

Frascati, October 18, 1997

Note: **DI-14**

INSTALLAZIONE E COMMISSIONING DELL'IMPIANTO CRIOGENICO DI DAΦNE

R. Ceccarelli, M. De Giorgi, M. Modena

INTRODUZIONE

Il progetto DAΦNE prevede l'utilizzo di sei magneti superconduttori. Due di questi magneti sono i grandi solenoidi degli esperimenti KLOE e FINUDA, e gli altri quattro sono i magneti Compensatori Solenoidali montati sull'Acceleratore ai bordi dei pozzi ospitanti gli esperimenti. I magneti, il sistema di linee di trasferimento criogeniche e il nuovo Impianto Criogenico dedicato al Progetto, costituiscono il Sistema Criogenico di DAΦNE [Ref.1].

Questa Nota Tecnica descrive le attività di installazione del suddetto impianto criogenico e delle linee di trasferimento, del loro commissioning e test, attività avvenute nel periodo Gennaio- Ottobre 1997.

1. IL SISTEMA CRIOGENICO DI DAΦNE

L'impianto criogenico di DAΦNE consta di diversi elementi che si trovano posizionati anche a distanze rilevanti l'uno dagli altri. Con riferimento alla Fig.1, ricordiamo gli elementi principali:

1. Il Compressore di processo (Helium Process Compressor)
2. I Volumi di lavoro per l'Elio compresso (Buffer Volumes)
3. Le Linee di Trasferimento dell'Elio dal Compressore al Liquefattore (Warm Transfer Lines)
4. Il Liquefattore (Cold Box)
5. Le Linee di trasferimento Criogeniche (Cryogenic Transfer Lines)
6. Il Sistema di Distribuzione (Distribution Valve Box)
7. Il Sistema di Controllo (Control System).

(Per una descrizione generale delle funzioni dei vari elementi sopraelencati, si rimanda alla [Ref.1]).

