato

Layer interno in alluminio
(evita la diffusione dell'elio) + **layer esterno in fibra di carbonio** come materiale strutturale (compito strutturale di resistere alla pressione di 358 bar)

Layer interno di alluminio



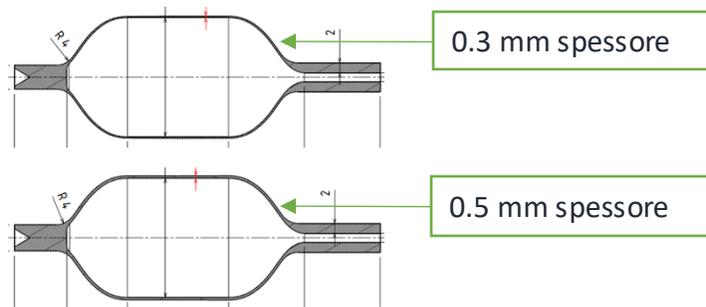
Layer esterno di fibra di carbonio



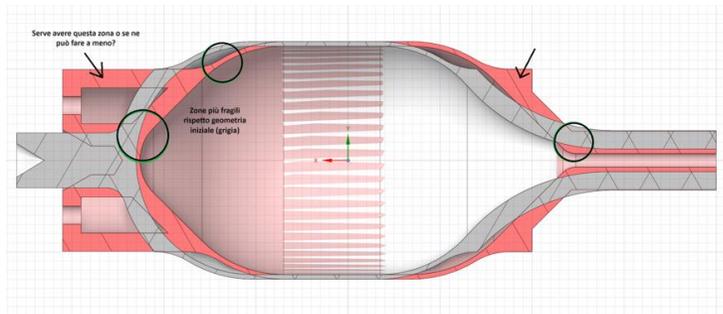
Layer interno di alluminio

➤ Primi tentativi (LNGS – acciaio e scalmalloy - stampa 3D):

Sviluppato e prodotto dal reparto Additive Manufacturing dei LNGS



➤ Studio dei punti critici (fragilità) nella produzione e tenuta:



➤ Test di tenuta con diversi spessori di layer interno, testato dal servizio di criogenia del CERN:

- 300 μm ,
- 400 μm ,
- 500 μm .

Il contenitore è stato riempito con 4He alla pressione di 10 bar, immerso in azoto liquido e si è misurato la perdita con un cercafughe ad alta sensibilità.

Sono stati effettuati 10 cicli di immersione e misura.

Lo spessore di **0.5 mm** ha garantito la tenuta anche dopo 10 cicli.



