



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO DELL'ENERGIA
Dottorato in Energetica – XXIV Ciclo

ANALISI DI SICUREZZA DI SISTEMI DELL'IMPIANTO SPES

ING/IND-19

TESI DI
ING. GIUSEPPE MORANA

COORDINATORE DEL DOTTORATO
Ch.mo Prof. Giuseppe Vella

TUTOR
Ch.mo Prof. Francesco Castiglia
Co-TUTOR
Dott. Ing. Mariarosa Giardina

PALERMO, 24 marzo 2014

INDICE

PREMESSA	1
CAPITOLO 1. IL PROGETTO SPES DEI LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO (INFN)	4
1.1 INTRODUZIONE	4
1.2 PRODUZIONE ED UTILIZZO DI FASCI DI IONI ESOTICI	4
1.3 METODI DI PRODUZIONE DEI FASCI RIB (RADIOACTIVE ION BEAM)	9
1.3.1 Il metodo ISOL	12
CAPITOLO 2. FRONT-END E TARGET CHAMBER DELL'IMPIANTO SPES	19
2.1 INTRODUZIONE	19
2.2 DESCRIZIONE DEL FRONT-END	20
2.2.1 Descrizione del sub-assembly ST_FE200	24
2.2.2 Descrizione del sub-assembly ST_FE100 e del canale RIB	34
2.2.3 Descrizione del sub-assembly ST_FE300 e del canale PPB	36
2.3 IL TARGET CHAMBER SYSTEM	38
2.4 IL TARGET BLOCK SYSTEM	43
2.4.1 Descrizione del production target e del target heating system	45
2.5 L'ION SOURCE SYSTEM	51
2.5.1 La hot cavity ion-source	53
2.6 IL SISTEMA DI REFRIGERAZIONE DELLA TARGET CHAMBER	59
2.7 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DEL VUOTO NEL PROTOTIPO DEL FRONT END	64
2.7.1. Descrizione dell'impianto	65
2.7.2 Introduzione alle tipologie di pompe per il vuoto	85
2.7.3 Descrizione delle pompe per il vuoto installate nell'impianto	95
2.7.4 Generalità sul PLC (Programmable Logic Controller)	97
2.7.5 Descrizione del Vacuum PLC installato nell'impianto	102
CAPITOLO 3. ANALISI DI TRANSITORI INCIDENTALI DEL SISTEMA DI REFRIGERAZIONE DEL TARGET CHAMBER MEDIANTE IL CODICE RELAP	104
3.1 INTRODUZIONE	104
3.2 NODALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI REFRIGERAZIONE	105
3.3 SCENARI ANALIZZATI	108

3.4	SIMULAZIONE DELLE CONDIZIONI STAZIONARIE DELL'IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE DELL'IMPIANTO EXCYT	108
3.5	SIMULAZIONE DELL'EVENTO INCIDENTALE DI TIPO LOCA	111
3.6	SIMULAZIONE DELL'EVENTO INCIDENTALE DI TIPO OVERPOWER	124
3.6.1	PICCO DI POTENZA	124
3.6.2	GRADINO DI POTENZA	127
3.7	CONCLUSIONI	130
CAPITOLO 4. LA METODOLOGIA FMECA NELL'ANALISI DI RISCHIO ED UTILIZZO DEL DATABASE R.A.D.		131
4.1	INTRODUZIONE	131
4.2	LA TECNICA F.M.E.C.A.	133
4.3	IL DATABASE R.A.D. (Risk Analysis Database)	139
4.3.1	Le tabelle del Database R.A.D.	142
4.3.2	I reports del Database R.A.D.	150
CAPITOLO 5. APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA FMECA AL FRONT-END DELL'IMPIANTO SPES		152
5.1	INTRODUZIONE	152
5.2	FASI OPERATIVE ANALIZZATE	153
5.3	COMPONENTI E MODI DI GUASTO	156
5.4	CONCLUSIONI	192
CAPITOLO 6. APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA FMECA AL SISTEMA DI PRODUZIONE DEL VUOTO DEL FRONT-END OFFLINE		199
6.1	INTRODUZIONE	199
6.2	STUDIO AFFIDABILISTICO DEL VACUUM PLC	199
6.2.1	Analisi dei modi di guasto del Vacuum PLC	202
6.2.2	Risultati dell'analisi FMECA del Vacuum PLC	210
6.3	STUDIO AFFIDABILISTICO DI UNA LINEA DI POMPAGGIO DEL VACUUM SYSTEM	212
6.3.1	Analisi dei modi di guasto della linea di pompaggio	214
6.3.2	Risultati dell'analisi FMECA della linea di pompaggio	230
6.4	CONCLUSIONI	232
BIBLIOGRAFIA		

APPENDICI	235
A.1 CODICE RELAP	235
A.2. INPUT CODICE REPAL	245
A.3. REPORTS ANALISI F.M.E.C.A.	318
A.4. SCHEMI ELETTRICI E PNEUMATICI DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DEL VUOTO	448

PREMESSA

Nel corso degli ultimi anni l'Unione Europea ha assunto la leadership nel campo della ricerca nucleare e sta pianificando la costruzione di una nuova generazione di impianti per la produzione di fasci di ioni radioattivi, con lo scopo di esplorare la materia esotica e fornire un valido strumento per applicazioni di tipo medico ed industriale. Il progetto europeo, denominato EURISOL (European Isotope Separation On-Line Radioactive Ion Beam Facility), è una iniziativa che vede coinvolti i principali laboratori nucleari europei ed è dedicato allo studio di progettazione e di fattibilità di una struttura per la produzione di fasci di nuclei radioattivi di qualità significativamente superiore a quella attualmente disponibile, ovvero ioni "neutron-rich" nel range di massa compreso tra 80 e 160 uma.

La partecipazione italiana al progetto è coordinata dall' I.N.F.N. (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), in particolare dai L.N.L. (Laboratori Nazionali di Legnaro) e dai L.N.S. (Laboratori Nazionali del Sud). Nell'ottica dello sviluppo dei sistemi di produzione di fasci nucleari esotici, l'impegno dell'I.N.F.N. è quello di dotarsi di un impianto denominato SPES (Study for the Production of Exotic Species) da sviluppare presso i Laboratori di Legnaro e che si avvarrà dell'esperienza acquisita nei Laboratori Nazionale del Sud con il progetto EXCYT (Exotics with Cyclotron and Tandem).

Il progetto SPES prevede il bombardamento di un bersaglio in carburo di uranio con un fascio di protoni, in modo da generare, tramite reazione nucleare,

specie radioattive all'interno del target. Le particelle radioattive generate vengono successivamente estratte, ionizzate, separate in massa ed accelerate come fascio di ioni radioattivo.

Il presente lavoro di dottorato ha riguardato lo studio di sicurezza di alcune unità dell'impianto SPES e si inserisce nell'ambito di una collaborazione di ricerca tra i Laboratori Nazionali di Legnaro ed il Dipartimento dell'Energia, sezione Nucleare, dell'Università degli Studi di Palermo. Tale attività ha comportato l'analisi sui componenti del sistema di produzione del vuoto e sul sistema di refrigerazione del target. In particolare l'attenzione è stata focalizzata sul Front-End dell'impianto SPES ovvero il complesso di apparecchiature adiacenti alla target chamber.

Lo studio è stato effettuato attraverso l'utilizzo dell'analisi FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis), metodologia ampiamente utilizzata e consolidata nell'analisi di rischio di sistemi industriali anche complessi. Una prima fase dell'analisi ha riguardato lo studio dettagliato dei vari componenti che costituiscono l'impianto, dei loro modi di guasto e dei possibili effetti sul processo. Tale fase ha richiesto una ricerca bibliografica particolarmente impegnativa a causa della scarsa disponibilità di dati statisticamente attendibili, legata essenzialmente al carattere fortemente innovativo dell'impianto. I dati raccolti sono poi stati inseriti e successivamente analizzati tramite un database denominato Risk Analysis Database (RAD), messo a punto presso il Dipartimento dell'Energia dell'Università degli Studi di Palermo. Tramite tale analisi è stato possibile individuare le possibili deviazioni dal normale funzionamento che

potrebbero condurre a situazioni incidentali di particolare interesse, individuare le procedure e i componenti che sono critici per la sicurezza dell'impianto e, nello stesso tempo, indicare o suggerire modifiche volte al raggiungimento di standards di sicurezza più elevati.

Un'ulteriore studio è stato condotto sul sistema di refrigerazione del target, sul quale si è effettuato uno studio termoidraulico avvalendosi del codice RELAP-3D 2.4.2 per valutare il comportamento dell'impianto durante i transitori incidentali e in tal senso si è preso come riferimento lo schema d'impianto del sistema di refrigerazione del target dell'impianto EXCYT dei laboratori LNS di Catania. L'analisi termoidraulica ha consentito di simulare l'andamento delle variabili d'impianto durante i transitori incidentali esaminati e di valutare la capacità intrinseca del circuito a far fronte a scostamenti dai parametri di progetto che potrebbero portare alla perdita dell'integrità strutturale.

CAPITOLO 1

IL PROGETTO SPES DEI LABORATORI NAZIONALI DI LEGNARO (INFN)

1.1. INTRODUZIONE

A partire dal 2014, in Italia sarà possibile studiare isotopi e reazioni nucleari di elementi in regioni della carta dei nuclidi attualmente inesplorate. Accanto alle ricerche di fisica fondamentale che ci permetteranno di indagare sui processi che portano alla formazione dei nuclei pesanti nelle stelle, il progetto SPES (Selective Production of Exotic Species) prevede lo sviluppo di alcuni programmi nel settore della produzione di sorgenti neutroniche utilizzabili per differenti scopi tecnologici e biomedici e nel settore della produzione di radionuclidi innovativi per la diagnostica e la terapia in medicina nucleare [1]. SPES produrrà in particolare fasci di ioni ricchi di neutroni per le attività di ricerca di fisica nucleare, ma anche fasci di protoni e neutroni per applicazioni in campo medico, astrofisico, per lo studio dei materiali e dei reattori nucleari di IV generazione. La facility è inserita in un quadro di ricerca scientifica e sviluppo tecnologico in collaborazione con importanti laboratori nel mondo: Cern in Svizzera, Ganil in Francia, Ornl negli Stati Uniti, Triumf in Canada e Kek in Giappone [2].

1.2. PRODUZIONE ED UTILIZZO DI FASCI DI IONI ESOTICI

In figura 1.1 viene riportata la cosiddetta carta dei nuclidi, una rappresentazione della distribuzione dei nuclei degli atomi in un piano dove le coordinate rappresentano il numero dei protoni Z (numero atomico) e il numero dei neutroni N [3].

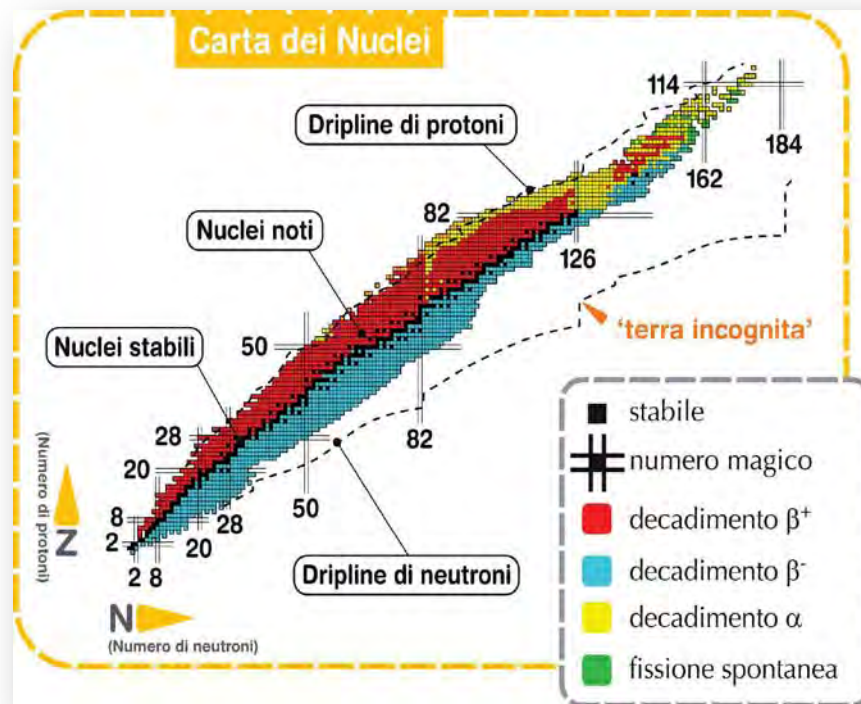


Figura 1.1 – Carta dei Nuclidi

La stabilità del nucleo è garantita dalla presenza di una intensa forza di attrazione tra i nucleoni, definita interazione forte, che si manifesta con efficacia a distanze inferiori alle dimensioni nucleari e bilancia la repulsione elettrostatica tra i protoni carichi positivamente. L'interazione forte vincola il moto dei nucleoni attorno alla massa nucleare centrale e, a causa della sua notevole intensità, fa sì che la rottura del nucleo richieda molta energia. I quadratini neri in figura rappresentano i nuclei stabili, mentre i quadratini colorati (in rosso, giallo, verde e azzurro) indicano i nuclei instabili conosciuti. I diversi colori dipendono dalle caratteristiche dei nuclei, che determinano i modi di decadimento. I nuclei nell'area compresa tra la zona colorata e la linea tratteggiata inferiore non sono conosciuti e costituiscono la terra incognita. I

nuclei presenti in natura sulla Terra sono in gran parte stabili. Questi nuclei si dispongono, nella carta dei nuclidi, lungo una zona chiamata *valle di stabilità*. Il motivo fondamentale della maggiore stabilità dei nuclei con numero di protoni uguale al numero di neutroni è da ricercarsi nel fatto che l'interazione neutrone-protone è leggermente più intensa rispetto alle interazioni protone-protone e neutrone-neutrone. Osservando la Figura 1.1, si nota che per nuclei con numero di massa $A \geq 40$ (si ricorda che $A = Z + N$, con $Z = \text{numero di protoni}$ ed $N = \text{numero di neutroni}$), la forza coulombiana sposta la linea di stabilità lontano dalla retta su cui giacciono i nuclei con numero di protoni uguale al numero di neutroni, verso nuclei ricchi di neutroni, i quali, essendo privi di carica, non alimentano la forza repulsiva elettrostatica. Si ha, inoltre, che la forza coulombiana limita l'esistenza di elementi super pesanti, dato che il corto raggio di azione della forza nucleare forte non permette un'efficace opposizione alla forza elettrostatica, agente invece a più lungo raggio. La maggior parte delle conoscenze attuali della struttura nucleare si basa su esperimenti nei quali si inducono reazioni nucleari con fasci di ioni stabili su bersagli di nuclei anch'essi stabili. Questo ha limitato lo studio alle specie nucleari che sono vicine alla valle di stabilità, per le quali il rapporto tra neutroni e protoni non è molto differente da quello dei nuclei stabili. Al di fuori di questa regione abbiamo poche informazioni sul comportamento dei nuclei, soprattutto per quelli ricchi di neutroni. La zona della carta dei nuclidi occupata da questi nuclei è stata così battezzata *terra incognita*. Questa area è delimitata dalla *neutron drip line*, oltre la quale si prevede che non esistano sistemi legati di neutroni e protoni e contiene i nuclei che partecipano al

cosiddetto *processo-r*, il processo di cattura rapida di neutroni responsabile della formazione degli elementi pesanti nelle stelle e dei fenomeni che portano alle violenti esplosioni delle supernove. Lo studio sperimentale della struttura dei nuclei e della dinamica delle reazioni nucleari nella regione della terra incognita rappresenta la frontiera della fisica nucleare per i prossimi 20 anni. Questi nuclei sono chiamati *esotici* perché possono presentare proprietà del tutto nuove rispetto ai nuclei finora studiati, come ad esempio la loro dimensione. La scoperta di nuclei con un "alone" di neutroni rappresenta una delle evidenze sperimentali più significative di queste strane proprietà. Proprietà che sono previste anche per i nuclei esotici più pesanti in cui l'alone si dovrebbe trasformare in una vera e propria "pelle" di neutroni che ricopre il nucleo.

Queste proprietà, dovute al debole legame tra i neutroni più esterni e il nucleo stesso, possono avere effetti rilevanti sulla struttura e sulle forme di eccitazione dei nuclei esotici. Attualmente circa 2000 di essi sono stati prodotti e caratterizzati nei laboratori di ricerca di tutto il mondo, calcoli teorici prevedono tuttavia l'esistenza di un numero di atomi esotici molto più elevato (più di 6000).

Per l'utilizzo pratico e la produzione di ioni radioattivi di questo tipo è necessaria la costruzione di sistemi acceleratori ed attrezzature capaci di garantire fasci ionici di elevata purezza, intensità ed energia ed è proprio in questo contesto che si inserisce il progetto SPES; esso sarà dedicato allo studio dei nuclei esotici ricchi di neutroni ed avrà come obiettivo principale quello di produrre fasci ri-accelerati di nuclidi non stabili che permettano di indagare sperimentalmente il comportamento dei nuclei nella zona della terra incognita.

Nei laboratori è presente un acceleratore lineare a cavità superconduttive, Piave-Alpi, in grado di fornire fasci accelerati a energie dai 5 ai 15 MeV per nucleone (MeV/amu), che sarà utilizzato per l'accelerazione dei fasci instabili. La tecnica di produzione si basa sul metodo Isol (*Isotope Separation On Line*) che utilizza la fissione dell'uranio indotta da un fascio di protoni per produrre i nuclidi esotici da ri-accelerare. In particolare, nel progetto SPES, un bersaglio di carburo di uranio naturale, costituito da 7 dischi di 4 cm di diametro e 1 mm di spessore (28 g di materiale), verrà bombardato da un fascio primario di protoni con energia di 40 MeV, producendo diecimila miliardi di fissioni al secondo. Il bersaglio viene scaldato fino a 2.000 °C e i prodotti di fissione, estratti per agitazione termica e ionizzati per ionizzazione superficiale, sono selezionati e trasportati verso l'acceleratore Piave-Alpi per formare fasci secondari di ioni ricchi di neutroni da utilizzare per la sperimentazione. Un sistema analogo a più bassa potenza, denominato EXCYT e in grado di fornire fasci esotici leggeri, è stato realizzato a Catania presso i Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN e rappresenta un'installazione di riferimento per lo sviluppo del progetto SPES. Dal punto di vista della sperimentazione i punti di forza sono: l'intensità dei fasci, 10-100 volte superiore a quanto attualmente disponibile; l'alta selezione in massa dei fasci, cioè la capacità di selezionare l'isotopo di interesse con cui formare il fascio tra tutti i nuclei estratti dalla sorgente; la loro energia, 2-3 volte più alta di quella fornita dai migliori sistemi ISOL oggi operanti nel mondo. L'elemento più critico del progetto è il sistema bersaglio-sorgente poiché deve sostenere la potenza del fascio primario, lavorare ad alta temperatura e in un ambiente ad

alta radioattività. La progettazione termica di questo sistema, la produzione e caratterizzazione degli elementi di carburo di uranio naturale, i sistemi di sicurezza e radioprotezione dell'impianto rappresentano alcuni dei punti del progetto SPES che richiederanno lo sviluppo di tecnologie d'avanguardia.

Uno dei punti di forza è l'acceleratore primario di protoni: un ciclotrone da 70 MeV con due porte di uscita. L'elevata intensità del fascio di protoni e la possibilità di estrarre due fasci indipendenti dal ciclotrone permettono di far funzionare, contemporaneamente agli esperimenti di fisica nucleare, una facility applicativa per lo studio di nuovi radiofarmaci e la ricerca nel campo dei reattori di IV generazione [2].

1.3. METODI DI PRODUZIONE DEI FASCI RIB (RADIOACTIVE ION BEAM)

La produzione di fasci di ioni radioattivi può essere effettuata con diverse metodologie, a seconda del tipo di isotopi che si vogliono ottenere. Metodi come la frammentazione, la spallazione, o le reazioni di trasferimento vengono utilizzati per ottenere nuclei ricchi di protoni (p-rich), mentre reazioni di fissione nucleare, indotte da nucleoni (protoni o neutroni) o attraverso fotofissione, vengono utilizzate per produrre nuclei ricchi di neutroni (n-rich). In quest'ultimo caso, la produzione degli isotopi all'interno del bersaglio è ottenuta principalmente tramite il processo di fissione dell'uranio. La fissione nucleare consiste nella rottura del nucleo di un elemento in due o più nuclei di elementi più leggeri.

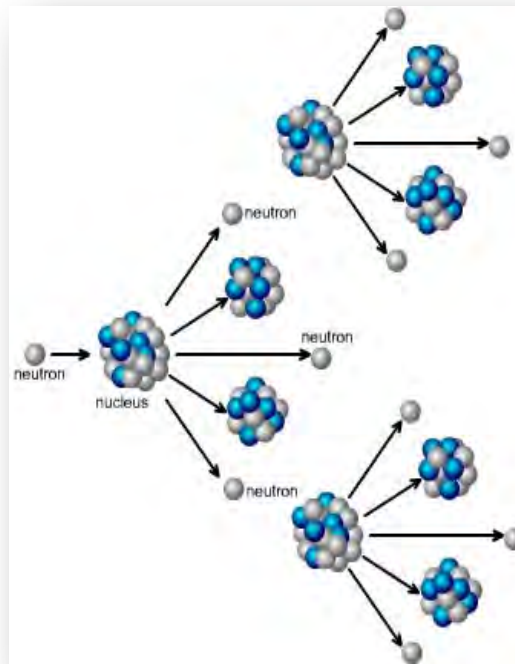


Figura 1.2 – Processo di Fissione Nucleare

In figura 1.2 viene rappresentato schematicamente il processo di fissione ottenuto tramite il bombardamento del nucleo fissile con un neutrone, tuttavia la fissione può avvenire anche mediante bombardamento protonico, come nel caso del progetto SPES. La fissione, in genere, avviene a causa della cattura di un neutrone da parte del nucleo di un elemento pesante, più facilmente da parte di un isotopo di un elemento stabile. Negli elementi chimici, infatti, il rapporto tra neutroni e protoni cresce con l'aumentare del numero atomico, questo causa instabilità negli elementi pesanti e, in maniera maggiore, nei loro isotopi, visto che entrambi possiedono energie di legame molto basse. Basta quindi che un nucleo di tali elementi catturi un neutrone, affinché l'energia rilasciata dal riassetamento dei nucleoni ecceda l'energia di legame. A questo punto, il nucleo acquista un'anomala forma allungata e, nel giro di qualche frazione di secondo, si

divide in due nuclei instabili a numero atomico notevolmente più basso, emettendo, inoltre, alcuni neutroni (in media 2 o 3) ed energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche. I prodotti di fissione derivanti da questi elementi, infatti, possiedono una massa totale leggermente inferiore a quella del nucleo di partenza; questa differenza di massa è la causa dell'energia prodotta nella reazione poiché la massa persa si trasforma in energia, secondo la celebre equazione $E=mc^2$. La reazione di produzione non è però un processo selettivo: diversi nuclei, oltre quello di interesse, vengono prodotti contemporaneamente per cui, se si vuole ottenere un fascio finale quanto più puro possibile, i prodotti di reazione devono essere selezionati in massa e numero atomico [4]. Esistono due metodi per produrre fasci di nuclei radioattivi: il metodo *IN-FLIGHT* e il metodo *ISOL*, che sarà utilizzato nel progetto SPES.

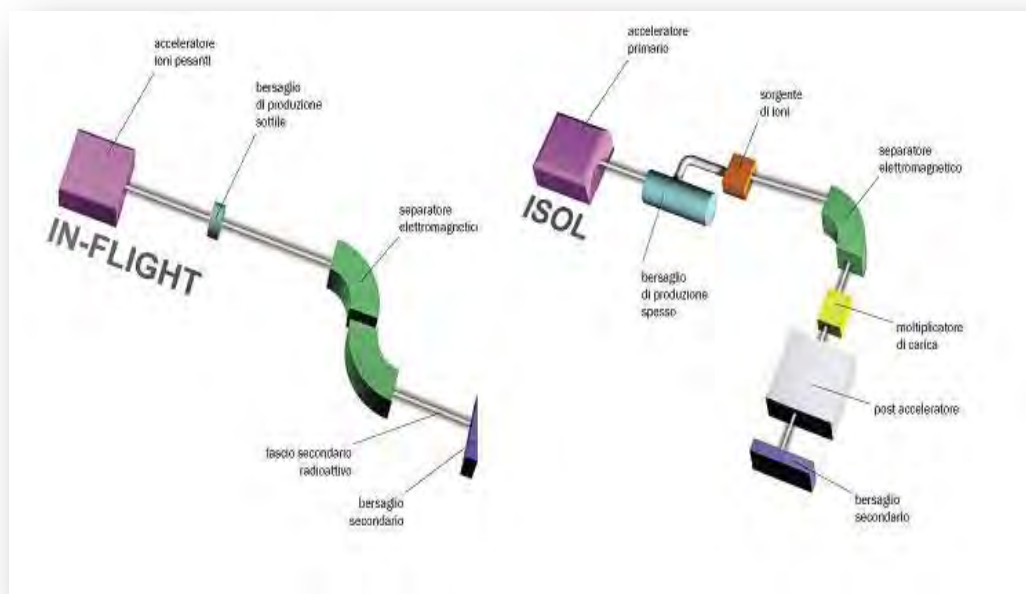


Figura 1.3 – Schemi di processo IN-FLIGHT e ISOL

La tecnica IN-FLIGHT consiste nell'interazione di un fascio primario di alta energia su un bersaglio sottile. Le reazioni tra proiettile e bersaglio sono di fissione o di frammentazione, in entrambi i casi i nuclei prodotti mantengono una elevata velocità e quindi non c'è bisogno di ri-accelerarli, è necessario invece separare i nuclei più interessanti da tutti gli altri nuclei prodotti durante l'interazione. L'insieme di nuclei ottenuti viene perciò analizzato "in volo", mentre è trasportato nelle sale sperimentali. Nella tecnica ISOL, invece, i nuclei radioattivi sono prodotti e "termalizzati" in un bersaglio molto spesso e devono quindi essere ionizzati ed estratti. Poi, le diverse specie nucleari prodotte vengono selezionate mediante un separatore isotopico e iniettate in un post-acceleratore, che fornisce loro l'energia necessaria per gli esperimenti [2].

1.3.1 Il metodo ISOL

Lo schema di principio del metodo ISOL (Isotope Separation On-Line), su cui è basato il progetto SPES, è riportato in figura 1.4.

Un fascio di particelle della voluta energia, proveniente dall'acceleratore primario, viene fatto collidere con un bersaglio (target) di materia fissile (figura 1.4), ottenendo così la produzione degli isotopi radioattivi tramite reazioni nucleari (fissione, spallazione, frammentazione, ecc.).

Attraverso un opportuno sistema i radioisotopi vengono estratti e ionizzati e, in questo modo, potranno essere accelerati per differenza di potenziale.

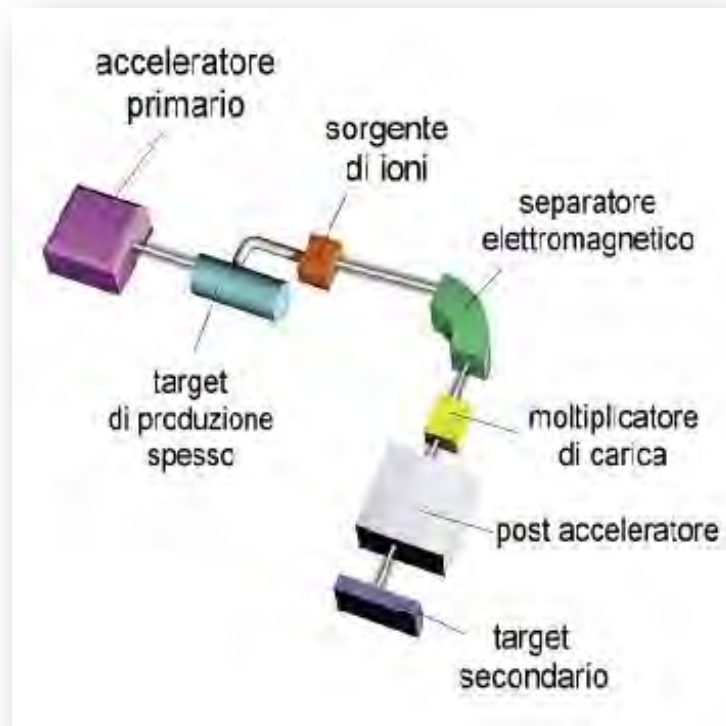


Figura 1.4 ISOL facility

Il primo stadio di accelerazione avviene nel front end, il quale attira gli ioni e li invia verso dei separatori elettromagnetici all'interno dei quali il fascio viene selezionato e purificato. Successivamente gli ioni vengono post accelerati al livello di energia richiesto dal particolare esperimento. L'intensità del fascio radioattivo prodotto è usualmente descritta dalla seguente equazione:

$$I = \sigma * \Phi * N * q_1 * q_2 * q_3 \quad (1.1)$$

dove σ è la sezione d'urto per le reazioni nucleari, Φ è l'intensità del fascio primario, N è lo spessore del target, q_1 è l'efficienza di rilascio del target, q_2 è l'efficienza di ionizzazione, q_3 è l'efficienza del processo di estrazione. Una corretta configurazione del complesso costituito dal target, dal sistema di estrazione e dal sistema di ionizzazione è cruciale per un efficiente

funzionamento di una facility di tipo ISOL. La separazione dei prodotti radioattivi dal substrato del target e l'estrazione dei nuclei esotici sono processi fortemente dipendenti dalla temperatura, in particolare all'aumentare del livello termico, la diffusione delle particelle risulta agevolata. Chiaramente, più breve è la vita media degli atomi radioattivi, più rapido deve essere il tempo di rilascio, e di conseguenza, per quanto appena affermato, il sistema deve essere mantenuto alla più alta temperatura possibile. I principali costituenti di una *facility* di tipo ISOL sono dunque :

L'acceleratore primario: esso ha la funzione di produrre il fascio primario di protoni che deve essere diretto verso il bersaglio nel quale avranno luogo le reazioni di tipo nucleare. In particolare, SPES utilizzerà come acceleratore primario un ciclotrone in grado di garantire le caratteristiche di fascio richieste per la produzione di fasci di ioni esotici e allo stesso tempo offrire la possibilità di utilizzare una seconda linea di fascio in modo completamente indipendente.



Figura 1.5 Acceleratore primario "Best Theratronics" del progetto SPES

Il complesso target, sistema di estrazione e sistema di ionizzazione: il fascio secondario (cioè in uscita) di ioni radioattivi è prodotto in un apparato chiamato “target chamber” che contiene un bersaglio (target), dove vengono “sparati” i protoni del fascio primario (in ingresso), e una sorgente di ionizzazione, dalla quale, con tecniche descritte in seguito, verranno estratti gli ioni radioattivi che formeranno il fascio RIB per la sperimentazione.

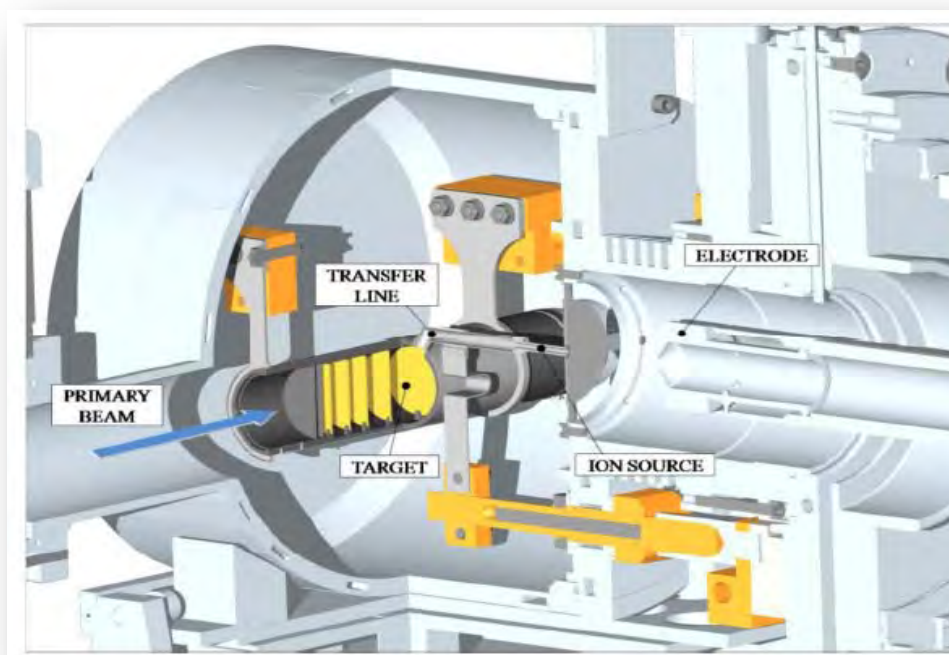


Fig. 1.6 – Rappresentazione grafica del complesso target/sistema di estrazione/sistema di ionizzazione

Il complesso di separazione e manipolazione del fascio: il processo di separazione viene realizzato durante la seconda fase di accelerazione del fascio, prodotta attraverso potenziali elettrostatici tali da portarlo ad una energia di 260 keV. Il tutto viene ottenuto installando l'intero “front-end” su una piattaforma a 200 kV, mentre la “ion source” si trova ad un potenziale superiore di circa 60 kV.

L'elettrodo estrattore si troverà dunque a -60 kV rispetto all'ion source consentendo di estrarre gli ioni positivi prodotti in quest'ultima. In questo modo vengono migliorate le risoluzioni dei sistemi elettromagnetici di selezione del fascio, si fornisce al fascio l'energia necessaria per essere direttamente iniettato nel post-acceleratore "PIAVE-ALPI" che è già disponibile presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, o si può utilizzare il fascio senza ri-accelerazione. Un apparato chiamato "Beam Cooler" permette di migliorare le caratteristiche di emittanza¹ del fascio ed è utilizzato per migliorare le capacità di selezione del fascio nello spettrometro ad alta risoluzione. Il Beam Cooler agisce come una trappola per il fascio di ioni in ingresso; al suo interno gli ioni vengono fermati e con un sistema di quadrupoli a radio frequenza, il fascio viene focalizzato, estratto e trasmesso al separatore di massa ad alta risoluzione. Per frenare il fascio è necessario che anche il Beam Cooler sia installato su una piattaforma a 260 kV, che si trova però in un'area a bassa radioattività e non presenta gli stessi problemi operativi della piattaforma di produzione. Sono presenti dei separatori elettromagnetici HRMS (High Resolution Mass Spectrometer) che hanno il compito di "purificare" il fascio permettendo la raccolta selettiva degli ioni desiderati in uscita. In una prima fase di purificazione, attraverso un separatore di massa di risoluzione 1/100, viene intrappolata la maggior parte dei contaminanti prodotti nel bersaglio-sorgente. Per avere un fascio "pulito" è però

¹ Nella tecnica degli acceleratori di particelle, per particelle cariche in un campo magnetico, l'emittanza orbitale o geometrica (o anche radiale o trasversa) è una grandezza misurata dall'area dell'ellisse descritta dalle particelle nello spazio delle fasi (usualmente espressa in mm mrad) divisa per π . Per 'spazio delle fasi' si intende qui lo spazio (x, x', z, z') dove x e z sono due coordinate ortogonali nel piano normale alla traiettoria di riferimento del fascio, descritta dal versore s , e dall'ascissa curvilinea s , e gli apici indicano le derivate rispetto a s .

necessario arrivare a risoluzioni migliori di $1/15000$, infatti solo in questo modo si possono separare gli isotopi con stesso numero di massa (isobari) come ad esempio il ^{132}Cs e lo ^{132}Sn . Per migliorare la capacità di selezione dei separatori isobarici è necessario operare con un'energia in ingresso dell'ordine dei 200 keV . In seguito a questo processo di selezione e prima dell'iniezione del fascio nel post acceleratore PIAVE-ALPI è necessario passare ad un più elevato stato di carica rispetto all' $1+$ ottenuto dalla sorgente, infatti, PIAVE-ALPI accetta un fascio con rapporto Massa/Carica tra 5 e 7 per accelerare gli ioni alle energie di interesse per la fisica nucleare (5-10 MeV/nucleone). L'incremento dello stato di carica è ottenuto con un "Charge Breeder", un dispositivo in grado di incrementare la carica degli ioni eccitando selettivamente gli elettroni legati al nucleo tramite onde radio di frequenza opportuna. Anche questo strumento deve essere installato su una piattaforma a 260 kV [5].

Il post acceleratore: dopo l'accelerazione ottenuta con le piattaforme di alta tensione, il fascio viene indirizzato verso l'acceleratore PIAVE-ALPI (acceleratore LINAC superconduttore). Il complesso PIAVE-ALPI è da molti anni in funzione presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, recentemente è stato sottoposto ad un numero significativo di miglioramenti, ed ora può essere impiegato come acceleratore per il fascio RIB.

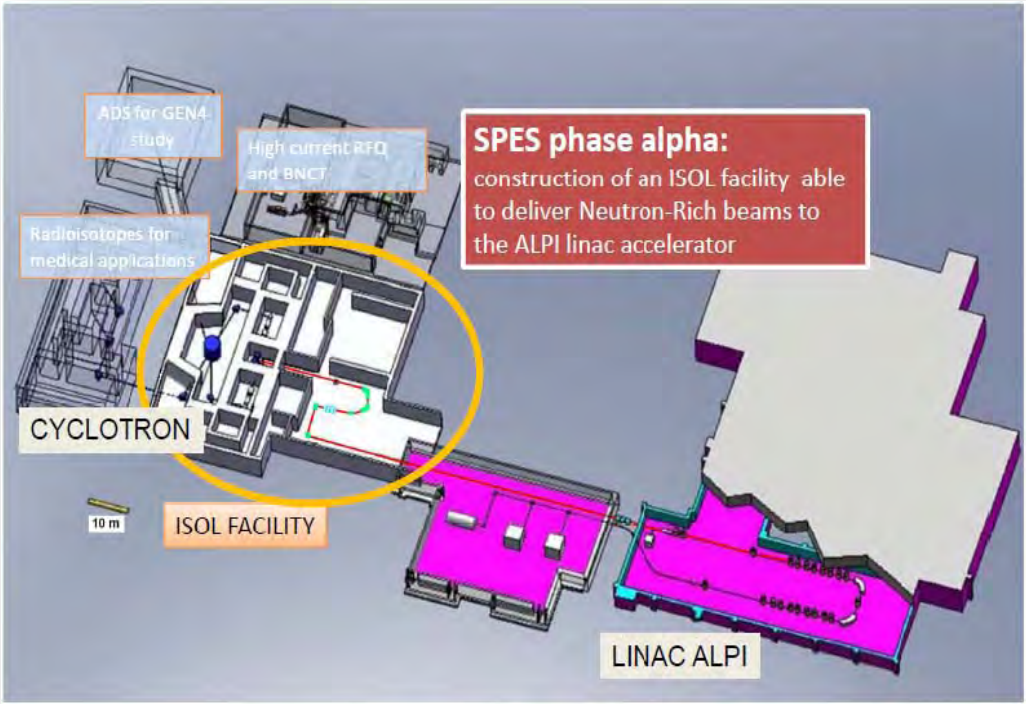


Fig. 1.7 – Layout dell'impianto SPES

CAPITOLO 2

FRONT-END E TARGET CHAMBER DELL'IMPIANTO SPES

2.1. INTRODUZIONE

Nel capitolo precedente è stata fatta una breve presentazione della facility SPES e come è facile intuire, la parte più critica è sicuramente la zona del target dove il fascio primario di protoni (PPB) produce un fascio di ioni radioattivi (RIB). La zona di produzione è costituita dal "target block" (ovvero l'insieme di "production target" e "transfer line"), dalla "ion source" (surface ion source o detta anche hot-cavity ion source) e da tutto l'apparato sperimentale necessario per il loro funzionamento ("target chamber" e "front-end"), come mostrato in figura 2.1.

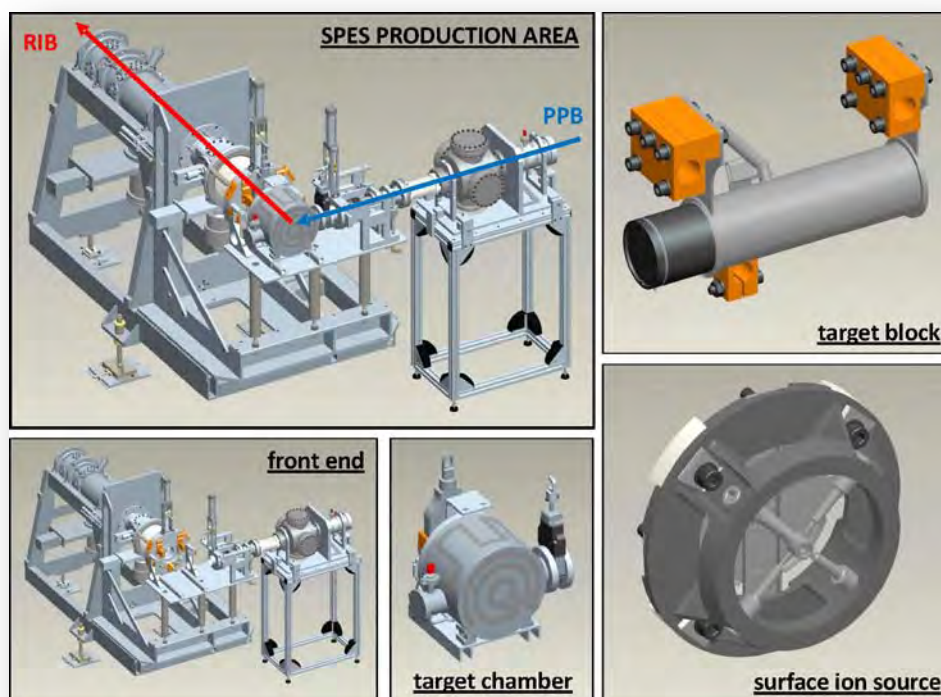


Figura 2.1 - Zona di produzione e principali componenti

Di seguito verranno presentati i sistemi macro-componenti che costituiscono la zona di produzione dello SPES; per macro-componente si intende l'insieme di componenti caratterizzato da una funzione ben definita nel contesto della struttura.

2.2. IL "FRONT-END"

Per Front-End si intende quel complesso di apparecchiature in prossimità della target chamber le cui funzioni principali sono:

- Garantire un posizionamento stabile della "target chamber", contenente il "target block" e la "surface ion source" (vedi figura 2.1).
- garantire il vuoto spinto all'interno della "target chamber", fornire l'acqua di raffreddamento e la potenza elettrica per riscaldare sia il "target block" che la "surface ion source".
- Consentire l'ingresso del fascio di protoni primari (PPB) diretto al "target block".
- Estrarre il fascio di ioni radioattivi (RIB) dal complesso "target block – surface ion source" e accelerarlo verso le altre aree della facility.
- Garantire l'alto grado di vuoto nei canali del fascio di protoni primari e nei canali del fascio di ioni radioattivi.

Il Front-End utilizzato nel contesto del progetto SPES è un sofisticato apparato sperimentale la cui costruzione è basata sull'esperienza delle più importanti facility europee di tipo ISOL (EXCYT, Louvain, REX/ISOLDE, SPIRAL ecc.); si tratta di un'evoluzione del Front-End 6 (vedi figura 2.2) sviluppato presso

ISOLDE del CERN [6]. Rispetto al suo precursore, nel Front-End SPES è stato aggiunto un canale tenuto sotto vuoto spinto per consentire l'ingresso del fascio primario di protoni: a differenza, infatti, della struttura ISOLDE, nello SPES, l'energia del fascio di protoni è sensibilmente più bassa (40 MeV rispetto al livello di energia di circa 1 GeV che caratterizza il fascio di protoni dell'ISOLDE) e di conseguenza non riuscirebbe a colpire il target passando attraverso l'aria.

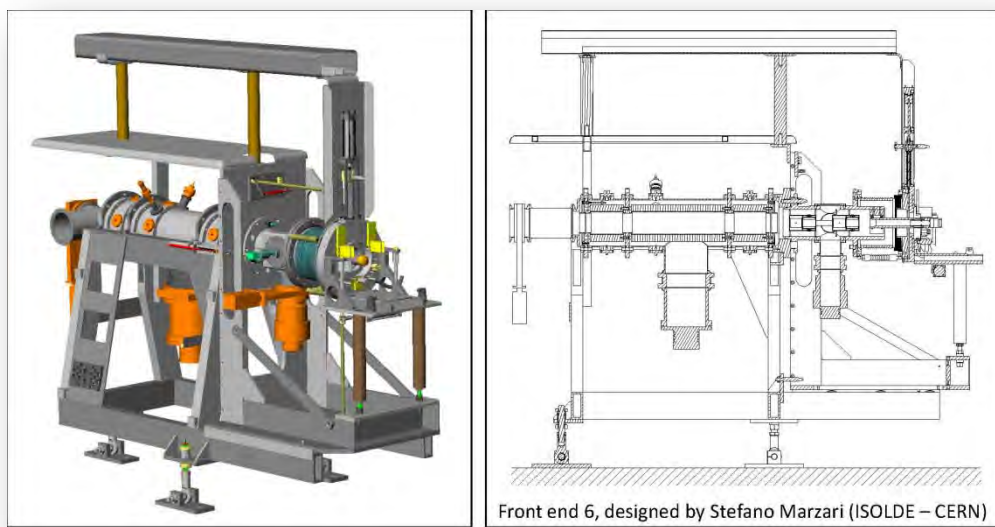


Figura 2.2 - Zona di produzione e principali componenti

Il Front-End si compone di due grandi canali mantenuti sotto vuoto: il canale per l'ingresso del fascio primario di protoni (PPB channel) e il canale per l'estrazione del fascio di ioni radioattivi (RIB channel) (vedi figura 2.3).

Inoltre, con l'obiettivo di facilitare le operazioni di manutenzione, il Front-End, indicato con ST_FE000, è stato diviso in due parti: una parte removibile ST_FE200 ed una fissa costituita a sua volta da due parti ST_FE100 e ST_FE300 (vedi figura 2.4).

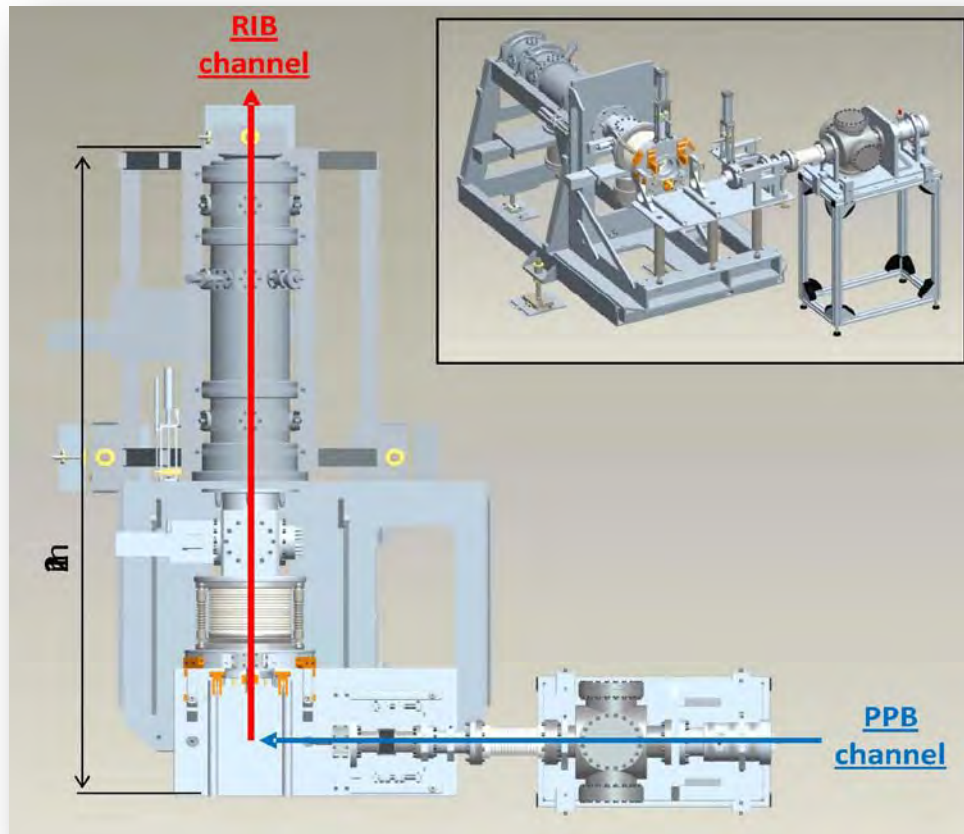


Figura 2.3 - Il canale del fascio primario di protoni (PPB) e il canale del fascio di ioni radioattivo (RIB) del Front-End SPES

Il sistema ST_FE200, essendo vicino al target block, riceve un'elevata intensità di radiazioni, mentre la parte fissa, più distante, è soggetta ad una quantità di radiazioni sensibilmente inferiore; ne consegue che il sistema ST_FE200 deve essere rimosso circa ogni sette anni a causa della possibile degradazione del materiale, mentre i sistemi ST_FE100 e ST_FE300 non sono soggetti a danni rilevanti, per cui si è supposto che possano essere utilizzati per un periodo più lungo, (vedi figura 2.4).

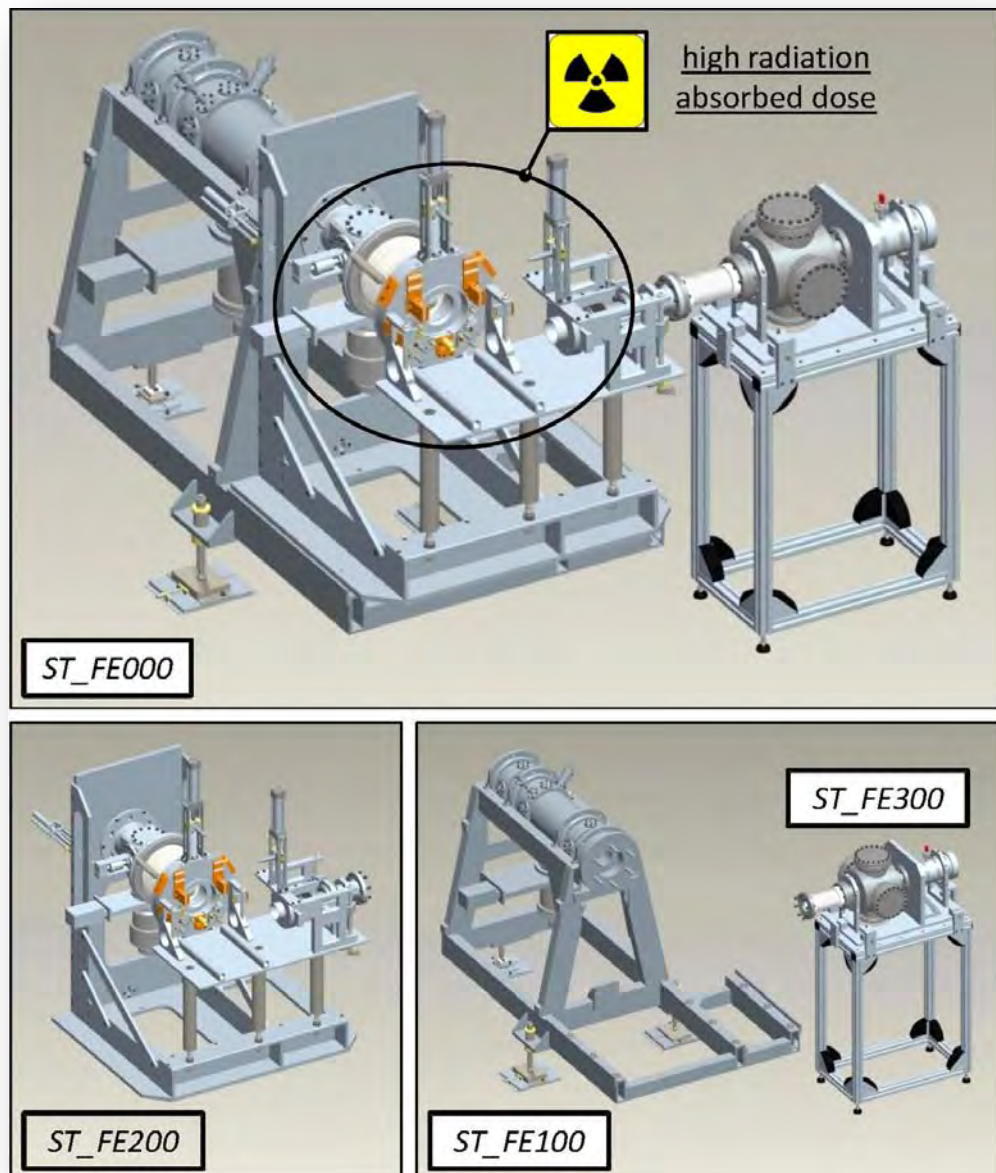


Figura 2.4 - La parte removibile (sub-assembly ST_FE200) e la parte fissa (sub-assemblies ST_FE100 e ST_FE300) del Front-End SPES (ST_FE000).

Di seguito verranno descritti in maniera dettagliata i “subassemblies”, appartenenti ai sottolivelli 1 e 2, e le specifiche funzioni. I “sub-assemblies” che compongono il Front-End dello SPES sono classificati come riportato in figura 2.5.

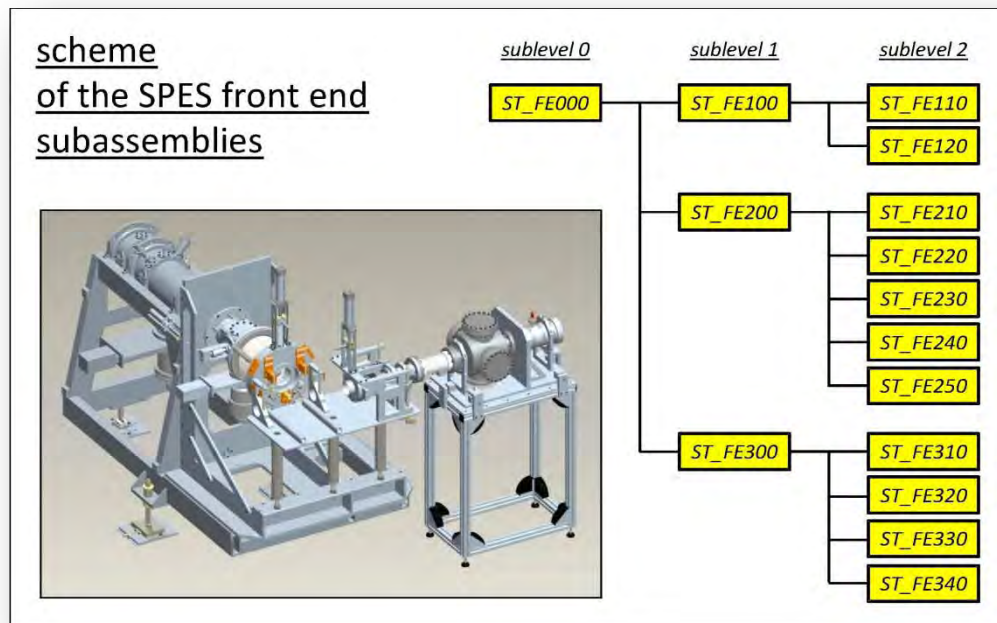


Figura 2.5 - Schema degli SPES Front-End sub-assemblies e relative classificazioni.

2.2.1. Descrizione del sub-assembly *ST_FE200*

La parte removibile del Front-End SPES è riportata in figura 2.6; come spiegato nel paragrafo precedente, questa parte del Front-End si trova molto vicino al target ed è sottoposto a intensi campi di radiazioni [7].

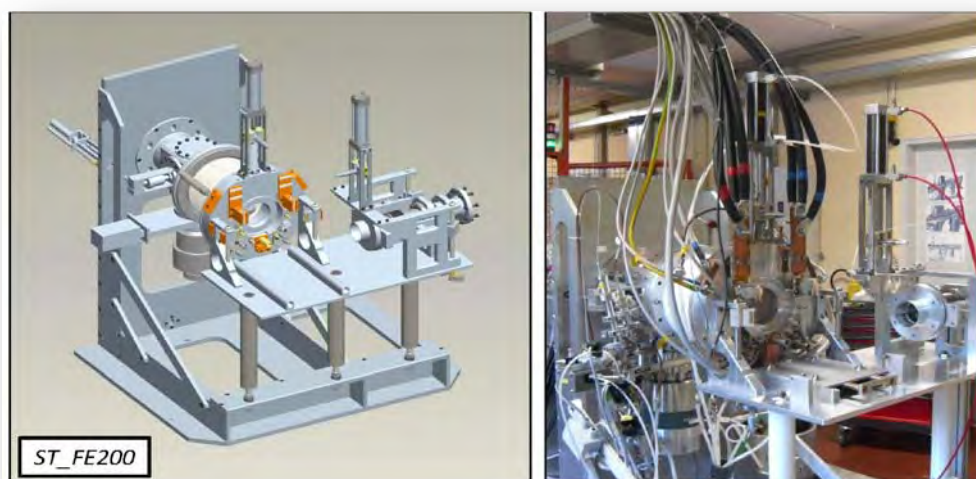


Figura 2.6. Parte removibile *ST_FE200* del Front-End SPES e foto dell'installazione presso i Laboratori Nazionali di Legnaro .

Il telaio estraibile ST_FE210 della parte removibile ST_FE200 (figura 2.5), è in lega di alluminio e supporta tutta la parte del Front-End che si interfaccia con la parte fissa dell'apparato sperimentale (vedi figura 2.7).

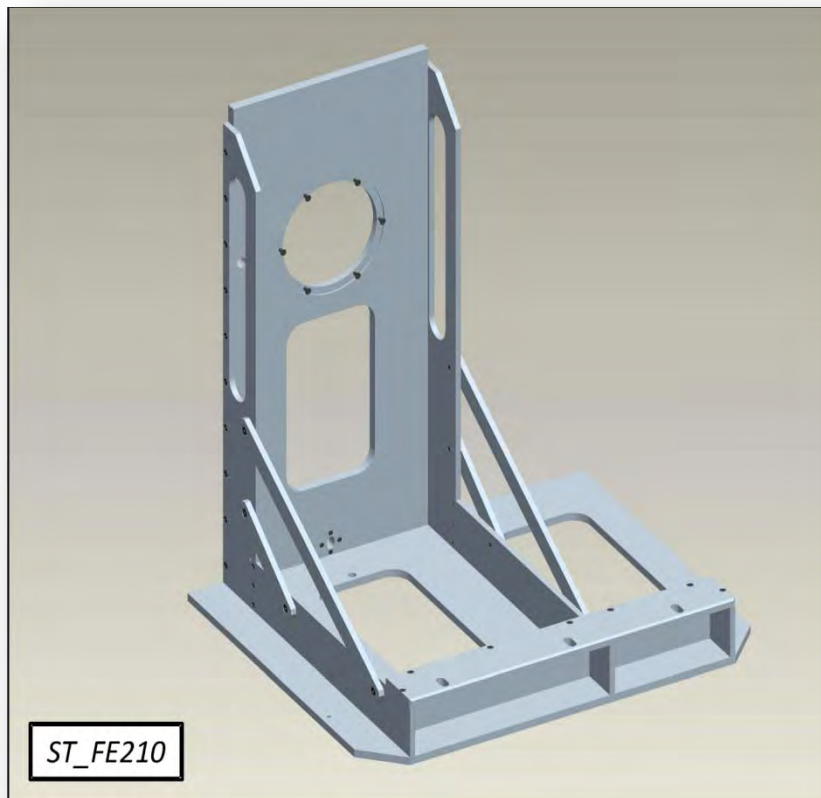


Figura 2.7 - Il telaio removibile ST_FE210.

Il sistema di estrazione ST_FE220 viene mostrato in figura 2.8. In questa figura possiamo vedere anche l'elettrodo di estrazione in lega di Titanio, mosso da un sistema di movimentazione dedicato e caratterizzato da una differenza di potenziale di -60 kV rispetto alla sorgente di ioni, usato per estrarre il fascio di ioni radioattivi dal complesso "target – ion source". Prendendo come riferimento la figura 2.9, quando l'apparato sperimentale è pronto per l'estrazione del fascio, l'otturatore si solleva e l'elettrodo di estrazione è traslato vicino alla ion-source; il

campo elettrico dovuto alla differenza di potenziale tra l'elettrodo e la ion source (differenza di potenziale di + 60 kV) permette di estrarre gli ioni positivi dalla sorgente verso l'elettrodo di estrazione, generando in questo modo il fascio di ioni positivi.

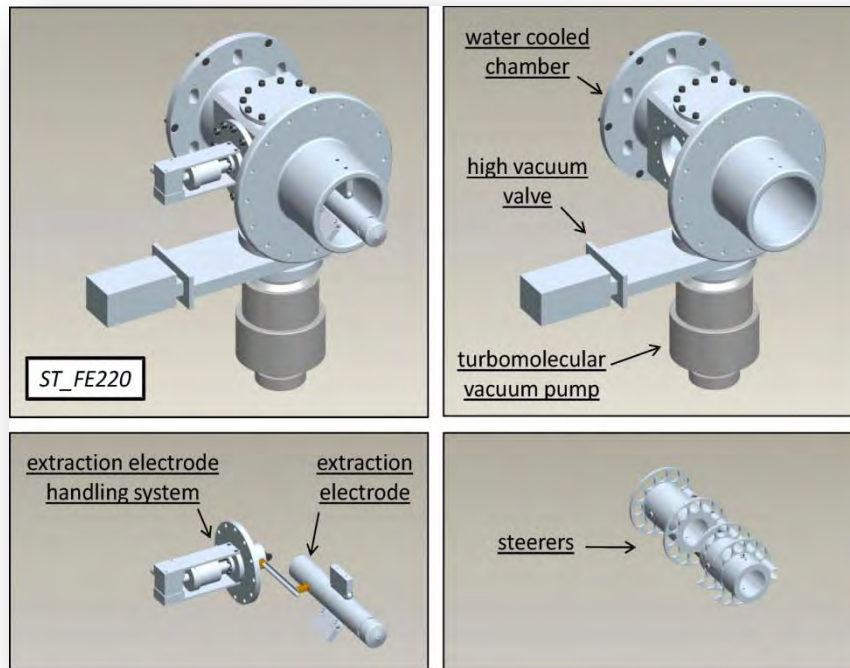


Figura 2.8. Il sistema d'estrazione ST_FE220.

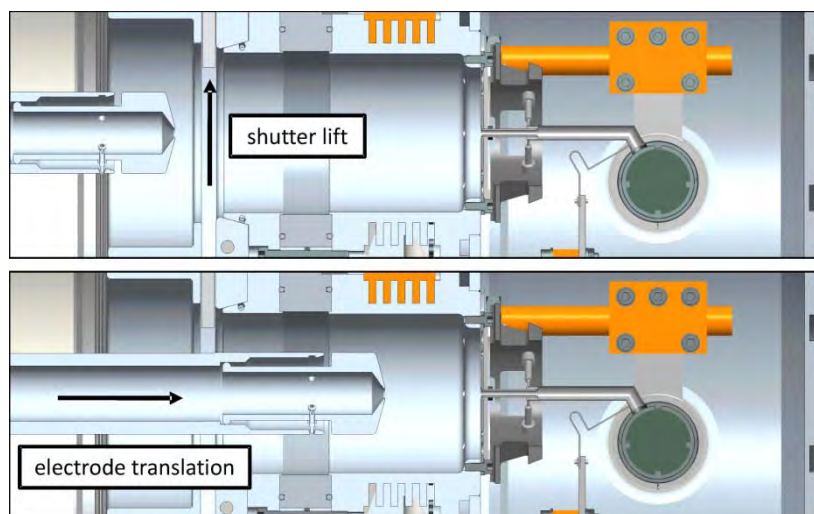


Figura 2.9. - Posizionamento dell'elettrodo per l'estrazione del fascio di ioni positivo.

A valle dell'elettrodo di estrazione, la traiettoria del fascio di ioni può essere corretta elettrostaticamente nelle direzioni x e y (deviazione massima pari a $\pm 1,5$ mm, vedi figura 2.10), grazie a coppie di piastre metalliche, denominate steerers, mantenute ad un adeguato voltaggio.

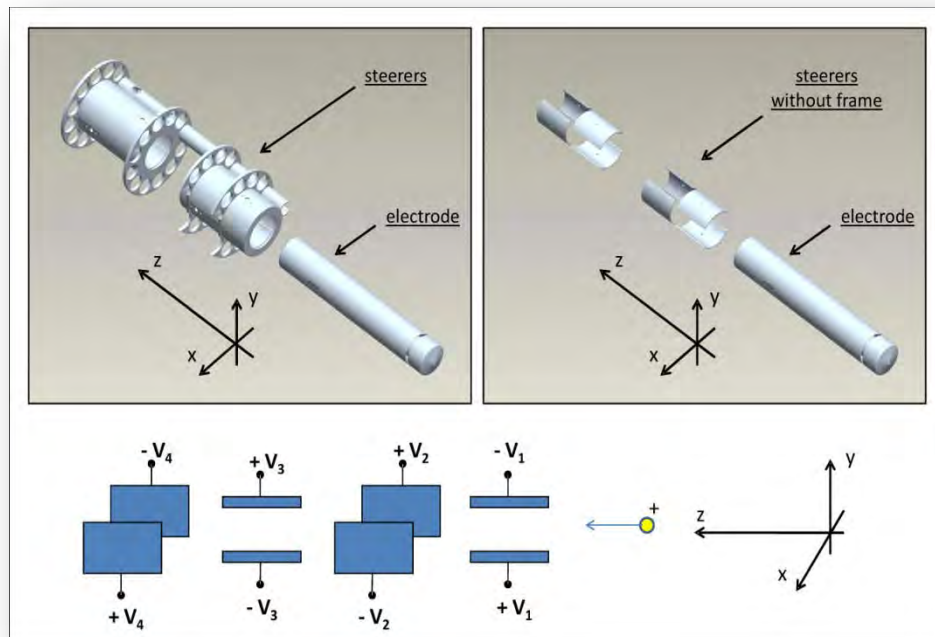


Figura 2.10 - Correzione della traiettoria del fascio attuata dagli steerers

Gli steerers, l'elettrodo di estrazione e una parte del sistema di movimentazione dell'elettrodo sono posizionati all'interno di una camera raffreddata ad acqua (figura 2.8) e tenuta sotto vuoto grazie ad una pompa turbomolecolare, una serie di valvole a vuoto, o-ring e guarnizioni. Il sistema a motore pneumatico ST_FE230, usato per spostare l'elettrodo di estrazione, è un altro importante sub-assembly della parte removibile del Front-End SPES (figura 2.5). Il motore pneumatico e tutti gli accessori necessari per il suo funzionamento sono riportati in figura 2.11.

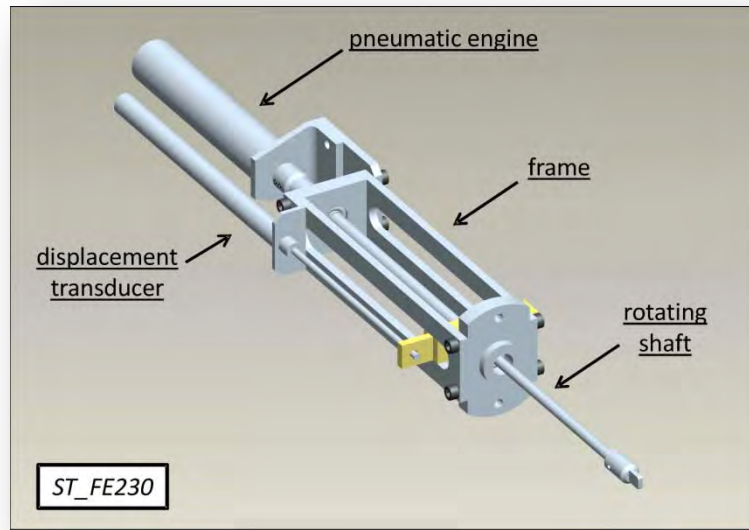


Figura 2.11 - Il sistema a motore pneumatico dell'elettrodo estrattore ST_FE230.

L'estremità dell'albero rotante (figura 2.11) è direttamente collegata alla parte esterna del sistema di movimentazione dell'elettrodo di estrazione, la rotazione dell'albero è in grado di produrre la traslazione dell'elettrodo mediante l'accoppiamento tra un albero filettato (rotante) e un blocco con foro filettato (traslante), come riportato in figura 2.12.

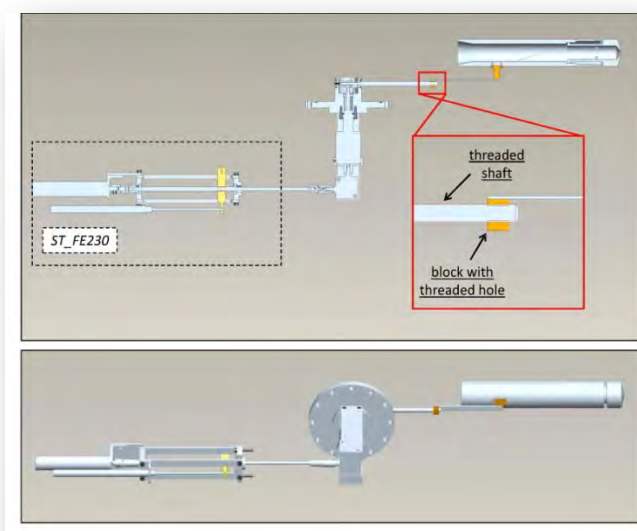


Figura 2.12 - motore pneumatico ST_FE230 connesso al sistema di movimentazione dell'elettrodo.

La Figura 2.13 illustra l'isolatore principale ST_FE240 necessario per mantenere la differenza di potenziale di 60 kV tra la ion-source e l'elettrodo di estrazione. I materiali impiegati per la sua costruzione devono preservare le loro proprietà meccaniche e capacità di isolamento elettrico anche dopo una lunga esposizione ad un ambiente radioattivo, per tale motivo, l'isolatore centrale è stato realizzato in allumina (Al_2O_3) e brasato ad un soffietto metallico che assorbe eventuali vibrazioni ed urti.

Quattro isolatori periferici in PEEK (Polietero etere chetone) contribuiscono a migliorare la resistenza e la rigidità del sistema. I giunti sferici alle estremità degli isolatori in peek sono utilizzati per regolazioni meccaniche di precisione durante le operazioni di allineamento. In figura 2.14 è mostrato l'isolatore principale installato nel Front-End, con l'elettrodo in posizione d'estrazione.

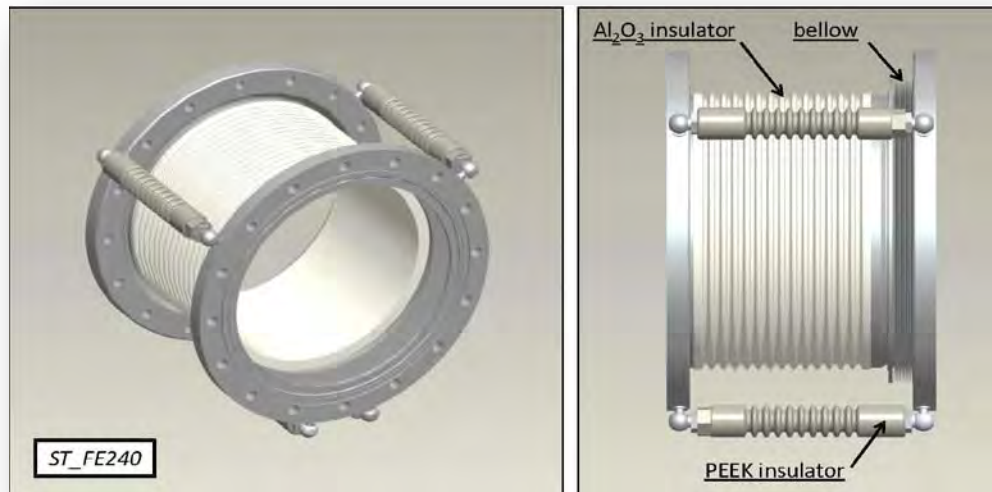


Figura 2.13 - L'isolatore principale ST_FE240 e i suoi componenti.

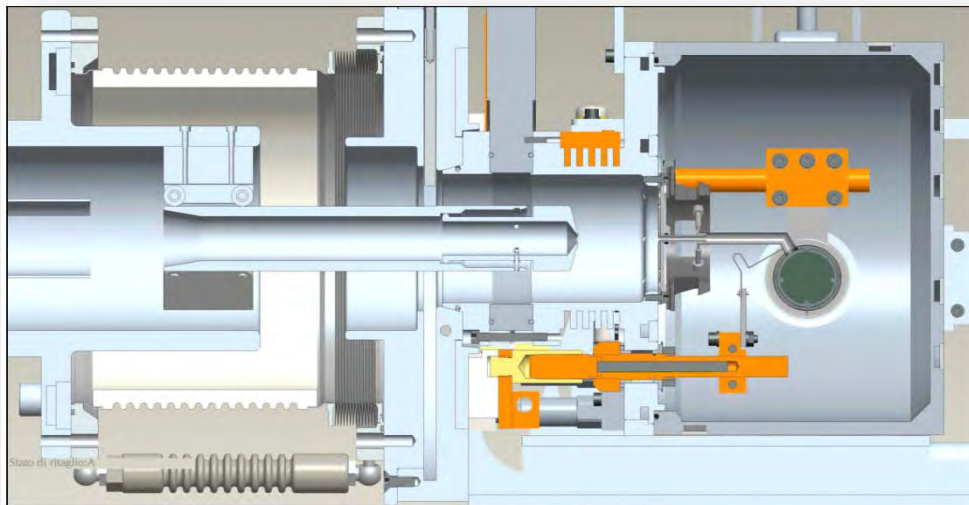


Figura 2.14 - L'isolatore principale ST_FE240 installato nel Front-End: è usato per isolare elettricamente la ion source e tutti i suoi componenti metallici direttamente connessi ad essa, rispetto all'elettrodo estrattore e al suo telaio.

Un altro sub-assembly fondamentale della parte removibile del Front-End è il tavolo d'accoppiamento ST_FE250 presentato in figura 2.15; questo importante componente garantisce il posizionamento stabile alla target chamber (che contiene sia il target block che la ion source, vedi figura 2.1) e connette quest'ultima con i canali PPB e RIB, fornendo al tempo stesso l'acqua per il sistema di raffreddamento della target chamber e l'energia elettrica necessaria a riscaldare il target block e la ion source.

Con lo scopo di tenere ad elevato voltaggio (60 kV) il sistema “target block – ion source”, e di conseguenza la target chamber che li contiene, il tavolo d'accoppiamento ST_FE250 è posizionato sul telaio removibile ST_FE210 per mezzo di tre isolatori di tipo PEEK cilindrici.

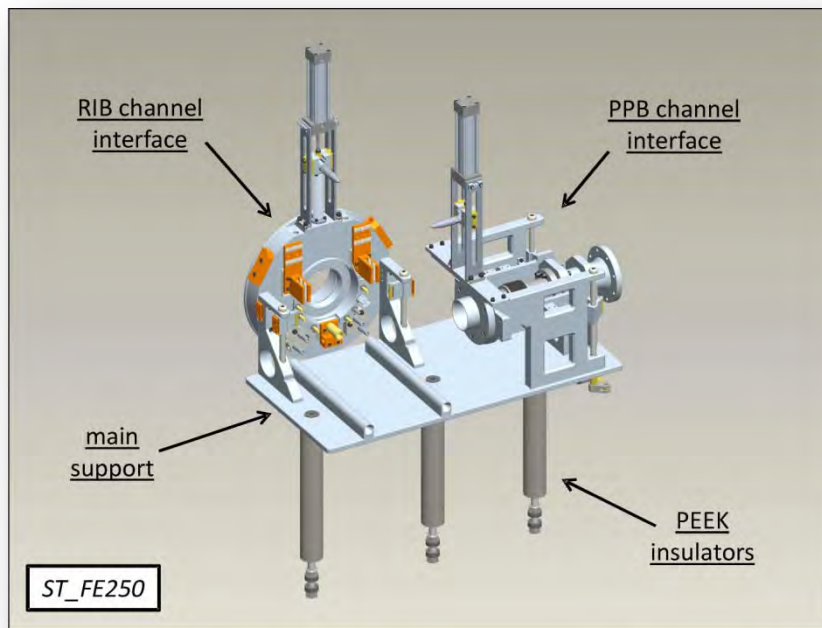
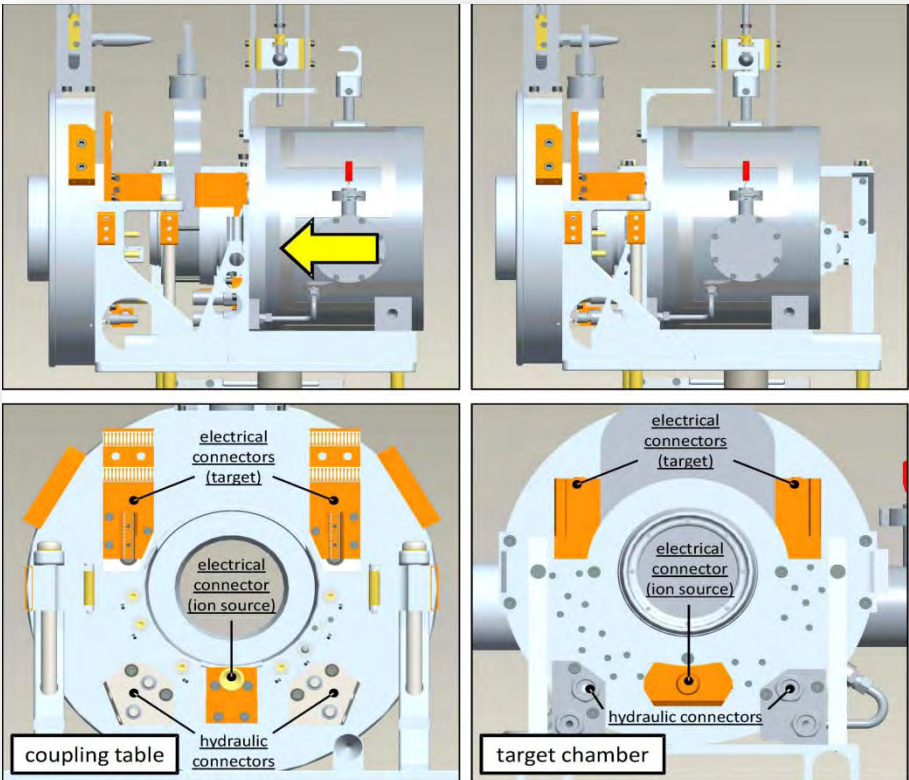
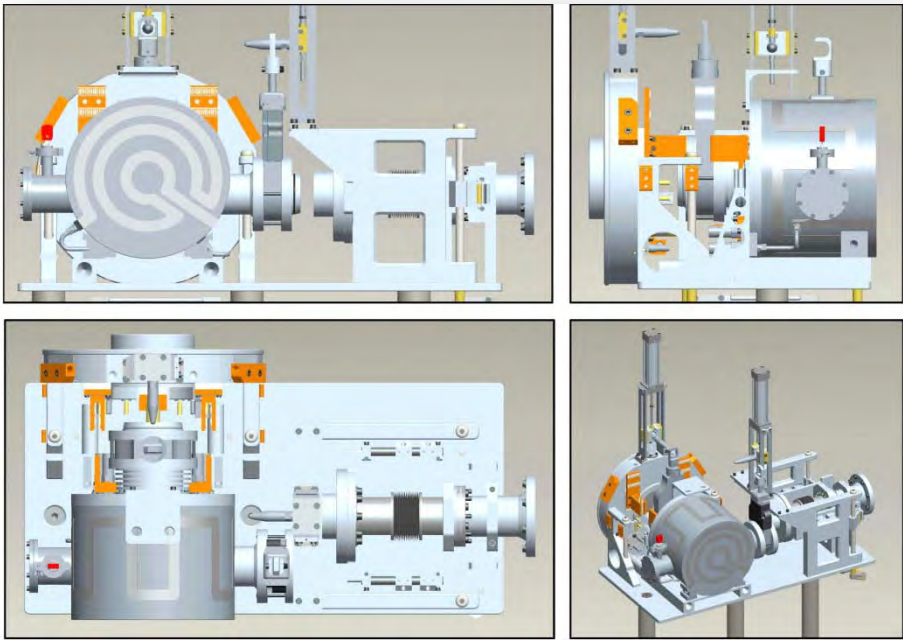
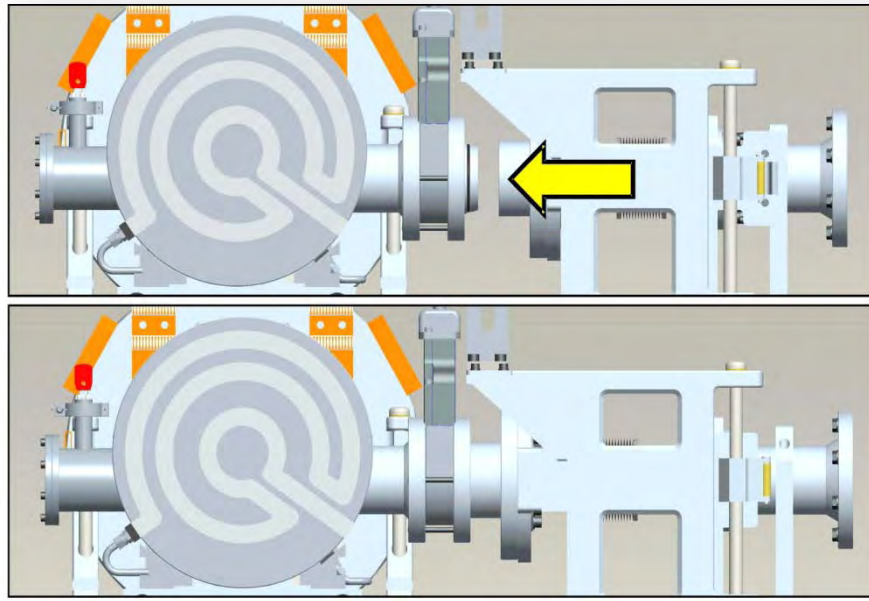


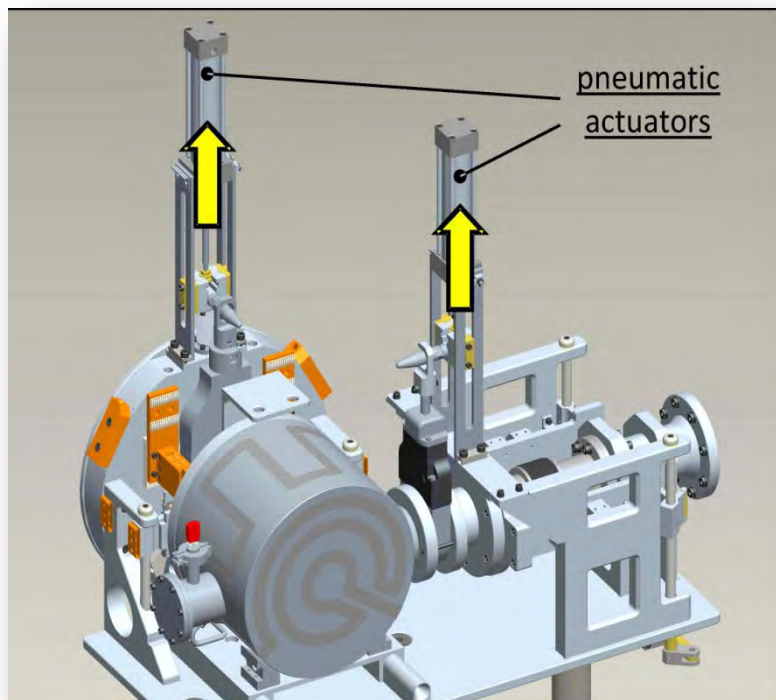
Figura 2.15 - Il tavolo d'accoppiamento ST_FE250 del Front-End SPES.

Durante le normali condizioni di lavoro, il fascio primario di protoni inciderà sul target per circa 15 giorni; una volta fermate le operazioni di irraggiamento, sarà necessario attendere più o meno altri 15 giorni al fine di raggiungere livelli di radioattività accettabili per le successive operazioni di sostituzione della target chamber. A questo punto un sistema di movimentazione in remoto (il livello di radioattività non consente l'attività umana in prossimità della zona di produzione) consentirà la sostituzione della target chamber con una nuova che contiene un nuovo target e una nuova ion source. La target chamber sarà posizionata sul tavolo di accoppiamento come riportato in figura 2.16. Da questa posizione iniziale, verrà spinta sull'interfaccia col canale RIB a mezzo di attuatori pneumatici, permettendo l'accoppiamento dei connettori elettrici e idraulici (figura 2.17), allo stesso modo l'interfaccia del canale PPB sarà posizionata sulla corrispondente flangia della target chamber come mostrato in figura 2.18.



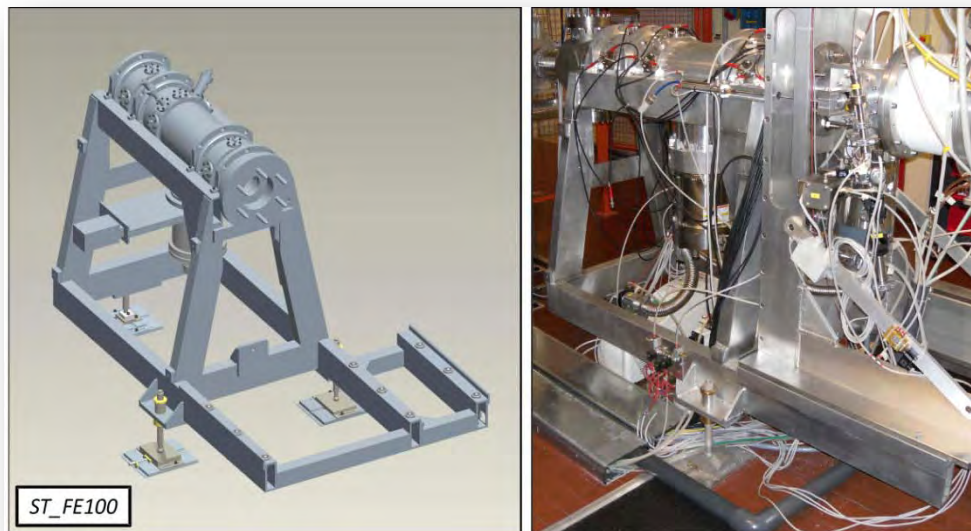


Le due interfacce adiacenti alla target chamber sono dotate di shutters che mettono in comunicazione o isolano i canali PPB e RIB dalla camera. Gli shutters vengono opportunamente aperti grazie ad attuatori pneumatici (figura 2.19).

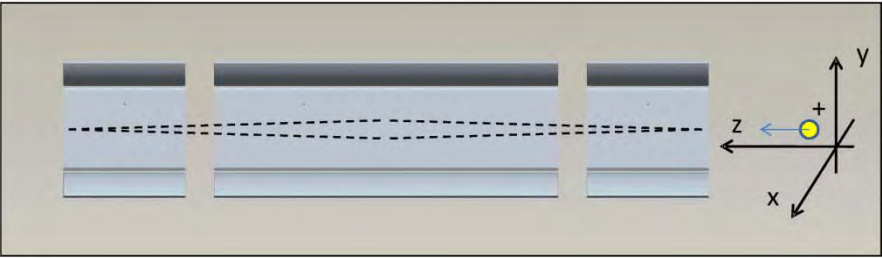
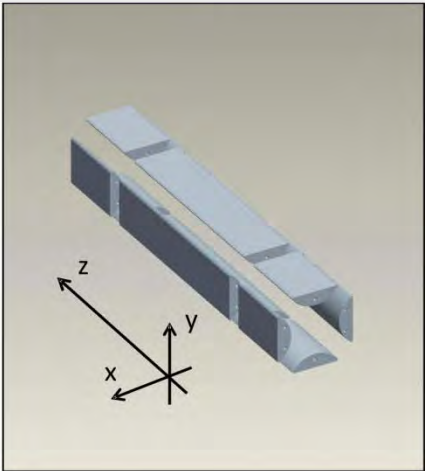
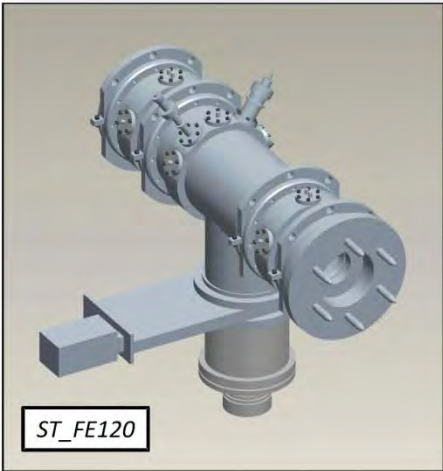
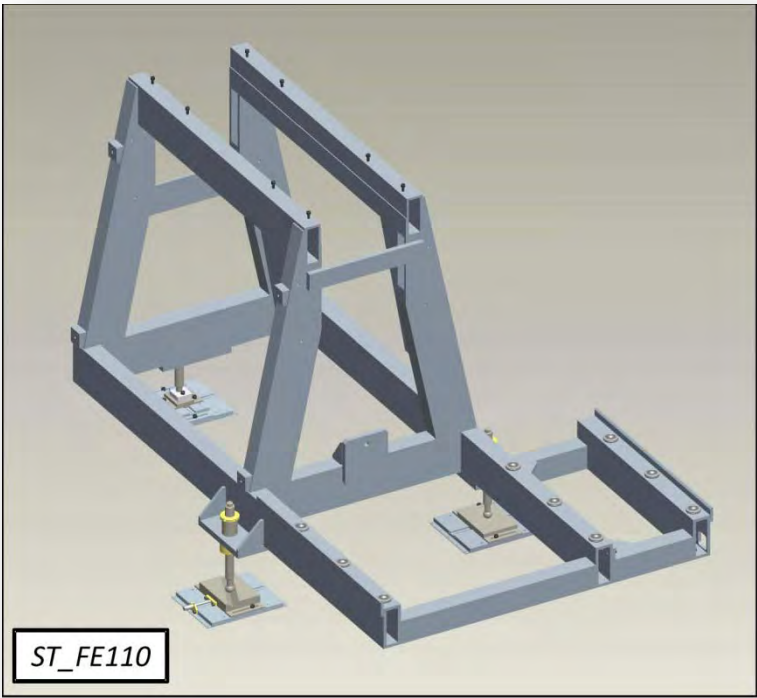


2.2.2. Descrizione del sub-assembly *ST_FE100* e del canale RIB

In figura 2.20 è riportata una rappresentazione della parte fissa del Front-End SPES associata al canale RIB e una foto reale del corrispondente oggetto assemblato e installato presso i Laboratori Nazionali di Legnaro. Esso costituisce la parte principale del canale che riceve il fascio di ioni radioattivi dopo il passaggio attraverso gli “steerers” precedentemente descritti



Come riportato in figura 2.5, i sub-assemblies che compongono la parte fissa (*ST_FE100*) del Front-End SPES sono due: il telaio fisso (*ST_FE110*) e la tripletta di quadrupoli (*ST_FE120*). Il primo sostiene sia la tripletta di quadrupoli (sub-assembly *ST_FE120*) che la parte rimovibile del Front-End (sub-assembly *ST_FE200*). Il secondo è utilizzato per modificare elettrostaticamente la forma del fascio di ioni radioattivi dopo il passaggio attraverso gli “steerers”. Questi ultimi due sub-assemblies sono rappresentati rispettivamente in figura 2.21 e 2.22.



Allo stesso modo degli steerers, anche i quadrupoli sono contenuti in una camera cilindrica mantenuta sotto alto grado di vuoto grazie ad una pompa turbomolecolare, una serie di valvole a vuoto, o-ring e guarnizioni.

2.2.3. Descrizione del sub-assembly *ST_FE300* e del canale PPB

La figura 2.23 mostra la parte fissa del Front-End SPES associata al canale del fascio primario di protoni (sub-assembly *ST_FE300*)[8]; questa parte dell'apparato permette al fascio di protoni di 40 MeV provenienti dal ciclotrone di raggiungere la zona del target. É composta da quattro sub-assemblies (figura 2.5): il telaio protonico *ST_FE310*, il collimatore *ST_FE320*, il blocco di diagnostica *ST_FE330* e l'isolatore protonico *ST_FE340* (figura 2.24). Il collimatore, contenuto all'interno di una camera cilindrica raffreddata ad acqua, è costituito da una serie di blocchi coassiali di grafite di forma cilindrica con foro centrale e diametro interno decrescente da 70 a 40 mm; la sua funzione è quella di circoscrivere l'area del target colpita dal fascio di protoni nel caso in cui il PPB non fosse ben focalizzato o allineato correttamente (figura 2.25) .