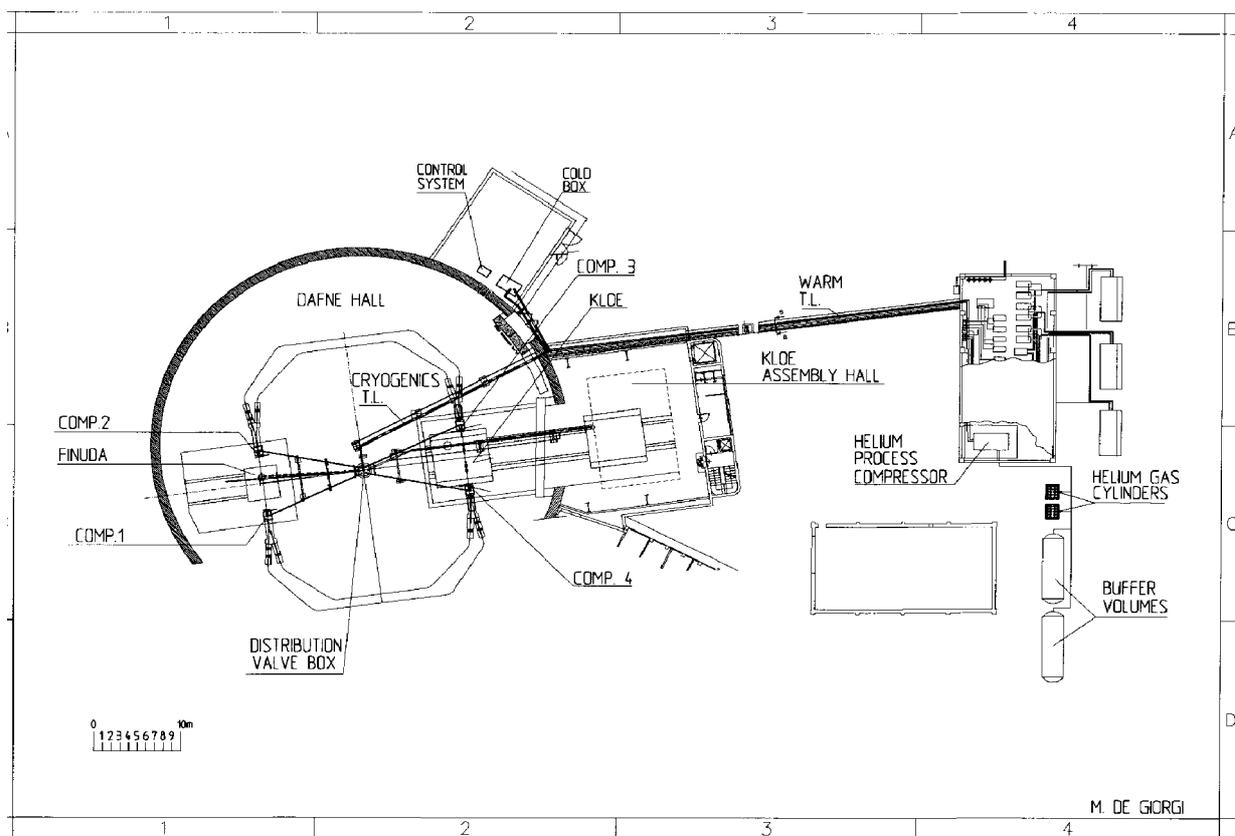


Figura 1 : Il Sistema Criogenico di DA NE

La potenza totale criogenica nominale richiesta all'impianto alla connessione dei magneti (cioè escludendo le perdite termiche dovute alle Transfer Lines) è la seguente:

| | |
|--------------------------------------|--------|
| Capacità di refrigerazione a 4.2 K : | 99 W |
| Capacità di refrigerazione a 70 K : | 800 W |
| Capacità di liquefazione a 4.2 K : | 35 L/h |

Per garantire le suddette capacità criogeniche l'impianto fornisce ai magneti elio gassoso nelle seguenti condizioni:

- *Elio a 5.2 K e pressione di 3 bar (assoluti).* Tale flusso, dopo un'appropriata espansione che avviene nella torretta di ciascun magnete, produce il richiesto quantitativo di elio liquido necessario al raffreddamento dell'avvolgimento superconduttore e dei suoi discendenti di corrente.
- *Elio a 70 K e ad appropriata pressione.* Tale flusso alimenta gli schermi termici dei magneti di KLOE e FINUDA ed è anche utilizzato per il primo raffreddamento dei magneti, da temperatura ambiente (300 K) alla temperatura di lavoro (4.4 K).

- *Elio a 300 K e ad appropriata pressione*, viene anch'esso fornito dall'impianto ai magneti. Esso è necessario per il primo raffreddamento a partire da temperatura ambiente (attraverso una apposita e variabile miscelazione con un flusso di elio a 70 K).

I valori di progetto (perdite termiche) delle linee di trasferimento criogeniche sono :

0.22 W/m per le linee a 4.2 K

1.5 W/m per le linee a 70 K

2. L'INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO CRIOGENICO DI DAΦNE

L'installazione dell'impianto criogenico fornito dalla ditta LINDE Kryotechnik AG (CH), delle linee di trasferimento della ditta LEYBOLD BV (NL) e delle tubazioni a temperatura ambiente per elio installate dalla ditta VICMA (I), si è svolta nella Primavera-Estate del 1997.