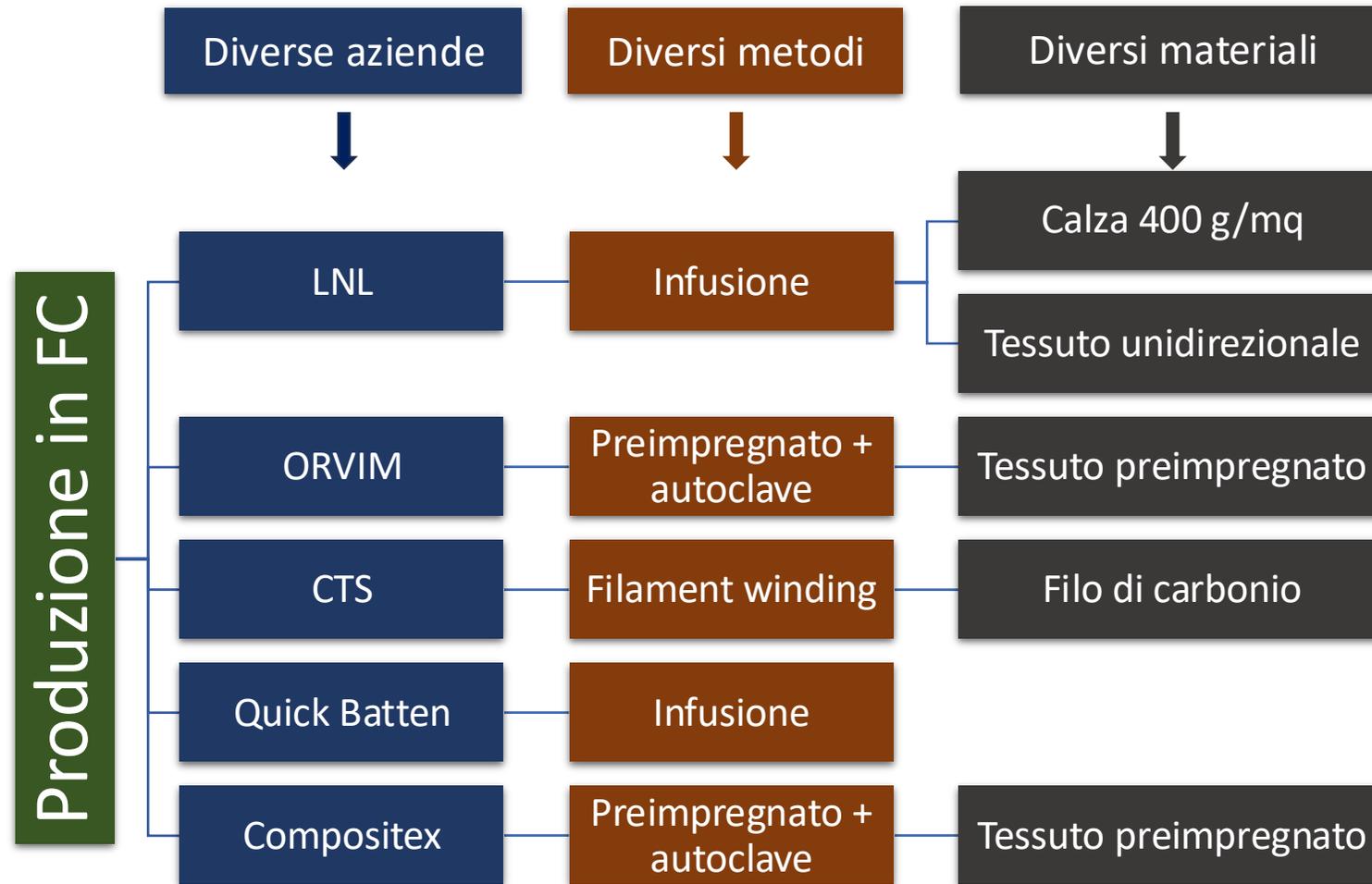
Risultato → Stampo in 3D al LNGS con SCALMALLOY con 0.5 mm parete.

Versione classica: H = 75 mm, D = 26 mm

Volume: circa 15500 mm³



Layer esterno di Fibra di carbonio



Layer esterno di Fibra di carbonio

- Per testare la tenuta in pressione di ogni bomboletta:



Manometro



Pompa ad olio



Layer esterno di Fibra di carbonio

Produzione in FC

LNL



ORVIM



CTS



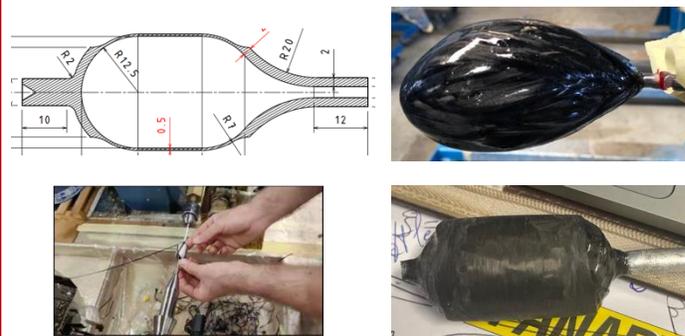
Quick Batten



Compositex



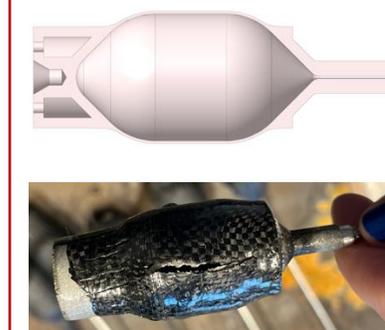
CTS → 200 bar (>1mm FC)