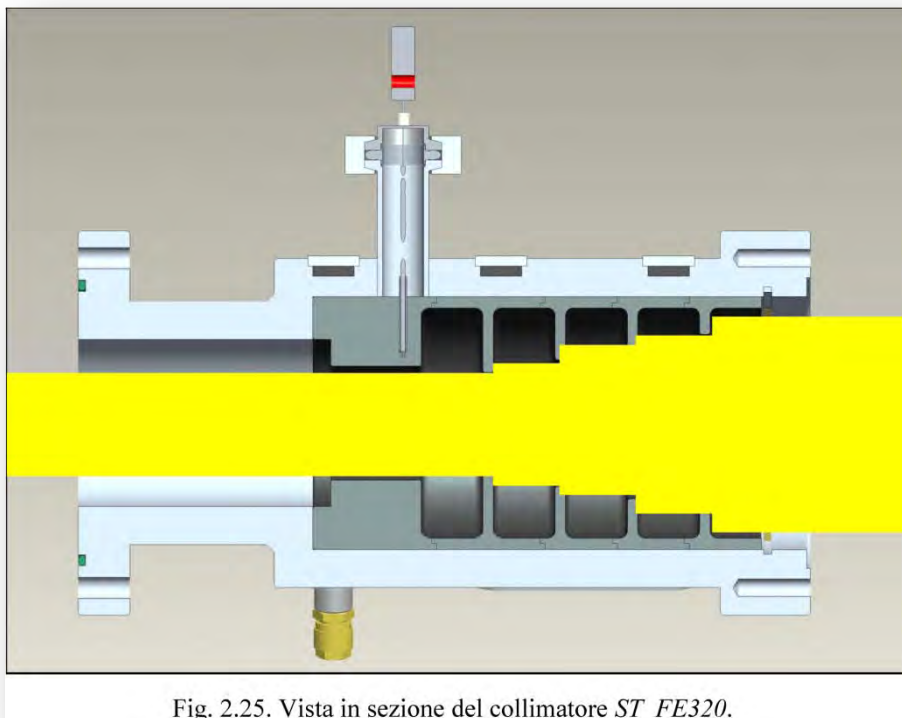
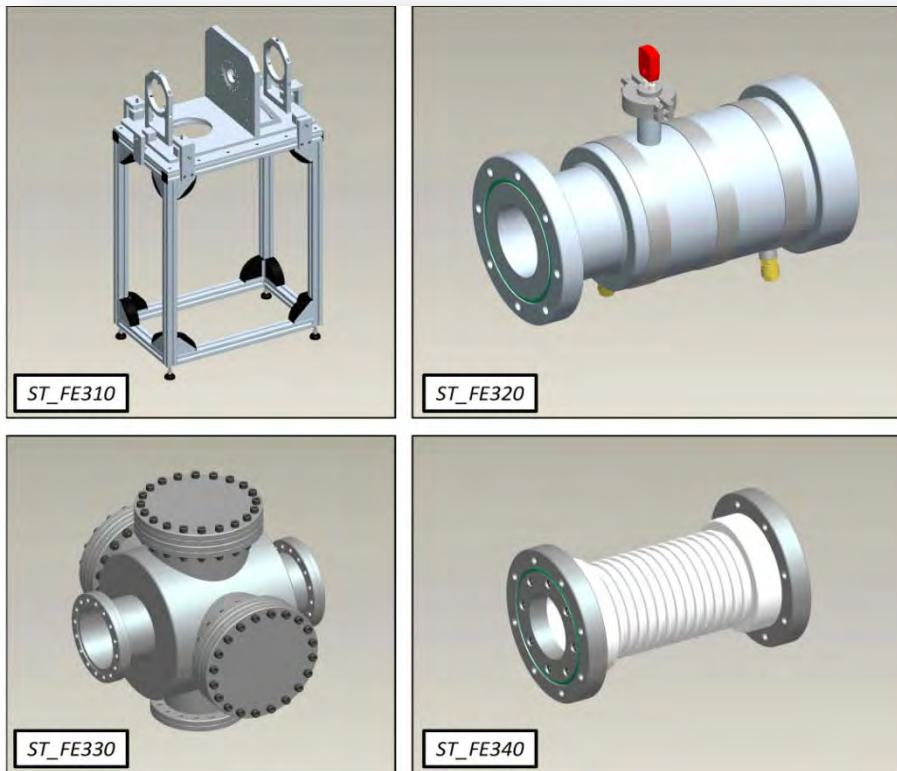


Fig. 2.25. Vista in sezione del collimatore *ST_FE320*.

Il blocco di diagnostica ST_FE330 sarà utilizzato per l'installazione di una Faraday cup per elevate potenze, con l'obiettivo di monitorare il livello di corrente del fascio primario di protoni, inoltre, una pompa turbomolecolare è installata sulla flangia inferiore del blocco di diagnostica per produrre l'alto grado di vuoto all'interno del canale del fascio di protoni.

L'isolatore protonico ST_FE340, mostrato in figura 2.24, sarà utilizzato per isolare la sezione ad alta tensione del Front-End rispetto al canale PPB; in particolare, la figura 2.24 mostra un prototipo realizzato in teflon, rinforzato con fibre di vetro, usato nei Laboratori Nazionali di Legnaro durante i test off-line ad alto voltaggio; per la versione on-line del Front-End SPES sarà sostituito con un isolatore fatto in materiale più resistente alle radiazioni (Al₂O₃ e PEEK) e caratterizzato dalla stessa struttura proposta per l'isolatore principale (figura 2.13).

2.3. Il target chamber system

Nel contesto della struttura SPES, la target chamber viene utilizzata per contenere e sostenere il sistema "target -ion source" in un ambiente ad alto grado di vuoto, fornendo sia l'acqua per il raffreddamento che la corrente elettrica necessaria per riscaldare il target e la ion source [7]; ricordiamo che il complesso "target -ion source" costituisce il nucleo della struttura e viene utilizzato per convertire il fascio primario di protoni (PPB) in un fascio di ioni radioattivi (RIB) (figura 2.26).

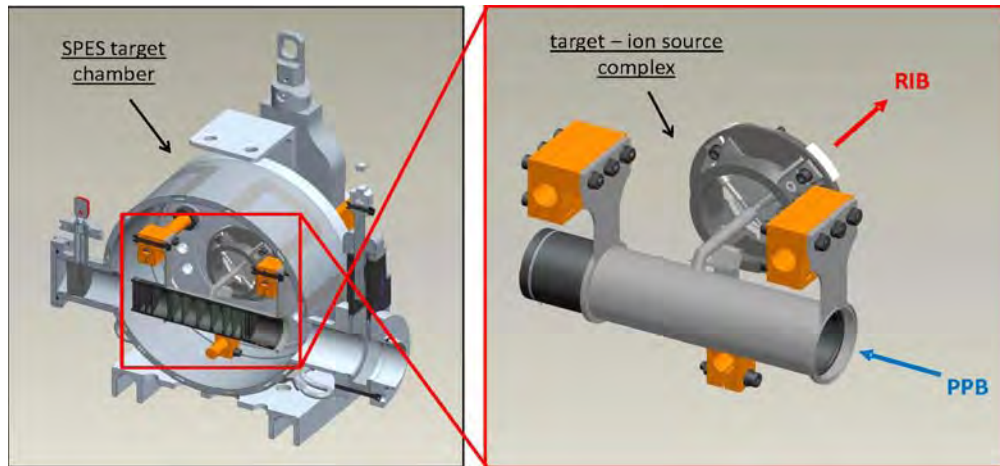


Figura 2.26 La targhet chamber SPES e e il complesso “target-ion source”

Analogamente al caso del Front-End, la target chamber dello SPES (ST_CR000A) è un'evoluzione della target chamber utilizzata presso l'impianto ISOLDE (ST_CR000). Rispetto al design dell' ISOLDE, la target chamber SPES ha introdotto:

- un circuito di raffreddamento sull'involucro esterno per compensare la maggiore potenza depositata nel target dal fascio di protoni;
- la connessione ad alto grado di vuoto con il canale del fascio primario di protoni (rispetto alla struttura ISOLDE l'energia del fascio primario SPES è più bassa, quasi 40 MeV, e di conseguenza deve essere tenuta sotto vuoto);
- il sistema di allarme del target che comunica la possibile rottura o danneggiamento dei dischi in UC_x .

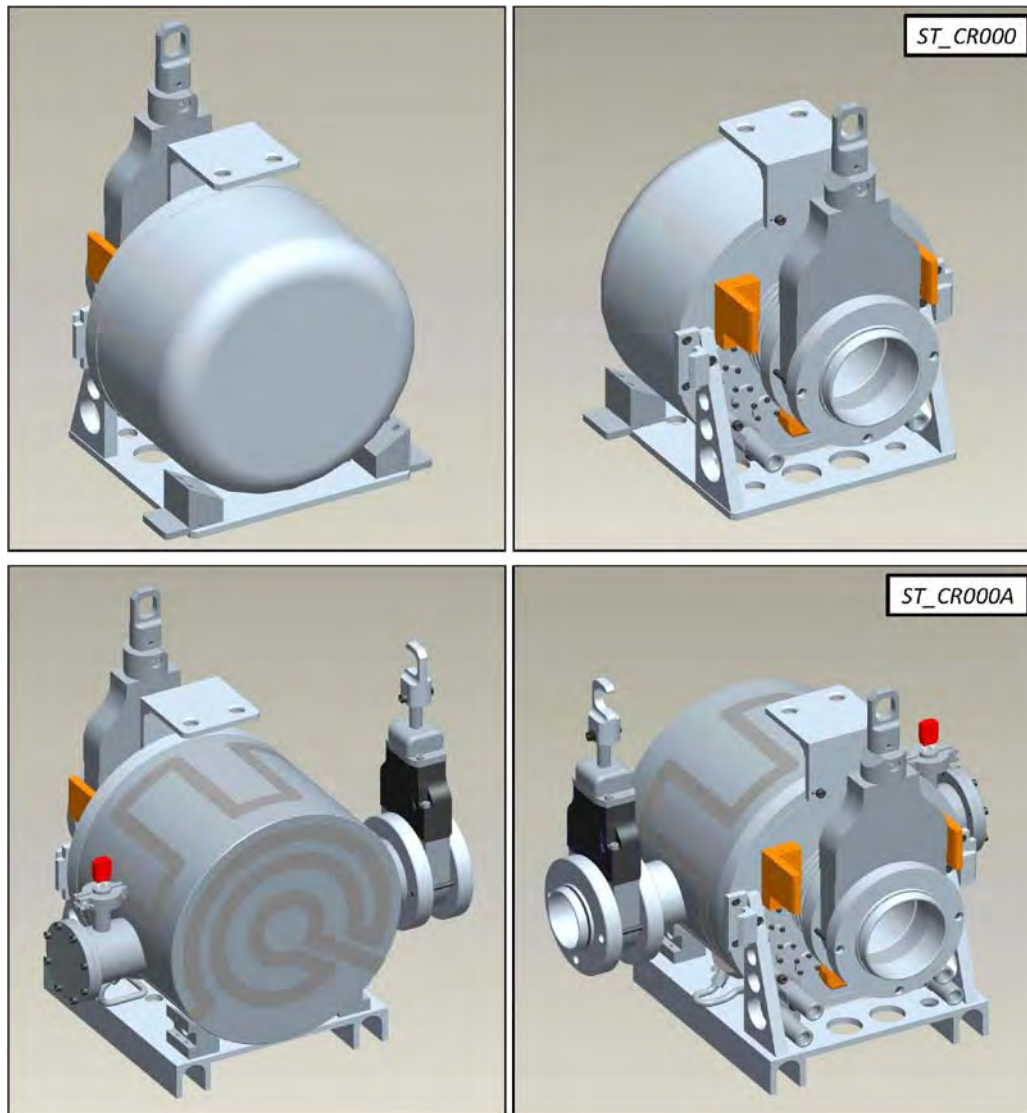


Figura 2.27 La targhet chambre ISOLDE ST_CR0000 e la target chambre SPES ST_CR000A

Tutti i sub-assemblies che compongono la target chamber SPES sono riportati in figura 2.28. La piastra principale “main plate” (ST_CR100 di figura 2.29), raffreddata ad acqua, sostiene il coperchio, i morsetti elettrici e tutti i componenti secondari della target chamber, in particolare lo shutter del canale RIB. Il morsetto elettrico della ion-source (ST_CR200) e i morsetti elettrici del target (ST_CR300 e ST_CR400) vengono rispettivamente utilizzati per fornire le elevate correnti elettriche necessarie a riscaldare per effetto Joule la ion-source

e il target. I morsetti elettrici, collegati all'ion-source e al target block, sono in rame, tale materiale non è in grado di sostenere le elevate temperature (circa 2000 °C) a cui questi ultimi due componenti sono sottoposti e devono dunque essere raffreddati ad acqua (figura 2.30). Un altro fondamentale sub-assembly della target chamber SPES è l'involucro esterno (ST_CR500A); come mostrato in figura 2.31, esso è raffreddato ad acqua per dissipare l'elevata quantità di calore proveniente dal blocco “target-ion source”.

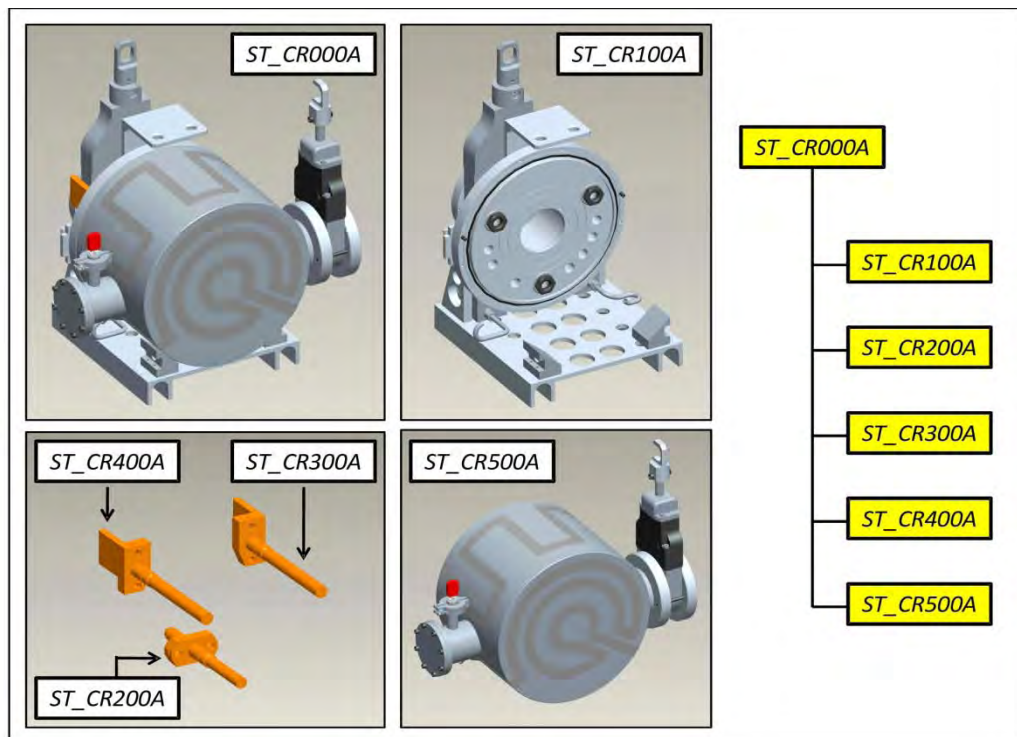


Figura 2.28 – I sub-assembly che compongono la target chamber SPES ST_CR000A: la piastra di sostegno ST_CR100A, il morsetto elettrico della ion-source ST_CR200A, i morsetti elettrici del target ST_CR300A e ST_CR400A e la copertura ST_CR500A

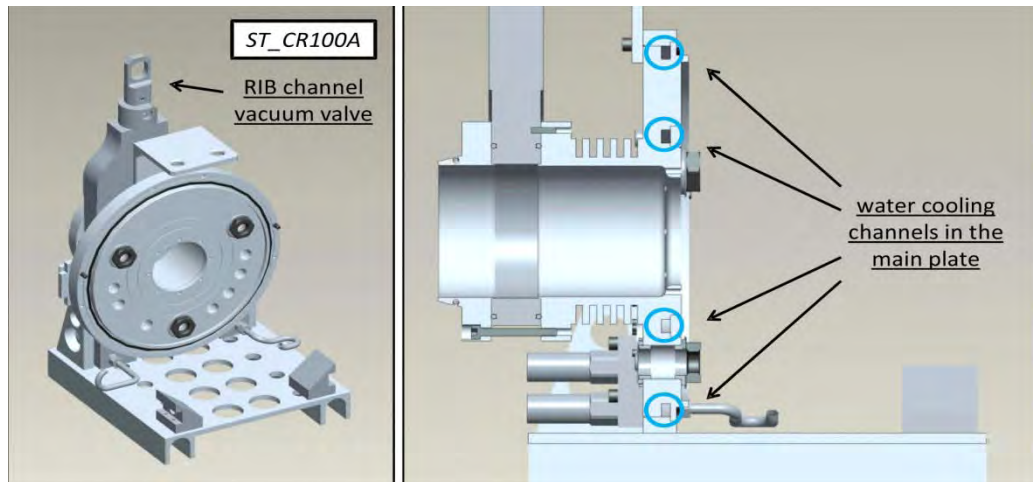


Figura 2.29 – La piastra di sostegno ST_CR100A della target chambre SPES

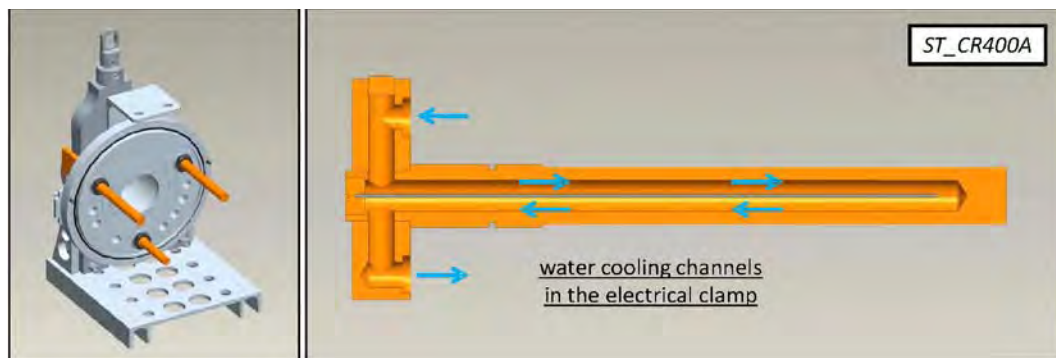


Figura 2.30 I connettori elettrici installati sulla piastra di sostegno e vista in sezione del subassembly ST_CR400A

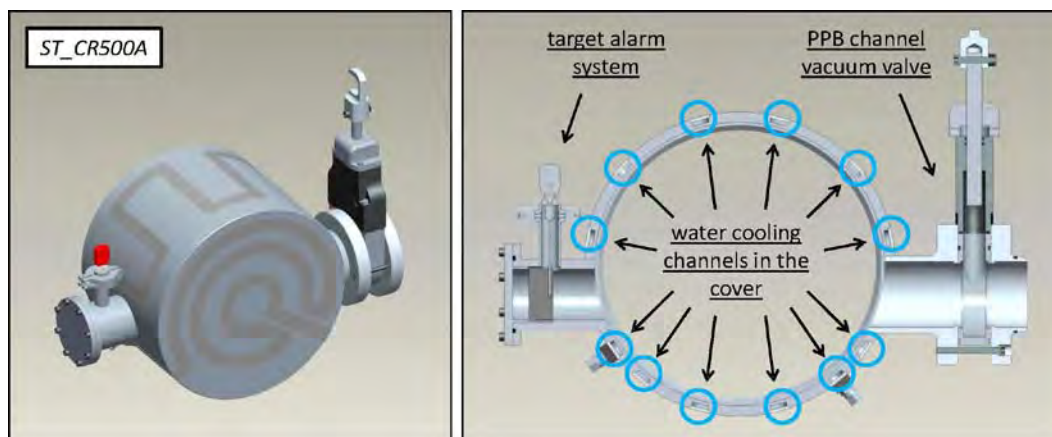


Figura 2.31 – La copertura ST_CR500A

Una flangia e una valvola di vuoto (shutter) consentono di collegare la cover e quindi la target chamber, al canale del fascio primario di protoni, mentre

all'estremità opposta della cover è installato un sistema di allarme per il target; esso è costituito da un blocco cilindrico di grafite con una termocoppia accuratamente inserita in direzione radiale. Nel caso in cui uno dei dischi che compongono il target si rompesse, la corrispondente potenza depositata dal fascio di protoni verrebbe trasferita sul blocco di grafite, con conseguente incremento della temperatura. Il segnale dell'aumento di temperatura proveniente dalla termocoppia verrebbe inviato al sistema di controllo, in modo da mettere in atto tutta una serie di azioni correttive. In figura 2.32 si riporta, infine, l'immagine della target chamber ST_CR000B equipaggiata col magnete necessario a consentire il funzionamento della plasma ion-source.

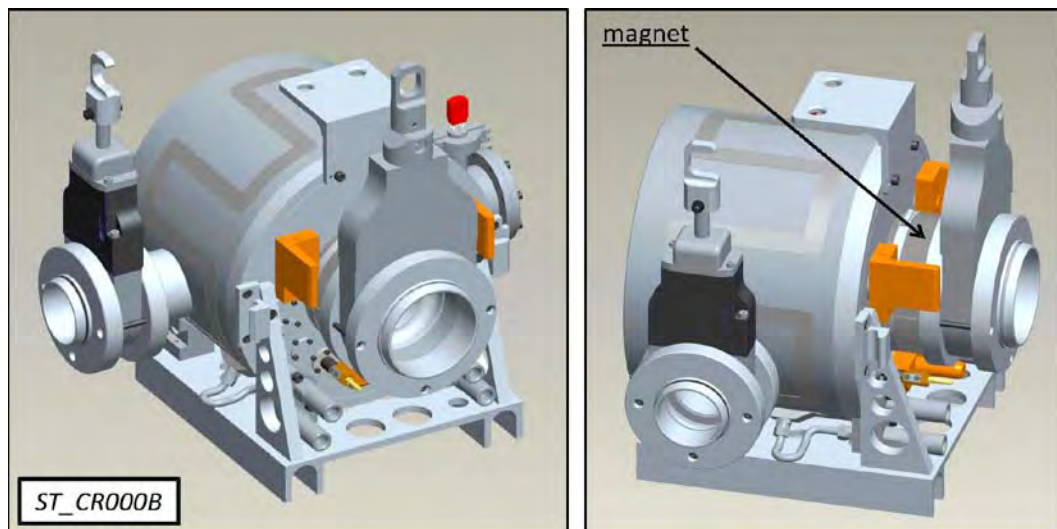


Figura 2.32 – La target chambre SPES equipaggiata con magnete ST_CR000B

2.4. Il target block system

Il target block ST_TB000A è rappresentato nella figura 2.33 assieme ai sub-assemblies che lo compongono: il “production target” ST_TB100A di cui si parlerà più dettagliatamente nel paragrafo successivo; il sistema di riscaldamento del

target “target heating system” ST_TB200A ed, infine, la “transfer line” ST_TB300A attraverso la quale gli atomi radioattivi vengono trasportati dal production target sino alla ion source per effusione¹. Per aumentare la mobilità degli atomi, la transfer line è generalmente mantenuta ad elevate temperature per effetto Joule facendo uso dello stesso circuito elettrico adottato per riscaldare la ion source.

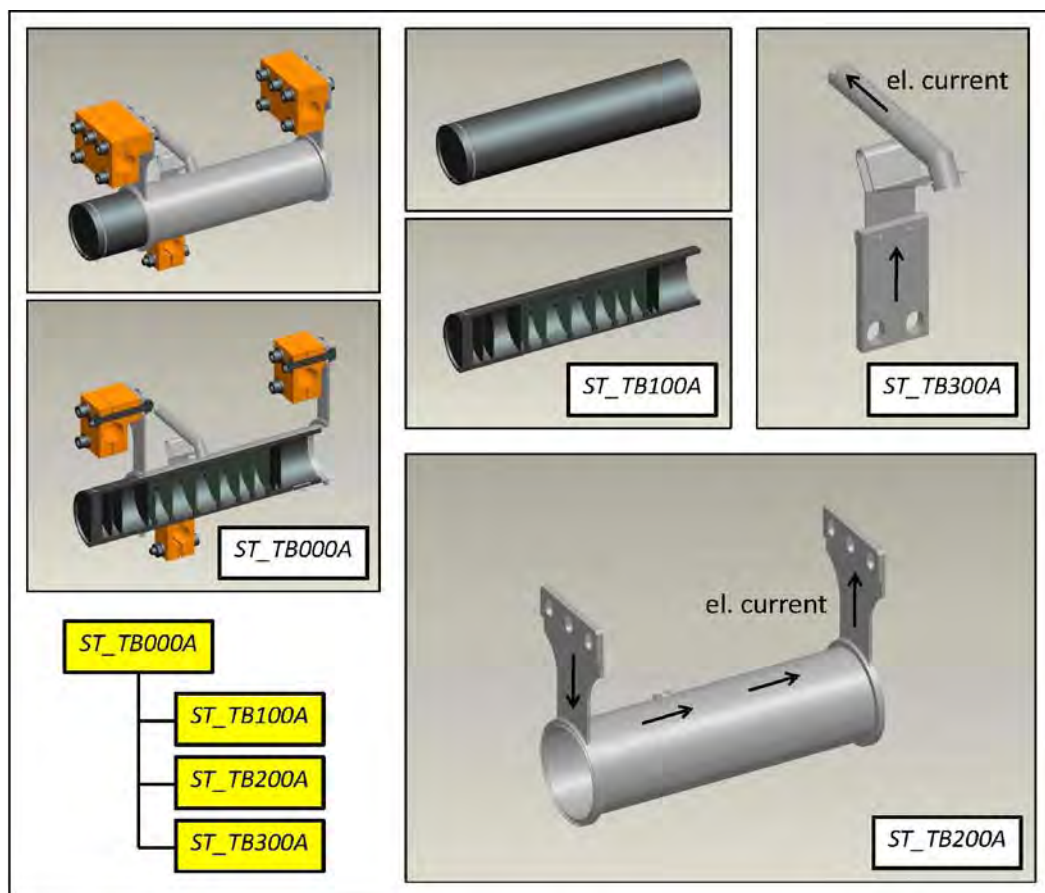


Figura 2.33 – Il target block SPES ST_TB000A e i suoi principali sub-assemblies: il production target ST_TB100A, il target heating system ST_TB200A e la transfer line ST_TB300A

¹ In [chimica-fisica](#), l'effusione è il processo tramite il quale le [molecole](#) gassose attraversano un foro sottile senza collidere fra loro. Ciò avviene quando il diametro del foro è considerevolmente più piccolo del [cammino libero medio](#) delle molecole.

La figura 2.34 mostra il primo prototipo del target block ST_TB000, testato ad alta temperatura (con alcune piccole modifiche) presso i Laboratori Nazionali di Legnaro, dando un contributo fondamentale per lo sviluppo dell'attuale target block ST_TB000A.

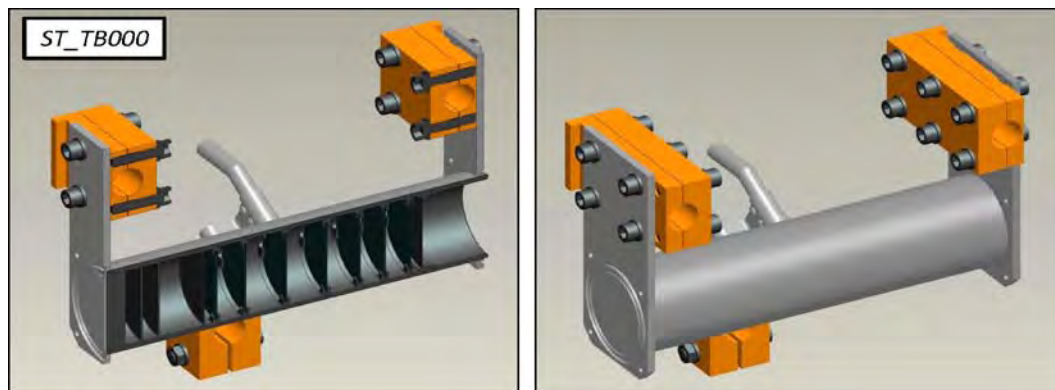


Figura 2.34 – Il primo prototipo del target block SPES ST_TB000

2.4.1 Descrizione del production target e del target heating system

Il production target (vedi figura 2.35) assume un ruolo fondamentale: il suo scopo principale è quello di produrre il maggior numero possibile di isotopi e rilasciarli in forma gassosa dalla matrice del target nel modo più veloce ed efficiente. Esso è composto da 7 dischi coassiali di carburo di uranio (UCx) (diametro e spessore rispettivamente di 40 e 1,3 mm), opportunamente distanziati in direzione assiale al fine di dissipare, per irraggiamento termico, la potenza media di 8 kW depositata dal fascio di protoni che li attraversa.

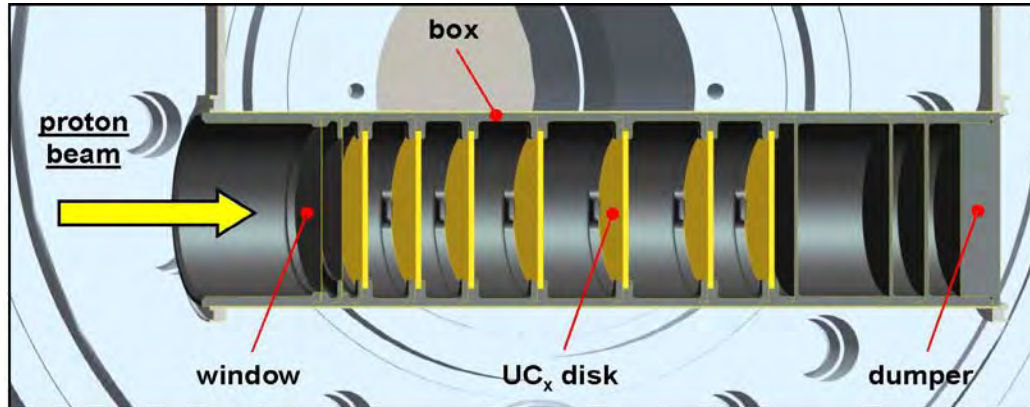


Figura 2.35 – Rappresentazione dello SPES production target e dei principali componenti (dischi di UCx, finestre, dumper e contenitore).

Due sottili finestre circolari in grafite (0,2 mm) si trovano all'ingresso del fascio di protoni per evitare la fuoriuscita indesiderata di frammenti nucleari, mentre quattro dumper circolari di grafite, con spessori che vanno da 0,8 mm fino a 10 mm, fermano il fascio di protoni sul lato opposto del target. Tutti i dischi, le finestre, e i dumper si trovano all'interno di una scatola tubolare in grafite, con un diametro esterno e una lunghezza rispettivamente di 49 mm e 200 mm. La scatola si trova sotto vuoto all'interno della “target chamber” raffreddata ad acqua e deve mantenere la temperatura media di 2000 °C: il vuoto e le alte temperature sono essenziali per favorire l'estrazione degli isotopi radioattivi. L'energia e l'intensità del fascio di protoni primari sono rispettivamente di 40 MeV e 200 μA , per un livello di potenza depositata nel target di circa 8 kW; in figura 2.36 è riportato il corrispondente tasso di produzione di isotopi “in-target”.

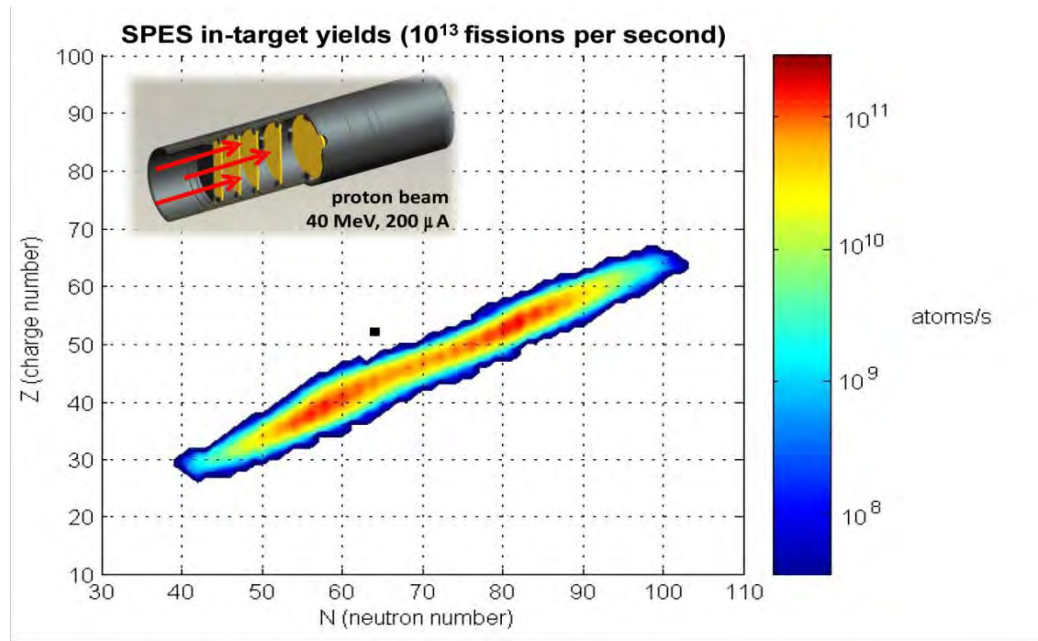


Figura 2.36 – Rappresentazione della produzione di isotopi in target [9]

Come vedremo in dettaglio più avanti, la potenza del suddetto fascio di protoni non è sufficiente per riscaldare il contenitore del target fino al livello di temperatura richiesto, a causa dell'intenso scambio radiativo di calore dal contenitore di grafite alla camera di raffreddamento ad acqua [9]. Di conseguenza, è fondamentale introdurre un riscaldamento supplementare e indipendente dotato di un sistema di screening. E' importante sottolineare che tale dispositivo di riscaldamento è completamente indipendente dal fascio di protoni e, inoltre, consente un miglior controllo termico del target quando la potenza del fascio di protoni non è stabilizzata, cioè durante le procedure d'avvio e di spegnimento.

Il sistema di riscaldamento del target (target heating system in figura 2.37) è costituito da un sottile tubo di tantalio (Ta), con una lunghezza di 200 mm, diametro esterno e spessore rispettivamente di 50 mm e 0,35 mm. Ai bordi del

tubo, sono saldate due ali di tantalio direttamente collegate ai morsetti di rame, attraverso i quali la corrente elettrica fornita da un alimentatore di 10 kW (corrente massima $I_{max} = 1000 \text{ A}$ e massima tensione $\Delta V_{MAX} = 10 \text{ V}$) riscalda per effetto Joule il tubo stesso. La scelta del tantalio è dovuta alle sue proprietà fisiche: è un metallo altamente resistente alla corrosione, buon conduttore elettrico e termico, in grado di operare a temperature molto alte. Inoltre, grazie alla sua bassa emissività (0,15 a 1000 °C e 0,26 a 2000 °C), il tantalio è in grado di schermare in modo efficiente il contenitore del target, limitando l'effetto di raffreddamento per irraggiamento termico [10].

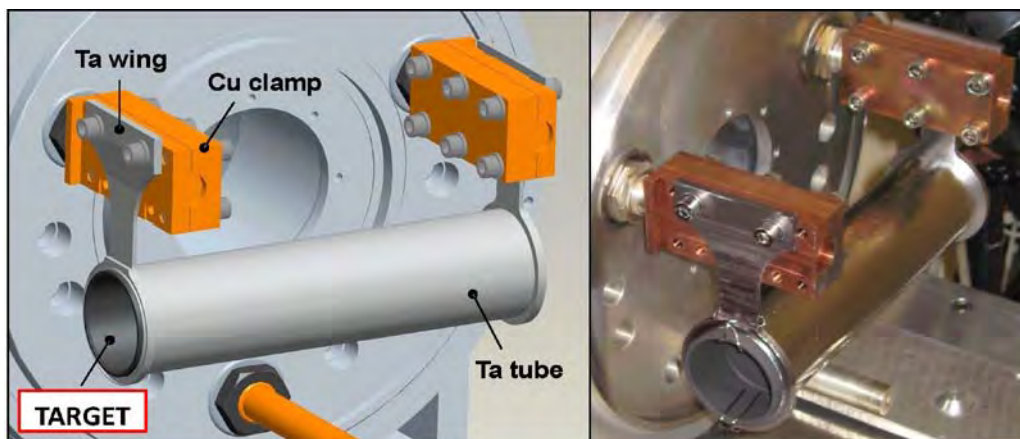


Figura 2.37 – Rappresentazione e foto del target heating system

Risulta utile osservare che:

- per garantire un efficiente livello di produzione isotopica, il target SPES deve lavorare a temperature molto elevate, vicino a 2000 °C ; di conseguenza, è importante conoscere la distribuzione della temperatura del target in dettaglio, soprattutto nelle zone dove non è possibile effettuare misure;

- il bersaglio è riscaldato da due carichi termici tra loro indipendenti: il primo generato dal fascio di protoni, il secondo fornito dal sistema di riscaldamento;
- i problemi termici ed elettrici sono accoppiati, in quanto il carico termico dovuto al sistema di riscaldamento è prodotto per effetto Joule e la resistività elettrica del tantalio è dipendente dalla temperatura.

Per tutte le ragioni di cui sopra, sono stati eseguiti studi teorici e sperimentali del comportamento termico - elettrico del target che hanno portato a tutte una serie di modifiche sul design del target block e dei suoi principali componenti [11]. In figura 2.38. e 2.39 è raffigurato il nuovo prototipo di target e le sue principali nuove caratteristiche.

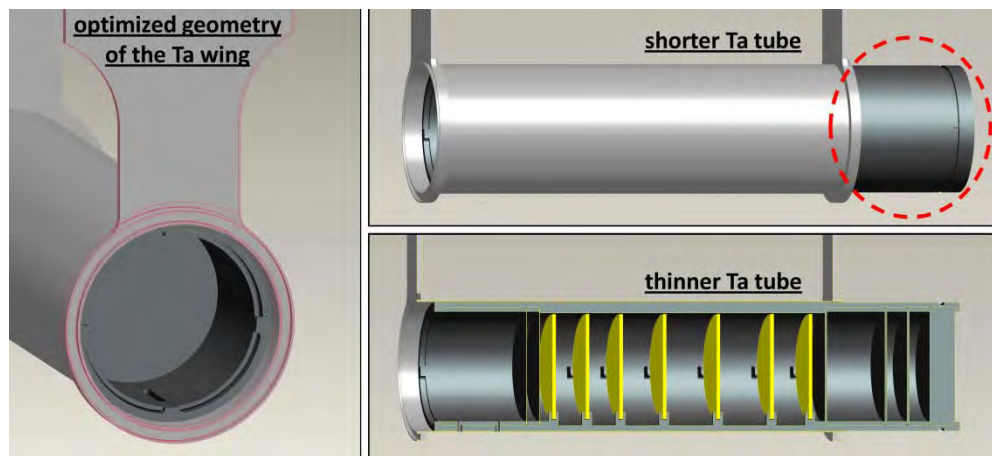


Figura 2.38 – Il nuovo prototipo del target

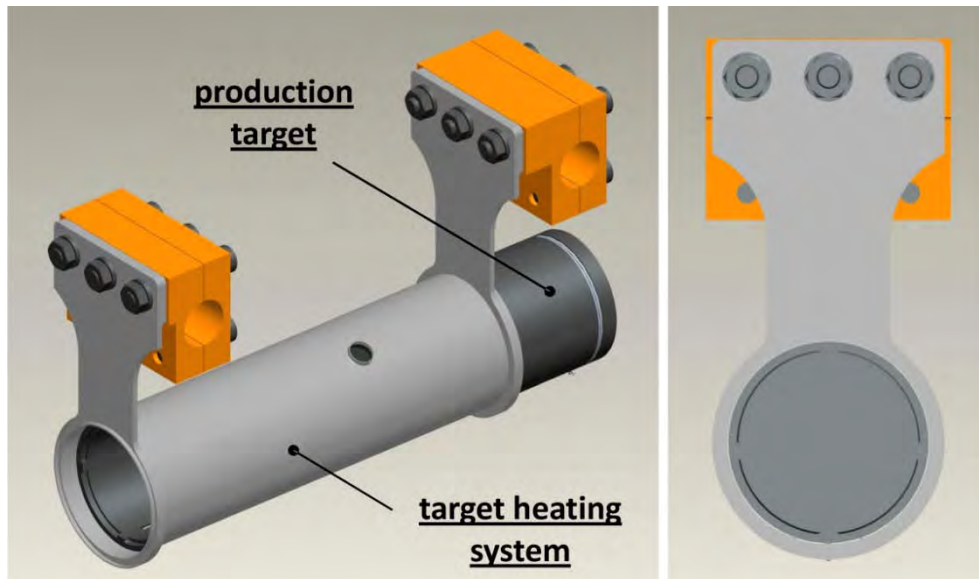


Figura 2.39 – Production target e sistema di riscaldamento

Il sistema di riscaldamento con tubo di tantalio è stato ridotto al fine di contenere il riscaldamento della parte posteriore del bersaglio: rispetto al primo prototipo (con il contenitore di grafite completamente coperto dal tubo in Ta), una parte della grafite scambia calore, per irraggiamento termico, direttamente con le superfici interne della camera a vuoto, sfruttando l'alta emissività della grafite per diminuire a livello locale (nella parte posteriore) la temperatura del target. Lo spessore del tubo di Ta è stato ridotto per aumentare la sua resistenza elettrica e, quindi, la potenza depositata per effetto Joule: questa modifica relativamente semplice migliora le prestazioni del sistema di riscaldamento del target. Un altro aspetto importante da menzionare è, infine, l'ottimizzazione della forma dell'ala in Ta, che ha ridotto lo squilibrio di temperatura tra il tubo e le ali stesse.

2.5 L'ion-source system

All'inizio di questo capitolo (paragrafo 2.1), è stata presentata la zona di produzione della facility SPES prendendo come riferimento un particolare tipo di sorgente di ioni, ovvero la “surface ion-source” o “hot-cavity ion-source” ST_SI000. Quest'ultima, viene illustrata in figura 2.40 assieme alle sue componenti principali: lo ionizzatore ST_SI100 e il sistema di allineamento ST_SI200. Lo ionizzatore è sostanzialmente simile a quello sviluppato e utilizzato presso l'impianto ISOLDE mentre il sistema di allineamento è un accessorio aggiuntivo utilizzato per mantenere lo ionizzatore nella corretta posizione anche alle alte temperature (i gradienti termici potrebbero comportare deformazioni non accettabili).

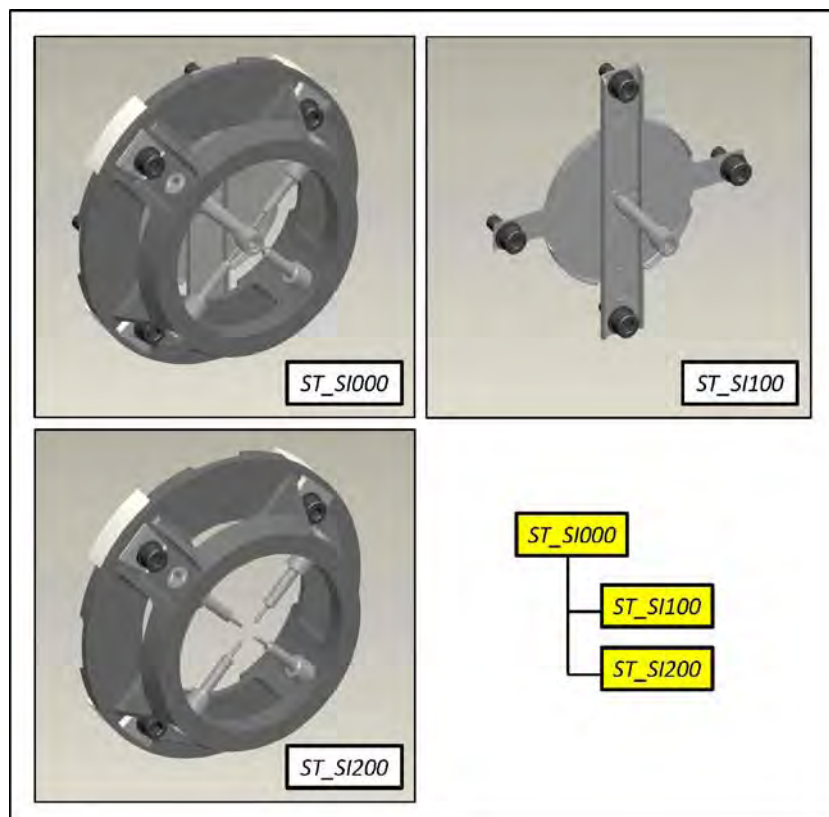


Figura 2.40 – La SPES surface ion source/hot-cavity ion source ST_SI000 e suoi principali sub-assembly: lo ionizzatore ST_SI100 e il sistema di allineamento ST_SI200

L'impianto SPES si avvarrà anche di un altro tipo di sorgente di ioni: la “high temperature plasma ion-source”. Le plasma ion-sources sviluppate presso gli impianti ISOLDE e HRIBF (ORNL) sono raffigurate in figura 2.41.

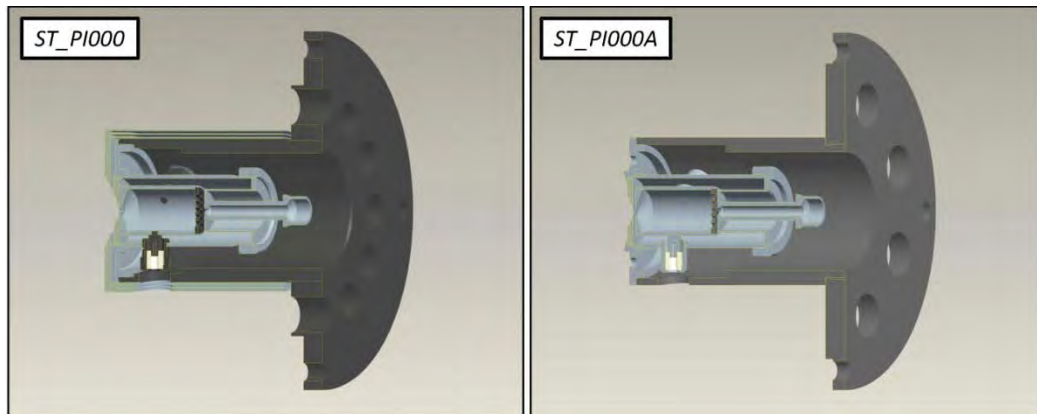


Figura 2.41 – La Plasma ion source ISOLDE STPI000 e la standard HRIBF one ST_PI000A in sezione

Nella figura 2.42 è riportata, infine, una fotografia del Front-End SPES realizzato e installato presso i Laboratori Nazionali di Legnaro.

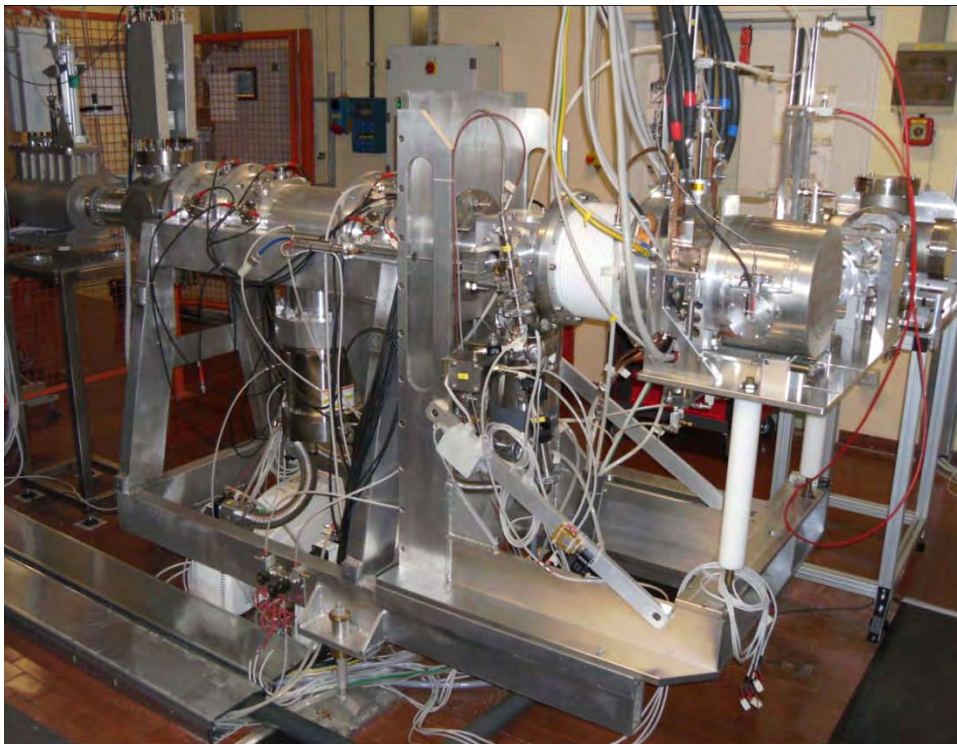


Fig. 2.42 - Il Front-End SPES installato presso i Laboratori Nazionali di Legnaro e utilizzato per i tests offline.

2.5.1 La hot cavity ion source

Come accennato nei paragrafi precedenti, il production target (figura 2.43) è composto da 7 dischi coassiali di UCx che vengono irradiati da un fascio di protoni da 40 MeV generando così circa 10^{13} fissioni al secondo. Gli isotopi radioattivi prodotti dalle fissioni del ^{238}U sono guidati attraverso la transfer line verso la sorgente di ioni, qui acquistano uno stato di carica +1 in modo da poter essere accelerati da campi elettrostatici.

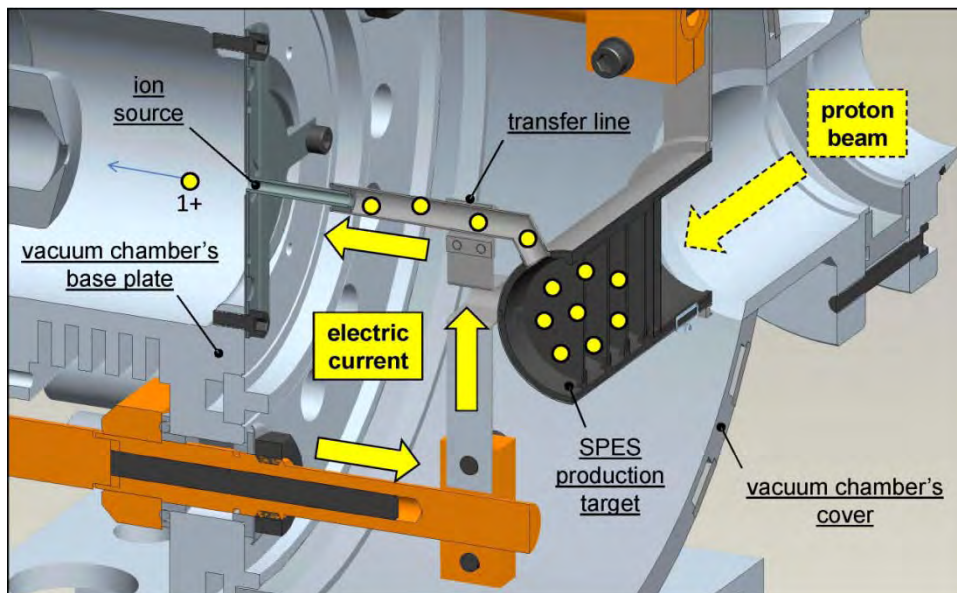


Fig. 2.43 – Il production target SPES, la transfer line e la ion source (in sezione).

Nel contesto del progetto SPES, saranno utilizzate diverse tipologie di ion source per produrre una vasta gamma di fasci, in particolare, per ionizzare gli isotopi degli elementi del primo, secondo e tredicesimo gruppo, verrà utilizzata la hot-cavity ion source (figura 2.44).

1	2											13	14	15	16	17	18																																																													
1	H																2	He																																																												
2	3	4											5	6	7	8	9	10																																																												
	Li	Be																Ne																																																												
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																												
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																																																												
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																																																												
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																																																												
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54																																																												
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																																																												
6	55	56		72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86																																																												
	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																																																												
7	87	88																																																																												
	Fr	Ra																																																																												
<table border="1"> <tr> <td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td><td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td> </tr> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Te</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>89</td><td>90</td><td>91</td><td>92</td><td>93</td><td>94</td><td>95</td><td>96</td><td>97</td><td>98</td><td>99</td><td>100</td><td>101</td><td>102</td><td>103</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																			57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Te	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71																																																																
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Te	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																																																
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																																																																
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																																																

Fig. 2.44 - Elementi che saranno ionizzati grazie alla "Positive Surface Ionization" dello SPES.

La surface ion source adottata per l'impianto SPES è il modello standard MK1 sviluppato e utilizzato presso l'impianto ISOLDE; è composta da una cavità di ionizzazione tubolare (lunghezza , diametro esterno e diametro interno rispettivamente pari a 34 mm, 5 mm e 3.1 mm), collegata da un lato a un sostegno (figura 2.45) e dall'altro alla transfer line per mezzo di un connettore, tutti questi componenti sono realizzati in tantalio tranne lo ionizzatore tubolare realizzato in tungsteno.

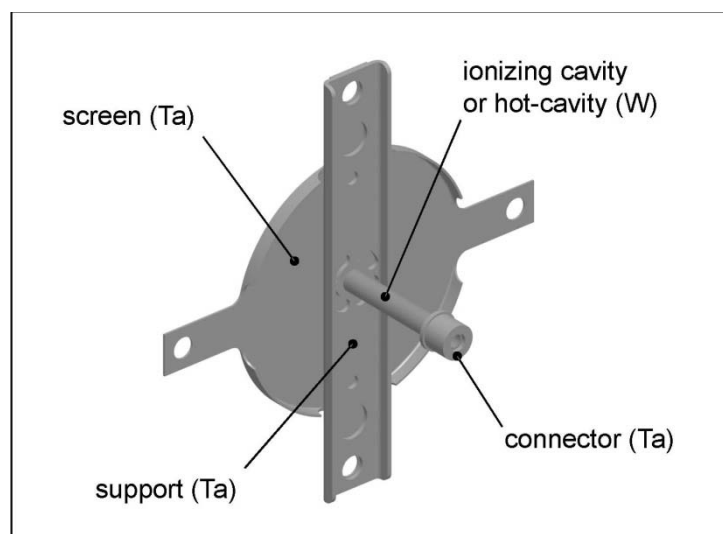


Fig. 2.45 – Assemblaggio meccanico della hot-cavity ion source.

Così come il production target, la surface ion source e la linea di trasferimento (vedi figura 2.43) si trovano sotto vuoto all'interno della target chamber e devono mantenere la temperatura media di 2000 °C. Il vuoto e l'alta temperatura sono due componenti essenziali per migliorare la mobilità degli isotopi radioattivi e favorirne l'estrazione e la ionizzazione. La surface ion source e la transfer line, sono mantenute a temperatura elevata grazie ad un'alimentazione apposita e indipendente da 10 kW, in grado di erogare una corrente elettrica massima di 1000 A e una differenza di potenziale massima di 10 V. La corrente elettrica fluisce in primo luogo attraverso la transfer line e poi attraverso la cavità tubolare di ionizzazione, detta hot-cavity, e dissipa per effetto Joule la potenza che consente al sistema di raggiungere il livello di temperatura desiderato. La transfer line è costituita da un tubo (con un diametro esterno e un diametro interno di rispettivamente 9 mm e 8 mm, e una lunghezza di circa 38 mm) collegato alla hot-cavity. Anche in questo caso, sono stati eseguiti studi teorici e sperimentali del comportamento termico-elettrico della hot cavity ion source e della transfer line [10], volti a massimizzare l'omogeneità della temperatura e che hanno portato a tutta una serie di modifiche sul design dei suddetti componenti. In particolare, l'utilizzo di un connettore elettrico più sottile ha incrementato localmente il riscaldamento per effetto Joule e limitato l'estensione delle superfici radianti in prossimità dell'interfaccia della transfer line; inoltre, una piccola riduzione del diametro esterno della transfer line (da 9 a 8,8 mm) ha garantito un aumento della temperatura lungo tutta la sua estensione assiale.

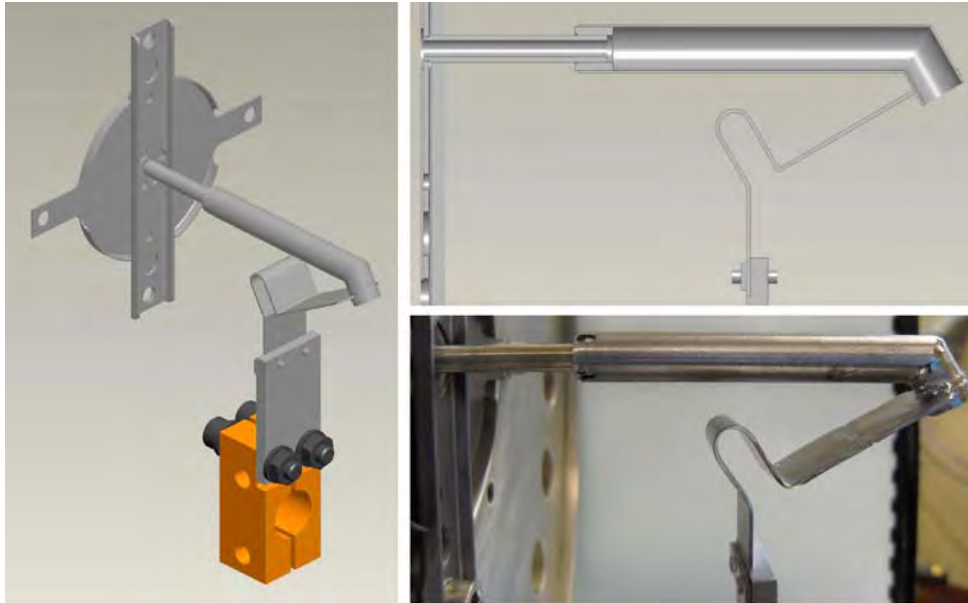


Fig. 2.46 – La SPES hot-cavity ion source e la transfer line nella versione “ottimizzata”.

Il livello massimo di temperatura globale (relativo sia alla hot-cavity che alla transfer line) è stato fissato a circa 2200 °C, valore coincidente con il limite operativo di temperatura per il tantalio. Un altro miglioramento importante introdotto con il nuovo design della hot-cavity e della transfer line è la capacità di limitare le deformazioni termiche in prossimità del collegamento tra il supporto di tantalio e la hot-cavity in tungsteno (figura 2.47); questa è la zona della hot-cavity ion source in cui il fascio inizia la sua propagazione in direzione dell'elettrodo, le deformazioni in questa zona sono in grado di influenzare e modificare le caratteristiche ottiche del fascio e di conseguenza devono essere tenute sotto stretto controllo. Nella seguente figura sono rappresentate le deformazioni permanenti del supporto di tantalio in prossimità della connessione con la hot-cavity in tungsteno, per il vecchio e il nuovo design.

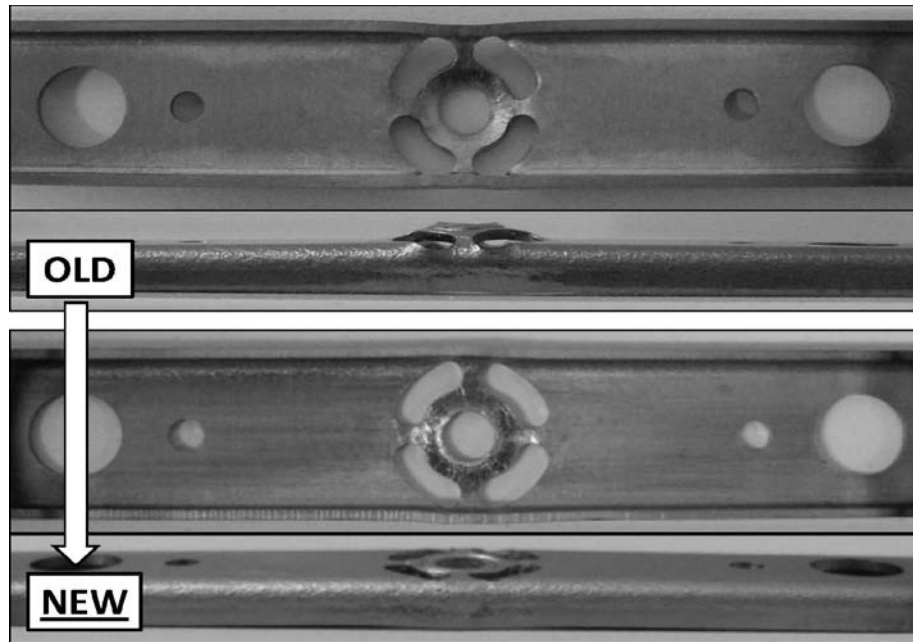


Fig. 2.47 – Deformazioni del supporto in Ta per il vecchio e nuovo design

Questo importante miglioramento è stato raggiunto grazie ad una nuova geometria del connettore in Ta posto tra la hot-cavity e la transfer line (come mostrato in figura 2.48).

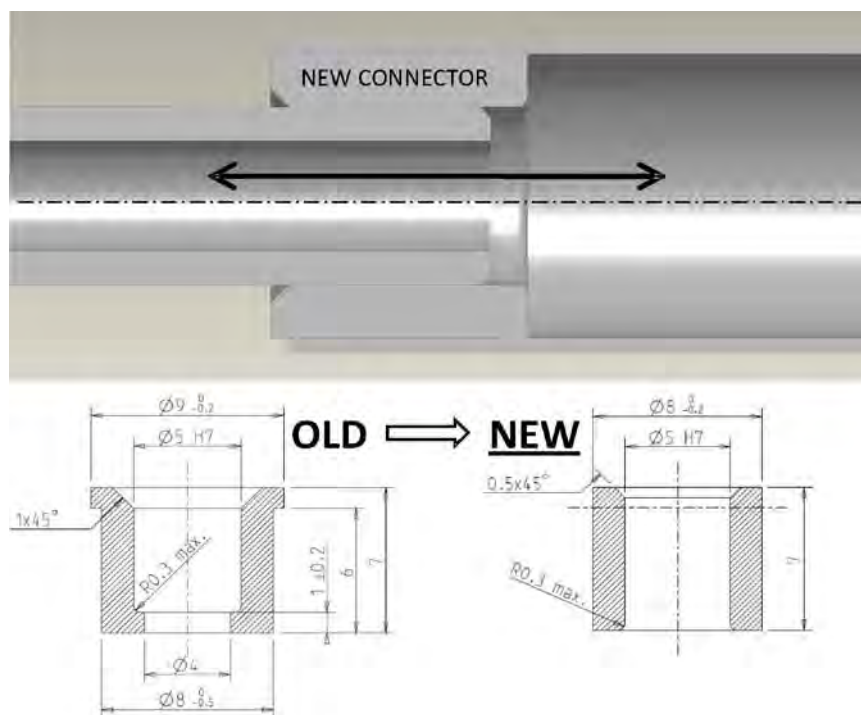


Fig. 2.48 – Il nuovo connettore tra la hot-cavity e la transfer line

Il nuovo design presenta, inoltre, un nuovo sistema di allineamento della hot-cavity indispensabile per la ionizzazione laser degli isotopi radioattivi. Dopo la diffusione nel target e l'effusione verso la hot-cavity, gli atomi sono irradiati diverse volte con impulsi laser e quindi ionizzati. Durante l'irradiazione del volume cilindrico racchiuso all'interno della hot-cavity è fondamentale mantenere questa, coassiale al raggio laser. A causa degli elevati gradienti termici e alle conseguenti deformazioni, è necessaria l'introduzione di un sistema di allineamento. Questo componente, presentato in figura 2.49, è costituito da un telaio in grafite, quattro barre di centraggio regolabili in tantalio e una serie di isolatori Macor® che sostengono la struttura in grafite ed evitano il flusso di corrente elettrica attraverso le quattro barre tantalio.[11]

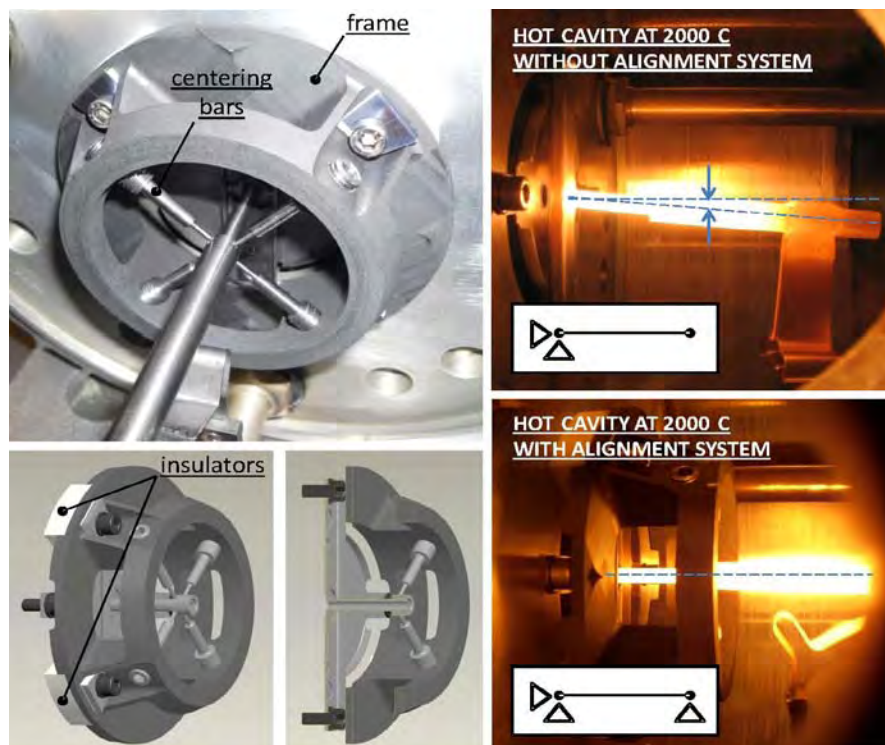


Fig. 2.49 – Il sistema di allineamento della hot cavity e i suoi effetti sulla temperatura

2.6 Il sistema di refrigerazione del target dell'impianto EXCYT

Il progetto del sistema di refrigerazione della sorgente che verrà utilizzato nell'impianto sperimentale SPES si basa sul layout del sistema di refrigerazione attualmente utilizzato nell'impianto EXCYT, operativo presso i Laboratori Nazionali del Sud (LNS) di Catania. Tale sistema, riportato in figura 2.50, è costituito da due circuiti chiusi, quello primario che utilizza acqua demineralizzata con PH neutro per la refrigerazione della sorgente e quello secondario che utilizza acqua "addolcita" per la refrigerazione del circuito primario.

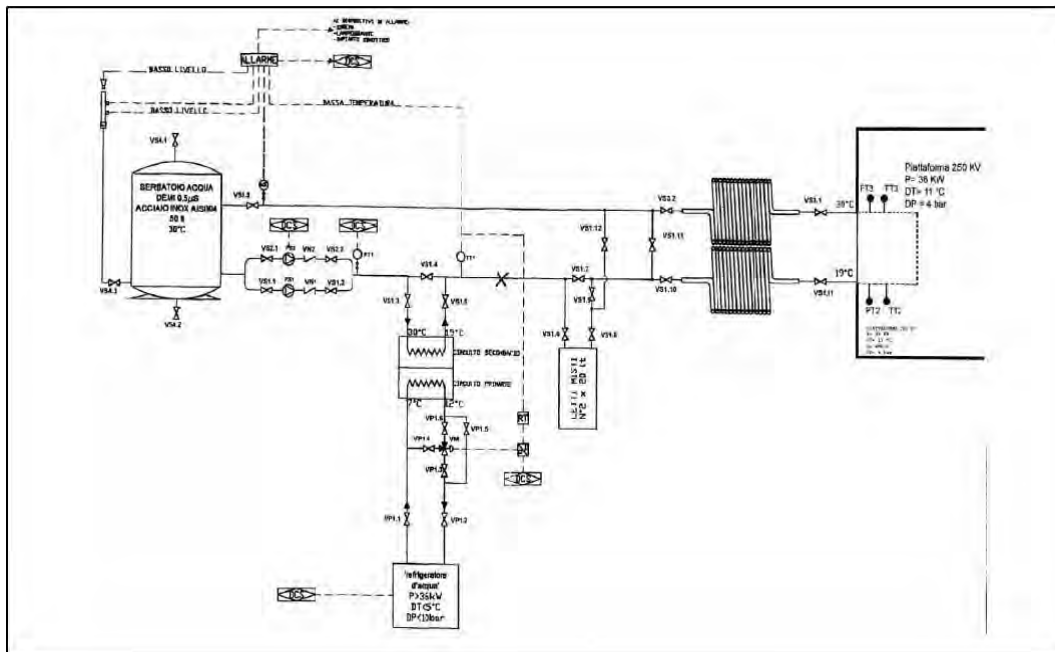


Fig. 2.50 - Sistema di refrigerazione dell'impianto EXCYT

Tutti i materiali utilizzati sono conformi alle Norme UNI e, in particolare, le tubazioni sono in acciaio Inox AISI 316, compresa la raccorderia, i pezzi speciali, le curve e gli innesti. Il sistema primario è un circuito chiuso in pressione, che utilizza acqua demineralizzata con conducibilità di 0.5 microsiemens per la refrigerazione della piattaforma in cui è contenuto il target.

Poiché la piattaforma deve essere mantenuta ad una tensione di 250 kV, risulta necessario utilizzare acqua demineralizzata con bassa impurezza, bassa conducibilità e PH neutro. Nel primario vengono impiegate, valvole a sfera di tipo manuale di diametro nominale diverso a seconda della tubazione su cui sono montate. Troviamo, anche, due valvole a solenoide per il sistema di scarico dell'acqua. L'acqua demineralizzata è contenuta all'interno di un serbatoio di acciaio inox AISI da 50 litri alla temperatura di 30 °C. Il circuito è chiuso ed in pressione a causa dei problemi radioprotezionistici legati all'attivazione dell'acqua refrigerante. Il sistema di mandata della portata è costituito da due linee poste in parallelo (sistema ridondante) ciascuna equipaggiata con pompa centrifuga del tipo a trascinamento magnetico. Le pompe utilizzate sono Travaini TBK 314 e possono fornire una portata nominale di 4 m³/h con una prevalenza di 9 bar. La pompa centrifuga, nella prima linea (PS1), è collegata al DCS (Digital Control System) che, in caso di guasto o malfunzionamento, avvia la seconda pompa posta in parallelo (PS2). Il DCS in caso di ulteriori anomalie, legate all'utilizzo della seconda pompa, fa scattare il sistema di allarme. Durante la fase di avvio del sistema a fascio spento, se si verifica il guasto della pompa PS1 con conseguente commutazione alla pompa PS2, l'accensione del fascio di protoni viene inibita tramite il DCS. In ogni linea di alimentazione è presente anche una valvola di non ritorno, posta dopo la pompa, in modo da evitare possibili inversioni di portata. Un misuratore di pressione, PT1, posto a valle delle due linee di alimentazione controlla, durante il funzionamento, il valore della pressione sulla linea. In caso di variazioni della pressione rispetto al valore

nominale, il PT1 tramite il DCS, varia il numero di giri della pompa e, di conseguenza, la portata di liquido nel sistema. Il liquido primario entra nello scambiatore di calore secondario a tubi corrugati alla temperatura di 30 °C ed esce alla temperatura di 19 °C. I sistemi di controllo e sicurezza operano in modo tale da garantire che non vi siano variazioni di temperatura e pressione nel circuito. Nel sistema secondario circola una portata di acqua “addolcita” che entra all’interno dello scambiatore di calore secondario a tubi corrugati alla temperatura di 7 °C ed esce alla temperatura di 12 °C, dopo aver refrigerato il fluido primario.

Il refrigeratore di acqua (Carrier Modello 30DZ) è completo di gruppo idronico, controllo digitale e supporti antivibranti, e garantisce un salto termico non superiore a 5 °C e una differenza di pressione non superiore a 10 bar. Il monitoraggio di questi parametri viene gestito dal DCS che, in caso di anomalie o malfunzionamenti, fa scattare il sistema di allarme. Le valvole presenti nel circuito sono a sfera di tipo manuale con diametro nominale uguale a quello della tubazione in cui sono montate. Lo scambiatore di calore è del tipo a tubi corrugati della SPIRAX-SARCO in acciaio inox AISI 316. All’uscita dello scambiatore di calore secondario è presente un misuratore di temperatura TT1 che in caso di variazioni rispetto al valore nominale, tramite un regolatore di temperatura RT (Yokogawa YS150), interviene sulla portata del circuito secondario attraverso l’uso di una valvola miscelatrice a tre vie di tipo pneumatico VM (Valvola della Spirax-Sarco, Mod. 591, Azione diretta) posizionata all’interno del sistema di refrigerazione del secondario. Il fluido

primario alla temperatura di 19 °C entra in un sistema di letti misti in parallelo (letti a scambio ionico) per essere depurato, consentendo di ridurre la conducibilità prima di entrare all'interno della piattaforma. All'uscita dei letti misti, il liquido si muove all'interno di una lunga tubazione a spirale in materiale non conduttore (50 m in mandata con diametro 32 mm). Ciò consente di aumentare la resistenza elettrica attribuibile al refrigerante e ridurre le dispersioni di corrente attraverso il fluido. Un misuratore di portata, flussostato ottico, posto all'ingresso della piattaforma, rileva il valore della portata del fluido refrigerante e in caso di elevate variazioni spegne il fascio di protoni, tramite il DCS. Si noti che tra i sistemi di controllo e sicurezza dell'impianto di refrigerazione posti all'esterno della piattaforma, lo spegnimento del fascio è affidato solo alla misura di portata effettuata dal flussostato.

L'operazione di scarico dell'acqua primaria dal sistema è prevista solo quando è necessario cambiare la sorgente all'interno della piattaforma. In condizioni di normale esercizio la valvola a solenoide posta sulla linea di alimentazione è sempre aperta mentre quella posta sulla linea di scarico è chiusa; durante il processo di scarico avviene l'inverso e il fluido si riversa all'interno della tanica, per differenza di pressione. Ultimate le operazioni di sostituzione della sorgente, il fluido viene rimesso nel circuito primario tramite l'uso di una pompa centrifuga. Il carico termico massimo smaltito dal sistema di refrigerazione dell'impianto EXCYT è di 4.5 kW (3.5 kW relativi al target e 1 kW alla strumentazione di corredo). Il sistema di refrigerazione dell'impianto SPES dovrà, invece, essere in grado di smaltire un carico termico massimo di 36 kW

(27 kW relativi al target e 9 kW a tutta la strumentazione a corredo). Sia all'ingresso che all'uscita della piattaforma sono presenti altri misuratori di temperatura e pressione, che in caso di variazione dei parametri misurati intervengono facendo scattare l'allarme. La piattaforma si trova all'interno del bunker, dove un PLC elabora i segnali dai misuratori sopra elencati e solo sulla base dei dati rilevati dal misuratore di temperatura TT2 si può avere lo spegnere il fascio. All'uscita della piattaforma troviamo un secondo sistema di tubazioni a spirale e i condotti che portano il fluido all'interno del serbatoio. Nella sala, per precauzione e obblighi di tipo radioprotezionistico, è presente un rilevatore geiger per misurare la presenza di radioattività, che in caso di rottura o tranciamento della tubazione e fuoriuscita del liquido refrigerante fa scattare il sistema di allarme [12]. Per entrambi gli impianti, il liquido che entra all'interno della piattaforma, refrigera il sistema asportando per irraggiamento il calore generato ed esce alla temperatura di circa 30 °C. Nel caso dell'impianto SPES, essendo maggiore il calore da smaltire, ed essendo previsto lo stesso salto termico per il refrigerante, la portata dovrà essere maggiore. In particolare, nel sistema EXCYT la portata di refrigerante è 0.2 kg/s mentre nello SPES dovrà essere 0.83 kg/s

2.7 L'impianto per la produzione del vuoto del Front End

Il Front End della facility SPES rappresenta, a livello ingegneristico, un sistema complesso entro il quale il controllo dei parametri termodinamici, fluidodinamici e radioprotezionistici diventa essenziale ai fini del mantenimento delle opportune condizioni di processo. In esso troviamo, infatti, non soltanto la camera del target, punto focale dell'intero impianto, ma anche l'ambiente di manipolazione del fascio (costituito dal sistema d'estrazione e dalle sorgenti di ionizzazione) e il primo stadio di accelerazione della linea: alcuni di questi sottosistemi necessitano di particolari condizioni fisiche, quali elevate temperature (camera target) o condizioni di vuoto spinto (camera target, sezione di manipolazione del RIB), nonché opportuni accorgimenti impiantistici (i.e. piattaforme ad alta tensione necessarie al primo stadio di accelerazione).

Grazie all'attuale installazione offline è pertanto possibile effettuare analisi preliminari su alcuni processi e sui fenomeni fisici che caratterizzeranno la futura struttura online, compresa l'identificazione delle problematiche relative agli elevati livelli di radioattività che si produrranno nel funzionamento a regime del Front End online.

Il prototipo attuale non è classificabile come macchina radiogena, in quanto non entrano in gioco fenomeni di natura nucleare (ad esempio, le reazioni di fissione): infatti, l'impianto non è collegato all'acceleratore primario di protoni che fornirà al Front End online il fascio PPB, come visto nel precedente Capitolo. Pertanto, nel progetto definitivo occorrerà tenere in considerazione l'aspetto radioprotezionistico. A tal fine sarà importante effettuare un'accurata selezione

dei materiali costruttivi da utilizzare, preferendo le leghe leggere agli acciai, in quanto le prime presentano una minore attivazione indotta dalle radiazioni. Per quanto riguarda gli strumenti di misura, sarà preferibile optare per componenti che presentano la sezione elettronica situata in posizione remota rispetto al luogo di rilevamento, per evitarne il deterioramento dovuto all'interazione degli stessi col campo di radiazioni.

Trattandosi di un ambiente sottoposto a vincoli di natura radioprotezionistica, sarà inoltre necessario impiegare componenti che non richiedano manutenzioni frequenti (maintenance free). Verrà inoltre applicato il criterio di ridondanza a tutti i componenti più significativi dell'impianto, al fine di aumentarne l'affidabilità complessiva.

Di seguito verranno descritti il controller a logica programmabile che gestisce le operazioni di produzione del vuoto (Vacuum PLC) e gli elementi installati nelle linee di pompaggio (pompe per il vuoto, valvole, strumenti di misura, etc.).

2.7.1 Descrizione dell'impianto

L'impianto per la produzione del vuoto (Vacuum System), realizzato nell'apparato Front End offline nel primo semestre del 2009 e successivamente sottoposto a diverse revisioni, consente il raggiungimento delle condizioni di vuoto operative all'interno del canale di trasporto e della camera contenente il target, propedeutiche all'avviamento dell'intero sistema.

Prima di poter effettuare qualsiasi operazione sui componenti dell'apparato offline (riscaldamento della Camera Target mediante opportuni forni per test ad alta temperatura; alimentazione della piattaforma di alta tensione; etc.) è necessario, infatti, realizzare nel sistema condizioni di alto vuoto, caratterizzate da una pressione dell'ordine dei 10^{-6} mbar. In fase di spegnimento dell'impianto, invece, gli altri sistemi in funzione nel Front End, quali il sistema dell'alta tensione (HV System) e il sistema di riscaldamento (Heating System), dovranno essere disattivati precedentemente all'interruzione delle operazioni del Vacuum System: la non osservanza di tale prassi potrebbe causare gravi danni alla componentistica [4].

L'impianto adibito alla realizzazione del vuoto è costituito dai seguenti elementi:

- due pompe Roots a secco (RP1 e RP2);
- due pompe turbomolecolari con cuscinetti a levitazione magnetica (TP1 e TP2);
- tredici valvole, suddivise fra il canale di trasporto e i rami della linea di pompaggio;
- sei strumenti di misura (di cui quattro utilizzate per le soglie di basso vuoto e le restanti due per le soglie di alto vuoto);
- un PLC, con i rispettivi moduli (Vacuum PLC);
- un monitor di interfaccia “touch screen” (HMI, Human Machine Interface).

L'intera sequenza delle operazioni necessarie a raggiungere il valore di pressione impostato è gestita dal PLC (Programmable Logic Controller), alloggiato nell'apposito quadro (riportato in Figura 2.51).

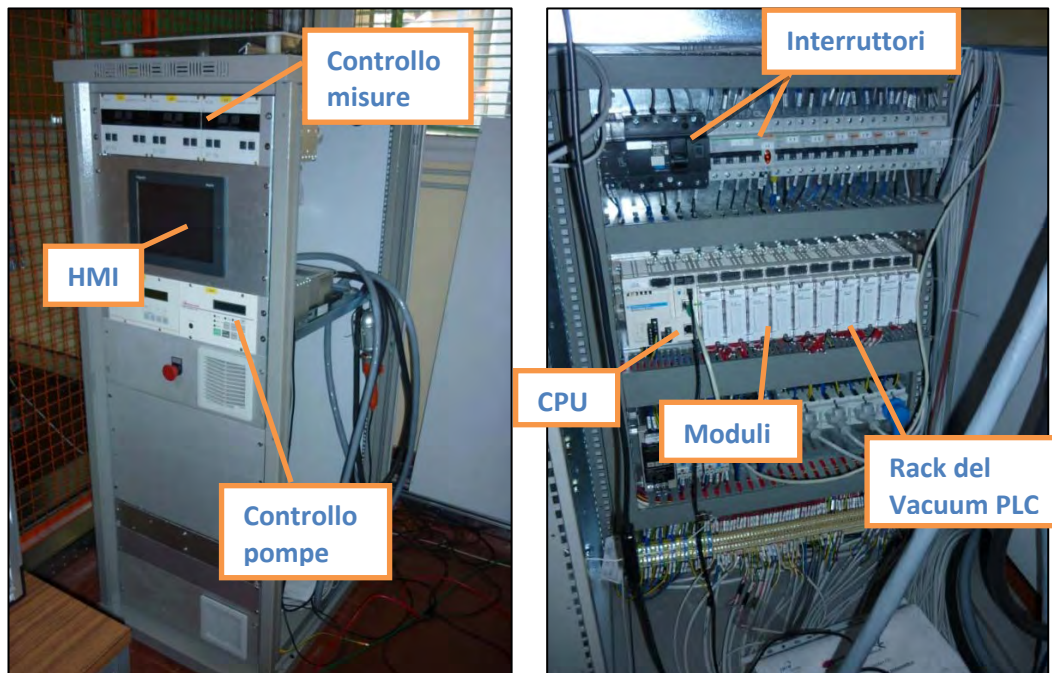


Figura 2.51 - A sinistra la vista del cabinet dove è alloggiato il quadro dell'impianto da vuoto comprensivo di HMI, strumenti di misura e controllo turbopompe; a destra vista interna del quadro dov'è possibile individuare il PLC con rispettivi moduli.

Esso coordinerà, secondo un opportuna sequenza, le valvole e le pompe presenti nella linea a partire dall'elaborazione delle informazioni provenienti dai vari strumenti di misura, in maniera tale da soddisfare le operazioni richieste dall'utente, il quale comunica col controller a logica programmabile tramite l'interfaccia HMI.

La Figura 2.52 rappresenta l'apparato Front End offline, in cui è possibile individuare alcuni dei vari componenti elencati [5].

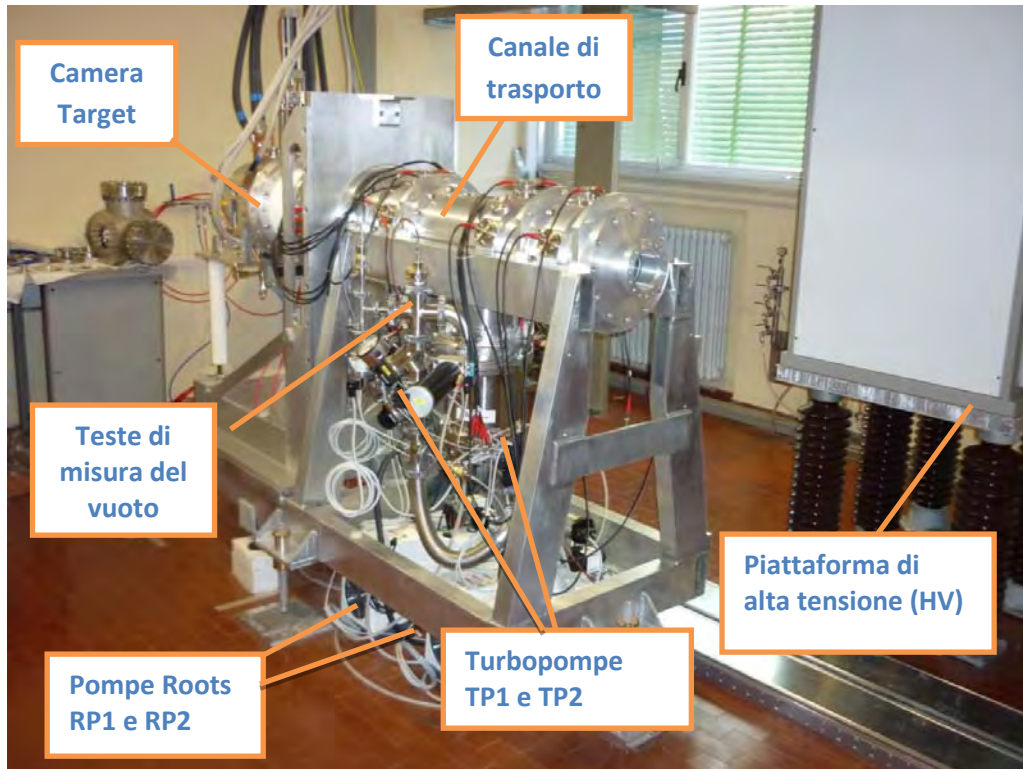


Figura 1.52 Vista completa del prototipo del Front End in esame; sulla parte destra è visibile anche parte della piattaforma di alta tensione.

Nella Figura 2.53 è possibile notare il dettaglio della camera target e del primo tratto del canale di trasporto, sottoposto all'alta tensione, ove avviene la prima fase di accelerazione del fascio non ancora "purificato".

Al fine di evitare il contatto diretto tra le varie parti in tensione, viene interposto un manicotto isolante come rappresentato in figura.

Sono inoltre visibili la turbopompa (TP1) operante nel primo tratto del canale di trasporto del fascio e i relativi collegamenti all'impianto di produzione del vuoto. In Figura 2.54 è rappresentata, invece, la parte centrale del canale di trasporto della facility RIB; è possibile notare sia la turbopompa installata nella seconda linea di compressione (TP2) che il sistema di deflettori elettrostatici utilizzati per la focalizzazione del fascio.

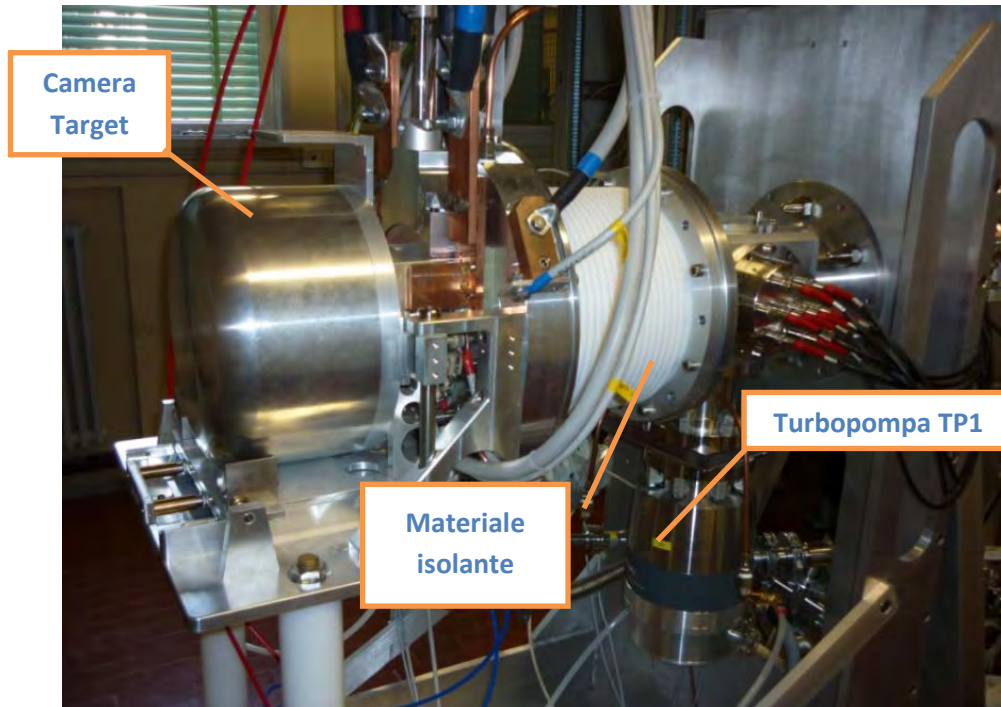


Figura 2.52 Camera target, collegata al primo tratto del canale di trasporto (sottoposto all' HV) in cui avviene la prima fase di accelerazione.

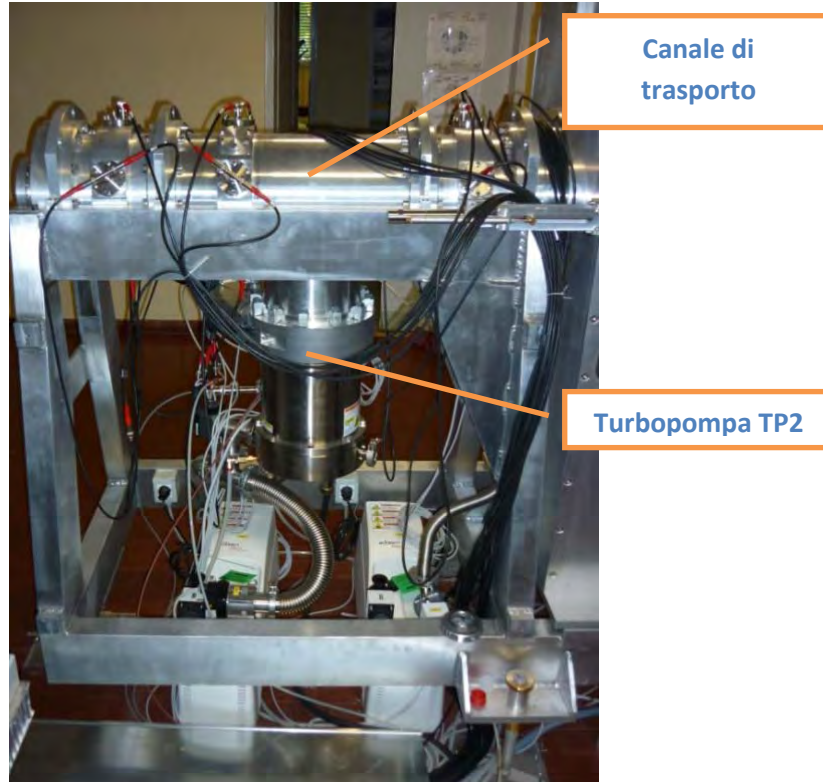


Figura 2.53 Canale di trasporto e turbopompa ad esso connessa.

In Figura 2.55 è rappresentato il pannello di controllo dell'impianto da vuoto, mostrato nel monitor HMI. Quest'ultimo consente all'operatore, grazie alla semplice interfaccia implementata mediante LabView², di inviare al PLC i comandi necessari a gestire l'impianto e di ricevere informazioni operative dallo stesso.