Il Sistema Criogenico di DAΦNE entrerà pienamente in funzione nel 1998 quando i due esperimenti KLOE e FINUDA saranno installati sull'Acceleratore, ma nelle schedule del Progetto, era previsto raffreddare il magnete di KLOE già nell'Estate del 1997, prima dell'inizio della fase di assemblaggio finale dell'apparato di rivelazione. Tale raffreddamento avrebbe permesso di effettuare i Test di Accettazione del magnete superconduttore costruito dalla Oxford Inst. A.T.G. e di misurare con una fitta e precisa mappatura, il campo magnetico all'interno del magnete stesso (dove saranno installati gli apparati sperimentali) e nella zona esterna dove esso interferisce maggiormente con la struttura magnetica dell'Acceleratore. Per questo motivo, si era stabilita con la ditta LINDE fornitrice dell'impianto criogenico (compreso delle linee di trasferimento e di tutte le altre parti accessorie), una schedula dei tempi di installazione molto stretta in modo da poter giungere ad avere il commissioning del nuovo impianto subito seguito dai test del magnete di KLOE. Il contratto con la LINDE è partito nel Gennaio 1996 e, tenendo conto delle fasi di progettazione, revisione etc. del complesso sistema criogenico che hanno occupato tutto il 1996, l'inizio dell'installazione vera e propria si è avuto nel Gennaio 1997.

A seguito è riportata una lista delle principali attività di installazione che sono state effettuate tra il Gennaio e il Giugno 1997:

| <i>OPERAZIONE</i> | <i>EFFETTUATA DA:</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. Installazione Buffer Volumes | (LINDE, INFN) |
| 2. Installazione del Compressore | (LINDE, INFN) |
| 3. Installazione delle Warm Transfer Lines | (VICMA) |
| 4. Installazione in Sala DAΦNE dei supporti per le Transfer Lines Criogeniche | (AERFER) |
| 5. Installazione della Cold Box | (LINDE, INFN) |
| 6. Installazione della Distribution Valve Box | (LINDE, INFN) |
| 7. Installazione delle Transfer Lines : | |
| - TL150 (Cold Box-Valve Box) | |
| - TL210 (Valve Box - magnete di KLOE) | (LEYBOLD) |

In Fig.2 è mostrato il Liquefattore (Cold Box) aperto durante la fase di installazione. Sono visibili parte degli scambiatori termici e delle valvole avvolte nel superisolamento termico.

Nelle Figs. 3, 4 e 5 sono mostrate altre parti del Sistema Criogenico installato.



Figure 2 : La Cold Box dell'Impianto LINDE (aperta) durante l'installazione



Figura 3 : Vista della flangia superiore della Valve Box criogenica con le connessioni delle Linee di Trasferimento Criogeniche: a KLOE (a sin), alla Cold Box (al centro) e ai magneti Compensatori di FINUDA (a des.)



Figura 4 : Vista della Valve Box di distribuzione, del sistema di Linee di Trasferimento Criogeniche e dei loro supporti (Bridge) installate nella Sala DA NE



Figura 5 : Vista della parte superiore del magnete di KLOE.
(È visibile l'arrivo e la connessione della Linea di Trasferimento Criogenica attraverso il muro circolare della Sala DA NE)

3. I TEST DI ACCETTAZIONE DELL'IMPIANTO CRIOGENICO DI DAΦNE

Il 7 e 8 Luglio si sono svolti i test di accettazione dell'Impianto Criogenico. A quella data la linea di trasferimento criogenica di KLOE era stata appena completata, ma il magnete non era stato ancora collegato ad essa. Per effettuare un corretto e significativo test della capacità totale richiesta all'Impianto Criogenico si è proceduto nel seguente modo: alla fine della suddetta linea di trasferimento del magnete di KLOE si è collegato un apposito "Test Dewar" costruito dalla Leybold e tramite una resistenza elettrica accuratamente tarata, si è simulato in tale dewar il "consumo totale in refrigerazione a 4.2 K" dei magneti KLOE e FINUDA (~100 W). Contemporaneamente una analoga resistenza "bruciava" sul circuito a 70 K (nel liquefattore) il "consumo totale in refrigerazione a 70 K" dei magneti KLOE e FINUDA (~800 W). Come ultimo carico criogenico (sempre contemporaneamente ai primi due) un sistema evaporatore montato al posto di uno dei magneti Compensatori, evaporava e misurava una quantità di elio liquido, equivalente al carico termico dei quattro magneti Compensatori e dei discendenti di corrente di tutti i magneti (~1.2 g/s). Tale situazione è stata stabilizzata e monitorata per un ragionevole periodo di tempo, attraverso il sistema di controllo dell'impianto criogenico.