Infusione LNL →



ORVIM → 260 bar (0.6 mm FC)

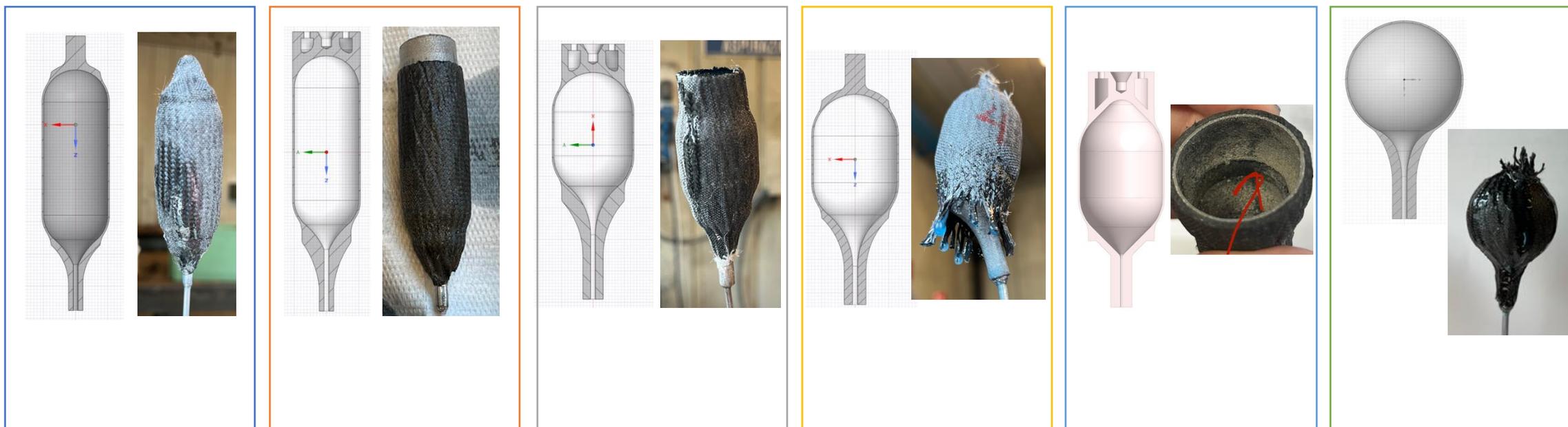


Compositex →



Test diverse geometrie (LNL)

- Stampo da 0.5 mm di alluminio (Scalmalloy - Layer interno).
- 6 diverse geometrie.
- Fibra di carbonio con la tecnica della infusione: 4 strati di calza (1.5 -1.6 mm spessore totale di carbonio).



Test di tenuta di pressione (fino ad esplodere)