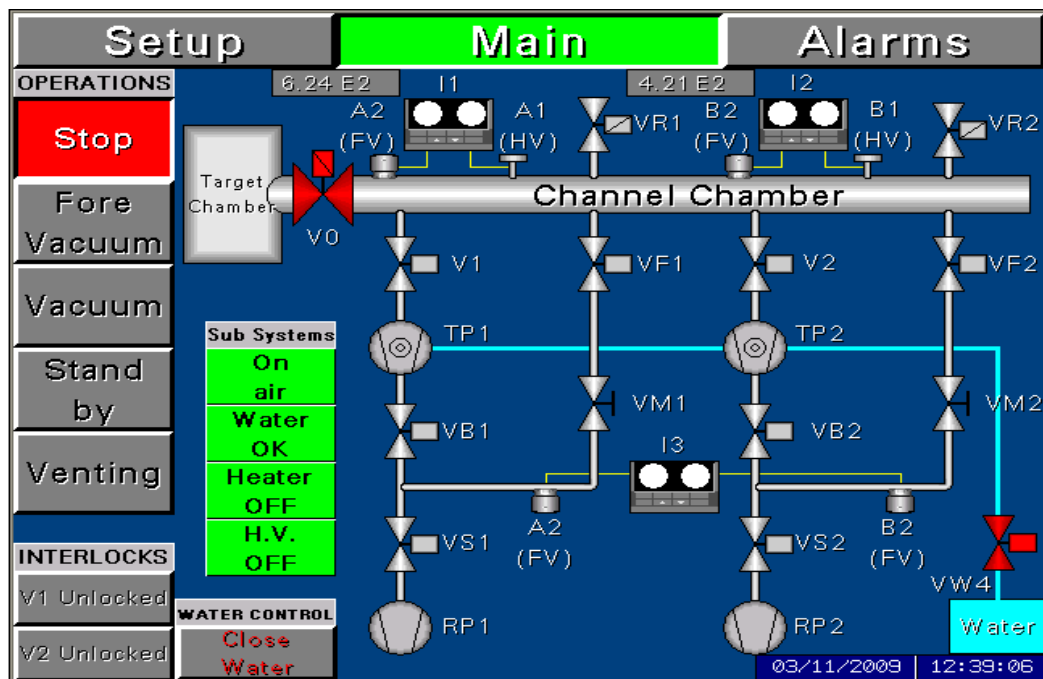


Figura 2.54 Pannello di controllo dell'impianto da vuoto (monitor HMI).

In Figura 2.56 è riportato lo schema a blocchi in cui sono rappresentate le camere da vuoto dell'apparato Front End offline e le relative valvole di isolamento (V0-P, V0-R). La regione denominata "Camera dal Canale Protonico" (I) rappresenta la zona di interfaccia tra l'apparato Front End e il canale PPB: quest'ultimo verrà collegato all'acceleratore di protoni (ciclotrone) soltanto nella configurazione online.

² LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) rappresenta l'ambiente di sviluppo integrato per il linguaggio di programmazione visuale di National Instruments. Esso include collegamenti e icone grafiche per lo sviluppo di un'ampia gamma di sistemi avanzati di controllo, misura e test. [6]

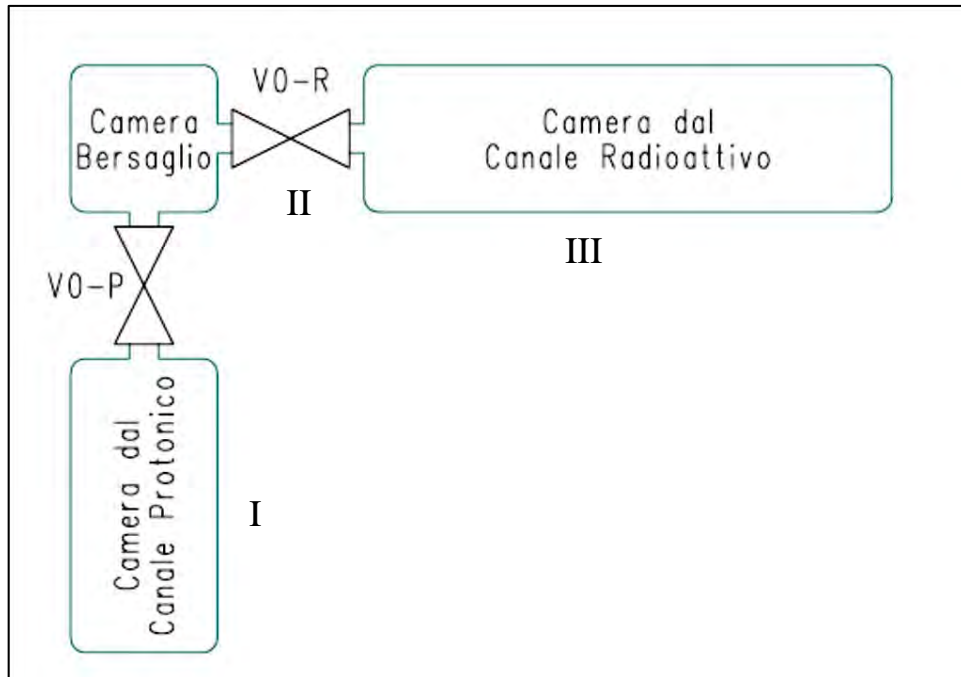


Figura 2.55 Schema delle camere da vuoto del Front End offline.

Lo schema relativo alla “Camera del Canale Radioattivo” (III) è presentato in Figura 2.57 : è possibile identificare due rami, in ciascuno dei quali si trovano installate, in serie, una pompa Roots e una turbopompa (RP1 e TP1; RP2 e TP2). L’operatore può eseguire le operazioni di vuoto grazie all’interfaccia HMI dislocata remotamente, fornendo istruzioni al Vacuum PLC. Quest’ultimo gestisce le procedure di realizzazione del vuoto, comandando gli attuatori elettrici delle valvole e le unità di controllo delle pompe situate nei vari rami del circuito.

Dal momento che le pompe per il vuoto turbomolecolari non possono, per costruzione, operare in condizioni atmosferiche, l’utilizzo delle pompe Roots nell’impianto diventa indispensabile: infatti, queste precedono le turbopompe

nei vari collegamenti in serie di ogni ramo e presentano, alla rispettiva mandata, lo scarico diretto nell'ambiente esterno.

In tal modo, le Roots dovranno essere inizialmente messe in funzione per portare il sistema in condizioni di basso vuoto (con pressioni dell'ordine dei 10-2 mbar); in un secondo momento, sarà così possibile avviare anche le turbopompe, le quali copriranno la restante richiesta di vuoto delle camere alle quali sono collegate.

I sistemi di misura installati nell'impianto sono costituiti da strumenti di rilevazione opportuni; per ognuno di essi è inoltre possibile tarare un determinato valore di soglia, al raggiungimento del quale viene fornito al PLC un segnale in forma digitale.

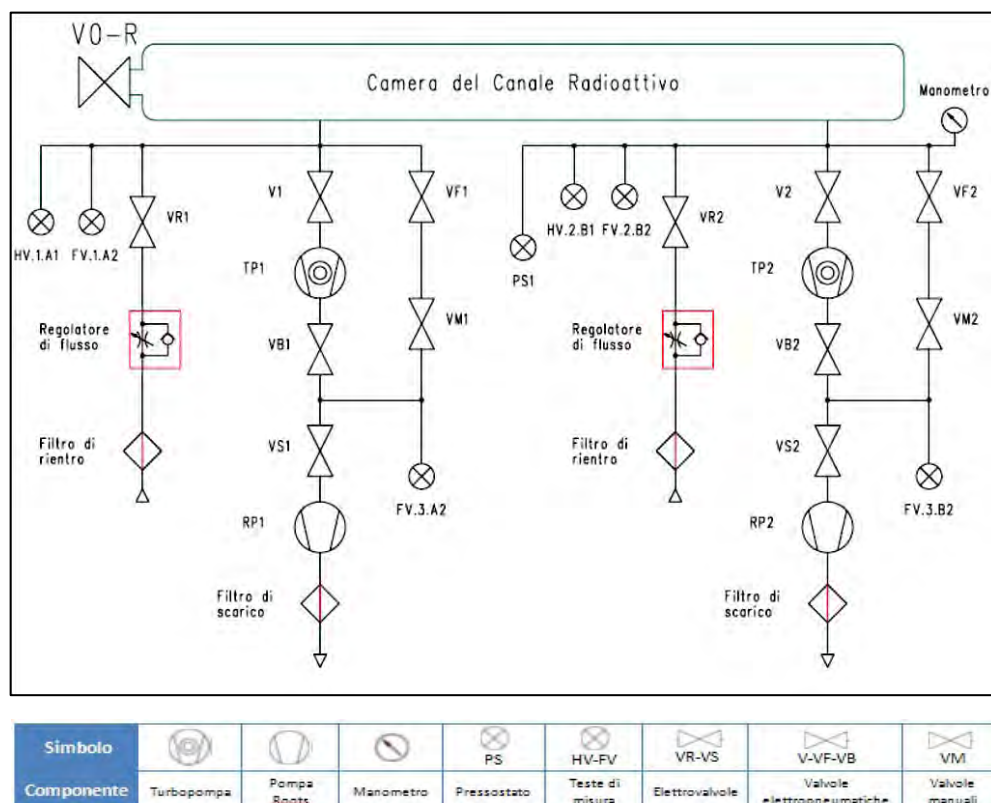


Figura 2.56 Schema dell'impianto per la produzione del vuoto, realizzato nell'apparato Front End offline.

Per misurare il grado di vuoto sono necessari strumenti con sensibilità elevata rispetto al range di vuoto che si vuole controllare.

I vari strumenti di misura, mostrati in Figura 2.57, consentono di monitorare due differenti soglie di vuoto: FV (fore vacuum) e HV (high vacuum). Gli strumenti FV3.A2 e FV3.B2 vengono usati per misurare, nei rispettivi rami, il grado di primo vuoto nella regione a monte della turbopompa. Gli strumenti HV1.A1 e FV1.A2 misurano, rispettivamente, l'alto e il primo vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo (CCR), analogamente agli strumenti HV2.B1 e FV2.B2 (sistema di misura ridondante).

Ognuno dei precedenti strumenti restituirà un output binario al Vacuum PLC, mediante il controller al quale sono collegati (I.1, I.2, I.3): il segnale sarà pari a 1 quando il livello di vuoto misurato è inferiore al valore di soglia con cui viene tarato lo strumento, pari a 0 in caso contrario.

Le tredici valvole riportate nello schema di Figura 2.57 hanno caratteristiche e ruoli differenti all'interno dell'impianto. Al fine di evitare errori potenzialmente pericolosi nelle sequenze di apertura e chiusura, tutte le principali valvole sono comandate elettronicamente [4].

La V0-R, di tipo manuale, è l'unica valvola presente nel canale di trasporto e collega l'ambiente della camera target con la CCR.

Le restanti dodici valvole si suddividono nei diversi rami dell'impianto da vuoto, secondo le seguenti tipologie: 4 elettrovalvole (VR1, VR2, VS1, VS2), 6 valvole elettropneumatiche (V1, V2, VB1, VB2, VF1, VF2) e 2 valvole manuali (VM1, VM2).

Le elettrovalvole di controllo direzionale si suddividono in valvole di rientro (VR) e valvole di scarico (VS) e sono comandate dal Vacuum PLC.

Tra le valvole elettropneumatiche³, invece, le valvole di distribuzione VB1 e VB2 assicurano il collegamento tra le pompe Roots e le turbopompe dei singoli rami, mentre le valvole V1 e V2 permettono di isolare il canale di trasporto quando è richiesto.

Il pressostato (pressure switch) presente nella linea è un particolare tipo di interruttore il quale, una volta settata un'opportuna soglia di pressione, realizza un contatto elettrico non appena la grandezza monitorata (pressione) supera il livello stabilito, comunicandolo al PLC.

Nei rami di "rientro" del circuito troviamo installati, in serie, i seguenti elementi: filtro di rientro, strumento regolatore di flusso ed elettrovalvola di regolazione.

La funzione di tali rami è quella di consentire, una volta effettuato l'arresto dell'impianto del vuoto (con conseguente disattivazione delle pompe e chiusura di tutte le valvole di isolamento), le operazioni di venting all'interno della CCR. È infatti necessario, prima di procedere con eventuali ispezioni o manutenzioni della camera, ripristinare la pressione atmosferica mediante aerazione del circuito, al fine di evitare danneggiamenti alla struttura dovuti al repentino sbalzo di pressione che si avrebbe qualora la camera in condizioni di vuoto spinto fosse collegata direttamente all'ambiente esterno.

³ Con il termine *elettropneumatica* si intendono le tecniche di automazione che presentano il blocco di attuazione di tipo pneumatico e il blocco di comando di tipo elettrico. Quest'ultimo è spesso sostituito dai PLC nella pratica comune.

Grazie ai regolatori di flusso dei rami di rientro è pertanto possibile, una volta aperta la valvola VR1 (o VR2, a seconda del ramo scelto), regolare con continuità il flusso d'aria lungo il ramo di rientro.

Il filtro di rientro è disposto all'ingresso della linea di aerazione allo scopo di evitare l'immissione di particelle di varia natura e dimensioni nella camera del canale: queste infatti, trovandosi in sospensione nell'aria atmosferica aspirata, potrebbero danneggiare alcuni componenti interni in seguito a differenti interazioni.

La filtrazione in uscita è altresì indispensabile al fine di evitare la fuoriuscita di materiale radioattivo durante l'attività di pompaggio di fluido dalla camera del canale all'ambiente del laboratorio.

Occorre inoltre ricordare che un sistema portato in condizioni di vuoto non sarà mai completamente ermetico, a causa di inevitabili perdite dovute alla non idealità delle tenute e a fenomeni di migrazione particellare all'interno della struttura. È ancora necessario che la pressione si mantenga più o meno costante all'interno delle camere interessate, affinché il sistema si trovi ad operare nelle condizioni di progetto. Pertanto, un continuo controllo e make-up della pressione all'interno del sistema è necessario ai fini di un efficace regolazione delle condizioni di vuoto.

Il Vacuum PLC, dunque, consente di razionalizzare le operazioni precedentemente descritte: esso gestisce le informazioni provenienti dai misuratori di vuoto e, coordinando il funzionamento delle pompe e delle valvole, permette in un primo momento il raggiungimento del valore teorico di vuoto

desiderato, per poi mantenerlo successivamente pressoché costante nel tempo secondo le modalità che verranno illustrate di seguito.

Nella prassi della tecnologia del vuoto, infatti, il PLC che regola la produzione del vuoto nell'impianto realizza un ciclo di isteresi, mediante l'impostazione di un opportuno parametro differenziale della grandezza monitorata (pressione di processo). Tale parametro è rappresentato dalla differenza di pressione rispetto al valore richiesto dall'applicazione, che non deve essere superata durante l'esercizio dell'impianto [7].

In Figura 2.58 è riportato un esempio di regolazione del grado di vuoto (con riferimento ad un'unica pompa) alla luce del parametro di isteresi appena descritto; sull'asse delle ascisse del grafico è rappresentata la variabile temporale t , mentre sull'asse delle ordinate la pressione, p , misurabile al variare del tempo all'interno della camera interessata.

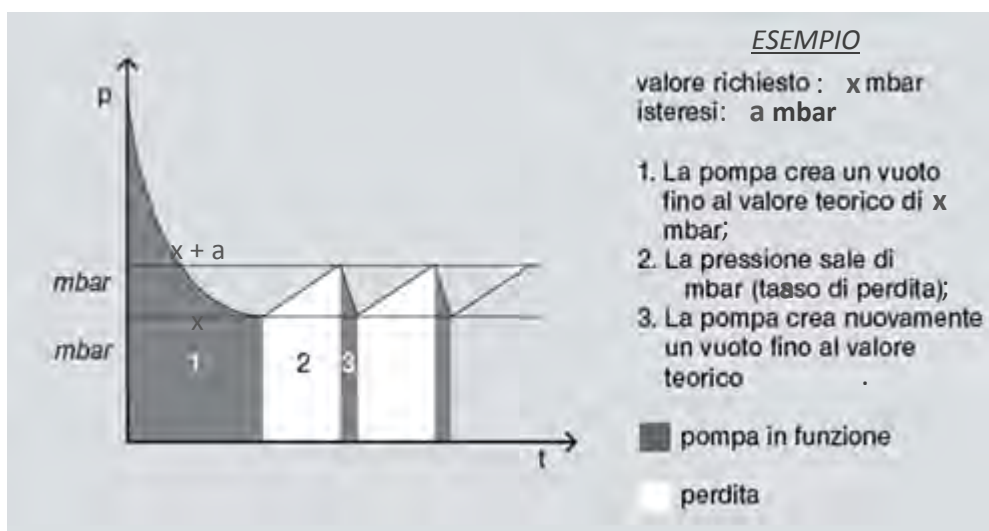


Figura 2.57 Esempio del processo di isteresi nella gestione delle operazioni di produzione del vuoto da parte del PLC.

Nella regione 1, la pompa genera il vuoto nel sistema fino a raggiungere il valore richiesto (x) dal PLC: successivamente, il controller chiude la valvola di scarico e disattiva la pompa. Nella regione 2, a causa delle perdite dovute alla porosità dei materiali e alle imperfezioni nei collegamenti, la pressione nell'ambiente controllato aumenta lentamente fino a raggiungere il valore soglia di isteresi (a): in tale istante, il PLC apre nuovamente la valvola e riavvia la pompa, riportando così la pressione del sistema al valore nominale (regione 3). L'impostazione del valore di isteresi dipende dal tipo di impianto e dall'ambiente da trattare: qualora questo esiga un vuoto definito con precisione, è necessario impostare un valore di isteresi molto basso. I valori tipici dell'isteresi in applicazioni da vuoto si aggirano intorno al 10% del valore nominale.

Descrizione delle operazioni consentite dall'impianto da vuoto

Come già accennato, il Vacuum PLC è interfacciato, tramite collegamento seriale, con il monitor HMI, attraverso il quale è possibile selezionare, scegliendo tra le varie task disponibili, tutte le operazioni eseguibili dall'impianto e verificarne lo stato in tempo reale. Il monitor è collegato a sua volta al network dell'impianto SPES, con protocollo EPICS⁴, per permettere ai tecnici la visualizzazione remota delle schermate HMI su PC.

⁴ Il linguaggio di programmazione EPICS (*Experimental Physics and Industrial Control System*) consente di realizzare un software di comunicazione ben strutturato e indipendente dall'hardware, che consenta l'unificazione sotto un unico protocollo di tutti i sottosistemi di un impianto. Esso offre inoltre la possibilità di accedere al valore di una variabile di processo (i.e. temperatura, pressione, etc.), acquisita in un qualunque sottosistema, attraverso una semplice "chiamata per nome". [2]

Attraverso la finestra Main (Figura 5) l'operatore può scegliere tra le seguenti sequenze operative:

- Arresto delle operazioni (*Stop Operation*)
- Operazione di vuoto preliminare (*Fore Vacuum Operation*)
- Operazione di vuoto (*Vacuum Operation*)
- Stand-by del sistema (*Stand by Operation*)
- Operazione di aerazione (*Venting Operation*)

Dopo la selezione, il PLC comanderà la sequenza d'esecuzione in base all'input dell'operatore. Ovviamente, non è consentita l'esecuzione di più operazioni contemporaneamente.

In Figura 2.59 è illustrata la schermata Setup del monitor HMI. Attraverso tale finestra, l'operatore può impostare le modalità di esecuzione delle operazioni di vuoto, scegliendo quali pompe utilizzare per completare l'obiettivo e selezionando gli strumenti di misura con i quali effettuare le rilevazioni di pressione.

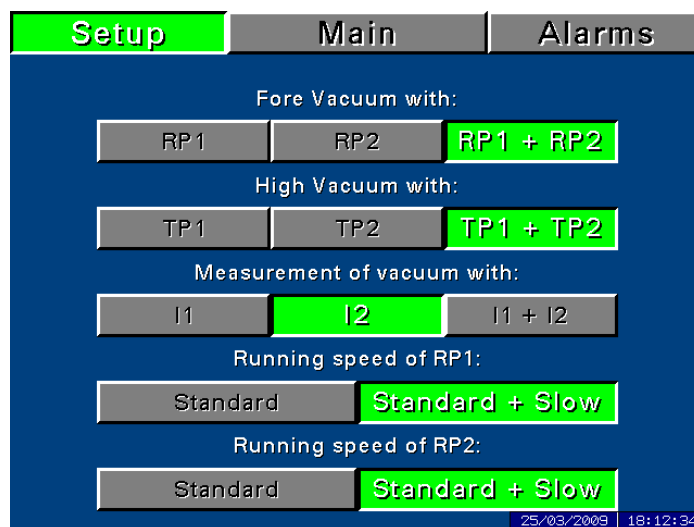


Figura 2.58 - Gestione dell'impianto di produzione del vuoto tramite monitor HMI: task Setup.

Le scelte effettuate nella finestra Setup influenzano tutte le sequenze delle operazioni all'interno dell'impianto da vuoto. Ad esempio, nelle operazioni di vuoto preliminare l'uso delle valvole VF1 e VF2 è vincolato dalle pompe Roots (RP1 e RP2) ad esse relazionate. Allo stesso modo, nella realizzazione dell'alto vuoto la scelta della TP1 o della TP2 influenzerà l'utilizzo di elementi dell'impianto quali le valvole VF, VB e V (selezionando TP1, solo le valvole VF1, VB1 e V1 verranno aperte; selezionando entrambe le turbopompe, invece, entreranno in gioco le valvole VF1, VF2, VB1, VB2, V1, V2).

Nella realizzazione del primo vuoto è consentito l'uso delle sole pompe Roots. Per tali macchine è inoltre possibile settare due regimi di rotazione tramite il Vacuum PLC: standard running e slow running. L'opzione slow running permette, una volta mantenuto per un certo tempo nella CCR il valore di vuoto desiderato, di ridurre ad un terzo la velocità di rotazione degli organi rotorici della pompa, limitando in tal modo la loro rumorosità e aumentando allo stesso tempo la vita meccanica dell'apparecchio.

Vengono in seguito riportati i vari steps di funzionamento attraverso i quali procedono le differenti operazioni sul sistema [4]:

- Arresto delle operazioni (Stop Operation): operazione di arresto dell'impianto. In base allo stadio operativo raggiunto, il PLC comanda lo spegnimento delle pompe attive e la chiusura delle valvole, secondo una opportuna sequenza:
 1. Chiusura delle valvole V1, VF1, V2, VF2, VR1, VR2;
 2. Dopo 30 secondi: arresto delle turbopompe TP1 e TP2;

3. Dopo 10 secondi: chiusura delle valvole VB1 e VB2;
 4. Dopo 30 secondi: arresto delle Roots RP1 e RP2 e consequenziale chiusura delle valvole VS1 e VS2;
 5. Fine delle operazioni (tutte le valvole sono chiuse e le pompe non sono in funzione).
- Operazione di primo vuoto (Fore Vacuum Operation): operazione di primo vuoto, selezionabile sia all'avvio del sistema sia durante il funzionamento in modalità Vacuum. Se selezionata all'avvio dell'impianto, questa procedura controlla l'alimentazione delle pompe Roots (RP1 e RP2) e attiva l'apertura delle valvole VF e VS. Il raggiungimento delle soglie impostate è segnalato all'operatore tramite le spie presenti nel monitor HMI. In questa modalità, i rami delle turbopompe compresi fra le valvole V e VB non vengono utilizzati. Se la modalità viene selezionata quando è già stata raggiunta la soglia di alto vuoto, il PLC provvede ad isolare i rami delle turbopompe, che verranno disalimentate, e a mantenere in funzione le sole pompe Roots. Le operazioni di primo vuoto possono essere condotte da una sola pompa (RP1 o RP2) o da entrambe (RP1 e RP2), in base alle selezioni effettuate nel menù Setup. Gli eventi si susseguono come riportato di seguito:
1. Dopo un ritardo di 20 secondi dalla selezione dell'operazione si ha l'avvio di RP1 e/o RP2 alla velocità standard, di conseguenza verranno aperte le valvole VS1 e/o VS2;

2. Dopo che la soglia di vuoto settata per lo strumento di misura selezionato (FV3.A2 e/o FV3.B2) è mantenuta per 90 secondi si ha l'apertura delle valvole VF1 e/o VF2;
 3. Alla fine delle operazioni, il primo vuoto è stato realizzato nella zona di collegamento tra le rotative e le turbopompe (10-2 mbar); se richiesto, sarà pertanto possibile avviare le turbopompe per le operazioni di alto vuoto.
- Operazione di vuoto (Vacuum Operation): operazione di alto vuoto, selezionabile sia all'avvio del sistema che durante il funzionamento in modalità Fore Vacuum. Se l'impianto viene avviato con le soglie di primo vuoto non ancora raggiunte, viene inizializzata automaticamente l'operazione di primo vuoto e soltanto in seguito verranno alimentate le turbopompe e controllate le elettrovalvole V e VB. Il grado di vuoto raggiunto nella CCR è dell'ordine dei 10⁻⁷ mbar. Il raggiungimento delle soglie di alto vuoto è segnalato tramite spie presenti nel monitor HMI. Se la modalità viene invece selezionata con il canale di trasporto già in condizioni di primo vuoto, il PLC provvede a gestire direttamente i rami delle turbopompe con le rispettive elettrovalvole. Anche in tali circostanze, le operazioni di alto vuoto potranno essere condotte sia da una singola turbopompa (TP1 o TP2) che da entrambe (TP1 e TP2), in funzione dalla scelta effettuata in partenza; conseguentemente, entreranno in gioco soltanto gli elementi circuitali appartenenti ai rami in funzione. La sequenza delle operazioni è riportata di seguito:

1. Avvio delle Roots RP1 e/o RP2, a velocità standard, e consequenziale apertura delle valvole VS1 e/o VS2;
2. Se il primo vuoto nella CCR (misurato dai componenti FV1.A2 e/o FV2.B2) non era stato raggiunto, si ha l'apertura delle valvole VF1 e/o VF2 non appena la soglia di primo vuoto impostata sui componenti FV3.A2 e/o FV3.B2 è mantenuta per 90 secondi;
3. Dopo il mantenimento per 90 secondi del valore di primo vuoto nella CCR sulla base delle letture di FV1.A2 e/o FV2.B2, si ha l'apertura delle valvole VB1 e/o VB2;
4. Dopo che tutti i componenti di misura FV presenti nell'impianto hanno rilevato il mantenimento, per 90 secondi, di un grado di vuoto superiore al valore di soglia impostato nello strumento, si ha la chiusura delle valvole VF1 e/o VF2 e l'avviamento delle turbopompe TP1 e/o TP2;
5. Dopo il raggiungimento delle velocità nominali nelle turbopompe selezionate si ha l'apertura delle valvole V1 e/o V2;
6. Se gli strumenti di misura FV dei due rami (FV.3.A2 e/o FV.3.B2) dovessero ritornare valori di primo vuoto inferiori al livello di soglia per più di 5 minuti, si ha la chiusura delle valvole V. Le procedure ripartono dallo step n°5;
7. Se gli strumenti di misura FV della camera (FV1.A2 e/o FV2.B2) dovessero ritornare valori di primo vuoto inferiori al valore di soglia per più di 2 secondi, si ha invece la chiusura delle valvole V,

l'arresto delle turbopompe funzionanti e la chiusura delle valvole VB1 e/o VB2. Le procedure ripartono dallo step n°2;

8. Quando gli strumenti di misura FV della camera ritornano valori di vuoto preliminare superiori alla soglia stabilita per più di 15 minuti, vengono impostate le pompe Roots in funzione in modalità slow running (se tale operazione è stata in precedenza consentita nel menù Setup); successivamente, se il vuoto all'interno della camera dovesse scendere al di sotto della soglia per più di 1 minuto, si ripristina la modalità standard running delle pompe Roots;
9. Fine delle operazioni.

- Stand-by del sistema (Stand by Operation): selezionando tale operazione, le valvole di accesso al canale di trasporto vengono chiuse per mantenere il livello di vuoto raggiunto; lo stato di funzionamento delle pompe Roots e delle turbopompe rimane invece inalterato.
- In questo caso, si ha la chiusura delle valvole V, VF e VR nei rami precedentemente attivi e il sistema rimarrà in stand-by fino al successivo comando fornito nel menù Main.
- Operazione di aerazione (Venting Operation): operazione tramite la quale è possibile ripristinare, all'interno della CCR, condizioni di pressione pari a quelle dell'ambiente esterno. Durante l'operazione di venting le

turbopompe vengono isolate dal resto del circuito per evitarne il danneggiamento. La sequenza è riportata di seguito:

1. Chiusura delle valvole V e VF dei rami precedentemente attivi;
2. Apertura delle valvole di rientro VR (VR1 e/o VR2);
3. Fine delle operazioni (le valvole di rientro rimarranno aperte fino a quando non verrà selezionata una differente operazione).

Le operazioni di apertura e di chiusura di tutte le valvole dell'impianto sono caratterizzate da un ritardo temporale di 10 secondi: se al PLC non pervengono gli input di ritorno dalle valvole entro tale intervallo di tempo (segnale di chiusura/apertura), il sistema provvederà ad avvisare l'operatore dell'assenza di comunicazione tra controller e componente tramite un allarme nel monitor HMI (in ogni caso, l'operazione verrà ugualmente effettuata). Nel caso delle pompe, sono previsti un ritardo d'avviamento di 20 secondi e un ritardo nell'arresto di 30 secondi a partire dall'input fornito dall'operatore.

Il Vacuum PLC, oltre a coordinare le operazioni sopra descritte, gestisce anche il sistema di raffreddamento dei componenti TP1 e TP2. Le due turbopompe, infatti, sono dotate di un cooling system alimentato ad acqua: esso è costituito da una valvola di regolazione (VW1) e da tubature che trasportano il fluido refrigerante fino a lambire le carcasse delle pompe, in modo tale da assorbire la potenza termica in esse dissipata a causa degli attriti meccanici nella sezione rotorica. Un adeguato asporto di calore dalle turbopompe è indispensabile ai fini del loro corretto funzionamento. Prima di avviare le operazioni di vuoto (ovvero, prima che le turbopompe entrino in gioco) sarà

pertanto necessario selezionare, dalla finestra Main del monitor HMI, il comando relativo all'apertura della valvola VW1 (Open Water): l'acqua fluirà attraverso il circuito di refrigerazione e verranno disattivati gli interlocks che impedivano l'azionamento delle due turbopompe.

In Appendice A.3 sono riportati gli schemi elettrici e pneumatici completi dell'impianto da vuoto dell'apparato Front End offline.

2.7.2 Introduzione alle tipologie di pompe per il vuoto

Una pompa per il vuoto può essere descritta come una macchina operatrice⁵ che aspira gas da un ambiente a bassa pressione (ambiente d'aspirazione), comprimendolo fino ad un livello di pressione maggiore ed espellendolo successivamente all'uscita (ambiente di mandata).

In buona sostanza, una pompa per il vuoto è analoga, in termini di funzionamento, ad un compressore, in quanto essa porta un fluido in fase gassosa da una pressione più bassa ad una più alta. La differenza nella terminologia utilizzata risiede nel fatto che mentre un compressore lavora a pressione di aspirazione costante, la pompa per il vuoto invece lavora a pressione di aspirazione variabile (in particolare, decrescente) e a pressione di mandata costante (generalmente, 1 atmosfera).

⁵ Nell'ambito delle Macchine, si definisce *operatrice* una macchina che compie lavoro sul fluido trattato tramite i propri organi in movimento; allo stesso tempo, si definisce *motrice* una macchina che sfrutta il lavoro compiuto dal fluido sugli organi mobili della stessa.

I diversi tipi di pompe per il vuoto coprono differenti intervalli di pressione (Tabella 2.1). In particolare, le pompe Roots a secco sono adatte alla produzione di un livello di vuoto medio/basso (10^{-4} mbar), mentre le pompe turbomolecolari consentono invece il raggiungimento delle condizioni di alto vuoto (fino a $10^{-8} \div 10^{-10}$ mbar) dietro opportune configurazioni⁶ [8].

Ogni tipo di pompa è caratterizzato dal valore della portata volumetrica Q (indicata anche con il nome di velocità di pompaggio) e mediante il valore della minima pressione raggiunta (pressione limite), che caratterizza il grado di vuoto raggiungibile mediante tale tecnologia.

Tipologia di pompa per il vuoto	Grado di vuoto ottenibile (mbar)
Pompa rotativa ad olio monostadio	10^{-2}
Pompa Roots a secco	10^{-4}
Pompa turbomolecolare	$10^{-8} \div 10^{-10}$
Pompa a diffusione	10^{-10}
Pompa a diaframma	10^{-1}
Pompa ad anello liquido	≈ 40
Criopompa	10^{-9}

Tabella 2.1 Massimo grado di vuoto ottenibile mediante alcune tipologie di pompe.

In base alle modalità di rilascio del gas, le pompe per il vuoto vengono suddivise in:

⁶ **Classificazione del vuoto**

1. Pressione ridotta: >130 mbar, per operazioni che non richiedono né grandi portate, né un grado di vuoto controllato;
2. Basso vuoto (LV, *low vacuum*): vuoto industriale o grossolano, nell'intervallo di pressione da 130 a 13 mbar;
3. Medio vuoto (IV, *intermediate vacuum*): vuoto moderato, dai 13 ai 10^{-1} mbar;
4. Vuoto fine (FV, *fore vacuum*): da 10^{-1} a 10^{-4} mbar;
5. Alto vuoto (HV, *high vacuum*): condizioni di vuoto spinto, dai 10^{-4} a 10^{-8} mbar;
6. Ultra vuoto (UHV, *ultra-high vacuum*): grado supremo di vuoto, nell'intervallo $10^{-8} \div 10^{-12}$ mbar.

1. pompe *primarie* (a deflusso diretto), le quali scaricano direttamente all'esterno il gas estratto dalla camera da evacuare; appartengono a tale categoria le pompe destinate a produrre gradi di vuoto basso, medio e fine;
2. pompe *secondarie* (a deflusso indiretto), le quali necessitano che il loro condotto di efflusso comunichi con un ambiente a pressione inferiore a quella atmosferica. Comprendono le pompe per alto vuoto e ultra vuoto, che devono pertanto essere collegate in serie ad una pompa primaria (pompa preparatoria), la quale provveda a ridurre previamente il grado di vuoto nel sistema o a scaricare all'esterno il gas estratto dall'ambiente da evacuare.

In genere le pompe per il vuoto hanno una velocità di pompaggio costante in un certo intervallo di valori: tale velocità diminuisce fino ad annullarsi al di fuori dell'intervallo di funzionamento (curve caratteristiche delle singole pompe).

Le macchine che funzionano in regime viscoso sono fisicamente molto diverse da quelle che funzionano in regime molecolare. Di conseguenza, per raggiungere un alto grado di vuoto (all'interno del quale le dinamiche di processo seguono un modello molecolare, piuttosto che il regime viscoso che caratterizza condizioni atmosferiche standard) bisogna necessariamente installare in cascata pompe per il vuoto che operino seguendo principi fisici differenti.

Il tipico sistema di produzione di alto vuoto è infatti costituito, in condizioni di regime, da una pompa primaria (i.e. Roots, pompa a membrana, etc.) che sia in grado di operare tra la pressione atmosferica e il limite inferiore di funzionamento della successiva pompa (in genere, dove termina il regime viscoso) e da una pompa secondaria (generalmente, una pompa

turbomolecolare), connessa direttamente alla camera in cui occorre realizzare il vuoto, il cui ambiente di mandata corrisponda all'ambiente di aspirazione della pompa primaria.

Ben diverso è il regime transitorio, in cui necessariamente la camera da vuoto deve essere portata preliminarmente sotto vuoto da un pompa primaria (non necessariamente la stessa in serie alla pompa di alto vuoto) prima di poterla collegare al sistema di alto vuoto una volta raggiunto il limite del vuoto viscoso.

Pompe per il vuoto Roots

Le pompe Roots⁷ appartengono alla categoria delle pompe per il vuoto rotative multistadio con camere di pompaggio a secco (dry roughing pumps). Tale tipologia di macchine prevede un determinato numero di coppie di rotori ingrananti tra loro, montati su alberi paralleli comuni: le coppie vengono mantenute in una corretta relazione di fase mediante opportuni organi di distribuzione applicati ad un'estremità degli alberi di trasmissione e il meccanismo è governato da motori ermetici con comandi elettronici.

In particolare, il funzionamento delle pompe Roots si basa sul trascinamento del gas attraverso una coppia di lobi rotanti, i quali lavorano in maniera simile a degli ingranaggi accoppiati tra loro (Figura 2.60).

⁷ Dal termine inglese *roots*, "ingranaggi".



Figura 2.59 - Modello di una pompa per il vuoto Roots generica, caratterizzato dalla camera dello statore e dalla coppia di lobi rotanti.

Tali pompe sono composte essenzialmente da una camera ovale in cui è alloggiata la coppia di lobi, costituiti da due rotori affiancati a forma di “otto” i quali vengono sfasati tra loro di 90° . I due lobi ruotano in direzioni opposte senza mai entrare in contatto tra loro e con la parete dello statore. Grazie allo spostamento dei rotori all’interno della camera statorica, le luci di ingresso e di uscita del gas vengono alternatamente oscurate, permettendo la realizzazione del ciclo. Il gas, infatti, viene inizialmente aspirato all’ingresso della cavità non appena il movimento dei lobi mette in comunicazione la camera della pompa con l’ambiente di aspirazione (costituito dalla camera in cui occorre realizzare il vuoto): tale fase procede fino a quando tale collegamento viene interrotto, con il conseguente isolamento del volume di gas aspirato. Successivamente, la marcia della coppia di lobi rotanti consentirà l’apertura del collegamento tra la camera e l’ambiente di mandata: in tal modo, il gas viene portato alla pressione finale (pari

alla pressione atmosferica, qualora l'ambiente di mandata corrisponda all'esterno della camera da vuoto) e scaricato per riflusso. I movimenti degli organi rotorici vengono comandati da un dispositivo esterno che ne coordina la rotazione sincronizzata.

Le pompe per il vuoto Roots non necessitano la lubrificazione tra organi rotorici e statore: tale vantaggio è fondamentale per applicazioni in cui ogni tipo di contaminazione dei gas risulta indesiderata, necessitando pertanto di un sistema di pompaggio a secco.

Per evitare gli attriti tra lobi e statore, infatti, i componenti rotorici vengono realizzati in modo tale da non poter entrare in contatto né tra loro né con la parete interna della camera: in fase di progettazione è necessario mantenere tolleranze inferiori a 0.1 mm.

Tali interstizi tra rotor e statore costituiscono il motivo principale della scarsa tenuta di tale tipologia di macchina: questo svantaggio, infatti, non consente alle pompe Roots il raggiungimento di elevate differenze di pressione con una grande portata da elaborare.

Il massimo grado di vuoto raggiungibile mediante tale tecnologia è dell'ordine dei 10^{-4} mbar. Le caratteristiche peculiari di questa pompa (ovvero, la completa assenza di olio di lubrificazione e la riduzione al minimo degli attriti tra le parti meccaniche in rotazione) ne raccomandano l'utilizzo come prepompa⁸ in sistemi per la realizzazione di vuoto spinto in ambienti particolari.

⁸ Con il termine *prepompe* si intendono, nella tecnologia del vuoto, tutte quelle pompe che consentano di raggiungere un grado di vuoto preliminare nella camera (pompe secondarie).

Pompe per il vuoto turbomolecolari (convenzionali e ibride)

Le pompe per il vuoto turbomolecolari appartengono alla categoria delle turbomacchine operatrici. Con tale definizione si intendono tutte quelle tipologie di macchine costituite da almeno una palettatura rotante (girante) interessata dal flusso di gas e da un'unità fissa (diffusore): le forze che si generano tra il fluido e la palettatura danno luogo allo scambio di lavoro tra macchina e fluido stesso.

Nelle pompe turbomolecolari convenzionali, la compressione del gas da evacuare dalla camera da vuoto è assicurata da rotori cilindrici alettati con palette opportunamente disposte, i quali ruotano ad alta velocità entro statori cilindrici coassiali lungo la cui parete interna si trovano saldate ulteriori palette a piani sovrapposti. L'alettatura rotorica e quella statorica si alternano con inclinazione opposta, come mostrato in Figura 2.61.

L'azione pompante è basata sul trasferimento della quantità di moto dalla superficie delle palette rotoriche alle molecole del gas, col risultato d'aumentare la componente della loro velocità nella direzione del moto della ventola; successivamente, la palettatura statorica ha il compito di trasformare l'energia cinetica delle molecole del gas in uscita dalla girante in salto entalpico, provocando un aumento di pressione macroscopico nel fluido. In tal modo, il lavoro compiuto dall'esterno sull'albero del rotore (tramite un motore direttamente collegato ad esso) viene trasferito al fluido sotto forma di lavoro di compressione.



Figura 2.10 - Esempio di pompa per il vuoto turbomolecolare convenzionale, di tipo assiale.

Le pompe turbomolecolari convenzionali (assiali o centrifughe) presentano un'elevata velocità di pompaggio⁹, con l'inconveniente tuttavia di manifestare un basso rapporto di compressione (β) quando operano con un grado di vuoto iniziale maggiore di 10-1 mbar. Per tal motivo, esse vengono usualmente poste in serie, nelle linee di pompaggio, a una pompa secondaria la cui alimentazione è direttamente collegata all'ambiente di mandata della turbopompa, in modo tale che la pompa preparatoria realizzi preliminarmente un grado di vuoto che consenta alla pompa turbomolecolare ad essa collegata di lavorare in un range di pressioni favorevoli.

⁹ La velocità di pompaggio nelle pompe turbomolecolari dipende dal peso molecolare del gas: poiché l'energia cinetica (proporzionale alla velocità di trasferimento delle molecole, indi all'efficienza di pompaggio) è funzione della massa delle molecole del gas, la pompa turbomolecolare costituisce una *pompa di frazionamento*, dal momento che essa estrae più efficacemente le molecole più pesanti rispetto a quelle più leggere.

I sistemi ibridi (intermedi tra le turbomolecolari convenzionali e le pompe molecolari a trascinamento) rappresentano la tipologia più avanzata di pompe turbomolecolari per il vuoto. Tale tipologia di turbopompa per il vuoto combina l'alta velocità di pompaggio della pompa turbomolecolare a palette con l'alto rapporto di compressione delle pompe molecolari a trascinamento, col conseguente risultato di un aumento, a parità di dimensioni della macchina, del β anche per i gas a basso peso molecolare.

Nel sistema a doppio stadio, il gas è trasferito dal flusso assiale dei piani turbomolecolari al primo piano di trascinamento: all'inizio, il tipo di trascinamento è simile a quello di una pompa a flusso molecolare, mentre negli ultimi piani di trascinamento, fino all'uscita dalla macchina, è caratteristico di una pompa a flusso continuo.

Alcuni modelli di pompa turbomolecolare ibrida, come quelle installate nell'impianto di produzione del vuoto del Front End offline, vengono definiti "a levitazione magnetica" (maglev) in quanto provvisti di particolari cuscinetti magnetici che eliminano qualsiasi contatto tra il rotore e il resto della pompa (magnetic bearings). In questi modelli (Figura 2.62), l'asse di rotazione del rotore della pompa viene sospeso grazie all'uso di tali dispositivi, il cui campo magnetico indotto consente al rotore di rimanere sul suo asse lasciandogli completa libertà di rotazione. La posizione precisa del sistema del rotore è controllata da sensori radiali e assiali, che modulano i campi magnetici entro l'intervallo operativo ottimale.

L'uso dei cuscinetti a levitazione magnetica assicura ridotte vibrazioni alla struttura della pompa e un consistente aumento dell'affidabilità della macchina. Limitando gli attriti tra gli organi in movimento ed eliminando allo stesso tempo la necessità di lubrificare i normali cuscinetti utilizzati abitualmente nella pratica, vengono ridotte al minimo anche le manutenzioni da effettuare sulla macchina (le quali erano invece frequenti nelle turbopompe munite di cuscinetti a sfera).

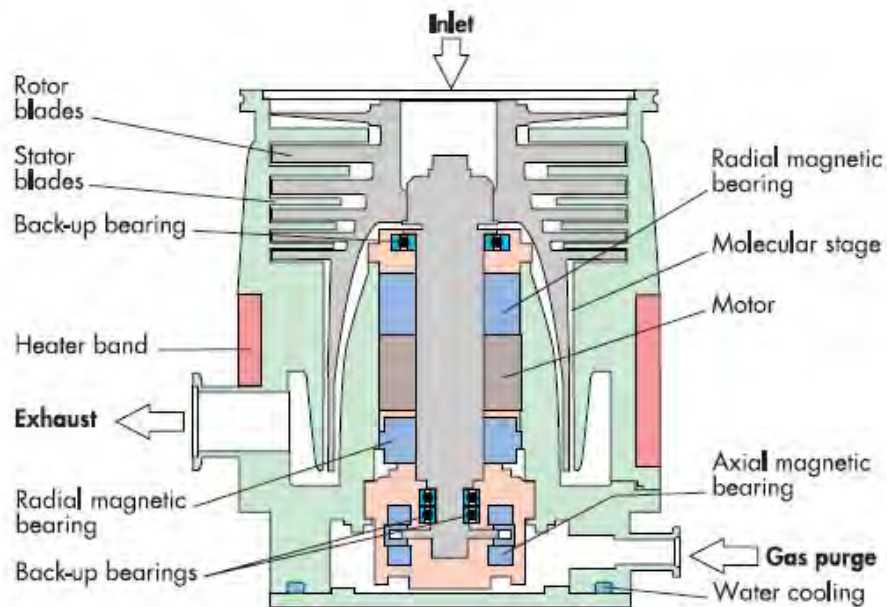


Figura 2.11 - Sezione trasversale di una tipica pompa per il vuoto turbomolecolare ibrida (a levitazione magnetica), prodotta dalla Adixen.

Tale soluzione di pompa per il vuoto risulta pertanto vantaggiosa per applicazioni d'alto vuoto in cui è necessario assicurare l'assoluta assenza di agenti inquinanti nella camera ove il vuoto viene realizzato.


2.7.3 Descrizione delle pompe per il vuoto installate nell'impianto

Nella seguente tabella (Tabella 2.2), vengono elencati i modelli di pompa per il vuoto utilizzati nell'impianto SPES.

SIGLA	MODELLO	TIPOLOGIA POMPA
RP1	Adixen ACP28 dry frictionless pump	Roots multistadio a secco
RP2	Adixen ACP28 dry frictionless pump	Roots multistadio a secco
TP1	Adixen maglev turbomolecular ATH400M	Turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica
TP2	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C	Turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica

Tabella 2.2 Elenco delle pompe per il vuoto installate nell'impianto di produzione del vuoto del Front End offline.

Adixen ACP28 dry frictionless pump [9]

	
Massima velocità di pompaggio	27 m ³ /h
Massimo grado di vuoto raggiungibile	3·10 ⁻² mbar
Massima pressione raggiungibile alla mandata	1,2 bar
Note	<ul style="list-style-type: none"> • Funzionamento a secco • Assenza di particolato allo scarico • Refrigerazione con aria • Alta affidabilità e basso costo di manutenzione • Vibrazioni e ingombro contenuti

Adixen maglev turbomolecular ATH400M [9]

	
Massima velocità di rotazione	39000 rpm
Massimo grado di vuoto raggiungibile	$8 \cdot 10^{-9}$ mbar
Massima velocità di pompaggio	$N_2: 410$ l/s – $He: 360$ l/s – $H_2: 230$ l/s
Massimo rapporto di compressione	$N_2: 10^7$ – $He: 10^3$ – $H_2: 10^2$
Note	<ul style="list-style-type: none"> • Cuscinetti a levitazione magnetica • Funzionamento a secco • Assenza di particolato allo scarico • Refrigerazione ad acqua • Assenza di batterie • Alta affidabilità e basso costo di manutenzione • Unità di controllo piazzata a 10 metri dalla pompa

Edwards maglev turbomolecular STPA1303C [10]

	
Massima velocità di rotazione	32500 rpm
Massimo grado di vuoto raggiungibile	$8 \cdot 10^{-9}$ mbar
Massima velocità di pompaggio	$N_2: 1300$ l/s – $H_2: 800$ l/s
Massimo rapporto di compressione	$N_2: 10^8$ – $H_2: 10^3$
Note	<ul style="list-style-type: none"> • Cuscinetti a levitazione magnetica • Funzionamento a secco • Assenza di particolato allo scarico • Refrigerazione ad acqua • Assenza di batterie • Alta affidabilità e basso costo di manutenzione • Unità di controllo piazzata a 10 metri dalla pompa

1.1 Generalità sul PLC (Programmable Logic Controller)

Un PLC è un sistema digitale elettronico che utilizza una memoria programmabile per registrare informazioni o istruzioni atte a realizzare specifiche funzioni, finalizzate al controllo di sistemi combinatori e sequenziali per la gestione di macchine e processi [11]. Pertanto, esso può essere definito come uno speciale elaboratore di dati di tipo industriale, concepito per risolvere problemi di automazione e controllo.

Al contrario di un comune calcolatore, il PLC deve poter presentare caratteristiche ben precise che gli consentano di lavorare con assoluta affidabilità in ambienti gravosi, quali ad esempio le facilities industriali e i laboratori di ricerca, a causa della presenza di disturbi elettrici, vibrazioni, ampie variazioni di temperatura ed umidità, polveri etc.

Per poter controllare una macchina o un processo, il PLC deve acquisirne lo stato di funzionamento istante per istante e in seguito, in base alle istruzioni programmate nella propria memoria, deve determinare se devono o meno essere apportate opportune modifiche allo stato attuale delle uscite.

Per acquisire lo stato attuale del processo vengono collegati agli ingressi del PLC tutti quei dispositivi che consentono di monitorare il sistema e ritornare al controller idonei segnali (input) , quali fotocellule, interruttori, contatti ausiliari di relè, relè termici, strumenti di misura, etc. (Figura 2.63).

Per poter mettere in atto quanto è stato elaborato dal programma a partire dagli inputs dati, alle uscite del PLC (output) sono collegate tutte quelle apparecchiature adatte a realizzare quanto necessario per l'esecuzione del

processo (attuatori); tali dispositivi possono essere, a seconda della classe di automatismo, di tipo pneumatico, oleodinamico, elettromeccanico o un ibrido tra le precedenti tipologie (relè, elettrovalvole, lampade di segnalazione, segnalatori acustici, cilindri pneumatici od oleodinamici, valvole elettropneumatiche, etc.).

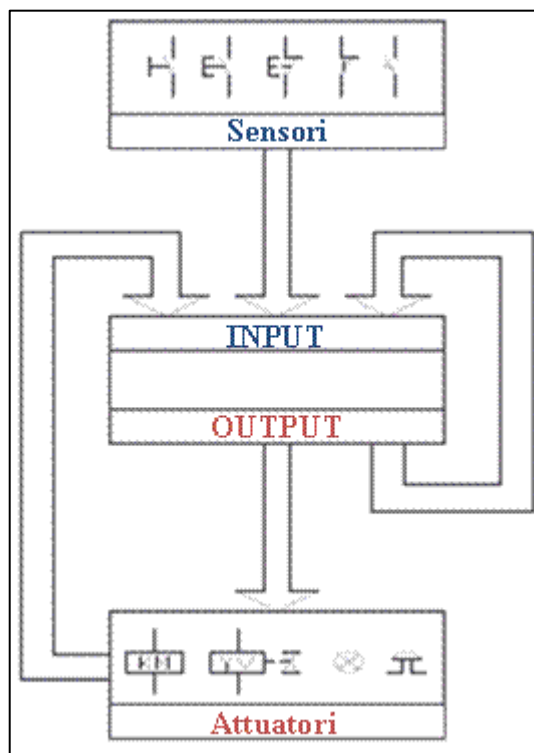


Figura 2.12 - Diagramma che mostra le interazioni tra il PLC e gli ambienti ad esso collegati.

Come si evince dalla Figura 2.64, il compito principale di un PLC è quello di acquisire informazioni e dati provenienti dall'impianto controllato, elaborarli in base alla logica programmata dall'operatore (costituita da una serie di istruzioni tramite le quali viene definito il comportamento della macchina o del processo al verificarsi di determinati eventi o situazioni) e ritornare all'impianto stesso in forma di comando il risultato di tale elaborazione, in modo tale da ordinare l'operazione da svolgere agli organi preposti all'esecuzione del processo.

A tal scopo il PLC è dotato, oltre che dei moduli d'ingresso e di uscita (I/O), anche dei seguenti componenti:

- un'unità centrale di elaborazione (*CPU*¹⁰), che costituisce l'elemento di governo del sistema e sovrintende a tutte le operazioni necessarie al suo funzionamento;
- supporti di *memoria* di varia natura, per registrare il sistema operativo del PLC (memoria ROM, *Read Only Memory*) e per memorizzare sia il programma utente che i risultati intermedi dell'elaborazione (*memoria RAM*, *Random Access Memory*);
- un alimentatore (*power supply*) che provveda a fornire l'alimentazione elettrica a tutti i costituenti del PLC;
- un *sistema BUS*, costituito da un insieme di collegamenti interni finalizzati alla trasmissione e allo scambio di segnali fra le varie parti che compongono il controller;
- *unità periferiche*, attraverso le quali il PLC è in grado di comunicare sia con l'operatore (i.e. interfaccia HMI), sia con altri controller.

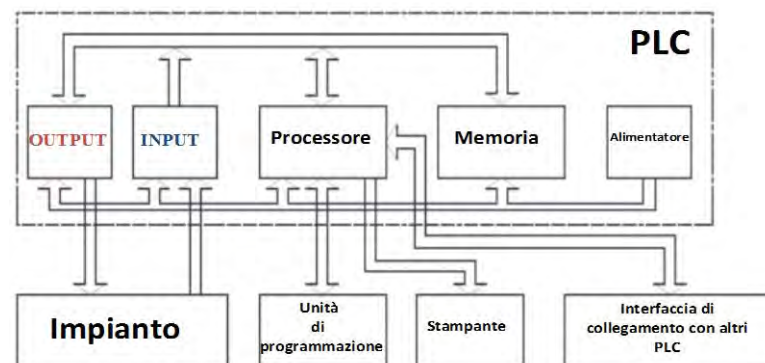


Figura 2.13 Schema a blocchi di un generico PLC utilizzato in applicazioni di automazione e controllo.

¹⁰ Central Processing Unit, denominato comunemente *processore*.

La sezione di I/O¹¹ di un PLC riveste particolare importanza per quanto riguarda la valutazione delle prestazioni dello stesso: è infatti usuale fare riferimento alla quantità di ingressi e di uscite quando si esaminano le caratteristiche di un controller.

Le informazioni provenienti dal processo controllato possono essere semplicemente definite come "segnali in ingresso". Tali segnali sono ovviamente di tipo elettrico e dovranno pertanto essere trattati in modo tale da essere interpretabili dalla CPU.

Il ruolo delle schede d'ingresso (moduli di input) è quello di consentire il dialogo tra il PLC e i vari sensori dell'impianto, ovvero permettere al PLC di acquisire informazioni riguardo lo stato di funzionamento dei vari componenti e le variabili operative del processo. Tali moduli di input potranno essere sia di tipo digitale che di tipo analogico.

Le schede di ingresso digitali sono utilizzate per il controllo di grandezze "digitali", costituite da tensioni a due valori: ogni scheda può gestire fino a 64 ingressi digitali differenti e i segnali provenienti dai dispositivi esterni al PLC vengono fatti arrivare alla morsettiera della scheda mediante opportuni cavi elettrici. In ogni singolo canale, l'informazione digitale potrà assumere in tal modo due soli valori (1 o 0, elementi della logica binaria), a prescindere dalla natura iniziale del segnale.

Le schede di ingresso analogiche, invece, permettono il controllo di grandezze provenienti da opportuni sensori "analogici" (i.e. termocoppie, sensori

¹¹ I/O = Input & Output

di livello, etc.): tali grandezze sono costituite da segnali elettrici variabili nel tempo entro un prefissato intervallo di valori. Per consentire al PLC l'elaborazione del valore del segnale in ingresso, occorre convertire l'informazione analogica (variabile) in un segnale digitale (discreto), comprensibile alla CPU: tale conversione è realizzata da un apposito convertitore analogico-digitale (A/D converter)¹².

Le schede di uscita (moduli di output) rappresentano sostanzialmente l'interfaccia tra l'elaborazione del programma, attuata dal processore del PLC, e gli attuatori, i quali costituiscono il sistema di comando dell'impianto da controllare.

Per quanto concerne il numero di uscite presenti su ogni scheda di output, valgono le stesse considerazioni fatte per le schede di ingresso (possono essere gestiti, infatti, fino a un massimo di 64 canali differenti). Tali moduli di output potranno essere, come osservato per le schede di ingresso, sia di tipo digitale che di tipo analogico.

Le schede di uscita analogiche svolgono, in senso inverso, le stesse funzioni delle schede di ingresso analogiche: esse operano, infatti, una conversione digitale-analogica (D/A) del segnale elaborato dal PLC e in seguito trasmesso all'attuatore collegato alla scheda, il quale è progettato per ricevere un segnale analogico in tensione o in corrente.

¹² Un convertitore analogico-digitale è costituito da un circuito elettronico in grado di convertire un segnale analogico ad andamento continuo (i.e. una tensione) in una serie di valori discreti (segnale digitale; l'operazione inversa è invece gestita da un convertitore digitale-analogico [6].

Le schede di uscita digitali sono invece utilizzate per inviare comandi a determinate tipologie di attuatori digitali, quali ad esempio relè ed elettrovalvole¹³.

2.7.5 Descrizione del Vacuum PLC installato nell'impianto

Il Vacuum PLC destinato a gestire le operazioni del sistema di produzione del vuoto, attualmente installato nel Front End *offline*, presenta una piattaforma appartenente alla serie Modicon340, prodotta dalla Schneider Electric [5].

L'architettura modulare del rack nel quale si trovano installati i vari componenti garantisce versatilità al PLC e velocizza le operazioni di sostituzione dei singoli moduli in caso di guasto o malfunzionamento degli stessi (**Figura 2.64**).

L'attuale configurazione del rack è riportata in **Figura 2.51**. In esso troviamo installati i seguenti componenti:

- alimentatore AC ad alta potenza, modello CPS3500;
- processore P342020 fornito di porta USB, ethernet e seriale 232/485 protocollo MODbus;
- quattro schede da 16 ingressi digitali a 24 V (moduli DDI1602);
- due schede da 8 uscite digitali relè isolate (moduli DRA0805);
- due schede da 16 uscite digitali relè con comune (moduli DRA1605);
- due convertitori ADC (Analogic-to-Digital Converter) a 4 canali (modulo AMI0410) e a 2 canali (modulo AMI0210), per la gestione dei segnali analogici provenienti dalle teste di misurazione del vuoto.

¹³ Un relè costituisce il classico esempio di attuatore digitale, in quanto esso può assumere solamente due stati stabili: diseccitato o eccitato. Un'elettrovalvola si configura come un modello di valvola digitale a due stati (aperta o chiusa).



Figura 2.14 - Piattaforma della serie Modicon340, nella quale sono visibili i vari componenti installati nel rack.

Come già accennato, il PLC è interfacciato tramite collegamento seriale al monitor HMI, tramite il quale è possibile selezionare tutte le operazioni eseguibili sull'impianto e verificarne lo stato in tempo reale. Gli schemi elettrici del controller e delle unità ad esso relazionate vengono riportati in Appendice A.3. A partire da tali schemi è possibile individuare i collegamenti tra il Vacuum PLC e il resto del sistema di produzione del vuoto, nonché il legame tra tale controller e il secondo PLC (Safety PLC) installato nell'impianto e destinato a governare il sistema di sicurezza dell'intera facility RIB.

CAPITOLO 3

ANALISI DI TRANSITORI INCIDENTALI DEL SISTEMA DI REFRIGERAZIONE DEL TARGET CHAMBER MEDIANTE IL CODICE RELAP

3.1. INTRODUZIONE

Avvalendosi del codice RELAP5-3D 2.4.2, nel presente lavoro di tesi si è effettuato lo studio termoidraulico del sistema di refrigerazione del target dell'impianto SPES. In tal senso si è preso come riferimento lo schema del sistema di refrigerazione del target dell'impianto EXCYT di Catania. Tale impianto, attualmente operativo presso Laboratori Nazionali del Sud, è una facility di tipo ISOL e, nonostante alcune differenze come ad esempio la potenza del target, molte scelte progettuali verranno riproposte nel progetto SPES. Il carico termico massimo smaltito dal sistema di refrigerazione dell'impianto EXCYT è, infatti, di 4.5 kW (3.5 kW relativi al target e 1 kW alla strumentazione di corredo), mentre il sistema di refrigerazione dell'impianto SPES dovrà essere in grado di smaltire un carico termico massimo di 36 kW (27 kW relativi al target e 9 kW a tutta la strumentazione di corredo). Ne consegue una differenza in termini di portata del refrigerante, in particolare, nel sistema EXCYT la portata è di 0.2 kg/s mentre nello SPES dovrà essere di 0.83 kg/s.

L'analisi termoidraulica ha consentito di valutare, durante alcuni transitori incidentali, la capacità del circuito di mantenere i parametri di temperatura di progetto oppure limitare le condizioni che possono compromettere la sicurezza del sistema. Per maggiori dettagli sulla struttura e sulle funzionalità del codice Relap5, si rimanda all'appendice A.

3.2 NODALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI REFRIGERAZIONE

Il codice Relap5 opera su volumi discreti, pertanto, la scrittura dell'input presuppone la suddivisione del sistema in un insieme di volumi di controllo, che costituiscono la "nodalizzazione" dell'impianto. Come detto in precedenza, per lo sviluppo del design dell'impianto SPES ci si è avvalsi dell' esperienza acquisita negli anni su impianti quali ISOLDE o HRIBF, mentre per quanto riguarda il sistema di refrigerazione del target si è fatto riferimento all'impianto EXCYT, già funzionante presso i Laboratori Nazionali del Sud (Catania). La nodalizzazione usata per l'analisi è rappresentata in figura 3.1.

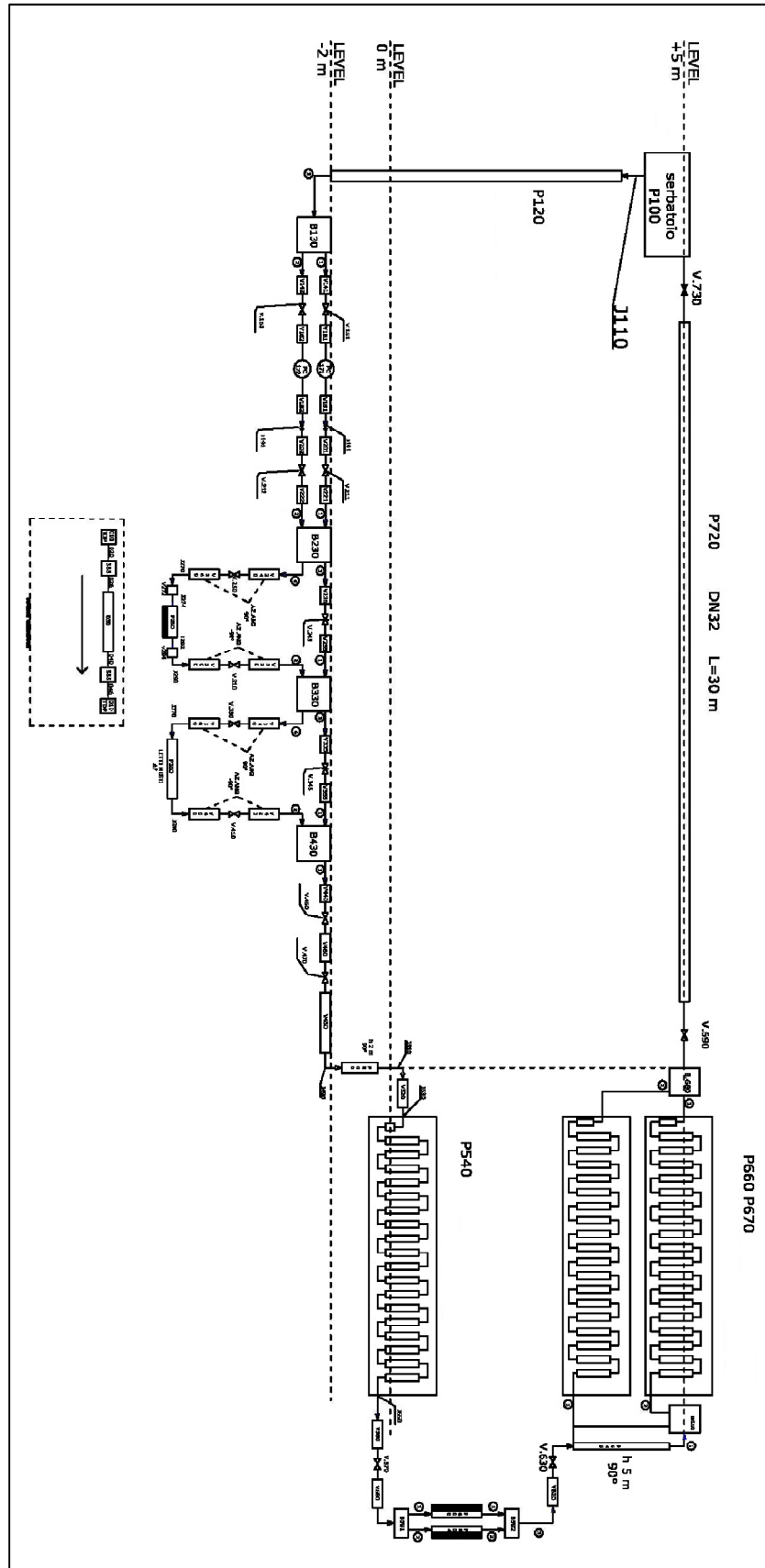


Figura 2.1 - Zona di produzione e principali componenti

Il volume P100 rappresenta il serbatoio da 50 litri, da cui, tramite il volume P120, l'acqua viene prelevata e condotta nella linea di pompaggio 1 (volumi da 141 a 221). In caso di guasto della linea 1, si attiva la linea 2 (sistema ridondante). La quota di riferimento (Level 0) è quella della piattaforma, il serbatoio si trova 5 m sopra il Level 0, mentre le pompe sono 2 m sotto. Il volume P280, con la sua struttura termica, rappresenta lo scambiatore di calore, lato mantello, mentre il volume P030 rappresenta lo scambiatore lato tubi. Questo sistema consente la refrigerazione dell'acqua del circuito primario da 303 K a 292 K.

Il volume P540 rappresenta la lunga tubazione a spirale in materiale non conduttore, posizionata all'ingresso della piattaforma in tensione, mentre i volumi P660 e P670 rappresentano le omologhe tubazioni a spirale in uscita dalla piattaforma. Le sorgenti termiche, quali la target chamber e l'insieme della strumentazione a corredo dell'impianto, sono rappresentate, rispettivamente, dai volumi P600 e P604 con le relative strutture termiche. Infine, il volume P720 chiude il circuito, collegando le tubazioni a spirale, in uscita dalla piattaforma in tensione, con il serbatoio P100. I volumi da P010 a P050 descrivono lo scambio termico con il sistema secondario. Tale nodalizzazione è stata utilizzata preliminarmente per la valutazione del comportamento termoidraulico del sistema in condizioni stazionarie, al fine di ottimizzare le perdite di carico lungo il circuito sulla base dei dati sperimentali forniti dai tecnici dell'impianto EXCYT.

3.3 SCENARI ANALIZZATI

Le analisi hanno riguardato il funzionamento del circuito sia in condizioni stazionarie, sia in condizioni incidentali. I transitori incidentali hanno riguardato tre differenti scenari:

- LOCA (Loss Of Coolant Accident) relativo alla perdita di refrigerante localizzata a valle dello scambiatore di calore;
- Overpower relativo ad un breve picco di potenza termica prodotta dal target (20% del valore nominale);
- Overpower a gradino relativo all'innalzamento incidentale della potenza termica prodotta dal target (20% del valore nominale).

3.4 Simulazione del funzionamento stazionario dell'impianto di refrigerazione EXCYT

Il primo gruppo di analisi ha consentito di testare l'input messo a punto in relazione alla sua capacità di riprodurre le perdite di carico lungo il circuito sistema di refrigerazione. Si sono confrontati anche i valori simulati di alcuni parametri come potenze scambiate e temperature in corrispondenza di alcuni punti del circuito con quelli rilevati sperimentalmente in condizioni stazionarie con impianto operativo secondo condizioni nominali. In particolare, si è simulato l'avviamento ed il funzionamento del sistema di refrigerazione con un carico termico pari a 3.5 kW per il target e 1 kW per la strumentazione. La portata imposta da una delle due pompe in parallelo è di 0.2 kg/s. Il carico termico totale pari a 4.5 kW viene correttamente smaltito dal sistema di refrigerazione; come

mostrato in figura 3.2, la potenza prodotta nelle strutture termiche del target viene asportata dal refrigerante primario e poi smaltita nello scambiatore del circuito secondario.

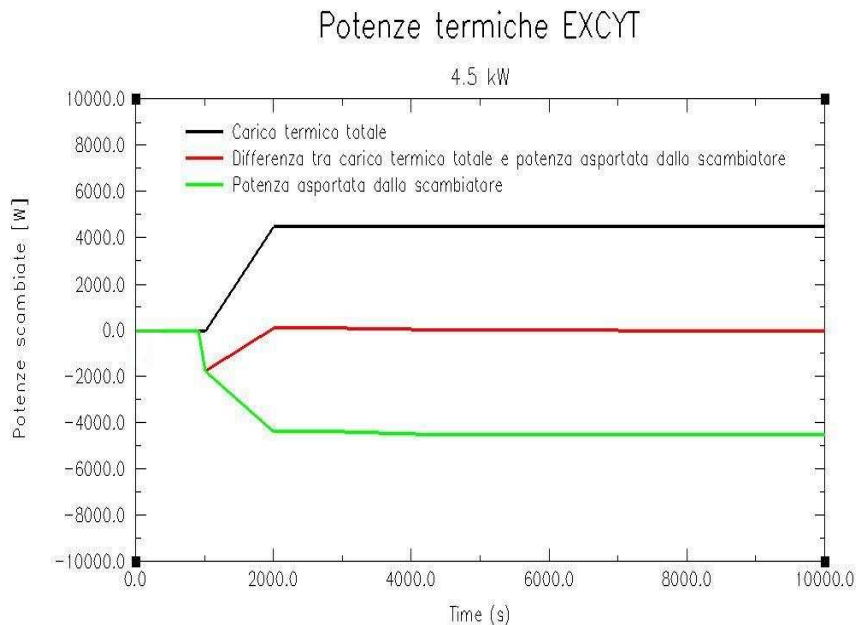


Figura. 3.2. - Potenze termiche scambiate in condizioni stazionarie

Per quanto riguarda la copertura della target chamber, in cui circola il refrigerante che asporta per irraggiamento la potenza proveniente dal target, si riscontra un adeguato accordo con il range di temperature rilevate sperimentalmente (Fig. 3.3), che risultano comprese fra 60 e 80°C . Come mostrato in figura 3.4, in cui si riportano le temperature delle strutture termiche che simulano il sistema target, tale range di temperatura viene rappresentato correttamente.

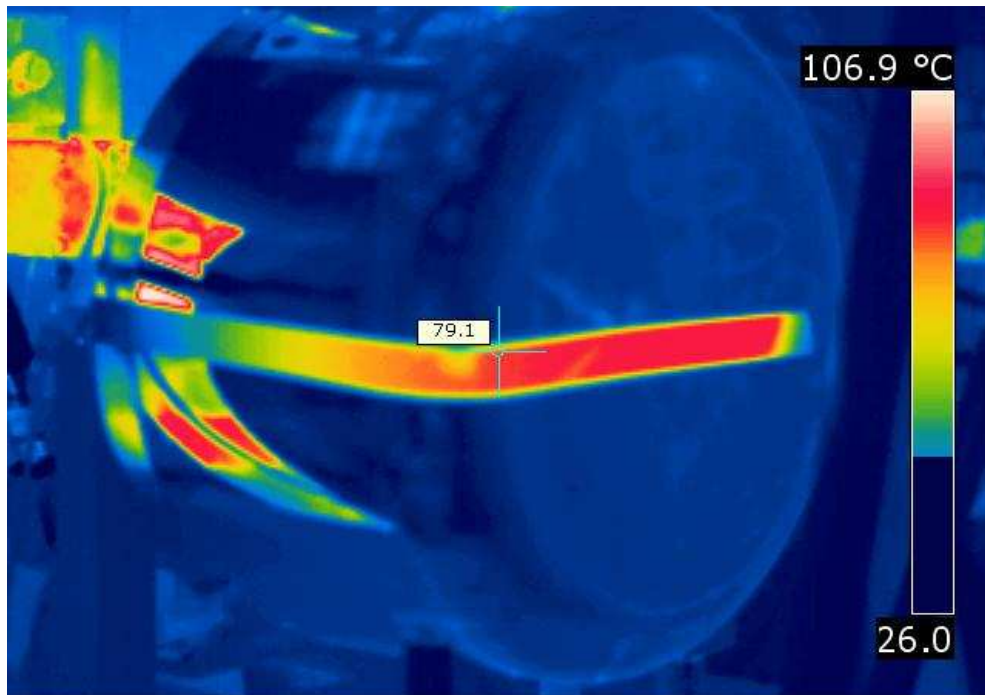


Figura 3.3 - Distribuzione termica della copertura della target chamber.

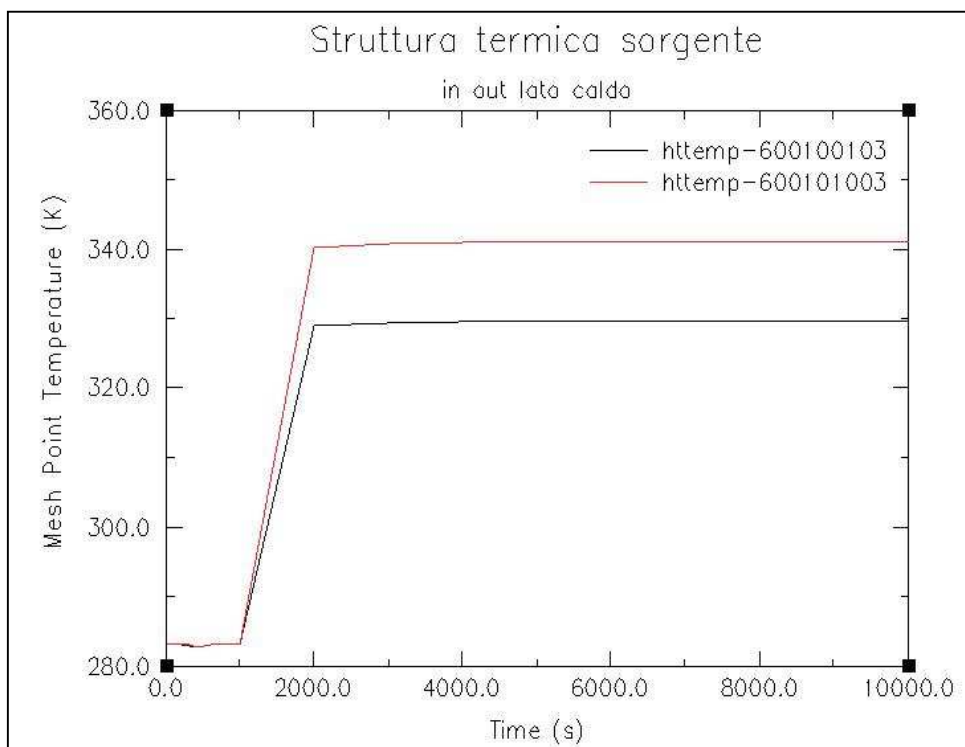


Figura 3.4: Temperature della struttura termica del target.

3.5 Simulazione dell'evento incidentale LOCA

L'incidente di perdita di refrigerante è stato simulato modificando la nodalizzazione dell'impianto con l'inserimento, dopo il Branch 330, della Motorvalve 331 ed il Volume tempo dipendente 332, per simulare la rottura di una tubazione del circuito di mandata e la perdita di refrigerante verso l'ambiente esterno (vedi figura 3.5).

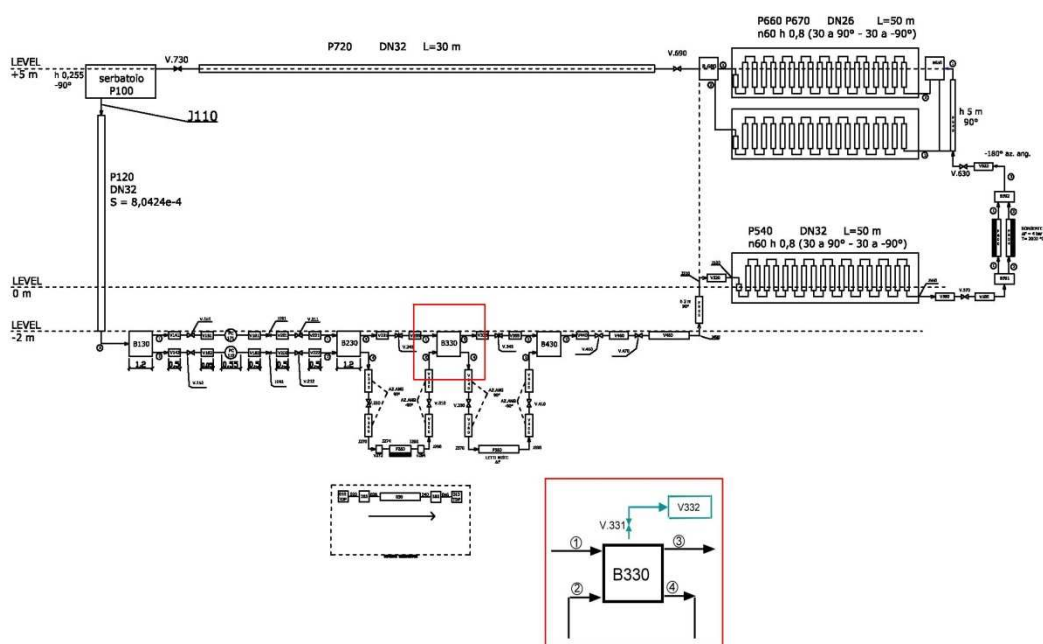


Figura 3.5 - Nodalizzazione dell'impianto e modifica apportata per la simulazione del LOCA.

Sono state simulate diverse condizioni di rottura tramite variazione dell'area di apertura della valvola 331. I transitori di svuotamento del circuito hanno riguardato valori dell'area di rottura che vanno dallo 0.5% al 9% della sezione della tubazione. La Motorvalve 331, chiusa durante il transitorio di avviamento ed il funzionamento a regime, si apre per simulare l'evento incidentale (all'istante $t = 4000$ s per i casi con rottura di 0.5%, 1% e 2% e $t =$

10150 s per tutti gli altri casi). In tabella 3.1 sono riportati la sezione di rottura e le perdite di refrigerante normalizzati rispetto ai valori nominali e la durata dei transitori. Ovviamente, lo svuotamento del circuito avviene in un tempo progressivamente decrescente al crescere dell'entità della perdita (tabella 3.1). In particolare si va da un intervallo di 530 secondi quando l'area di rottura è 0.5% della sezione del tubo, fino a circa 12 secondi nel caso di rottura del 9%.

Area rottura A/A ₀ [%]	Area rottura A/A ₀ [%]	Durata Transitori [s]
0,5	9,6	530
1	17	308
2	29,9	188
3	39,6	145
4	48	125
5	55	110
6	60	100,8
7	64	60
8	74	18
9	76	12

Tabella 3.1

Per i transitori di perdita di refrigerante, con rotture che vanno dallo 0.5% al 7% della sezione totale, la portata e la refrigerazione vengono garantite poiché il refrigerante presente nel serbatoio di circa 50 l (volume P100) compensa le perdite della valvola 331. In figura 3.6 si riportano le portate che vengono riversate in ambiente al variare dell'area della rottura, mentre in figura 3.7, è possibile confrontare la portata che si riversa in ambiente e quella residua che consente di smaltire il carico termico al target.

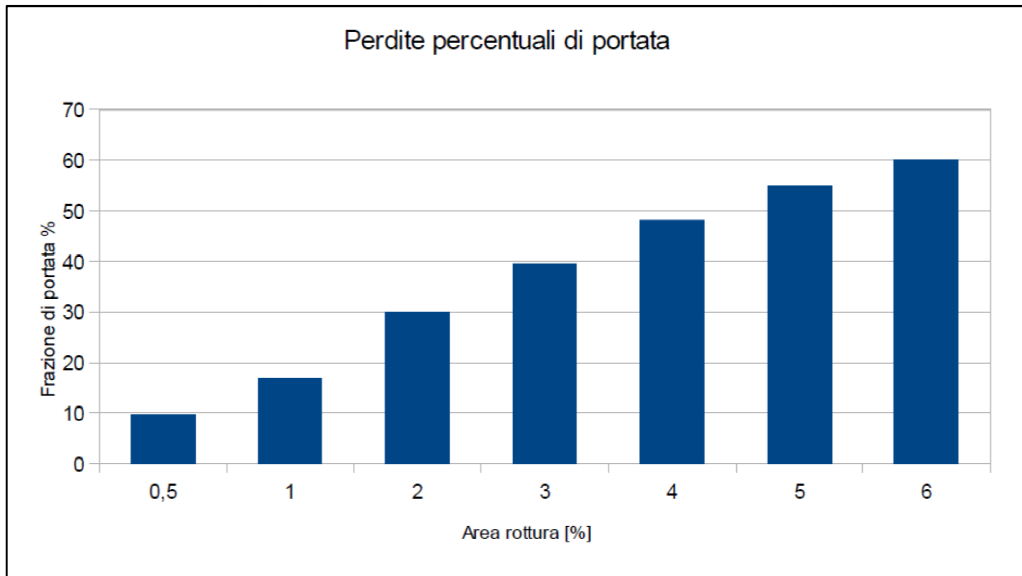


Figura 3.6 - Perdite percentuali di portata nel circuito primario

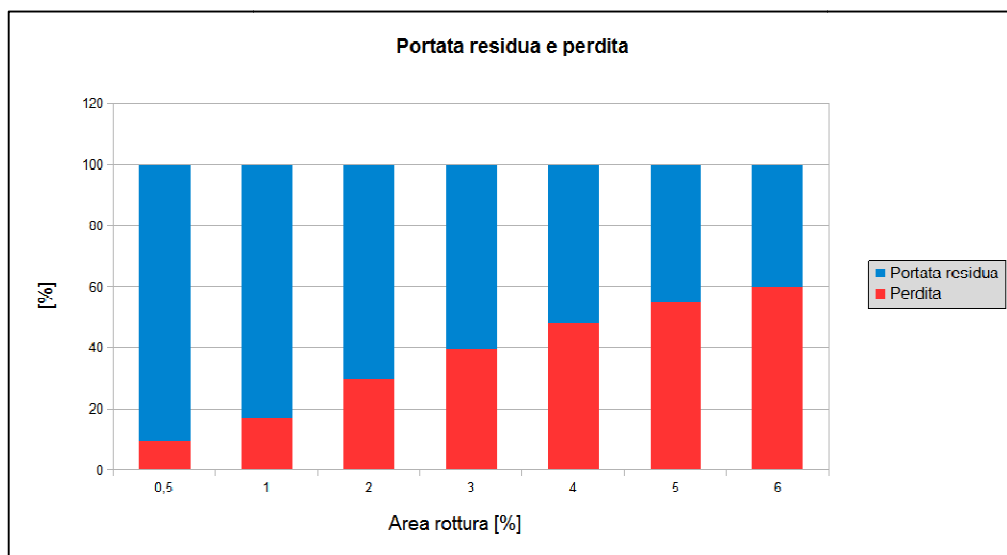


Figura 3.7 - Perdite e portate residue nel circuito primario

Nelle figure che vanno dalla 3.8 alla 3.17 sono riportati gli andamenti temporali della portata nella valvola 570 che si trova all'ingresso della zona target e della perdita di refrigerante nella valvola 331. Come era da attendersi, è possibile osservare che nei casi in cui la rottura è più consistente (7-9% della sezione totale) i transitori di svuotamento sono piuttosto rapidi.