La misura comparata della capacità totale dell'impianto a monte e a valle del sistema di linee di trasferimento criogeniche, ha permesso una prima valutazione della qualità (isolamento termico) delle linee di trasferimento criogeniche. I valori risultanti delle perdite termiche sono stati circa il doppio dei valori di progetto. Tale risultato negativo (anche se ininfluente al corretto funzionamento del sistema: Impianto Criogenico - KLOE) ha probabilmente la sua spiegazione nella fase di montaggio delle suddette linee che non è potuta avvenire seguendo i migliori accorgimenti di installazione. Questo è stato causato dalla strettissima schedula di installazione. Al fine di ottimizzare tutte le installazioni riguardanti il funzionamento del magnete KLOE che si voleva freddo e operativo per l'estate (installazione del magnete, dell'Impianto Criogenico, dei servizi della Sala KLOE e dell'impianto come: acqua, aria compressa, azoto liquido, etc., ed installazione delle Transfer Lines Criogeniche e dei loro supporti), è mancato il tempo per procedere con le usuali operazioni di degassamento e pulizia del vuoto di isolamento delle linee. Tali procedure, che garantiscono la completa assenza di contaminanti anche condensati (come: umidità, aria, etc.) dal vuoto delle linee, sono infatti molto importanti per l'ottenimento di buone prestazioni termiche delle stesse. Tuttavia questo problema si risolverà automaticamente con lo smontaggio e messa in aria di gran parte di tali linee previsto per questo mese. Nella futura fase di re-installazione delle linee criogeniche per il montaggio definitivo dei magneti KLOE e FINUDA su DAΦNE (previsto nella Primavera-Estate 1998) si assicurerà che tutte le precauzioni possibili per una corretta e pulita installazione delle linee (compreso un degassaggio tramite riscaldamento) siano osservate.

Durante tali test è stato anche possibile misurare la "capacità criogenica residua disponibile" dell'impianto. Il valore di tale capacità aggiuntiva (che è in un certo senso il "margine di sicurezza" sulla capacità dell'impianto) si è rivelato superiore al valore di progetto ed è quantificabile in una equivalente capacità in refrigerazione a 4.2 K di circa 40 W. Dato che questa misura si è svolta con le attuali linee di trasferimento criogeniche di non eccellente qualità per i suddetti motivi, a questo valore di 40 W andranno anche ad aggiungersi tutti i risparmi di potenza criogenica che la futura re-installazione delle linee criogeniche comporterà.

Terminata la fase di test e misure magnetiche di KLOE, l'impianto criogenico è stato spento il 10 Ottobre 1997. Si procederà ora con lo smontaggio delle linee criogeniche che hanno alimentato il magnete di KLOE nella sua Sala di Assemblaggio, e con delle piccole modifiche di miglioramento su entrambi i sistemi criogenici di KLOE e dell'Impianto LINDE. In definitiva, dal completamento della sua installazione, l'Impianto Criogenico ha lavorato ininterrottamente per più di tre mesi. In questo periodo l'impianto ha mostrato di essere estremamente stabile, costante ed affidabile nell'operazione; le uniche interruzioni di funzionamento sono state causate dalla mancanza del flusso d'acqua di raffreddamento necessaria in varie parti del sistema. Tali interruzioni sono dipese da cause estranee all'impianto criogenico (principalmente problemi nel commissioning del nuovo sistema di raffreddamento idraulico di DAΦNE a cui anche il sistema criogenico è collegato) ed hanno invece permesso di fare un'importante esperienza sulle procedure e tempi di ripartenza del sistema "Impianto Criogenico - KLOE" in caso di problemi non legati prettamente ad aspetti criogenici.

REFERENZE

- [1] M. Modena: "DAΦNE Cryogenic System" *in pubblicazione nei Reports LNF* - Ottobre 1997.