Test di tenuta e ripetibilità

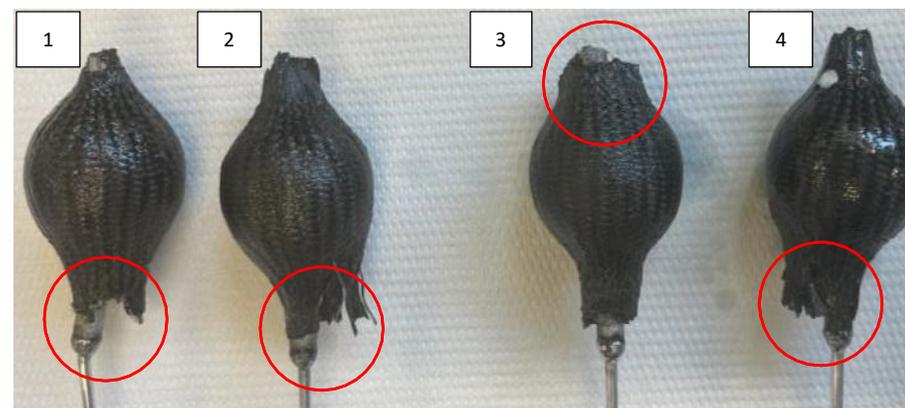
Test di ripetibilità LNL

- Stampo da 0.5 mm di alluminio (Scalmalloy - Layer interno).
- Stessa geometria (sferica).
- Fibra di carbonio con la tecnica della infusione: 4 strati di calza (1.5 -1.6 mm spessore totale di carbonio).

Prima del test in pressione

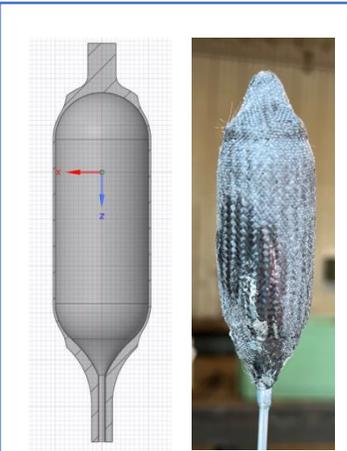


Dopo test in pressione

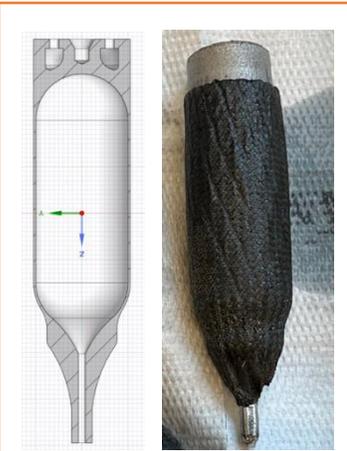


Target Number	1	2	3	4
$P_{rottura}$ (bar)	650	650	600	600

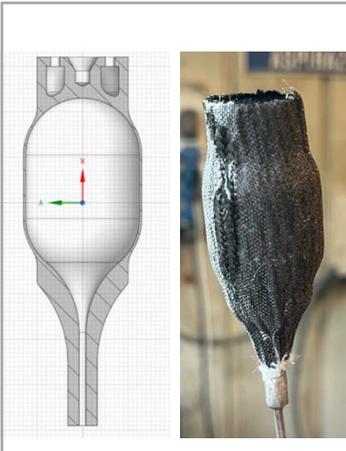
Test di tenuta di pressione (LNL)



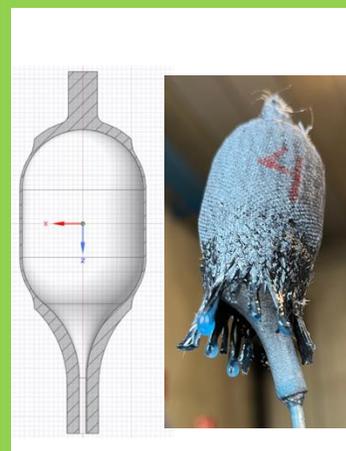
Micro-perdita
 $P_{rottura}$: 600-630 bar