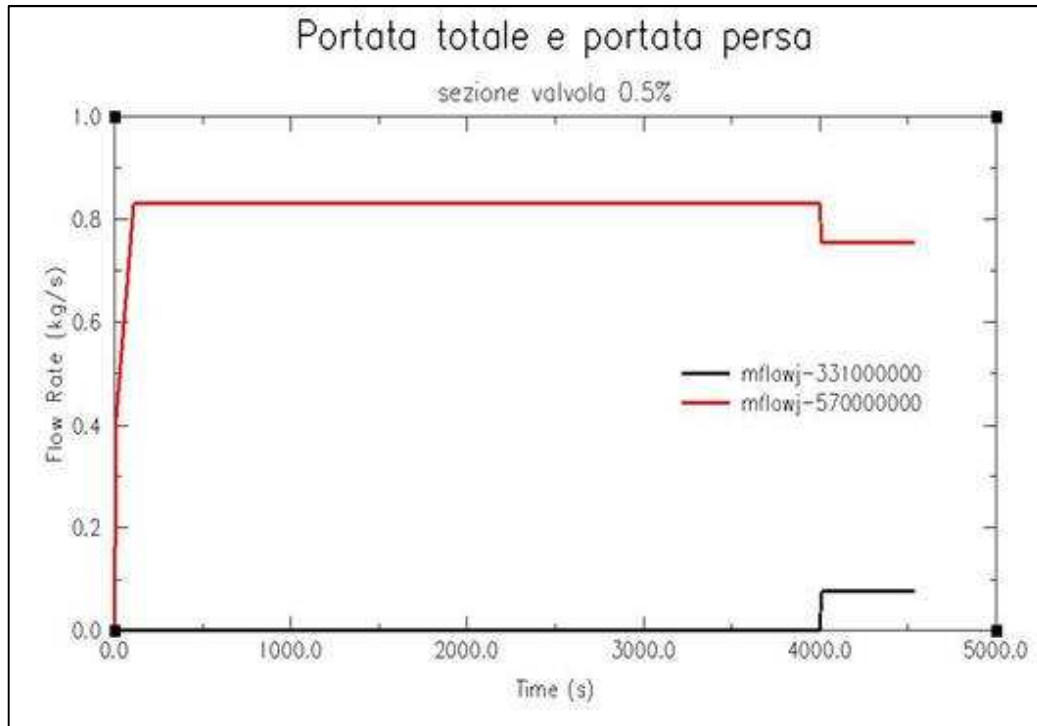


Fig. 3.8: Portata totale e portata persa per una rottura dello 0,5%

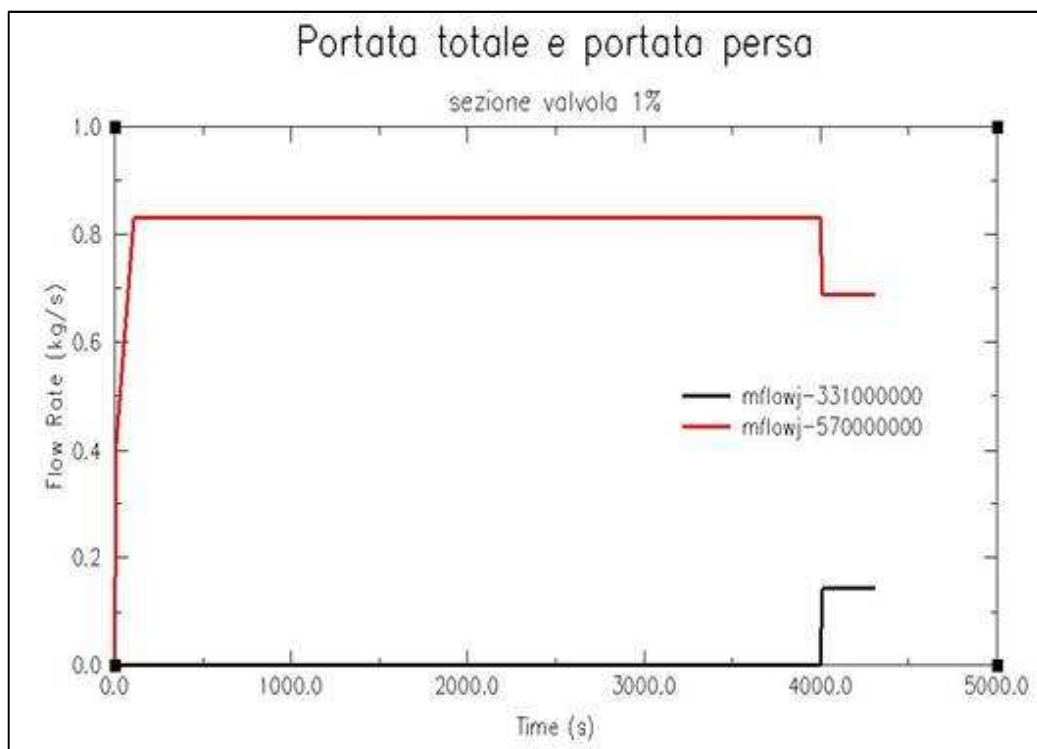


Fig. 3.9: Portata totale e portata persa per una rottura dell'1%

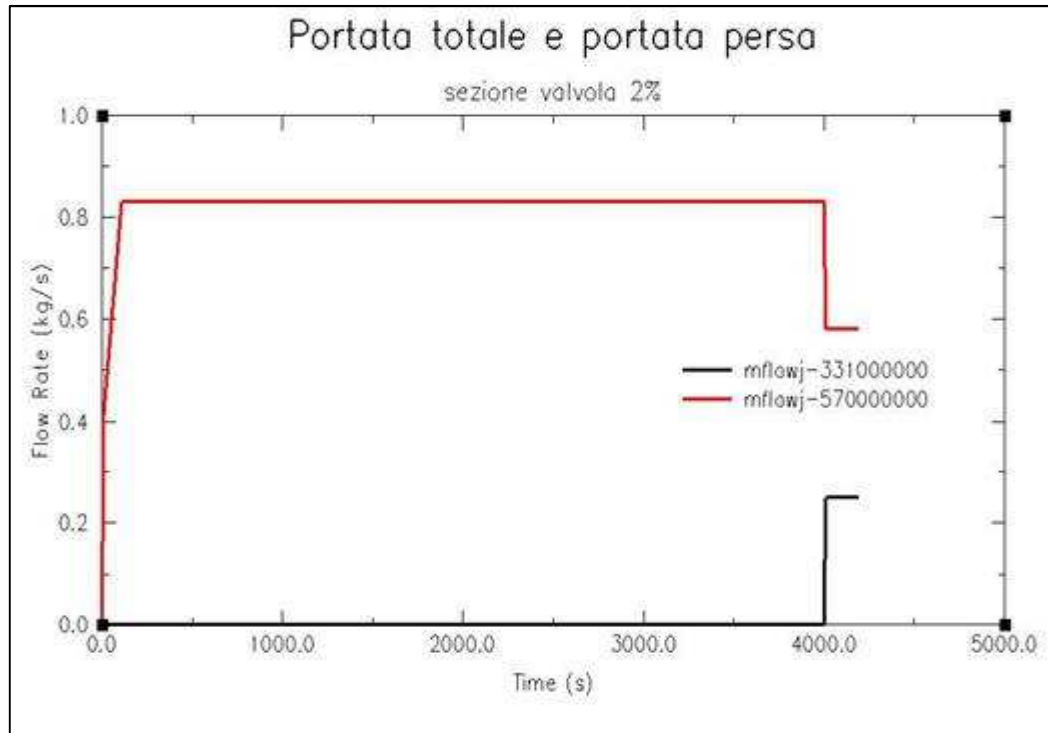


Fig. 3.11: Portata totale e portata persa per una rottura del 3%

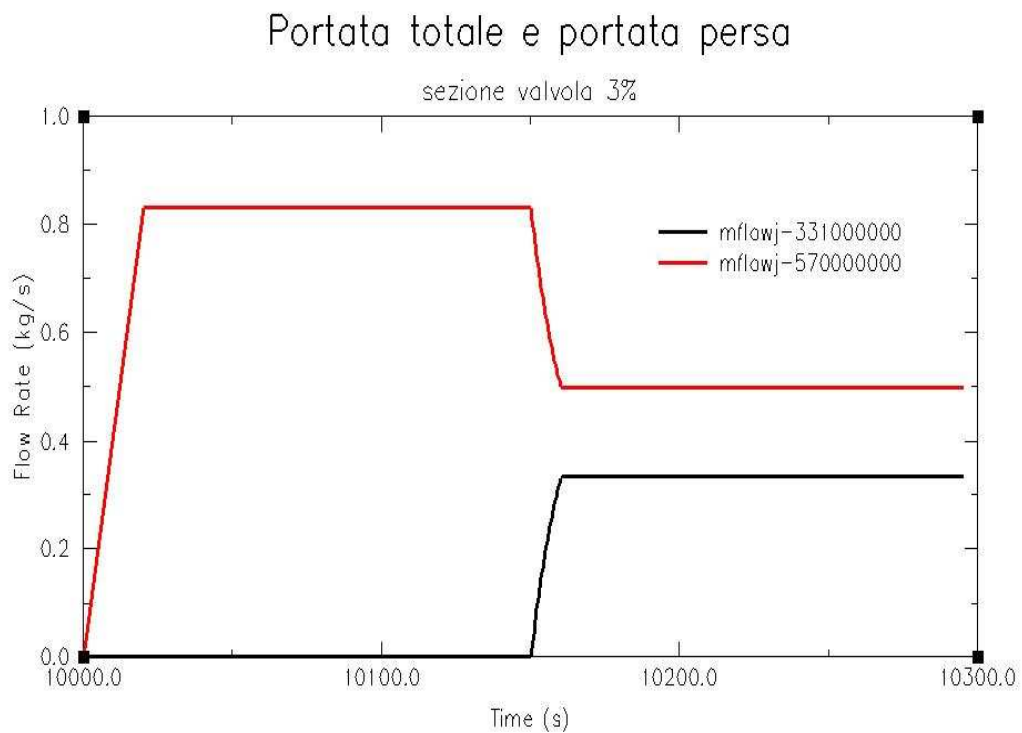


Fig. 3.12: Portata totale e portata persa per una rottura del 4%

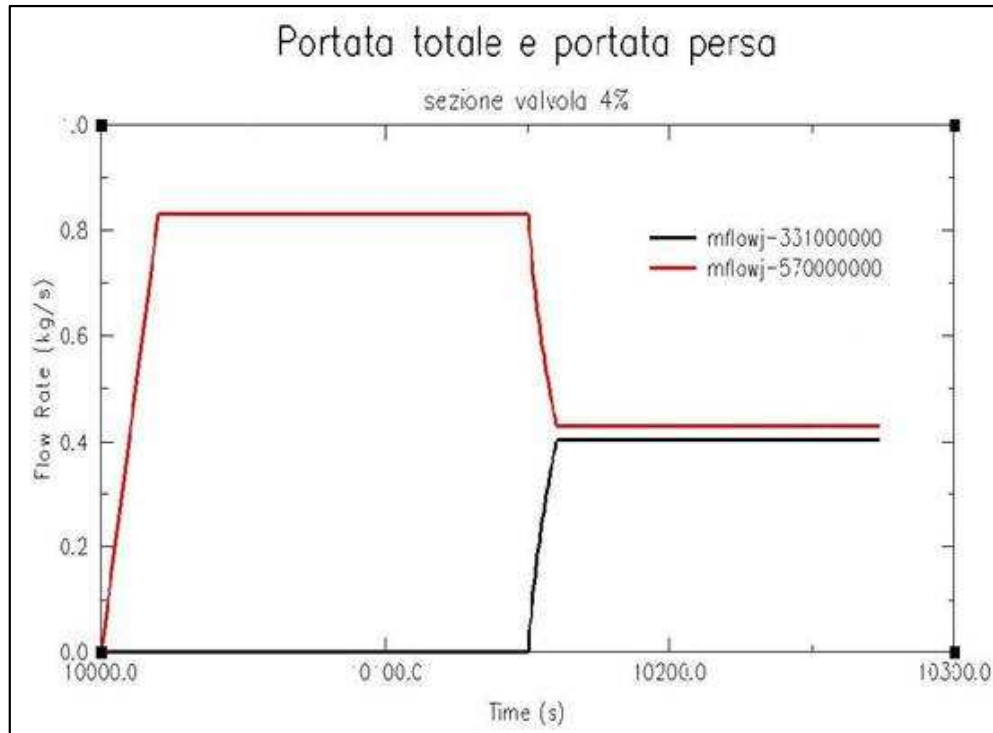


Fig. 3.13: Portata totale e portata persa per una rottura del 5%

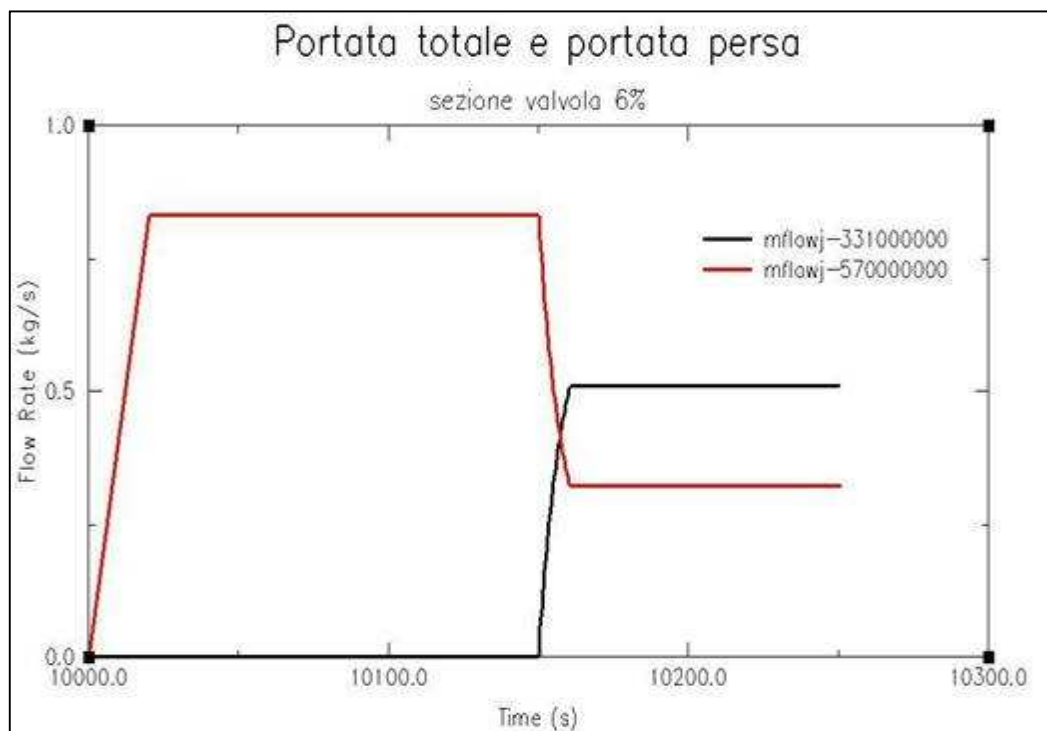


Fig. 3.14: Portata totale e portata persa per una rottura del 6%

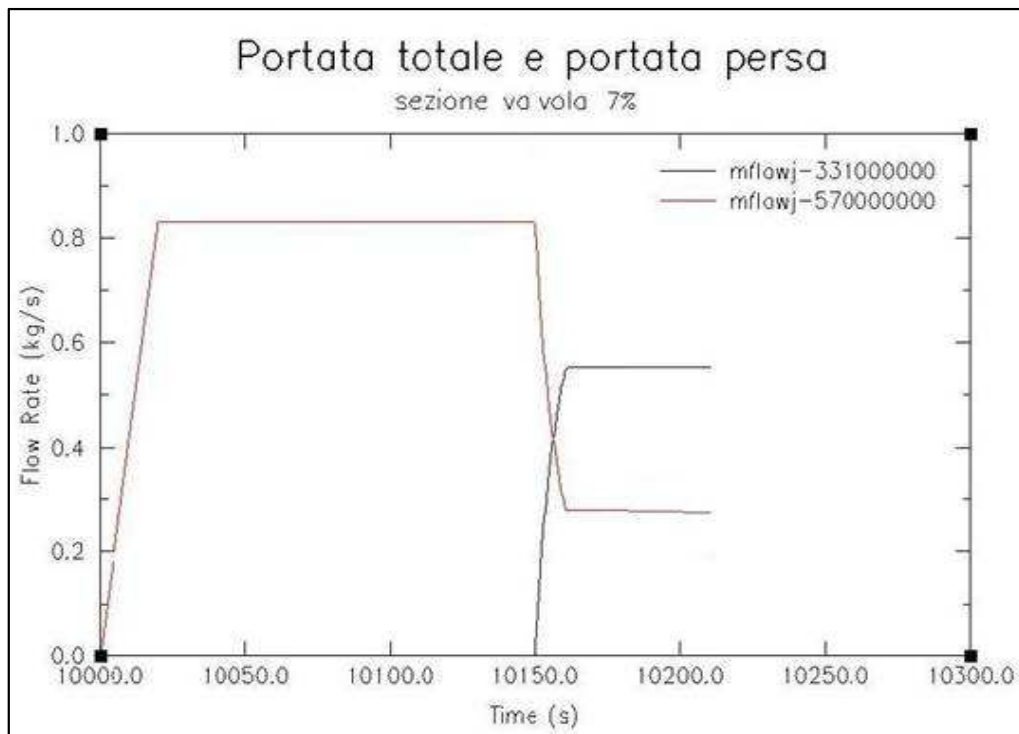


Fig. 3.15: Portata totale e portata persa per una rottura del 7%

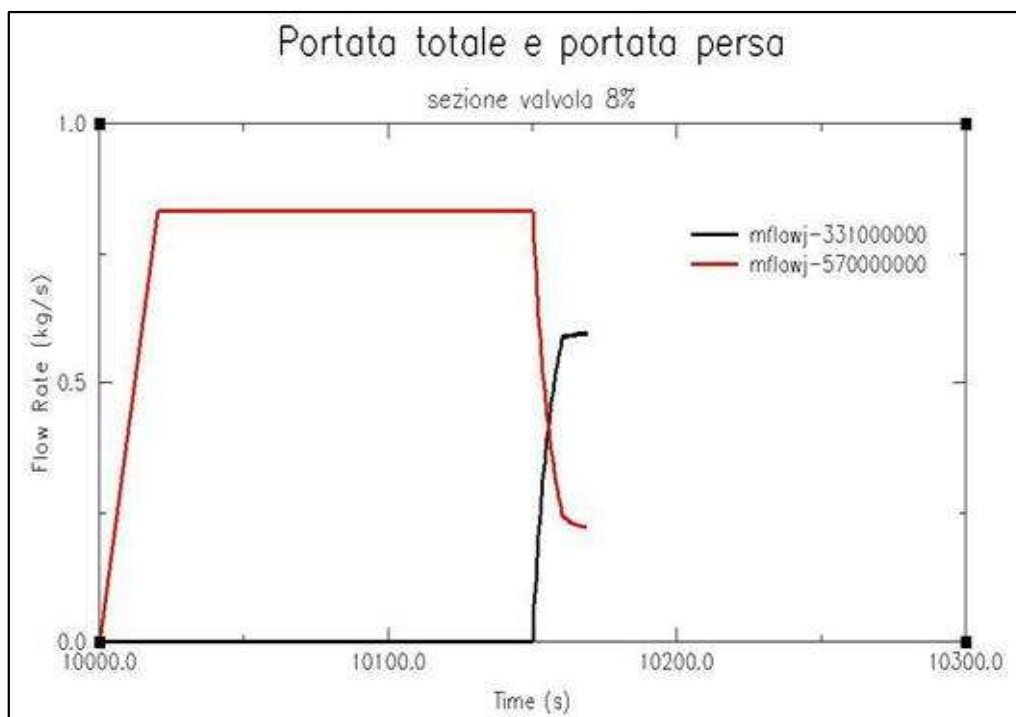


Fig. 3.16 Portata totale e portata persa per una rottura dell'8%

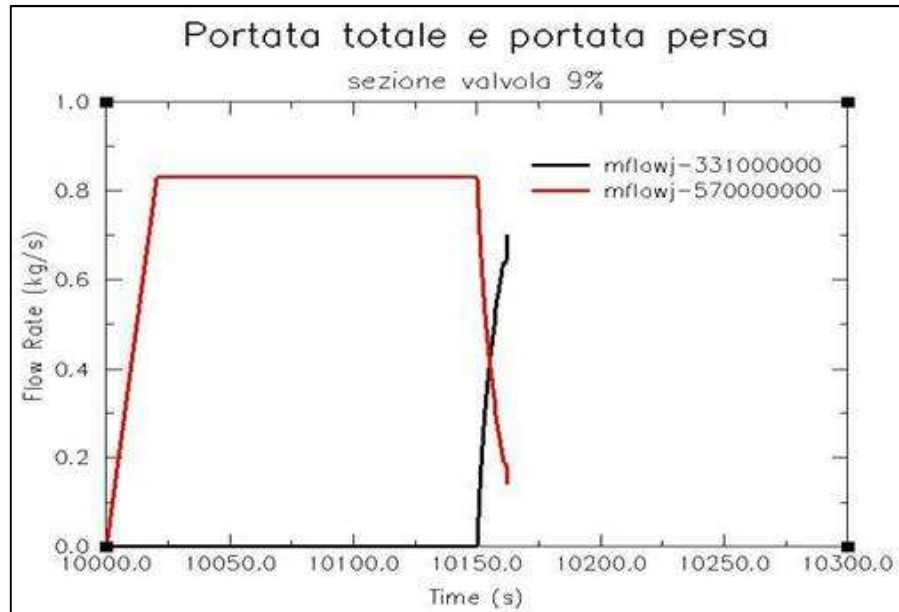


Fig. 3.17: Portata totale e portata persa per una rottura del 9%

La perdita di refrigerante e la conseguente riduzione della portata circolante nella target chamber causano un incremento della temperatura in uscita dalla piattaforma. Nelle figure da 3.18 a 3.27 si riportano gli andamenti delle temperature del refrigerante in ingresso e in uscita dalla struttura termica del target per i vari transitori esaminati.

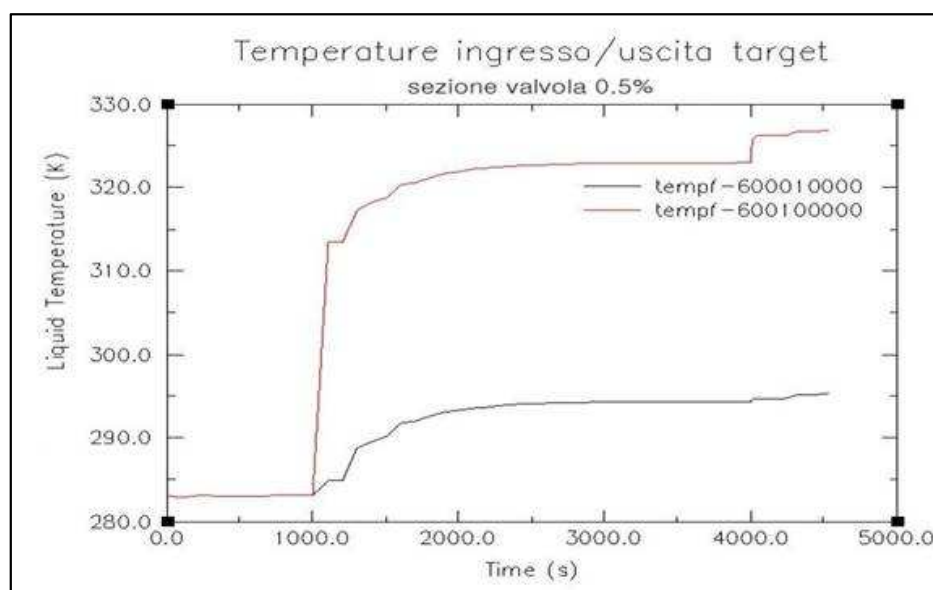


Fig. 3.18: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sez. perdita pari allo 0,5%)

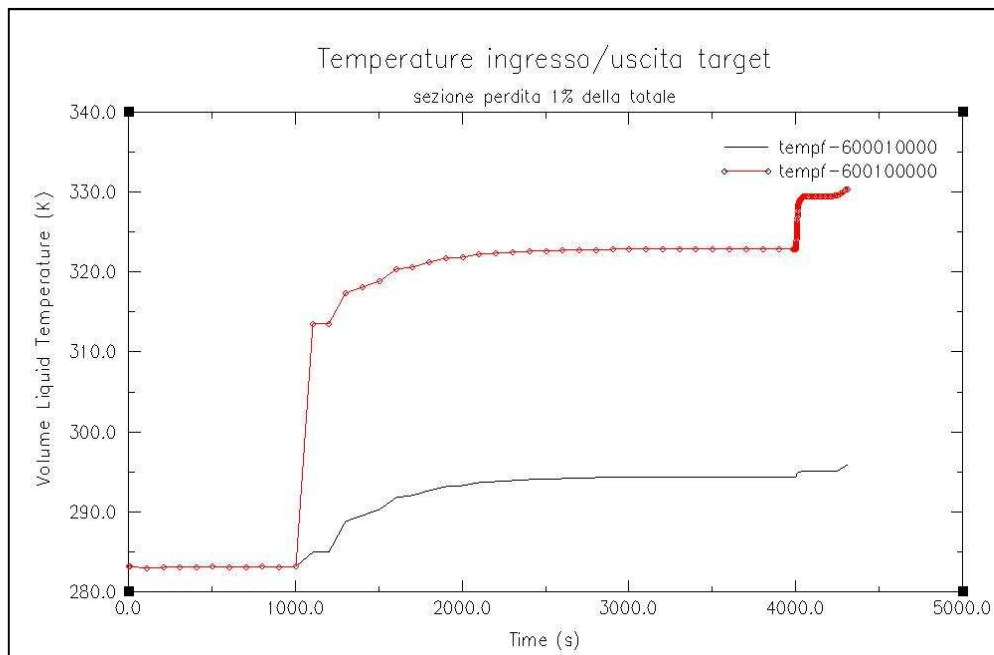


Fig. 3.19: Andamento delle temper. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari all'1%)

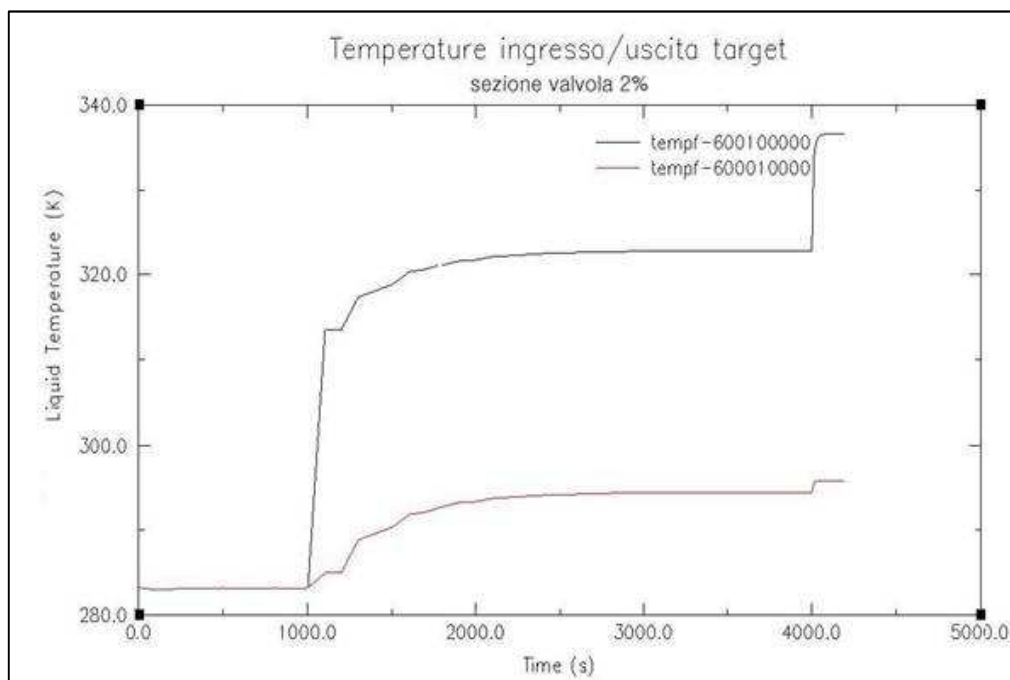


Fig. 3.20: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 2%)

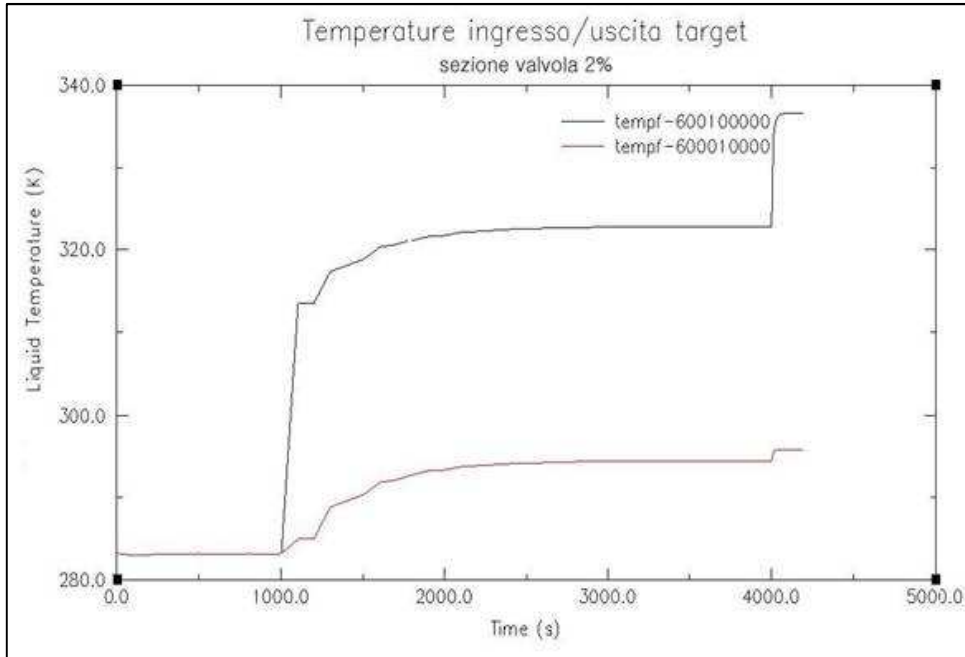


Fig. 3.20: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 2%)

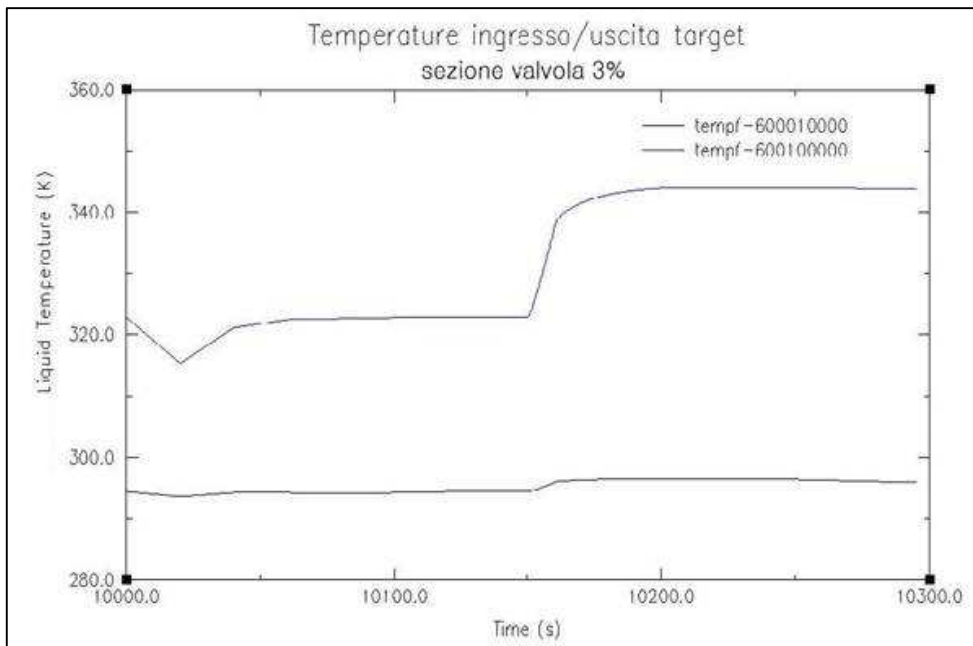


Fig. 3.21: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 3%)

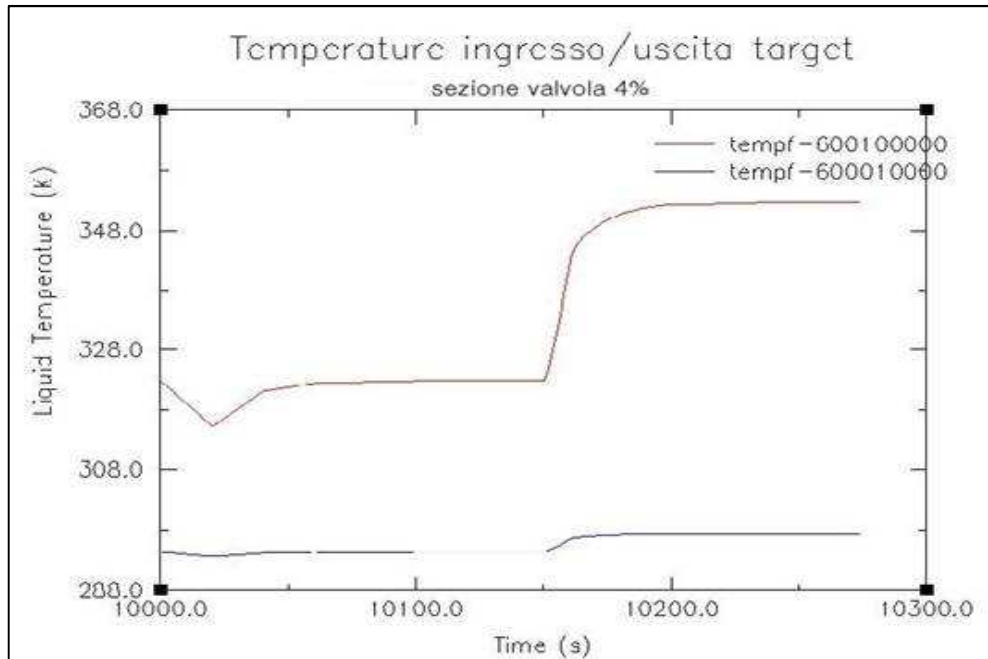


Fig. 3.22: Andamento delle temp in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 4%)

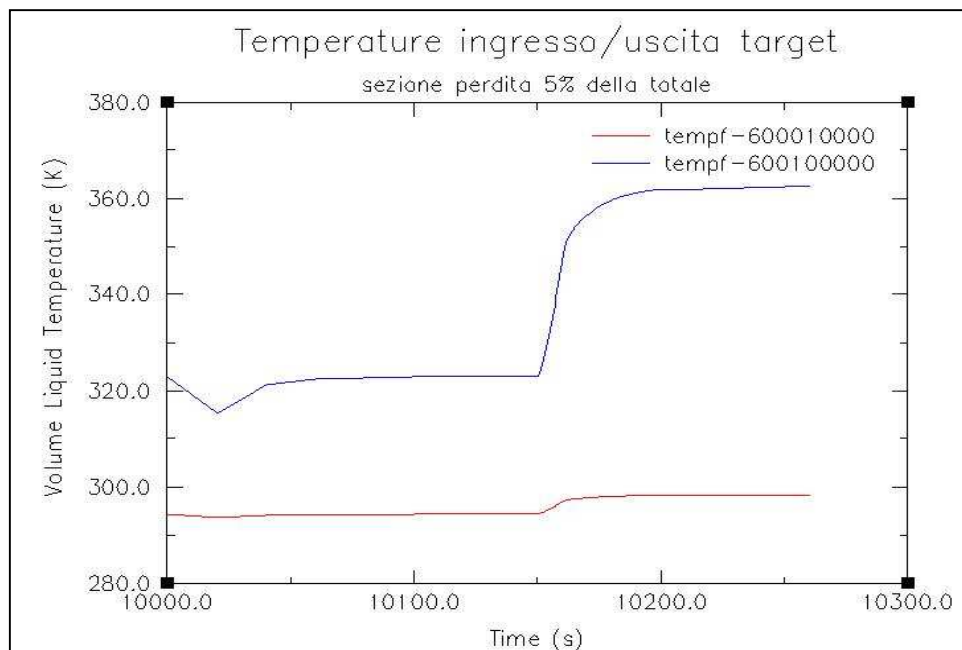


Fig. 3.23: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 5%)

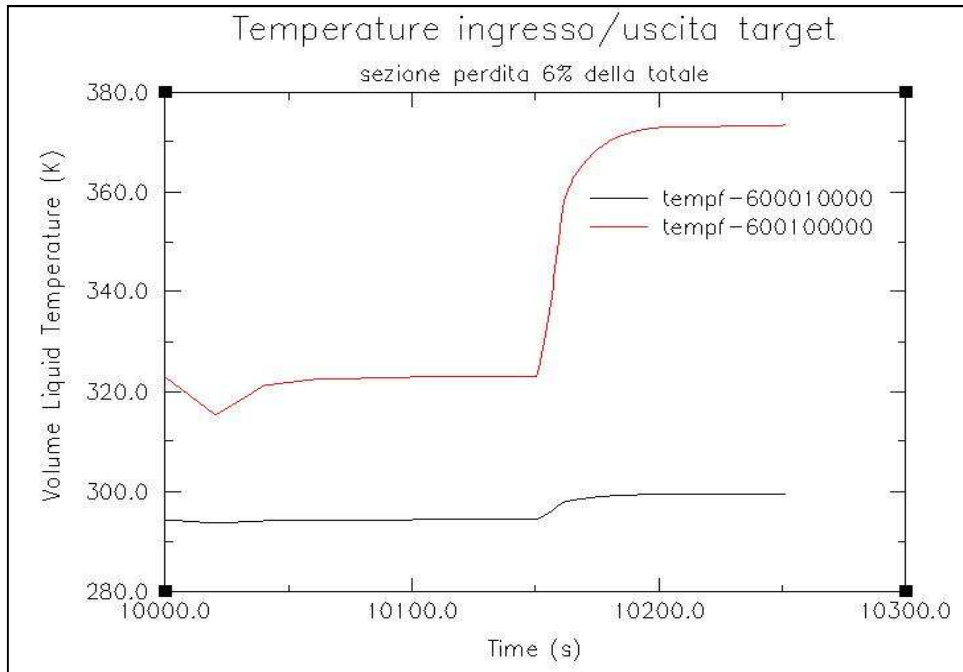


Fig. 3.24: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 6%)

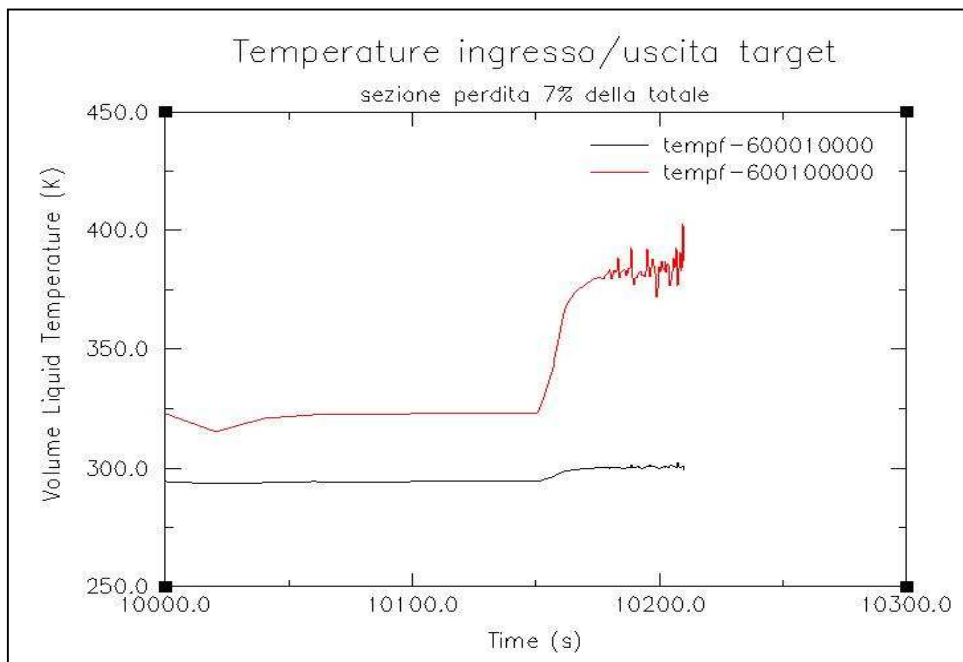


Fig. 3.25: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 7%)

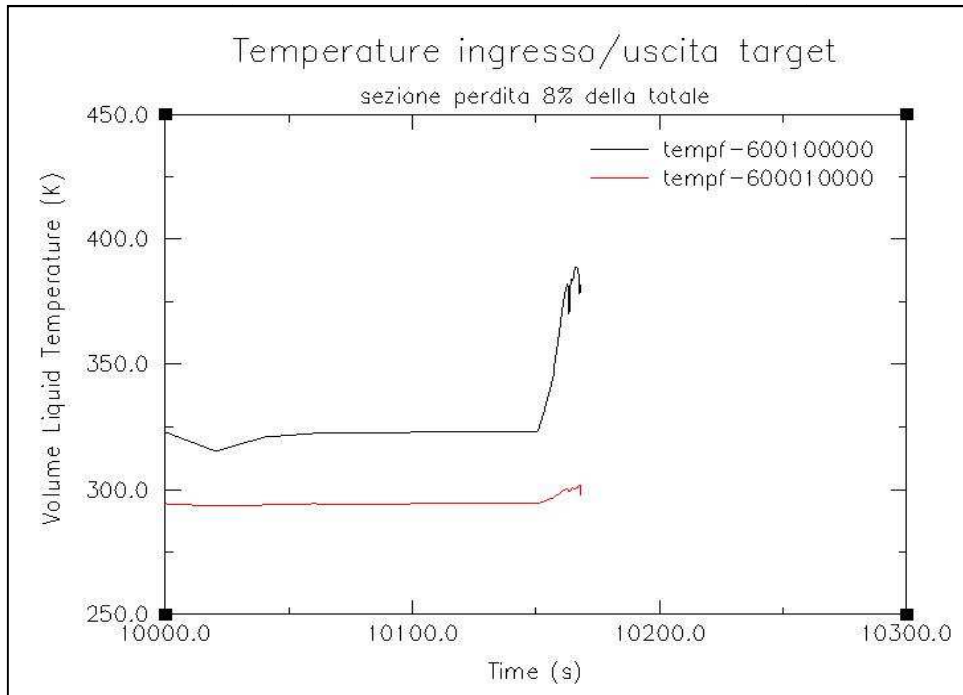


Fig. 3.26: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 8%)

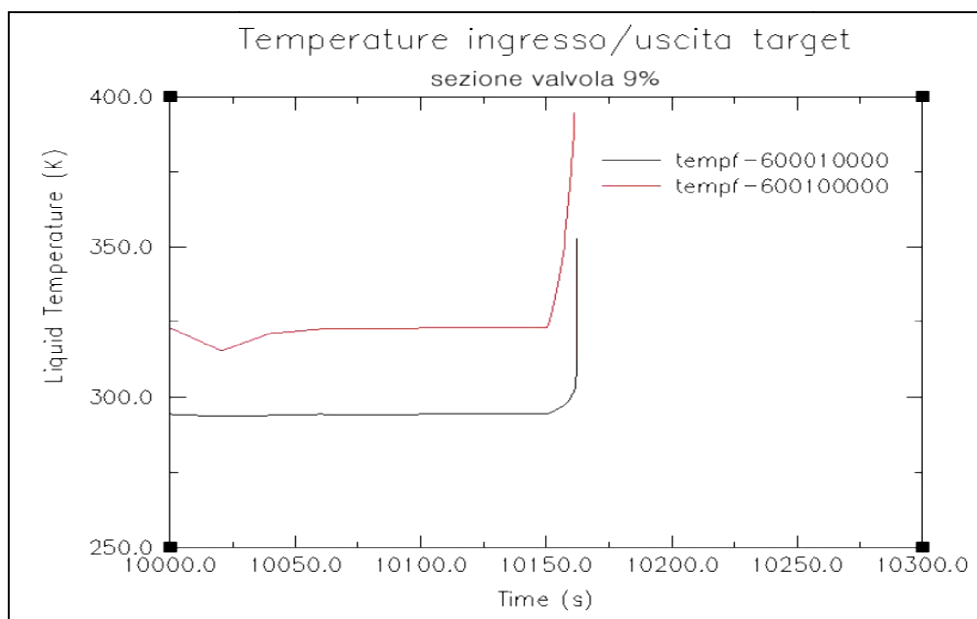


Fig. 3.27: Andamento delle temp. in ingresso ed uscita dal target (sezione perdita pari al 9%)

In tabella 3.2 si riportano le temperature massime raggiunte in uscita dal target al variare dell'area della rottura. Nei casi con rottura del 7, 8 e 9%

abbiamo un rapido aumento delle temperature ed il codice interrompe le simulazioni a causa delle rapide variazioni dei parametri fisici del fluido.

Area rottura A/A_0 [%]	Temperatura massima in uscita [K]	Incremento rispetto alle condizioni nominali [K]
0,5	327	4
1	330	7
2	338	15
3	345	22
4	353	30
5	365	42
6	373	50
7	381	58
3	389	66
9	394	71

3.6 Simulazione dell'evento incidentale di Overpower

L'utilizzo del codice Relap ha consentito di analizzare il comportamento dell'impianto di refrigerazione del target nel caso di un aumento imprevisto del carico termico da smaltire. In particolare, si è ritenuto opportuno prendere in considerazione sia il caso in cui tale incremento si manifesti per un intervallo di tempo ridotto, sia il caso in cui si ha un incremento a gradino e, quindi, stabile nel tempo.

3.6.1 Picco di potenza

L'incremento del carico termico al target ha riguardato un aumento del 20% del valore nominale che si verifica con una rampa di 10 s seguita da 50 s di potenza stabile pari a 32 kW e una successiva diminuzione fino a 27 kW in 10 s. In figura 3.32 sono riportati gli andamenti dei carichi termici (target e strumentazione), la potenza asportata dal circuito secondario e la potenza netta residua.

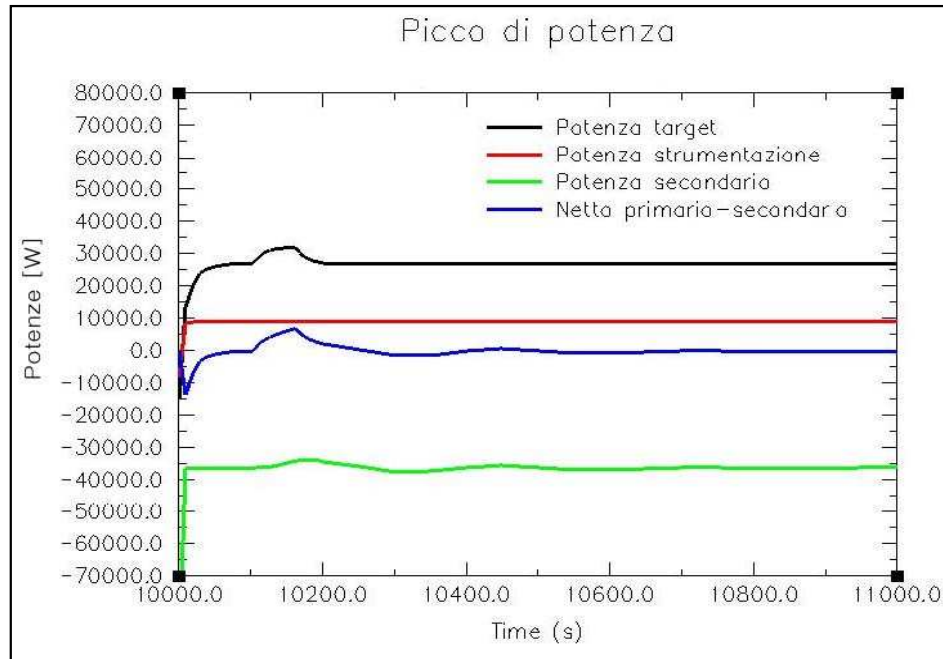


Fig.3.28: Andamento delle potenze termiche

Il picco di potenza al target porta ad un aumento delle temperature del fluido primario e un incremento della potenza asportata dal secondario. Tuttavia, in breve tempo, il sistema si riporta nelle condizioni di stato stazionario precedenti l'incidente. La figura 3.33 rappresenta, invece, l'andamento delle temperature in ingresso ed uscita dalla zona target. La temperatura del fluido in uscita dal target aumenta fino ad un massimo di circa 330 K (incremento di circa 7 K). In breve tempo la temperatura del fluido in uscita dal target si riporta stabilmente alle condizioni nominali. Lo stesso effetto si riscontra per quanto riguarda le temperature in ingresso ed uscita dallo scambiatore, lato primario (vedi figura 3.34) e le temperature della struttura termica del target (vedi figura 3.35). Queste ultime subiscono un incremento massimo di temperatura di 35 K per poi riportarsi gradualmente alle condizioni precedenti l'evento incidentale.

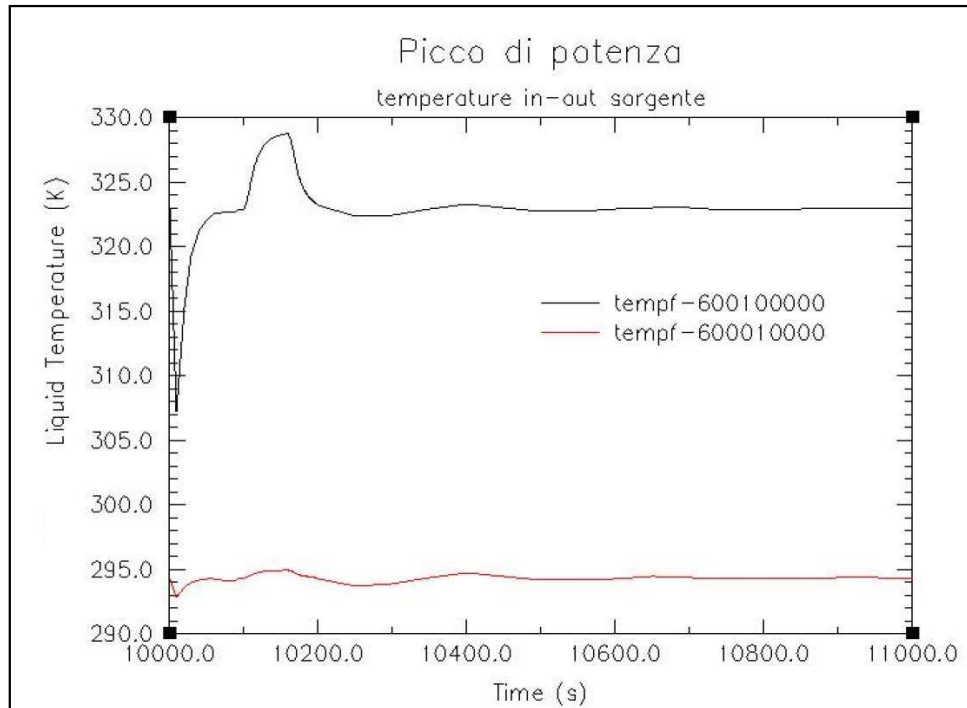


Fig. 3.29: Andamento delle temperature in ingresso ed uscita dal target.

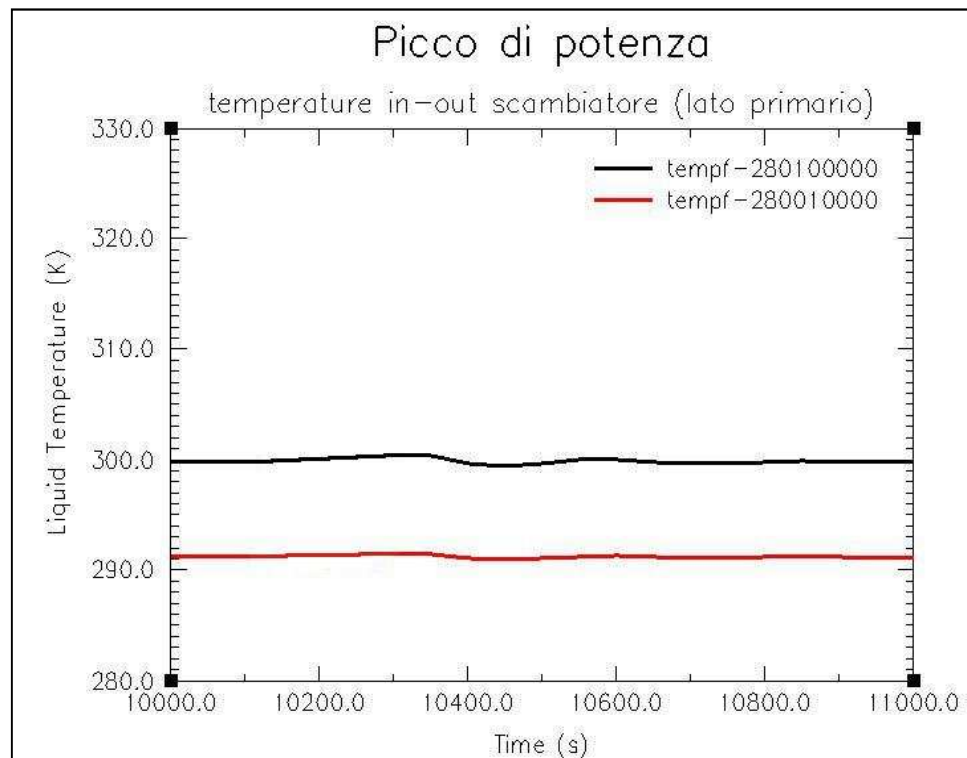


Fig. 3.30: Andamento delle temperature in ingresso ed uscita dallo scambiatore (lato primario).

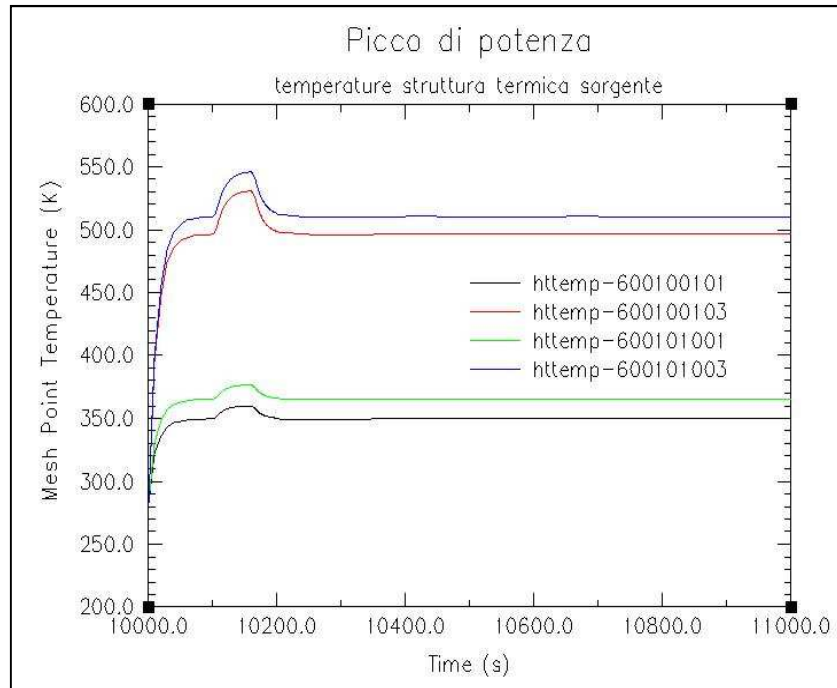


Fig. 3.31: Andamento delle temperature della struttura termica del target.

3.6.2 Gradino di potenza

Tale evento incidentale consiste nell'incremento a gradino della potenza termica del 20% del valore nominale. In particolare, il carico termico del target si porta dal valore iniziale di 27 kW al valore finale di 32 kW. In figura 3.32 sono riportati gli andamenti dei carichi termici (target e strumentazione), la potenza asportata dal circuito secondario e la differenza tra la potenza asportata dal circuito primario e quella del circuito secondario.

L'incremento di potenza si verifica all'istante $t = 10100$ s. In figura 3.32 si può notare che dopo qualche secondo dall'inizio del transitorio incidentale, la potenza asportata dal secondario aumenta e ciò consente di ridurre le temperature massime che vengono raggiunte nel target.

In figura 3.29 si riporta l'andamento delle temperature del fluido in ingresso ed uscita dalla zona target e si può vedere che la temperatura del fluido in uscita raggiunge il valore di 330 K (incremento di circa 7 K rispetto la condizione iniziale).

Lo stesso effetto si riscontra nelle temperature in ingresso ed uscita dallo

scambiatore, lato primario (vedi figura 3.33) e nelle temperature della struttura termica del target (vedi figura 3.34). Queste ultime subiscono un incremento massimo di temperatura di 35 K.

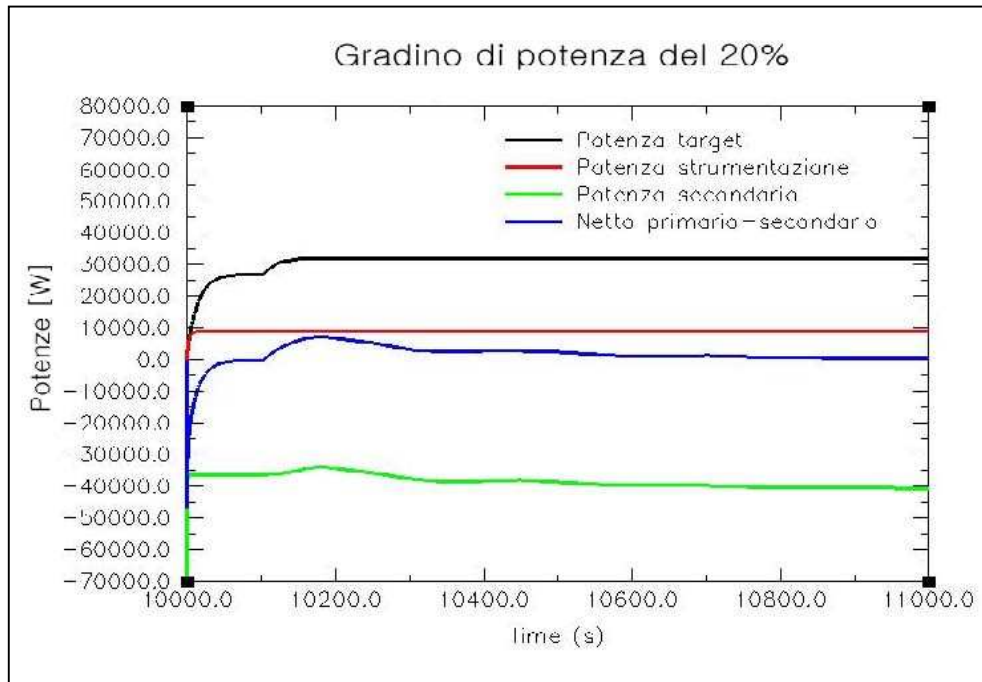


Fig.3.32: Andamento delle potenze termiche

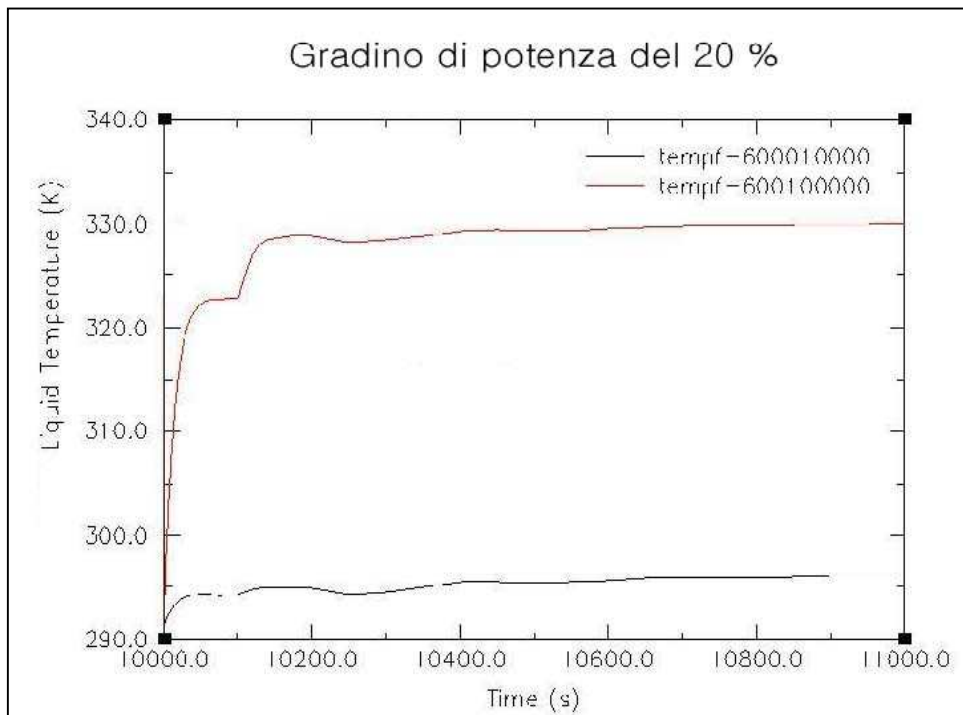


Fig. 3.33: Andamento delle temperature in ingresso ed uscita dallo scambiatore (lato primario).

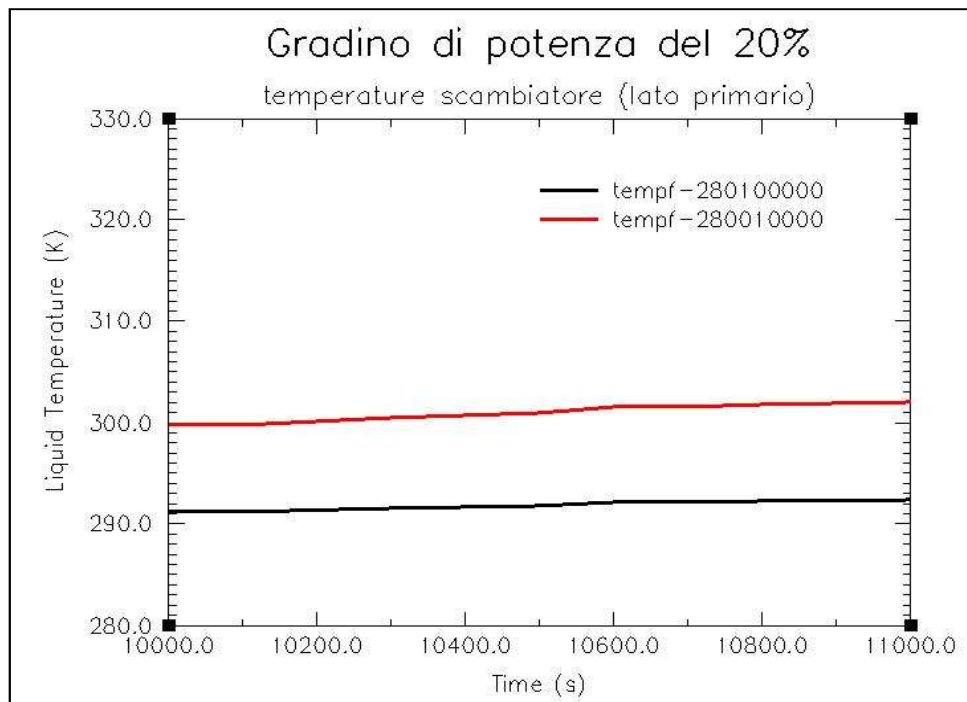


Fig. 3.31: Andamento delle temperature della struttura termica del target.

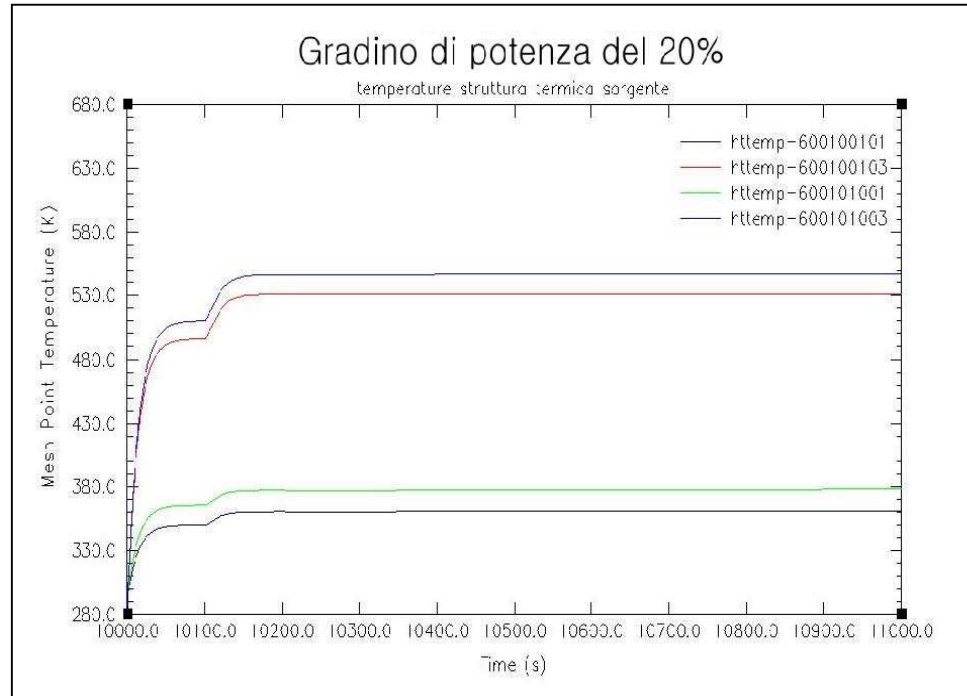


Fig. 3.34: Andamento delle temperature della struttura termica del target.

3.7 CONCLUSIONI

Le simulazioni effettuate mediante il codice Relap5-3D hanno consentito di valutare il comportamento dell'impianto di refrigerazione del target SPES durante i transitori causati da eventi incidentali di tipo LOCA e Overpower.

Per quanto riguarda l'incidente di perdita di refrigerante, dai risultati ottenuti è emerso che il layout esaminato consente un adeguato livello di sicurezza poichè i tempi di svuotamento del circuito sono abbastanza lunghi da consentire la rilevazione del guasto e l'intervento dei sistemi di sicurezza (530 s per una perdita di portata di circa 10% fino a 12 s per una perdita di oltre il 60%). Dall'analisi è emerso che un elemento di particolare importanza per la sicurezza dell'impianto è il serbatoio di accumulo, posto 5 m al di sopra del livello della sorgente e 7 m al di sopra delle pompe. La presenza di tale elemento consente di far fronte alla perdita di refrigerante per un certo intervallo di tempo. Si potrebbe perciò suggerire, nell'ottica di un incremento del livello di sicurezza, di aumentare la capacità di questo serbatoio d'accumulo per garantire tempi di svuotamento più lunghi anche nel caso di perdite del condotto maggiori rispetto a quelle esaminate. La simulazione dell'incidente di Overpower ha consentito di testare la capacità del sistema nel far fronte a variazioni repentine della potenza termica prodotta dal target. Nel caso di un aumento stabile del carico termico, il sistema, dopo un transitorio iniziale, si porta ad una nuova condizione di equilibrio caratterizzata da temperature maggiori del fluido refrigerante in ingresso e in uscita dal target (circa 7 K) ed in ingresso e uscita dallo scambiatore (circa 2 K), nonchè da un incremento di temperatura della struttura termica del target di circa 35 K. L'impianto riesce, comunque, a smaltire il carico termico in eccesso e gli incrementi di temperatura non sono tali da causare danni, almeno, per i transitori esaminati.

Il sistema di refrigerazione del target, dunque, risulta avere un adeguato standard di sicurezza soprattutto per quanto riguarda la capacità di far fronte ad incidenti di overpower.

CAPITOLO 4

LA METODOLOGIA FMECA NELL'ANALISI DI RISCHIO ED UTILIZZO DEL DATABASE R.A.D.

4.1. INTRODUZIONE

La valutazione dei rischi, relativamente ad un processo, ad un'attività o più in generale ad un sistema, può essere definita come una procedura mediante la quale la conoscenza e l'esperienza su progettazione, uso, incidenti, infortuni e danni (relativi al sistema considerato) sono associate tra di loro al fine di individuare e mitigare eventuali criticità. La stima del rischio può essere condotta attraverso metodi di tipo qualitativi o, quando possibile, quantitativi. I metodi quantitativi sono particolarmente appropriati quando la gravità e l'entità prevedibile del danno sono elevate. Essi sono utili per valutare misure di sicurezza alternative e per determinare quale tra queste fornisce la migliore protezione. La loro applicazione tuttavia è limitata dal numero di dati utili dei quali dispone chi effettua la valutazione. In numerose applicazioni pertanto sarà possibile effettuare soltanto una valutazione dei rischi qualitativa. La valutazione dei rischi (*risk assessment*), comprende le seguenti fasi distinte: a) identificazione dei pericoli (*hazard identification*); b) individuazione dei possibili eventi incidentali associati ai suddetti pericoli; c) quantificazione o stima del rischio (*risk estimation*), che a sua volta comporta la stima della probabilità di accadimento degli scenari incidentali individuati, la stima della gravità delle conseguenze associate a detti scenari e, infine, la quantificazione del rischio come combinazione della probabilità e della gravità delle conseguenze; d) valutazione del rischio in senso stretto (*risk evaluation*), cioè confronto con criteri di

accettabilità. Le fasi da a) a c) nel loro complesso costituiscono la fase di *analisi di rischio* (*risk analysis*). Il processo complessivo comprendente l'analisi di rischio e la valutazione di rischio in senso stretto (*risk analysis* e *risk evaluation*) è la valutazione dei rischi in senso lato (*risk assessment*), eventualmente seguito dalla riduzione dei rischi (*risk reduction*). La figura 4.1 illustra il procedimento che può essere seguito nella valutazione della sicurezza di un sistema, in esso sono riconoscibili le fasi di attività precedentemente citate.

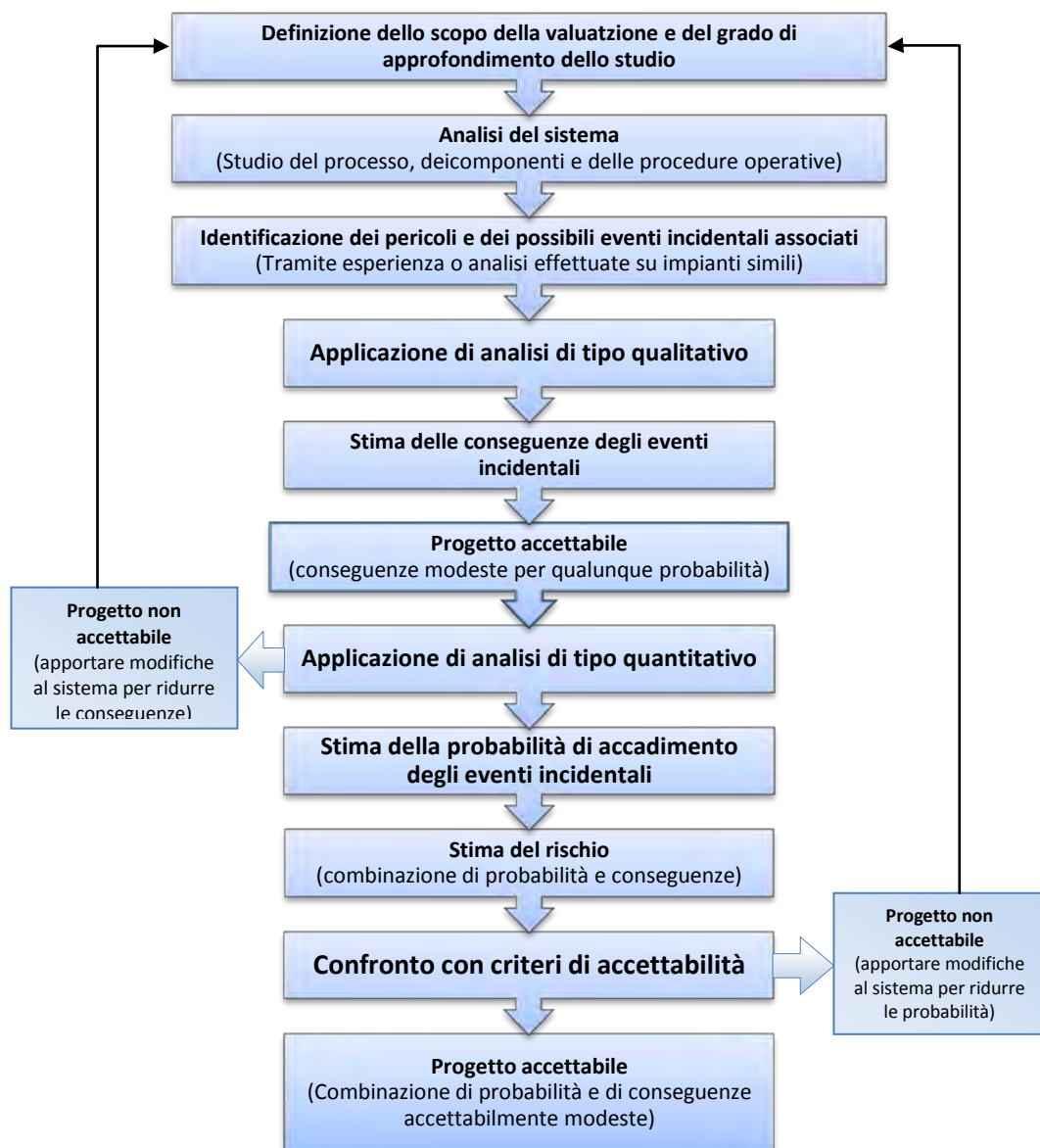


Figura 4.1 - Esempio di procedimento di valutazione della sicurezza di un sistema.

In figura 4.2 vengono invece riportate le principali tecniche di identificazione dei pericoli e di valutazione dei rischi. La scelta dell'una o dell'altra tecnica dipende principalmente dal fatto che vengano garantite la completezza e la correttezza della identificazione degli eventi incidentali.

Fase iniziale, studi generali	Fase progettuale e gestionale	Specifiche situazioni di rischio
Safety Review	What-If/Checklist Analysis	<i>Fault Tree Analysis</i>
<i>Checklist Analysis</i>	<i>HAZOP Analysis (Hazard and Operability Analysis)</i>	<i>Event Tree Analysis</i>
<i>Relative Ranking</i>	FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) o FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)	Cause-Consequence Analysis
PHA (Preliminary Hazard Analysis)		Human Reliability Analysis
<i>What-If Analysis</i>		

Figura 4.2 - Principali tecniche di analisi di rischio.

4.1. LA TECNICA F.M.E.C.A.

La FMECA (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*) è una tecnica di analisi applicabile a un sistema o un processo, il cui scopo è di verificarne l'affidabilità sin dalla fase di ingegnerizzazione. Essa consiste nell'individuazione dei possibili modi di guasto dei componenti che costituiscono il sistema in esame, delle loro conseguenze e degli interventi correttivi che si possono apportare. La caratteristica fondamentale della FMECA è la sistematicità del metodo che consente di individuare, sin dalla fase di progettazione, i principali difetti di progetto e porvi rimedio con semplici correzioni, in modo da alleggerire le

successive fasi di sperimentazione e collaudo. Il risultato deve tendere ad un risparmio di tempo e costi nello sviluppo complessivo del sistema. Nell'analisi FMECA rientrano spesso valutazioni su problematiche quali la manutenibilità del sistema, l'accessibilità dei componenti nonché la sicurezza di funzionamento. Per malfunzionamenti si intendono tutti quei guasti che possono interessare i componenti del sistema e il loro degrado nel tempo; occorre pertanto raggruppare tutti i dati che definiscono il progetto, con lo scopo di valutare la successione degli interventi, causati da ciascun guasto, sul funzionamento globale del sistema. Partendo da un progetto sufficientemente delineato o da un impianto esistente, l'analisi FMECA viene condotta sottoponendo ogni componente ad un esame sistematico allo scopo di:

- determinare e distinguere i possibili guasti in base alla loro rilevabilità;
- valutare la possibilità di sostituzione del componente;
- determinare la necessità di ridondanze o di cambiamento dei materiali;
- identificare per ciascun componente le azioni preventive necessarie per garantire il corretto funzionamento del sistema nel suo ciclo di vita;
- identificare le aree in cui i componenti di controllo siano ispezionabili;
- aumentare la conoscenza e la comprensione del sistema ingegnerizzato;
- eseguire un approccio sistematico rigoroso quanto più il sistema è complesso nelle sue funzioni o missioni.

Quanto detto richiede la scomposizione dettagliata del sistema nei suoi componenti, la conoscenza del funzionamento di ciascuno di essi e una valutazione quantitativa del guasto.

L'analisi viene in genere eseguita compilando per ogni componente una o più schede. In ogni scheda sono riportate :

- la descrizione del componente in esame;
- la sigla di identificazione del componente;
- la descrizione del suo funzionamento;
- l'identificazione dell'unità dell'impianto di cui il componente fa parte;
- la descrizione dell'operazione effettuata dall'unità.

Ogni scheda è suddivisa in 12 colonne, nelle quali vengono riportati i seguenti dati:

- modalità di guasto: vengono descritti tutti i modi di guasto del componente in esame, ovvero tutte le possibili modalità di rottura o di errato funzionamento;
- fase operativa: vengono descritte le condizioni operative del componente (es. valvola: aperta, chiusa, etc.);
- effetti locali: si riportano le conseguenze che ciascun modo di guasto comporta per il più piccolo insieme che contiene l'elemento;
- effetti sull'impianto: vengono riportati gli effetti del guasto del singolo componente su tutto l'impianto preso in esame. Sebbene le conseguenze del guasto nei confronti dell'intero complesso non siano immediatamente valutabili, attraverso un accurato studio dell'impianto, dei processi e dei suoi componenti è possibile tuttavia restituirne una valutazione;

- metodi di rilevazione: per ogni modo di guasto vengono indicati parametri, o eventuali fenomeni, da tenere sotto controllo ai fini di una tempestiva identificazione del guasto avvenuto;
- -misure per mitigare: vengono elencate tutte le possibili procedure che permettono, per ciascun modo di guasto identificato, di mitigarne gli effetti;
- osservazioni: per ciascun modo di guasto vengono suggerite appropriate procedure o miglioramenti impiantistici, allo scopo di diminuire la probabilità che il guasto si manifesti e la pericolosità delle sue conseguenze sull'impianto;
- tasso di guasto: in questa colonna vengono riportati i tassi di guasto per ciascuna modalità di guasto dei componenti analizzati, generalmente in h^{-1} ;

Nelle successive tre colonne vengono indicati i tre parametri caratteristici dell'analisi della criticità del guasto: *Occurrence*, *Severity*, *Detection*. Con riferimento a precise scale di valutazione regolate da normative internazionali, questi tre indici operano una descrizione quantitativa del guasto del componente in esame, fornendo informazioni rispettivamente su: probabilità di accadimento del modo di guasto; gravità delle sue conseguenze; probabilità che esso venga rilevato dall'operatore. In particolare, tali scale possono essere classificate come segue:

- *Occurrence*: varia tra 1 e 10, sulla base della probabilità che il modo di guasto esaminato si verifichi durante la missione del componente. Viene assegnato il valore 10 alla categoria più "indesiderata", relativa a un

guasto quasi inevitabile;

- *Severity*: si riferisce alla gravità del guasto, mediante una scala di valori compresi tra 1 e 10, in ordine crescente relativamente alla severità del danno generato. Viene riportato, congiuntamente al valore numerico, anche il livello di severità (*Minor, Marginal, Critical, Catastrophic*);
- *Detection*: variabile anch'esso tra 1 e 10, definisce la probabilità che il modo di guasto in esame venga rilevato dall'operatore. Viene assegnato il valore 10 alla categoria più "pericolosa", alla quale appartengono tutti quei modi di guasto che presentano una probabilità di rilevazione molto bassa.

Nell'ultima colonna della scheda FMECA viene riportato infine il *Risk Priority Number (RPN)*, indice costituito dal prodotto dei tre parametri sopra elencati. Un valore alto di questo indice associato al modo di guasto in esame caratterizza una situazione di pericolo verso la quale occorre prestare una maggiore attenzione. La classificazione utilizzata nell'analisi per i parametri *Occurrence, Severity e Detection* viene riportata nelle tabelle 4.1÷ 4.3. In particolare, in tabella 4.1 si riporta la scala utilizzata per valutare l'indice *Occurrence*, in cui i tassi di guasto vengono riportati in y^{-1} (anni⁻¹).

Indice OCCURRENCE	Tassi di guasto λ (y^{-1})	Grado
Molto Alto (il guasto è quasi inevitabile)	≥ 2917	10
	1095	9
Alto (I guasti sono molti e relativamente frequenti)	365	8
	122	7
Moderato (il guasto si presenta in maniera occasionale)	53	6
	12	5
	2	4
Basso (Il numero dei guasti è relativamente basso)	0.9	3
Molto basso (I guasti sono pochi e non frequenti)	0.5	2
Minimo (il guasto è improbabile)	≤ 0.2	1

Tabella 4.1 - Scala dell'indice Occurrence

In tabella 4.2 viene mostrata la scala dei valori utilizzata per la valutazione dell'indice Severità. Tali valori vengono elencati in ordine crescente relativamente alla severità del danno generato dal guasto in esame. Inoltre, è riportata anche una corrispondenza con la classificazione del danno secondo una scala che prevede quattro livelli di severità, come descritto in precedenza. Si riporta infine in tabella 4.3 la scala utilizzata per la valutazione dell'indice Detection.

Danno generato	Descrizione	Livello di severità	Grado
Pericoloso (senza preavviso)	Causa una perdita della funzionalità del sistema e un gran numero di morti.	I Catastrophic	10
Pericoloso (con preavviso)	Crea gravi danni al sistema e possibili danni al personale.	II Critical	9
Molto alto			8
Alto			7
Moderato	Potrebbe danneggiare il sistema in alcuni punti, ma senza ledere la funzionalità.	III Major	6
Basso			5
Molto basso			4
Piccolo	Non ha effetti sul sistema.	IV Minor	3
Molto piccolo			2
Nessuno			1

Tabella 4.2 - Scala dell'indice Severity

Descrizione	Grado
Probabilità molto alta che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli rileveranno quasi sicuramente l'esistenza di un'anomalia o un guasto.	1-2
Probabilità alta che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli hanno una buona probabilità di rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto.	3-4
Probabilità moderata che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli sono probabilmente in grado di rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto.	5-7
Probabilità bassa che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli non sono probabilmente in grado di rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto.	8-9
Probabilità molto bassa (o nulla) che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli non sono in grado di rilevare (o non possono rilevare) l'esistenza di un'anomalia o un guasto.	10

Tabella 4.3 - Scala dell'indice Detection.

4.3. IL DATABASE R.A.D. (RISK ANALYSIS DATABASE)

Come anticipato nel precedente paragrafo, nel presente lavoro di tesi è stata utilizzata la tecnica dell'analisi FMECA per condurre un'analisi di sicurezza sul Front-End dell'impianto SPES. Per l'applicazione di tale tecnica ci si è avvalsi di un database denominato RAD (Risk Analysis Database), sviluppato presso il Dipartimento dell'Energia, sezione Nucleare, dell'Università degli Studi di Palermo che fa ricorso al software Access della Microsoft [12]. Grazie ad un'interfaccia user-friendly, si ha la possibilità di adattare, alle proprie esigenze di indagine, la gestione del database, pertanto, tale strumento risulta essere molto versatile per l'analisi di sicurezza di sistemi più o meno complessi. Come mostrato in figura 3.6, dalla schermata d'avvio è possibile ad esempio scegliere

se effettuare un'analisi di tipo FMEA (failure modes and effects analysis) FMECA (Failure mode, effects and criticality analysis) o FMEDA (Failure mode, effects and diagnostic analysis), accedere direttamente ai reports delle analisi già effettuate o cancellare i dati esistenti per effettuarne di nuove.

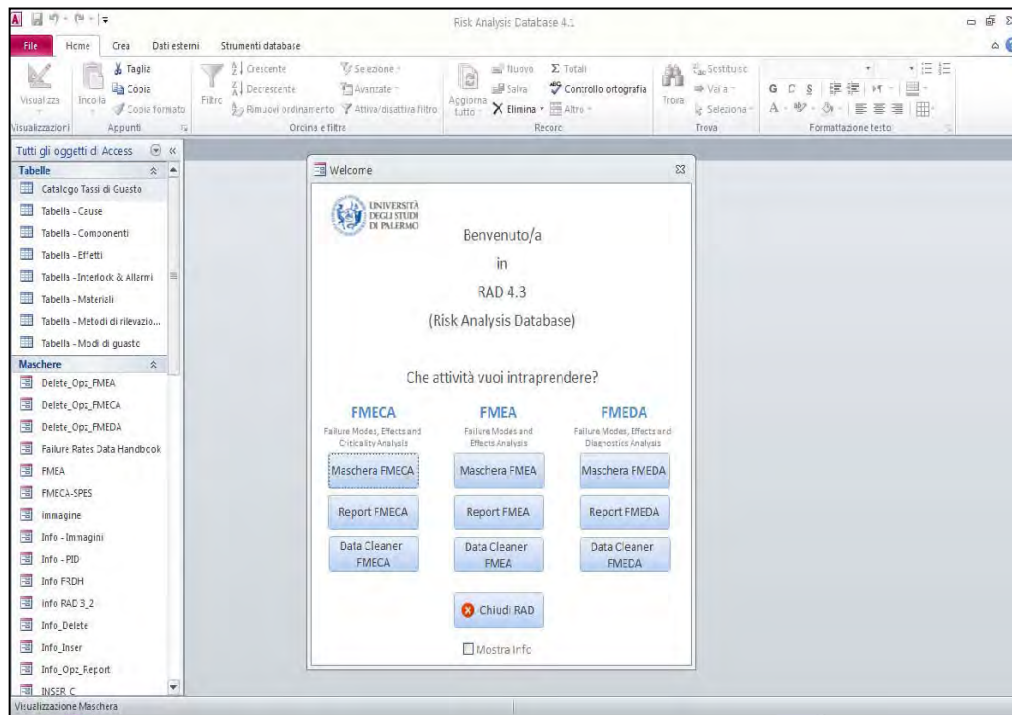


Figura 4.3 - Schermata di avvio del database RAD.

Come è possibile osservare dalla figura 4.4, il database RAD è formato da una serie di tabelle, maschere e reports. L'utente può infatti gestire le informazioni catalogandole in tabelle appropriate per poi richiamare tali records al momento opportuno. Per facilitare le operazioni di inserimento dati, sono presenti delle maschere che fungono da interfaccia tra l'utente e i dati contenuti nelle tabelle. Ogni maschera è divisa in varie sezioni: è possibile, ad esempio, inserire tutta una serie di dati relativi al componente di interesse (codice,

descrizione, fase operativa, immagine ed eventuale riferimento al P&I d'impianto), i modi di guasto, gli indici che caratterizzano la tecnica di analisi di rischio utilizzata, il tasso di guasto e il riferimento alla fonte utilizzata (handbook o dati forniti direttamente dal costruttore). I risultati delle analisi vengono tradotti, infine, in reports, i quali consentono la visualizzazione finale delle schede relative alla metodologia di analisi utilizzata e permettono l'eventuale raggruppamento di schede relative allo stesso componente ma in fasi operative diverse, nonché la rappresentazione della serie di dati tramite grafici Microsoft Excel o MSGraph.

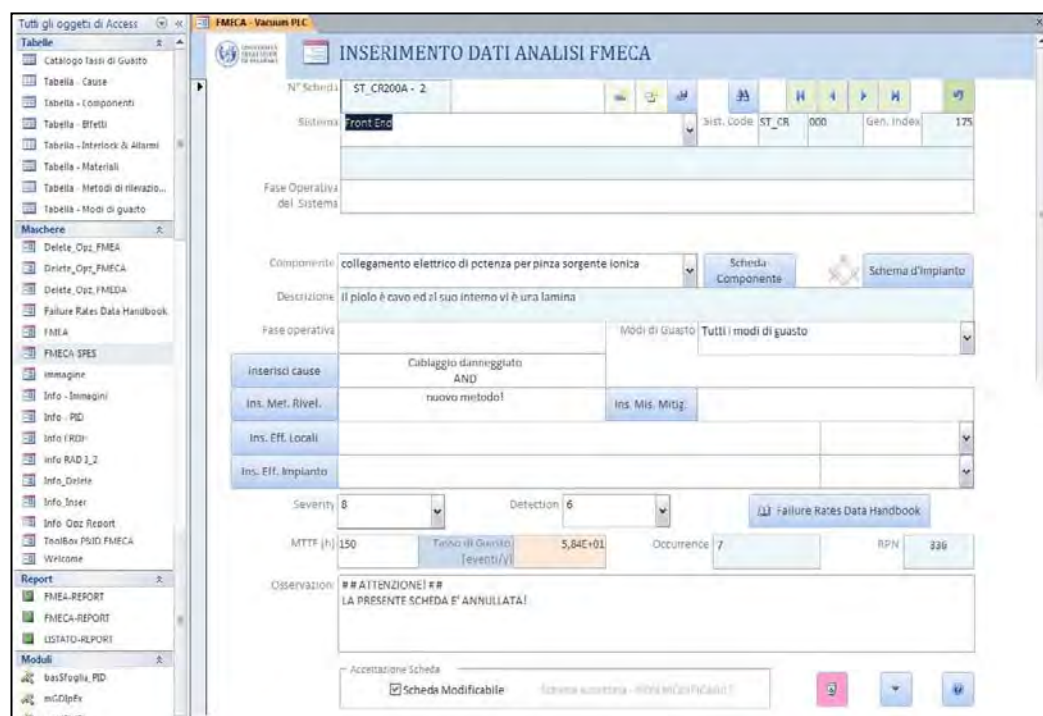


Figura 4.4 - Principali tabelle, maschere e reports presenti nel database.

4.3.1 Tabelle del database RAD

Di seguito vengono elencate e descritte le principali tabelle contenute nel database RAD.

1) Tabella Componenti

La tabella in esame (Figura 4.5) contiene i seguenti campi:

- *Nome Componente*: contiene il nome del componente ed eventuali indicazioni riguardo casa produttrice, serie e modello;
- *Prefisso*: contiene una sigla identificativa che consente una classificazione del componente sulla base della sua appartenenza ad un sistema (ad esempio, nel tipo di codifica SPES, “ST_VS” classifica i componenti del Vacuum System);
- *Codici componente* (1st code, 2nd code, 3rd code, 4th code): i quattro campi in esame contengono valori numerici (1st code, 2nd code, 3rd code) e lettere (4th code) che vengono aggiunti al prefisso del componente allo scopo di identificarlo in modo univoco;
- *Descrizione*: contiene informazioni utili per ogni componente, a livello di dettagli tecnici, funzionalità specifica, disposizione, etc.;
- *Materiale*: contiene informazioni sui materiali del componente (nel caso di componenti costituiti da più materiali, troveremo la voce “Vari”);
- *Tipologia*: fornisce indicazioni sulla tipologia del componente esaminato;
- *Tasso di guasto*: contiene il valore del tasso di guasto fornito dalle ditte produttrici o eventualmente riportato sui manuali tecnici.

ID	Nome Componente	Prefisso	1st code	2nd code	3rd code	4th code	
2	Front End	ST_CR	0	0	0		
4	Front End sezione rimovibile	ST_FE	2	0	0		composto dalle
5	supporto	ST_FE	2	1	0		Cambio ogni 7
6	Sistema di estrazione	ST_FE	2	2	0		l'elettrodo vier
7	Attuatore pneumatico	ST_FE	2	3	0		permette la mc
8	Isolatore principale	ST_FE	2	4	0		consente di ma
9	tavolo di accoppiamento	ST_FE	2	5	0		consente di acc
10		ST_FE	1	0	0		linea di uscita f
11	supporto fisso	ST_FE	1	1	0		sostegno per q
12	quadrupoli focalizzazione fascio secondario	ST_FE	1	2	0		
13	canale fascio primario	ST_FE	3	0	0		canale di "addu
14	protonic fame	ST_FE	3	1	0		
15	collimatore fascio protonico	ST_FE	3	2	0		
16	Blocco dignosi fascio protonico	ST_FE	3	3	0		
17	Isolatore canale fascio protonico	ST_FE	3	4	0		
18	camera target	ST_CR	0	0	0	A	
19	Supporto principale target	ST_CR	1	0	0	A	il supporto con
20	collegamento elettrico di potenza per pinza	ST_CR	2	0	0	A	il piolo è cavo e
21	collegamento elettrico di potenza per pinza	ST_CR	3	0	0	A	il piolo è cavo e
22	collegamento elettrico di potenza per pinza	ST_CR	4	0	0	A	il piolo è cavo e
23	copercchio sorgente ionica	ST_CR	5	0	0	A	si accoppia con
24	supporto principale target con magnete di es	ST_CR	0	0	0	B	supporto munì
25	Blocco Target	ST_TB	0	0	0	A	
26	Dischi Target	ST_TB	1	1	0	A	è composto da
27	contenitore dischi target	ST_TB	1	2	0	A	
28	sistema di riscaldamento target	ST_TB	2	0	0	A	per effetto jou
29	linea di trasferimento	ST_TB	3	0	0	A	serve per l'estr
30	sorgente termoionica emissione superfidale	ST_SI	0	0	0		
31	ionizzatore della sorgente termoionica	ST_SI	1	0	0		

Figura 4.5 - Tabella componenti.

2) Tabella – Modi di guasto

La presente tabella (Figura 4.6) contiene una breve ed essenziale descrizione dei modi di guasto individuati dall'analista relativamente ai componenti esaminati.

ID	modo di guasto
	Rottura
2	Avaria
3	perdita dell'integrità meccanica
4	perdita di isolamento elettrico
6	deviazione grandezza dal normale range di funzionamento
9	perdita di tenuta idraulica
12	perdita di tenuta pneumatica
14	errata misura della grandezza in oggetto
15	danneggiamento da radiazione
16	disallineamento
17	cortocircuito elettrico
18	apertura circuito elettrico
*	(Nuovo)

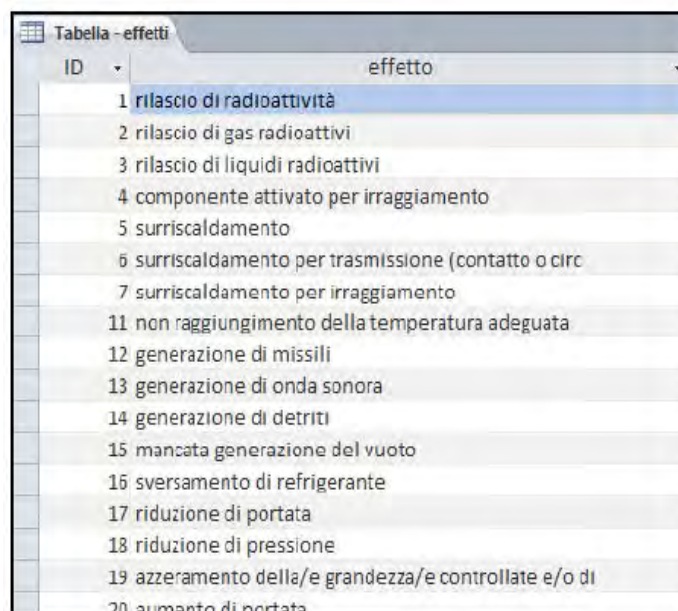
Figura 4.6 - Tabella modi di guasto.

3) Tabella – Cause

La tabella “Cause” contiene un archivio di possibili cause associate a un generico modo di guasto di un componente dell’impianto da analizzare.

4) Tabella – Effetti

La tabella in esame (Figura 4.7) cataloga tutti i possibili effetti che un generico modo di guasto analizzato può avere a livello locale (componente) e a livello globale (sistema).



ID	effetto
1	rilascio di radioattività
2	rilascio di gas radioattivi
3	rilascio di liquidi radioattivi
4	componente attivato per irraggiamento
5	surriscaldamento
6	surriscaldamento per trasmissione (contatto o circ
7	surriscaldamento per irraggiamento
11	non raggiungimento della temperatura adeguata
12	generazione di missili
13	generazione di onda sonora
14	generazione di detriti
15	mancata generazione del vuoto
16	sversamento di refrigerante
17	riduzione di portata
18	riduzione di pressione
19	azzeramento della/e grandezza/e controllate e/o di
20	aumento di portata

Figura 4.7 -Tabella effetti.

5) Tabella – Metodi di rilevazione

La tabella “Metodi di rilevazione” (Figura 4.8) contiene i seguenti campi:

- *Strumento*: indica lo strumento o il processo utilizzato per rilevare il guasto considerato del componente in esame;
- *Sensibilità*: fornisce un dato qualitativo per quanto riguarda la sensibilità dello strumento di rilevazione del guasto (i.e. “elevata”, “scarsa”, etc.);

- *Sensibilità adeguata?*: contiene una casella di spunta, grazie alla quale è possibile indicare se la sensibilità dello strumento sia sufficiente o meno ai fini d’una corretta rilevazione del guasto del componente;
- *Range*: fornisce l’intervallo di misura dello strumento;
- *Range adeguato?*: contiene casella di spunta, grazie alla quale è possibile indicare se il range di misura dello strumento di rilevazione sia adeguato o meno ai fini dell’individuazione del guasto del componente.

ID	strumento	sensibilità	sensibilità adeguata?	range	range adeguato?
	1 pirometro		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2	sonda di pirani		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3	voltmetro		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4	amperometro		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
5	wattmetro		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
6	flussometro		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
7	termometro sorgente		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
8	termometro circuito primario		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
9	misuratore di pressione sorgente		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
10	misuratore id pressione primario		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
11	Geiger		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
12	autodiagnostica	elevata	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
*	(Nuovo)		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Figura 4.8 -Tabella metodi di rilevazione.

6)Tabella – Interlock & Allarmi

La presente tabella contiene un elenco di sistemi di interlock e allarme che possono essere installati nella facility allo scopo di mitigare gli effetti del guasto di un generico componente (i.e. “visivo”: sistema di interlock basato su fotocellule e/o videocamere di sorveglianza; “radiologico”: sistema di allarme basato sull’uso combinato di rivelatori di radiazioni ionizzanti e automatismi

gestiti da PLC; etc.). Tali valori vengono richiamati nelle voci di campo “Misure per mitigare” della maschera “FMECA–SPES”, in base alla scelta dell’analista.

7) Tabella – Detection

La presente tabella definisce la scala dell’indice *Detection*, ovvero quel parametro quantitativo relazionato alla probabilità di rilevazione del guasto, che può assumere valori compresi tra 1 e 10. La tabella presenta i seguenti campi (Figura 4.9):

- *Descrizione*: il seguente campo contiene la definizione qualitativa del parametro *Detection*;
- *Grado*: contiene il valore dell’indice *Detection* per il modo di guasto esaminato;
- *Commenti*: contiene l’eventuale commento dell’utente, che cataloga la tipologia di rilevazione del guasto;

ID	Descrizione	Grado	Commenti
1	Probabilità molto alta che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli sono sicuramente in grado di rilevare l'esistenza di anomalie	1	rilevamento guasto molto alto, rilevamento anomalie sicuro.
2	Probabilità molto alta che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli rileveranno quasi sicuramente l'esistenza del guasto	2	rilevamento guasto molto alto, rilevamento anomalie quasi sicuro.
3	Probabilità alta che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli hanno ottime probabilità di rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto.	3	rilevamento guasto alto, rilevamento anomalie molto buono.
4	Probabilità alta che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli hanno buone probabilità di rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto.	4	rilevamento guasto alto, rilevamento anomalie buono.
5	Probabilità moderata che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli hanno sufficienti probabilità di rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto	5	rilevamento guasto sufficiente, rilevamento anomalie più che sufficiente.
6	Probabilità moderata che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli potrebbero rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto	6	rilevamento guasto sufficiente, rilevamento anomalie sufficiente.
7	Probabilità moderata che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli potrebbero avere difficoltà a rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto	7	rilevamento guasto sufficiente, rilevamento anomalie mediocre.
8	Probabilità bassa che il guasto sia rilevato. Una verifica e/o dei controlli probabilmente non sono in grado di rilevare l'esistenza di un'anomalia o un guasto	8	rilevamento guasto mediocre, rilevamento anomalie scarso.

Figura 4.9 -Tabella Detection.

8) Tabella – Occurrence

La presente tabella gestisce il parametro *Occurrence*, sulla base della frequenza di guasto. Tale parametro può assumere valori compresi tra 1 e 10. I campi presenti nella tabella sono i seguenti:

- *Grado*: contiene il valore dell'indice *Occurrence* sulla base delle categorie descritte nel paragrafo precedente;
- *Indice Occurrence*: presenta una descrizione in termini qualitativi, relativamente alla categoria dell'indice (i.e. *Minimo, Molto Basso, Alto* etc.). Ciascuna di queste definizioni può essere a sua volta classificata mediante una lettera (*L -Low, M-Medium, H - High*) che caratterizza la sua importanza;
- *Tasso di guasto*: attraverso l'inserimento del MTTF nella maschera "FMECASPES", viene ricavato il tasso di guasto λ e associato al relativo grado della tabella dell'indice *Occurrence*.