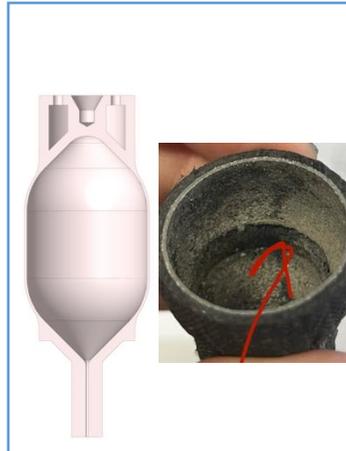
Sfilata sopra
 $P_{rottura}$: 610 bar



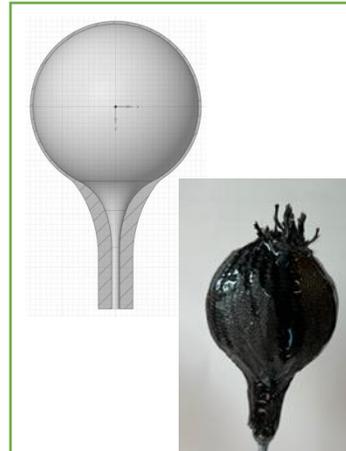
Sfilata sopra
 $P_{rottura}$: 600 bar



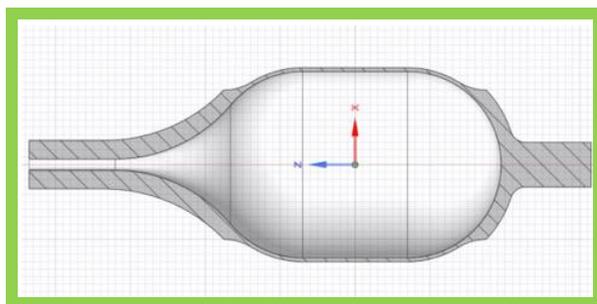
Sfilata sotto
 $P_{rottura}$: 730-800 bar



Sfilata sopra
 $P_{rottura}$: 580 bar



Micro-perdita
 $P_{rottura}$: 600 bar



Geometria migliore

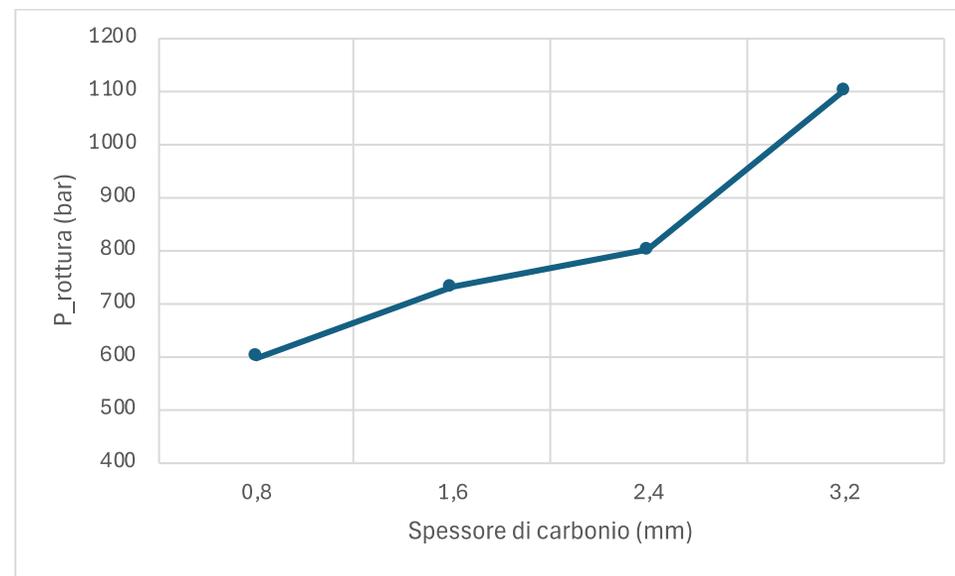
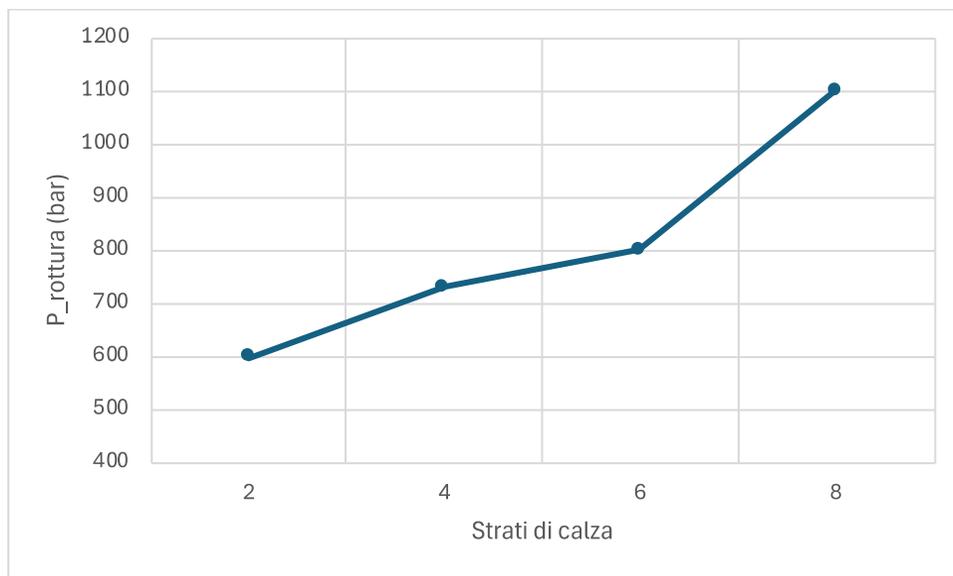


Geometria classica

Test con diversi spessori (LNL)

- Stampo da 0.5 mm di alluminio (Scalmalloy - Layer interno).
- Stessa geometria (classica).
- Fibra di carbonio con la tecnica della infusione: variando la quantità di calza.

< 2 mm di spessore (4 stratti di calza)



Test diverse geometrie (Compositex)

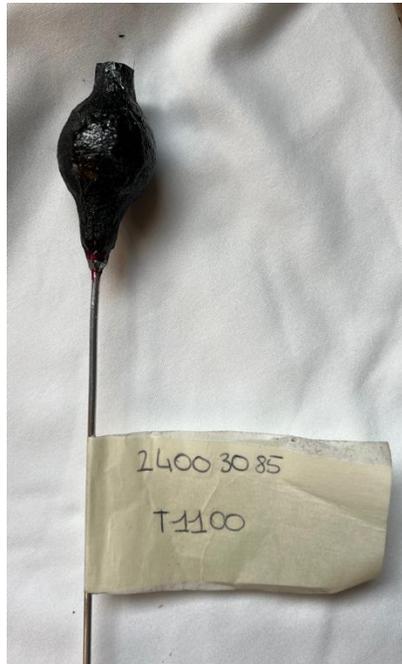
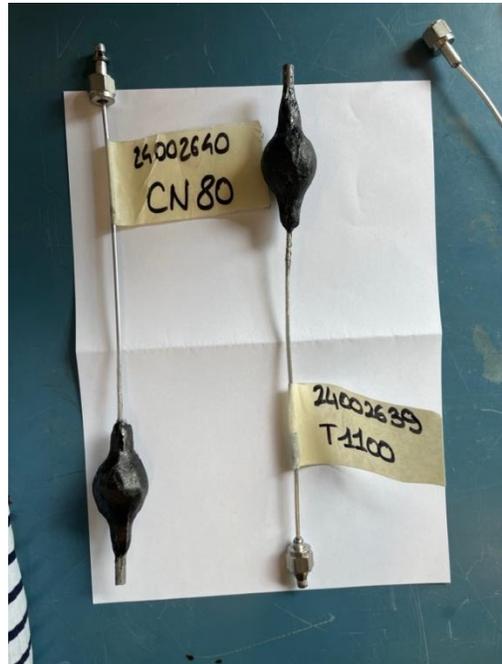
- Stampo da 0.5 mm di alluminio (Scalmalloy - Layer interno).
- 2 diverse geometrie (classica ed sferica).
- Fibra di carbonio con tessuto preimpregnato: diverso tessuto (CN80 & T1100) e diverso spessore (3 o 4 strati).