9) Tabella – Severity

Il parametro *Severity* qualifica l'entità del danno generato da un determinato guasto mediante la configurazione di opportune classi di danno (I, II, III, IV) e può assumere valori compresi tra 1 e 10. Nella presente tabella (Figura 4.10) sono contenuti i seguenti campi:

- *Danno Generato*: contiene una o più parole chiavi (i.e. Nessuno, Piccolo, Pericoloso con preavviso etc.) per identificare l'entità del danno generato dal modo di guasto preso in esame;

- *Descrizione*: il seguente campo fornisce una breve descrizione degli effetti del modo di guasto sull'intero sistema (o su parte di esso), sulla base delle definizioni riportate nel paragrafo precedente;
- *Livello Severità*: riporta la classe d'appartenenza relativa al grado del parametro Severity;
- *Grado*: indica il valore numerico associato alla rispettiva categoria di danno generato.

Danno Generato	Descrizione	Livello severità	Grado
Nessuno	Non ha effetti sul sistema	IV - Minor - L	1
Molto piccolo	Non ha effetti sul sistema	IV - Minor - M	2
Piccolo	Non ha effetti sul sistema	IV - Minor - H	3
Molto basso	Potrebbe danneggiare il sistema in alcuni punti, ma senza ledere la funzionalità	III - Major - L	4
Basso	Potrebbe danneggiare il sistema in alcuni punti, ma senza ledere la funzionalità	III - Major - M	5
Moderato	Potrebbe danneggiare il sistema in alcuni punti, ma senza ledere la funzionalità	III - Major - H	6
Alto	Crea gravi danni al sistema e possibili danni al personale	II - Critico - L	7
Molto alto	Crea gravi danni al sistema e possibili danni al personale	II - Critico - M	8
Pericoloso con preavviso	Crea gravi danni al sistema e possibili danni al personale	II - Critico - H	9
Pericoloso senza preavviso	Causa la perdita di funzionalità del sistema ed un gran numero di morti	I - Catastrofico	10

Figura 4.10 -Tabella severity.

10) Tabella – FMECA-SPES

La tabella “FMECA-SPES” viene compilata sulla base dei dati forniti nei campi delle altre tabelle descritte in precedenza, mediante la relativa maschera di inserimento. Di seguito vengono elencati soltanto i campi che completano la formulazione delle schede FMECA, quali:

- *Fase operativa*: campo che contiene una breve descrizione delle condizioni operative del componente (i.e. Acceso, Misurazione del grado di vuoto, etc.);
- *Sistema*: fornisce indicazioni sul sistema dell'impianto al quale il componente esaminato appartiene. Il presente campo viene compilato

mediante le voci elencate nella tabella “Componenti”. In tale tabella, i sistemi ai quali i vari componenti appartengono sono caratterizzati da opportuni codici identificativi che consentono una visualizzazione immediata dei vari sottoinsiemi e i componenti a loro correlati nella tabella;

- *Descrizione del sistema*: contiene informazioni sul sistema d'appartenenza del componente esaminato;
- *Fase operativa del sistema*: campo in cui l'analista indica la fase operativa analizzata per il sistema in esame;
- *MTTF*: i valori del seguente campo si riferiscono al parametro MTTF (Mean Time To Failure), in termini di ore di funzionamento attese per il componente prima del manifestarsi del modo di guasto al quale tale parametro è riferito, sotto opportune condizioni operative;
- *Tasso di guasto*: viene riportato il tasso di guasto del componente in esame (in h^{-1}). Tale campo può essere compilato manualmente dall'utente, oppure calcolato a partire dal campo MTTF secondo l'espressione:

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \quad (4.1)$$

- *RPN*: in questo campo viene calcolato l'indice RPN (Risk Priority Number) mediante l'espressione:

$$RPN = (\text{Occurrence}) \times (\text{Detection}) \times (\text{Severity}) \quad (4.2)$$

Tale indice, che può assumere valori compresi nel range $1 \leq RPN \leq 1000$,

consente di identificare la criticità del guasto in esame. Infatti, un valore alto di RPN denota una situazione di pericolo verso cui porre una maggiore attenzione. L'utente può selezionare i valori dei parametri Detection e Severity tramite un menù a tendina in cui vengono richiamati i records salvati nelle rispettive tabelle. Il campo Occurrence, invece, è compilato automaticamente a partire dal valore di λ del modo di guasto in esame;

– *Osservazioni*: campo che contiene eventuali precisazioni, dati o informazioni aggiuntive che l'analista ritiene utili per eventuali chiarimenti delle schede; -N° Scheda: campo calcolato che consente di identificare in maniera univoca ogni report delle analisi FMECA. L'indice "N° Scheda" è indispensabile ai fini di una funzionale catalogazione dei reports dell'analisi FMECA, in quanto l'analista deve poter essere in grado, a lavoro ultimato, di rintracciare correttamente ogni singolo report.

4.3.2 Reports del database RAD

I reports sono gli oggetti del database che consentono di analizzare rapidamente i dati elaborati e di presentarli in un ben definito formato, funzionale alla visualizzazione e alla stampa. Essi vengono pertanto relazionati alle tabelle del database, costituendone una traduzione sinottica dei dati in esso contenuti. I reports del database RAD vengono generati a partire dai dati contenuti nella tabella "FMECA-SPES" e raccolti nel "prodotto finito", come mostrato in **Figura 4.11**. È presente una funzione, inserita mediante programmazione in VBA, che consente di utilizzare gli operatori logici "AND" e

“OR” all’interno delle colonne dei reports, durante la compilazione dei vari campi nelle maschere di inserimento dati. Le schede dell’analisi FMECA effettuata con il database RAD sul Front-End dell’impianto SPES sono riportate in Appendice A.1.


N° SCHEDA	ST_CR000B - 15		Gen. Index	236								
Sistema	camera target											
Descrizione del sistema												
Fase operativa del sistema	Beam OFF											
Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola - scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di polvericolo	Rottura del vuoto e possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Strumenti di misura del vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		3,70E-02	1	7	3	21

Figura 4.11 -Esempio di scheda FMECA realizzata mediante il database RAD

CAPITOLO 5

APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA FMECA AL FRONT-END DELL'IMPIANTO

SPES

5.1. INTRODUZIONE

Come descritto nel capitolo 4, la metodologia FMECA richiede una conoscenza dettagliata dei tassi e dei modi di guasto dei componenti, delle misure di mitigazione previste, dei metodi di rilevazione e degli effetti potenziali dei singoli guasti. Poichè gli effetti e le misure di mitigazione previste per ogni modo di guasto del componente possono essere sostanzialmente differenti a seconda della fase operativa in esame, si è ritenuto opportuno porre particolare attenzione nel differenziare l'analisi considerando ciascun componente (e quindi ciascun modo di guasto) in tutte le fasi operative previste.

5.2. FASI OPERATIVE ANALIZZATE

Nell'ambito dell'analisi FMECA condotta sul sistema front-end dell'impianto SPES, sono state individuate ed esaminate 6 diverse fasi operative, ciascuna delle quali caratterizzata da particolari parametri di sistema e, di conseguenza, da diverse modalità di risposta ai singoli eventi incidentali.

Le fasi operative analizzate sono:

1. Fore Vacuum
2. Vacuum
3. Ready to Beam

4. Beam ON
5. Beam OFF
6. Venting

Le prime due fasi (*Fore Vacuum* e *Vacuum*) riguardano una serie di operazioni volte a creare le condizioni di alto grado di vuoto (10^{-6} mbar) richieste all'interno della Camera Target, del Canale RIB e del Canale PPB al fine di garantire le corrette condizioni operative prima dell'attivazione del sistema di riscaldamento del target e del sistema di alimentazione della piattaforma ad alta tensione (HV platform).

Questi due sistemi, infatti, devono essere attivati solo dopo il completamento delle operazioni di vuoto e devono essere disattivati prima dell'arresto per ovvi motivi di sicurezza legati all'isolamento elettrico e termico del target.

Allo scopo di evitare errori potenzialmente pericolosi nell'esecuzione delle sequenze operative del *Fore Vacuum* e del *Vacuum*, queste sono gestite interamente dal Vacuum PLC. Una interfaccia uomo/macchina (HMI Human-Machine Interface), inoltre, consente all'operatore di individuare eventuali malfunzionamenti e di intervenire sul sistema [13].

Il *Fore Vacuum* è caratterizzato da una serie di operazioni preliminari nelle quali vengono azionate le sole pompe rotative per garantire le corrette condizioni di pressione (10-2 mbar) per l'avviamento delle pompe turbomolecolari.

La fase di *Vacuum* può essere avviata una volta stabilite le corrette

condizioni di pressione a monte e a valle della turbopompa che per sue caratteristiche intrinseche non può essere avviata in un ambiente a pressione atmosferica. Una volta raggiunto il grado di vuoto prestabilito, il PLC disattiva le pompe ed impone un valore massimo di "errore" (differenza tra pressione di progetto e pressione rilevata) superato il quale la linea deve essere riattivata [14], realizzando in questo modo un ciclo di isteresi. In figura 5.1 è riportato un esempio di questa tipologia di regolazione, in ascisse è riportato il tempo ed in ordinate l'andamento della pressione misurata nelle fasi di ON e OFF della linea di pompaggio, valori tipici dell'isteresi in applicazioni da vuoto si aggirano intorno al 10% del valore nominale di pressione.

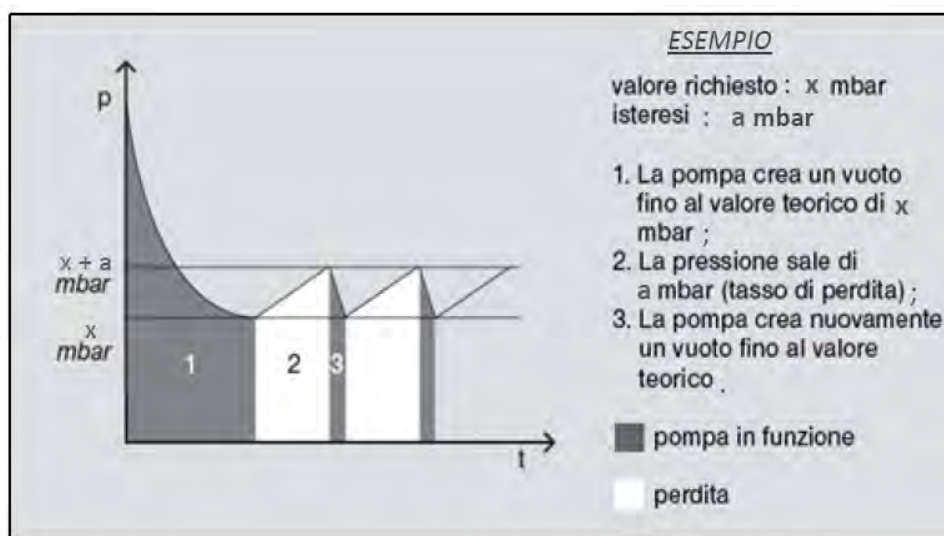


Figura 5.1 - Ciclo di isteresi del vuoto

La fase denominata *Ready to beam* è caratterizzata dagli stessi parametri operativi di vuoto della fase di *Vacuum*, ma si differenzia da quest'ultima perché vengono attivati il sistema di riscaldamento del target ed il sistema di alimentazione della piattaforma ad alta tensione (HV platform). Tale fase operativa presenterà dunque elementi ulteriori di rischio.

Una volta instaurato il prestabilito grado di vuoto, la corretta distribuzione termica del blocco target e la differenza di potenziale necessaria all'estrazione degli ioni prodotti, è possibile passare alla successiva fase di *Beam ON*.

Ciò che differenzia la fase *Ready to beam* da quella di *Beam ON* è sostanzialmente l'attivazione del fascio primario di protoni e dunque la produzione, ionizzazione e accelerazione degli isotopi radioattivi prodotti. Si inserisce quindi l'ulteriore elemento di rischio legato a fattori radioprotezionistici.

La successiva fase di *Beam OFF* inizia una volta completata la fase di irraggiamento: il fascio primario viene disattivato ed hanno inizio i transitori di spegnimento del sistema di riscaldamento del target e dell'alimentatore della piattaforma ad alta tensione. I parametri operativi riguardanti il mantenimento dell'alto vuoto sono invece del tutto analoghi a quelli della fase precedente. In questa fase, tuttavia, deve ancora essere tenuto in considerazione il fattore di rischio legato alla presenza di elementi radioattivi.

Quando infine i transitori di spegnimento del sistema di riscaldamento del target e dell'alimentatore della piattaforma ad alta tensione possono ritenersi conclusi, è possibile passare alla fase di *Venting*. Il sistema di produzione del vuoto viene arrestato e viene attivata la linea di venting che riporta lentamente a pressione atmosferica la camera target e i canali ad essa collegati.

5.3. COMPONENTI E MODI DI GUASTO

L'analisi ha riguardato l'intero front-end, i suoi sistemi di alimentazione elettrica ed il sistema di produzione del vuoto (vedi fig 5.2, 5.3, 5.4).

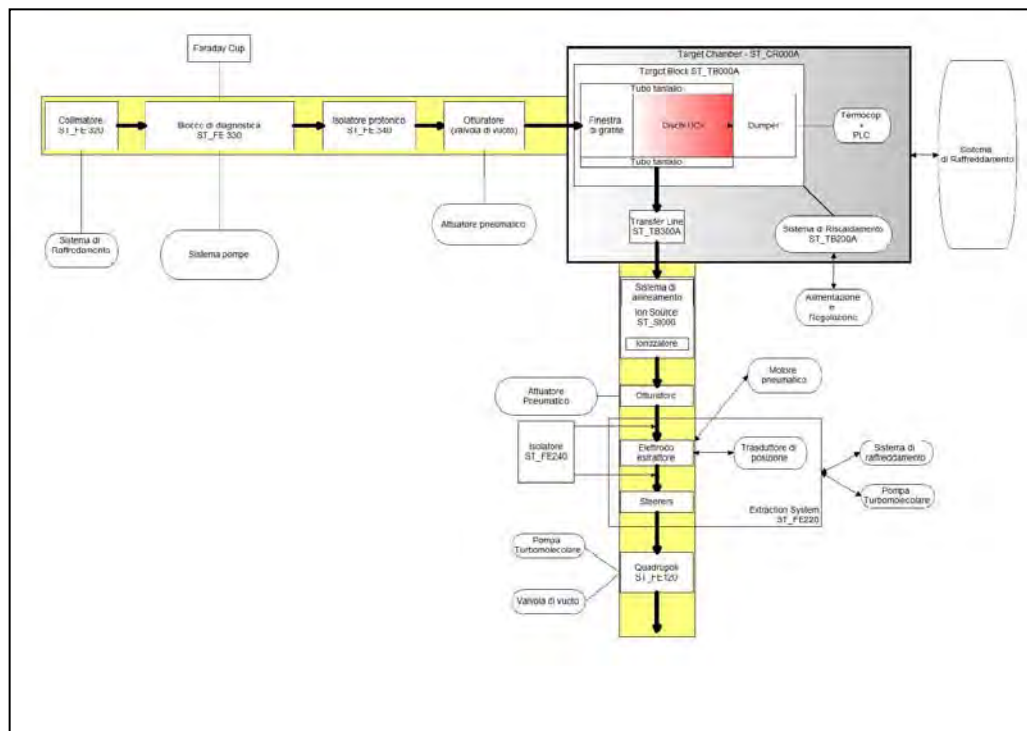


Figura 5.2 - Principali componenti del front-end.

Come descritto nel capitolo 2, quest'ultimo si compone di tre linee di pompaggio: due relative al RIB (fig 4.3) ed una relativa al PPB (fig.4.4) e prevede il funzionamento sia contemporaneo che singolo, delle linee di pompaggio afferenti al canale del fascio di ioni radioattivo [13]. Dal momento che tutte e tre le linee sono caratterizzate dalla stessa componentistica ed un eventuale guasto su una di esse provocherebbe il medesimo effetto sul sistema, cioè il mancato mantenimento o la perdita del vuoto, nell'ambito della presente tesi è stato condotto uno studio sul caso più generale di un'unica linea di pompaggio, in particolare quella relativa al canale RIB, considerando la seconda linea come

ridondante e pronta ad intervenire qualora un guasto si verifichi sulla prima.

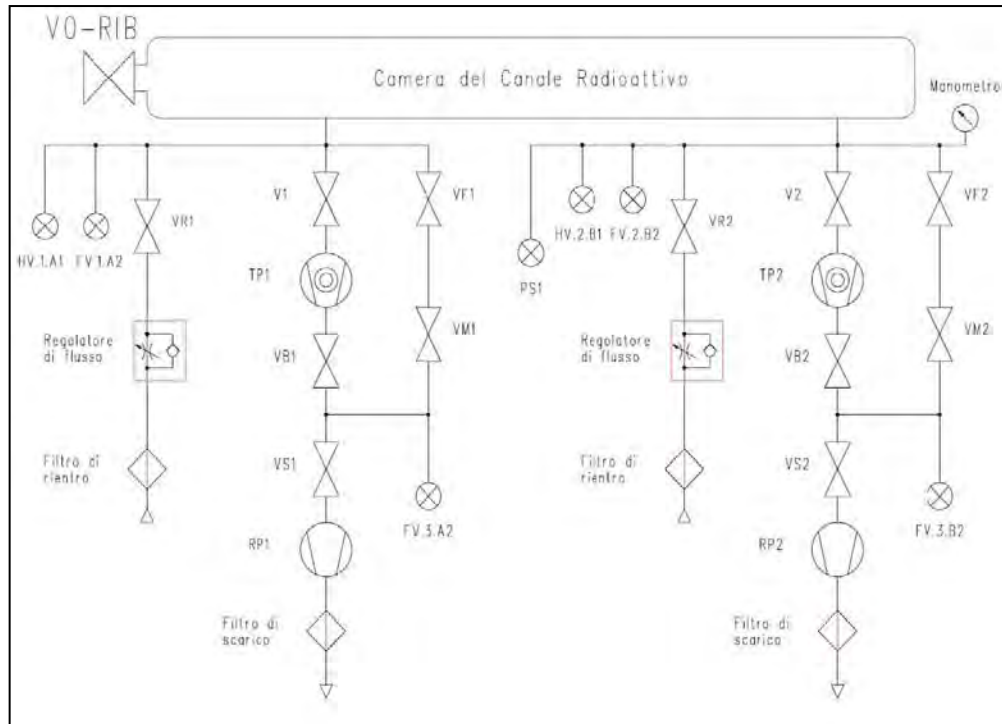


Figura 5.3 - Linea di pompaggio RIB [13]

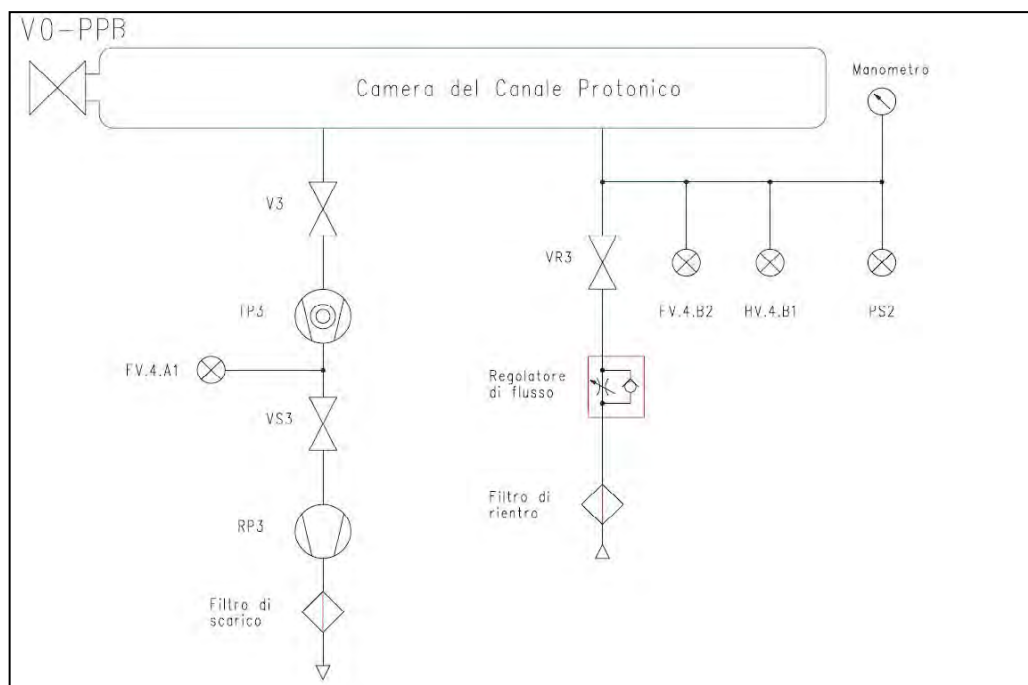


Figura 5.4 - Linea di pompaggio PPB [13]

Si è ritenuto però opportuno analizzare i guasti sulla valvola V0-PPB appartenente ad una delle linee non considerate nell'analisi, la quale collega la target chamber al canale del fascio primario. Un guasto su questa valvola, provocherebbe conseguenze diverse rispetto ad un eventuale guasto relativo alla valvola V0-RIB, che collega la target chamber al canale del fascio radioattivo. Ad esempio, durante la fase di Beam-On, la chiusura della V0PPB comporterebbe l'intercettazione del fascio protonico e il mancato irraggiamento del target, con conseguenze sostanzialmente diverse dall'omologo guasto sulla V0-RIB.

Il carattere fortemente innovativo dell'impianto ha reso particolarmente difficile l'acquisizione di dati riguardanti i tassi di guasto, soprattutto per i componenti non commerciali; di questi, infatti, non è disponibile una adeguata analisi storico/statistica dei guasti che possa condurre ad una valutazione statisticamente attendibile. Per quanto riguarda invece i componenti commerciali, sono state contattate direttamente le aziende produttrici e ad esse sono stati richiesti i dati necessari all'analisi (tasso di guasto, MTBF ecc.). Tuttavia non tutte le aziende sono state in grado di fornire i dati richiesti. Quindi, nei futuri lavori riguardanti l'impianto esaminato, sarà necessario un aggiornamento di alcuni dati usati per l'analisi, se disponibili. Per i dati sui tassi di guasto non forniti direttamente dai produttori, sono stati invece utilizzati quelli riportati in [15], [16], [17] e [18].

La scelta dei modi di guasto è stata fatta sulla base della fase operativa nella quale il componente si trova ad operare, ciò ha richiesto la compilazione di più di duecento schede redatte secondo la tecnica FMECA e avvalendosi del

database RAD.

L'utilizzo del software denominato RAD (Risk Analysis Database) ha consentito di creare una banca dati costantemente aggiornabile e di estrapolarne nuove informazioni risultando così uno strumento agevole e versatile.

Si riporta di seguito una breve descrizione dei modi di guasto considerati nell'analisi che, a seconda della fase operativa prevista, comporteranno diversi effetti sul sistema:

- Mancata apertura su richiesta / Mancata chiusura su richiesta: attribuibile ad eventuali malfunzionamenti meccanici, o dell'attuatore elettrico, o del sistema pneumatico della valvola.
- Ritardo nell'apertura: attribuibile a malfunzionamenti di natura meccanica del corpo valvola o dell'attuatore.
- Perdite esterne: dovute ad eventuali micro fessure nella struttura della valvola o ad una scarsa tenuta nella flangia di collegamento tra valvola e linea.
- Perdite interne: dovute a scarsa tenuta dell'otturatore della valvola.
- Apertura Spuria / Chiusura Spuria: dovuta a un malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico o segnali spuri.
- Fallimento aspirazione: guasto relativo alle pompe, dovuto a un malfunzionamenti di natura meccanica, elettrica/elettronica (on board).

- Perdite di tenuta: causate da microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento tra macchina e linea o tra filamenti.
- Segnale di uscita assente: guasto relativo agli strumenti di misura.
- Assenza di misura: guasto relativo agli strumenti di misura.
- Errata misura in più/in meno: guasto relativo agli strumenti di misura.
- Rottura: guasto relativo al filtro di scarico, dovuto ad eventuali urti, sollecitazioni meccaniche.
- Intasamento: dovuto alla deposizione di particolato sulle superfici del filtro di scarico.
- Tutti i modi di guasto: indica la non disponibilità di dati relativi alle possibili modalità di guasto ma solo un dato globale di “failure rate”.

Si riporta di seguito l'elenco dei componenti considerati nell'analisi, con una loro breve descrizione e i modi di guasto considerati in ciascuna fase operativa (tabelle da 5.1 a 5.31) , per maggiori dettagli sull'analisi svolta, si rimanda all'appendice A.1 dove sono riportate le schede complete dell'analisi FMECA effettuata.

Valvola V0-RIB

Descrizione: gate valve con attuatore pneumatico, collega la camera target alla camera del canale radioattivo. Quando la valvola V0-RIB è chiusa, le operazioni di fore vacuum e di vacuum sono bloccate. Se il sistema di vuoto è attivato mentre la valvola è chiusa, sul display dell'interfaccia HMI appare un

codice di errore. Sarà necessario dunque comandarne l'apertura tramite il sistema pneumatico [13]. La valvola rimarrà aperta fino alla conclusione delle operazioni di venting. I guasti che causano la rottura immediata del vuoto, come ad esempio le *perdite esterne* vengono rilevati tramite gli strumenti di misura del vuoto, mentre tutte le anomalie di apertura e chiusura vengono rilevate dal vacuum PLC e segnalate attraverso l'interfaccia HMI.

Dall'analisi condotta è emerso che per questo componente il guasto più rilevante risulta essere quello di perdite esterne durante la fase di Beam ON che comporta la rottura del vuoto, l'eventuale fuoriuscita di elementi radioattivi e danneggiamenti da arco elettrico per l'ingresso di aria e pulviscolo. Lo stesso guasto nella fase di Beam OFF, pur avendo un RPN elevato, comporta pari conseguenze dal punto di vista della sicurezza, ma minori conseguenze dal punto di vista della qualità, in quanto l'obiettivo della facility (la produzione del fascio di ioni radioattivi) è già stato raggiunto e l'impianto è in fase di spegnimento.

Un altro guasto su cui porre particolare attenzione è quello di “chiusura spuria” nella fase di Beam ON. In questa fase, l'elettrodo si trova in posizione d'estrazione e dunque potrebbe essere intercettato dallo shutter della valvola. In tale evenienza, oltre al possibile danneggiamento dell'elettrodo, avverrebbe un corto circuito tra la camera target e lo stesso (differenza di potenziale di 60 kV).

Per quanto riguarda la fase di Venting, si è preso in considerazione il guasto di “mancata chiusura” che, pur non avendo conseguenze immediate, potrebbe lasciare la camera e i canali in comunicazione con l'ambiente esterno qualora la camera target venisse estratta con la valvola V0-RIB ancora aperta. La presenza

di un interlock risulterebbe utile per impedire all'operatore di effettuare tale operazione.

Inoltre, si potrebbe osservare che per il guasto di “chiusura spuria” della valvola durante la fase di Beam OFF, il PLC interrompe le operazioni di vuoto quando invece non sarebbe strettamente necessario in quanto il sistema è in fase di spegnimento (assenza di fascio, alimentatore della piattaforma HV spento e sistema di riscaldamento disattivato) e i due ambienti, a monte e valle della valvola, vengono mantenuti in condizione di vuoto in maniera indipendente dalle due linee di pompaggio.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	mancata apertura su richiesta, ritardo nell'apertura, perdite esterne
Vacuum	chiusura spuria, perdite esterne
Ready to beam	chiusura spuria, perdite esterne
Beam on	chiusura spuria, perdite esterne
Beam off	chiusura spuria, perdite esterne
Venting	mancata chiusura, ritardo nella chiusura

Tabella 5.1 - Modi di guasto valvola V0-RIB.

Valvola V0 PPB

Descrizione: gate valve con attuatore pneumatico, collega la camera target alla camera del canale protonico. Quando la valvola V0-PPB è chiusa, le operazioni di Fore Vacuum e di Vacuum sono bloccate. Se il sistema di vuoto è attivato mentre la valvola è chiusa, sul display dell'interfaccia HMI apparirà un codice di errore, sarà necessario dunque comandarne l'apertura tramite il

sistema pneumatico [13]. La valvola rimarrà aperta fino alla conclusione delle operazioni di Venting.

Vista l'analogia tra le valvole V0-RIB e V0-PPB, si è ritenuto opportuno supporre guasti del tutto simili nelle varie fasi operative, ad eccezione del guasto di chiusura spuria nella fase Vacuum che non è stato considerato per la valvola V0-PPB in quanto il mantenimento del vuoto nella target chamber si può ipotizzare affidato alla sola linea di pompaggio del canale radioattivo e la chiusura della suddetta valvola comporterebbe soltanto la separazione di due ambienti a pari pressione (vedi figura 4.5), senza conseguenze locali o sull'impianto.

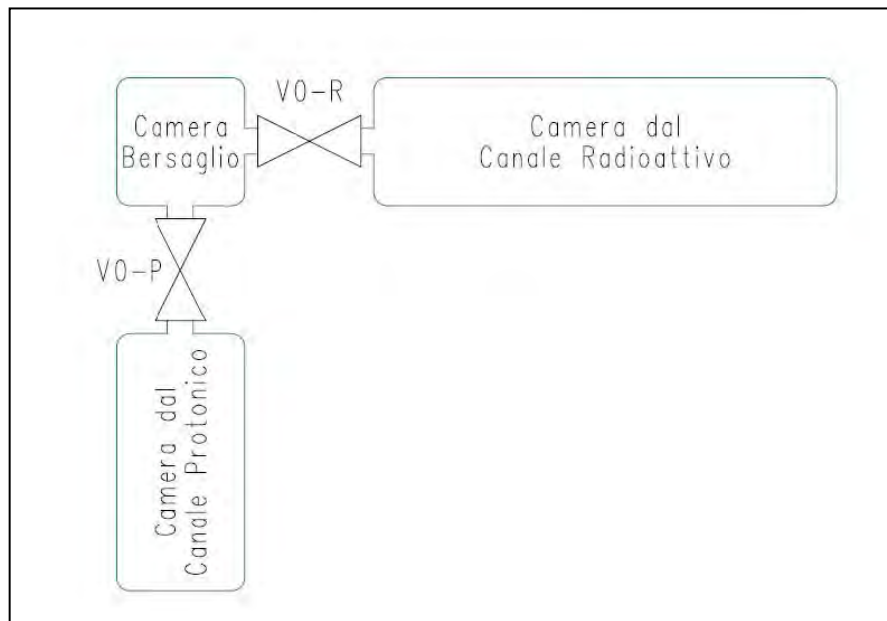


Fig. 5.5 Lay-out della configurazione "On line"

Si è trascurato il guasto di chiusura spuria contemporanea di entrambe le valvole che comporterebbe il mancato mantenimento del vuoto nella camera target in quanto tale evento risulta poco probabile. E' stato invece considerato il

guasto di chiusura spuria durante le fasi di Ready to Beam e di Beam ON poiché comporterebbe l'introduzione di un ostacolo sul percorso del fascio di protoni.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	mancata apertura su richiesta, ritardo nell'apertura, perdite esterne, perdita dell'integrità meccanica
Vacuum	perdite esterne, perdita integrità meccanica
Ready to beam	perdita integrità meccanica, chiusura spuria, perdite esterne
Beam on	perdita integrità meccanica, chiusura spuria, perdite esterne
Beam off	perdite esterne, perdita dell'integrità meccanica
Venting	mancata chiusura, ritardo nella chiusura

Tabella 5.2 - Modi di guasto valvola V0-PPB.

Dall'analisi condotta è emerso che per questo componente uno dei guasti più rilevanti risulta essere quello di perdite esterne fase di Beam ON per la possibile fuoriuscita di elementi radioattivi. Si registra un RPN per questo modo di guasto pari a 24, tale valore è legato alla scelta di un parametro di Severity più elevato per evidenti ragioni di carattere radioprotezionistico.

Pompa RP2

Descrizione: pompa per il vuoto roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della pompa turbomolecolare TP2 e consente di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento. La pompa Roots viene avviata all'inizio delle operazioni di Fore Vacuum e rimane attiva fino all'inizio delle operazioni di Venting; in realtà, durante il suo funzionamento, seguirà come accennato nei

paragrafi precedenti, un ciclo di isteresi del vuoto. I guasti considerati per questo tipo di pompa sono stati quelli di Fallimento nell'aspirazione e Perdite di tenuta pneumatica sia alla mandata che all'aspirazione.

Dall'analisi è emerso che il guasto su cui porre particolare attenzione è quello di Perdita di tenuta pneumatica alla mandata nelle fasi di Beam ON e Beam OFF con un RPN pari a 72 poiché si ha un valore di Severity piuttosto elevato pari a 8, per la possibile fuoriuscita di materiale radioattivo, e di Detection pari a 9 poiché nessun misuratore di pressione è presente a valle della pompa. Occorre precisare che la fuoriuscita di elementi radioattivi è possibile soltanto qualora il guasto si verifichi alla mandata della pompa RP2, dove possono verificarsi condizioni di sovrappressione tali da consentirne il rilascio.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Vacuum	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Ready to beam	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Beam on	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Beam off	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Venting	

Tabella 5.3 - Modi di guasto pompa RP2.

Pompa TP2

Descrizione: pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica, è installata nella linea di pompaggio n°2 del canale del fascio di ioni radioattivo. La pompa turbomolecolare viene avviata nella fase di Vacuum, dopo

che sono state raggiunte a monte e valle di essa le idonee condizioni di pressione e rimane attiva fino all'inizio delle operazioni di Venting, seguendo il ciclo di isteresi del vuoto. I guasti considerati per questo tipo di pompa sono stati quelli di Fallimento nell'aspirazione e Perdite di tenuta pneumatica sia alla mandata che all'aspirazione.

I valori di RPN maggiori sono quelli relativi al guasto di Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione (RPN pari a 18), a causa del possibile danneggiamento non solo della turbo-pompa in questione, ma anche di quelle relative agli altri rami attivi, in quanto si avrebbe un brusco innalzamento di pressione nei canali RIB e PPB tra loro comunicanti.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vaccum	
Vacuum	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Ready to beam	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Beam on	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Beam off	fallimento aspirazione, perdite di tenuta
Venting	

Tabella 5.4. - Modi di guasto pompa TP2.

Per entrambe le pompe non sono stati considerati guasti nelle fasi operative in cui esse non risultano in funzione e sono isolate dal resto del circuito come, ad esempio, nel caso delle operazioni di Venting, la pompa RP2, appartenente al ramo di aspirazione del canale radioattivo, risulterà inattiva e non in comunicazione col resto del circuito.

Valvola V

Descrizione: valvola elettropneumatica, collega la linea di pompaggio alla camera del canale radioattivo. La valvola è mantenuta chiusa durante la fase di Fore Vacuum e viene aperta all'inizio delle operazioni di Vacuum. Successivamente viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto per poi chiudersi definitivamente prima dell'inizio delle operazioni di Venting.

I guasti di tipo Apertura/Chiusura spuria, Mancata apertura/chiusura vengono rilevati e segnalati visivamente dal PLC (Detection=2), mentre il guasto di tipo Perdite esterne/interne è rilevato dai misuratori di pressione (Detection=3). Per quanto riguarda il guasto di perdite interne, l'entità del trafileamento influenzerà il tempo di chiusura del ciclo di isteresi e la rilevazione del guasto risulterà difficoltosa in quanto la perturbazione conseguente sarà piuttosto ridotta, per questi motivi è stato scelto un valore del parametro Detection pari a 5. Anche in questo caso i guasti più rilevanti sono quelli di Perdite esterne nelle fasi in cui sono attive le turbopompe (dal Vacuum al Beam OFF) a causa di possibili danneggiamenti dovuti al brusco incremento di pressione all'interno dei canali. Inoltre, bisogna sottolineare che la linea di pompaggio, e dunque la perdita, non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto, nell'ipotesi di funzionamento con un'unica linea di pompaggio attiva afferente al canale RIB, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup. A tal proposito potrebbe essere utile l'inserimento di una valvola di isolamento tra i canali e le relative linee di pompaggio.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	apertura spuria, perdite esterne
Vacuum	mancata chiusura, mancata apertura, chiusura spuria, perdite esterne, perdite interne
Ready to beam	mancata chiusura, mancata apertura, chiusura spuria, perdite esterne, perdite interne
Beam on	mancata chiusura, mancata apertura, chiusura spuria, perdite esterne, perdite interne
Beam off	mancata chiusura, mancata apertura, chiusura spuria, perdite esterne, perdite interne
Venting	apertura spuria, mancata chiusura

Tabella 5.5. - Modi di guasto valvola V.

Valvola VB

Descrizione: valvola elettropneumatica, isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare. La valvola risulta chiusa nelle operazioni di Fore Vacuum, segue il ciclo di isteresi del vuoto fino alla fine del Beam-OFF e viene chiusa all'inizio delle operazioni di Venting. I guasti di tipo Apertura/Chiusura spuria, Mancata apertura/chiusura vengono rilevati e segnalati visivamente dal PLC (Detection=2), mentre il guasto di tipo Perdite esterne/interne è rilevato dai misuratori di pressione (Detection=3). Analogamente a quanto detto per la valvola V, anche in questo caso, i guasti più rilevanti sono quelli di Perdita esterna nelle fasi in cui è attiva la turbopompa (dal Vacuum al Beam OFF).

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	apertura spuria, perdite esterne
Vacuum	apertura spuria, perdite esterne
Ready to beam	apertura spuria, perdite esterne
Beam on	apertura spuria, perdite esterne
Beam off	apertura spuria, perdite esterne
Venting	

Tabella 5.6. - Modi di guasto valvola VB.

Occorre precisare che nelle operazioni di Venting la linea di pompaggio è inattiva ed isolata, per tale motivo non si è ritenuto necessario considerare eventuali guasti.

Valvola VS

Descrizione: elettrovalvola di isolamento della pompa roots. Viene aperta durante la fase di Fore Vacuum e rimane in tale posizione finché la pompa roots non deve essere arrestata. Anche in questo caso è stato assegnato un valore di Detection pari a 2 per i guasti di tipo Chiusura spuria e Mancata apertura, che vengono rilevati e segnalati visivamente dal PLC , mentre il guasto di tipo Perdite esterne è rilevato dai misuratori di pressione (Detection=3). L'elemento di rischio maggiore è, anche in questo caso, la possibilità di perdite esterne durante le fasi in cui la turbopompa è attiva e dunque un incremento di pressione alla mandata potrebbe causarne il danneggiamento.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vaccum	Mancata apertura, apertura spuria, perdite esterne
Vacuum	apertura spuria, perdite esterne
Ready to beam	apertura spuria, perdite esterne
Beam on	apertura spuria, perdite esterne
Beam off	apertura spuria, perdite esterne
Venting	

Tabella 5.7. - Modi di guasto valvola VS.

Valvola VF

Descrizione: valvola elettropneumatica, collega la pompa Roots alla camera del canale radioattivo. La valvola viene aperta solo durante le operazioni di vuoto preliminare (Fore Vacuum) e risulta chiusa in tutte le altre fasi operative. L'elemento di rischio maggiore è, anche in questo caso, la possibilità di perdite esterne, sulla base di quanto già detto per le valvole precedentemente considerate.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vaccum	Mancata apertura, apertura spuria, perdite esterne
Vacuum	apertura spuria, perdite esterne
Ready to beam	apertura spuria, perdite esterne
Beam on	apertura spuria, perdite esterne
Beam off	apertura spuria, perdite esterne
Venting	

Tabella 5.8. - Modi di guasto valvola VF.

Valvola VM

Descrizione: valvola manuale, situata nel ramo della linea utilizzato durante le operazioni di primo vuoto a valle della valvola VF. Viene generalmente chiusa soltanto durante le operazioni di arresto a lungo termine dell'impianto, pertanto l'unico modo di guasto esaminato per questo componente è quello di Perdite esterne.

Anche per questo componente valgono le considerazioni fatte precedentemente riguardo al rischio legato alle Perdite esterne eccetto nella fase di Fore Vacuum in cui le turbopompe non sono attive e dunque non sono esposte a rischio di danneggiamento.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	perdite esterne
Vacuum	perdite esterne
Ready to beam	perdite esterne
Beam on	perdite esterne
Beam off	perdite esterne
Venting	

Tabella 5.9. - Modi di guasto valvola VM.

Valvola VR

Descrizione: elettrovalvola che collega la linea di venting alla camera del canale radioattivo. La valvola viene aperta solo durante la fase di Venting per consentire il rientro d'aria all'interno del sistema. Pur non essendo un componente appartenente alla linea di pompaggio, un suo eventuale guasto di

tipo Perdite esterne comporterebbe le stesse problematiche riscontrate per le valvole precedentemente analizzate poiché il ramo a cui appartiene non è isolabile dal resto del circuito. Per quanto riguarda il guasto di Perdite interne, anch'esso abbastanza rilevante per la valvola in questione, è stato scelto un valore del parametro Detection pari a 5. Tale scelta è giustificata dal fatto che la rilevazione del guasto risulterà difficoltosa in quanto la perturbazione conseguente potrebbe essere, a seconda dell'entità del trafilamento, piuttosto ridotta.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	apertura spuria, perdite interne, perdite esterne
Vacuum	apertura spuria, perdite interne, perdite esterne
Ready to beam	apertura spuria, perdite interne, perdite esterne
Beam on	apertura spuria, perdite interne, perdite esterne
Beam off	apertura spuria, perdite interne, perdite esterne
Venting	mancata apertura, chiusura spuria

Tabella 5.10. - Modi di guasto valvola VR.

Valvola VW1

Descrizione: valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe. La valvola risulta aperta durante le fasi operative di Vacuum, Beam ON e Beam OFF; un suo malfunzionamento può causare danni alla turbopompa in quanto potrebbe comprometterne l'adeguata refrigerazione. In figura 4.6 è riportato uno schema a blocchi del circuito di raffreddamento delle turbopompe.

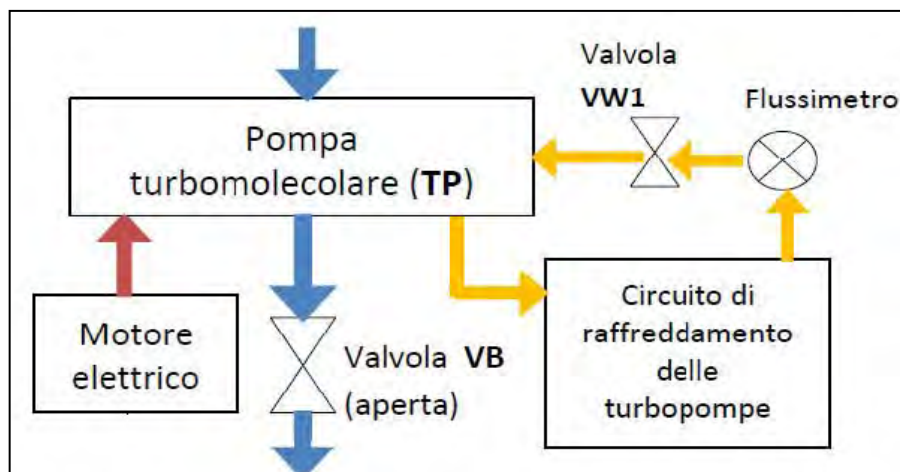


Figura 5.6 - Schema a blocchi del sistema di refrigerazione delle turbopompe

I guasti presi in considerazione sono la Chiusura spuria e le Perdite esterne: il primo guasto è rilevato tramite PLC (Detection=2), mentre il secondo guasto è rilevato attraverso il flussimetro del circuito di raffreddamento (Detection=4). I casi ad RPN maggiore sono quelli relativi alla Chiusura spuria in tutte le fasi di attività della turbopompa poiché questa potrebbe subire danneggiamenti.

Dal momento che entrambe le linee di pompaggio sono condizionate dal guasto di questa valvola (unico circuito di refrigerazione per entrambe le linee afferenti al RIB), non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	chiusura spuria, perdite esterne
Ready to beam	chiusura spuria, perdite esterne
Beam on	chiusura spuria, perdite esterne
Beam off	chiusura spuria, perdite esterne
Venting	

Tabella 5.11. - Modi di guasto valvola VW1.

Strumento di misura I3 (controller)

Descrizione: controller della testa di misura FV3, converte in segnale elettrico il valore di pressione misurato da quest'ultima. Lo strumento comunica al PLC, tramite un segnale digitale, il raggiungimento della soglia di vuoto settata nella testa di misura FV3. Il modo di guasto individuato per il controller in questione è quello di Segnale di uscita assente; tale guasto, rilevato dal PLC, comporta la necessità di spegnere il sistema di pompaggio poiché non si è più in grado di rilevare se il livello di pressione a valle della turbo-pompa corrisponde a quello nominale. Non esistono elementi di rischio connessi a questo singolo guasto che comporta solo l'impossibilità di conoscere il livello di pressione, potrebbe invece comportare conseguenze qualora si verificasse in concomitanza ad altre anomalie di funzionamento.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	segnale di uscita assente
Vacuum	segnale di uscita assente
Ready to beam	segnale di uscita assente
Beam on	segnale di uscita assente
Beam off	segnale di uscita assente
Venting	segnale di uscita assente

Tabella 5.12. - Modi di guasto controller I3.

Testa di misura FV3

Descrizione: strumento di rilevazione di vuoto preliminare Il componente consente di monitorare il valore di pressione nell'ambiente di mandata della

turbopompa durante tutte le fasi operative ad eccezione della fase di Venting in cui la linea di pompaggio risulta inattiva ed isolata. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3. Il guasto più rilevante, tra quelli esaminati, è l'Errata misura in meno relativa a tutte le fasi di funzionamento del componente. Nella fase di Fore Vacuum tale tipo di guasto non è facilmente localizzabile: al PLC arrivano infatti due segnali diversi dalle teste di misura FV2 ed FV3 ma non può stabilire quale dei due sia quello corretto, sarà necessario l'intervento dell'operatore per individuare quale dei due misuratori è quello guasto, tramite confronto diretto del valore di pressione fornito dal dispositivo, con il valore indicato dal vacuometro installato sulla linea (Detection = 8).

Nelle altre fasi invece questo tipo di guasto verrà rivelato solo quando all'interno del canale, il misuratore HV2 registrerà una variazione di pressione. In queste circostanze, infatti, il rallentamento della pompa RP2 potrebbe provocare un innalzamento di pressione alla mandata della turbopompa e successivamente all'interno del canale dove il misuratore HV2 registrerà una variazione di pressione. E' da notare che, per i guasti relativi a questo componente nella fase di Fore Vacuum, si è ipotizzato che una possibile conseguenza sia l'avvio della turbopompa, nonostante le condizioni di pressione non siano adeguate. In realtà tale evenienza è da escludersi in quanto il PLC avvia la turbopompa solo quando le misure provenienti dalle teste FV3 ed FV2 coincidono; una connessione logica di questo tipo però non è facilmente trattabile in una analisi di tipo FMECA. In ogni caso, trascurare tale tipo di connessione, consente di operare in modo conservativo dal punto di vista della sicurezza.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vaccum	segnale di uscita assente, errata misura(in più), errata misura(in meno), perdite esterne
Vacuum	segnale di uscita assente, errata misura(in più), errata misura(in meno), perdite esterne
Ready to beam	segnale di uscita assente, errata misura(in più), errata misura(in meno), perdite esterne
Beam on	segnale di uscita assente, errata misura(in più), errata misura(in meno), perdite esterne
Beam off	segnale di uscita assente, errata misura(in più), errata misura(in meno), perdite esterne
Venting	

Tabella 5.13. - Modi di guasto testa di misura FV.

Strumento di misura I2 (controller)

Descrizione: controller delle teste di misura FV.2 e HV.2. Tale componente comunica al PLC, tramite segnali digitali, il raggiungimento delle soglie di vuoto settate nelle teste FV2 e HV2. Il modo di guasto individuato è quello di *Segnale di uscita assente*, tale guasto, rilevato dal PLC, comporta la necessità di spegnere il sistema di pompaggio poiché non si è più in grado di rilevare le condizioni di pressione all'interno della camera del canale radioattivo. Non esistono elementi di rischio connessi a questo singolo guasto che comporta solo l'impossibilità di conoscere il livello di pressione, potrebbe invece comportare conseguenze qualora si verificasse in concomitanza ad altre anomalie di funzionamento.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vaccum	segnale di uscita assente
Vacuum	segnale di uscita assente
Ready to beam	segnale di uscita assente
Beam on	segnale di uscita assente
Beam off	segnale di uscita assente
Venting	

Tabella 5.14. - Modi di guasto controller I2.

Testa di misura FV2

Descrizione: strumento di rilevazione di vuoto preliminare, permette il controllo dei valori di pressione nella camera del canale radioattivo. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2. Tale componente è posizionato sulla linea di pompaggio, in prossimità del dispositivo di misura HV2. Viene utilizzato nella fase di Fore Vacuum per valutare il raggiungimento

delle condizioni di pressione ottimali per l'avvio della turbopompa. I guasti presi in considerazione sono le Perdite esterne in tutte le fasi operative (ad eccezione del Venting) mentre l'Assenza di segnale in uscita e gli Errori di misura (in più e in meno) sono stati presi in considerazione soltanto nella fase di Fore Vacuum in quanto nelle altre fasi i segnali provenienti dal dispositivo HV2 hanno la priorità rispetto a quelli provenienti dal dispositivo FV2.

Il guasto più rilevante, tra quelli esaminati, è l'Errata misura in meno relativa alla fase di Fore Vacuum. Come già detto precedentemente per il componente FV3, tale tipo di guasto non è facilmente individuabile: al PLC arrivano infatti due segnali diversi dalle teste di misura FV2 ed FV3 ma non può stabilire quale dei due sia quello corretto, sarà necessario l'intervento dell'operatore.

Anche in questo caso, si è ipotizzato che una possibile conseguenza sia l'avvio della turbo-pompa, nonostante le condizioni di pressione non siano adeguate. In realtà tale evenienza è da escludersi per le stesse considerazioni fatte per il componente FV3. Un altro guasto su cui porre particolare attenzione è quello di Perdite esterne nelle fasi in cui sono attive le turbopompe per il

possibile danneggiamento di quest'ultime dovuto al repentino innalzamento di pressione nel canale (Severity=6).

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	perdite esterne, segnale assente, errata misura in meno, errata misura in più
Vacuum	perdite esterne
Ready to beam	perdite esterne
Beam on	perdite esterne
Beam off	perdite esterne
Venting	

Tabella 5.15. - Modi di guasto testa di misura FV2.

Testa di misura HV2

Descrizione: strumento di rilevazione dell'alto grado di vuoto, permette il controllo dei valori di pressione nella camera del canale radioattivo. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2. I guasti di Errata misura (in più e in meno) e Segnale di uscita assente sono stati considerati nelle fasi che vanno dal Vacuum al Beam OFF in quanto, nel Fore Vacuum, il monitoraggio del livello di pressione è affidato agli strumenti FV2 ed FV3. Il guasto di Perdite esterne, è stato invece considerato dall'inizio delle operazioni fino allo spegnimento dell'impianto.

Il guasto più rilevante, tra quelli esaminati, è l'Errata misura in meno, si è ottenuto un valore di RPN pari 24, ciò risulta principalmente dall'aver posto un valore piuttosto elevato di Detection (pari a 8). La rilevazione di questo tipo di guasto infatti, è possibile solo tramite confronto diretto, da parte dell'operatore, del valore di pressione fornito dal dispositivo con il valore indicato dal vacuometro installato sulla linea.

Il guasto di Perdite esterne (RPN = 24) comporta conseguenze più rilevanti (danneggiamento delle turbopompe, Severity=6) ma è più facilmente rilevabile dagli strumenti di misura del grado di vuoto.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	perdite esterne
Vacuum	segnale di uscita assente, errata misura(in più), er-rata misura (in meno), perdite esterne
Ready to beam	segnale di uscita assente, errata misura(in più), er-rata misura (in meno), perdite esterne
Beam on	segnale di uscita assente, errata misura(in più), er-rata misura (in meno), perdite esterne
Beam off	segnale di uscita assente, errata misura(in più), er-rata misura (in meno), perdite esterne
Venting	

Tabella 5.16 - Modi di guasto testa di misura HV2.

Filtro di scarico

Descrizione: è installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla camera del canale radioattivo. Dall'analisi è emerso che il guasto su cui porre maggiore attenzione è quello di Rottura nelle fasi di Beam ON e Beam OFF, ad esso è stato infatti associato un elevato valore del parametro di detection (pari a 8), poiché rilevabile esclusivamente mediante supervisione da parte degli operatori e tramite radiometro il quale rileverà la presenza di un guasto solo quando la contaminazione ambientale è già avvenuta. D'altronde, un elevato rischio di perdite di elementi radioattivi, ha comportato anche la necessità di ipotizzare un valore di Severity altrettanto alto (pari a 8).

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	rottura, intasamento
Vacuum	rottura, intasamento
Ready to beam	rottura, intasamento
Beam on	rottura, intasamento
Beam off	rottura, intasamento
Venting	

Tabella 5. 17 - Modi di guasto filtro di scarico

Filtro di rientro

Descrizione: posizionato sulla linea di Venting, filtra l'aria in ingresso alla camera del canale radioattivo. All'avvio delle operazioni di Venting è necessario filtrare l'aria in ingresso per evitare il deposito di pulviscolo all'interno dei canali e della camera target. Al guasto di rottura è associato un elevato valore del parametro Detection (pari a 9), poiché rilevabile esclusivamente mediante supervisione da parte degli operatori e un valore del parametro Severity basso (pari a 3) in quanto tale componente assolve alla sua funzione soltanto nella fase di Venting, cioè ad impianto ormai spento.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	
Ready to beam	
Beam on	
Beam off	
Venting	rottura, intasamento

Tabella 5.18 - Modi di guasto filtro di rientro

Vacuometro

Descrizione: misura la pressione all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Il valore restituito è visibile all'operatore sul display dello strumento. I modi di guasto relativi a errori o assenza di misura nel dispositivo non sono stati esaminati, in quanto il valore di pressione della camera del canale radioattivo è comunque rilevabile, principalmente, dal display degli strumenti I.2 e I.3. Il modo di guasto considerato per il vacuometro è costituito dunque dalle sole perdite esterne, il cui effetto primario è la “rottura” del vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Come già detto, tale eventualità comporterebbe un possibile danneggiamento delle turbopompe.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	Perdite esterne
Vacuum	Perdite esterne
Ready to beam	Perdite esterne
Beam on	Perdite esterne
Beam off	Perdite esterne
Venting	

Tabella 5.19 - Modi di guasto vacuometro.

Flussimetro

Descrizione: strumento di rilevazione del flusso di refrigerante, installato nel circuito di raffreddamento delle turbopompe e in comunicazione col PLC (vedi fig. 4.6). Il guasto preso in considerazione per questo componente è quello di Segnale di uscita assente, tale malfunzionamento comporta l'impossibilità di verificare la corretta refrigerazione della turbopompa. La rilevazione del guasto,

affidata al PLC, è seguita dallo spegnimento del sistema di pompaggio ma non comporta la “rottura” istantanea del vuoto. Dunque, i ridotti valori di Detection e di Severity scelti, fanno sì che al guasto venga associato un RPN piuttosto contenuto.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	segnale di uscita assente
Ready to beam	segnale di uscita assente
Beam on	segnale di uscita assente
Beam off	segnale di uscita assente
Venting	

Tabella 5 .20 - Modi di guasto flussimetro.

Alimentatore della piattaforma HV

Descrizione: mantiene in tensione il sistema target per consentire l'estrazione degli ioni.

La rilevazione del guasto di questo componente è affidata al Safety PLC, il mancato man-tenimento in tensione del sistema target non comporta conseguenze dal punto di vista dell'analisi di sicurezza, ma solo dal punto di vista dell'analisi di qualità in quanto non consente l'estrazione degli ioni prodotti. Dall'analisi è risultato che gli RPN associati a questo componente hanno valori nettamente inferiori rispetto alla maggior parte dei componenti precedentemente analizzati.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	
Ready to beam	Tutti i modi di guasto
Beam on	Tutti i modi di guasto
Beam off	
Venting	

Tabella 5.21 - Modi di guasto alimentatore HV.

Connettori prismoidali 1 e 2

Descrizione: consentono il collegamento elettrico di potenza al sistema di riscaldamento del target. I connettori prismoidali sono attraversati da corrente durante le fasi di Ready to beam e Beam ON, un loro eventuale malfunzionamento, rilevato tramite il safety PLC, comporta la mancata alimentazione del sistema di riscaldamento del target e la possibile fuoriuscita dell'acqua di raffreddamento dagli stessi. Il rischio connesso alla mancata alimentazione elettrica è contenuto, le ripercussioni principali si potrebbero avere sugli eventuali stress termici subiti da un target non adeguatamente riscaldato nel momento in cui viene colpito dal fascio di protoni e sulla qualità degli ioni prodotti. Il rischio connesso invece alla possibile fuoriuscita di acqua risulta nettamente superiore: le condizioni di temperatura e pressione presenti all'interno della camera target, causano infatti il flash del liquido fuoriuscito e rendono non trascurabile la possibilità che avvengano reazioni di termolisi del vapore secondo la reazione Eq. (1) e di ossidazione della grafite secondo la

reazione Eq. (2) del blocco target con conseguente produzione di idrogeno. Per tale motivo è stato scelto un valore del parametro Severity pari a 9.



FASI OPERATIVE		MODI DI GUASTO
Fore Vaccum		
Vacuum		
Ready to beam	Tutti i modi di guasto	
Beam on	Tutti i modi di guasto	
Beam off		
Venting		

Tabella 5.22 - Modi di guasto connettori prismoidali

Connettore cilindrico

Descrizione: consente il collegamento elettrico di potenza all'ion source. Il guasto di questo componente non consente il corretto funzionamento dell'ion source e nel caso di fuoriuscita di acqua di refrigerazione valgono le stesse considerazioni fatte pre-cedentemente per i connettori prismoidali.

FASI OPERATIVE		MODI DI GUASTO
Fore Vaccum		
Vacuum		
Ready to beam		
Beam on	Tutti i modi di guasto	
Beam off		
Venting		

Tabella 5.23 - Modi di guasto connettore cilindrico.

Trasduttore di posizione dell'elettrodo estrattore

Descrizione: invia al PLC un segnale relativo alla posizione dell'elettrodo.

Il trasduttore rileva la posizione dell'elettrodo estrattore ed invia un segnale di posizione al PLC; quest'ultimo fornisce all'operatore l'indicazione della posizione tramite l'interfaccia grafica HMI. Dal momento che l'introduzione dell'elettrodo avviene all'inizio della fase di Beam ON mentre il suo allontanamento dalla ion-source avviene all'inizio della di fase Beam OFF, sono stati presi in considerazione i guasti relativi a queste due fasi.

Il guasto del trasduttore implica l'impossibilità di conoscere la posizione dell'elettrodo, ciò potrebbe comportare una riduzione della qualità del fascio nella fase di Beam ON, l'impossibilità di estrarre la camera alla fine delle operazioni e l'eventuale danneggiamento dell'elettrodo qualora la valvola V0-RIB venisse chiusa con l'elettrodo ancora in posizione d'estrazione nella fase di Beam OFF. Bisogna precisare che la detection è stata posta pari a 3 nonostante il guasto sia direttamente rilevato direttamente dal PLC (detection =2). Il produttore ha, infatti, fornito un tasso relativo a "tutti i modi di guasto" ma la rilevazione sarebbe più efficiente qualora il guasto fosse del tipo "Assenza di segnale" mentre sarebbe più difficoltosa nel caso, ad esempio, di una "Errata misura".

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	
Ready to beam	
Beam on	Tutti i modi di guasto
Beam off	Tutti i modi di guasto
Venting	

Tabella 5.24 - Modi di guasto motore pneumatico dell'elettrodo.

Motore pneumatico dell'elettrodo estrattore

Descrizione: permette la movimentazione dell'elettrodo estrattore. L'introduzione dell'elettrodo avviene all'inizio della fase di Beam ON mentre il suo allontanamento dalla ion-source avviene all'inizio della fase di Beam OFF, pertanto, sono stati presi in considerazione i guasti relativi a queste due fasi. Nel caso di guasto del motore pneumatico nella fase di Beam ON, non sarà possibile avvicinare l'elettrodo di estrazione all'ion-source con la conseguente impossibilità di estrarre gli ioni prodotti. Lo stesso guasto nella fase di Beam OFF comporta l'impossibilità di ripristinare la posizione iniziale dell'elettrodo, di conseguenza un'eventuale chiusura della valvola V0-RIB potrebbe danneggiare l'elettrodo.

Un guasto di questo componente non implica rischi rilevanti ma dovrebbe essere attenzionato ai fini di un'analisi di qualità.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	
Ready to beam	
Beam on	Tutti i modi di guasto
Beam off	Tutti i modi di guasto
Venting	

Tabella 5.25 - Modi di guasto motore pneumatico dell'elettrodo.

Alimentatore del blocco target

Descrizione: alimenta il sistema di riscaldamento del target All'inizio della fase di Ready to Beam, l'alimentatore invia corrente al sistema di riscaldamento del target per portarlo alle condizioni di temperatura adeguate alla successiva fase di Beam ON e mantenerlo in questa fase alla temperatura di 2000 °C. Un suo guasto durante queste fasi potrebbe causare una riduzione della capacità degli elementi prodotti a migrare verso l'ion source e possibili danneggiamenti da stress termo-meccanici. La rilevazione del guasto è affidata al Safety PLC che comunica all'operatore tramite l'interfaccia HMI il corretto funzionamento o meno del componente.

E' da notare che il valore di Occurrence (pari a 2) per questo componente è leggermente più elevato degli altri componenti presi in esame, gli RPN tuttavia si mantengono a valori bassi, 12 nel Ready to Beam e 20 nel Beam ON.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vaccum	
Vacuum	
Ready to beam	Tutti i modi di guasto
Beam on	Tutti i modi di guasto
Beam off	
Venting	

Tabella 5.26 - Modi di guasto alimentatore del blocco target.

Termocoppia dumper

Descrizione: rileva la temperatura nel dumper del blocco target. Un suo malfunzionamento comporta conseguenze solo nella fasi operative in cui è necessario conoscere la temperatura del target, ovvero nelle fasi di Ready to beam, Beam ON e Beam OFF. Nel sistema è presente una seconda termocoppia ridondante, tuttavia, l'analisi di tipo FMECA poco si presta a trattare guasti in connessione logica. Il componente è stato pertanto trattato in maniera indipendente, consentendo un'analisi semplificata ma conservativa.

I guasti ad RPN maggiore sono quelli relativi a Errata misura nella fasi di Ready to Beam e di Beam ON, in cui la mancata conoscenza della temperatura del target potrebbe causare danni strutturali e/o problemi relativi alla qualità del fascio prodotto.

FASI OPERATIVE		MODI DI GUASTO
Fore Vaccum		
Vacuum		
Ready to beam	Assenza di misura, errata misura	
Beam on	Assenza di misura, errata misura	
Beam off	Assenza di misura, errata misura	
Venting		

Tabella 5.27 - Modi di guasto termocoppia.

Regolatore di temperatura termocoppia

Descrizione: acquisisce il segnale delle termocoppie del blocco target e lo invia al sistema microIOC. Come per la termocoppia è sufficiente considerare guasti solo nelle fasi di Ready to Beam, Beam ON e Beam OFF. Un suo malfunzionamento è del tutto equivalente, in termini di effetti locali e sul sistema, al malfunzionamento della termocoppia.

FASI OPERATIVE		MODI DI GUASTO
Fore Vaccum		
Vacuum		
Ready to beam	Tutti i modi di guasto	
Beam on	Tutti i modi di guasto	
Beam off	Tutti i modi di guasto	
Venting		

Tabella 5.28 - Modi di guasto regolatore termocoppia.

Steerers

Descrizione: correggono elettrostaticamente la traiettoria del raggio di ioni. Non essendo questo un componente commerciale, non esistono dati statistici attendibili sui tassi di guasto. Tuttavia si può supporre che i guasti che potrebbero interessare questo componente siano principalmente da imputare al malfunzionamento del suo alimentatore (Ultravolt 4 kV power supply) del quale invece il produttore è stato in grado di fornire un valore di MTBF.

Il guasto di questo componente comporterebbe la mancata correzione della traiettoria del fascio con possibile riduzione della qualità dello stesso e/o la possibilità che questo colpisca le pareti interne del canale (Severity = 3).

La rilevazione diretta della qualità del fascio (tramite intercettazione dello stesso) avverrà nella prima fase di produzione. Successivamente, i metodi di diagnostica del fascio secondario dipenderanno dal tipo di esperimento svolto, per tali motivi si è scelto un valore del parametro detection pari a 5.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vaccum	
Vacuum	
Ready to beam	
Beam on	Tutti i modi di guasto
Beam off	
Venting	

Tabella 5.29 - Modi di guasto steerers.

Quadrupoli

Descrizione : modificano elettrostaticamente la forma del fascio di ioni. Per questo componente vale quanto detto a proposito degli Steerers, e il tasso di guasto impiegato nell'analisi si riferisce all'alimentatore.

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	
Ready to beam	
Beam on	Tutti i modi di guasto
Beam off	
Venting	

Tabella 5.30 - Modi di guasto quadrupoli.

Regolatore di flusso

Descrizione: è installato lungo la linea di rientro del sistema di produzione del vuoto e consente di regolare con continuità il flusso d'aria durante le operazioni di venting. Fonte dati tassi di guasto: Savannah River Site Generic Database Development. Questo componente è in funzione soltanto durante la fase di Venting. Un suo malfunzionamento potrebbe causare un innalzamento troppo repentino della pressione all'interno della camera target e dei canali, con possibili danni strutturali (Severity = 5).

FASI OPERATIVE	MODI DI GUASTO
Fore Vacuum	
Vacuum	
Ready to beam	
Beam on	
Beam off	
Venting	Tutti i modi di guasto

Tabella 5. 31 - Modi di guasto regolatore di flusso.

Le fasi operative che di volta in volta non sono state considerate sono quelle in cui il componente in oggetto non risulta "attivo" ovvero un suo eventuale guasto non comporta conseguenze. Si è scelto, quindi, di trascurare tutti quei guasti che seppur possibili, non comportano effetti sul sistema. Ad esempio: il guasto dello strumento di misura I3 durante la fase di venting, in cui la linea di pompaggio risulta isolata ed inattiva, non comporta conseguenze.

5.4. CONCLUSIONI

L'attenzione è stata focalizzata sul Front-End dell'impianto, ovvero sul complesso di apparecchiature adiacenti alla target chamber. Lo studio è stato effettuato attraverso l'utilizzo dell'analisi FMECA, metodologia ampiamente utilizzata e consolidata nell'analisi di rischio di sistemi industriali anche complessi. Tramite tale analisi è stato possibile individuare tutte le possibili deviazioni dal normale funzionamento che potrebbero condurre a situazioni incidentali di particolare interesse, individuare le procedure e zone di particolare

pericolosità nell'impianto e, nello stesso tempo, indicare o suggerire modifiche atte a raggiungere un maggior livello di sicurezza. Bisogna innanzitutto osservare che quasi tutti i componenti che costituiscono l'impianto e che sono stati oggetto dell'analisi, rientrano nella categoria di Occurrence pari a 1, sono cioè tutti componenti ad alta affidabilità con probabilità di accadimento del modo di guasto estremamente bassa. Dall'analisi è emerso che i guasti più rilevanti (cioè con RPN maggiore) sono quelli che avvengono durante la fase di Beam ON e la fase immediatamente successiva di Beam OFF. Entrambe le fasi sono infatti quelle in cui la presenza di elementi radioattivi, le alte temperature raggiunte dal target, la presenza di componenti in tensione, costituiscono elementi di maggiore criticità. I valori di RPN in assoluto più alti riguardano il guasto di Perdita di tenuta pneumatica alla mandata delle pompe roots durante le suddette fasi. Il guasto, infatti, comporterebbe la possibile fuoriuscita di elementi radioattivi in quanto si verificano condizioni tali da consentirne il rilascio in ambiente. Si è potuto osservare, nell'ambito dell'analisi, come tale guasto sia di difficile rivelazione in quanto l'impianto non è dotato di nessuno strumento di misura della pressione a monte del filtro di scarico.

Un altro elemento di maggiore criticità è rappresentato dal guasto di Rottura del filtro di scarico durante le fasi di Beam On e Beam OFF, in entrambi i casi infatti il parametro Detection risulta elevato in quanto la rilevazione del guasto è affidata unicamente alla supervisione da parte dell'operatore, mentre un altrettanto alto valore del parametro Severity è dovuto essenzialmente alla possibile fuoriuscita di elementi radioattivi che il radiometro riuscirebbe a

rivelare solo successivamente al rilascio in ambiente. Di conseguenza, si potrebbe suggerire l'inserimento nelle procedure operative la condizione di verifica diretta dello stato del filtro, da parte dell'operatore, prima di ogni messa in funzione dell'impianto, oppure l'installazione di un misuratore di pressione differenziale a cavallo del filtro che risolverebbe il difetto di rivelazione di entrambi i guasti sopracitati, consentendo sia la verifica di eventuali microfessure a valle della roots che la verifica di integrità del filtro. Un altro guasto su cui porre particolare attenzione è quello di Rottura dei connettori elettrici in rame del blocco target e della ion-source. Il rischio connesso alla possibile fuoriuscita di acqua può portare a reazioni di termolisi del vapore prodotto e di ossidazione della grafite del blocco target con conseguente produzione e accumulo di idrogeno nella camera target. La presenza di un gas come l'idrogeno in un ambiente ad elevata temperatura ed in presenza di componenti in tensione, suggerirebbe uno studio più approfondito e mirato a tale problematica, con lo scopo di verificare l'effettiva sequenza di eventi che si potrebbe produrre ed eventualmente considerare l'opportunità di sostituire il fluido refrigerante. Si è osservato, inoltre, che qualora si verificasse un guasto di perdite esterne sui componenti delle linee di pompaggio (valvole V, VR, VF, misuratori HV, FV, vacuometro), sarebbe impossibile continuare le operazioni di vuoto anche nell'ipotesi di considerare un'unica linea di pompaggio attiva sul canale e la seconda linea come ridondante, in quanto il guasto coinvolgerebbe comunque l'intero apparato. A tal proposito si potrebbe suggerire l'inserimento di una valvola di sezionamento che escluda dal circuito l'eventuale linea soggetta

a guasto. Nei guasti di chiusura spuria delle valvole V0-RIB e V0-PPB nella fase di Beam OFF, il PLC non tenendo conto della fase operativa in cui l'impianto si trova a lavorare, sarebbe portato a spegnere il sistema da vuoto anche se non strettamente necessario. In tale caso, infatti, in seguito all'attuazione del protocollo di sicurezza (spegnimento del fascio, dei sistemi di riscaldamento e dei sistemi HV), sarebbe utile continuare a mantenere il vuoto durante i transitori di spegnimento.

Bisogna precisare, inoltre, che un'analisi di tipo FMECA, non tiene conto della possibilità che avvengano guasti multipli. In tali circostanze, guasti con bassi valori di RPN, potrebbero assumere in concomitanza ad altri eventi incidentali, conseguenze più significative. Per tali motivi sarà necessario implementare l'analisi con tecniche di analisi di rischio quali Hazop e Fault Tree Analysis. Inoltre, in sviluppi futuri, si potrebbe rivedere in chiave non solo di “sicurezza” ma anche di “produttività” l'analisi, attribuendo un peso anche a guasti che possano compromettere l'obiettivo di ottimizzare la produzione del fascio di ioni radioattivi. Si riportano di seguito istogrammi relativi a modi di guasto e componenti con alti valori dei parametri RPN, Detection e Severity (figure da 5.7 a 5.9) e i relativi codici identificativi delle schede contenute nel database RAD in allegato (tabelle da 5.32 a 5.34).

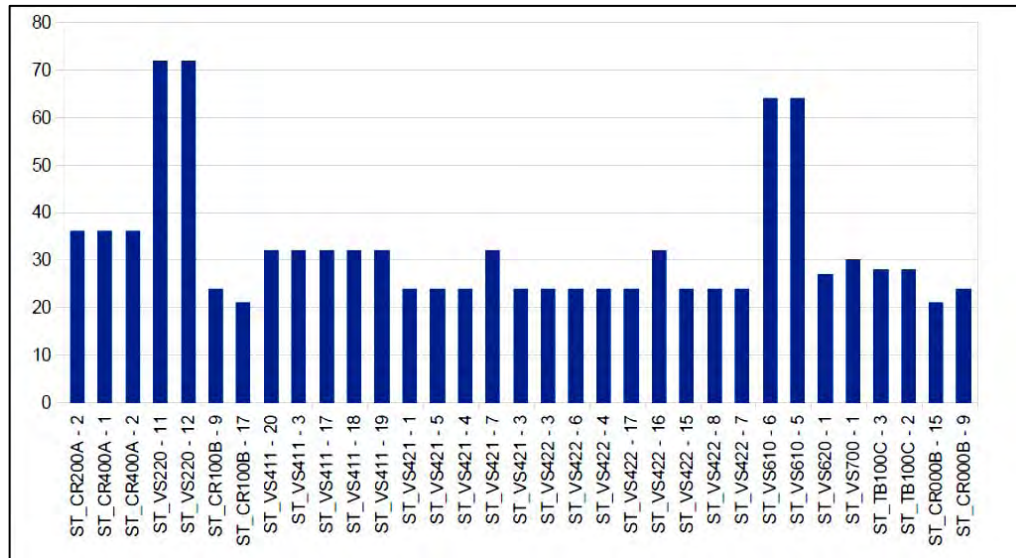


Figura 5.7 Modi di guasto e relativi componenti con RPN maggiore di 20

N° Scheda	Componente	Modi di guasto
ST_CR200A - 2	Connettore a geometria cilindrica	Tutti i modi di guasto
ST_CR400A - 1	Connettore a geometria prismoidale 1	Tutti i modi di guasto
ST_CR400A - 2	Connettore a geometria prismoidale 1	Tutti i modi di guasto
ST_VS220 - 11	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_VS220 - 12	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_CR100B - 9	Valvola V0 RIB	Perdite esterne
ST_CR100B - 17	Valvola V0 RIB	Perdite esterne
ST_VS411 - 20	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 - 3	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 - 17	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 - 18	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 - 19	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS421 - 1	Testa di misura FV.2	Perdite esterne
ST_VS421 - 5	Testa di misura FV.2	Perdite esterne
ST_VS421 - 4	Testa di misura FV.2	Perdite esterne
ST_VS421 - 7	Testa di misura FV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS421 - 3	Testa di misura FV.2	Perdite esterne
ST_VS422 - 3	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 - 6	Testa di misura HV.2	Perdite esterne
ST_VS422 - 4	Testa di misura HV.2	Perdite esterne
ST_VS422 - 17	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 - 16	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 - 15	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 - 8	Testa di misura HV.2	Perdite esterne
ST_VS422 - 7	Testa di misura HV.2	Perdite esterne
ST_VS610 - 6	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS610 - 5	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS620 - 1	Filtro di rientro	Rottura
ST_VS700 - 1	Regolatore di flusso	Tutti i modi di guasto
ST_TB100C - 3	Termocoppia dumper	Errata misura
ST_TB100C - 2	Termocoppia dumper	Errata misura
ST_CR000B - 15	Valvola V0 PPB	Perdite esterne
ST_CR000B - 9	Valvola V0 PPB	Perdite esterne

Tabella 5.32. Codici identificativi delle schede di analisi RAD dei componenti di figura 5.7

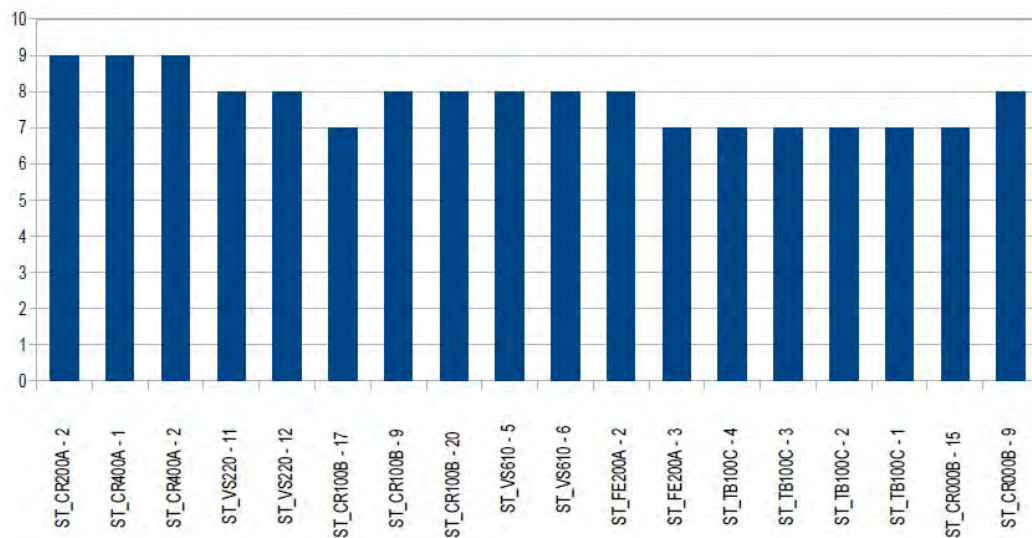


Figura 5.8 Modi di guasto e relativi componenti con severity maggiore o uguale a 7

ST_CR200A-2	Connettore a geometria cilindrica	Tutti i modi di guasto
ST_CR400A-1	Connettore a geometria prismoidale 1	Tutti i modi di guasto
ST_CR400A-2	Connettore a geometria prismoidale 1	Tutti i modi di guasto
ST_VS220-11	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_VS220-12	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_CR100B-17	Valvola V0 RIB	Perdite esterne
ST_CR100B-9	Valvola V0 RIB	Perdite esterne
ST_CR100B-20	Valvola V0 RIB	Chiusura spuria, non comandata dal PLC
ST_VS610-5	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS610-6	Filtro di scarico	Rottura
ST_TB100C-4	Termocoppia dumper	Assenza di misura
ST_TB100C-3	Termocoppia dumper	Errata misura
ST_TB100C-2	Termocoppia dumper	Errata misura
ST_TB100C-1	Termocoppia dumper	Assenza di misura
ST_CR000B-15	Valvola V0 PPB	Perdite esterne
ST_CR000B-9	Valvola V0 PPB	Perdite esterne

Tabella 5. 33 – Codici identificativi delle schede d'analisi RAD dei componenti di figura 5.8

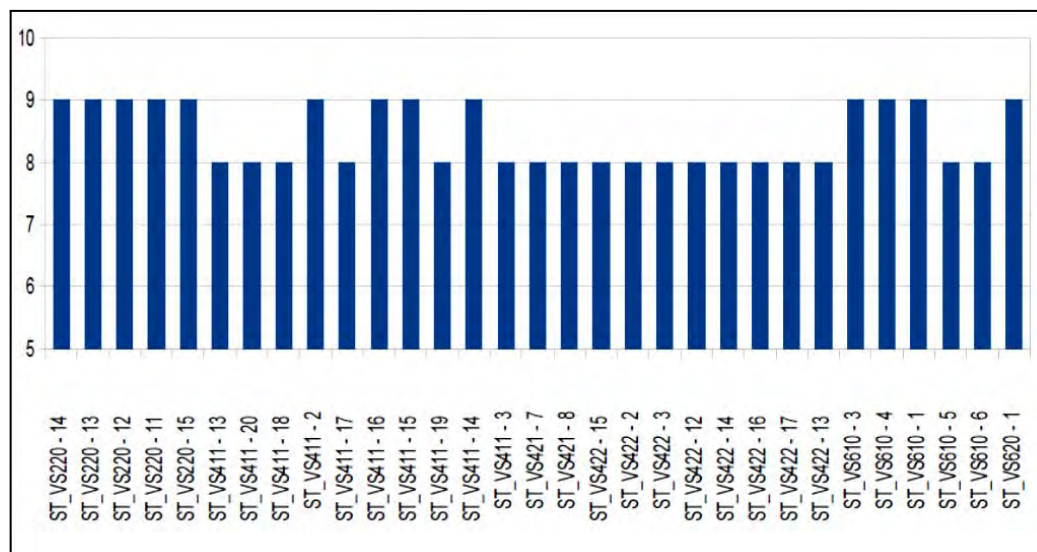


Figura 5. 9 - Modi di guasto e relativi componenti con Detection maggiore o uguale a 7

ST_VS220 -14	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_VS220 -13	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_VS220 -12	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_VS220 -11	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_VS220 -15	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)	Perdita di tenuta pneumatica alla mandata
ST_VS411 -13	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS411 -20	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 -18	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 -2	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS411 -17	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 -16	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS411 -15	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS411 -19	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS411 -14	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS411 -3	Testa di misura FV.3	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS421 -7	Testa di misura FV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS421 -8	Testa di misura FV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS422 -15	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 -2	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS422 -3	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 -12	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS422 -14	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS422 -16	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 -17	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)
ST_VS422 -13	Testa di misura HV.2	Errata misura della grandezza in oggetto (in più)
ST_VS610 -3	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS610 -4	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS610 -1	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS610 -5	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS610 -6	Filtro di scarico	Rottura
ST_VS620 -1	Filtro di rientro	Rottura

Tabella 5.34 – Codici identificativi delle schede d'analisi RAD dei componenti di figura 5.9

CAPITOLO 6

APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA FMECA AL AL SISTEMA DI

PRODUZIONE DEL VUOTO DEL FRONT-END OFFLINE

6.1. INTRODUZIONE

Sottoponendo i vari componenti ad un esame il più possibile sistematico, l'analisi ha consentito di indagare sulle loro modalità di guasto, sulle misure messe in atto al fine di mitigare il danno e, infine, di valutare l'importanza che ciascuna modalità di guasto del componente riveste sull'impianto.

La fase operativa del sistema esaminata è costituita dal mantenimento dell'alto vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo, in condizioni di assenza di fascio. Dal momento che nelle future applicazioni (apparato Front End *online*) la produzione del fascio RIB sarà autorizzata esclusivamente nel caso in cui nel canale di trasporto del fascio siano mantenute le condizioni di vuoto stabilite (10^{-6} mbar), lo studio effettuato riveste particolare importanza dal punto di vista della sicurezza.

6.2 STUDIO AFFIDABILISTICO DEL VACUUM PLC

L'analisi affidabilistica del Vacuum PLC ha riguardato la modalità di mantenimento dell'alto vuoto che prevede l'impiego di ambedue le linee di pompaggio (TP1 e RP1, TP2 e RP2).

In Figura 6.1 è riportato lo schema a blocchi del Vacuum PLC, utilizzato per l'applicazione della metodologia FMECA al sistema in esame. In azzurro, sono individuabili le connessioni logiche sia tra i vari componenti del controller

(moduli I/O, scheda di memoria, interfaccia HMI, etc.), sia tra il sistema Vacuum PLC e il resto dell'impianto. Gli altri sistemi presenti nell'impianto e connessi al Vacuum PLC (Safety PLC, High Voltage Rack, SPES Private Network) sono stati esaminati in qualità di blocchi logici, senza entrare nel dettaglio della loro architettura.

Il Safety PLC rappresenta il controller a logica programmabile destinato a gestire le operazioni di sicurezza dell'intero impianto SPES (abilitare i vari interlocks, disattivare gli interruttori elettrici, etc.). La comunicazione col Vacuum PLC è garantita da una piattaforma IOC (Input/Output Controller), che gestisce appunto il passaggio delle informazioni (input e output) da un sistema all'altro. Tale controller I/O gestisce anche la comunicazione tra i due PLC (Vacuum PLC e Safety PLC) e la rete informatica dell'impianto SPES (Spes Private Network).

In rosso viene indicata l'alimentazione elettrica dei vari componenti analizzati. Le caselle di testo coi margini in tratteggio visualizzano gli attuatori e i sensori collegati al modulo.

Per maggiori dettagli riguardo le informazioni scambiate nei canali dei vari moduli del Vacuum PLC, si rimanda allo schema elettrico dell'Appendice A.3. La funzionalità dei vari componenti del controller, invece, è stata già trattata nel Capitolo 2.

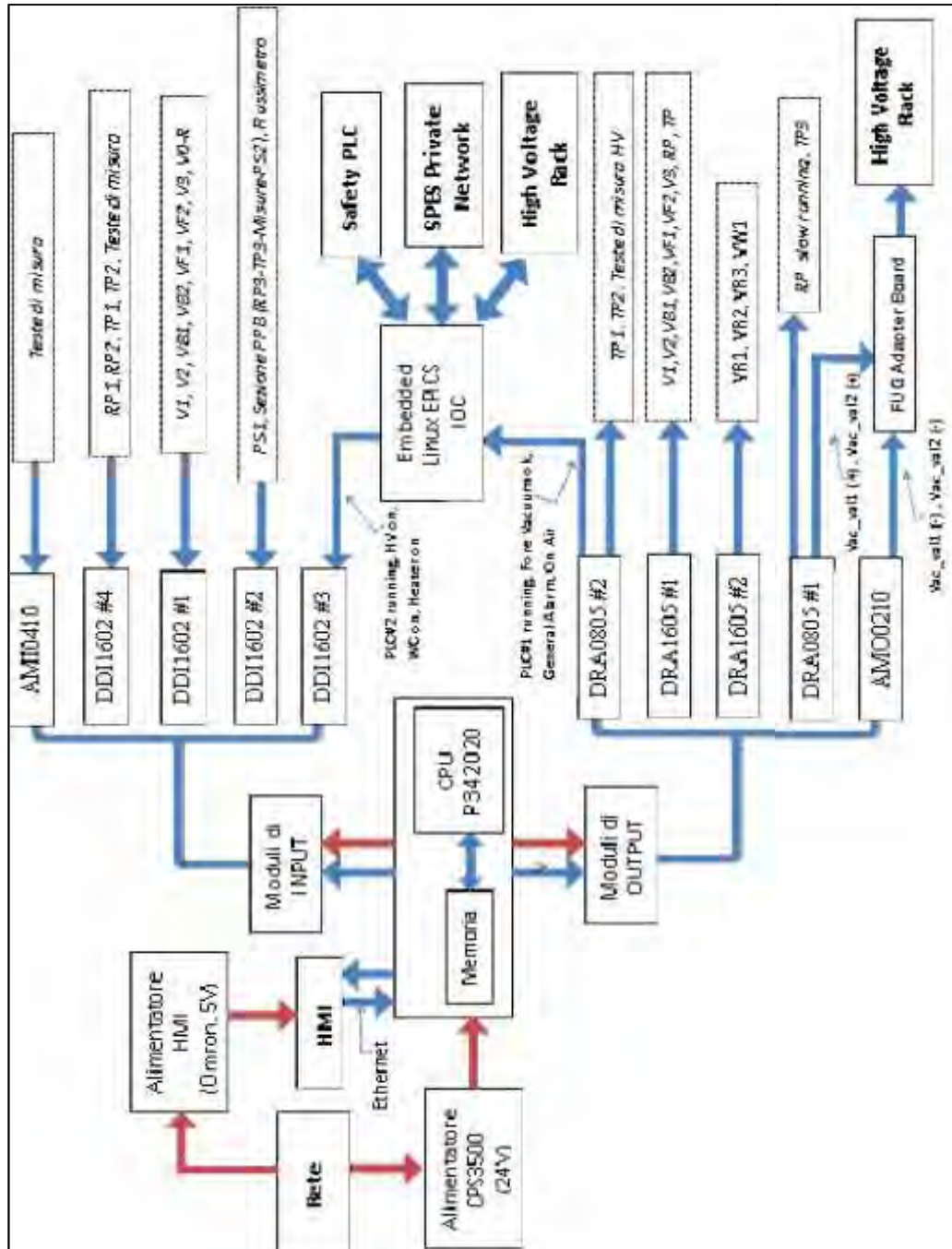


Figura 6.1 Schema a blocchi del Vacuum PLC.

6.2.1 Analisi dei modi di guasto del Vacuum PLC

Il PLC esaminato è in grado, mediante i processi di autodiagnostica impostati dai programmatori, di indicare autonomamente all'utente l'eventuale presenza di errori nel sistema, ricorrendo allo stato dei LED presenti nel display dei vari moduli [13]. Gli errori rilevati dal PLC riguardano:

- i circuiti che costituiscono il PLC e/o i suoi moduli (*errori interni*)
- il processo guidato dal PLC o cablaggio del processo (*errori esterni*)
- il funzionamento dell'applicazione eseguita dal PLC (*errori interni o esterni*).

La procedura di autodiagnostica viene eseguita all'avvio del PLC, durante il suo funzionamento, durante la comunicazione con i moduli o durante l'esecuzione di un'istruzione di programma. Alcuni errori "gravi" richiedono il riavvio del PLC, mentre per altri l'utente deve decidere come procedere a seconda del livello di applicazione richiesto. Vi sono tre categorie di errore:

- *non bloccante*, ovvero tutti gli errori che coinvolgono il bus di ingresso/uscita (comunicazione con i moduli I/O). Dal momento che non modifica lo stato del sistema, il Vacuum PLC continuerà ad operare senza arrestarsi. L'errore è segnalato all'operatore tramite la spia I/O del display del modulo del processore e dai relativi LED presenti nel display del modulo fuori uso;
- *bloccante*, al quale appartengono gli errori generati durante l'interpretazione del programma dell'applicazione e che ne impediscono l'esecuzione. Quando si verifica uno di questi errori, il PLC si arresta

immediatamente e passa in modalità HALT (in cui tutti i task vengono arrestati sull'istruzione corrente). L'errore è segnalato all'operatore tramite la spia LED ERR;

- *del processore o del sistema*, ovvero gli errori legati al modulo del processore o al cablaggio del bus del rack. Quando si verificano questi errori, il sistema non può più funzionare correttamente: di conseguenza, provocano l'arresto del PLC nello stato ERROR, il che richiede un successivo riavvio a freddo forzato nello stato STOP per evitare che il PLC si trovi nuovamente in errore.

Grazie a tali peculiarità, il controller a logica programmabile presenterà valori alquanto contenuti nell'indice Detection (Appendice A.2).

Per ciascun componente del controller è stato preso in esame il modo di guasto "Unità fuori uso", con i relativi valori di MTTF¹ forniti dalla casa costruttrice, riferiti alla temperatura di esercizio T = 30°C e al profilo di condizioni operative non intermittenti (365 d/h, 24h/d, 12 power on-off/y, no stocking day) [14].

Di seguito vengono riportati il funzionamento e il modo di guasto dei componenti visualizzati nello schema a blocchi di **Figura 6.1**.

L'alimentatore CPS3500, installato nel primo slot del rack del Vacuum PLC, fornisce l'alimentazione elettrica al modulo del processore e ai vari moduli I/O: se tale unità dovesse risultare fuori uso (in seguito a un guasto di natura elettrica

¹ I valori di tasso di guasto per un singolo modo di guasto di un componente sono stati ricavati a partire dai valori di MTTF mediante la seguente equazione:

$$\lambda = 1/MTTF \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

nell'ipotesi di distribuzione esponenziale degli eventi incidentali (modello caratteristico dei componenti elettronici).

nei suoi circuiti o a causa del danneggiamento dei connettori tra backplane e modulo), l'intera piattaforma del controller si arresterebbe, non potendo più garantire il mantenimento delle condizioni di alto vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. È presente un relè d'allarme nel modulo di alimentazione che provvede a scollegarlo dalla rete, per mitigare gli effetti del guasto del componente. Tale modo di guasto è rilevabile dall'operatore mediante l'apposito LED presente sul display del modulo di alimentazione; un allarme sarà altresì visualizzato sul monitor HMI del Safety PLC, relativamente allo stato del Vacuum PLC.

Il processore P342020, installato nel secondo slot del rack, rappresenta uno dei componenti più critici dell'intera piattaforma: infatti, l'insorgere di un guasto tale da comprometterne le funzionalità (relativo alla voce "Unità fuori uso") presenta come effetto primario la totale incapacità del processore nel leggere gli input forniti dai vari moduli e nell'inviare gli output necessari allo svolgimento delle operazioni dell'impianto. Di conseguenza, l'effetto globale del guasto del processore è costituito dall'arresto delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto all'interno della camera.

Tale modo di guasto è rilevabile dall'operatore mediante l'apposito LED presente sul display del modulo del processore; sul monitor HMI del Safety PLC si attiverà inoltre l'allarme relativo allo stato di funzionamento del Vacuum PLC.

I vari moduli I/O installati nei rimanenti dieci slots della piattaforma assolvono svariate funzioni. I moduli di input digitale consentono al processore di ricevere informazioni sullo stato e sulle modalità di funzionamento dei componenti del Vacuum System, quali le valvole, le pompe per il vuoto e le teste di misura. I

moduli di output digitale permettono al processore di governare gli attuatori ad essi collegati, mediante un segnale d'ordine in forma digitale: in tal modo, il Vacuum PLC è in grado di pilotare gli attuatori elettrici delle valvole, di abilitare gli strumenti di misura o di avviare/arrestare le pompe per il vuoto. Analogamente il compito è svolto dai moduli di input/output analogici, con la sostanziale differenza che la comunicazione tra il controller e il resto dell'impianto avviene mediante opportuni segnali analogici; internamente al modulo è presente un convertitore di segnale (DAC, *Digital to Analogic Converter*, o ADC, *Analogic to Digital Converter*, rispettivamente nel caso di moduli di output analogico e moduli di input analogico) che consente di adattare la comunicazione alla tecnologia dei dispositivi.