- CN80 sferica 4 strati
- T1100 sferica 3 strati
- T1100 sferica 4 strati
- T1100 classica 4 strati

Layer scalmalloy



Bombolette prodotte



Dopo il test in pressione



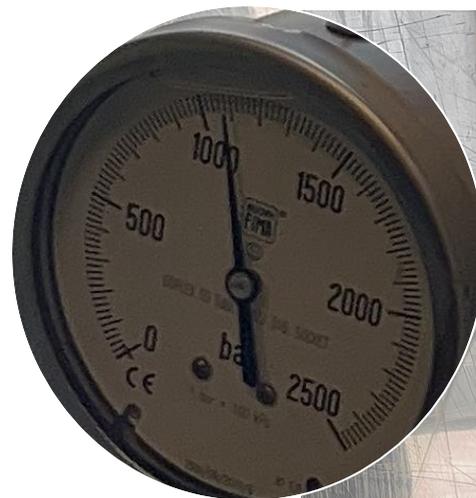
Test diverse geometrie (Compositex)

Risultati →

- CN80 sferica 4 strati → **500 bar**
- T1100 sferica 3 strati → 1150 bar (rotta nella pancia)
- T1100 sferica 4 strati → **1500 bar (non rotta)** ✓
- T1100 classica 4 strati → 1400 bar (rotta nella pancia)

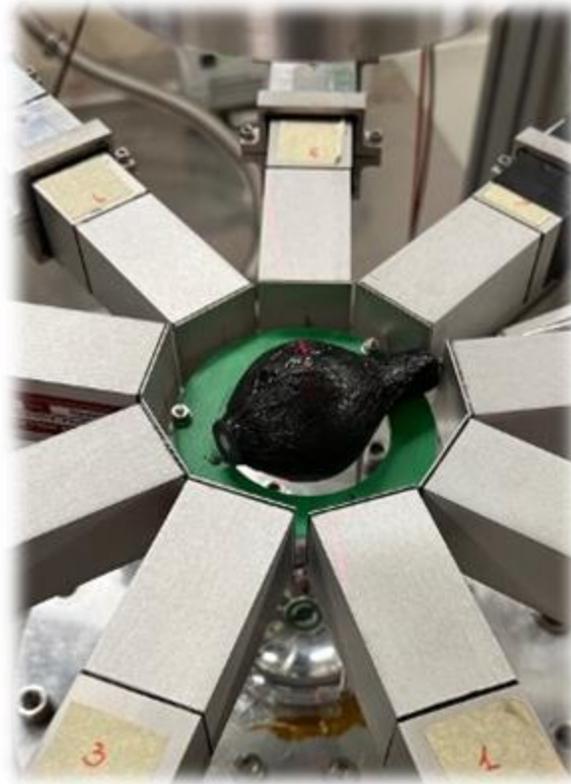


3 strati = 0.9 mm di FC
4 strati = 1.2 mm di FC



MAREX experiment

- Richiesta pressione di lavoro 300 bar.
- Bomboletta di 20 mm di raggio ($\neq 13\text{mm}$).
- Dopo accordo con la safety del CERN:
 - Coefficiente di sicurezza = 2,
 - Produzione di 7 bombolette,
 - Test di pressione di 5 bombolette,
 - Rottura superiore a 600 bar,
 - 2 bombolette per l'esperimento.
- Risultati di test in pressione:
 - 2 rotte a 700 bar,
 - 2 rotte a 800 bar,
 - 1 non rotta (fermati a 800 bar).
- Esperimento fatto con Argon a 200 bar.



Conclusioni e Prossimi passi:

Procedure per il target finale:

- Compatibilmente con il coefficiente di sicurezza imposto dal CERN (ancora oggetto di trattativa ma compreso fra 2 e 2.5), **verrà determinata la pressione di lavoro**.
- Verranno prodotte **7 bombolette** che verranno testate dal servizio di criogenia del CERN utilizzando 10 cicli di immersione in azoto liquido, al fine di determinare eventuali effetti di cracking dovuti alla diversa dilatazione termica del layer di alluminio e della parte strutturale in fibra di carbonio.
- A seguito di questi test, le **prove di tenuta in pressione** saranno effettuate per determinare il valore effettivo nelle condizioni di lavoro.
- Il sistema completo di contenimento del gas bersaglio oltre alla capsula prevede una valvola, un misuratore di pressione “real time” e un disco di rottura tarato a 50 bar al di sopra della pressione di lavoro e connesso ad un contenitore per il recupero di 3He .

Conclusioni e Prossimi passi:

Conclusioni:

- Sono stati definiti la geometria (Geom. classica) e lo spessore del layer interno di alluminio.
- Sono stati individuati il materiale, il metodo di produzione e dove verranno prodotti i target (LNL o Compositex).
- Con le prove sperimentale fatte è stata raggiunta la pressione minima necessaria di lavoro.

Prossimi passi:

- Testare l'infusione ad alta pressione (LNL), con una camera iperbarica sviluppata ad hoc. Obiettivo di ridurre lo spessore di carbonio.
- Testare il tessuto T1300, con proprietà migliore per ridurre lo spessore di carbonio (Compositex).
- Riprendere le prove in laboratorio, condotte in azoto liquido.
- Implementare le simulazioni strutturali con ANSYS (LNGS) per i nuovi prototipi.
- Confermare i dati sperimentali con le simulazioni (i dati sono stati confermati per l'esperimento MAREX).

E dopo un anno...

Presentazione PF - Trieste 2023

Pressure test up to 200 bars done after 2 immersions in LN2 of the CF wrapped capsule



P = 200 bar

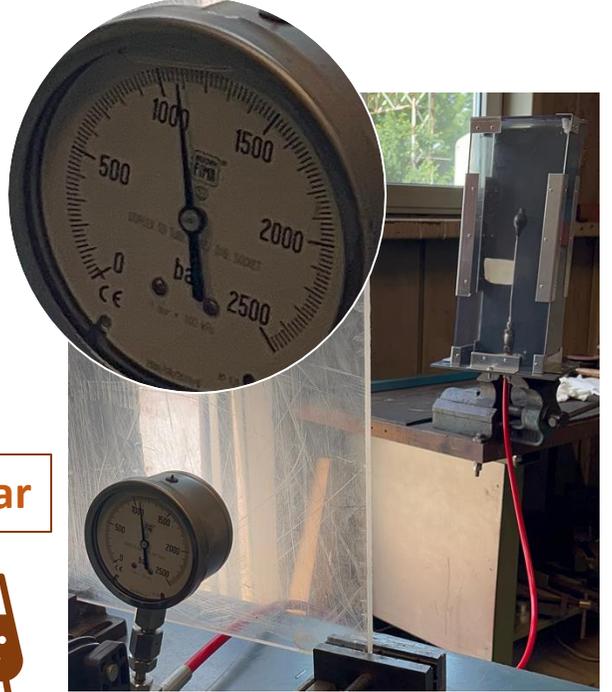


P = 1500 bar



Bologna 2024

- T1100 sferica 4 strati → **1500 bar (non rotta)**
- T1100 classica 4 strati → 1400 bar (rotta nella pancia)



Grazie per l'attenzione !!!

Il Target

La procedura di riempimento è la seguente:

- Il contenitore si trova immerso in un bagno di 4He sovra-raffreddato alla temperatura di 3.19 K .
- La valvola criogenica che isola il target viene aperta e viene fatto il vuoto nel contenitore e nel circuito.
- La valvola della bombola di 3He viene aperta lentamente.
- Il gas che fluisce nel contenitore liquefa, si riduce di volume e crea depressione.
- Una volta che tutto 3He della bombola è stato aspirato dentro il contenitore (che è riempito di 3He liquido), la valvola criogenica viene chiusa.
- Lentamente si porta il contenitore alla temperatura ambiente.
- 3He passerà dallo stato liquido a quello gassoso raggiungendo la pressione di $59/0.165 = 358\text{ bar}$.
- L'assembly può essere staccato dalla bombola di 3He e montato in sala sperimentale.
- Questa procedura è sviluppata in collaborazione con il servizio criogenia del CERN che reputa l'idea interessante e desidera quindi collaborare a svilupparla.