Il guasto di uno dei dieci moduli non compromette il funzionamento dell'intero sistema Vacuum PLC: infatti, tale evento è riconducibile alla categoria degli errori non bloccanti, come riportato precedentemente nel corso del paragrafo. Tuttavia, in base agli elementi collegati al modulo fuori uso, gli effetti sull'intero impianto di tale guasto variano in relazione al modulo esaminato.

Il modulo DDI1602#1 comunica al processore sia lo stato di funzionamento delle pompe per il vuoto installate in ambedue le linee di pompaggio del Vacuum System sia il segnale relativo al raggiungimento del valore di soglia del vuoto impostato, proveniente da tutte le teste di misura del sistema. Il guasto di tale componente non consente al PLC di garantire il mantenimento dell'alto vuoto nella camera; la rilevazione del guasto avviene sia mediante l'apposito LED

visualizzato sul display del modulo in esame sia tramite la relativa spia presente sul display del modulo del processore.

Il modulo DDI1602#2 comunica al processore lo stato di tutte le valvole V, VB e VF presenti in entrambe le linee di pompaggio (aperta/chiusa) e le condizioni operative dell'unica valvola presente nel canale di trasporto, gestita manualmente dall'operatore (VO-R). Il modulo DDI1602#3, invece, comunica al processore il segnale proveniente dal misuratore di flusso del circuito di raffreddamento delle turbopompe (TP1 e TP2). Esso è anche il modulo di ingresso destinato allo scambio di informazioni tra Safety PLC e Vacuum PLC: infatti, tale componente informa il processore del Vacuum PLC relativamente allo stato di funzionamento del Safety PLC e alle condizioni operative dei sistemi HV e Heater. Il guasto di uno dei due moduli esaminati presenta gli stessi effetti sull'impianto citati nel caso di guasto del modulo DDI1602#1 e presenta inoltre analoghe modalità di rilevazione.

Tramite il modulo di uscita DRA0805#1 il processore, oltre ad impartire alle pompe Roots la modalità di funzionamento *Slow Running*, comunica al sistema HV se le condizioni di alto vuoto nella CCR siano rispettate o meno. Pertanto, il guasto di tale componente comporta, in termini di effetti sull'impianto, la riattivazione dell'interlock del sistema HV, con conseguente disattivazione dell'alto voltaggio e dei riscaldatori della *target chamber*. In tali condizioni, l'impianto di produzione del vuoto continua ad operare.

Il modulo DRA0805#2 rappresenta il modulo di uscita destinato allo scambio di informazioni tra Vacuum PLC e Safety PLC: tale componente, infatti,

informa il Safety PLC riguardo lo stato operativo del Vacuum PLC e l'eventuale raggiungimento delle condizioni di alto vuoto nella CCR. Il modulo in esame comunica inoltre con le pompe turbomolecolari TP1 e TP2 (comando *TP_start*) e con i controllers di tutte le teste di misura presenti nel Vacuum System. Il guasto di tale modulo, rilevato in maniera del tutto analoga al guasto dei precedenti moduli, non consente al Vacuum PLC di continuare a mantenere le condizioni di alto vuoto all'interno della CCR, in quanto non sarà più possibile riavviare le turbopompe durante il ciclo di isteresi del vuoto.

Il modulo di uscita DRA1605#1 consente la disattivazione delle pompe per il vuoto del Vacuum System (comando *breaker*) e il pilotaggio delle valvole delle due linee di pompaggio contrassegnate dalle sigle V, VB e VF. Il guasto di tale componente non causa l'interruzione delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto nella CCR. Le valvole rimarranno nello stato operativo precedente al guasto (le valvole V e VB rimangono aperte, mentre le valvole VF rimangono chiuse) mentre le pompe per il vuoto continueranno ad operare senza interruzioni comandate dal PLC: in tal modo, le linee di pompaggio non entreranno mai in modalità Stand-by durante il ciclo di isteresi del vuoto e le operazioni di pompaggio continueranno indefinitamente, a meno dell'intervento dell'operatore. Il guasto di tale modulo è rilevato in maniera del tutto analoga al guasto dei precedenti moduli.

Il modulo di uscita DRA1605#2 gestisce il pilotaggio delle valvole dei rami di *venting* (VR) e della valvola del circuito di raffreddamento delle turbopompe (VW1). In caso di guasto di tale componente, le valvole rimarranno nello stato

operativo precedente al guasto (le valvole VR rimangono chiuse, mentre la valvola VW1 rimane aperta), pertanto l'impianto di produzione del vuoto sarà ancora in grado di operare. Non potranno tuttavia essere avviate, in seguito, le operazioni di *venting* del canale di trasporto. Il guasto di tale modulo è rilevato in maniera del tutto analoga al guasto dei precedenti moduli.

Il guasto del modulo AM00210, il cui scopo principale è la conversione DAC ai fini della comunicazione con il rack del sistema HV, presenta effetti sull'impianto analoghi a quelli esaminati relativamente al guasto del modulo DRA0805#1.

A causa delle connessioni impostate tra il controller e gli elementi che compongono l'impianto di produzione del vuoto, un guasto a un qualsiasi modulo del Vacuum PLC influenza contemporaneamente ambedue le linee di pompaggio, poiché le operazioni omologhe nei due rami (i.e. pilotaggio valvola V1 e V2, accensione turbopompe TP1 e TP2, etc.) vengono svolte dallo stesso modulo. Pertanto, l'analisi dei modi di guasto dei componenti del controller nel caso di mantenimento del vuoto mediante un'unica linea di pompaggio avrebbe restituito gli stessi risultati ottenuti con la configurazione scelta, relativa al contemporaneo impiego di ambedue le linee di pompaggio (si rimanda all'Appendice A.3 per la visione degli schemi elettrici dei vari moduli della piattaforma).

Il backplane del rack del Vacuum PLC consente sia il fissaggio di tutti i moduli nella piattaforma sia la distribuzione dell'alimentazione dal *power supply* (modulo CPS3500) ai vari componenti del rack. Il guasto di tale elemento di base causa l'arresto del sistema Vacuum PLC, il quale smette di comunicare col resto dell'impianto. Tale modo di guasto è rilevato mediante l'allarme di stato del

Vacuum PLC, visualizzato sul monitor HMI del Safety PLC. Le operazioni di mantenimento del vuoto nella CCR vengono ovviamente arrestate, mediante l'intervento dei dispositivi di sicurezza (relè, Safety PLC, interruttori di linea).

Sia la scheda Ethernet, incorporata nel modulo del processore, che l'alimentatore del monitor HMI sono funzionali alla comunicazione tra il Vacuum PLC e l'interfaccia HMI connessa. Un guasto a uno dei precedenti elementi, pertanto, non consentirà all'operatore la selezione delle operazioni dell'impianto di produzione del vuoto e la visualizzazione, istante per istante, dello stato dei componenti dell'impianto. Tale evento non causa l'arresto delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto nella CCR, ma riduce la capacità di rilevazione dei guasti da parte dell'operatore (in quanto il monitor HMI non è più utilizzabile) nonché la possibilità di variare la modalità di funzionamento del Vacuum System (Stand-by, Arresto, Venting, etc.).

La scheda di memoria installata nello slot disponibile nel modulo del processore consente di salvare pagine WEB e di effettuare un backup delle ultime applicazioni. Il fallimento nelle operazioni di lettura o di scrittura, relativamente al guasto di tale elemento, non comporta l'arresto del Vacuum PLC, né l'interruzione delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto nella CCR, in quanto il controller continuerà a coordinare le operazioni dell'impianto grazie alle istruzioni salvate nella memoria interna del processore. Tale modo di guasto è rilevabile tramite l'apposito LED visualizzato sul display del modulo del processore.

Per tutti i precedenti modi di guasto tali da causare l'arresto delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo, il Safety PLC interviene disattivando sia il sistema dell'alta tensione (*HV System*) che i riscaldatori della Camera Target (*Heaters*). Di conseguenza, non potranno essere inizializzate in futuro le procedure di produzione del fascio radioattivo all'interno del canale di trasporto, a meno del ripristino delle condizioni operative di vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo.

Nell'analisi effettuata non sono stati considerati malfunzionamenti del controller causati da errori di programmazione, in quanto condizionati dal fattore di errore umano (il quale richiede opportune tecniche d'analisi per poter essere quantificato).

6.2.2 Risultati dell'analisi FMECA del Vacuum PLC

Dall'analisi FMECA condotta è emerso che il modo di guasto più critico, in termini di RPN, per l'intero sistema Vacuum PLC è costituito dalla perdita di funzionalità del backplane del rack (*unità fuori uso*). Infatti, il guasto di tale componente compromette il funzionamento di tutti i moduli ad esso collegati, rendendo inutilizzabile la piattaforma del Vacuum PLC. Inoltre, un'anomalia al rack è più difficilmente rintracciabile rispetto a un analogo malfunzionamento di uno dei moduli collegati al backplane dello stesso.

Tra gli altri modi di guasto caratterizzati da alti valori dell'indice RPN è possibile individuare i guasti all'alimentatore dell'intero rack (*unità fuori uso*) e al processore del controller (*unità fuori uso*). Tali eventi sono stati considerati più

gravi, dal punto di vista della Severity, rispetto al guasto di alcuni moduli principali in quanto, a parità di effetto globale sull'impianto (arresto delle operazioni di mantenimento del vuoto), un guasto all'alimentatore o al processore porta anche all'arresto del Vacuum PLC.

Tra i moduli di I/O, gli indici RPN di maggior valore sono associati al guasto (*unità fuori uso*) dei componenti DDI1602#1, DDI1602#2, DDI1602#3 e DRA0805#2. In tutti i casi, l'evento porterebbe all'arresto delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto, nonostante il Vacuum PLC sia ancora in grado di operare.

In **Tabella 6.1** vengono riportate le sigle delle schede relative ai modi di guasto dei componenti del Vacuum PLC caratterizzate da un valore dell'indice RPN maggiore di 10, ottenute mediante il database RAD. Accanto al nome della scheda, viene presentata una breve descrizione del modo di guasto al quale essa fa riferimento.

N° SCHEDA	DESCRIZIONE	RPN
ST_P_210-1	Guasto all'alimentatore del rack del Vacuum PLC (unità fuori uso)	18
ST_P_200-1	Guasto al processore del Vacuum PLC (unità fuori uso)	18
ST_P_300-1	Guasto al rack del rack del Vacuum PLC (unità fuori uso)	24
ST_P_211-1	Guasto al modulo DDI1602 #1 (unità fuori uso)	15
ST_P_212-1	Guasto al modulo DDI1602 #2 (unità fuori uso)	15
ST_P_213-1	Guasto al modulo DDI1602 #3 (unità fuori uso)	15
ST_P_221-1	Guasto al modulo DRA0805 #1 (unità fuori uso)	12
ST_P_222-1	Guasto al modulo DRA0805 #2 (unità fuori uso)	15
ST_P_224-1	Guasto al modulo DRA1605 #1 (unità fuori uso)	12
ST_P_232-1	Guasto al modulo AMO7217 (unità fuori uso)	17

Tabella 6.1 Risultati dell'analisi FMECA condotta sui componenti del Vacuum PLC (filtro: RPN \geq 10).

In **Figura 6.2** viene riportato un istogramma tramite il quale è possibile visualizzare graficamente gli indici di rischio associati alle schede elencate nella precedente tabella.

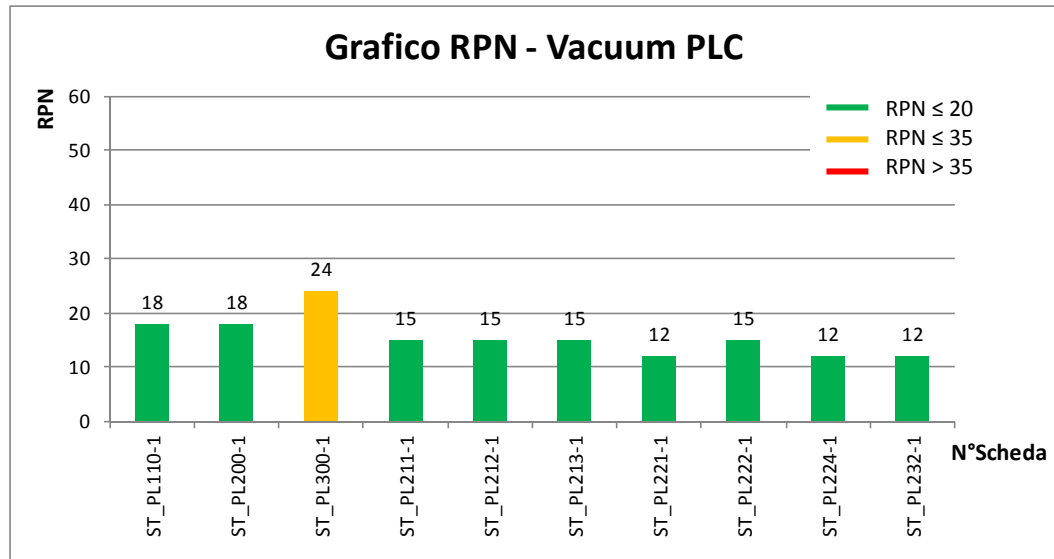


Figura 6.2 Istogramma relativo ai dati della Tabella 6.1.

Per maggiori dettagli sulle analisi svolte si rimanda all'Appendice A.1, in cui vengono interamente riportate le schede FMECA elaborate nello studio del Vacuum PLC.

6.3 STUDIO AFFIDABILISTICO DI UNA LINEA DI POMPAGGIO DEL VACUUM SYSTEM

Lo studio affidabilistico dei componenti delle linee di pompaggio del Vacuum System ha riguardato le operazioni di vuoto eseguite mediante il ricorso ad una sola linea. Poiché le due linee sono caratterizzate dalla stessa componentistica e fase operativa, i risultati delle analisi sono valide per entrambe le linee.

La modalità di funzionamento del Vacuum System relativa all'uso contemporaneo di ambedue le linee di pompaggio non è stata attualmente presa in esame.

In *Figura 4.3* è riportato lo schema di funzionamento di una delle linee di pompaggio. In azzurro, sono individuabili le connessioni logiche sia tra i vari componenti (pompe per il vuoto, valvole, teste di misura, etc.), sia tra la linea di pompaggio e il resto dell'impianto (Camera Target, Camera del Canale Radioattivo, etc.); le linee di flusso dello schema presentano la stessa direzione del flusso d'aria aspirato dalla camera. In rosso, è segnata l'alimentazione elettrica dei vari componenti analizzati, mentre in giallo è rappresentato il circuito di refrigerazione delle turbopompe. Per maggiori dettagli riguardo il layout dell'impianto di produzione del vuoto installato presso l'attuale apparato Front End dell'impianto SPES, si rimanda allo schema riportato in Appendice A.3.

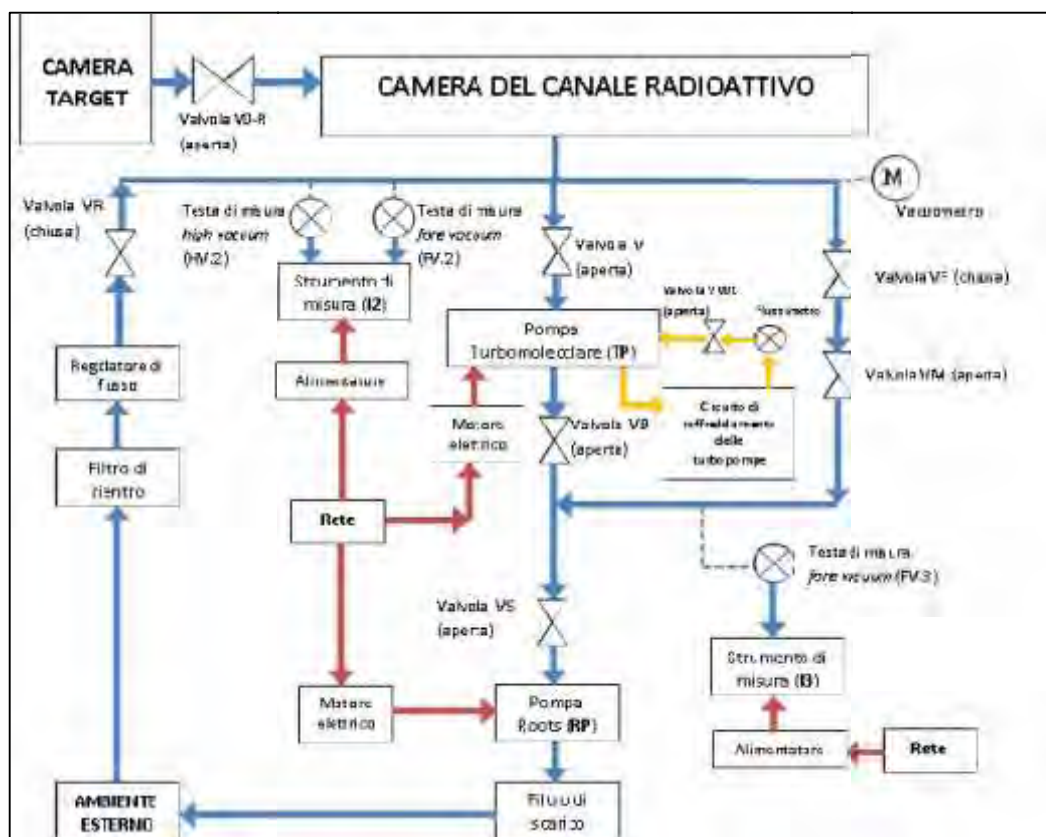


Figura 6.3 Schema a blocchi di una linea di pompaggio del Vacuum System.

6.3.1 Analisi dei modi di guasto della linea di pompaggio

Vengono descritti di seguito i modi di guasto esaminati per i principali componenti della linea di pompaggio e i loro effetti locali e sull'impianto.

Per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice A.1, dove si riportano le schede dell'analisi FMECA. Si tenga presente che per i tassi di guasto relativi a un determinato modo di guasto del componente si è fatto uso dei dati riportati in [15], [16], [17].

La pompa Roots (RP), installata a valle della pompa turbomolecolare e a monte del filtro di scarico della linea di pompaggio, consente di mantenere le condizioni di vuoto operative alla mandata della turbopompa. La modalità di funzionamento considerata nelle analisi dei modi di guasto delle suddetta pompa è costituita dal regime standard (*Standard Running*).

La pompa turbomolecolare (TP), invece, è installata a monte della pompa Roots e a valle della Camera del Canale Radioattivo: essa realizza all'interno della CCR le condizioni di alto vuoto necessarie alle applicazioni RIB.

I modi di guasto esaminati per entrambe le tipologie di pompe sono i seguenti:

- *fallimento nell'aspirazione*. All'elenco delle possibili cause individuate appartengono i seguenti eventi: eventuali malfunzionamenti all'unità di controllo della pompa, avaria del motore elettrico, guasto di natura meccanica agli organi rotorici o alla sezione statorica (nel caso delle turbopompa è stato incluso, tra le possibili cause, anche il malfunzionamento ai cuscinetti a levitazione magnetica, sebbene tale

evento sia scarsamente probabile a causa dell'elevata affidabilità della tecnologia *maglev*, come accennato nel corso del Capitolo 2). A livello locale, il presente modo di guasto provoca un aumento del valore di pressione nella linea e l'alterazione delle normali condizioni operative di vuoto;

- *perdite di tenuta*. Le infiltrazioni d'aria a pressione atmosferica all'interno della struttura della pompa, a causa di microfessure o di scarsa tenuta nella flangia di collegamento tra macchina e linea, provocano un indesiderato aumento del valore di pressione nell'intera linea di pompaggio.

Sia nel caso di perdite di tenuta sia nel caso di fallimento nelle operazioni di aspirazione, il manifestarsi del guasto alla pompa non consente il mantenimento delle condizioni di alto vuoto all'interno della CCR. Pertanto, il Vacuum PLC provvederà a isolare la linea di pompaggio dalla camera, mediante la chiusura della valvola V, e a spegnere le pompe per il vuoto, arrestando momentaneamente l'impianto di produzione del vuoto in attesa che il guasto venga riparato dall'operatore.

Per entrambe le pompe per il vuoto, le perdite di tenuta sono rilevabili mediante gli strumenti di misura del grado di vuoto installati nelle relative regioni della linea e tramite i valori di pressione alla mandata e all'aspirazione della pompa visualizzati sul display dell'unità di controllo della stessa (posizionato remotamente, in prossimità del monitor HMI). Il modo di guasto relativo al fallimento nelle operazioni di aspirazione è, invece, rilevabile tramite

l'interfaccia HMI del Vacuum PLC (in base allo stato di funzionamento, l'icona relativa alla pompa varierà il proprio colore e verrà visualizzato un allarme) e, analogamente al caso delle perdite di tenuta, mediante le misure effettuate dagli strumenti installati nel Vacuum System.

Per quanto riguarda la valvola manuale V0-R, installata nel canale di trasporto del fascio per collegare l'ambiente della Camera del Canale Radioattivo con quello della Camera Target, durante la fase di mantenimento dell'alto vuoto all'interno della CCR si troverà aperta. Pertanto, l'unico modo di guasto esaminato per tale componente è costituito dalle *perdite esterne*, dovute ad eventuali microfessure nella

struttura della valvola o ad una scarsa tenuta nella flangia di collegamento tra valvola e linea. Tale guasto causa un aumento della pressione all'interno del canale di trasporto del fascio e la conseguente perdita delle condizioni operative di vuoto all'interno della CCR. La rilevazione del guasto è affidata agli strumenti di misura del grado di vuoto installati nell'impianto: tuttavia, tale metodo di rilevazione, sebbene efficace, non consente di associare univocamente lo scostamento dei valori di vuoto misurati alle perdite nella valvola in esame. Il Vacuum PLC, in seguito al guasto nella valvola V0-R, provvederà a isolare la linea di pompaggio dalla camera, mediante la chiusura della valvola V, e a spegnere le pompe per il vuoto, ponendo l'impianto di produzione del vuoto in condizioni di arresto.

Per quanto riguarda la valvola elettropneumatica V, adoperata nel collegamento tra la linea di pompaggio e la CCR, nella fase operativa esaminata

essa viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto (in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entrerà in fase di *Stand-by*, come descritto nel Capitolo 2). Pertanto, i modi di guasto esaminati per tale elemento sono i seguenti:

- *mancata chiusura alla richiesta del Vacuum PLC*. A causa di tale malfunzionamento, generato da una possibile avaria all'attuatore elettrico o da un danno da usura al sistema pneumatico della valvola, la linea di pompaggio non entrerà in modalità *Stand-by* al termine del ciclo di isteresi del vuoto: continuerà pertanto ad aspirare aria dalla Camera del Canale Radioattivo indefinitamente, a meno dell'intervento dell'operatore. Viene visualizzato un allarme sul display dell'interfaccia HMI del Vacuum PLC, relativamente allo stato della valvola;
- *mancata apertura alla richiesta del Vacuum PLC*. In seguito a tale evento (le cui cause e i relativi metodi di rilevazioni sono analoghi a quelli individuati per il precedente modo di guasto), la linea di pompaggio rimarrà in modalità *Stand-by* (valvola V chiusa; pompe per il vuoto accese), non rispondendo al ciclo di isteresi del vuoto. Di conseguenza, l'alto vuoto non verrà mantenuto all'interno della CCR;
- *chiusura spuria, non comandata dal Vacuum PLC*. Il presente modo di guasto, causato da un probabile falso contatto nell'attuatore elettrico, è rilevabile nuovamente tramite il relativo allarme visualizzato sul display del monitor HMI del Vacuum PLC. La Camera del Canale Radioattivo verrà

isolata dal resto della linea e non sarà pertanto possibile garantire il mantenimento delle condizioni operative di vuoto all'interno della stessa;

- *perdite esterne*, dovute ad eventuali microfessure nella struttura della valvola o a perdite di tenute nella flangia di collegamento interposta tra valvola e linea. Tale evento presenta gli stessi effetti e gli stessi metodi di rilevazione dell'omologo modo di guasto della valvola V0-R.

Per quanto riguarda la valvola elettropneumatica VB, il cui scopo è l'isolamento della turbopompa durante le operazioni di primo vuoto, nella fase operativa esaminata essa risulterà aperta. I modi di guasto individuati per tale componente sono i seguenti:

- *chiusura spuria, non comandata dal Vacuum PLC*, con conseguente isolamento della regione della linea a monte della pompa Roots ed inevitabile perdita delle condizioni di alto vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Tale modo di guasto presenta le stesse cause e gli stessi metodi di rilevazione dell'omologo malfunzionamento della valvola V;
- *perdite esterne*, dovute ad eventuali microfessure nella struttura della valvola o a perdite di tenute nella flangia di collegamento interposta tra valvola e linea. Tale evento causa un aumento del valore di pressione nella regione di linea compresa tra le due pompe e presenta effetti analoghi a quelli esaminati nel caso di perdite esterne nelle valvole V e V0-R.

Per quanto riguarda l'elettrovalvola VS, il cui scopo è l'isolamento della pompa Roots dal resto della linea di pompaggio, durante il mantenimento dell'alto vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo essa rimarrà aperta. I modi di guasto esaminati sono i seguenti:

- *chiusura spuria, non comandata dal Vacuum PLC.* Il presente modo di guasto, causato da un falso contatto nell'attuatore elettrico, presenta gli stessi effetti di una chiusura spuria della valvola VB ed è rilevabile tramite il relativo allarme visualizzato sul display del monitor HMI del Vacuum PLC;
- *perdite esterne,* il cui effetto locale è rappresentato da un innalzamento della pressione nella regione della linea compresa tra le due pompe per il vuoto. Le caratteristiche di tale modo di guasto (in termini di cause, effetti sull'impianto e metodi di rilevazione) sono analoghe a quelle osservate nel caso di perdite esterne nelle valvole V0-R, V e VB.

Per quanto riguarda la valvola elettropneumatica VF, installata nella linea per collegare la pompa Roots alla CCR durante le operazioni di primo vuoto, nella fase operativa esaminata essa risulterà regolarmente chiusa. Sono stati individuati, pertanto, i seguenti modi di guasto:

- *perdite interne, attraverso l'alloggio della valvola,* dovute a una scarsa tenuta all'interno della sede della valvola o ad un eventuale chiusura parziale della stessa. Tale modo di guasto provoca il collegamento tra l'ambiente di mandata e l'ambiente di aspirazione della turbopompa (equivalente a un *bypass* della valvola VF), con conseguente perdita delle

condizioni di alto vuoto nella regione della linea situata a monte delle turbopompa (CCR inclusa). Gli strumenti di misura installati nella linea consentono di rilevare l'anomalia;

- *apertura spuria, non comandata dal Vacuum PLC*. Tale evento incidentale, dovuto a un possibile falso contatto nell'attuatore elettrico della valvola, presenta gli stessi effetti relativi al precedente modo di guasto. La rilevazione avviene mediante l'apposita spia visualizzata sul display dell'interfaccia HMI del Vacuum PLC, in relazione allo stato di funzionamento della valvola;
- *perdite esterne*, con conseguenze e caratteristiche di rilevazione simili a quelle esaminate nel caso di perdite esterne nella valvole VB, V e VS.

Circa la valvola manuale VM, situata nel ramo della linea utilizzato durante le operazioni di primo vuoto, essa rimane generalmente chiusa soltanto durante le operazioni di arresto a lungo termine dell'impianto. Pertanto, l'unico modo di guasto esaminato per tale componente è costituito dalle *perdite esterne*, dovute ad eventuali microfessure nella struttura della valvola o ad una scarsa tenuta nella flangia di collegamento tra valvola e linea. Tale guasto presenta gli stessi effetti (aumento di pressione nella linea) e gli stessi metodi di rilevazione (teste di misura del vuoto) dell'omologo guasto alla valvola manuale V0-R.

Per quanto riguarda l'elettrovalvola VR, il cui scopo è il collegamento della linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo, essa risulterà aperta soltanto durante le operazioni di venting. I modi di guasto individuati, relativamente alla fase operativa esaminata, sono allora i seguenti:

- *perdite interne, attraverso l'alloggio della valvola*, dovute a una scarsa tenuta all'interno della sede della valvola;
- *apertura spuria, non comandata dal Vacuum PLC*, a causa di un eventuale falso contatto nell'attuatore della valvola;
- *perdite esterne*, dovute ad eventuali microfessure nella struttura della valvola o ad una scarsa tenuta nella flangia di collegamento tra valvola e linea.

L'effetto locale di tutti e tre i precedenti guasti è costituito da un aumento del valore di pressione nella linea di pompaggio; pertanto, non sarà possibile mantenere l'alto vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. L'impianto di produzione del vuoto verrà arrestato dal Vacuum PLC al fine di mitigare gli effetti del guasto, in attesa dell'intervento manutentivo da parte degli operatori.

La valvola VW1 regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe e il relativo attuatore elettrico viene comandato dal Vacuum PLC. L'apertura della valvola è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2 durante le operazioni di mantenimento dell'alto vuoto. Il modo di guasto individuato per tale elemento è rappresentato dalla *chiusura spuria, non comandata dal Vacuum PLC*. Tale evento, dovuto a un probabile falso contatto nell'attuatore elettrico, è causa sia di un aumento di pressione nel circuito di refrigerazione delle turbopompe, sia del surriscaldamento delle macchine, in quanto le turbopompe non saranno in grado di smaltire correttamente il calore in eccesso. In tale circostanza, un aumento eccessivo di temperatura nella struttura delle pompe potrebbe causare danni irreversibili al

motore elettrico che le alimenta. Il guasto alla valvola VW1 viene prontamente mitigato dal Vacuum PLC, il quale spegne le pompe per il vuoto e chiude la valvola di isolamento della linea (V), arrestando l'impianto di produzione del vuoto. Un allarme viene inoltre visualizzato sulle periferiche HMI di entrambi i PLC (relativamente alle condizioni della valvola VW1).

Gli strumenti di misura I.2 e I.3 rappresentano i controller delle teste di misura del vuoto: il loro scopo è quello di convertire in segnale elettrico il valore di pressione misurato dalle rispettive teste e successivamente inviarlo al Vacuum PLC (*trasduttori di pressione*). Tale comunicazione avviene mediante un segnale digitale, inviato dallo strumento non appena la testa ad esso connessa rileva, durante il processo di misura del grado di vuoto, il raggiungimento del valore di soglia impostato dall'operatore. Il modo di guasto individuato per ambedue i trasduttori di pressione, relativamente alla fase operativa in esame, è costituito dall'*assenza di segnale in uscita*, causato da un eventuale anomalia di natura elettrica all'interno dei circuiti del controller.

Nel caso dello strumento I.3, il manifestarsi del presente modo di guasto comporta che il segnale relativo al raggiungimento della soglia di vuoto impostata nella testa FV.3 non perviene al Vacuum PLC: quest'ultimo, pertanto, isolerà la Camera del Canale Radioattivo dalla linea di pompaggio chiudendo la valvola V, come se le condizioni di vuoto operative nella regione compresa tra le due pompe non fossero rispettate. L'impianto di produzione del vuoto entrerà in una condizione operativa simile a quella registrata nella modalità Stand-by (valvola V chiusa, pompe accese) e rimarrà in tale stato indefinitamente, a meno

dell'intervento dell'operatore mediante l'interfaccia HMI. Tale evento, dunque, non consentirà il mantenimento delle condizioni di alto vuoto all'interno della CCR.

L'assenza di segnale in uscita dallo strumento I.2 comporta, invece, la semplice disattivazione dell'opzione *Slow Running* per le pompe Roots, in quanto il Vacuum PLC non è più in grado di rivelare il mantenimento della soglia di alto vuoto all'interno della CCR. L'impianto di produzione del vuoto, pertanto, continuerà indefinitamente a lavorare a pieno regime, non seguendo il ciclo di isteresi del vuoto. Il Vacuum PLC, inoltre, comunica al Safety PLC che la soglia di alto vuoto nella

Camera del Canale Radioattivo non è mantenuta, con conseguente disattivazione del sistema HV e dei riscaldatori della Camera Target.

In entrambi i casi, il malfunzionamento dei controller è rilevabile mediante la relativa spia visualizzata sul display dello strumento. È inoltre possibile risalire al guasto mediante gli allarmi visualizzati nei dispositivi HMI dei due PLC, relativamente alle informazioni sulle condizioni di vuoto all'interno della CCR.

Le teste di misura del vuoto permettono il controllo del valore di pressione all'interno della regione della linea alla quale sono collegati. La comunicazione al Vacuum PLC del raggiungimento della soglia di vuoto impostata nella testa avviene grazie al controller relativo al dispositivo, come osservato in precedenza (il valore di soglia, inoltre, non è settabile tramite il Vacuum PLC, bensì direttamente nello strumento di misura).

Per quanto riguarda la testa di misura HV.2, collegata alla regione a monte della turbopompa, sono stati individuati i seguenti modi di guasto in relazione alla fase operativa in esame:

- *il segnale di uscita è assente*, causato dal deterioramento dei connettori tra testa e controller o da un guasto di natura elettrica ai circuiti del dispositivo. Tale modo di guasto presenta gli stessi effetti e le stesse modalità di rilevazione osservati nel caso dell'equivalente malfunzionamento del controller al quale la testa è collegata (I.2);

- *segnalazione di un valore di pressione maggiore rispetto al valore reale*, dovuto a una calibrazione errata del dispositivo. Tale guasto presenta gli stessi effetti esaminati nel caso dell'assenza di segnale in uscita dallo strumento I.2. Tuttavia, la rilevazione di tale guasto è più difficoltosa, in quanto nessun allarme in particolare consente di individuare la segnalazione errata da parte della testa: l'operatore può esclusivamente confrontare il valore di pressione fornito dalla testa e visualizzato sul display dello strumento I.2 (collocato remotamente, nel quadro generale del Vacuum System) con il valore di pressione restituito dal vacuometro installato sulla linea (collocato nei pressi della CCR);

- *segnalazione di un valore di pressione minore rispetto al valore reale*. Il presente modo di guasto, dovuto nuovamente a una possibile calibrazione errata del dispositivo, è influente ai fini del funzionamento

dell'impianto di produzione del vuoto (nel caso in cui dovessero manifestarsi eventi incidentali concomitanti e caratterizzati da un aumento di pressione nella linea di pompaggio, la testa non sarebbe tuttavia in grado di rilevare prontamente le variazioni delle condizioni di vuoto);

- *perdite di tenuta*, dovute a una scarsa tenuta nella flangia di collegamento o all'interno della sede della testa di misura. Tale modo di guasto causa un aumento di pressione nella linea di pompaggio e l'alto vuoto non viene più mantenuto all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Il Vacuum PLC, a valle della segnalazione da parte degli strumenti di misura del grado di vuoto installati nella linea, provvede a chiudere la valvola di isolamento della linea (V) e a spegnere le pompe per il vuoto, arrestando le operazioni di vuoto.

Per quanto riguarda la testa di misura FV.3, collegata alla regione di linea compresa tra le due pompe per il vuoto, essa presenta gli stessi modi di guasto del dispositivo HV.2, esaminato in precedenza (analoghe sono anche le possibili cause individuate per ciascun modo di guasto). Gli effetti e i metodi di rilevazione relativi a ciascun modo di guasto vengono di seguito riportati:

- *il segnale di uscita è assente*. Tale evento presenta gli stessi effetti e le stesse modalità di rilevazione dell'omologo guasto nel controller I.3.
- *segnalazione di un valore di pressione maggiore rispetto al valore reale*. Presenta gli stessi effetti dell'assenza di segnale in uscita dal controller I.3; tuttavia, non esistono metodi di rilevazione che consentano di

individuare il manifestarsi del malfunzionamento, in quanto il dispositivo FV.3 rappresenta l'unica testa di misura installata nella regione della linea compresa tra le due pompe per il vuoto;

- *segnalazione di un valore di pressione minore rispetto al valore reale*, ininfluenza ai fini del funzionamento dell'impianto di produzione del vuoto, a meno di eventi incidentali concomitanti caratterizzati da un aumento di pressione nella linea (come osservato in precedenza, relativamente alla testa HV.2);
- *perdite di tenuta*. La conseguenza diretta di tale evento incidentale è un aumento del valore di pressione nella regione di linea compresa tra le due pompe per il vuoto. Tale effetto si propagherà all'intera linea di pompaggio, con conseguente perdita delle condizioni operative di vuoto all'interno della CCR e intervento del Vacuum PLC a mitigare gli effetti sull'impianto (come esaminato nell'equivalente modo di guasto della testa HV.2).

Per quanto riguarda il filtro di scarico, installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita proveniente dalla Camera del Canale, esso può andar incontro ai seguenti modi di guasto:

- *rottura*. Tale evento può essere causato da un eventuale urto o da un cedimento meccanico da usura. Durante il mantenimento del vuoto in assenza di fascio nel canale di trasporto, il presente modo di guasto non comporta particolari effetti a livello di impianto;

- intasamento, dovuto alla saturazione della superficie del filtro in termini di deposito di particolato. L'effetto locale è costituito da una ridotta capacità di pompaggio della linea.

Entrambi i modi di guasto relativi al filtro di scarico possono essere individuati mediante la supervisione degli operatori durante le operazioni di vuoto. Periodici interventi manutentivi di pulizia del filtro di scarico possono ridurre notevolmente il rischio di intasamento dello stesso.

Il vacuometro², installato nella regione di linea comunicante con la Camera del Canale Radioattivo, misura il valore di pressione all'interno di quest'ultima; il valore restituito dalle misure è visibile all'operatore sul display dello stesso strumento. I modi di guasto relativi a errori o assenza di misura nel dispositivo non sono stati esaminati, in quanto il valore di pressione della CCR è comunque rilevabile, principalmente, dal display degli strumenti I.2 e I.3. Il modo di guasto considerato per il vacuometro è costituito dalle *perdite di tenuta*, dovute a un'eventuale scarsa tenuta all'interno della sede dello strumento o nella flangia di collegamento dello stesso. Tale evento causa un aumento del valore di pressione all'interno della linea di pompaggio e la conseguente perdita delle condizioni di alto vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo.

Il flussimetro dell'acqua è lo strumento di rilevazione del flusso di refrigerante nel circuito di raffreddamento delle turbopompe e comunica col Vacuum PLC mediante un modulo di input digitale. Il modo di guasto esaminato per il presente elemento è rappresentato dall'*assenza di segnale in uscita*,

² Un vacuometro rappresenta, nella pratica, un tipo di manometro particolarmente adatto a misurare valori di pressione estremamente bassi, in un range di valori caratteristici del vuoto.

causato da un possibile guasto di natura elettrica ai circuiti del dispositivo o da un malfunzionamento di natura meccanica nella struttura dello stesso. Il Vacuum PLC, in seguito a tale evento incidentale, chiude la valvola VW1 e il circuito di refrigerazione delle turbopompe non è più operativo. Di conseguenza, vengono arrestate le operazioni di vuoto dallo stesso controller (in quanto il corretto funzionamento del circuito di raffreddamento è una condizione vincolante per l'intero Vacuum System) e l'alto vuoto non viene più mantenuto all'interno della Camera del Canale Radioattivo.

Tale modo di guasto viene comunicato all'operatore mediante i relativi allarmi visualizzati sul display dell'interfaccia HMI di entrambi i dispositivi.

Per tutti i guasti ai vari componenti della linea con conseguente arresto delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto all'interno della CCR, il Safety PLC interverrà allo scopo di mitigarne gli effetti, disattivando il sistema HV e i riscaldatori secondo il protocollo di sicurezza. Come osservato precedentemente durante l'analisi dei modi di guasto del Vacuum PLC, conseguentemente a tali operazioni sarà impossibile inizializzare le procedure di produzione del fascio RIB all'interno della facility.

Nella maggior parte dei casi esaminati, in seguito a un evento incidentale tale da compromettere l'impiego della linea di pompaggio, sarà possibile riprendere le operazioni di mantenimento dell'alto vuoto nella CCR utilizzando la linea di pompaggio disposta in parallelo alla prima, in attesa che le funzionalità della linea fuori uso vengano ripristinate. Tale ridondanza, tuttavia, risulterà non sfruttabile nei seguenti casi: assenza del segnale in uscita dal flussimetro del

circuito di raffreddamento delle turbopompe; chiusura spuria della valvola VW1; perdite esterne nella valvola manuale V0-R. Tale affermazione è giustificata dal fatto che i precedenti guasti coinvolgono contemporaneamente ambedue le linee di pompaggio: entrambe le turbopompe (TP1 e TP2) interagiscono infatti col medesimo circuito di raffreddamento, mentre la valvola V0-R è installata nel canale di trasporto del fascio, al quale le linee di pompaggio sono analogamente collegate.

È opportuno ricordare, inoltre, che i modi di guasto relativi a perdite esterne nei vari componenti della linea di pompaggio (pompe per il vuoto, valvole e strumenti di misura) saranno causa, nelle future applicazioni del Front End *online*, di possibili rilasci di particelle radioattive nei locali del laboratorio, a causa della natura radiogena dell'apparato finale. Occorrerà pertanto provvedere a installare, nel layout futuro, appositi rilevatori di radiazioni ionizzanti all'interno dei locali, al fine di rilevare tempestivamente possibili perdite di tenuta nei componenti del Vacuum System. Ulteriori misure di sicurezza radioprotezionistiche andranno implementate per quanto riguarda la gestione e la manutenzione dei filtri di scarico, in quanto elementi di accumulo del particolato radioattivo trasportato nell'aria in uscita dal canale di trasporto. Sarà altresì necessario applicare opportune modifiche alla struttura delle carcasse delle varie pompe per il vuoto: dal momento che gli organi interni di tali macchine entreranno costantemente in contatto con il particolato radioattivo in uscita dalla Camera del Canale Radioattivo, le normali operazioni manutentive

sulle pompe richiederanno particolari accorgimenti allo scopo di evitare la contaminazione dei locali e degli operatori.

6.3.2 Risultati dell'analisi FMECA della linea di pompaggio

Dall'analisi FMECA condotta è emerso che il modo di guasto più critico, in termini di RPN, è costituito dalla segnalazione di un valore di pressione maggiore rispetto a quello reale da parte della testa di misura FV.3, appartenente al controller I.3 e installata nella regione di linea compresa tra le due pompe per il vuoto. L'elevato indice RPN associato a tale modalità di guasto è giustificato sia dalla completa assenza di metodi di rilevazione ad esso connessi (con conseguente valore massimo del parametro Detection), sia dagli effetti a livello di impianto che ne conseguono (arresto delle operazioni di mantenimento del vuoto e disattivazione dei sistemi HV e Heaters). Valori elevati dell'indice di rischio sono associati anche ai seguenti modi di guasto: perdite di tenuta nei vari dispositivi di misura (teste FV e HV, vacuometro); perdite esterne nelle valvole V0-R, V, VB, VS, VF, VM e VR; perdite interne attraverso l'alloggio delle valvole VF e VR; perdite di tenuta nelle pompe per il vuoto (TP e RP).

L'assegnazione di differenti parametri Severity per ciascun modo di guasto esaminato nello studio della linea di pompaggio è stata influenzata, oltre che dagli effetti locali e globali relativi ad esso, anche dall'eventuale possibilità di impiego della linea di pompaggio in parallelo, qualora la modalità di guasto in esame non ne pregiudicasse l'uso. Ad esempio, è evidente infatti come un guasto all'elemento V0-R (valvola di comunicazione tra l'ambiente Camera Target e

l'ambiente Camera del Canale Radioattivo) non consenta di riprendere le operazioni di mantenimento dell'alto vuoto sfruttando la linea alternativa, in quanto tale modo di guasto influenza l'intero canale di trasporto. Pertanto, al modo di guasto "Perdite esterne" relativo al componente V0-R è stato assegnato un valore di Severity maggiore rispetto al medesimo modo di guasto dei componenti della linea di pompaggio.

In **Tabella 6.2** vengono riportate le sigle delle schede relative ai modi di guasto dei componenti della linea di pompaggio del Vacuum System, caratterizzate da un valore dell'indice RPN maggiore o uguale a 15. Accanto al nome della scheda, viene presentata una breve descrizione del modo di guasto al quale essa fa riferimento.

N° SCHEDA	DESCRIZIONE	RPN
ST_VS220-1	Fallimento nell'aspirazione della pompa Roots	15
ST_VS270-2	Perdite di tenuta nella pompa Roots	30
ST_VS240-1	Fallimento nell'aspirazione della pompa turbomolecolare	15
ST_VS240-2	Perdite di tenuta nella pompa turbomolecolare	30
SI_VS310-1	Perdite esterne nella valvola V0-R	36
SI_VS310-2	Mancata apertura della valvola V alla richiesta del vacuum "LL"	20
SI_VS310-3	Perdite esterne nella valvola V	30
ST_VS330-1	Perdite esterne nella valvola VB	30
ST_VS340-1	Perdite esterne nella valvola VS	30
ST_VS350-1	Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola VF	30
ST_VS350-2	Perdite esterne nella valvola VF	30
SI_VS360-1	Perdite esterne nella valvola VM	30
SI_VS360-2	Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola VR	30
ST_VS370-1	Perdite esterne nella valvola VR	30
ST_VS411-1	Segnalazione di un valore di pressione maggiore rispetto al valore reale nella testa FV.1	50
ST_VS411-2	Perdite di tenuta nella testa di misura FV.1	30
ST_VS421-1	Perdite di tenuta nella testa di misura FV.2	30
ST_VS422-1	Segnalazione di un valore di pressione maggiore rispetto al valore reale nella testa HV.1	24
SI_VS422-2	Perdite di tenuta nella testa di misura HV.1	30
ST_VS610-1	Intasamento del filtro di scarico della linea di pompaggio	24
ST_VS800-1	Perdite di tenuta nel vacuometro	36

Tabella 6.2 Risultati dell'analisi FMECA condotta sui componenti di una linea di pompaggio del Vacuum System (filtro: RPN \geq 15).

In Figura 4.2 viene riportato un istogramma tramite il quale è possibile visualizzare graficamente gli indici di rischio associati alle schede elencate nella precedente tabella.

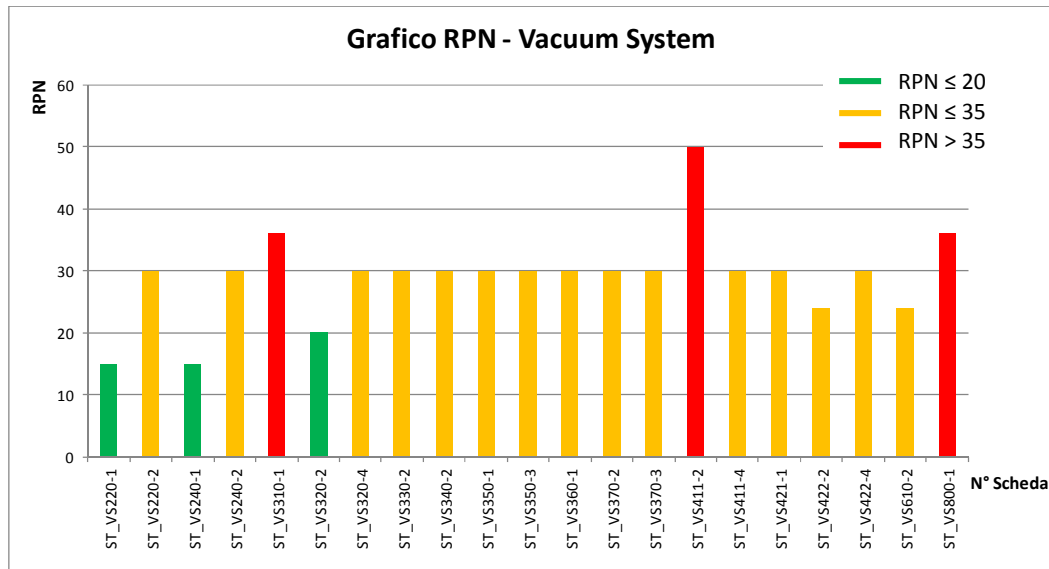


Figura 6.4 Istogramma relativo ai dati della Tabella 4.2.

Per maggiori dettagli sulle analisi svolte si rimanda il lettore all'Appendice A.1, in cui vengono interamente riportate le schede FMECA elaborate nello studio della linea di pompaggio del Vacuum System.

6.4 CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella presente tesi ha riguardato l'analisi di sicurezza di alcuni componenti dell'impianto SPES dei Laboratori Nazionali di Legnaro, attualmente installati presso il prototipo dell'apparato Front End.

In particolare, si è fatto ricorso alla metodologia FMECA per analizzare sia il controller a logica programmabile (Vacuum PLC) che gestisce il sistema di produzione del vuoto (Vacuum System), sia una delle due linee di pompaggio

destinate alla realizzazione del vuoto all'interno della Camera del Canale Radioattivo.

Tali elementi rivestono notevole importanza all'interno della facility SPES, dal momento che la produzione del RIB è vincolata al mantenimento delle condizioni di alto vuoto all'interno del canale di trasporto del fascio radioattivo.

I risultati ottenuti hanno consentito di individuare le problematiche di sicurezza connesse al funzionamento dei dispositivi e sottosistemi presenti nelle unità esaminate, mediante la classificazione degli indici RPN.

Per quanto riguarda il Vacuum PLC, è emerso che il modo di guasto più critico, in termini di RPN, è costituito dalla perdita di funzionalità del backplane del rack. Il guasto di tale componente, infatti, non solo compromette il funzionamento di tutti i moduli ad esso collegati, rendendo inutilizzabile la piattaforma del Vacuum PLC, ma risulta anche più difficilmente rintracciabile rispetto a un analogo malfunzionamento degli altri componenti del controller. I risultati dell'analisi hanno evidenziato anche un valore relativamente elevato di RPN per quanto riguarda il guasto dell'alimentatore del rack e la perdita di funzionalità del processore.

Dallo studio affidabilistico della linea di pompaggio, invece, risulta che il modo di guasto più rilevante, in termini di RPN, è costituito dalla segnalazione di un valore di pressione maggiore rispetto a quello reale da parte della testa di misura installata nella regione di linea compresa tra le due pompe a vuoto. Tale evento, oltre a comportare l'arresto delle operazioni di mantenimento dell'alto vuoto e la conseguente disattivazione dell'alto voltaggio e dei riscaldatori della

Camera Target, è caratterizzato inoltre dalla completa assenza di metodi di rilevazione ad esso connessi. Valori elevati dell'indice di rischio sono associati anche alle perdite di tenuta nei vari componenti installati nella linea di pompaggio, quali dispositivi di misura, valvole e pompe per il vuoto.

I risultati dell'analisi FMECA condotta nel presente lavoro potranno essere integrati, in futuro, con l'analisi ad albero dei guasti (*Fault Tree Analysis*) o con la metodologia HAZOP (*HAZard and OPerability analysis*), allo scopo di approfondire lo studio di sicurezza dell'impianto di produzione del vuoto del Front End offline.

Inoltre, presso il Dipartimento dell'Energia, sezione Nucleare, dell'Università di Palermo sono in fase di svolgimento gli studi di sicurezza di altri sistemi dell'apparato Front End dell'impianto SPES, mediante l'uso di opportune tecniche di indagine (i.e. HAZOP, FTA, FMECA, etc.), nonché analisi termoidrauliche dell'impianto di refrigerazione della target chamber mediante l'uso del codice Relap5. Tali studi si inseriranno nell'ambito di una collaborazione di ricerca tra l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) di Legnaro e il Dipartimento dell'Energia, sezione Nucleare, dell'Università degli Studi di Palermo, riguardante lo studio di sicurezza e analisi dei rischi dell'impianto nucleare di tipo ISOL del progetto SPES.

BIBLIOGRAFIA

- [1]- G. Prete, A. Covello, "SPES Technical Design Report", INFN-LNL 223 (2008).
(http://www.lnl.infn.it/~spes/TDR2008/tech_design08_index.htm)
- [2]- Relazione di tirocinio: "Utilizzo di software LabVIEW per la realizzazione dell'interfaccia operatore dell'apparato Front End del progetto SPES", C. Scudellaro (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Padova).
- [3]- A. Lombardi, "Iniettore PIAVE".
(<http://www.lnl.infn.it/~formazio/cma/Lombardi%20Descrizione%20PIAVE.pdf>)
- [4]- J. Vasquez, "Activity Report, January–May 2009", INFN-LNL.
- [5]- Relazione di tirocinio: "Utilizzo di PLC nel progetto SPES: controllo di sequenze operazionali e di sicurezza dell'iniettore di fascio", D. Bof (Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Padova).
- [6]- Wikipedia.
- [7]- "Produzione del vuoto", Büchi Labortechnik AG, CH-9230 Flawil.
(http://www.buchi.it/fileadmin/upload_it/Assistente1.pdf)
- [8]- "Vacuum Pumps", Cornia Group (Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia).
(<http://www.corniagroup.unimore.it/Part%205.%20Vacuum%20Pumps.pdf>)
- [9]- Adixen, Alcatel Vacuum Technology.
(<http://www.adixen.it/vacuum-pumps/high-vacuum-pumps,32,1,pla.html>)
- [10]- Edwards, Vacuum Pumps and Abatement Technology.
(<http://www.edwardsvacuum.com/Products/View.aspx?sku=B71802020>)
- [11]- G. Tudisco, "Generalità sui PLC", Corso di Sistemi Elettrici Automatici (ITI "A. Malignani", Udine).
- [12]- Guida di Microsoft Access (© 2010 Microsoft Corporation).
- [13]- "Modicon M340 con Unity Pro", manuale di configurazione (Schneider Electric).

(<http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/it/>)

[14]- “MTTF M340 - June 2009”, tabella MTTF relativa ai prodotti della famiglia Modicon M340 (Schneider Electric).

[15]- OREDA, Offshore Reliability Data Handbook, 4th Edition, SINTEF 2002.

[16]- “Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants”, Nuclear Regulatory Commission (NRC, 1975).

[17]- L.C. Cadwallader, “Vacuum System Operating Experience Review For Fusion Applications” (Idaho National Engineering Laboratory, 1994).

APPENDICE A1

IL CODICE RELAP5

Introduzione

Il Relap5, sviluppato presso l'INEL (Idaho National Engineering Laboratory) per conto della U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), è un codice monodimensionale, non stazionario, per lo studio del comportamento termoidraulico di una miscela monocomponente bifase, le cui equazioni vengono risolte da uno schema numerico parzialmente implicito che rende possibili analisi parametriche, estremamente importanti per la progettazione [13].

Modello fluidodinamico

Il codice di calcolo per le simulazioni termoidrauliche opera su volumi discreti, pertanto, la scrittura dell'input presuppone la suddivisione del sistema, di cui ci si propone lo studio, in un insieme di volumi di controllo collegati tra loro attraverso giunzioni, definita come "nodalizzazione" dell'impianto. Ad ogni componente dell'impianto vengono associati dei "modelli", attraverso i quali è possibile simulare pompe, valvole, tubi, turbine, separatori, accumulatori, ma anche strutture in grado di assorbire o cedere calore. Le proprietà scalari del fluido, come la pressione, l'energia, la densità e la frazione di vuoto sono rappresentate dallo stato medio del fluido e calcolate al centro del volume di controllo. Le proprietà vettoriali del fluido, come ad esempio le velocità, sono invece calcolate nelle giunzioni e sono associate al flusso di massa ed energia tra i volumi di controllo. Inoltre, è utilizzata una serie di correlazioni empiriche e teoriche per tenere conto di fenomeni che non possono essere descritti correttamente dai valori medi dei parametri calcolati. I percorsi dei flussi di calore sono descritti tramite le "strutture termiche", attraverso un modello monodimensionale che

calcola le temperature ed i vettori associati ai flussi di calore attraverso l'uso di una staggered mesh¹. Le strutture termiche vengono usate per simulare le pareti delle tubature, gli elementi riscaldanti e le superfici degli scambiatori di calore.[14]

Descrizione delle equazioni

Il codice risolve sei equazioni di campo in sei variabili dipendenti:

- pressione (P);
- energia interna specifica del liquido (Uf);
- energia interna specifica del vapore (Ug);
- frazione di vuoto del vapore (α_g);
- velocità del vapore (vg);
- velocità del liquido (vl);

In presenza di un componente incondensabile, viene usata un'ulteriore equazione ed un'altra variabile dipendente (X_n) relativa al rapporto fra la massa di incondensabile e la massa totale della fase gassosa. Le variabili indipendenti sono il tempo (t) e lo spazio 1D definito dall'ascissa curvilinea (x). Dal momento che si tratta una miscela bifase vi saranno due equazioni per ogni bilancio di massa, energia e quantità di moto. Le equazioni di continuità sono le seguenti:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_g \rho_g) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x}(\alpha_g \rho_g v_g A) = \Gamma_g \quad (\text{A.1})$$

per la fase gassosa e

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_f \rho_f) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x}(\alpha_f \rho_f v_f A) = \Gamma_f \quad (\text{A.2})$$

per quella liquida.

¹ Staggered mesh: griglia sfalsata in cui le proprietà scalari sono definite nei centri delle celle e le quantità vettoriali ai confini delle stesse.

Per ragioni di continuità, si ha che la massa di liquido generata è uguale con segno opposto alla massa di vapore condensata ($\Gamma_f = -\Gamma_g$). Il modello assume che il trasferimento totale di massa sia diviso in uno scambio all'interfaccia liquido/vapore (Γ_{ig}) nel *bulk* del fluido e in uno scambio liquido/vapore vicino alle pareti (Γ_w). Si ha quindi l'espressione:

$$\Gamma_g = \Gamma_{ig} + \Gamma_w \quad (\text{A.3})$$

Le equazioni della quantità di moto sono:

$$\begin{aligned} \alpha_g \rho_g A \frac{\partial v_g}{\partial t} + \frac{1}{2} \alpha_g \rho_g A \frac{\partial v_g^2}{\partial x} = & -\alpha_g A \frac{\partial P}{\partial x} + \alpha_g \rho_g B_x A - (\alpha_g \rho_g A) FWG(v_g) \\ & + \Gamma_g A (v_{gf} - v_g) - (\alpha_g \rho_g A) FIG(v_g - v_f) \\ & - C \alpha_g \alpha_f \rho_m A \left[\frac{\partial (v_g - v_f)}{\partial t} + v_f \frac{\partial v_g}{\partial x} - v_g \frac{\partial v_f}{\partial x} \right] \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

per la fase gassosa e

$$\begin{aligned} \alpha_f \rho_f A \frac{\partial v_f}{\partial t} + \frac{1}{2} \alpha_f \rho_f A \frac{\partial v_f^2}{\partial x} = & -\alpha_f A \frac{\partial P}{\partial x} + \alpha_f \rho_f B_x A - (\alpha_f \rho_f A) FWF(v_f) \\ & + \Gamma_g A (v_{fg} - v_f) - (\alpha_f \rho_f A) FIF(v_f - v_g) \\ & - C \alpha_f \alpha_g \rho_m A \left[\frac{\partial (v_f - v_g)}{\partial t} + v_g \frac{\partial v_f}{\partial x} - v_f \frac{\partial v_g}{\partial x} \right] \end{aligned} \quad (\text{A.5})$$

per quella liquida.

Dove FIF e FIG sono rispettivamente i coefficienti di trascinamento interfase per il liquido ed il vapore, mentre FWG e FWF sono i coefficienti di trascinamento dovuto alle pareti, C è il coefficiente di massa virtuale (C=0 per flusso stratificato). Anche per queste equazioni è bene fare delle considerazioni sui termini di scambio all'interfaccia liquido/vapore, eliminando le derivate spaziali si trova infatti:

$$\begin{aligned} & \Gamma_g A v_{gI} - (\alpha_g \rho_g A) FIF (v_g - v_f) - C \alpha_g \alpha_f \rho_m A \left[\frac{\partial (v_g - v_f)}{\partial t} \right] \\ & - \Gamma_g A v_{gI} - (\alpha_f \rho_f A) FIF (v_f - v_g) - C \alpha_f \alpha_g \rho_m A \left[\frac{\partial (v_f - v_g)}{\partial t} \right] = 0 \end{aligned} \quad (A.6)$$

Questa forma dell'equazione di bilancio descrive il fenomeno di scambio di forze e quantità di moto all'interfaccia tra le due fasi.

Di seguito si riportano le equazioni di bilancio di energia per le due fasi :

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_g \rho_g U_g) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_g \rho_g U_g v_g A) = -P \frac{\partial \alpha_g}{\partial t} - \frac{P}{A} \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_g v_g A) \\ & + Q_{wg} + Q_{ig} + \Gamma_{ig} h_g + \Gamma_w h_g + DISS_g \end{aligned} \quad (A.7)$$

per la fase gassosa

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_f \rho_f U_f) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_f \rho_f U_f v_f A) = -P \frac{\partial \alpha_f}{\partial t} - \frac{P}{A} \frac{\partial}{\partial x} (\alpha_f v_f A) \\ & + Q_{wf} + Q_{if} + \Gamma_{if} h_f + \Gamma_w h_f + DISS_f \end{aligned} \quad (A.8)$$

per la fase liquida.

Dove Q_{wg} e Q_{wf} sono le potenze termiche scambiate tra singole fasi e la parete, mentre Q , definita dalla A.9, è la potenza termica totale per unità di volume scambiata tra la parete ed il fluido.

$$Q = Q_{wg} + Q_{wf} \quad (A.9)$$

Per quel che riguarda le equazioni di stato e le equazioni costitutive, è bene ricordare che il RELAP5 ha la caratteristica peculiare di essere corredato di innumerevoli relazioni, empiriche e non.

In questo modo, il codice si adatta ad ogni condizione operativa del sistema di cui ci si propone lo studio, come ad esempio, le differenti relazioni per gli scambi di calore interfase legate ai diversi regimi di flusso.

Le equazioni del modello di scambio termico si basano sulla legge di conduzione del calore monodimensionale in geometria rettangolare, cilindrica o sferica. I valori relativi alla conducibilità

termica ed al calore specifico dei materiali, entrambi dipendenti dalla temperatura, possono essere forniti o in forma tabulare o come valori di default previsti dal codice. Le condizioni al contorno includono condizioni di simmetria o adiabatiche, tabelle di temperature superficiali in funzione del tempo e flusso termico imposto.

A.2.1 Risoluzione del sistema di equazioni

Tutte le equazioni del modello termico e del modello fluidodinamico vengono risolte per mezzo della tecnica delle differenze finite di tipo semi-implicito, ma è anche possibile risolverle tramite un modello completamente implicito. Lo schema si basa sulla sostituzione del sistema di equazioni differenziali con un sistema di equazioni alle differenze finite, parzialmente implicito nella variabile tempo. I termini impliciti sono trattati come lineari nelle variabili dipendenti, al nuovo passo temporale; questo porta ad una matrice di avanzamento temporale di tipo lineare, che viene risolta mediante inversione diretta. La linearità conduce ad una notevole diminuzione del tempo di calcolo, eliminando il bisogno di risolvere iterativamente i sistemi di equazioni non lineari. Le equazioni alle differenze finite si basano sul concetto di volume di controllo, nel quale si conservano sia la massa che l'energia (l'accumulo di tali grandezze nel volume deve eguagliare, in senso algebrico, le quantità che attraversano i confini della cella).

I volumi di controllo sono collegati in serie, usando delle giunzioni, in modo che il percorso del fluido fra i volumi sia adeguatamente simulato; ogni volume è caratterizzato da una direzione orientata, che ne definisce l'ingresso e l'uscita, e dall'area della sezione trasversale; ogni giunzione è definita da un'area e da una orientazione rispetto ai volumi che collega.

A.3 Architettura del codice

Il codice è organizzato secondo una struttura modulare; i modelli e le procedure sono separati in diverse *subroutines*. Il livello superiore consta di tre blocchi (figura A.1)

- INPUT DECK per i dati in ingresso;
- TRNCTL per il calcolo stazionario e transitorio;
- STRIP per estrarre i risultati;

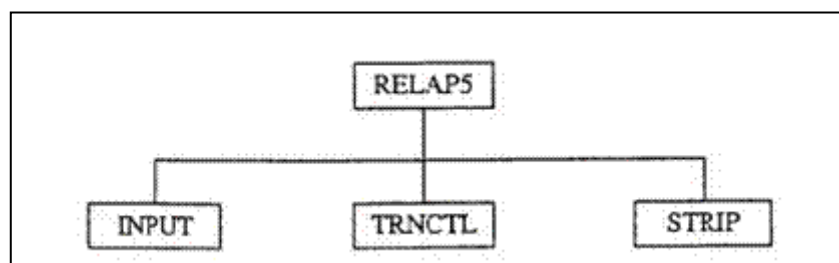


Fig. A.1: suddivisione in blocchi del codice RELAP

Tutti i dati relativi al sistema da simulare, sono inseriti nel file di input, nel quale sono accuratamente descritti tutti i componenti e tutte le variabili di interesse per il calcolo. Le istruzioni sono fornite in termini di “cards” progressive, in cui le informazioni vengono scritte secondo una determinata sintassi. Attraverso numeri, reali o interi, o stringhe, vengono definite le proprietà geometriche, idrauliche, fisiche, nonché le condizioni al contorno del sistema. I dati da inserire possono essere raggruppati in cinque aree distinte: strutture idrodinamiche, strutture termiche (*heat structures*), sistema di trip, parte neutronica e sistemi di controllo.

Le informazioni idrodinamiche principali sono volte a specificare le sezioni di passaggio del fluido, le lunghezze dei componenti e la loro orientazione, i dettagli geometrici necessari al calcolo dei diametri idraulici, la rugosità della parete, i dati per il calcolo delle perdite di carico, le condizioni iniziali nelle quali si trova il sistema.

Le informazioni riguardanti le strutture termiche sono determinate definendo gli spessori dei materiali e le loro masse, la lunghezza, i diametri interni ed esterni, i tipi di materiali con le relative proprietà in funzione della temperatura, la potenza termica delle sorgenti di calore e la loro posizione, nonché le distribuzioni iniziali di temperatura.

Il sistema di trip e le dichiarazioni logiche consentono all'utilizzatore di costruire funzioni

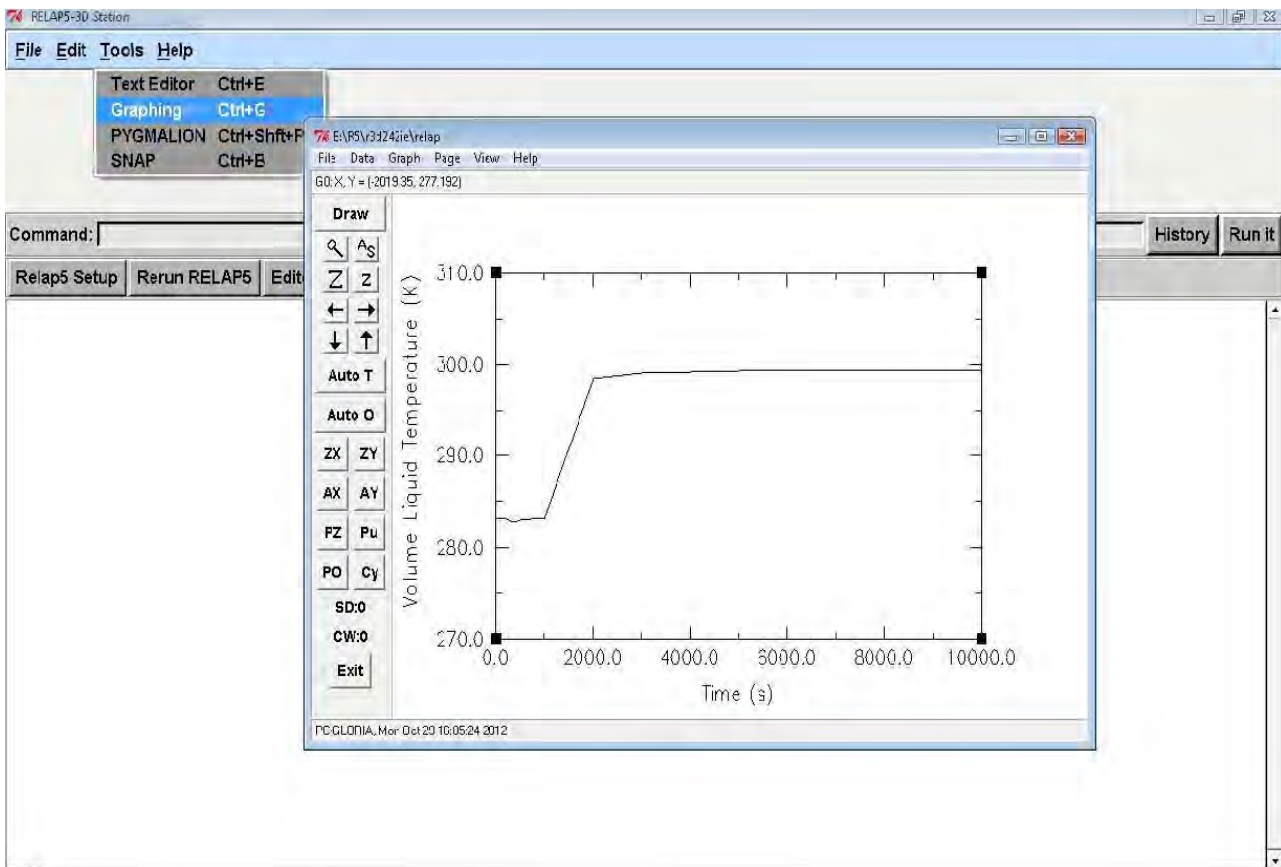
complesse che permettono di caratterizzare tutte le possibili azioni proprie di un transitorio termoidraulico (apertura o chiusura di una valvola, accensione o spegnimento dei riscaldatori, entrata o meno in funzione di sistemi di sicurezza), a partire da dichiarazioni di “vero” o “falso”. Ogni trip rappresenta un'affermazione logica, ma alcuni di essi possono anche fare riferimento ad altri trip tramite opportune operazioni logiche matematiche. Lo stato dei trip viene determinato e controllato ad ogni passo temporale. Il codice RELAP5 prevede, inoltre, delle variabili di controllo (controlvar), ovvero delle grandezze dichiarate all'inizio dell'input che consentono l'esecuzione di operazioni di calcolo algebrico e differenziale. Le controlvar vengono usate, anche, per costruire funzioni di più grandezze, che il codice non consente di ottenere direttamente. Il blocco input processa i dati in ingresso, controlla eventuali inconsistenze (il codice include routine di controllo dell'input per aiutare l'utilizzatore a scoprire errori o incongruenze), prepara i blocchi dei dati per il calcolo e la simulazione.

In seguito all'esecuzione di un'analisi il codice stampa due file: uno in carattere ASCII detto output, l'altro in carattere binario detto file di restart (.r). Il primo è diviso in tre parti, nella prima si riporta l'input, nella seconda si riportano gli eventuali errori relativi alla sintassi utilizzata per la scrittura dell'input, nella terza parte sono stampati i risultati dell'analisi. Il file di restart dà informazioni più dettagliate dell'output che possono essere utilizzate per interfacciare il RELAP5 anche con programmi di grafica. La differenza tra i due file, oltre che nel formato, sta nel fatto che il file di output, essendo scritto per ogni Major edit (intervallo maggiore di scrittura), riporta un quantitativo minore di informazioni del file di restart che viene, invece, aggiornato ad ogni minor edit (intervallo minore di scrittura).

A.4 Utilities del codice

La versione 3D del codice Relap, tramite un'interfaccia grafica, offre un via più immediata all'elaborazione grafica dei dati ottenuti (vedi figura A.1).

Fig. A1: Interfaccia grafica del Relap5 3D, esempio di elaborazione grafica dei dati di output.



É possibile, inoltre, utilizzare l'utility "Pygmalion" (vedi figura A.2) che aggiorna le informazioni sulle condizioni iniziali all'interno di un file di input. Tali condizioni iniziali sono ottenute eseguendo i calcoli dello stato stazionario, i cui risultati finali sono riportati all'interno di un file di restart/plot. Le pressioni, le energie interne e le frazioni di vuoto di ogni volume, nonchè le velocità ad ogni giunzione, ottenute all'ultimo tempo di calcolo, vengono inserite nelle card delle condizioni iniziali di un nuovo file di input basato sull'input preesistente. Tutto ciò risulta particolarmente utile quando si vogliono simulare più eventi incidentali a partire dalle stesse condizioni stazionarie, soprattutto se tali condizioni vengono raggiunte in tempi non brevi e richiedono tempi di calcolo piuttosto lunghi.

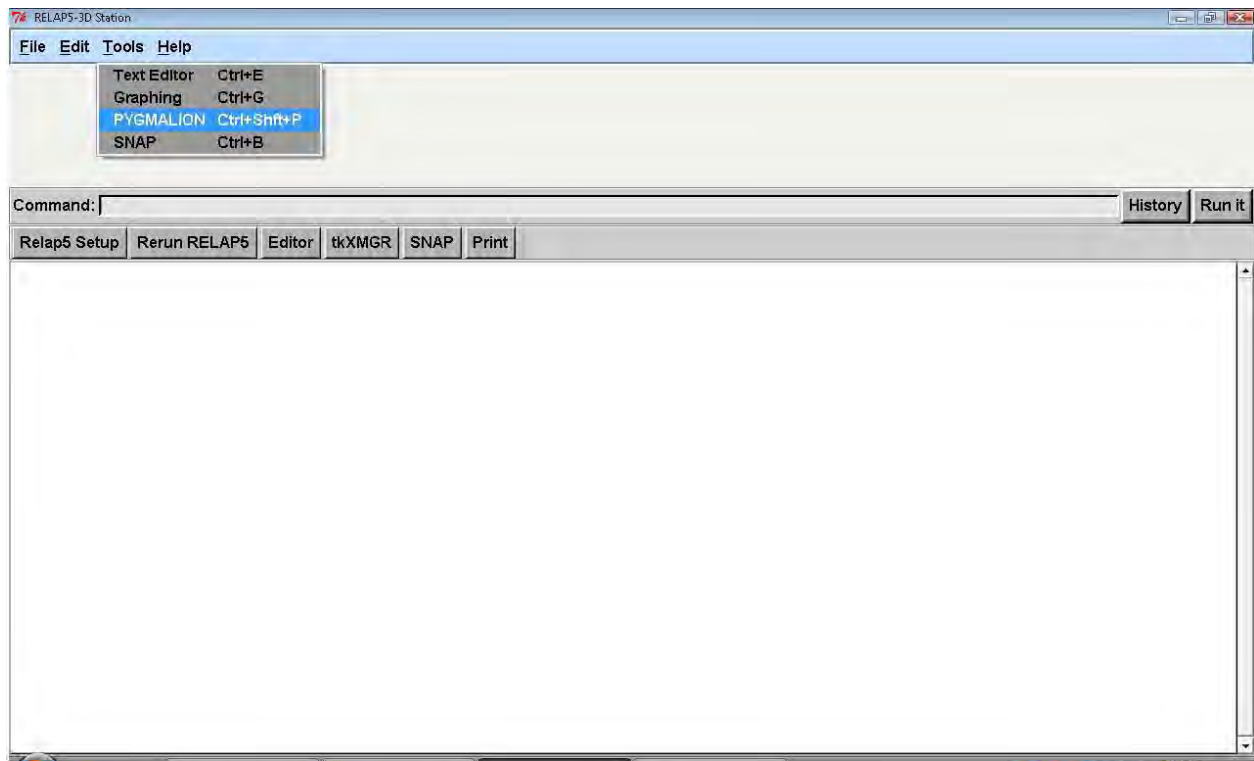


Fig. A.2: Utility "PYGMALION" a cui si può accedere dal menu tools.

APPENDICE A2
INPUT RELAP5

```
*-----
*
*
*      IMPIANTO DI REFRIGERAZIONE DELLA SORGERTE DI IONI
*      EXCYT DEI LNS DI CATANIA
*      PRIMARIO ACQUA Th 30 °C Tl 19 °C
*      SORGETE T ESERCIZIO 2000 °C RAFFREDDATA PER IRRAGGIAMENTO
*      SECONDARIO ACQUA Tl 7 °C Th 12 °C
*      PRESSIONE INTERNA 4 bar
*      PORTATA DI ACQUA NEL PRIMARIO 400 l/h
*      PORTATA DI ACQUA NEL SECONDARIO 2,68 l/s
*-----
```

```
*
100          new      transnt
101          run
110          air
120          100010000      0.0      h2o
*
```

```
*-----
```

```
*                      TIME
*-----
```

```
*
200          1.+4
201          5.0          1.0e-6      0.1      7      10      10
10
202          500.0          1.0e-6          1.      7      100      100
100
203          1000.0          1.0e-6      0.1      7      1000      1000
1000
204          10000.0          1.0e-6      0.1      7      10000      10000
10000
205          10130.0          1.0e-6      0.1      7      200      200
200
206          10300.0          1.0e-6      0.1      7      5      5      5
207          11000.0          1.0e-6      0.1      7      500      500
500
*
```

```
*-----
```

```
*                      TRIP
*-----
```

```
*
500 time 0          ge null 0 0.      n
501 time 0          le null 0 3.e6      n
510 time 0          ge null 0 3.e6      n
511 time 0          ge null 0 10150.      n
512 time 0          ge null 0 4.e6      n
*
```

```
*-----
```

```

340  cntrlvar 108          * TArget power
341  cntrlvar 109          * strum power
*-----
*
*                               SERBATOIO 50 1
*-----
*
0990000  aliment  tmdpvol
0990101  20.      1.      0.
0990102  -90.     -90.     -1.
0990103  1.5e-6   0.      01
0990200  4
0990201  0.  1.1e5   303.     1.0
*
0050000  jump          snlgljun
0050101  099010002  100010001  0.00   0.0  0.0
0050102  1000
0050201  0      1.83068-8 1.83063-8 0. * 4.47904-9
*
1000000  serbat       pipe
1000001  4
n.elementi
1000101  0.1963          4 * flow
area
1000301  0.06375        4 * volume
height
1000401  0.0             4 * volume
of node
1000501  0.0            4 *
horizontal angle
1000601  -90.0          4 *
vertical angle
1000701  -0.06375       4 *
elevation change
1000801  5.e-5         0.0   4 *
roughness - Dh
1000901  0.0           0.0   3 *
concentrated loss coef
1001001  00000         4 * volume
flag
1001101  000000        3 *
junction flag
1001201  0      110311.4 118949.6 2509279. 0. 0. 1 * Press
- Temp - Titolo
1001202  0      110934.2 118949.6 2509464. 0. 0. 2 * Press
- Temp - Titolo
1001203  0      111557.  118949.6 2509647. 0. 0. 3 * Press
- Temp - Titolo
1001204  0      112179.9 118949.6 2509830. 0. 0. 4 * Press
- Temp - Titolo
1001300  0
1001301  .00425955 .00441568 0.  1 *
.833
1001302  .00425955 .00441568 0.  2 *
.833
1001303  .00425955 .00441568 0.  3 *

```

.833

*-----

 * MANDATA - USCITA SERBATOIO - TRATTO
 VERTICALE
 * tubo che collega il serbatoio al gruppo
 pompe
 * dislivello totale 7 m (5 m sopra liv.
 sorgente)
 *-----

*-----

 1100000 out-ser sngljun
 1100101 100040002 120010001 0.0 0.0 0.0 01000
 1100201 0 1.039676 1.328982 0. * .833
 *-----

* MANDATA - TUBO Pre POMPE H 6.745 m
 vertivale
 *-----

1200000 pre-pom pipe
 1200001 10 *
 n.elementi
 1200101 8.0424e-4 10 *
 flow area
 1200301 0.6745 10 *
 volume height
 1200401 0.0 10 *
 volume of node
 1200501 0.0 10 *
 horizontal angle
 1200601 -90.0 10 *
 vertical angle
 1200701 -0.6745 10 *
 elevation change
 1200801 5.e-5 0.0 10 *
 roughness - Dh
 1200901 0.0 0.0 9 *
 concent. loss coef
 1201001 00000 10 *
 volume flag
 1201101 000000 9 *
 junction flag
 1201201 0 115099.4 118949.9 2510676. 0. 0. 1 * P -
 T - Titolo
 1201202 0 121392.5 118950.1 2512440. 0. 0. 2 * P -
 T - Titolo
 1201203 0 127685.6 118950.5 2514123. 0. 0. 3 * P -
 T - Titolo
 1201204 0 133978.8 118950.8 2515716. 0. 0. 4 * P -
 T - Titolo

1201205	0	140272.	118951.	2517245.	0.	0.	5	*	P	-
T - Titolo										
1201206	0	146565.	118951.3	2518718.	0.	0.	6	*	P	-
T - Titolo										
1201207	0	152858.3	118951.6	2520132.	0.	0.	7	*	P	-
T - Titolo										
1201208	0	159151.5	118952.	2521488.	0.	0.	8	*	P	-
T - Titolo										
1201209	0	165444.8	118952.2	2522789.	0.	0.	9	*	P	-
T - Titolo										
1201210	0	171738.	118952.5	2524048.	0.	0.	10	*	P	-
T - Titolo										
1201300	0									
1201301	1.039674	1.32898	0.	1					*	
.833										
1201302	1.039672	1.328976	0.	2					*	
.833										
1201303	1.039669	1.328972	0.	3					*	
.833										
1201304	1.039666	1.328969	0.	4					*	
.833										
1201305	1.039663	1.328965	0.	5					*	
.833										
1201306	1.03966	1.32896	0.	6					*	
.833										
1201307	1.039657	1.328957	0.	7					*	
.833										
1201308	1.039654	1.328954	0.	8					*	
.833										
1201309	1.039652	1.32895	0.	9					*	
.833										

*
 *

*-----

 *
 * GRUPPO POMPE
 * due linee ridondanti L tot 5 m
 * dislivello totale 2 m sotto il livello della
 sorgente
 *-----

*-----

 * MANDATA - DIRAMAZIONE A T PRE POMPE
 *-----

*
 1300000 ti-pre branch
 1300001 3 0

```

1300101  8.0424e-4  1.2      0.0  * flow area - volume
length -
1300102  0.          0.0      0.0  * hor angle - vertical
angle - elevation
1300103  1.0e-7      0.        00
1300200  0            174663.6  118953. 2524620. 0.
1301101  130010000    141010001  0.0  0.0  0.0  1000
1302101  130010000    142010001  0.0  0.0  0.0  1000
1303101  120100002    130000000  0.0  0.0  0.0  1000
1301201  1.039647  1.039647  0.

```

```

*
+ * .833
1302201  -6.7333-12  -8.5819-12  0.  * -5.41427-12
1303201  1.039649  1.328946  0.
*
+ * .833

```

```

*-----
*
*                               LINEA POMPA 1
*-----

```

```

1410000  lineal  snglvol
1410101  8.0424e-4  0.5      0.
1410102  0.          0.        0.0
1410103  5.e-5      0.        00
1410200  0            174331.4  118953.2 2524556. 0.
*-----

```

```

*                               LINEA POMPA 1 - VALVOLA VS1.1
*-----

```

```

1510000  vs1.1  valve
1510101  141010002  161010001  0.0  0.0  0.0
1510102  0100  1.0  1.0  * no choking
1510201  0  1.039647  1.039647  0.
*
+ * .833
1510300  trpvlv
1510301  500
*-----

```

```

*                               LINEA POMPA 1
*-----

```

```

1610000  lineall  snglvol
1610101  8.0424e-4  0.05     0.
1610102  0.          0.        0.0
1610103  5.e-5      0.        00
1610200  0            174210.5  118953.2 2524532. 0.
*-----

```

```

*                               LINEA POMPA 1 - POMPA PS1
*-----

```

```

*
1710000  pump1  tmdpjun
*          from vol.  to vol.  jun. area

```

```

1710101      161010002      181010001      0.0
*
*          control      flowf      flowg      int.v
1710200      1
1710201      0.0      0.0      0.      0.
1710202      10.0      0.8330      0.      0.
1710203      500.      0.8330      0.      0.
*-----
*
*                      LINEA POMPA 1
*-----
*-----
1810000      linea111      snglvol
1810101      8.0424e-4      0.5      0.
1810102      0.      0.      0.0
1810103      5.e-5      0.      00
1810200      0      693318.      118953.5      2570795.      0.
*-----
*-----
*                      LINEA POMPA 1 - VALVOLA VN1
*-----
*-----
1910000      vn1      valve
1910101      181010002      201010001      0.0      0.0      0.0
1910102      0100      1.0      1.0      * no choking
1910201      0      1.03941      1.03941      0.
*
+ * .833
1910300      trpvlv
1910301      500
*-----
*-----
*                      LINEA POMPA 1 - LINEA 1111
*-----
*-----
2010000      11      snglvol
2010101      8.0424e-4      0.5      0.
2010102      0.      0.      0.0
2010103      5.e-5      0.      00
2010200      0      693099.      118953.7      2570785.      0.
*-----
*-----
*                      LINEA POMPA 1 - VALVOLA Vs1.2
*-----
*-----
2110000      vs1.2      valve
2110101      201010002      221010001      0.0      0.0      0.0
2110102      0100      1.0      1.0      * no choking
2110201      0      1.03941      1.03941      0.
*
+ * .833
2110300      trpvlv
2110301      500
*-----
*-----
*                      LINEA POMPA 1
*-----

```



```

-----
2210000  111  snglvol
2210101  8.0424e-4      0.5      0.
2210102  0.                0.      0.0
2210103  5.e-5              0.      00
2210200  0                  692879.  118954. 2570774. 0.

```

```

*****
*****

```

```

*-----
*
*                               LINEA POMPA 2
*-----

```

```

-----
1420000  linea2      snglvol
1420101  8.0424e-4      0.5      0.
1420102  0.                0.      0.0
1420103  5.e-5              0.      00
1420200  0                  175201.4  41989.45 2524725. 0.

```

```

*-----
*
*                               LINEA POMPA 2 - VALVOLA VS2.1
*-----

```

```

-----
1520000  vs2.1      valve
1520101  142010002    162010001    0.0    0.0    0.0
1520102  0100    1.0    1.0    * no choking
1520201  0        0.    0.    0. * 0.
1520300  trpvlv
1520301  510

```

```

*-----
*
*                               LINEA POMPA 2
*-----

```

```

-----
1620000  linea22    snglvol
1620101  8.0424e-4    0.05      0.
1620102  0.            0.      0.0
1620103  5.e-5          0.      00
1620200  0              1.1+5    41989.4 2509186. 0.

```

```

*-----
*
*                               LINEA POMPA 2 - POMPA PS2
*-----

```

```

-----
1720000  pump2      tmdpjun
*
*      from vol.      to vol.      jun. area
1720101  162010002    182010001    0.0
*
*      control flowf flowg      int.v
1720200  1
1720201  0.0          0.0    0. 0. 10000. 0.0 0. 0.

```

```

*-----
*
*                               LINEA POMPA 2
*-----

```

```

-----
1820000  linea222    snglvol
1820101  8.0424e-4    0.5      0.

```

```

1820102  0.          0.          0.0
1820103  5.e-5        0.          00
1820200  0             1.1+5        41989.4 2509186. 0.
*-----

```

```

*
*                LINEA POMPA 2 - VALVOLA VN2
*-----

```

```

1920000  vn2          valve
1920101  182010002    202010001    0.0  0.0  0.0
1920102  0100  1.0  1.0    * no choking
1920201  0  0.    0.    0. * 0.
1920300  trpvlv
1920301  500
*-----

```

```

*
*                LINEA POMPA 2
*-----

```

```

2020000  12  snglvol
2020101  8.0424e-4  0.5          0.
2020102  0.          0.          0.0
2020103  5.e-5        0.          00
2020200  0             1.1+5        41989.4 2509186. 0.
*-----

```

```

*
*                LINEA POMPA 2 - VALVOLA vs2.2
*-----

```

```

2120000  vs2.2      valve
2120101  202010002    222010001    0.0  0.0  0.0
2120102  0100  1.0  1.0    * no choking
2120201  0  0.    0.    0. * 0.
2120300  trpvlv
2120301  510
*-----

```

```

*
*                LINEA POMPA 2 - LINEA 22222
*-----

```

```

2220000  ln2          snglvol
2220101  8.0424e-4  0.5          0.
2220102  0.          0.          0.0
2220103  5.e-5        0.          00
2220200  0             693086.  41983.14 2570784. 0.
*-----

```

```

*
*                MANDATA - DIRAMAZIONE A T POST POMPE
*-----

```

```

2300000  ti-post     branch
2300001  4  0
2300101  8.0424e-4  1.2          0.          * flow area -
volume length -
2300102  0.          0.0          0.0          * hor angle - vert
angle - elevation
2300103  1.0e-7        0.          00

```

```

2300200      0          692547.  118954.4 2570759. 0.
2301101      221010002  230000000  0.0  0.0  0.0  1000
2302101      222010002  230000000  0.0  0.0  0.0  1000
2303101      230010000  235010001  0.0  0.0  0.0  1000
2304101      230010000  240010001  0.0  0.0  0.0  1000
2301201      1.03941 1.03941 0. * .833
2302201      -2.39054-9 -2.388673-9 0. * -1.91582-9
2303201      1.1923-8 1.192114-8 0. * 9.55529-9
2304201      1.03941 1.03941 0. * .833

```

```

*
*
*****
*****
*****
*****

```

```

*-----
*
*                                MANDATA - RAMO 1 CHIUSO DA VS14
*-----

```

```

2350000      ramols      pipe
2350001      5
n.elementi
2350101      8.0424e-4      5      * flow area
2350301      0.5      5      * volume
height
2350401      0.0      5      * volume of
node
2350501      0.0      5      *
horizontal angle
2350601      0.0      5      * vertical
angle
2350801      5.e-5      0.0      5      * roughness
- Dh
2350901      0.0      0.0      4      *
concentrated loss coef
2351001      00000      5      * volume
flag
2351101      000000      4      * junction
flag
2351201      0      693086. 41985. 2570784. 0. 0. 1 * Press -
Temp - Titolo
2351202      0      693086. 41982.7 2570784. 0. 0. 2 * Press -
Temp - Titolo
2351203      0      693086. 41982.7 2570784. 0. 0. 3 * Press -
Temp - Titolo
2351204      0      693086. 41982.7 2570784. 0. 0. 4 * Press -
Temp - Titolo
2351205      0      693086. 41982.7 2570784. 0. 0. 5 * Press -
Temp - Titolo
2351300      0
2351301      9.51604-9 9.51604-9 0. 1      * 7.65375-9
2351302      7.13541-9 7.13541-9 0. 2      * 5.739-9
2351303      4.75617-9 4.75617-9 0. 3      * 3.82538-9
2351304      2.37785-9 2.37785-9 0. 4      * 1.912505-
9
*-----

```

```

-----
*                               MANDATA - VALVOLA VS1.4      CHIUSA
*-----

```

```

-----
2450000  vs14      valve
2450101  235010000    255000000    0.0  0.0  0.0
2450102  0100    1.0  1.0    * no choking
2450201  0    0.  0.    0. * 0.
2450300  trpvlv
2450301  510
*-----

```

```

-----
*                               MANDATA - RAMO 1 CHIUSO DA VS14
*-----

```

```

-----
2550000  ramold    pipe
2550001  5          * n.elementi
2550101  8.0424e-4  5          * flow area
2550301  0.5        5          * volume
height
2550401  0.0        5          * volume of
node
2550501  0.0        5          * horizontal
angle
2550601  0.0        5          * vertical
angle
2550801  5.e-5     0.0      5          * roughness -
Dh
2550901  0.0        0.0      4          * concentrated
loss coef
2551001  00000     5          * volume flag
2551101  000000    4          * junction
flag
2551201  0          678346.  41989.5  2570095.  0.  0.  1 * Press -
Temp - Titolo
2551202  0          678346.  41989.5  2570095.  0.  0.  2 * Press -
Temp - Titolo
2551203  0          678346.  41989.5  2570095.  0.  0.  3 * Press -
Temp - Titolo
2551204  0          678346.  41989.5  2570095.  0.  0.  4 * Press -
Temp - Titolo
2551205  0          678346.  41989.7  2570095.  0.  0.  5 * Press -
Temp - Titolo
2551300  0
2551301  -2.378366-9 -2.378366-9 0.  1          * -1.912905-9
2551302  -4.75653-9 -4.75653-9 0.  2          * -3.82564-9
2551303  -7.13378-9 -7.13378-9 0.  3          * -5.73765-9
2551304  -9.50966-9 -9.50966-9 0.  4          * -7.64856-9
*****
*****
*****
*****
*****

```

*-----
*
* MANDATA - RAMO VERSO SCAMBIATORE
*-----

2400000 pipe240 pipe
2400001 5 *
n.elementi
2400101 8.0424e-4 5 * flow
area
2400301 0.2 5 * volume
height
2400401 0.0 5 * volume
of node
2400501 90.0 5 *
horizontal angle
2400601 0.0 5 * vertical
angle
2400801 5.e-5 0.0 5 *
roughness - Dh
2400901 0.0 0.0 4 *
concentrated loss coef
2401001 00000 5 * volume
flag
2401101 000000 4 * junction
flag
2401201 0 692282. 118954.5 2570747. 0. 0. 1 * Press
- Tempe - Titolo
2401202 0 692194. 118954.5 2570743. 0. 0. 2 * Press
- Tempe - Titolo
2401203 0 692106. 118954.6 2570738. 0. 0. 3 * Press
- Tempe - Titolo
2401204 0 692018. 118954.7 2570734. 0. 0. 4 * Press
- Tempe - Titolo
2401205 0 691930. 118954.8 2570730. 0. 0. 5 * Press
- Tempe - Titolo
2401300 0
2401301 1.03941 1.03941 0. 1 * .833
2401302 1.03941 1.03941 0. 2 * .833
2401303 1.03941 1.03941 0. 3 * .833
2401304 1.03941 1.03941 0. 4 * .833
*-----

*-----
* MANDATA - VALVOLA VS1.3
*-----

2500000 vs1.3 valve
2500101 240010000 260000000 0.0 0.0 0.0
2500102 0100 1.0 1.0 * no choking
2500201 0 1.03941 1.03941 0. * .833
2500300 trpvlv
2500301 500
*-----

*-----
* MANDATA - RAMO VERSO SCAMBIATORE
*-----

```

-----
2600000  pipe260  pipe
2600001  5          * n.elementi
2600101  8.0424e-4  5          * flow area
2600301  0.2        5          * volume
height
2600401  0.0        5          * volume of
node
2600501  90.0       5          * horizontal
angle
2600601  0.0        5          * vertical
angle
2600801  5.e-5      0.0        5          * roughness -
Dh
2600901  0.0        0.0        4          * concentrated
loss coef
2601001  00000     5          * volume flag
2601101  000000    4          * junction
flag
2601201  0          691842.  118955. 2570726. 0. 0. 1 * Press -
Temp - Titolo
2601202  0          691754.  118955. 2570722. 0. 0. 2 * Press -
Temp - Titolo
2601203  0          691666.  118955. 2570718. 0. 0. 3 * Press -
Temp - Titolo
2601204  0          691578.  118955.2 2570714. 0. 0. 4 * Press -
Temp - Titolo
2601205  0          691490.  118955.2 2570710. 0. 0. 5 * Press -
Temp - Titolo
2601300  0
2601301  1.03941   1.03941 0. 1          * .833
2601302  1.03941   1.03941 0. 2          * .833
2601303  1.03941   1.03941 0. 3          * .833
2601304  1.03941   1.03941 0. 4          * .833
*
-----

```

```

*
* MANDATA - RAMO VERSO SCAMBIATORE
*
-----

```

```

2700000  J270      sngljun
2700101  260010000 272000000 0.0 0.0 0.0 01000
2700201  0        1.03941 1.03941 0. * .833
*
-----

```

```

*
* MANDATA -RAMO VERSO SCAMBIATORE
*
-----

```

```

2720000  J272      snglvol
2720101  8.0424e-4 1.0 0.
2720102  0. 0. 0.0
2720103  5.e-5 0. 00
2720200  0 691227. 118955.7 2570698. 0.
*
-----

```

```

*
* MANDATA - RAMO VERSO SCAMBIATORE
*
-----

```

```

2740000    j274      sngljun
2740101    272010002  280010001    0.0    0.0    0.0    01000
2740201    0    1.03941 1.03941 0. * .833
*-----
*
*          SCAMBIATORE DI CALORE
*          lato mantello - L attiva 3 m
*          V=4,98-2,54= 2,44e-3 m^3
*-----
-----
2800000    scamb    pipe
2800001    10          * n.elementi
2800101    8.13e-4     10          * flow
area
2800301    0.3         10          * volume
height
2800401    0.0         10          * volume
of node
2800501    0.0         10          *
horizontal angle
2800601    0.0         10          *
vertical angle
2800801    5.e-5      0.0         10          *
roughness - Dh
2800901    2.0        0.0         9           *
concentrated loss coef
2801001    00000      10          * volume
flag
2801101    000000     9           *
junction flag
2801201    0          690954.    111712.3  2570685.  0. 0. 1 * Press
- Temp - Titolo
2801202    0          689762.    105358.8  2570630.  0. 0. 2 * Press
- Temp - Titolo
2801203    0          688570.    99781.6   2570574.  0. 0. 3 * Press
- Temp - Titolo
2801204    0          687378.    94882.1   2570518.  0. 0. 4 * Press
- Temp - Titolo
2801205    0          686185.    90575.    2570463.  0. 0. 5 * Press
- Temp - Titolo
2801206    0          684993.    86785.7   2570407.  0. 0. 6 * Press
- Temp - Titolo
2801207    0          683800.    83450.1   2570351.  0. 0. 7 * Press
- Temp - Titolo
2801208    0          682607.    80512.1   2570295.  0. 0. 8 * Press
- Temp - Titolo
2801209    0          681414.    77922.8   2570239.  0. 0. 9 * Press
- Temp - Titolo
2801210    0          680220.    75639.8   2570183.  0. 0. 10 * Press
- Temp - Titolo
2801300    0
2801301    1.027706  1.027706  0.    1          *
.833
2801302    1.027288  1.027288  0.    2          *
.833
2801303    1.02694   1.02694   0.    3          *
.833

```

2801304	1.02665	1.02665	0.	4	*
.833					
2801305	1.026407	1.026407	0.	5	*
.833					
2801306	1.026203	1.026203	0.	6	*
.833					
2801307	1.02603	1.02603	0.	7	*
.833					
2801308	1.025885	1.025885	0.	8	*
.833					
2801309	1.025761	1.025761	0.	9	*
.833					

*-----

* MANDATA - RAMO DA SCAMBIATORE
 *-----

2900000	J290	sngljun					
2900101	280010000	292000000	0.0	0.0	0.0	01000	
2900201	0	1.036828	1.036828	0.	* .833		

*-----

* MANDATA -RAMO DA SCAMBIATORE
 *-----

2920000	v292	snglvol					
2920101	8.0424e-4	1.0	0.				
2920102	0.	0.	0.0				
2920103	5.e-5	0.	00				
2920200	0	679916.	75640.3	2570169.	0.		

*-----

* MANDATA - RAMO DA SCAMBIATORE
 *-----

2940000	j294	sngljun					
2940101	292010002	300010001	0.0	0.0	0.0	01000	
2940201	0	1.036828	1.036828	0.	* .833		

*-----

* MANDATA - RAMO DA SCAMBIATORE
 *-----

3000000	pipe300	pipe					
3000001	5						*
n.elementi							
3000101	8.0424e-4		5				* flow
area							
3000301	0.2		5				* volume
height							
3000401	0.0		5				* volume
of node							
3000501	-90.0		5				*
horizontal angle							
3000601	0.0		5				*
vertical angle							
3000801	5.e-5	0.0	5				*


```

roughness - Dh
3000901  0.0      0.0                4                *
concentrated loss coef
3001001  00000                5                * volume
flag
3001101  000000                4                *
junction flag
3001201  0          679645.  75640.4 2570156. 0. 0.  1 * Press -
Temp - Titolo
3001202  0          679554.  75640.5 2570152. 0. 0.  2 * Press -
Temp - Titolo
3001203  0          679464.  75640.5 2570148. 0. 0.  3 * Press -
Temp - Titolo
3001204  0          679373.  75640.6 2570143. 0. 0.  4 * Press -
Temp - Titolo
3001205  0          679282.  75640.7 2570139. 0. 0.  5 * Press -
Temp - Titolo
3001300  0
3001301  1.036828 1.036828 0.    1                * .833
3001302  1.036828 1.036828 0.    2                * .833
3001303  1.036828 1.036828 0.    3                * .833
3001304  1.036828 1.036828 0.    4                * .833

```

```

*-----
*
*                               MANDATA - VALVOLA VS1.5
*-----

```

```

3100000  vs15      valve
3100101  300010000  320000000  0.0  0.0  0.0
3100102  0100  1.0  1.0  * no choking
3100201  0  1.036828  1.036828 0. * .833
3100300  trpvlv
3100301  500

```

```

*-----
*
*                               MANDATA - RAMO DA SCAMBIATORE
*-----

```

```

3200000  pipe320                pipe
3200001  5                *
n.elementi
3200101  8.0424e-4                5                * flow
area
3200301  0.2                5                * volume
height
3200401  0.0                5                * volume
of node
3200501  -90.0                5                *
horizontal angle
3200601  0.0                5                *
vertical angle
3200801  5.e-5  0.0                5                *
roughness - Dh
3200901  0.0      0.0                4                *
concentrated loss coef
3201001  00000                5                * volume
flag

```

```

3201101  000000          4          *
junction flag
3201201  0      679192.  75640.8 2570135. 0. 0.  1  * Press
- Temp - Titolo
3201202  0      679101.  75640.9 2570130. 0. 0.  2  * Press
- Temp - Titolo
3201203  0      679011.  75641.  2570126. 0. 0.  3  * Press
- Temp - Titolo
3201204  0      678920.  75641.1 2570122. 0. 0.  4  * Press
- Temp - Titolo
3201205  0      678829.  75641.2 2570118. 0. 0.  5  * Press
- Temp - Titolo
3201300  0
3201301  1.036828  1.036828 0.  1          *
.833
3201302  1.036828  1.036828 0.  2          *
.833
3201303  1.036828  1.036828 0.  3          *
.833
3201304  1.036828  1.036828 0.  4          *
.833

```

```

*****
*****
*****
*****
*
*
*
*****
*****
*****
*****
*
-----
-----

```

```

*
                                MANDATA - DIRAMAZIONE A T PRE LETTI
MISTI
*
-----
-----

```

```

3300000  ti-prel      branch
3300001  4      0
3300101  8.0424e-4  5.0      0.          * flow area -
volume length -
3300102  0.          0.0      0.0          * hor angle - ver
angle - elev
3300103  1.0e-7      0.          00
3300200  0      677809.  75643.1 2570070. 0.
3301101  255010000  330000000  0.0  0.0  0.0  1000
3302101  320010000  330000000  0.0  0.0  0.0  1000
3303101  330010000  335000000  0.0  0.0  0.0  1000
3304101  330010000  340000000  0.0  0.0  0.0  1000
3301201  -1.18888-8 -1.188825-8 0. * -9.55159-9
3302201  1.036829 1.036829 0. * .833
3303201  1.18889-8 1.188835-8 0. * 9.55167-9
3304201  1.03683 1.03683 0. * .833
*****
*****
*****
*****

```

```

*
*
*-----*
-----*simulazione perdita di portata
3310000 vs3 valve
3310101 330010002 332010001 7.23e-5 0.0 0.0
3310102 0100 1.0 1.0 * no choking
3310201 1 0.0000 0. 0.
3310300 mtrvly
3310301 511 512 0.1 0.0
*-----*

```

```

-----*
*-----*

```

```

-----*
3320000 low-vol tmdpvol
*
* area lung vol horz vert delz rug
hyd flag *
3320101 0.0 100. 1.e6 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 00000 *
3320200 4 * option
*
* time press Temp.
*
3320201 0.0 1.1e5 285.15 0.0
*
3320202 100.0 1.1e5 285.15 .0
*
*-----*

```

```

-----*
*****
*****

```

```

*****
*****
*****
*****

```

```

*-----*
-----*
* MANDATA - RAMO 1 CHIUSO DA VS14
*-----*

```

```

-----*
3350000 ramo2s pipe
3350001 5 *
n.elementi
3350101 8.0424e-4 5 * flow
area
3350301 0.5 5 * volume
height
3350401 0.0 5 * volume
of node
3350501 0.0 5 *
horizontal angle
3350601 0.0 5 * vertical
angle
3350801 5.e-5 0.0 5 *
roughness - Dh

```

```

3350901  0.0      0.0                4                *
concentrated loss coef
3351001  00000                5                * volume
flag
3351101  000000                4                * junction
flag
3351201  0          678346. 41982.9 2570095. 0. 0. 1 * Press -
Temp - Titolo
3351202  0          678346. 41982.7 2570095. 0. 0. 2 * Press -
Temp - Titolo
3351203  0          678346. 41982.7 2570095. 0. 0. 3 * Press -
Temp - Titolo
3351204  0          678346. 41982.7 2570095. 0. 0. 4 * Press -
Temp - Titolo
3351205  0          678346. 41982.7 2570095. 0. 0. 5 * Press -
Temp - Titolo
3351300  0
3351301  9.50974-9 9.50974-9 0. 1                *
7.64862-9
3351302  7.13384-9 7.13384-9 0. 2                *
5.7377-9
3351303  4.75657-9 4.75657-9 0. 3                *
3.825676-9
3351304  2.378386-9 2.378386-9 0. 4                *
1.91292-9

```

```

*-----

```

```

*                               MANDATA - VALVOLA VS1.4
*-----

```

```

3450000  vs14          valve
3450101  335050002      355010001      0.0  0.0  0.0
3450102  0100            1.0  1.0      * no choking
3450201  0  0.           0.  0. * 0.
3450300  trpvlv
3450301  510

```

```

*-----

```

```

*                               MANDATA - RAMO 1 CHIUSO DA VS14
*-----

```

```

3550000  ramo2d      pipe
3550001  5                * n.elementi
3550101  8.0424e-4      5                * flow
area
3550301  0.5            5                * volume
height
3550401  0.0            5                * volume
of node
3550501  0.0            5                *
horizontal angle
3550601  0.0            5                *
vertical angle
3550801  5.e-5          0.0            5                *
roughness - Dh
3550901  0.0            0.0            4                *
concentrated loss coef

```

```

3551001  00000          5          * volume
flag
3551101  000000        4          *
junction flag
3551201  0          633287.  41989.75 2567911. 0. 0.  1 * Press -
Temp - Titolo
3551202  0          633287.  41989.45 2567911. 0. 0.  2 * Press -
Temp - Titolo
3551203  0          633287.  41989.45 2567911. 0. 0.  3 * Press -
Temp - Titolo
3551204  0          633287.  41989.45 2567911. 0. 0.  4 * Press -
Temp - Titolo
3551205  0          633287.  41989.45 2567911. 0. 0.  5 * Press -
Temp - Titolo
3551300  0
3551301  6.23914-9 6.23914-9 0.  1          *
5.01799-9
3551302  4.67922-9 4.67922-9 0.  2          *
3.763385-9
3551303  3.11919-9 3.11919-9 0.  3          *
2.508693-9
3551304  1.55951-9 1.55951-9 0.  4          *
1.254277-9
*****
*****
*****
*****
*
*
*****
*****
*****
*****
*-----
-----
*
*-----
*-----
-----
3400000  pipe340  pipe
3400001  5          *
n.elementi
3400101  8.0424e-4  5          * flow
area
3400301  0.2        5          *
volume height
3400401  0.0        5          *
volume of node
3400501  90.0       5          *
horizontal angle
3400601  0.0        5          *
vertical angle
3400801  5.e-5      0.0       5          *
roughness - Dh
3400901  0.0        0.0       4          *
concentrated loss coef
3401001  00000     5          *
volume flag

```

```

3401101      000000          4          *
junction flag
3401201      0      676789.  75643.2 2570021. 0. 0.  1 * Press
- Temp - Titolo
3401202      0      676699.  75643.3 2570017. 0. 0.  2 * Press
- Temp - Titolo
3401203      0      676608.  75643.4 2570013. 0. 0.  3 * Press
- Temp - Titolo
3401204      0      676518.  75643.5 2570008. 0. 0.  4 * Press
- Temp - Titolo
3401205      0      676427.  75643.6 2570004. 0. 0.  5 * Press
- Temp - Titolo
3401300      0
3401301      1.03683  1.03683 0.      1          *
.833
3401302      1.03683  1.03683 0.      2          *
.833
3401303      1.03683  1.03683 0.      3          *
.833
3401304      1.03683  1.03683 0.      4          *
.833

```

```

*-----
*
*                          MANDATA - VALVOLA VS1.6
*-----

```

```

3500000 vs1.6      valve
3500101 340050002  360010001  0.0 0.0  0.0
3500102 0100  1.0  1.0  * no choking
3500201 0  1.03683  1.03683 0. * .833
3500300 trpvlv
3500301 500

```

```

*-----
*
*                          MANDATA - RAMO VERSO LETTI MISTI
*-----

```

```

3600000 pipe360      pipe
3600001 5          *
n.elementi
3600101 8.0424e-4      5          * flow
area
3600301 0.2          5          * volume
height
3600401 0.0          5          * volume
of node
3600501 90.0          5          *
horizontal angle
3600601 0.0          5          *
vertical angle
3600801 5.e-5  0.0      5          *
roughness - Dh
3600901 0.0      0.0      4          *
concentrated loss coef
3601001 00000      5          * volume
flag
3601101 000000      4          *

```

```

junction flag
3601201  0      676336.  75643.7  2.57+6  0.  0.      1  * Press
- Temp - Titolo
3601202  0      676246.  75643.8  2569996.  0.  0.      2  * Press
- Temp - Titolo
3601203  0      676155.  75643.9  2569992.  0.  0.      3  * Press
- Temp - Titolo
3601204  0      676065.  75644.   2569987.  0.  0.      4  * Press
- Temp - Titolo
3601205  0      675974.  75644.   2569983.  0.  0.      5  * Press
- Temp - Titolo
3601300  0
3601301  1.03683  1.03683  0.      1      *
.833
3601302  1.03683  1.03683  0.      2      *
.833
3601303  1.03683  1.03683  0.      3      *
.833
3601304  1.03683  1.03683  0.      4      *
.833

```

```

*-----
*
*                          MANDATA - RAMO VERSO LETTI MISTI
*-----

```

```

3700000  out-ser3      sngljun
3700101  360050002  380010001  0.0  0.0  0.0  01000
3700201  0      1.03683  1.03683  0. * .833
*-----

```

```

*
*                          MANDATA - LETTI MISTI CADUTA DI
PRESSIONE
*
*                          inserire la DP necessaria
*-----

```

```

3800000  lettim      pipe
3800001  5      *
n.elementi
3800101  8.0424e-4      5      * flow
area
3800301  1.0      5      * volume
height
3800401  0.0      5      * volume
of node
3800501  0.0      5      *
horizontal angle
3800601  0.0      5      *
vertical angle
3800801  5.e-5      0.0      5      *
roughness - Dh
3800901  18.0      0.0      4      *
concentrated loss coef
3801001  00000      5      * volume
flag
3801101  000000      4      *
junction flag
3801201  0      675702.  75644.5  2569970.  0.  0.      1  * Press -

```

```

Temper - Titolo
3801202  0      665491.  75645.  2569484.  0.  0.  2 * Press -
Temper - Titolo
3801203  0      655280.  75645.4 2568992.  0.  0.  3 * Press -
Temper - Titolo
3801204  0      645068.  75645.8 2568494.  0.  0.  4 * Press -
Temper - Titolo
3801205  0      634857.  75646.3 2567990.  0.  0.  5 * Press -
Temper - Titolo
3801300  0
3801301  1.03683  1.03683  0.  1      * .833
3801302  1.036835 1.036835  0.  2      * .833
3801303  1.03684  1.03684  0.  3      * .833
3801304  1.036845 1.036845  0.  4      * .833

```

```

*-----
*
*                               MANDATA - RAMO DA LETTI MISTI
*-----

```

```

3900000  out-ser4      sngljun
3900101  380050002     400010001  0.0  0.0  0.0  01000
3900201  0      1.03685  1.03685  0. * .833

```

```

*-----
*
*                               MANDATA - RAMO DA LETTI MISTI
*-----

```

```

4000000  pipe400      pipe
4000001  5
n.elementi
4000101  8.0424e-4      5      * flow
area
4000301  0.2      5      * volume
height
4000401  0.0      5      * volume
of node
4000501  -90.0     5      *
horizontal angle
4000601  0.0      5      *
vertical angle
4000801  5.e-5     0.0    5      *
roughness - Dh
4000901  0.0      0.0    4      *
concentrated loss coef
4001001  00000    5      * volume
flag
4001101  000000    4      *
junction flag
4001201  0      634585.  75646.4 2567976.  0.  0.  1 * Press -
Temp - Titolo
4001202  0      634495.  75646.5 2567972.  0.  0.  2 * Press -
Temp - Titolo
4001203  0      634404.  75646.6 2567967.  0.  0.  3 * Press -
Temp - Titolo
4001204  0      634313.  75646.6 2567962.  0.  0.  4 * Press -
Temp - Titolo
4001205  0      634223.  75646.7 2567958.  0.  0.  5 * Press -

```



```

Temp - Titolo
4001300 0
4001301 1.03685 1.03685 0. 1 * .833
4001302 1.03685 1.03685 0. 2 * .833
4001303 1.03685 1.03685 0. 3 * .833
4001304 1.03685 1.03685 0. 4 * .833

```

```

*-----
*
* MANDATA - VALVOLA VS1.5
*-----

```

```

-----
4100000 vs15 valve
4100101 400050002 420010001 0.0 0.0 0.0
4100102 0100 1.0 1.0 * no choking
4100201 0 1.03685 1.03685 0. * .833
4100300 trpvlv
4100301 500
*-----

```

```

*-----
*
* MANDATA - RAMO DA LETTI MISTI
*-----

```

```

-----
4200000 pipe420 pipe
4200001 5 *
n.elementi
4200101 8.0424e-4 5 * flow
area
4200301 0.2 5 * volume
height
4200401 0.0 5 * volume
of node
4200501 -90.0 5 *
horizontal angle
4200601 0.0 5 *
vertical angle
4200801 5.e-5 0.0 5 *
roughness - Dh
4200901 0.0 0.0 4 *
concentrated loss coef
4201001 00000 5 * volume
flag
4201101 000000 4 *
junction flag
4201201 0 634132. 75646.8 2567954. 0. 0. 1 * Press
- Temp - Titolo
4201202 0 634042. 75647. 2567949. 0. 0. 2 * Press
- Temp - Titolo
4201203 0 633951. 75647. 2567944. 0. 0. 3 * Press
- Temp - Titolo
4201204 0 633861. 75647.1 2567940. 0. 0. 4 * Press
- Temp - Titolo
4201205 0 633770. 75647.2 2567935. 0. 0. 5 * Press
- Temp - Titolo
4201300 0
4201301 1.03685 1.03685 0. 1 *
.833
4201302 1.03685 1.03685 0. 2 *

```

```
.833
4201303 1.03685 1.03685 0. 3 *
.833
4201304 1.03685 1.03685 0. 4 *
.833
```

```
*-----
*
* MANDATA - DIRAMAZIONE A T POST LETTI
MISTI
*-----
```

```
-----
4300000 ti-post1 branch
4300001 3 0
4300101 8.0424e-4 5.0 0. * flow area -
volume length -
4300102 0. 0.0 0.0 * hor angle - vert
angle - elev
4300103 1.0e-7 0. 00
4300200 0 632750. 75649.1 2567884. 0.
4301101 355010002 430000000 0.0 0.0 0.0 1000
4302101 420050002 430000000 0.0 0.0 0.0 1000
4303101 430010000 440010001 0.0 0.0 0.0 1000
4301201 -7.80183-9 -7.8013-9 0. * -6.26795-9
4302201 1.03685 1.03685 0. * .833
4303201 1.03685 1.03685 0. * .833
```

```
*****
*****
*****
*****
*
*
*-----
```

```
* MANDATA - pre elica
*-----
-----
4400000 v440 snglvol
4400101 8.0424e-4 0.5 0.
4400102 0. 0. 0.0
4400103 5.e-5 0. 00
4400200 0 631662. 75649.4 2567830. 0.
*-----
```

```
* MANDATA - VALVOLA Vs1.10
*-----
-----
4500000 vs1.10 valve
4500101 440010002 460010001 0.0 0.0 0.0
4500102 0100 1.0 1.0 * no choking
4500201 0 1.036851 1.036851 0. * .833
4500300 trpvlv
4500301 500
*-----
```

```
* MANDATA - pre elica
*-----
-----
```

```

4600000 v460 snglvol
4600101 8.0424e-4 0.5 0.
4600102 0. 0. 0.0
4600103 5.e-5 0. 00
4600200 0 631435. 75649.6 2567819. 0.
*-----
*
* MANDATA - VALVOLA VA1
*-----
*-----
4700000 vs1.10 valve
4700101 460010002 480010001 0.0 0.0 0.0
4700102 0100 1.0 1.0 * no choking
4700201 0 1.036851 1.036851 0. * .833
4700300 trpvlv
4700301 500
*-----
*-----
* MANDATA - pre elica *
*-----
*-----
4800000 v480 snglvol
4800101 8.0424e-4 4.0 0.
4800102 0. 0. 0.0
4800103 5.e-5 0. 00
4800200 0 630416. 75651.4 2567768. 0.
*-----
*-----
* MANDATA - pre elica - TRATTO VERTICALE
* raggiunta quota zero (piano sorgente)
*-----
*-----
4900000 j490 sngljun
4900101 480010002 500010001 0.0 0.0 0.0 01000
4900201 0 1.036852 1.036852 0. * .833
*-----
*-----
* MANDATA - TUBO Pre elica H 2.0
* verticale
*-----
*-----
5000000 pre-eli pipe
5000001 10 *
n.elementi
5000101 8.0424e-4 10 * flow
area
5000301 0.2 10 *
volume height
5000401 0.0 10 *
volume of node
5000501 0.0 10 *
horizontal angle
5000601 90.0 10 *
vertical angle
5000701 0.2 10 *
elevation change
5000801 5.e-5 0.0 10 *

```

```

roughness - Dh
5000901      0.0      0.0          9          *
concentrated loss coef
5001001      00000          10          *
volume flag
5001101      000000          9          *
junction flag
5001201      0      628486.  75651.5 2567669. 0. 0.  1  *
Press - Tempe - Titolo
5001202      0      626436.  75651.6 2567563. 0. 0.  2  *
Press - Tempe - Titolo
5001203      0      624386.  75651.7 2567457. 0. 0.  3  *
Press - Tempe - Titolo
5001204      0      622336.  75651.8 2567351. 0. 0.  4  *
Press - Tempe - Titolo
5001205      0      620286.  75651.9 2567244. 0. 0.  5  *
Press - Tempe - Titolo
5001206      0      618236.  75652.   2567137. 0. 0.  6  *
Press - Tempe - Titolo
5001207      0      616187.  75652.   2567030. 0. 0.  7  *
Press - Tempe - Titolo
5001208      0      614137.  75652.1 2566922. 0. 0.  8  *
Press - Tempe - Titolo
5001209      0      612087.  75652.2 2566814. 0. 0.  9  *
Press - Tempe - Titolo
5001210      0      610037.  75652.3 2566706. 0. 0. 10  *
Press - Tempe - Titolo
5001300      0
5001301      1.036853 1.08509 0.   1          *
.833
5001302      1.036854 1.08645 0.   2          *
.833
5001303      1.036855 1.087818 0.   3          *
.833
5001304      1.036856 1.08919 0.   4          *
.833
5001305      1.036857 1.09057 0.   5          *
.833
5001306      1.036857 1.091956 0.   6          *
.833
5001307      1.036858 1.093347 0.   7          *
.833
5001308      1.03686   1.094745 0.   8          *
.833
5001309      1.03686   1.096148 0.   9          *
.833
*-----
*
*-----
*-----
*
5100000      j510      sngljun
5100101      500100002 520010001 0.0 0.0 0.0 01000
5100201      0 1.036861 1.097557 0. * .833
*
*-----

```

```

-----
*                               MANDATA - ingresso tratto elicoidale
*-----
-----
5200000  v520  snglvol
5200101  8.0424e-4  .2  0.
5200102  0.  0.  0.0
5200103  5.e-5  0.  00
5200200  0  608967.  75652.4 2566650. 0.
*-----

```

```

-----
*                               MANDATA - ingresso tratto elicoidale
*-----
-----
*
5300000  j530  sngljun
5300101  520010002  540010001  0.0  0.0  0.0  01000
5300201  0  1.036862 1.036862 0. * .833
*
*-----

```

```

-----
*                               MANDATA - TRATTO ELICOIDALE
*-----

```

```

-----
*
5400000  elical  pipe
5400001  60  * n.elementi
5400101  8.0424e-4  60  * flow area
5400301  0.835  60  * volume
height
5400401  0.0  60  * volume of
node
5400501  0.0  60  * horizontal
angle
*
5400601  -90.0  1  * vertical
angle
5400602  90.0  2  * vertical
angle
5400603  -90.0  3  * vertical
angle
5400604  90.0  4  * vertical
angle
5400605  -90.0  5  * vertical
angle
5400606  90.0  6  * vertical
angle
5400607  -90.0  7  * vertical
angle
5400608  90.0  8  * vertical
angle
5400609  -90.0  9  * vertical
angle
5400610  90.0  10  * vertical
angle
5400611  -90.0  11  * vertical
angle

```

5400612	90.0	12	* vertical
angle			
5400613	-90.0	13	* vertical
angle5400			
5400614	90.0	14	* vertical
angle			
5400615	-90.0	15	* vertical
angle			
5400616	90.0	16	* vertical
angle			
5400617	-90.0	17	* vertical
angle			
5400618	90.0	18	* vertical
angle			
5400619	-90.0	19	* vertical
angle			
5400620	90.0	20	* vertical
angle			
5400621	-90.0	21	* vertical
angle			
5400622	90.0	22	* vertical
angle			
5400623	-90.0	23	* vertical
angle			
5400624	90.0	24	* vertical
angle			
5400625	-90.0	25	* vertical
angle			
5400626	90.0	26	* vertical
angle			
5400627	-90.0	27	* vertical
angle			
5400628	90.0	28	* vertical
angle			
5400629	-90.0	29	* vertical
angle			
5400630	90.0	30	* vertical
angle			
5400631	-90.0	31	* vertical
angle			
5400632	90.0	32	* vertical
angle			
5400633	-90.0	33	* vertical
angle			
5400634	90.0	34	* vertical
angle5400			
5400635	-90.0	35	* vertical
angle			
5400636	90.0	36	* vertical
angle			
5400637	-90.0	37	* vertical
angle			
5400638	90.0	38	* vertical
angle			
5400639	-90.0	39	* vertical
angle			
5400640	90.0	40	* vertical

angle				
5400641	-90.0	41		* vertical
angle				
5400642	90.0	42		* vertical
angle				
5400643	-90.0	43		* vertical
angle				
5400644	90.0	44		* vertical
angle				
5400645	-90.0	45		* vertical
angle				
5400646	90.0	46		* vertical
angle				
5400647	-90.0	47		* vertical
angle				
5400648	90.0	48		* vertical
angle				
5400649	-90.0	49		* vertical
angle				
5400650	90.0	50		* vertical
angle				
5400651	-90.0	51		* vertical
angle				
5400652	90.0	52		* vertical
angle				
5400653	-90.0	53		* vertical
angle				
5400654	90.0	54		* vertical
angle				
5400655	-90.0	55		* vertical
angle				
5400656	90.0	56		* vertical
angle				
5400657	-90.0	57		* vertical
angle				
5400658	90.0	58		* vertical
angle				
5400659	-90.0	59		* vertical
angle				
5400660	90.0	60		* vertical
angle				
*				
5400701	-0.835	1		* elevation
change				
5400702	0.835	2		* elevation
change				
5400703	-0.835	3		* elevation
change				
5400704	0.835	4		* elevation
change				
5400705	-0.835	5		* elevation
change5400				
5400706	0.835	6		* elevation
change				
5400707	-0.835	7		* elevation
change				
5400708	0.835	8		* elevation

change			
5400709	-0.835	9	* elevation
change			
5400710	0.835	10	* elevation
change			
5400711	-0.835	11	* elevation
change			
5400712	0.835	12	* elevation
change			
5400713	-0.835	13	* elevation
change			
5400714	0.835	14	* elevation
change			
5400715	-0.835	15	* elevation
change			
5400716	0.835	16	* elevation
change			
5400717	-0.835	17	* elevation
change			
5400718	0.835	18	* elevation
change			
5400719	-0.835	19	* elevation
change			
5400720	0.835	20	* elevation
change			
5400721	-0.835	21	* elevation
change			
5400722	0.835	22	* elevation
change			
5400723	-0.835	23	* elevation
change5400			
5400724	0.835	24	* elevation
change			
5400725	-0.835	25	* elevation
change			
5400726	0.835	26	* elevation
change			
5400727	-0.835	27	* elevation
change			
5400728	0.835	28	* elevation
change			
5400729	-0.835	29	* elevation
change			
5400730	0.835	30	* elevation
change			
5400731	-0.835	31	* elevation
change			
5400732	0.835	32	* elevation
change			
5400733	-0.835	33	* elevation
change			
5400734	0.835	34	* elevation
change			
5400735	-0.835	35	* elevation
change			
5400736	0.835	36	* elevation
change			

5400737	-0.835		37	* elevation
change				
5400738	0.835		38	* elevation
change				
5400739	-0.835		39	* elevation
change				
5400740	0.835		40	* elevation
change				
5400741	-0.835		41	* elevation
change				
5400742	0.835		42	* elevation
change				
5400743	-0.835		43	* elevation
change54000				
5400744	0.835		44	* elevation
change				
5400745	-0.835		45	* elevation
change5400				
5400746	0.835		46	* elevation
change				
5400747	-0.835		47	* elevation
change				
5400748	0.835		48	* elevation
change				
5400749	-0.835		49	* elevation
change				
5400750	0.835		50	* elevation
change				
5400751	-0.835		51	* elevation
change				
5400752	0.835		52	* elevation
change				
5400753	-0.835		53	* elevation
ch54000ange				
5400754	0.835		54	* elevation
change				
5400755	-0.835		55	* elevation
change				
5400756	0.835		56	* elevation
change				
5400757	-0.835		57	* elevation
change				
5400758	0.835		58	* elevation
change				
5400759	-0.835		59	* elevation
change				
5400760	0.835		60	* elevation
change				
*				
5400801	5.e-5	0.0	60	* roughness
- Dh				
5400901	0.6	0.0	59	*
concentrated loss coef				
5401001	00000		60	* volume
flag				
5401101	000000		59	* junction
flag				

5401201	0	612822.	75652.8	2566853.	0.	0.	1	*
Press - Temp - Titolo								
5401202	0	612119.	75653.2	2566816.	0.	0.	2	*
Press - Temp - Titolo								
5401203	0	611416.	75653.5	2566779.	0.	0.	3	*
Press - Temp - Titolo								
5401204	0	610712.	75654.	2566742.	0.	0.	4	*
Press - Temp - Titolo								
5401205	0	610009.	75654.3	2566705.	0.	0.	5	*
Press - Temp - Titolo								
5401206	0	609305.	75654.7	2566668.	0.	0.	6	*
Press - Temp - Titolo								
5401207	0	608602.	75655.	2566630.	0.	0.	7	*
Press - Temp - Titolo								
5401208	0	607898.	75655.4	2566593.	0.	0.	8	*
Press - Temp - Titolo								
5401209	0	607195.	75655.8	2566556.	0.	0.	9	*
Press - Temp - Titolo								
5401210	0	606491.	75656.2	2566519.	0.	0.	10	*
Press - Temp - Titolo								
5401211	0	605788.	75656.6	2566482.	0.	0.	11	*
Press - Temp - Titolo								
5401212	0	605084.	75657.	2566444.	0.	0.	12	*
Press - Temp - Titolo								
5401213	0	604381.	75657.3	2566406.	0.	0.	13	*
Press - Temp - Titolo								
5401214	0	603677.	75657.7	2566369.	0.	0.	14	*
Press - Temp - Titolo								
5401215	0	602974.	75658.1	2566332.	0.	0.	15	*
Press - Temp - Titolo								
5401216	0	602270.	75658.5	2566294.	0.	0.	16	*
Press - Temp - Titolo								
5401217	0	601567.	75658.8	2566256.	0.	0.	17	*
Press - Temp - Titolo								
5401218	0	600864.	75659.2	2566219.	0.	0.	18	*
Press - Temp - Titolo								
5401219	0	600160.	75659.6	2566182.	0.	0.	19	*
Press - Temp - Titolo								
5401220	0	599457.	75660.	2566142.	0.	0.	20	*
Press - Temp - Titolo								
5401221	0	598753.	75660.4	2566104.	0.	0.	21	*
Press - Temp - Titolo								
5401222	0	598050.	75660.7	2566064.	0.	0.	22	*
Press - Temp - Titolo								
5401223	0	597346.	75661.1	2566025.	0.	0.	23	*
Press - Temp - Titolo								
5401224	0	596643.	75661.5	2565986.	0.	0.	24	*
Press - Temp - Titolo								
5401225	0	595939.	75661.9	2565946.	0.	0.	25	*
Press - Temp - Titolo								
5401226	0	595236.	75662.2	2565907.	0.	0.	26	*
Press - Temp - Titolo								
5401227	0	594532.	75662.6	2565868.	0.	0.	27	*
Press - Temp - Titolo								
5401228	0	593829.	75663.	2565828.	0.	0.	28	*
Press - Temp - Titolo								
5401229	0	593125.	75663.4	2565788.	0.	0.	29	*

Press - Temp - Titolo								
5401230	0	592422.	75663.8	2565749.	0.	0.	30	*
Press - Temp - Titolo								
5401231	0	591718.	75664.1	2565710.	0.	0.	31	*
Press - Temp - Titolo								
5401232	0	591015.	75664.5	2565670.	0.	0.	32	*
Press - Temp - Titolo								
5401233	0	590312.	75664.9	2565630.	0.	0.	33	*
Press - Temp - Titolo								
5401234	0	589608.	75665.3	2565590.	0.	0.	34	*
Press - Temp - Titolo								
5401235	0	588905.	75665.6	2565551.	0.	0.	35	*
Press - Temp - Titolo								
5401236	0	588201.	75666.	2565511.	0.	0.	36	*
Press - Temp - Titolo								
5401237	0	587498.	75666.4	2565471.	0.	0.	37	*
Press - Temp - Titolo								
5401238	0	586794.	75666.8	2565432.	0.	0.	38	*
Press - Temp - Titolo								
5401239	0	586091.	75667.2	2565392.	0.	0.	39	*
Press - Temp - Titolo								
5401240	0	585387.	75667.5	2565352.	0.	0.	40	*
Press - Temp - Titolo								
5401241	0	584684.	75668.	2565312.	0.	0.	41	*
Press - Temp - Titolo								
5401242	0	583980.	75668.3	2565272.	0.	0.	42	*
Press - Temp - Titolo								
5401243	0	583277.	75668.7	2565232.	0.	0.	43	*
Press - Temp - Titolo								
5401244	0	582573.	75669.	2565192.	0.	0.	44	*
Press - Temp - Titolo								
5401245	0	581870.	75669.4	2565152.	0.	0.	45	*
Press - Temp - Titolo								
5401246	0	581166.	75669.8	2565112.	0.	0.	46	*
Press - Temp - Titolo								
5401247	0	580463.	75670.2	2565072.	0.	0.	47	*
Press - Temp - Titolo								
5401248	0	579759.	75670.6	2565031.	0.	0.	48	*
Press - Temp - Titolo								
5401249	0	579056.	75671.	2564991.	0.	0.	49	*
Press - Temp - Titolo								
5401250	0	578352.	75671.3	2564951.	0.	0.	50	*
Press - Temp - Titolo								
5401251	0	577649.	75671.7	2564910.	0.	0.	51	*
Press - Temp - Titolo								
5401252	0	576946.	75672.1	2564870.	0.	0.	52	*
Press - Temp - Titolo								
5401253	0	576242.	75672.5	2564830.	0.	0.	53	*
Press - Temp - Titolo								
5401254	0	575539.	75672.8	2564789.	0.	0.	54	*
Press - Temp - Titolo								
5401255	0	574835.	75673.2	2564749.	0.	0.	55	*
Press - Temp - Titolo								
5401256	0	574132.	75673.6	2564708.	0.	0.	56	*
Press - Temp - Titolo								
5401257	0	573428.	75674.	2564668.	0.	0.	57	*
Press - Temp - Titolo								

5401258	0	572725.	75674.4	2564627.	0. 0.	58 *
Press -	Temp -	Titolo				
5401259	0	572021.	75674.7	2564586.	0. 0.	59 *
Press -	Temp -	Titolo				
5401260	0	571318.	75675.1	2564546.	0. 0.	60 *
Press -	Temp -	Titolo				
5401300	0					
5401301	1.03686	1.249493	0.	1		* .833
5401302	1.03686	1.096125	0.	2		* .833
5401303	1.03686	1.25075	0.	3		* .833
5401304	1.036861	1.097091	0.	4		* .833
5401305	1.036861	1.25201	0.	5		* .833
5401306	1.036862	1.09806	0.	6		* .833
5401307	1.036862	1.253272	0.	7		* .833
5401308	1.036862	1.099032	0.	8		* .833
5401309	1.036863	1.254536	0.	9		* .833
5401310	1.036863	1.100006	0.	10		* .833
5401311	1.036864	1.255803	0.	11		* .833
5401312	1.036864	1.100982	0.	12		* .833
5401313	1.036864	1.257072	0.	13		* .833
5401314	1.036865	1.101962	0.	14		* .833
5401315	1.036865	1.258343	0.	15		* .833
5401316	1.036865	1.102944	0.	16		* .833
5401317	1.036866	1.259616	0.	17		* .833
5401318	1.036866	1.103928	0.	18		* .833
5401319	1.036866	1.260891	0.	19		* .833
5401320	1.036867	1.104915	0.	20		* .833
5401321	1.036867	1.26217	0.	21		* .833
5401322	1.036867	1.105905	0.	22		* .833
5401323	1.036868	1.26345	0.	23		* .833
5401324	1.036868	1.106897	0.	24		* .833
5401325	1.036868	1.264732	0.	25		* .833
5401326	1.036869	1.107891	0.	26		* .833
5401327	1.03687	1.266016	0.	27		* .833
5401328	1.03687	1.108889	0.	28		* .833
5401329	1.03687	1.267303	0.	29		* .833
5401330	1.03687	1.109888	0.	30		* .833
5401331	1.03687	1.268592	0.	31		* .833
5401332	1.03687	1.11089	0.	32		* .833
5401333	1.036871	1.269883	0.	33		* .833
5401334	1.036872	1.111895	0.	34		* .833
5401335	1.036872	1.271177	0.	35		* .833
5401336	1.036872	1.112902	0.	36		* .833
5401337	1.036873	1.272473	0.	37		* .833
5401338	1.036873	1.11391	0.	38		* .833
5401339	1.036873	1.27377	0.	39		* .833
5401340	1.036874	1.114923	0.	40		* .833
5401341	1.036874	1.27507	0.	41		* .833
5401342	1.036874	1.115937	0.	42		* .833
5401343	1.036875	1.276374	0.	43		* .833
5401344	1.036875	1.116953	0.	44		* .833
5401345	1.036875	1.277678	0.	45		* .833
5401346	1.036876	1.117972	0.	46		* .833
5401347	1.036876	1.278985	0.	47		* .833
5401348	1.036877	1.118993	0.	48		* .833
5401349	1.036877	1.280294	0.	49		* .833
5401350	1.036877	1.120016	0.	50		* .833

5401351	1.036878	1.281606	0.	51	* .833
5401352	1.036878	1.121042	0.	52	* .833
5401353	1.036878	1.28292	0.	53	* .833
5401354	1.036879	1.12207	0.	54	* .833
5401355	1.036879	1.284235	0.	55	* .833
5401356	1.03688	1.1231	0.	56	* .833
5401357	1.03688	1.285553	0.	57	* .833
5401358	1.03688	1.124133	0.	58	* .833
5401359	1.03688	1.286873	0.	59	* .833

*

* MANDATA - uscita tratto elicoidale

5500000	j550	sngljun					
5500101	540600002	560010001	0.0	0.0	0.0	01000	
5500201	0	1.03688	1.125168	0.	* .833		

*

* MANDATA - pre SORGENTE

5600000	v560	snglvol					
5600101	8.0424e-4	0.25	0.				
5600102	0.	0.	0.0				
5600103	5.e-5	0.	00				
5600200	0	566982.	75675.2	2564294.	0.		

*

* MANDATA - VALVOLA Vs1.11

5700000	vs1.11	valve					
5700101	560010002	580010001	0.0	0.0	0.0		
5700102	0100	1.0	1.0	* no choking			
5700201	0	1.036883	1.036883	0.	* .833		
5700300	trpvlv						
5700301	500						

*

* MANDATA - pre SORGENTE

5800000	v580	snglvol					
5800101	8.0424e-4		0.25	0.			
5800102	0.	0.		0.0			
5800103	5.e-5	0.		00			
5800200	0	566869.	75675.3	2564288.	0.		

*

* BRANCH - pre SORGENTE

5910000	ti-presS	branch					
5910001	3	0					
5910101	8.0424e-4	1.2		0.0	* flow area - volume		

```

length -
5910102  0.          0.0          0.0    * hor angle - vertical
angle - elevation
5910103  1.0e-7        0.          00
5910200  0              512362.     75675.7 2560985. 0.
5911101  591010002      600010001   0.0    0.0    0.0    1000
5912101  591010002      604010001   0.0    0.0    0.0    1000
5913101  580010002      591010001   0.0    100.0   0.0
1000
5911201  3.3919 3.3919 0. * .2032886
5912201  4.12032 4.12032 0. * .629711
5913201  1.036883 1.036883 0. * .833

```

```

*****
*****
*
*
*****
*****
*****
*****

```

```

*-----
-----
*
*                               SORGENTE EXCYT
*                               Sez.6x10 mm
*                               LTOT=1,3 M
*-----
-----

```

```

*-----
-----
*                               SORGENTE PRIMO TRATTO
*-----
-----

```

```

6000000  ch_plate  pipe
6000001  10
n.elementi
6000101  6.e-5          10          * flow
area
6000301  0.1354          10          *
volume height
6000401  0.0            10          *
volume of node
6000501  0.0            10          *
horizontal angle
6000601  0.0            10          *
vertical angle
6000801  1.e-10        0.0          10          *
roughness - Dh
6000901  4.5            0.0          9           *
concentrated loss coef *
6001001  00000          10          *
volume flag
6001101  000000        9           *
junction flag
6001201  0              506056.    88959.    2560585. 0. 0.    1    * Press
- Temp - Titolo
6001202  0              478030.    102242.3 2558686. 0. 0.    2    * Press
- Temp - Titolo

```



```

6041001  00000                10                *
volume flag
6041101  000000                9                *
junction flag
6041201  0      503029.  77107.3 2560392. 0. 0.  1  * Press
- Temp - Titolo
6041202  0      475098.  78538.9 2558481. 0. 0.  2  * Press
- Temp - Titolo
6041203  0      447166.  79970.5 2556468. 0. 0.  3  * Press
- Temp - Titolo
6041204  0      419233.4 81402.1 2554308. 0. 0.  4  * Press
- Temp - Titolo
6041205  0      391299.5 82833.8 2551986. 0. 0.  5  * Press
- Temp - Titolo
6041206  0      363364.5 84265.4 2549478. 0. 0.  6  * Press
- Temp - Titolo
6041207  0      335428.3 85697.  2546774. 0. 0.  7  * Press
- Temp - Titolo
6041208  0      307491.  87128.6 2543824. 0. 0.  8  * Press
- Temp - Titolo
6041209  0      279552.5 88560.3 2540560. 0. 0.  9  * Press
- Temp - Titolo
6041210  0      251612.6 89991.9 2.537+6 0. 0. 10  * Press
- Temp - Titolo
6041300  0
6041301  4.120605 4.120605 0.  1                *
.629711
6041302  4.12093 4.12093 0.  2                *
.629711
6041303  4.12125 4.12125 0.  3                *
.629711
6041304  4.12159 4.12159 0.  4                *
.629711
6041305  4.121925 4.121925 0.  5                *
.629711
6041306  4.12227 4.12227 0.  6                *
.629711
6041307  4.12262 4.12262 0.  7                *
.629711
6041308  4.12297 4.12297 0.  8                *
.629711
6041309  4.12333 4.12333 0.  9                *
.629711

```

```

*-----
*
*          BRANCH - post SORGENTE
*-----

```

```

-----
5920000  ti-pre      branch
5920001  3      0
5920101  8.0424e-4  1.2      0.0  * flow area - volume
length -
5920102  0.      0.0      0.0  * hor angle - vertical
angle - elevation
5920103  1.0e-7  0.      00
5920200  0      258180.  118915.4 2537864. 0.
5921101  600100002  592010001  0.0  0.0  0.0  1000

```



```

5922101 604100002 592010001 0.0 0.0 0.0 1000
5923101 592010002 620010001 0.0 0.0 0.0 1000
5921201 3.42856 3.42856 0.

```

*

+ * .2032886

```

5922201 4.12369 4.12369 0.

```

*

+ * .629711

```

5923201 1.039606 1.039606 0.

```

*

+ * .833

*

MANDATA - INGRESSO SORGENTE

*-----

*-----

*

STRUTTURA TERMICA SORGENTE

*

potenza 3,6 kw

*

superficie di scambio (0,043 m^2)

*-----

*Struttura 600

```

16001000 10 3 2 0 0.00437
16001100 0 1
16001101 2 0.0123
16001201 001 2
16001301 1. 2
16001400 0
16001401 283.15 3
16001501 600010000 10000 101 1 0.1354 10
16001601 0 0 0 1 0.1354 10
16001701 100 1. 0. 0. 10
16001800 0
16001801 0.0 15. 15. 0. 0. 0. 0. 1. 10

```

*

Tabella 100-POTENZA

20210000 power

20210001 0. 0.0

20210002 1000. 0.0

20210003 1010. 27.0e2

*20210004 600. 3.6e2

*-----

*-----

*

STRUTTURA TERMICA STRUMENTAZIONE

*

potenza 1 kw

*

superficie di scambio

*-----

```

*Struttura 604
16041000 10          3          2          0  0.00698
16041100  0          1
16041101  2          0.01
*
16041201  001        2
16041301  1.         2
16041400  0
16041401  283.15      3
16041501  604010000    10000  101  1  0.1354  10
16041601  0          0          0          1  0.1354  10
16041701  101        1.         0.         0.         10
16041800  0
16041801  0.0         15.        15.        0.         0.         0.         0.         1.         10
*****
*****

```

* Tabella 100-POTENZA *

```

*****
*****
20210100 power
20210101 0.         0.0
20210102 1000.      0.0
20210103 1010.      9.0e2
*20210104 600.      3.6e3
*****
*****
*****
*****
*
*
*
*

```

* RITORNO - POST SORGENTE *

```

-----
6200000 v620          snglvol
6200101 8.0424e-4    0.25  0.
6200102 180.0        0.     0.0
6200103 5.e-5        0.     00
6200200 0           257903.7 118915.5 2537828. 0.
*
-----

```

* RITORNO - VALVOLA Vs3.1 *

```

-----
6300000 vs3.1      valve
6300101 62001002    640010001  0.0  0.0  0.0
6300102 0100  1.0  1.0  * no choking
6300201 0  1.039606 1.039606 0. * .833
6300300 trpvlv
6300301 500
*
-----

```

* RITORNO TUBO pre elica H 5.0 *

```

verticale
*
-----
6400000 pre-eli  pipe
6400001 10          * n.elementi

```

6400101	8.0424e-4		10							* flow
area										
6400301	0.5		10							*
volume height										
6400401	0.0		10							*
volume of node										
6400501	0.0		10							*
horizontal angle										
6400601	90.0		10							*
vertical angle										
6400701	0.5		10							*
elevation change										
6400801	5.e-5	0.0	10							*
roughness - Dh										
6400901	0.0	0.0	9							*
concentrated loss coef										
6401001	00000		10							*
volume flag										
6401101	000000		9							*
junction flag										
6401201	0	255296.	118915.7	2537486.	0.0	0.0	1			*
Press - Temp - Titolo										
6401202	0	250191.	118916.	2536809.	0.0	0.0	2			*
Press - Temp - Titolo										
6401203	0	245086.	118916.2	2536107.	0.0	0.0	3			*
Press - Temp - Titolo										
6401204	0	239981.	118916.4	2535380.	0.0	0.0	4			*
Press - Temp - Titolo										
6401205	0	234876.	118916.6	2534640.	0.0	0.0	5			*
Press - Temp - Titolo										
6401206	0	229771.2	118916.8	2533887.	0.0	0.0	6			*
Press - Temp - Titolo										
6401207	0	224666.2	118917.	2533120.	0.0	0.0	7			*
Press - Temp - Titolo										
6401208	0	219561.3	118917.3	2532339.	0.0	0.0	8			*
Press - Temp - Titolo										
6401209	0	214456.3	118917.5	2531544.	0.0	0.0	9			*
Press - Temp - Titolo										
6401210	0	209351.4	118917.7	2530732.	0.0	0.0	10			*
Press - Temp - Titolo										
6401300	0									
6401301	1.039608	1.328893	0.	1						*
.833										
6401302	1.03961	1.328896	0.	2						*
.833										
6401303	1.039612	1.3289	0.	3						*
.833										
6401304	1.039615	1.328902	0.	4						*
.833										
6401305	1.039617	1.328905	0.	5						*
.833										
6401306	1.03962	1.328908	0.	6						*
.833										
6401307	1.039622	1.32891	0.	7						*
.833										
6401308	1.039624	1.328914	0.	8						*
.833										

6401309 1.039626 1.328917 0. 9 *

.833
*-----

* RITORNO - DIRAMAZIONE PRE ELICHE IN
PARALLELO

*-----

6500000	parall	branch					
6500001	3	0					
6500101	8.0424e-4	1.0	0.			* flow area -	
	volume length -						
6500102	180.	0.0	0.0			* hor angle - ver	
	angle - el						
6500103	1.0e-7	0.	00				
6500200	0	198460.3	118918.	2528938.	0.		
6501101	640100002	650000000	0.0	15.0	0.0	1000	
6502101	650010000	660010001	0.0	0.0	0.0	1000	
6503101	650010000	670010001	0.0	0.0	0.0	1000	
6501201	1.039629	1.32892	0.	* .833			
6502201	.788788	.788788	0.	* .4165			
6503201	.788788	.788788	0.	* .4165			

*-----

* RITORNO - TRATTO ELICOIDALE a

*-----

6600000	elica2a	pipe				
6600001	60					* n.elementi
6600101	5.3e-4		60			* flow area
6600301	0.835		60			* volume
	height					
6600401	0.0		60			* volume of
	node					
6600501	180.0		60			* horizontal
	angle					
6600601	-90.0		1			* vertical
	angle					
6600602	90.0		2			* vertical
	angle					
6600603	-90.0		3			* vertical
	angle					
6600604	90.0		4			* vertical
	angle					
6600605	-90.0		5			* vertical
	angle					
6600606	90.0		6			* vertical
	angle					
6600607	-90.0		7			* vertical
	angle					
6600608	90.0		8			* vertical
	angle					
6600609	-90.0		9			* vertical
	angle					
6600610	90.0		10			* vertical

angle				
6600611	-90.0	11		* vertical
angle				
6600612	90.0	12		* vertical
angle				
6600613	-90.0	13		* vertical
angle				
6600614	90.0	14		* vertical
angle				
6600615	-90.0	15		* vertical
angle				
6600616	90.0	16		* vertical
angle				
6600617	-90.0	17		* vertical
angle				
6600618	90.0	18		* vertical
angle				
6600619	-90.0	19		* vertical
angle				
6600620	90.0	20		* vertical
angle				
6600621	-90.0	21		* vertical
angle				
6600622	90.0	22		* vertical
angle				
6600623	-90.0	23		* vertical
angle				
6600624	90.0	24		* vertical
angle				
6600625	-90.0	25		* vertical
angle				
6600626	90.0	26		* vertical
angle				
6600627	-90.0	27		* vertical
angle				
6600628	90.0	28		* vertical
angle				
6600629	-90.0	29		* vertical
angle				
6600630	90.0	30		* vertical
angle				
6600631	-90.0	31		* vertical
angle				
6600632	90.0	32		* vertical
angle				
6600633	-90.0	33		* vertical
angle				
6600634	90.0	34		* vertical
angle				
6600635	-90.0	35		* vertical
angle				
6600636	90.0	36		* vertical
angle				
6600637	-90.0	37		* vertical
angle				
6600638	90.0	38		* vertical
angle				

6600639	-90.0	39	* vertical
angle			
6600640	90.0	40	* vertical
angle			
6600641	-90.0	41	* vertical
angle			
6600642	90.0	42	* vertical
angle			
6600643	-90.0	43	* vertical
angle			
6600644	90.0	44	* vertical
angle			
6600645	-90.0	45	* vertical
angle			
6600646	90.0	46	* vertical
angle			
6600647	-90.0	47	* vertical
angle			
6600648	90.0	48	* vertical
angle			
6600649	-90.0	49	* vertical
angle			
6600650	90.0	50	* vertical
angle			
6600651	-90.0	51	* vertical
angle			
6600652	90.0	52	* vertical
angle			
6600653	-90.0	53	* vertical
angle			
6600654	90.0	54	* vertical
angle			
6600655	-90.0	55	* vertical
angle			
6600656	90.0	56	* vertical
angle			
6600657	-90.0	57	* vertical
angle			
6600658	90.0	58	* vertical
angle			
6600659	-90.0	59	* vertical
angle			
6600660	90.0	60	* vertical
angle			
*			
6600701	-0.835	1	* elevation
change			
6600702	0.835	2	* elevation
change			
6600703	-0.835	3	* elevation
change			
6600704	0.835	4	* elevation
change			
6600705	-0.835	5	* elevation
change			
6600706	0.835	6	* elevation
change			

6600707	-0.835	7	* elevation
change			
6600708	0.835	8	* elevation
change			
6600709	-0.835	9	* elevation
change			
6600710	0.835	10	* elevation
change			
6600711	-0.835	11	* elevation
change			
6600712	0.835	12	* elevation
change			
6600713	-0.835	13	* elevation
change			
6600714	0.835	14	* elevation
change			
6600715	-0.835	15	* elevation
change			
6600716	0.835	16	* elevation
change			
6600717	-0.835	17	* elevation
change			
6600718	0.835	18	* elevation
change			
6600719	-0.835	19	* elevation
change			
6600720	0.835	20	* elevation
change			
6600721	-0.835	21	* elevation
change			
6600722	0.835	22	* elevation
change			
6600723	-0.835	23	* elevation
change			
6600724	0.835	24	* elevation
change			
6600725	-0.835	25	* elevation
change			
6600726	0.835	26	* elevation
change			
6600727	-0.835	27	* elevation
change			
6600728	0.835	28	* elevation
change			
6600729	-0.835	29	* elevation
change			
6600730	0.835	30	* elevation
change			
6600731	-0.835	31	* elevation
change			
6600732	0.835	32	* elevation
change			
6600733	-0.835	33	* elevation
change			
6600734	0.835	34	* elevation
change			
6600735	-0.835	35	* elevation

change				
6600736	0.835		36	* elevation
change				
6600737	-0.835		37	* elevation
change				
6600738	0.835		38	* elevation
change				
6600739	-0.835		39	* elevation
change				
6600740	0.835		40	* elevation
change				
6600741	-0.835		41	* elevation
change				
6600742	0.835		42	* elevation
change				
6600743	-0.835		43	* elevation
change				
6600744	0.835		44	* elevation
change				
6600745	-0.835		45	* elevation
change				
6600746	0.835		46	* elevation
change				
6600747	-0.835		47	* elevation
change				
6600748	0.835		48	* elevation
change				
6600749	-0.835		49	* elevation
change				
6600750	0.835		50	* elevation
change				
6600751	-0.835		51	* elevation
change				
6600752	0.835		52	* elevation
change				
6600753	-0.835		53	* elevation
change				
6600754	0.835		54	* elevation
change				
6600755	-0.835		55	* elevation
change				
6600756	0.835		56	* elevation
change				
6600757	-0.835		57	* elevation
change				
6600758	0.835		58	* elevation
change				
6600759	-0.835		59	* elevation
change				
6600760	0.835		60	* elevation
change				
*				
6600801	5.e-5	0.0	60	* roughness
- Dh				
6600901	3.0	3.0	59	*
concentrated loss coef				
6601001	00000		60	* volume


```

flag
6601101      000000                59                * junction
flag
6601201      0      202532.4 118918.2 2529622. 0. 0. 1 *
Press - Temp - Titolo
6601202      0      201305.  118918.5 2529419. 0. 0. 2 *
Press - Temp - Titolo
6601203      0      200077.7 118918.8 2529215. 0. 0. 3 *
Press - Temp - Titolo
6601204      0      198850.3 118919. 2529006. 0. 0. 4 *
Press - Temp - Titolo
6601205      0      197623.  118919.4 2528794. 0. 0. 5 *
Press - Temp - Titolo
6601206      0      196395.6 118919.7 2528582. 0. 0. 6 *
Press - Temp - Titolo
6601207      0      195168.2 118920. 2528368. 0. 0. 7 *
Press - Temp - Titolo
6601208      0      193941.  118920.2 2528154. 0. 0. 8 *
Press - Temp - Titolo
6601209      0      192713.5 118920.5 2527938. 0. 0. 9 *
Press - Temp - Titolo
6601210      0      191486.  118920.8 2527722. 0. 0. 10 *
Press - Temp - Titolo
6601211      0      190258.7 118921. 2527504. 0. 0. 11 *
Press - Temp - Titolo
6601212      0      189031.4 118921.4 2527285. 0. 0. 12 *
Press - Temp - Titolo
6601213      0      187804.  118921.7 2527064. 0. 0. 13 *
Press - Temp - Titolo
6601214      0      186576.6 118922. 2526843. 0. 0. 14 *
Press - Temp - Titolo
6601215      0      185349.2 118922.2 2526621. 0. 0. 15 *
Press - Temp - Titolo
6601216      0      184122.  118922.5 2526397. 0. 0. 16 *
Press - Temp - Titolo
6601217      0      182894.5 118922.8 2526172. 0. 0. 17 *
Press - Temp - Titolo
6601218      0      181667.  118923. 2525946. 0. 0. 18 *
Press - Temp - Titolo
6601219      0      180439.7 118923.4 2525718. 0. 0. 19 *
Press - Temp - Titolo
6601220      0      179212.3 118923.7 2525489. 0. 0. 20 *
Press - Temp - Titolo
6601221      0      177985.  118924. 2525256. 0. 0. 21 *
Press - Temp - Titolo
6601222      0      176757.6 118924.3 2525023. 0. 0. 22 *
Press - Temp - Titolo
6601223      0      175530.2 118924.5 2524788. 0. 0. 23 *
Press - Temp - Titolo
6601224      0      174302.8 118924.8 2524550. 0. 0. 24 *
Press - Temp - Titolo
6601225      0      173075.4 118925.1 2524311. 0. 0. 25 *
Press - Temp - Titolo
6601226      0      171848.  118925.4 2524070. 0. 0. 26 *
Press - Temp - Titolo
6601227      0      170620.7 118925.7 2523827. 0. 0. 27 *
Press - Temp - Titolo

```

6601228	0	169393.3	118926.	2523583.	0.	0.	28	*
Press - Temp - Titolo								
6601229	0	168166.	118926.3	2523338.	0.	0.	29	*
Press - Temp - Titolo								
6601230	0	166938.5	118926.6	2523091.	0.	0.	30	*
Press - Temp - Titolo								
6601231	0	165711.	118926.8	2522843.	0.	0.	31	*
Press - Temp - Titolo								
6601232	0	164483.7	118927.1	2522593.	0.	0.	32	*
Press - Temp - Titolo								
6601233	0	163256.3	118927.4	2522342.	0.	0.	33	*
Press - Temp - Titolo								
6601234	0	162029.	118927.7	2522089.	0.	0.	34	*
Press - Temp - Titolo								
6601235	0	160801.5	118928.	2521834.	0.	0.	35	*
Press - Temp - Titolo								
6601236	0	159574.2	118928.3	2521577.	0.	0.	36	*
Press - Temp - Titolo								
6601237	0	158346.8	118928.6	2521317.	0.	0.	37	*
Press - Temp - Titolo								
6601238	0	157119.4	118928.8	2521055.	0.	0.	38	*
Press - Temp - Titolo								
6601239	0	155892.	118929.1	2520791.	0.	0.	39	*
Press - Temp - Titolo								
6601240	0	154664.6	118929.4	2520526.	0.	0.	40	*
Press - Temp - Titolo								
6601241	0	153437.2	118929.7	2520258.	0.	0.	41	*
Press - Temp - Titolo								
6601242	0	152209.8	118930.	2519990.	0.	0.	42	*
Press - Temp - Titolo								
6601243	0	150982.4	118930.3	2519719.	0.	0.	43	*
Press - Temp - Titolo								
6601244	0	149755.	118930.6	2519445.	0.	0.	44	*
Press - Temp - Titolo								
6601245	0	148527.6	118930.9	2519167.	0.	0.	45	*
Press - Temp - Titolo								
6601246	0	147300.2	118931.1	2518887.	0.	0.	46	*
Press - Temp - Titolo								
6601247	0	146072.8	118931.4	2518605.	0.	0.	47	*
Press - Temp - Titolo								
6601248	0	144845.4	118931.7	2518321.	0.	0.	48	*
Press - Temp - Titolo								
6601249	0	143618.	118932.	2518035.	0.	0.	49	*
Press - Temp - Titolo								
6601250	0	142390.6	118932.3	2517747.	0.	0.	50	*
Press - Temp - Titolo								
6601251	0	141163.2	118932.6	2517456.	0.	0.	51	*
Press - Temp - Titolo								
6601252	0	139935.8	118932.9	2517164.	0.	0.	52	*
Press - Temp - Titolo								
6601253	0	138708.4	118933.1	2516870.	0.	0.	53	*
Press - Temp - Titolo								
6601254	0	137481.	118933.4	2516574.	0.	0.	54	*
Press - Temp - Titolo								
6601255	0	136253.6	118933.7	2516275.	0.	0.	55	*
Press - Temp - Titolo								
6601256	0	135026.2	118934.	2515974.	0.	0.	56	*

Press - Temp - Titolo							
6601257	0	133798.8	118934.3	2515671.	0.	0.	57 *
Press - Temp - Titolo							
6601258	0	132571.4	118934.6	2515366.	0.	0.	58 *
Press - Temp - Titolo							
6601259	0	131344.	118934.9	2515058.	0.	0.	59 *
Press - Temp - Titolo							
6601260	0	130116.6	118935.2	2514748.	0.	0.	60 *
Press - Temp - Titolo							
6601300	0						
6601301	.788786	1.002822	0.	1	*	.4165	
6601302	.788787	1.002822	0.	2	*	.4165	
6601303	.788787	1.002823	0.	3	*	.4165	
6601304	.788788	1.002824	0.	4	*	.4165	
6601305	.788788	1.002824	0.	5	*	.4165	
6601306	.788789	1.002825	0.	6	*	.4165	
6601307	.788789	1.002825	0.	7	*	.4165	
6601308	.78879	1.002826	0.	8	*	.4165	
6601309	.78879	1.002826	0.	9	*	.4165	
6601310	.78879	1.002827	0.	10	*	.4165	
6601311	.78879	1.002828	0.	11	*	.4165	
6601312	.788791	1.002828	0.	12	*	.4165	
6601313	.788792	1.002829	0.	13	*	.4165	
6601314	.788792	1.00283	0.	14	*	.4165	
6601315	.788793	1.00283	0.	15	*	.4165	
6601316	.788793	1.00283	0.	16	*	.4165	
6601317	.788793	1.002831	0.	17	*	.4165	
6601318	.788794	1.002832	0.	18	*	.4165	
6601319	.788794	1.002832	0.	19	*	.4165	
6601320	.788795	1.002833	0.	20	*	.4165	
6601321	.788795	1.002833	0.	21	*	.4165	
6601322	.788796	1.002834	0.	22	*	.4165	
6601323	.788796	1.002835	0.	23	*	.4165	
6601324	.788797	1.002835	0.	24	*	.4165	
6601325	.788797	1.002836	0.	25	*	.4165	
6601326	.788797	1.002836	0.	26	*	.4165	
6601327	.788798	1.002837	0.	27	*	.4165	
6601328	.788798	1.002837	0.	28	*	.4165	
6601329	.788799	1.002838	0.	29	*	.4165	
6601330	.7888	1.002838	0.	30	*	.4165	
6601331	.7888	1.00284	0.	31	*	.4165	
6601332	.7888	1.00284	0.	32	*	.4165	
6601333	.7888	1.00284	0.	33	*	.4165	
6601334	.788801	1.00284	0.	34	*	.4165	
6601335	.788801	1.002841	0.	35	*	.4165	
6601336	.788802	1.002842	0.	36	*	.4165	
6601337	.788802	1.002843	0.	37	*	.4165	
6601338	.788803	1.002843	0.	38	*	.4165	
6601339	.788803	1.002844	0.	39	*	.4165	
6601340	.788804	1.002844	0.	40	*	.4165	
6601341	.788804	1.002845	0.	41	*	.4165	
6601342	.788805	1.002845	0.	42	*	.4165	
6601343	.788805	1.002846	0.	43	*	.4165	
6601344	.788805	1.002847	0.	44	*	.4165	
6601345	.788806	1.002847	0.	45	*	.4165	
6601346	.788806	1.002848	0.	46	*	.4165	
6601347	.788807	1.002848	0.	47	*	.4165	

6601348	.788807	1.002849	0.	48	* .4165
6601349	.788808	1.00285	0.	49	* .4165
6601350	.788808	1.00285	0.	50	* .4165
6601351	.788809	1.00285	0.	51	* .4165
6601352	.788809	1.002851	0.	52	* .4165
6601353	.78881	1.002852	0.	53	* .4165
6601354	.78881	1.002852	0.	54	* .4165
6601355	.78881	1.002853	0.	55	* .4165
6601356	.78881	1.002854	0.	56	* .4165
6601357	.788811	1.002854	0.	57	* .4165
6601358	.788812	1.002855	0.	58	* .4165
6601359	.788812	1.002855	0.	59	* .4165

*

*-----

* RITORNO - TRATTO ELICOIDALE b

*-----

*

6700000	elica2b	pipe			
6700001	60		* n.elementi		
6700101	5.3e-4		60	* flow area	
6700301	0.835		60	* volume	
height					
6700401	0.0		60	* volume of	
node					
6700501	180.0		60	* horizontal	
angle					
*					
6700601	-90.0		1	* vertical	
angle					
6700602	90.0		2	* vertical	
angle					
6700603	-90.0		3	* vertical	
angle					
6700604	90.0		4	* vertical	
angle					
6700605	-90.0		5	* vertical	
angle					
6700606	90.0		6	* vertical	
angle					
6700607	-90.0		7	* vertical	
angle					
6700608	90.0		8	* vertical	
angle					
6700609	-90.0		9	* vertical	
angle					
6700610	90.0		10	* vertical	
angle					
6700611	-90.0		11	* vertical	
angle					
6700612	90.0		12	* vertical	
angle					
6700613	-90.0		13	* vertical	
angle					
6700614	90.0		14	* vertical	
angle					

6700615	-90.0	15	* vertical
angle			
6700616	90.0	16	* vertical
angle			
6700617	-90.0	17	* vertical
angle			
6700618	90.0	18	* vertical
angle			
6700619	-90.0	19	* vertical
angle			
6700620	90.0	20	* vertical
angle			
6700621	-90.0	21	* vertical
angle			
6700622	90.0	22	* vertical
angle			
6700623	-90.0	23	* vertical
angle			
6700624	90.0	24	* vertical
angle			
6700625	-90.0	25	* vertical
angle			
6700626	90.0	26	* vertical
angle			
6700627	-90.0	27	* vertical
angle			
6700628	90.0	28	* vertical
angle			
6700629	-90.0	29	* vertical
angle			
6700630	90.0	30	* vertical
angle			
6700631	-90.0	31	* vertical
angle			
6700632	90.0	32	* vertical
angle			
6700633	-90.0	33	* vertical
angle			
6700634	90.0	34	* vertical
angle			
6700635	-90.0	35	* vertical
angle			
6700636	90.0	36	* vertical
angle			
6700637	-90.0	37	* vertical
angle			
6700638	90.0	38	* vertical
angle			
6700639	-90.0	39	* vertical
angle			
6700640	90.0	40	* vertical
angle			
6700641	-90.0	41	* vertical
angle			
6700642	90.0	42	* vertical
angle			
6700643	-90.0	43	* vertical

angle				
6700644	90.0	44		* vertical
angle				
6700645	-90.0	45		* vertical
angle				
6700646	90.0	46		* vertical
angle				
6700647	-90.0	47		* vertical
angle				
6700648	90.0	48		* vertical
angle				
6700649	-90.0	49		* vertical
angle				
6700650	90.0	50		* vertical
angle				
6700651	-90.0	51		* vertical
angle				
6700652	90.0	52		* vertical
angle				
6700653	-90.0	53		* vertical
angle				
6700654	90.0	54		* vertical
angle				
6700655	-90.0	55		* vertical
angle				
6700656	90.0	56		* vertical
angle				
6700657	-90.0	57		* vertical
angle				
6700658	90.0	58		* vertical
angle				
6700659	-90.0	59		* vertical
angle				
6700660	90.0	60		* vertical
angle				
*				
6700701	-0.835	1		* elevation
change				
6700702	0.835	2		* elevation
change				
6700703	-0.835	3		* elevation
change				
6700704	0.835	4		* elevation
change				
6700705	-0.835	5		* elevation
change				
6700706	0.835	6		* elevation
change				
6700707	-0.835	7		* elevation
change				
6700708	0.835	8		* elevation
change				
6700709	-0.835	9		* elevation
change				
6700710	0.835	10		* elevation
change				
6700711	-0.835	11		* elevation

change			
6700712	0.835	12	* elevation
change			
6700713	-0.835	13	* elevation
change			
6700714	0.835	14	* elevation
change			
6700715	-0.835	15	* elevation
change			
6700716	0.835	16	* elevation
change			
6700717	-0.835	17	* elevation
change			
6700718	0.835	18	* elevation
change			
6700719	-0.835	19	* elevation
change			
6700720	0.835	20	* elevation
change			
6700721	-0.835	21	* elevation
change			
6700722	0.835	22	* elevation
change			
6700723	-0.835	23	* elevation
change			
6700724	0.835	24	* elevation
change			
6700725	-0.835	25	* elevation
change			
6700726	0.835	26	* elevation
change			
6700727	-0.835	27	* elevation
change			
6700728	0.835	28	* elevation
change			
6700729	-0.835	29	* elevation
change			
6700730	0.835	30	* elevation
change			
6700731	-0.835	31	* elevation
change			
6700732	0.835	32	* elevation
change			
6700733	-0.835	33	* elevation
change			
6700734	0.835	34	* elevation
change			
6700735	-0.835	35	* elevation
change			
6700736	0.835	36	* elevation
change			
6700737	-0.835	37	* elevation
change			
6700738	0.835	38	* elevation
change			
6700739	-0.835	39	* elevation
change			

6700740	0.835		40	* elevation
change				
6700741	-0.835		41	* elevation
change				
6700742	0.835		42	* elevation
change				
6700743	-0.835		43	* elevation
change				
6700744	0.835		44	* elevation
change				
6700745	-0.835		45	* elevation
change				
6700746	0.835		46	* elevation
change				
6700747	-0.835		47	* elevation
change				
6700748	0.835		48	* elevation
change				
6700749	-0.835		49	* elevation
change				
6700750	0.835		50	* elevation
change				
6700751	-0.835		51	* elevation
change				
6700752	0.835		52	* elevation
change				
6700753	-0.835		53	* elevation
change				
6700754	0.835		54	* elevation
change				
6700755	-0.835		55	* elevation
change				
6700756	0.835		56	* elevation
change				
6700757	-0.835		57	* elevation
change				
6700758	0.835		58	* elevation
change				
6700759	-0.835		59	* elevation
change				
6700760	0.835		60	* elevation
change				
*				
6700801	5.e-5	0.0	60	* roughness
- Dh				
6700901	3.0	3.0	59	*
concentrated loss coef				
6701001	00000		60	* volume
flag				
6701101	000000		59	* junction
flag				
6701201	0	202532.4	118918.2	2529622. 0. 0. 1 *
Press - Temp - Titolo				
6701202	0	201305.	118918.5	2529419. 0. 0. 2 *
Press - Temp - Titolo				
6701203	0	200077.7	118918.8	2529215. 0. 0. 3 *
Press - Temp - Titolo				

6701204	0	198850.3	118919.	2529006.	0.	0.	4	*
Press - Temp - Titolo								
6701205	0	197623.	118919.4	2528794.	0.	0.	5	*
Press - Temp - Titolo								
6701206	0	196395.6	118919.7	2528582.	0.	0.	6	*
Press - Temp - Titolo								
6701207	0	195168.2	118920.	2528368.	0.	0.	7	*
Press - Temp - Titolo								
6701208	0	193941.	118920.2	2528154.	0.	0.	8	*
Press - Temp - Titolo								
6701209	0	192713.5	118920.5	2527938.	0.	0.	9	*
Press - Temp - Titolo								
6701210	0	191486.	118920.8	2527722.	0.	0.	10	*
Press - Temp - Titolo								
6701211	0	190258.7	118921.	2527504.	0.	0.	11	*
Press - Temp - Titolo								
6701212	0	189031.4	118921.4	2527285.	0.	0.	12	*
Press - Temp - Titolo								
6701213	0	187804.	118921.7	2527064.	0.	0.	13	*
Press - Temp - Titolo								
6701214	0	186576.6	118922.	2526843.	0.	0.	14	*
Press - Temp - Titolo								
6701215	0	185349.2	118922.2	2526621.	0.	0.	15	*
Press - Temp - Titolo								
6701216	0	184122.	118922.5	2526397.	0.	0.	16	*
Press - Temp - Titolo								
6701217	0	182894.5	118922.8	2526172.	0.	0.	17	*
Press - Temp - Titolo								
6701218	0	181667.	118923.	2525946.	0.	0.	18	*
Press - Temp - Titolo								
6701219	0	180439.7	118923.4	2525718.	0.	0.	19	*
Press - Temp - Titolo								
6701220	0	179212.3	118923.7	2525489.	0.	0.	20	*
Press - Temp - Titolo								
6701221	0	177985.	118924.	2525256.	0.	0.	21	*
Press - Temp - Titolo								
6701222	0	176757.6	118924.3	2525023.	0.	0.	22	*
Press - Temp - Titolo								
6701223	0	175530.2	118924.5	2524788.	0.	0.	23	*
Press - Temp - Titolo								
6701224	0	174302.8	118924.8	2524550.	0.	0.	24	*
Press - Temp - Titolo								
6701225	0	173075.4	118925.1	2524311.	0.	0.	25	*
Press - Temp - Titolo								
6701226	0	171848.	118925.4	2524070.	0.	0.	26	*
Press - Temp - Titolo								
6701227	0	170620.7	118925.7	2523827.	0.	0.	27	*
Press - Temp - Titolo								
6701228	0	169393.3	118926.	2523583.	0.	0.	28	*
Press - Temp - Titolo								
6701229	0	168166.	118926.3	2523338.	0.	0.	29	*
Press - Temp - Titolo								
6701230	0	166938.5	118926.6	2523091.	0.	0.	30	*
Press - Temp - Titolo								
6701231	0	165711.	118926.8	2522843.	0.	0.	31	*
Press - Temp - Titolo								
6701232	0	164483.7	118927.1	2522593.	0.	0.	32	*

Press - Temp - Titolo									
6701233	0	163256.3	118927.4	2522342.	0.	0.	33	*	
Press - Temp - Titolo									
6701234	0	162029.	118927.7	2522089.	0.	0.	34	*	
Press - Temp - Titolo									
6701235	0	160801.5	118928.	2521834.	0.	0.	35	*	
Press - Temp - Titolo									
6701236	0	159574.2	118928.3	2521577.	0.	0.	36	*	
Press - Temp - Titolo									
6701237	0	158346.8	118928.6	2521317.	0.	0.	37	*	
Press - Temp - Titolo									
6701238	0	157119.4	118928.8	2521055.	0.	0.	38	*	
Press - Temp - Titolo									
6701239	0	155892.	118929.1	2520791.	0.	0.	39	*	
Press - Temp - Titolo									
6701240	0	154664.6	118929.4	2520526.	0.	0.	40	*	
Press - Temp - Titolo									
6701241	0	153437.2	118929.7	2520258.	0.	0.	41	*	
Press - Temp - Titolo									
6701242	0	152209.8	118930.	2519990.	0.	0.	42	*	
Press - Temp - Titolo									
6701243	0	150982.4	118930.3	2519719.	0.	0.	43	*	
Press - Temp - Titolo									
6701244	0	149755.	118930.6	2519445.	0.	0.	44	*	
Press - Temp - Titolo									
6701245	0	148527.6	118930.9	2519167.	0.	0.	45	*	
Press - Temp - Titolo									
6701246	0	147300.2	118931.1	2518887.	0.	0.	46	*	
Press - Temp - Titolo									
6701247	0	146072.8	118931.4	2518605.	0.	0.	47	*	
Press - Temp - Titolo									
6701248	0	144845.4	118931.7	2518321.	0.	0.	48	*	
Press - Temp - Titolo									
6701249	0	143618.	118932.	2518035.	0.	0.	49	*	
Press - Temp - Titolo									
6701250	0	142390.6	118932.3	2517747.	0.	0.	50	*	
Press - Temp - Titolo									
6701251	0	141163.2	118932.6	2517456.	0.	0.	51	*	
Press - Temp - Titolo									
6701252	0	139935.8	118932.9	2517164.	0.	0.	52	*	
Press - Temp - Titolo									
6701253	0	138708.4	118933.1	2516870.	0.	0.	53	*	
Press - Temp - Titolo									
6701254	0	137481.	118933.4	2516574.	0.	0.	54	*	
Press - Temp - Titolo									
6701255	0	136253.6	118933.7	2516275.	0.	0.	55	*	
Press - Temp - Titolo									
6701256	0	135026.2	118934.	2515974.	0.	0.	56	*	
Press - Temp - Titolo									
6701257	0	133798.8	118934.3	2515671.	0.	0.	57	*	
Press - Temp - Titolo									
6701258	0	132571.4	118934.6	2515366.	0.	0.	58	*	
Press - Temp - Titolo									
6701259	0	131344.	118934.9	2515058.	0.	0.	59	*	
Press - Temp - Titolo									
6701260	0	130116.6	118935.2	2514748.	0.	0.	60	*	
Press - Temp - Titolo									

6701300	0				
6701301	.788786	1.002822	0.	1	* .4165
6701302	.788787	1.002822	0.	2	* .4165
6701303	.788787	1.002823	0.	3	* .4165
6701304	.788788	1.002824	0.	4	* .4165
6701305	.788788	1.002824	0.	5	* .4165
6701306	.788789	1.002825	0.	6	* .4165
6701307	.788789	1.002825	0.	7	* .4165
6701308	.78879	1.002826	0.	8	* .4165
6701309	.78879	1.002826	0.	9	* .4165
6701310	.78879	1.002827	0.	10	* .4165
6701311	.78879	1.002828	0.	11	* .4165
6701312	.788791	1.002828	0.	12	* .4165
6701313	.788792	1.002829	0.	13	* .4165
6701314	.788792	1.00283	0.	14	* .4165
6701315	.788793	1.00283	0.	15	* .4165
6701316	.788793	1.00283	0.	16	* .4165
6701317	.788793	1.002831	0.	17	* .4165
6701318	.788794	1.002832	0.	18	* .4165
6701319	.788794	1.002832	0.	19	* .4165
6701320	.788795	1.002833	0.	20	* .4165
6701321	.788795	1.002833	0.	21	* .4165
6701322	.788796	1.002834	0.	22	* .4165
6701323	.788796	1.002835	0.	23	* .4165
6701324	.788797	1.002835	0.	24	* .4165
6701325	.788797	1.002836	0.	25	* .4165
6701326	.788797	1.002836	0.	26	* .4165
6701327	.788798	1.002837	0.	27	* .4165
6701328	.788798	1.002837	0.	28	* .4165
6701329	.788799	1.002838	0.	29	* .4165
6701330	.7888	1.002838	0.	30	* .4165
6701331	.7888	1.00284	0.	31	* .4165
6701332	.7888	1.00284	0.	32	* .4165
6701333	.7888	1.00284	0.	33	* .4165
6701334	.788801	1.00284	0.	34	* .4165
6701335	.788801	1.002841	0.	35	* .4165
6701336	.788802	1.002842	0.	36	* .4165
6701337	.788802	1.002843	0.	37	* .4165
6701338	.788803	1.002843	0.	38	* .4165
6701339	.788803	1.002844	0.	39	* .4165
6701340	.788804	1.002844	0.	40	* .4165
6701341	.788804	1.002845	0.	41	* .4165
6701342	.788805	1.002845	0.	42	* .4165
6701343	.788805	1.002846	0.	43	* .4165
6701344	.788805	1.002847	0.	44	* .4165
6701345	.788806	1.002847	0.	45	* .4165
6701346	.788806	1.002848	0.	46	* .4165
6701347	.788807	1.002848	0.	47	* .4165
6701348	.788807	1.002849	0.	48	* .4165
6701349	.788808	1.00285	0.	49	* .4165
6701350	.788808	1.00285	0.	50	* .4165
6701351	.788809	1.00285	0.	51	* .4165
6701352	.788809	1.002851	0.	52	* .4165
6701353	.78881	1.002852	0.	53	* .4165
6701354	.78881	1.002852	0.	54	* .4165
6701355	.78881	1.002853	0.	55	* .4165
6701356	.78881	1.002854	0.	56	* .4165

6701357	.788811	1.002854	0.	57	* .4165
6701358	.788812	1.002855	0.	58	* .4165
6701359	.788812	1.002855	0.	59	* .4165

*-----
 * RITORNO - DIRAMAZIONE PRE ELICHE IN PARALLELO
 *-----

6800000	parall	branch					
6800001	2	0					
6800101	8.0424e-4	5.0	0.			* flow area	
	- volume	length					
6800102	180.	0.0	0.0			* hor angle - ver	
	angle - elev						
6800103	1.0e-7	0.	00			*	
6800200	0	125204.	118936.3	2513472.	0.		
6801101	660600002	680000000	0.0	0.0	0.0	1000	
6802101	670600002	680000000	0.0	0.0	0.0	1000	
6801201	.788812	1.002856	0.	* .4165			
6802201	.788812	1.002856	0.	* .4165			

*-----
 * RITORNO - VALVOLA Vs3.2
 *-----

6900000	vs3.2	valve				
6900101	680010002	720010001	0.0	2.0	0.0	
6900102	0100	1.0	1.0	* no choking		
6900201	0	1.039669	1.039669	0.	* .833	
6900300	trpvlv					
6900301	500					

*-----
 * RITORNO TUBO POST elica L 30.0
 ORIZZONTALE
 *-----

7200000	post-e	pipe			
7200001	10		* n.elementi		
7200101	8.0424e-4		10		* flow
	area				
7200301	3.0		10		*
	volume height				
7200401	0.0		10		*
	volume of node				
7200501	180.0		10		*
	horizontal angle				
7200601	0.0		10		*
	vertical angle				
7200801	5.e-5	0.0	10		*
	roughness - Dh				
7200901	0.0	0.0	9		*
	concentrated loss coef				
7201001	00000		10		*
	volume flag				
7201101	000000		9		*

```

junction flag
7201201 0 122532.7 118937.6 2512752. 0. 0. 1 * Press
- Temp - Titolo
7201202 0 121213.6 118939. 2512391. 0. 0. 2 * Press
- Temp - Titolo
7201203 0 119894.4 118940.3 2512027. 0. 0. 3 * Press
- Temp - Titolo
7201204 0 118575.2 118941.6 2511660. 0. 0. 4 * Press
- Temp - Titolo
7201205 0 117256. 118943. 2511289. 0. 0. 5 * Press
- Temp - Titolo
7201206 0 115937. 118944.3 2510915. 0. 0. 6 * Press
- Temp - Titolo
7201207 0 114617.8 118945.6 2510537. 0. 0. 7 * Press
- Temp - Titolo
7201208 0 113298.6 118947. 2510156. 0. 0. 8 * Press
- Temp - Titolo
7201209 0 111979.5 118948.2 2509771. 0. 0. 9 * Press
- Temp - Titolo
7201210 0 110660.3 118949.6 2509382. 0. 0. 10 * Press
- Temp - Titolo
7201300 0
7201301 1.03967 1.03967 0. 1 *
.833
7201302 1.03967 1.03967 0. 2 *
.833
7201303 1.039671 1.039671 0. 3 *
.833
7201304 1.039672 1.039672 0. 4 *
.833
7201305 1.039673 1.039673 0. 5 *
.833
7201306 1.039673 1.039673 0. 6 *
.833
7201307 1.039674 1.039674 0. 7 *
.833
7201308 1.039675 1.039675 0. 8 *
.833
7201309 1.039676 1.039676 0. 9 *
.833

```

```

*-----
-----

```

```

*                               RITORNO - VALVOLA Vs3.3
*-----
-----

```

```

7300000 vs3.3 valve
7300101 72010002 100010001 0.0 0.0 0.0
7300102 0100 1.0 1.0 * no choking
7300201 0 1.039676 1.039676 0. * .833
7300300 trpvlv
7300301 500
*
*
*****
*****
*****
*****

```

```

*-----
*
*          CIRCUITO REFRIGERANTE
*          volume lato tubi 2,54 l
*          lunghezza attiva 3 m
*-----

```

```

0100000      low-vol      tmdpvol
*          area      lung      vol      horz      vert      delz      rug
hyd flag
0100101      0.0      100.      1.e6      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0 00000      *
0100200      3      * option
*          time      press      Temp.
0100201      0.0      2.5e5      280.15
*
0100202      100.0      2.5e5      280.15
*
*-----

```

```

*          PORTATA ACQUA REFRIGERANTE
*          Ti= 7 °C      (lato primario da 30 a 19 °
C)
*-----

```

```

0200000      low-jun      tmdpjun
*          from vol.      to vol.      jun. area
0200101      010010000      385010001      0.0
*
*          control      flowf      flowg      int.v
0200200      1
0200201      0.0      0.0      0.0      0.
0200202      950. 0.0      0.0      0.
*
0200203      1000. 1.748      0.0      0.
*-----

```

```

*          VOLUME PRE-SCAMBIATORE      L 5.0
ORIZZONTALE
*-----

```

```

3850000      post-e      pipe
3850001      10      *
n.elementi
3850101      0.000845      10      * flow
area
3850301      0.5      10      *
volume height
3850401      0.0      10      *
volume of node
3850501      0.0      10      *
horizontal angle
3850601      0.0      10      *
vertical angle

```



```

0300301  0.3                10                *
volume height
0300401  0.0                10                *
volume of node
0300501  0.0                10                *
horizontal angle
0300601  0.0                10                *
vertical angle
0300801  5.e-5      0.0      10                *
roughness - Dh
0300901  0.0      0.0      9                *
concentrated loss coef
0301001  00000      10                *
volume flag
0301101  000000      9                *
junction flag
0301201  0      120741.8 32864.1 2512261. 0. 0. 1 * Press
- Tempe - Titolo
0301202  0      120244.7 35892.5 2512124. 0. 0. 2 * Press
- Tempe - Titolo
0301203  0      119748.7 38550.9 2511986. 0. 0. 3 * Press
- Tempe - Titolo
0301204  0      119253.5 40886.4 2511849. 0. 0. 4 * Press
- Tempe - Titolo
0301205  0      118759.2 42939.6 2511711. 0. 0. 5 * Press
- Tempe - Titolo
0301206  0      118265.5 44746.  2511573. 0. 0. 6 * Press
- Tempe - Titolo
0301207  0      117772.4 46336.1 2511434. 0. 0. 7 * Press
- Tempe - Titolo
0301208  0      117279.8 47736.8 2511296. 0. 0. 8 * Press
- Tempe - Titolo
0301209  0      116787.7 48971.3 2511156. 0. 0. 9 * Press
- Tempe - Titolo
0301210  0      116296.  50059.9 2511017. 0. 0. 10 * Press
- Tempe - Titolo
0301300  0
0301301  2.068746 2.068746 0.  1 * 1.748
0301302  2.06883 2.06883 0.  2 * 1.748
0301303  2.068917 2.068917 0.  3 * 1.748
0301304  2.069004 2.069004 0.  4 * 1.748
0301305  2.069087 2.069087 0.  5 * 1.748
0301306  2.069167 2.069167 0.  6 * 1.748
0301307  2.06924 2.06924 0.  7 * 1.748
0301308  2.06931 2.06931 0.  8 * 1.748
0301309  2.069374 2.069374 0.  9 * 1.748
*-----

```

```

*
*                               SCARICO
*-----

```

```

-----
0400000  j040      sngljun
0400101  030100002 585010001  0.0  0.0  0.0  01000
0400201  0      2.06943 2.06943 0. * 1.748
*-----

```

```

*-----

```



```

-----
*                               VOLUME POST SCAMBIATORE   L 5.0
ORIZZONTALE
*-----
-----
5850000  post-e   pipe
5850001  10
n.elementi
5850101  0.000845      10      * flow
area
5850301  0.5           10      *
volume height
5850401  0.0           10      *
volume of node
5850501  0.0           10      *
horizontal angle
5850601  0.0           10      *
vertical angle
5850801  5.e-5      0.0      10      *
roughness - Dh
5850901  0.0      0.0      9      *
concentrated loss coef
5851001  00000      10      *
volume flag
5851101  000000      9      *
junction flag
5851201  0      115640.6  50060.7  2510830.  0.  0.  1  * Press
- Tempe - Titolo
5851202  0      114821.6  50061.5  2510596.  0.  0.  2  * Press
- Tempe - Titolo
5851203  0      114002.5  50062.3  2510360.  0.  0.  3  * Press
- Tempe - Titolo
5851204  0      113183.4  50063.1  2510122.  0.  0.  4  * Press
- Tempe - Titolo
5851205  0      112364.4  50064.  2509884.  0.  0.  5  * Press
- Tempe - Titolo
5851206  0      111545.3  50064.8  2509644.  0.  0.  6  * Press
- Tempe - Titolo
5851207  0      110726.3  50065.6  2509402.  0.  0.  7  * Press
- Tempe - Titolo
5851208  0      109907.2  50066.4  2509159.  0.  0.  8  * Press
- Tempe - Titolo
5851209  0      109088.1  50067.2  2508914.  0.  0.  9  * Press
- Tempe - Titolo
5851210  0      108269.  50068.  2508668.  0.  0.  10 * Press
- Tempe - Titolo
5851300  0
5851301  2.069433  2.069433  0.  1      * 1.748
5851302  2.069433  2.069433  0.  2      * 1.748
5851303  2.069434  2.069434  0.  3      * 1.748
5851304  2.069435  2.069435  0.  4      * 1.748
5851305  2.069436  2.069436  0.  5      * 1.748
5851306  2.069437  2.069437  0.  6      * 1.748
5851307  2.069438  2.069438  0.  7      * 1.748
5851308  2.06944  2.06944  0.  8      * 1.748
5851309  2.06944  2.06944  0.  9      * 1.748
*-----

```

 * GIUNZIONE 45-50
 *-----

 0460000 j046 sngljun
 0460101 585100002 050000000 0.0 0.0 0.0 01000
 0460201 0 2.06944 2.06944 0. * 1.748
 *-----

 *-----

* SCARICO ACQUA
 *-----

 0500000 low-vol tmdpvol
 * area lung vol horz vert delz rug
 hyd flag
 0500101 0.0 100. 1.e6 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 00000 *
 0500200 4 * option
 * time press Temp.
 *
 0500201 0.0 1.1e5 285.15 0.0
 *
 0500202 100.0 1.1e5 285.15 .0
 *
 *-----

 * STRUTTURA TERMICA SCAMBIATORE
 *
 * superficie di scambio Fondo (0,0013 m^2)
 *-----

 * HX SECONDARIO
 10301000 10 4 2 0 0.01608
 10301100 0 2
 10301101 0.00033 3
 10301201 001 3
 10301301 0. 3
 10301400 0
 10301401 280.15 4
 10301501 030010000 10000 1 1 1.5 10
 10301601 280010000 10000 1 1 1.5 10
 *
 10301701 0 0.0 0.0 0.0 10
 10301801 0. 100. 100. 0. 0. 0. 0. 1.
 10
 10301901 0. 100. 100. 0. 0. 0. 0. 1.
 10

*
 *

* target power (600)

```

*****
*
20510800  TARGPW      sum      1.  2.7+4  1
20510801      0.  1.      q      600010000
20510802      1.      q      600020000
20510803      1.      q      600030000
20510804      1.      q      600040000
20510805      1.      q      600050000
20510806      1.      q      600060000
20510807      1.      q      600070000
20510808      1.      q      600080000
20510809      1.      q      600090000
20510810      1.      q      600100000
*
*****
*****
*   target strum (604)
*****
*****
*
20510900  STRUMPW      sum      1.  9.+3  1
20510901      0.  1.      q      604010000
20510902      1.      q      604020000
20510903      1.      q      604030000
20510904      1.      q      604040000
20510905      1.      q      604050000
20510906      1.      q      604060000
20510907      1.      q      604070000
20510908      1.      q      604080000
20510909      1.      q      604090000
20510910      1.      q      604100000
*
*
***** Cadute di pressione DP19 *****
20519000  Ptot      sum      1.  3.6+4  0
20519001      0.  1.      cntrlvar 108
20519002      1.      cntrlvar 109
*****
*****
*   P secondario (280)
*****
*****
*
20511000  Ptotsec      sum      1.  -36084.64  1
20511001      0.  1.      q      280010000
20511002      1.      q      280020000
20511003      1.      q      280030000
20511004      1.      q      280040000
20511005      1.      q      280050000
20511006      1.      q      280060000
20511007      1.      q      280070000
20511008      1.      q      280080000
20511009      1.      q      280090000
20511010      1.      q      280100000
*****
*****
***** netto di potenza *****
20519500  Ptot      sum      1.  1.  0

```

```

20519501      0. 1.  cntrlvar 190
20519502      -1.   cntrlvar 110
*****
*****
*****
*
*           TABELLE DEI MATERIALI
*****
*
*****
*
*           AISI 316
*****
*
20100100      tbl/fctn      1      1      * s-steel
*
*****-conductivity (W/m/K)*****
*
20100101           3.      13.32
20100102          343.     13.32
20100103          373.     13.67
20100104          423.     14.18
20100105          473.     14.54
20100106          523.     15.07
20100107          573.     15.56
20100108          623.     15.91
20100109          673.     16.44
20100110          723.     16.93
20100111          773.     17.30
20100112          823.     17.82
20100113          873.     18.17
20100114          923.     18.51
20100115          973.     19.03
20100116         1023.     19.38
20100117         1073.     19.89
20100118         1123.     20.24
20100119         1173.     20.76
20100120         1223.     21.11
20100121         1273.     21.45
20100122         1323.     21.97
20100123         1373.     22.32
20100124         1423.     22.66
20100125         1473.     23.01
20100126         1523.     23.53
20100127         1573.     23.88
20100128         1623.     24.22
20100129         1673.     24.56
20100130         1723.     24.91
20100131         1773.     25.26
*
*****-heat capacity (j/m3/k)*****
*
20100151           3.      3.850e6
20100152          343.     3.850e6
20100153          373.     3.890e6
20100154          423.     3.980e6
20100155          473.     3.990e6
20100156          523.     4.070e6
20100157          573.     4.161e6

```

20100158	623.	4.168e6
20100160	673.	4.210e6
20100161	723.	4.294e6
20100162	773.	4.298e6
20100163	823.	4.343e6
20100164	873.	4.345e6
20100165	923.	4.370e6
20100166	973.	4.416e6
20100167	1023.	4.417e6
20100168	1073.	4.457e6
20100169	1123.	4.457e6
20100170	1173.	4.520e6
20100171	1223.	4.519e6
20100172	1273.	4.518e6
20100173	1323.	4.578e6
20100174	1373.	4.576e6
20100175	1423.	4.598e6
20100176	1473.	4.597e6
20100177	1523.	4.650e6
20100178	1573.	4.649e6
20100179	1623.	4.670e6
20100180	1673.	4.690e6
20100181	1723.	4.680e6
20100182	1773.	4.700e6

.

APPENDICE A.3**SCHEDE DELL'ANALISI FMECA**

Alimentatore del target heating system.....	107
Alimentatore della piattaforma HV.....	108
Connettore a geometria cilindrica ion-source.....	109
Connettore a geometria prismoidale target block.....	109
Quadrupoli.....	110
Steerers.....	111
Motore pneumatico dell'elettrodo estrattore.....	111
Trasduttore di posizione dell'elettrodo estrattore.....	112
Termocoppia dumper.....	113
Regolatore di temperatura termocoppia.....	116
Strumento di misura I.2.....	118
Strumento di misura I.3.....	120
Testa di misura FV2.....	123
Testa di misura FV3.....	127
Testa di misura HV2.....	137
Pompa RP2.....	145
Pompa TP2.....	153
Valvola V0 PPB.....	159
Valvola V0 RIB.....	164
Vacuometro.....	171
Valvola V.....	173
Valvola VB.....	185
Valvola VF.....	190
Valvola VM.....	198
Valvola VR.....	200
Valvola VS.....	209
Valvola VW1.....	214
Flussimetro acqua circuito refrigerazione pompe.....	218
Filtro di rientro.....	220

Regolatore di flusso linea di venting.....	221
Filtro di scarico.....	222

N° SCHEDA	ST_TB400A - 2	Gen. Index	245
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Alimentatore del blocco target											
Descrizione	modello GENESYS "GEN10-330"											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Alimentazione del target heating system		Mancato apporto termico al blocco target	Impossibilità di passare alla fase Beam ON	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		2,03E-01	2	3	2	12

N° SCHEDA	ST_TB400A - 3	Gen. Index	186
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Alimentatore del blocco target											
Descrizione	modello GENESYS "GEN10-330"											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Alimentazione del target heating system		Mancato apporto termico al blocco target	Riduzione della qualità del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)		2,03E-01	2	5	2	20

N° SCHEDA	ST_FE250A - 1	Gen. Index	218
Sistema	Front End sezione rimovibile		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Alimentatore della piattaforma HV											
Descrizione	Mantiene in tensione il sistema target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	In funzione		Piattaforma non in tensione	Mancata produzione del fascio di Ioni radioattivi	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC)		8,33E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_FE250A - 2	Gen. Index	238
Sistema	Front End sezione rimovibile		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Alimentatore della piattaforma HV											
Descrizione	Mantiene in tensione il sistema target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	In funzione		Piattaforma non in tensione	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		8,33E-02	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_CR200A - 2	Gen. Index	178
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Connettore a geometria cilindrica										
Descrizione		Collegamento elettrico di potenza per pinza sorgente ionica										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Componente attraversato da corrente		Possibile fuoriuscita di acqua di refrigerazione	Mancata alimentazione della sorgente ionica, possibile formazione di idrogeno per termolisi dell'acqua e reazioni con grafite, riduzione o mancata produzione del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC AND Strumenti di misura nella linea.	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		1,13E-05	1	9	4	36

N° SCHEDA	ST_CR400A - 1	Gen. Index	183
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Connettore a geometria prismoidale 1										
Descrizione		Connettore a geometria prismoidale										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Componente attraversato da corrente		Possibile fuoriuscita dell'acqua di refrigerazione	Mancato apporto termico al blocco target, possibile formazione di idrogeno per termolisi dell'acqua e reazioni con grafite, possibile perdita o riduzione della qualità del fascio	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC AND Strumenti di misura nella linea.	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		5,20E-04	1	9	4	36

N° SCHEDA	ST_CR400A - 2	Gen. Index	243
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Connettore a geometria prismoidale 1											
Descrizione	Collegamento elettrico di potenza per pinza target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Componente attraversato da corrente		Possibile fuoriuscita dell'acqua di refrigerazione	Mancato apporto termico al blocco target, possibile formazione di idrogeno per termolisi dell'acqua e reazioni con grafite	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC AND Strumenti di misura nella linea.	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		5,20E-04	1	9	4	36

N° SCHEDA	ST_FE230 - 1	Gen. Index	215
Sistema	Sistema di estrazione		
Descrizione del sistema	l'elettrodo viene movimentato dal sistema ST_FE 23		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Motore pneumatico dell'elettrodo d'estrazione											
Descrizione	permette la movimentazione dell'elettrodo di estrazione											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Avvicinamento dell'elettrodo all'ion source		Mancata estrazione del fascio di ioni	Mancata produzione del fascio secondario	Trasduttore di posizione dell'elettrodo	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	Ci si riferisce all'inizio della fase Beam ON quando l'elettrodo viene avvicinato alla ion source	3,25E-02	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_FE230 - 2	Gen. Index	250
Sistema	Sistema di estrazione		
Descrizione del sistema	l'elettrodo viene movimentato dal sistema ST_FE 23		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Motore pneumatico dell'elettrodo d'estrazione											
Descrizione	permette la movimentazione dell'elettrodo di estrazione											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Allontanamento dell'elettrodo dall'ion source		L'elettrodo estrattore rimane bloccato in posizione avanzata e lo shutter non può essere chiuso	Impossibilità di chiudere la VO-RIB e quindi di estrarre la camera target	Trasduttore di posizione dell'elettrodo	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		3,25E-02	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_FE230A - 2	Gen. Index	438
Sistema	Sistema di estrazione		
Descrizione del sistema	l'elettrodo viene movimentato dal sistema ST_FE 23		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Trasduttore di posizione dell'elettrodo estrattore											
Descrizione	model "GENGE & THOMA", HP13 10 kohm, 125 mm											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Misurazione della posizione dell'elettrodo		Impossibile stabilire la posizione dell'elettrodo con possibile danneggiamento dello stesso e possibile blocco della VO-RIB	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Allarme visivo (interfaccia HMI del safety PLC)	All'inizio della fase di Beam OFF l'elettrodo deve essere allontanato dall'ion source prima che la valvola VO-RIB venga chiusa, è dunque necessario conoscerne la posizione.	3,31E-03	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_FE230A - 3	Gen. Index	185
Sistema	Sistema di estrazione		
Descrizione del sistema	l'elettrodo viene movimentato dal sistema ST_FE 23		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Trasduttore di posizione dell'elettrodo estrattore											
Descrizione	model "GENGE & THOMA", HP13 10 kohm, 125 mm											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Misurazione della posizione dell'elettrodo		Possibile errato posizionamento dell'elettrodo	L'estrazione degli ioni potrebbe avvenire non correttamente con conseguente riduzione della qualità del fascio	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,31E-03	1	4	3	12

N° SCHEDA	ST_FE120 - 2	Gen. Index	217
Sistema	Canale fascio secondario		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	quadrupoli focalizzazione fascio secondario											
Descrizione	Modificano elettrostaticamente la forma del fascio di ioni. Vengono alimentati dall' Ultravolt 4kV power supply											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Beam ON		Mancata focalizzazione del fascio secondario	Perdita o riduzione della qualità del fascio di ioni prodotto	Strumenti di diagnostica del fascio secondario	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	La rilevazione diretta della qualità del fascio (tramite intercettazione dello stesso) avverrà nella prima fase di produzione. Successivamente i metodi di diagnostica del fascio secondario dipenderanno dal tipo di esperimento svolto.	2,36E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_FE220B - 2	Gen. Index	209
Sistema	Sistema di estrazione		
Descrizione del sistema	l'elettrodo viene movimentato dal sistema ST_FE 23		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Steerers											
Descrizione	Corregge elettrostaticamente la traiettoria del raggio di ioni											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Componente in tensione		Mancata correzione della traiettoria del fascio secondario	Perdita o riduzione della qualità del fascio secondario	Strumenti di diagnostica del fascio secondario	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	La rilevazione diretta della qualità del fascio (tramite intercettazione dello stesso) avverrà nella prima fase di produzione. Successivamente i metodi di diagnostica del fascio secondario dipenderanno dal tipo di esperimento svolto.	2,36E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_TB101C - 1	Gen. Index	434
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Regolatore di temperatura termocoppia											
Descrizione	Modello "Eurotherm 2216e". Viene utilizzato per acquisire il segnale delle termocoppie del blocco target e inviare il segnale al sistema microIOC.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	In funzione		Nessuno	Mancato controllo della temperatura del blocco target e conseguente possibilità di danneggiamento di quest'ultimo	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe		1,92E-03	1	6	2	12

N° SCHEDA	ST_TB101C - 2	Gen. Index	435
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Regolatore di temperatura termocoppia										
Descrizione		Modello "Eurotherm 2216e". Viene utilizzato per acquisire il segnale delle termocoppie del blocco target e inviare il segnale al sistema microIOC.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	In funzione		Nessuno	Mancato controllo della temperatura del blocco target e conseguente possibilità di danneggiamento AND Possibile riduzione della qualità del fascio	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe		1,92E-03	1	6	2	12

N° SCHEDA	ST_TB101C - 3	Gen. Index	436
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Regolatore di temperatura termocoppia										
Descrizione		Modello "Eurotherm 2216e". Viene utilizzato per acquisire il segnale delle termocoppie del blocco target e inviare il segnale al sistema microIOC.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	In funzione		Nessuno	Mancato controllo della temperatura del blocco target AND Impossibilità di passare alla fase di Venting	Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe	Non si riscontrano effetti sull'impianto in quanto, in questa fase operativa, il fascio primario è assente ed il sistema di riscaldamento del target viene spento.	1,92E-03	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_TB100C - 1	Gen. Index	188
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Termocoppia dumper										
Descrizione		Rileva la temperatura nel dumper del blocco target										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Assenza di misura	Beam ON		Impossibile stabilire la temperatura del dumper	Impossibile stabilire l'integrità dei dischi d'uranio del target e retroazionare il sistema di riscaldamento	Termocoppia ridondante AND Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	Nonostante sia presente una seconda termocoppia ridondante, si è trattato il componente in maniera indipendente (ipotesi conservativa)	5,00E-02	1	7	2	14

N° SCHEDA	ST_TB100C - 2	Gen. Index	189
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Termocoppia dumper										
Descrizione		Rileva la temperatura nel dumper del blocco target										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura	Beam ON		Misura errata della temperatura del dumper	Impossibile stabilire l'integrità dei dischi d'uranio del target ed errata retroazione del sistema di riscaldamento con possibili danneggiamenti	Termocoppia ridondante AND Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	Detection=4 poiché il PLC non può individuare quale dei due segnali provenienti dalle termocoppie è quello corretto	2,50E-02	1	7	4	28

N° SCHEDA	ST_TB100C - 3	Gen. Index	246
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Termocoppia dumper										
Descrizione		Rileva la temperatura nel dumper del blocco target										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura	In funzione		Misura errata della temperatura del dumper	Errata retroazione del sistema di riscaldamento del target con possibili danneggiamenti	Termocoppia ridondante AND Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	Detection=4 poiché il PLC non può individuare quale dei due segnali provenienti dalle termocoppie è quello corretto	2,50E-02	1	7	4	28

N° SCHEDA	ST_TB100C - 4	Gen. Index	247
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Termocoppia dumper										
Descrizione		Rileva la temperatura nel dumper del blocco target										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Assenza di misura	In funzione		Impossibilità di stabilire la temperatura del dumper	Impossibilità di retroazionare il sistema di riscaldamento del target	Termocoppia ridondante AND Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	Nonostante sia presente una seconda termocoppia ridondante, si è trattato il componente in maniera indipendente (ipotesi conservativa)	5,00E-02	1	7	2	14

N° SCHEDA	ST_TB100C - 5	Gen. Index	248
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Termocoppia dumper											
Descrizione	Rileva la temperatura nel dumper del blocco target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Assenza di misura	In funzione		Impossibilità di stabilire la temperatura del dumper	Impossibilità di passare alla fase di Venting	Termocoppia ridondante AND Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Nessuna	In questa fase operativa il sistema di riscaldamento del target è spento o in un transitorio di spegnimento ed il fascio primario è assente, per questo si possono escludere effetti sull'impianto.	5,00E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_TB100C - 6	Gen. Index	249
Sistema	Blocco Target (Target block)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Termocoppia dumper											
Descrizione	Rileva la temperatura nel dumper del blocco target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura	In funzione		Misura errata della temperatura del dumper	Impossibilità di passare alla fase di Venting	Termocoppia ridondante AND Processo di diagnostica (Real Time) del Safety PLC	Nessuna	Detection=4 poiché il PLC non può individuare quale dei due segnali provenienti dalle termocoppie è quello corretto	2,50E-02	1	4	4	16

N° SCHEDA	ST_VS420 - 1	Gen. Index	281
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.2 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller delle teste di misura FV.2 e HV.2. Comunica al PLC, tramite segnali digitali, il raggiungimento delle soglie di vuoto settate nelle teste.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto all'interno del canale. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS420 - 2	Gen. Index	397
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.2 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller delle teste di misura FV.2 e HV.2. Comunica al PLC, tramite segnali digitali, il raggiungimento delle soglie di vuoto settate nelle teste.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibilità di stabilire quale sia il valore di pressione all'aspirazione della turbopompa. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS420 - 3	Gen. Index	398
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.2 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller delle teste di misura FV.2 e HV.2. Comunica al PLC, tramite segnali digitali, il raggiungimento delle soglie di vuoto settate nelle teste.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire quale sia il valore di pressione all'interno del canale. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS420 - 4	Gen. Index	399
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.2 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller delle teste di misura FV.2 e HV.2. Comunica al PLC, tramite segnali digitali, il raggiungimento delle soglie di vuoto settate nelle teste.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire quale sia il valore di pressione all'interno del canale. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS420 - 5	Gen. Index	400
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.2 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller delle teste di misura FV.2 e HV.2. Comunica al PLC, tramite segnali digitali, il raggiungimento delle soglie di vuoto settate nelle teste.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire quale sia il valore di pressione all'interno del canale. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS410 - 1	Gen. Index	276
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.3 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller della testa di misura FV.3. Comunica al PLC, tramite un segnale digitale, il raggiungimento della soglia di vuoto settata nella testa.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa.	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS410 - 2	Gen. Index	377
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.3 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller della testa di misura FV.3. Comunica al PLC, tramite un segnale digitale, il raggiungimento della soglia di vuoto settata nella testa.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Impossibile stabilire se persistono le corrette condizioni di pressione alla mandata della turbopompa	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS410 - 3	Gen. Index	378
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.3 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller della testa di misura FV.3. Comunica al PLC, tramite un segnale digitale, il raggiungimento della soglia di vuoto settata nella testa.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa.	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS410 - 4	Gen. Index	379
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.3 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller della testa di misura FV.3. Comunica al PLC, tramite un segnale digitale, il raggiungimento della soglia di vuoto settata nella testa.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa.	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS410 - 5	Gen. Index	380
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Strumento di misura I.3 (TPG 300, Balzers)											
Descrizione	Controller della testa di misura FV.3. Comunica al PLC, tramite un segnale digitale, il raggiungimento della soglia di vuoto settata nella testa.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	Alimentato		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa.	4,73E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS421 - 1	Gen. Index	282
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino di pressione all'interno del canale con possibile danneggiamento di entrambe le turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	Non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto (il dispositivo FV.2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS421 - 2	Gen. Index	401
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto (il dispositivo FV.2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	3	4	12

N° SCHEDA	ST_VS421 - 3	Gen. Index	402
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.2										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	Non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto (il dispositivo FV.2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS421 - 4	Gen. Index	403
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.2										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe e perdita del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	Non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto (il dispositivo FV.2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS421 - 5	Gen. Index	404
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.2										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	Non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto (il dispositivo FV.2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS421 - 6	Gen. Index	453
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.2										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I3 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto all'aspirazione della turbopompa. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS421 - 7	Gen. Index	454
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Nessuno	La turbopompa viene avviata quando ancora non è stata raggiunta la pressione di progetto con conseguente possibile danneggiamento	Strumenti di misura del grado di vuoto AND Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto non è facilmente localizzabile: al PLC arrivano due segnali diversi dalle teste di misura FV2 ed FV3 ma non può stabilire quale dei due è quello corretto, deve intervenire l'operatore tramite un confronto col valore restituito dal vacuometro.	6,08E-03	1	4	8	32

N° SCHEDA	ST_VS421 - 8	Gen. Index	455
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Nessuno	Ritardo o mancato avvio della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto AND Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto non è facilmente localizzabile: al PLC arrivano due segnali diversi dalle teste di misura FV2 ed FV3 ma non può stabilire quale dei due è quello corretto, deve intervenire l'operatore tramite un confronto col valore restituito dal vacuometro.	6,08E-03	1	2	8	16

N° SCHEDA	ST_VS411 - 1	Gen. Index	277
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I3 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS411 - 10	Gen. Index	386
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I3 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS411 - 11	Gen. Index	387
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I3 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	6,08E-03	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS411 - 12	Gen. Index	388
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I3 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS411 - 13	Gen. Index	389
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Nessuno	Ritardo o mancato avvio della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto non è facilmente localizzabile: al PLC arrivano due segnali diversi dalle teste di misura FV2 ed FV3 ma non può stabilire quale dei due è quello corretto, deve intervenire l'operatore tramite un confronto col valore restituito dal vacuometro.	6,08E-03	1	2	8	16

N° SCHEDA	ST_VS411 - 14	Gen. Index	390
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Possibile abbassamento della pressione alla mandata della turbopompa (per un incremento di velocità della RP2)	Nessuno	Nessun processo automatizzato	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Nell'ipotesi di piccolo scostamento dal valore reale di pressione, il sistema non rivelerà il guasto, l'unico effetto sarà che la RP2 lavorerà ad un regime più spinto.	6,08E-03	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS411 - 15	Gen. Index	391
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Possibile abbassamento della pressione alla mandata della turbopompa (per un incremento di velocità della RP2)	Nessuno	Nessun processo automatizzato	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Nell'ipotesi di piccolo scostamento dal valore reale di pressione, il sistema non rivelerà il guasto, l'unico effetto sarà che la RP2 lavorerà ad un regime più spinto.	6,08E-03	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS411 - 16	Gen. Index	392
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Possibile abbassamento della pressione alla mandata della turbopompa (per un incremento di velocità della RP2)	Nessuno	Nessun processo automatizzato	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Nell'ipotesi di piccolo scostamento dal valore reale di pressione, il sistema non rivelerà il guasto, l'unico effetto sarà che la RP2 lavorerà ad un regime più spinto.	6,08E-03	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS411 - 17	Gen. Index	393
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Nessuno	La turbopompa viene avviata quando ancora non è stata raggiunta la pressione di progetto con conseguente possibile danneggiamento	Strumenti di misura del grado di vuoto AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto non è facilmente localizzabile: al PLC arrivano due segnali diversi dalle teste di misura FV2 ed FV3 ma non può stabilire quale dei due è quello corretto, deve intervenire l'operatore tramite un confronto col valore restituito dal vacuometro.	6,08E-03	1	4	8	32

N° SCHEDA	ST_VS411 - 18	Gen. Index	394
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Innalzamento della pressione alla mandata della turbopompa (per un rallentamento della RP2)	Possibile danneggiamento della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto viene rivelato solo quando, all'interno del canale, il misuratore HV2 registrerà una variazione della pressione.	6,08E-03	1	4	8	32

N° SCHEDA	ST_VS411 - 19	Gen. Index	395
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Innalzamento della pressione alla mandata della turbopompa (per un rallentamento della RP2)	Possibile danneggiamento della turbopompa e possibile riduzione della qualità del fascio	Strumento di misura del grado di vuoto HV2	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto viene rivelato solo quando, all'interno del canale, il misuratore HV2 registrerà una variazione della pressione.	6,08E-03	1	4	8	32

N° SCHEDA	ST_VS411 - 2	Gen. Index	278
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Possibile abbassamento della pressione alla mandata della turbopompa	Nessuno	Nessun processo automatizzato	Arresto delle operazioni di vuoto	Il guasto è difficilmente rilevabile in quanto non comporta effetti sul sistema sebbene è da notare che la pompa RP2 lavorerà a numero di giri più elevato.	6,08E-03	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS411 - 20	Gen. Index	396
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Innalzamento della pressione alla mandata della turbopompa (per un rallentamento della RP2)	Possibile danneggiamento della turbopompa	Strumento di misura del grado di vuoto HV2	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto viene rivelato solo quando, all'interno del canale, il misuratore HV2 registrerà una variazione della pressione.	6,08E-03	1	4	8	32

N° SCHEDA	ST_VS411 - 3	Gen. Index	279
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Innalzamento della pressione alla mandata della turbopompa (per un rallentamento della RP2)	Possibile danneggiamento della turbopompa	Strumento di misura del grado di vuoto HV2	Arresto delle operazioni di vuoto	Il guasto viene rivelato solo quando, all'interno del canale, il misuratore HV2 registrerà una variazione della pressione.	6,08E-03	1	4	8	32

N° SCHEDA	ST_VS411 - 4	Gen. Index	280
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.3										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento del valore di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	6,00E-03	1	5	4	20

N° SCHEDA	ST_VS411 - 5	Gen. Index	381
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.3										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	6,00E-03	1	3	4	12

N° SCHEDA	ST_VS411 - 6	Gen. Index	382
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.3										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione e possibile danneggiamento della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand"). Le perdite esterne nell'omologo componente della linea di BackUp non comportano effetti sull'impianto (valvole V, VS e VF chiuse).	6,00E-03	1	5	4	20

N° SCHEDA	ST_VS411 - 7	Gen. Index	383
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Testa di misura FV.3										
Descrizione		Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione con possibile danneggiamento della turbopompa e possibile riduzione della qualità del fascio	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand"). Le perdite esterne nell'omologo componente della linea di BackUp non comportano effetti sull'impianto (valvole V, VS e VF chiuse).	6,00E-03	1	5	4	20

N° SCHEDA	ST_VS411 - 8	Gen. Index	384
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione con possibile danneggiamento della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand"). Le perdite esterne nell'omologo componente della linea di Backup non comportano effetti sull'impianto (valvole V, VS e VF chiuse).	6,00E-03	1	5	4	20

N° SCHEDA	ST_VS411 - 9	Gen. Index	385
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura FV.3											
Descrizione	Strumento di rilevazione di vuoto preliminare; permette il controllo dei valori di pressione nell'ambiente di mandata della turbopompa. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.3.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I3 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto alla mandata della turbopompa. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS422 - 1	Gen. Index	283
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I2 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto all'interno del canale.	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS422 - 10	Gen. Index	411
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I2 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire quale sia il valore di pressione all'interno del canale.	6,08E-03	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS422 - 11	Gen. Index	412
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I2 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto all'interno del canale.	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS422 - 12	Gen. Index	413
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Nessuno	Possibile abbassamento della pressione nel canale (per un aumento del numero di giri della turbopompa)	Nessun processo automatizzato	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto è rilevabile solo tramite confronto diretto, da parte dell'operatore, del valore di pressione indicato sul display del vacuometro	6,08E-03	1	2	8	16

N° SCHEDA	ST_VS422 - 13	Gen. Index	414
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Nessuno	Possibile abbassamento della pressione nel canale (per un aumento del numero di giri della turbopompa)	Nessun processo automatizzato	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto è rilevabile solo tramite confronto diretto, da parte dell'operatore, del valore di pressione indicato sul display del vacuometro.	6,08E-03	1	2	8	16

N° SCHEDA	ST_VS422 - 14	Gen. Index	415
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Nessuno	Possibile abbassamento della pressione nel canale (per un aumento del numero di giri della turbopompa)	Nessun processo automatizzato	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il guasto è rilevabile solo tramite confronto diretto, da parte dell'operatore, del valore di pressione indicato sul display del vacuometro.	6,08E-03	1	2	8	16

N° SCHEDA	ST_VS422 - 15	Gen. Index	416
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Nessuno	Innalzamento della pressione nel canale (per effetto del rallentamento della turbopompa)	Nessun processo automatizzato	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe	Il guasto è rilevabile solo tramite confronto diretto, da parte dell'operatore, del valore di pressione indicato sul display del vacuometro.	6,08E-03	1	3	8	24

N° SCHEDA	ST_VS422 - 16	Gen. Index	417
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Nessuno	Innalzamento della pressione nel canale (per effetto del rallentamento della turbopompa) con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Nessun processo automatizzato	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe	Il guasto è rilevabile solo tramite confronto diretto, da parte dell'operatore, del valore di pressione indicato sul display del vacuometro.	6,08E-03	1	4	8	32

N° SCHEDA	ST_VS422 - 17	Gen. Index	418
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Nessuno	Innalzamento della pressione nel canale (per effetto del rallentamento della turbopompa)	Nessun processo automatizzato	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto è rilevabile solo tramite confronto diretto, da parte dell'operatore, del valore di pressione indicato sul display del vacuometro.	6,08E-03	1	3	8	24

N° SCHEDA	ST_VS422 - 2	Gen. Index	284
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in più)	In funzione		Nessuno	Possibile abbassamento della pressione all'interno del canale (per effetto di un aumento del numero di giri della turbopompa)	Nessun processo automatizzato	Arresto delle operazioni di vuoto	L'operatore, per rivelare in guasto, dovrebbe confrontare il valore rilasciato dal misuratore con quello indicato dal vacuometro.	6,08E-03	1	2	8	16

N° SCHEDA	ST_VS422 - 3	Gen. Index	285
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Errata misura della grandezza in oggetto (in meno)	In funzione		Nessuno	Innalzamento della pressione nel canale (per effetto del rallentamento della turbopompa)	Nessun processo automatizzato	Arresto delle operazioni di vuoto	Il guasto può essere rivelato solo tramite confronto col valore di pressione indicato sul display del vacuometro	6,08E-03	1	3	8	24

N° SCHEDA	ST_VS422 - 4	Gen. Index	286
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Non sarà possibile ripristinare le operazioni di vuoto con la linea di backup ne individuare rapidamente il componente interessato dal guasto (il dispositivo HV2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS422 - 5	Gen. Index	406
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne		Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Non sarà possibile ripristinare le operazioni di vuoto con la linea di backup ne individuare rapidamente il componente interessato dal guasto (il dispositivo HV2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	3	4	12

N° SCHEDA	ST_VS422 - 6	Gen. Index	407
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne		Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Non sarà possibile ripristinare le operazioni di vuoto con la linea di backup ne individuare rapidamente il componente interessato dal guasto (il dispositivo HV2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS422 - 7	Gen. Index	408
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne		Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe e possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (il Safety PLC disattiva il fascio primario, sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Non sarà possibile ripristinare le operazioni di vuoto con la linea di backup ne individuare rapidamente il componente interessato dal guasto (il dispositivo HV2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS422 - 8	Gen. Index	409
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Non sarà possibile ripristinare le operazioni di vuoto con la linea di backup ne individuare rapidamente il componente interessato dal guasto (il dispositivo HV2 non è isolabile dalla CCR).	6,00E-03	1	6	4	24

N° SCHEDA	ST_VS422 - 9	Gen. Index	410
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Testa di misura HV.2											
Descrizione	Strumento di rilevazione di alto vuoto; permette il controllo dei valori di pressione nella Camera del Canale. Il segnale è inviato al PLC tramite il controller I.2.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	Nessuno	Controller I2 AND Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Impossibile stabilire lo stato del vuoto all'interno del canale.	6,08E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS220 - 1	Gen. Index	255
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard running	Guasto di natura meccanica	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	È stata trascurata l'ipotesi migliorativa relativa alla causa "Guasto di natura elettrica" (Met. Rilevazione: Strumenti di misura del grado di vuoto AND Autodiagnostica del Componente; Detection = 3).	1,31E-01	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS220 - 10	Gen. Index	298
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafilamenti	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La fuoriuscita di elementi radioattivi è possibile qualora il guasto si verifichi alla mandata della pompa RP2, dove possono verificarsi condizioni di sovrappressione tali da consentire il rilascio.	4,38E-02	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS220 - 11	Gen. Index	456
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafilamenti	Nessuno	Possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Nessuno	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La fuoriuscita di elementi radioattivi è possibile qualora il guasto si verifichi alla mandata della pompa RP2, dove possono verificarsi condizioni di sovrappressione tali da consentire il rilascio.	4,38E-02	1	8	9	72

N° SCHEDA	ST_VS220 - 12	Gen. Index	457
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)										
Descrizione		Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafileamenti	Nessuno	Possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Nessuno	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	La fuoriuscita di elementi radioattivi è possibile qualora il guasto si verifici alla mandata della pompa RP2, dove possono verificarsi condizioni di sovrappressione tali da consentirne il rilascio.	4,38E-02	1	8	9	72

N° SCHEDA	ST_VS220 - 13	Gen. Index	458
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)										
Descrizione		Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafileamenti	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	4,38E-02	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS220 - 14	Gen. Index	459
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa o scarsa tenuta nelle flange di collegamento, trafileamenti	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	4,38E-02	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS220 - 15	Gen. Index	460
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafileamenti	Nessuno	Nessuno	Nessuno	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	4,38E-02	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS220 - 2	Gen. Index	256
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa o scarsa tenuta nelle flange di collegamento, trafileamenti	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento di quest'ultima e eventuale contaminazione da ingresso di pulviscolo	Mancato mantenimento del vuoto nella Camera del Canale Radioattivo	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	4,38E-02	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS220 - 3	Gen. Index	291
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard Running	Malfunzionamenti di natura meccanica	Nessuno	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione alla mandata della turbopompa	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' stata trascurata l'ipotesi migliorativa relativa alla causa "Guasto di natura elettrica" (Met. Rilevazione: Strumenti di misura del grado di vuoto AND Autodiagnostica del Componente; Detection = 3).	1,31E-01	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS220 - 4	Gen. Index	292
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard running	Malfunzionamenti di natura meccanica	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		1,31E-01	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS220 - 5	Gen. Index	293
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard Running	Malfunzionamenti di natura meccanica	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa	Riduzione della qualità del fascio o mancato mantenimento dello stesso	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)		1,31E-01	1	6	2	12

N° SCHEDA	ST_VS220 - 6	Gen. Index	294
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard running	Malfunzionamenti di natura meccanica	Impossibilità di mantenere le corrette condizioni di pressione alla mandata della turbopompa	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		1,31E-01	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS220 - 7	Gen. Index	295
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)											
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafiletti	Eventuale contaminazione da ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	4,38E-02	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_VS220 - 8	Gen. Index	296
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)												
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.												
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN	
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafiletti	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa e eventuale contaminazione da ingresso di pulviscolo	Mancato mantenimento del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	4,38E-02	1	5	3	15	

N° SCHEDA	ST_VS220 - 9	Gen. Index	297
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Adixen ACP28 dry frictionless pump (RP2)												
Descrizione	Pompa per il vuoto Roots multistadio a secco. E' installata, nella linea di pompaggio n°2, a valle della TP2, consentendo di mantenere alla mandata della turbopompa le condizioni di vuoto necessarie al suo corretto funzionamento.												
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN	
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento, trafiletti	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa	Mancato mantenimento del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	La fuoriuscita di elementi radioattivi è possibile qualora il guasto si verifichi alla mandata della pompa RP2, dove possono verificarsi condizioni di sovrappressione tali da consentire il rilascio.	4,38E-02	1	6	3	18	

N° SCHEDA	ST_VS240 - 1	Gen. Index	257
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard running	Guasto di natura meccanica	Incremento della pressione nella camera del canale radioattivo	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' stata trascurata l'ipotesi migliorativa relativa alla causa "Guasto di natura elettrica" (Met. Rilevazione: Strumenti di misura del grado di vuoto AND Autodiagnostica del Componente).	1,75E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS240 - 10	Gen. Index	306
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Incremento repentino della pressione con possibile danneggiamento delle turbopompe	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		5,00E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS240 - 2	Gen. Index	258
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa o scarsa tenuta nelle flange	Aumento di pressione nella camera del canale radioattivo con possibile danneggiamento della turbopompa	Rottura del vuoto nella Camera del Canale Radioattivo e possibile danneggiamento della turbopompa della linea PPB	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	5,00E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS240 - 4	Gen. Index	300
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard running	Malfunzionamenti di natura meccanica	Incremento della pressione nella camera del canale radioattivo	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		1,75E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS240 - 5	Gen. Index	301
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard running	Malfunzionamenti di natura meccanica	Incremento della pressione nella camera del canale radioattivo	Mancato mantenimento del vuoto, il sistema lavora in condizioni di vuoto difformi da quelle operative con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	E' stata trascurata l'ipotesi migliorativa relativa alla causa "Guasto di natura elettrica" (Met. Rilevazione: Strumenti di misura del grado di vuoto AND Autodiagnostica del Componente; Detection = 3).	1,75E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS240 - 6	Gen. Index	302
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Fallimento nell'aspirazione	Standard running	Malfunzionamenti di natura meccanica	Incremento della pressione nella camera del canale radioattivo	Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		1,75E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS240 - 8	Gen. Index	304
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Incremento repentino di pressione con possibile danneggiamento delle turbopompe	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	5,00E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS240 - 9	Gen. Index	305
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)											
Descrizione	Pompa a vuoto turbomolecolare ibrida a levitazione magnetica (ramo 2)											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica all'aspirazione	Standard running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Incremento repentino di pressione con possibile danneggiamento delle turbopompe	Rottura del vuoto e perdita del fascio secondario	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	5,00E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS240 -57	Gen. Index	466
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente												Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)			
Descrizione															
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN			
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard Running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nelle flange di collegamento	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Mancato mantenimento del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di backup (se disponibile "on demand").	5,00E-03	1	5	3	15			

N° SCHEDA	ST_VS240 -58	Gen. Index	469
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente												Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)			
Descrizione															
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN			
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard Running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Incremento repentino di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Mancato mantenimento del vuoto con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di backup (se disponibile "on demand").	5,00E-03	1	5	3	15			

N° SCHEDA	ST_VS240 -59	Gen. Index	470
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)										
Descrizione												
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard Running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Incremento repentino di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Mancato mantenimento del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di backup (se disponibile "on demand").	5,00E-03	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS240 -60	Gen. Index	471
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Edwards maglev turbomolecular STPA1303C (TP2)										
Descrizione												
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdita di tenuta pneumatica alla mandata	Standard Running	Microfessure nella struttura della pompa, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Incremento repentino di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Mancato mantenimento del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di backup (se disponibile "on demand").	5,00E-03	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_CR000B - 10	Gen. Index	228
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		3,70E-02	1	4	3	12

N° SCHEDA	ST_CR000B - 11	Gen. Index	229
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		3,70E-02	1	4	3	12

N° SCHEDA	ST_CR000B - 12	Gen. Index	230
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa e impossibilità di passare alla fase operativa Vacuum	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		3,70E-02	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_CR000B - 15	Gen. Index	236
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Rottura del vuoto e possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Strumenti di misura del vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		3,70E-02	1	7	3	21

N° SCHEDA	ST_CR000B - 3	Gen. Index	202
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falsi contatti nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		4,20E-03	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_CR000B - 4	Gen. Index	203
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		5,78E-01	3	2	2	12

N° SCHEDA	ST_CR000B - 5	Gen. Index	204
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 PPB										
Descrizione		Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Allarme visivo (interfaccia HMI del Safety PLC) AND Il Vacuum PLC arresta le operazioni di venting	La camera target non deve essere estratta se la valvola V0-PPB è aperta. Sarà necessario inserire un interlock per impedire all'operatore di effettuare tale operazione.	8,42E-02	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_CR000B - 6	Gen. Index	205
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 PPB										
Descrizione		Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Ritardo nella chiusura	Aperta	Malfunzionamenti di natura meccanica o dell'attuatore	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Allarme visivo (interfaccia HMI del Vacuum PLC)		1,26E-02	1	1	2	2

N° SCHEDA	ST_CR000B - 7	Gen. Index	206
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Ritardo nell'apertura	Chiusa		Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		1,26E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_CR000B - 8	Gen. Index	207
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Intercettazione del fascio protonico con conseguente possibile danneggiamento dello shutter	Mancata produzione del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		4,20E-03	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_CR000B - 9	Gen. Index	220
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 PPB											
Descrizione	Valvola di collegamento tra canale del fascio di protoni e camera del target											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Rottura del vuoto e possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)		3,70E-02	1	8	3	24

N° SCHEDA	ST_CR100B - 12	Gen. Index	223
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamenti dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		4,20E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_CR100B - 13	Gen. Index	224
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	Potrebbe non essere necessario arrestare le operazioni di vuoto nonostante vi sia un malfunzionamento in quanto l'impianto è in fase di spegnimento e la chiusura spuria della valvola non compromette le operazioni di vuoto.	4,20E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_CR100B - 14	Gen. Index	225
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibili danneggiamenti da archi elettrici per l'ingresso di aria e pulviscolo	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_CR100B - 15	Gen. Index	226
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo all'interno della camera e del canale RIB	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	4	3	12

N° SCHEDA	ST_CR100B - 16	Gen. Index	227
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa e impossibilità di passare alla fase operativa Vacuum	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_CR100B - 17	Gen. Index	231
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibili danneggiamenti da scintille per l'ingresso di aria e pulviscolo	Possibile fuoriuscita di elementi radioattivi e rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	7	3	21

N° SCHEDA	ST_CR100B - 20	Gen. Index	191
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamenti dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Mancata estrazione degli ioni	Mancata produzione del fascio di ioni, possibile danneggiamento dell'elettrodo d'estrazione e arco elettrico per corto circuito tra camera target ed elettrodo d'estrazione	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	L'elettrodo in posizione d'estrazione verrebbe colpito dallo shutter in chiusura.	4,20E-03	1	8	2	16

N° SCHEDA	ST_CR100B - 4	Gen. Index	194
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore, falso contatto, segnale spurio	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		4,20E-03	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_CR100B - 5	Gen. Index	195
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, malfunzionamenti dell'attuatore elettrico o pneumatico	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		5,78E-01	3	2	2	12

N° SCHEDA	ST_CR100B - 6	Gen. Index	196
-----------	---------------	------------	-----

Sistema	Camera target (target chamber)
Descrizione del sistema	
Fase operativa del sistema	Venting



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta	Malfunzionamenti meccanici, malfunzionamenti dell'attuatore elettrico o pneumatico	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	La camera target non deve essere estratta se la valvola V0-RIB è aperta. Sarà necessario inserire un interlock per impedire all'operatore di effettuare tale operazione.	8,42E-02	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_CR100B - 7	Gen. Index	197
-----------	---------------	------------	-----

Sistema	Camera target (target chamber)
Descrizione del sistema	
Fase operativa del sistema	Venting



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Ritardo nella chiusura	Aperta	Malfunzionamenti di natura meccanica del corpo valvola o malfunzionamenti dell'attuatore	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		1,26E-02	1	1	2	2

N° SCHEDA	ST_CR100B - 8	Gen. Index	198
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Ritardo nell'apertura	Chiusa	Malfunzionamenti di natura meccanica o dell'attuatore	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		1,26E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_CR100B - 9	Gen. Index	219
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibili danneggiamenti da arco elettrico per l'ingresso di aria e pulviscolo	Rottura del vuoto e possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme visivo (interfaccia HMI del safety PLC) AND Allarme visivo (interfaccia HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	8	3	24

N° SCHEDA	ST_VS800 - 1	Gen. Index	289
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Vacuometro											
Descrizione	Misura la pressione all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Il valore restituito è visibile all'operatore sul display dello strumento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il guasto riguarda la linea di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	4,38E-02	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS800 - 2	Gen. Index	427
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Vacuometro											
Descrizione	Misura la pressione all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Il valore restituito è visibile all'operatore sul display dello strumento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	Il guasto riguarda la linea di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	4,38E-02	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_VS800 - 3	Gen. Index	428
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Vacuometro											
Descrizione	Misura la pressione all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Il valore restituito è visibile all'operatore sul display dello strumento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe	Il guasto riguarda la linea di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	3,14E-02	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS800 - 4	Gen. Index	429
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Vacuometro											
Descrizione	Misura la pressione all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Il valore restituito è visibile all'operatore sul display dello strumento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe e possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe	Il guasto riguarda la linea di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	3,14E-02	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS800 - 5	Gen. Index	430
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Vacuometro											
Descrizione	Misura la pressione all'interno della Camera del Canale Radioattivo. Il valore restituito è visibile all'operatore sul display dello strumento.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	In funzione	Microfessure nella struttura, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il guasto riguarda la linea di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	3,14E-02	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS320 - 1	Gen. Index	259
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Mancata attuazione del ciclo di isteresi del vuoto	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		6,13E-04	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS320 - 10	Gen. Index	311
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V										
Descrizione		Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Aumento repentino della pressione all'aspirazione della turbopompa e possibile ingresso di pulviscolo	Possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS320 - 11	Gen. Index	312
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V										
Descrizione		Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Aumento repentino della pressione all'aspirazione della turbopompa e possibile ingresso di pulviscolo	Possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS320 - 12	Gen. Index	314
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V										
Descrizione		Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		6,13E-04	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS320 - 13	Gen. Index	315
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V										
Descrizione		Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori)		6,13E-04	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS320 - 14	Gen. Index	316
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		6,13E-04	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS320 - 15	Gen. Index	317
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	La linea di pompaggio rimane in modalità Stand-by (valvola V chiusa; pompe accese).	6,13E-04	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS320 - 16	Gen. Index	318
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Mancato mantenimento del vuoto e possibile alterazione delle caratteristiche del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	La linea di pompaggio rimane in modalità Stand-by (valvola V chiusa; pompe accese).	6,13E-04	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS320 - 17	Gen. Index	319
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio rimane in modalità Stand-by (valvola V chiusa; pompe accese).	6,13E-04	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS320 - 18	Gen. Index	320
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnale spurio	Isolamento della linea di pompaggio AND Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS320 - 19	Gen. Index	321
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnale spurio	Isolamento della linea di pompaggio e alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Mancato mantenimento dell'alto vuoto e possibile alterazione delle caratteristiche del fascio	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS320 - 2	Gen. Index	260
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Isolamento della camera del canale radioattivo dalla linea di pompaggio	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio rimane in modalità Stand-by (valvola V chiusa; pompe accese).	6,13E-04	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS320 - 20	Gen. Index	322
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnale spurio	Isolamento della linea di pompaggio AND Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS320 - 21	Gen. Index	323
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Il vacuum PLC arresta le operazioni di Venting	Il guasto in esame non comporta problemi dal punto di vista della sicurezza ma semplicemente un mancato isolamento della linea di pompaggio.	6,13E-04	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS320 - 22	Gen. Index	324
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Riduzione del tempo di stand-by del ciclo di isteresi	Nessuno	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	L'entità del trafilemento influenzerà il tempo di chiusura del ciclo di isteresi, la rilevazione del guasto risulterà difficoltosa in quanto la perturbazione causata dal guasto è piuttosto ridotta.	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS320 - 23	Gen. Index	325
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Riduzione del tempo di stand-by del ciclo di isteresi	Nessuno	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	L'entità del trafileamento influenzerà il tempo di chiusura del ciclo di isteresi, la rilevazione del guasto risulterà difficoltosa in quanto la perturbazione causata dal guasto è piuttosto ridotta.	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS320 - 24	Gen. Index	326
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Riduzione del tempo di stand-by del ciclo di isteresi	Nessuno	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	L'entità del trafileamento influenzerà il tempo di chiusura del ciclo di isteresi, la rilevazione del guasto risulterà difficoltosa in quanto la perturbazione causata dal guasto è piuttosto ridotta.	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS320 - 3	Gen. Index	261
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamenti nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della Camera del Canale Radioattivo dalla linea di pompaggio	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS320 - 4	Gen. Index	262
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Aumento repentino della pressione nella camera del canale radioattivo e possibile ingresso di pulviscolo	Rottura del vuoto nella camera del canale radioattivo e possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS320 - 5	Gen. Index	263
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Nessuno	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	L'entità del trafilemento influenzerà il tempo di chiusura del ciclo di isteresi, la rilevazione del guasto risulterà difficoltosa in quanto la perturbazione causata dal guasto è piuttosto ridotta.	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS320 - 6	Gen. Index	307
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Mancato isolamento della turbopompa	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		2,63E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS320 - 7	Gen. Index	308
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Innalzamento di pressione all'aspirazione della turbopompa	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Nessuna		2,63E-02	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS320 - 8	Gen. Index	309
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	4	3	12

N° SCHEDA	ST_VS320 - 9	Gen. Index	310
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la linea di pompaggio alla Camera del Canale Radioattivo. Viene aperta o chiusa dal Vacuum PLC in funzione del ciclo di isteresi del vuoto; in modalità Chiusa, la linea di pompaggio entra in fase di Stand-by.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Aumento repentino della pressione all'aspirazione della turbopompa e possibile ingresso di pulviscolo	Possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_CR100B - 12	Gen. Index	223
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamenti dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		4,20E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_CR100B - 13	Gen. Index	224
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	Potrebbe non essere necessario arrestare le operazioni di vuoto nonostante vi sia un malfunzionamento in quanto l'impianto è in fase di spegnimento e la chiusura spuria della valvola non compromette le operazioni di vuoto.	4,20E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_CR100B - 14	Gen. Index	225
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibili danneggiamenti da archi elettrici per l'ingresso di aria e pulviscolo	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_CR100B - 15	Gen. Index	226
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo all'interno della camera e del canale RIB	Rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	4	3	12

N° SCHEDA	ST_CR100B - 16	Gen. Index	227
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa e impossibilità di passare alla fase operativa Vacuum	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_CR100B - 17	Gen. Index	231
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibili danneggiamenti da scintille per l'ingresso di aria e pulviscolo	Possibile fuoriuscita di elementi radioattivi e rottura del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	7	3	21

N° SCHEDA	ST_CR100B - 20	Gen. Index	191
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamenti dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Mancata estrazione degli ioni	Mancata produzione del fascio di ioni, possibile danneggiamento dell'elettrodo d'estrazione e arco elettrico per corto circuito tra camera target ed elettrodo d'estrazione	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	L'elettrodo in posizione d'estrazione verrebbe colpito dallo shutter in chiusura.	4,20E-03	1	8	2	16

N° SCHEDA	ST_CR100B - 4	Gen. Index	194
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore, falso contatto, segnale spurio	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		4,20E-03	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_CR100B - 5	Gen. Index	195
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, malfunzionamenti dell'attuatore elettrico o pneumatico	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		5,78E-01	3	2	2	12

N° SCHEDA	ST_CR100B - 6	Gen. Index	196
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata chiusura alla richiesta del PLC	Aperta	Malfunzionamenti meccanici, malfunzionamenti dell'attuatore elettrico o pneumatico	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	La camera target non deve essere estratta se la valvola V0-RIB è aperta. Sarà necessario inserire un interlock per impedire all'operatore di effettuare tale operazione.	8,42E-02	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_CR100B - 7	Gen. Index	197
Sistema	Camera target (target chamber)		
Descrizione del sistema			
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola V0 RIB										
Descrizione		Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Ritardo nella chiusura	Aperta	Malfunzionamenti di natura meccanica del corpo valvola o malfunzionamenti dell'attuatore	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		1,26E-02	1	1	2	2

N° SCHEDA	ST_CR100B - 8	Gen. Index	198
-----------	---------------	------------	-----

Sistema	Camera target (target chamber)
Descrizione del sistema	
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Ritardo nell'apertura	Chiusa	Malfunzionamenti di natura meccanica o dell'attuatore	Nessuno	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Safety PLC) AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		1,26E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_CR100B - 9	Gen. Index	219
-----------	---------------	------------	-----

Sistema	Camera target (target chamber)
Descrizione del sistema	
Fase operativa del sistema	Beam ON



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola V0 RIB											
Descrizione	Collega la Camera Target alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibili danneggiamenti da arco elettrico per l'ingresso di aria e pulviscolo	Rottura del vuoto e possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio, il sistema HV e i riscaldatori) AND Allarme visivo (interfaccia HMI del safety PLC) AND Allarme visivo (interfaccia HMI del Vacuum PLC)		3,70E-02	1	8	3	24

N° SCHEDA	ST_VS330 - 1	Gen. Index	264
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della mandata della turbopompa dall'aspirazione della pompa RP con incremento locale della pressione	Possibile danneggiamento della turbopompa AND Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS330 - 10	Gen. Index	334
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della mandata della turbopompa dall'aspirazione della pompa RP	Incremento di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		2,63E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS330 - 2	Gen. Index	265
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,75E-03	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS330 - 3	Gen. Index	327
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Mancato isolamento della turbopompa	Nessuno	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS330 - 4	Gen. Index	328
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione alla mandata della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,75E-03	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_VS330 - 5	Gen. Index	329
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,75E-03	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS330 - 6	Gen. Index	330
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa e perdita di qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,75E-03	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS330 - 7	Gen. Index	331
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,75E-03	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS330 - 8	Gen. Index	332
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della mandata della turbopompa dall'aspirazione della pompa RP	Aumento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS330 - 9	Gen. Index	333
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VB											
Descrizione	Valvola elettropneumatica . Isola la turbopompa durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della mandata della turbopompa dall'aspirazione della pompa RP	Incremento di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS350 - 1	Gen. Index	268
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Leggero aumento di pressione all'aspirazione della turbopompa	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile continuare le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS350 - 10	Gen. Index	350
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Cortocircuito idraulico della turbopompa	Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS350 - 11	Gen. Index	351
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Cortocircuito idraulico della turbopompa	Mancato mantenimento del vuoto nella camera del canale radioattivo e possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS350 - 12	Gen. Index	352
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Cortocircuito idraulico della turbopompa	Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS350 - 13	Gen. Index	353
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS350 - 14	Gen. Index	354
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Possibile fuoriuscita di elementi radioattivi e Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe e perdita del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS350 - 15	Gen. Index	355
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS350 - 2	Gen. Index	269
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Cortocircuito idraulico della turbopompa	Mancato mantenimento del vuoto nella Camera del Canale Radioattivo	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	4	2	8

N° SCHEDA	ST_VS350 - 3	Gen. Index	270
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS350 - 4	Gen. Index	344
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Nessuno	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		8,76E-01	3	2	2	12

N° SCHEDA	ST_VS350 - 5	Gen. Index	345
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di Fore Vacuum	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS350 - 6	Gen. Index	346
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	1,75E-03	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_VS350 - 7	Gen. Index	347
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Leggero aumento di pressione all'aspirazione della turbopompa	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile continuare le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand")	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS350 - 8	Gen. Index	348
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam on		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Leggero aumento di pressione all'aspirazione della turbopompa	Alterazione del ciclo di isteresi con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile continuare le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand")	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS350 - 9	Gen. Index	349
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VF											
Descrizione	Valvola elettropneumatica. Collega la pompa Roots alla Camera del Canale durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Leggero aumento di pressione all'aspirazione della turbopompa	Alterazione del ciclo di isteresi del vuoto	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile continuare le operazioni di vuoto utilizzando la linea di Backup (se disponibile "on demand").	2,63E-02	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS360 - 1	Gen. Index	271
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VM											
Descrizione	Valvola manuale. Aperta soltanto durante le operazioni di vuoto preliminare.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento del valore di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,31E-01	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS360 - 2	Gen. Index	356
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VM											
Descrizione	Valvola manuale, situata nel ramo della linea utilizzato durante le operazioni di primo vuoto. Generalmente, rimane chiusa soltanto durante le operazioni di arresto dell'impianto.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione alla mandata della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,31E-01	1	2	3	6

N° SCHEDA	ST_VS360 - 3	Gen. Index	357
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VM											
Descrizione	Valvola manuale, situata nel ramo della linea utilizzato durante le operazioni di primo vuoto. Generalmente, rimane chiusa soltanto durante le operazioni di arresto dell'impianto.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Incremento di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,31E-01	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS360 - 4	Gen. Index	358
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VM											
Descrizione	Valvola manuale, situata nel ramo della linea utilizzato durante le operazioni di primo vuoto. Generalmente, rimane chiusa soltanto durante le operazioni di arresto dell'impianto.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa e riduzione della qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,31E-01	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS360 - 5	Gen. Index	359
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VM											
Descrizione	Valvola manuale, situata nel ramo della linea utilizzato durante le operazioni di primo vuoto. Generalmente, rimane chiusa soltanto durante le operazioni di arresto dell'impianto.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Incremento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	1,31E-01	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS370 - 1	Gen. Index	272
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Rientro d'aria nella linea di Venting	Incremento di pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		8,76E-03	1	6	2	12

N° SCHEDA	ST_VS370 - 10	Gen. Index	366
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Rientro d'aria nella linea di Venting	Leggero incremento di pressione nel canale con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	8,90E-03	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS370 - 11	Gen. Index	367
-----------	---------------	------------	-----



Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.
Fase operativa del sistema	Beam OFF

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Rientro d'aria nella linea di Venting	Leggero incremento di pressione nel canale	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		8,90E-03	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS370 - 12	Gen. Index	368
-----------	---------------	------------	-----



Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.
Fase operativa del sistema	Fore vacuum

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione per l'avviamento della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	8,76E-04	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_VS370 - 13	Gen. Index	369
-----------	---------------	------------	-----



Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.
Fase operativa del sistema	Ready to beam

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Incremento della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	8,76E-04	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS370 - 14	Gen. Index	370
-----------	---------------	------------	-----



Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.
Fase operativa del sistema	Beam ON

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Incremento della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe e possibile riduzione della qualità del fascio	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato al guasto.	8,76E-04	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS370 - 15	Gen. Index	371
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Incremento della pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		8,76E-04	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS370 - 16	Gen. Index	372
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Isolamento della linea di venting	Impossibilità di effettuare la procedura di Venting	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		3,40E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS370 - 17	Gen. Index	373
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della linea di venting	Interruzione dell'operazione di venting	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)		8,76E-03	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS370 - 2	Gen. Index	273
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Rientro d'aria nella linea di Venting	Leggero incremento di pressione nel canale	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	8,90E-03	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS370 - 3	Gen. Index	274
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Chiusa	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino di pressione all'interno del canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup né individuare rapidamente il componente interessato dal guasto.	8,76E-04	1	6	3	18

N° SCHEDA	ST_VS370 - 4	Gen. Index	360
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		8,76E-03	1	3	2	6

N° SCHEDA	ST_VS370 - 5	Gen. Index	361
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Rientro d'aria nella linea di Venting	Incremento di pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)		8,76E-03	1	6	2	12

N° SCHEDA	ST_VS370 - 6	Gen. Index	362
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VR										
Descrizione		Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Rientro d'aria nella linea di Venting	Incremento di pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe e possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)		8,76E-03	1	6	2	12

N° SCHEDA	ST_VS370 - 7	Gen. Index	363
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Apertura spuria, non comandata dal PLC	Chiusa	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Rientro d'aria nella linea di Venting	Incremento di pressione nel canale con possibile danneggiamento delle turbopompe	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		8,76E-03	1	6	2	12

N° SCHEDA	ST_VS370 - 8	Gen. Index	364
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Rientro d'aria nella linea di Venting	Impossibile raggiungere le corrette condizioni di pressione all'aspirazione della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	8,90E-03	1	2	5	10

N° SCHEDA	ST_VS370 - 9	Gen. Index	365
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VR											
Descrizione	Elettrovalvola. Collega la linea di venting alla Camera del Canale Radioattivo.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite interne attraverso l'alloggio della valvola	Chiusa	Scarsa tenuta	Rientro d'aria nella linea di Venting	Leggero incremento di pressione nel canale	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	Il ramo di venting della linea di pompaggio non è isolabile dal canale di trasporto del fascio, pertanto non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	8,90E-03	1	3	5	15

N° SCHEDA	ST_VS340 - 1	Gen. Index	266
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VS											
Descrizione	Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della linea di pompaggio a monte della pompa Roots	Incremento di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS340 - 10	Gen. Index	342
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VS											
Descrizione	Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-04	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS340 - 11	Gen. Index	343
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VS											
Descrizione	Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della linea di pompaggio a monte della pompa Roots	Interruzione dell'operazione di Fore Vacuum	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS340 - 2	Gen. Index	267
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VS											
Descrizione	Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso locale di pulviscolo	Aumento del valore di pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-04	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS340 - 3	Gen. Index	335
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VS											
Descrizione	Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Mancata apertura alla richiesta del PLC	Chiusa	Malfunzionamenti meccanici, dell'attuatore elettrico o del sistema pneumatico	Isolamento dell'aspirazione della pompa RP	Impossibilità di avviare la procedura di Fore Vacuum	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)		3,40E-02	1	2	2	4

N° SCHEDA	ST_VS340 - 4	Gen. Index	336
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VS										
Descrizione		Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della mandata della turbopompa dall'aspirazione della pompa RP	Aumento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS340 - 5	Gen. Index	337
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VS										
Descrizione		Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della mandata della turbopompa dall'aspirazione della pompa RP	Aumento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS340 - 6	Gen. Index	338
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VS										
Descrizione		Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Isolamento della mandata della turbopompa dall'aspirazione della pompa RP	Aumento della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto	Processo di diagnostica (Real Time) del Vacuum PLC AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS340 - 7	Gen. Index	339
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Valvola VS										
Descrizione		Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Impossibilità di raggiungere le corrette condizioni di pressione alla mandata della turbopompa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-04	1	3	3	9

N° SCHEDA	ST_VS340 - 8	Gen. Index	340
-----------	--------------	------------	-----



Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.
Fase operativa del sistema	Ready to beam

Componente		Valvola VS										
Descrizione		Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-04	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS340 - 9	Gen. Index	341
-----------	--------------	------------	-----



Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.
Fase operativa del sistema	Beam ON

Componente		Valvola VS										
Descrizione		Elettrovalvola di isolamento della pompa Roots.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Microfessure nella struttura della valvola, scarsa tenuta nella flangia di collegamento	Possibile ingresso di pulviscolo	Aumento repentino della pressione alla mandata della turbopompa con possibile danneggiamento della stessa AND Mancato mantenimento del vuoto con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-04	1	5	3	15

N° SCHEDA	ST_VS380 - 1	Gen. Index	275
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento dell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (surriscaldamento) con possibile danneggiamento	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP AND Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	L'apertura della valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	1,06E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS380 - 2	Gen. Index	374
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (surriscaldamento) con possibile danneggiamento	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP AND Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori)	L'apertura della valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	1,06E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS380 - 3	Gen. Index	375
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (surriscaldamento) con possibile danneggiamento AND Possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP AND Processo di diagnostica (Real time) del PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	L'apertura della valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	1,06E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS380 - 4	Gen. Index	376
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Chiusura spuria, non comandata dal PLC	Aperta	Malfunzionamento nell'attuatore pneumatico, falso contatto nell'attuatore elettrico, segnali spuri	Nessuno	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (surriscaldamento) con possibile danneggiamento	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP AND Processo di diagnostica (Real time) del PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	L'apertura della valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	1,06E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS380 - 5	Gen. Index	449
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Usura, cricche	Fuoriuscita del liquido di raffreddamento	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (Surriscaldamento)	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	2,21E-02	1	4	4	16

N° SCHEDA	ST_VS380 - 6	Gen. Index	450
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Usura, cricche	Fuoriuscita del liquido di raffreddamento	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (Surriscaldamento)	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	2,21E-02	1	4	4	16

N° SCHEDA	ST_VS380 - 7	Gen. Index	451
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Usura, cricche	Fuoriuscita di liquido di raffreddamento	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (Surriscaldamento) con possibile riduzione della qualità del fascio di ioni	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe) AND Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori)	La valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	2,21E-02	1	4	4	16

N° SCHEDA	ST_VS380 - 8	Gen. Index	452
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Valvola VW1											
Descrizione	Valvola di passaggio con attuatore elettrico comandato dal PLC; regola il flusso d'acqua del sistema di raffreddamento delle turbopompe.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Perdite esterne	Aperta	Usura, cricche	Fuoriuscita del liquido di raffreddamento	La turbopompa non smaltisce correttamente il calore in eccesso (surriscaldamento) con possibile danneggiamento	Flussimetro del circuito di raffreddamento delle TP	Arresto delle operazioni di vuoto (Il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta tutte le pompe)	La valvola VW1 è essenziale ai fini del corretto funzionamento delle turbopompe TP1 e TP2. Dal momento che entrambe le linee sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di Backup.	2,21E-02	1	4	4	16

N° SCHEDA	ST_VS900 - 1	Gen. Index	290
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Flussimetro acqua (flow meter)											
Descrizione	Strumento di rilevazione del flusso di refrigerante, installato nel circuito di raffreddamento delle turbopompe e in comunicazione col PLC#1.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	La turbopompa potrebbe non essere correttamente refrigerata con possibile danneggiamento	Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il Vacuum PLC chiude la valvola VW1. Dal momento che entrambe le linee di pompaggio sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	3,14E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS900 - 2	Gen. Index	431
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Flussimetro acqua (flow meter)											
Descrizione	Strumento di rilevazione del flusso di refrigerante, installato nel circuito di raffreddamento delle turbopompe e in comunicazione col PLC#1.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	La turbopompa potrebbe non essere correttamente refrigerata con possibile danneggiamento	Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il Vacuum PLC chiude la valvola VW1. Dal momento che entrambe le linee di pompaggio sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	3,14E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS900 - 3	Gen. Index	432
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Flussimetro acqua (flow meter)											
Descrizione	Strumento di rilevazione del flusso di refrigerante, installato nel circuito di raffreddamento delle turbopompe e in comunicazione col PLC#1.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	La turbopompa potrebbe non essere refrigerata correttamente con possibile danneggiamento	Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC.	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il Vacuum PLC chiude la valvola VW1. Dal momento che entrambe le linee di pompaggio sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	4,38E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS900 - 4	Gen. Index	433
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Flussimetro acqua (flow meter)											
Descrizione	Strumento di rilevazione del flusso di refrigerante, installato nel circuito di raffreddamento delle turbopompe e in comunicazione col PLC#1.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Il segnale di uscita è assente	In funzione		Nessuno	La turbopompa potrebbe non essere refrigerata correttamente con possibile danneggiamento	Processo di diagnostica (Real time) del Vacuum PLC.	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il Vacuum PLC chiude la valvola VW1. Dal momento che entrambe le linee di pompaggio sono condizionate dal presente guasto, non sarà possibile riprendere le operazioni di vuoto con la linea di backup.	4,38E-02	1	5	2	10

N° SCHEDA	ST_VS700 - 1	Gen. Index	446
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Regolatore di flusso											
Descrizione	Consente di regolare con continuità il flusso d'aria durante le operazioni di venting. Installato nel ramo di rientro.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Tutti i modi di guasto	Attivo	Guasto di natura meccanica	Aumento del flusso d'aria di rientro	Innalzamento repentino della pressione all'interno del sistema con possibili danneggiamenti	Strumenti di misura del grado di vuoto	Il Vacuum PLC arresta l'operazione di Venting che può però essere condotta attraverso la linea ridondante		2,80E-01	2	5	3	30

N° SCHEDA	ST_VS610 - 1	Gen. Index	287
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di scarico											
Descrizione	Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Rottura	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Urti, sollecitazioni meccaniche	Mancato filtraggio dell'aria	Nessuno	Supervisione da parte dell'operatore	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il guasto non è rilevabile dagli strumenti di misura del grado di vuoto e da nessun altro sistema automatizzato.	8,76E-03	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS610 - 10	Gen. Index	426
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Filtro di scarico										
Descrizione		Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Intasamento	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Superficie del filtro satura di particolato	Aumento di pressione a monte del filtro	Mancato mantenimento del vuoto	Supervisione da parte dell'operatore AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Gli strumenti indicano un aumento di pressione ma non consentono di individuare direttamente il guasto. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	3	4	12

N° SCHEDA	ST_VS610 - 2	Gen. Index	288
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Filtro di scarico										
Descrizione		Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Intasamento	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Superficie del filtro satura di particolato	Incremento di pressione a monte del filtro	Mancato mantenimento dell'alto vuoto	Supervisione da parte dell'operatore AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Gli strumenti indicano un aumento di pressione ma non consentono di individuare direttamente il guasto	8,76E-03	1	3	4	12

N° SCHEDA	ST_VS610 - 3	Gen. Index	419
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di scarico											
Descrizione	Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Rottura	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Urti, sollecitazioni meccaniche	Mancato filtraggio dell'aria in uscita	Nessuno	Supervisione da parte dell'operatore	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il guasto non è rilevabile dagli strumenti di misura del grado di vuoto e da nessun altro sistema automatizzato.	8,76E-03	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS610 - 4	Gen. Index	420
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di scarico											
Descrizione	Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Rottura	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Urti, sollecitazioni meccaniche	Mancato filtraggio dell'aria in uscita	Nessuno	Supervisione da parte dell'operatore	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe) AND il safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori	Il guasto non è rilevabile dagli strumenti di misura del grado di vuoto e da nessun altro sistema automatizzato.	8,76E-03	1	2	9	18

N° SCHEDA	ST_VS610 - 5	Gen. Index	421
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di scarico											
Descrizione	Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Rottura	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Urti, sollecitazioni meccaniche	Mancato filtraggio dell'aria in uscita	Possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Supervisione da parte dell'operatore AND Radiometro	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe	Il guasto non è rilevabile dagli strumenti di misura del grado di vuoto. Potrebbe essere rilevato dal radiometro, ma non nell'immediato.	8,76E-03	1	8	8	64

N° SCHEDA	ST_VS610 - 6	Gen. Index	422
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam OFF		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di scarico											
Descrizione	Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Rottura	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Urti, sollecitazioni meccaniche	Mancato filtraggio dell'aria in uscita	Possibile fuoriuscita di elementi radioattivi	Supervisione da parte dell'operatore AND Radiometro	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Il guasto non è rilevabile dagli strumenti di misura del grado di vuoto. Potrebbe essere rilevato dal radiometro, ma non nell'immediato.	8,76E-03	1	8	8	64

N° SCHEDA	ST_VS610 - 7	Gen. Index	423
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Fore vacuum		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di scarico											
Descrizione	Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Intasamento	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Superficie del filtro saturata di particolato	Aumento di pressione a monte del filtro	Incapacità di raggiungere le condizioni di Fore Vacuum	Supervisione da parte dell'operatore AND Strumenti di misura del grado di vuoto.	Arresto delle operazioni di vuoto (il Vacuum PLC isola i rami del circuito e arresta le pompe)	Gli strumenti indicano un aumento di pressione ma non consentono di individuare direttamente il guasto	8,76E-03	1	2	4	8

N° SCHEDA	ST_VS610 - 8	Gen. Index	424
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Ready to beam		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di scarico											
Descrizione	Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Intasamento	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Superficie del filtro saturata di particolato	Aumento di pressione a monte del filtro	Mancato mantenimento del vuoto	Supervisione da parte dell'operatore AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il sistema HV e i riscaldatori) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	Gli strumenti indicano un aumento di pressione ma non consentono di individuare direttamente il guasto. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	3	4	12

N° SCHEDA	ST_VS610 - 9	Gen. Index	425
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Beam ON		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Filtro di scarico										
Descrizione		Installato a valle del ramo di pompaggio allo scopo di filtrare l'aria in uscita, proveniente dalla Camera del Canale.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Intasamento	Filtraggio dell'aria in uscita dalla linea di pompaggio	Superficie del filtro saturata di particolato	Aumento di pressione a monte del filtro	Mancato mantenimento del vuoto e possibile riduzione della qualità del fascio	Supervisione da parte dell'operatore AND Strumenti di misura del grado di vuoto	Attuazione del protocollo di sicurezza (Il Safety PLC disattiva il fascio primario, il sistema HV e i riscaldatori) AND Il Vacuum PLC arresta le turbopompe AND Allarme Visivo (Monitor HMI del Vacuum PLC)	Gli strumenti indicano un aumento di pressione ma non consentono di individuare direttamente il guasto. E' possibile riprendere le operazioni di vuoto utilizzando la linea di pompaggio di Backup (se disponibile "on demand").	8,76E-03	1	4	4	16

N° SCHEDA	ST_VS620 - 1	Gen. Index	447
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente		Filtro di rientro										
Descrizione		Installato a monte del ramo di rientro allo scopo di filtrare l'aria proveniente dall'esterno della Camera del Canale.										
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Rottura	Filtraggio dell'aria in entrata alla linea di venting	Urti, sollecitazioni meccaniche	Mancato filtraggio dell'aria	Possibile ingresso di pulviscolo all'interno dei canali e della camera target	Supervisione da parte dell'operatore	Nessuna		8,76E-03	1	3	9	27

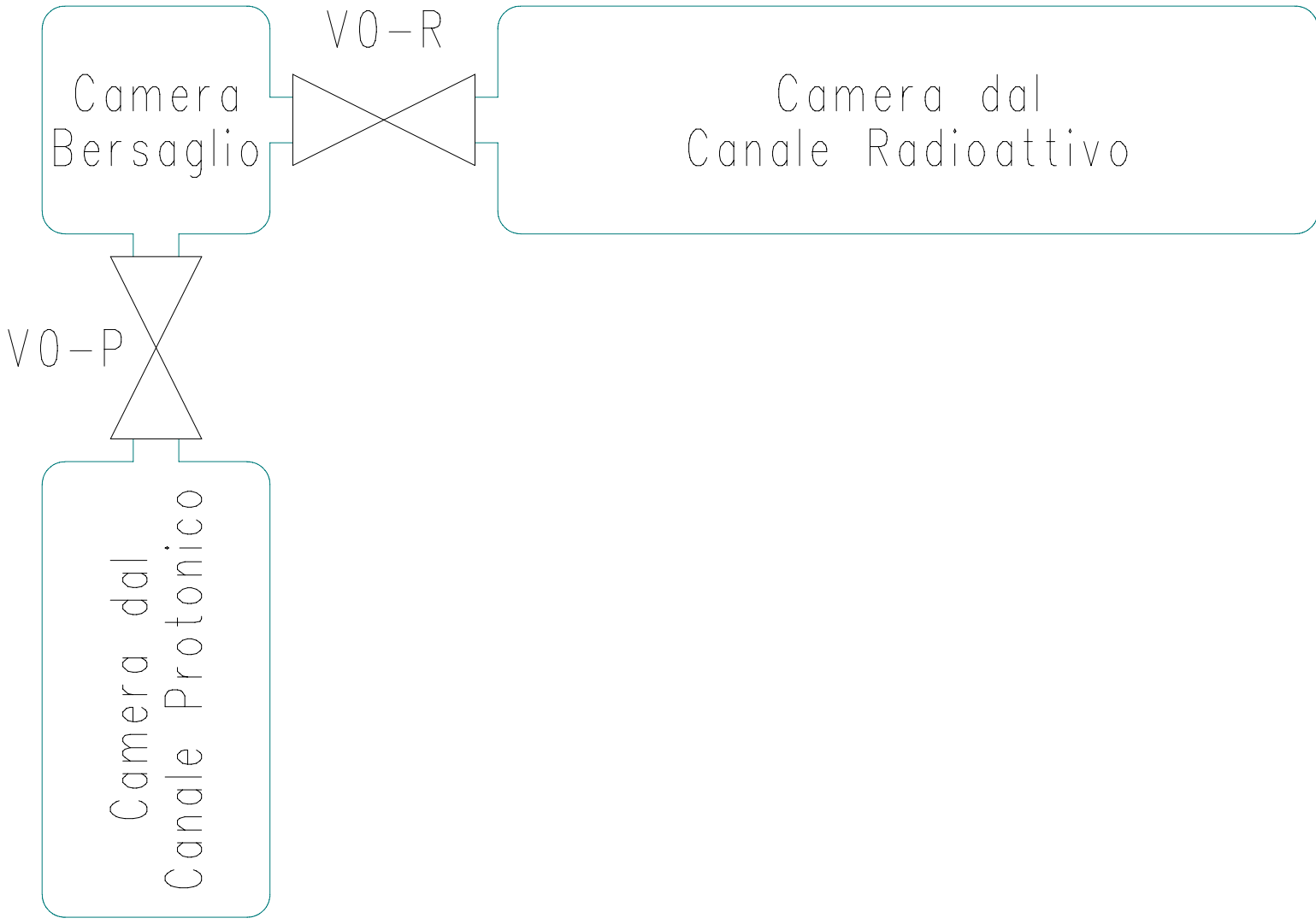
N° SCHEDA	ST_VS620 - 2	Gen. Index	448
Sistema	Sistema di produzione del vuoto dell'apparato Front End (Vacuum System).		
Descrizione del sistema	Consente di realizzare le condizioni operative di vuoto nella Camera del Canale Radioattivo. Il sistema è costituito da due linee di pompaggio in parallelo, ciascuna dotata di pompe a vuoto, valvole e strumenti di misura, coordinati dal Vacuum PLC.		
Fase operativa del sistema	Venting		



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Componente	Filtro di rientro											
Descrizione	Installato a monte del ramo di rientro allo scopo di filtrare l'aria proveniente dall'esterno della Camera del Canale.											
Modo di guasto	Fase operativa	Cause	Effetti locali	Effetti sull'impianto	Metodi di rivelazione	Misure per mitigare	Osservazioni	Tasso di guasto [1/y]	OCC	SEV	DET	RPN
Intasamento	Filtraggio dell'aria in entrata alla linea di venting	Deposizione di particolato	Mancato rientro dell'aria nel sistema	Impossibilità di portare la camera e i canali a pressione atmosferica	Strumenti di misura del grado di vuoto	Arresto delle operazioni di Venting (il Vacuum PLC isola il ramo del circuito e attiva l'operazione di Venting attraverso il ramo in parallelo)		8,76E-03	1	1	3	3

APPENDICE A4**SCHEMI ELETTRICI E PNEUMATICI DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE DEL VUOTO****SCHEMA PNEUMATICO DEL VACUUM SYSTEM DEL FRONT END OFFLINE****SCHEMA ELETTRICO DEL VACUUM SYSTEM DEL FRONT END OFFLINE**



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-10_FE_VacuumSystem3A.dwg
 TYPE: Pneumatico

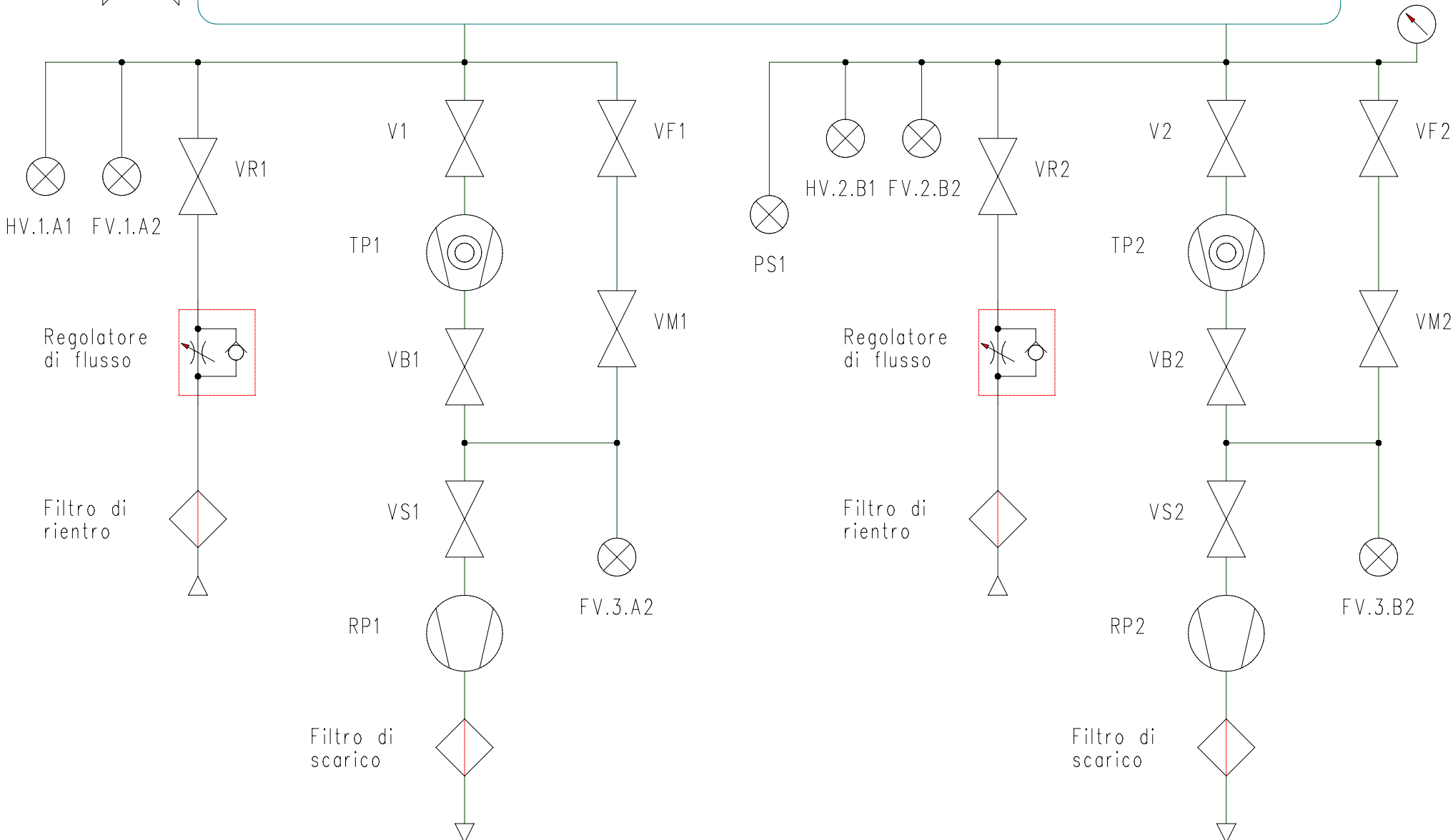
REVISIONS		DATE	05/07/2011	  		Schema del Sistema da Vuoto del Front End Off-line		=	FE_VS
LAST REVISION DATE		COMMISS.	Jesus Vosquez					+	FE_LAB
SHEET STATUS	6	CHECK.							SHEET 1
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.		SUBST.:	SUB. FOR:	ORIGIN:	Camere da vuoto del FE		2 N.S.

V0-R

Camera del Canale Radioattivo

377

Manometro



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-10_FF_VacuumSystemScheda
 TYPE: Pneumatico
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE PAYMENT OF DAMAGES. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

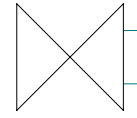
REVISIONS		DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE		COMMISS.	Jesus Vosquez
SHEET STATUS	21	CHECK.	
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.	





Schema del Sistema da Vuoto Canale Radioattivo	Schema del Sistema da Vuoto del Front End Off-line	= HT_OVEN_VS
		+ HT_LAB
		SHEET 2
		3 N.S.

V0-P



Camera del Canale Protonico

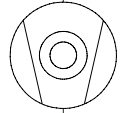
Manometro



V3



TP3



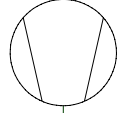
FV.4.A1



VS3



RP3



Filtro di scarico



VR3



FV.4.B2



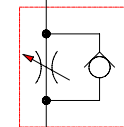
HV.4.B1



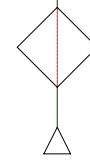
PS2



Regolatore di flusso



Filtro di rientro



PROJECT: SPES
FILE NAME: 2011-06-10_FE_VacuumSystem378
TYPE: Pneumatico

REVISIONS		DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE		COMMISS.	Jesus Vosquez
SHEET STATUS	9	CHECK.	
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.	





Schema del Sistema da Vuoto
Canale Protonico

Schema del Sistema da Vuoto del
Front End Off-line

=	HT_OVEN_VS
+	HT_LAB
	SHEET 3
	N.S.

NON E' PERMESSO CONSEGNARE A TERZI O RIPRODURRE QUESTO DOCUMENTO
 NE' UTILIZZARE IL CONTENUTO O RENDERSI RESPONSABILI PER QUALSIASI DANNO
 MATERIALE O MORALE CHE DERIVA DALLA COPIA, DISTRIBUZIONE, REPLICAZIONE, TRASMISSIONE, RICEZIONE, RIPRODUZIONE, RENDIMENTO, O QUALSIASI
 ALTRO TIPO DI UTILIZZO, SENZA IL CONSENSO PREALIBILE DELLA SOCIETA' FEI. OGNI INFRAZIONE COMPORTA IL RISARCIMENTO DEI DANNI
 SUBITI. E' FATTA RISERVA DI TUTTI I DIRITTI DERIVANTI DA BREVETTI O MODELLI

PROGETTO: SPES
 NOME FILE: 2011-06-15_FE_SchemaElettricoSistemi06-15-2011
 TIPOCO: Electric

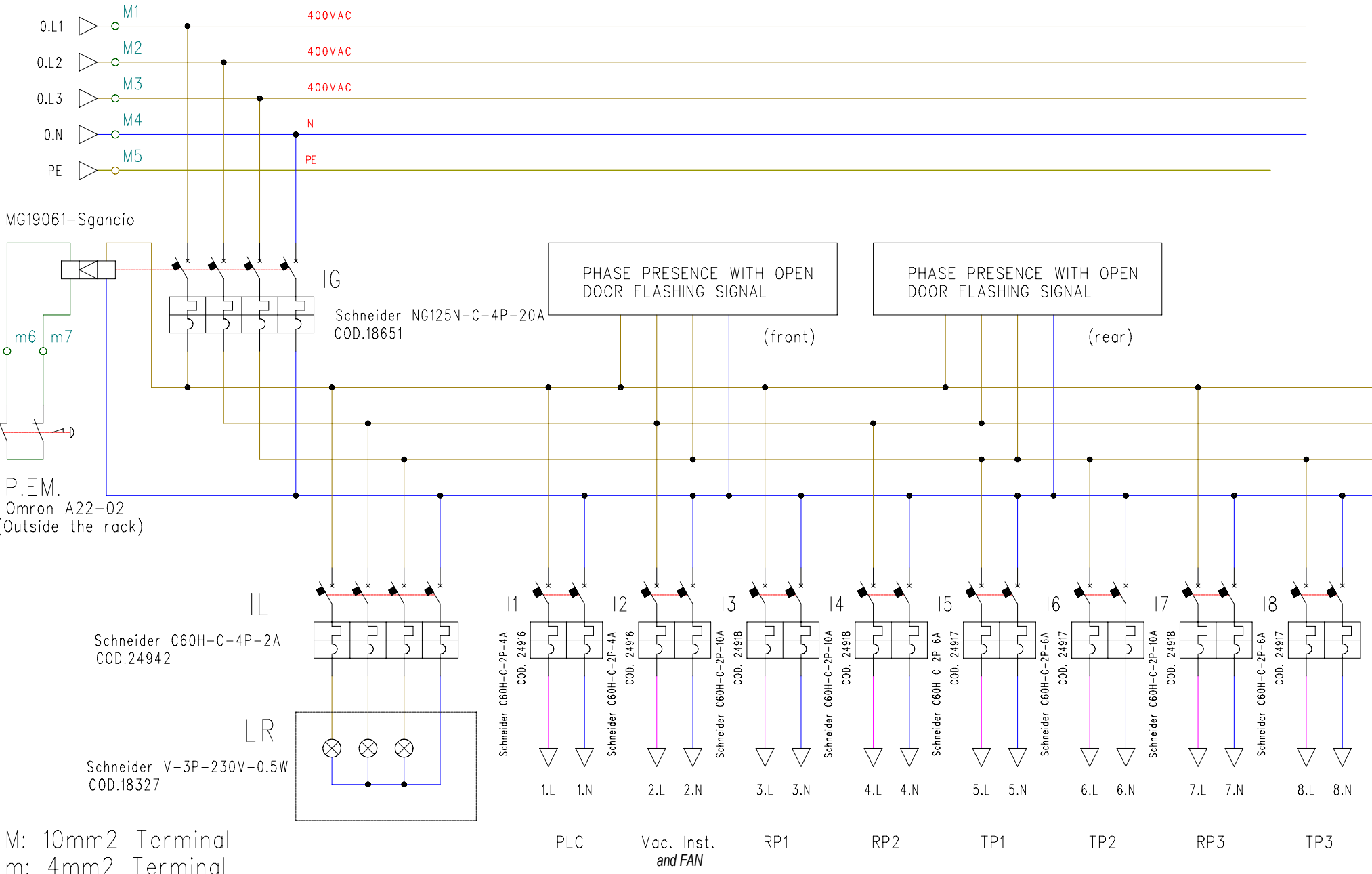
Sheet nr.	Sheet name	Description	Modify Index	REVISIONS																
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1/38	0	TITLE	0	R1			R4													
2/38	0-LP-001	SHEETS SUMMARY	0	R1	R2	R3	R4													
3/38	1	Interruptor connections	0	R1	R2		R4													
4/38	2	Vacuum Instrument and FAN Connections	0	R1	R2		R4													
5/38	3	RP1 Connections	0	R1	R2	R3	R4													
6/38	4	RP2 Connections	0	R1	R2	R3	R4													
7/38	5	TP1 Connections	0	R1	R2		R4													
8/38	6	TP2 Connections	0	R1	R2		R4													
9/38	7	RP3 Connections	0				R4													
10/38	8	TP3 Connections	0				R4													
11/38	9	PLC description	0	R1	R2		R4													
12/38	10	PLC and DC power supplies connections	0	R1	R2		R4													
13/38	11	PLC processor connections	0	R1	R2		R4													
14/38	12	PLC module 1 connections	0	R1	R2	R3	R4													
15/38	13	PLC module 2 connections	0	R1	R2		R4													
16/38	14	PLC module 3 connections	0	R1	R2		R4													
17/38	15	PLC module 4 connections	0				R4													
18/38	16	PLC module 5 connections	0	R1	R2	R3	R4													
19/38	17	PLC module 6 connections	0	R1	R2	R3	R4													
20/38	18	PLC module 7 connections	0	R1	R2		R4													
21/38	19	PLC module 8 connections	0				R4													
22/38	20	PLC module 9 connections	0	R1	R2	R3	R4													
23/38	21	PLC module 10 connections	0		R2	R3	R4													
24/38	22	Vacuum instrument 1 connections	0				R4													
25/38	23	Vacuum instrument 2 connections	0				R4													
26/38	24	Vacuum instrument 3 connections	0				R4													
27/38	25	Vacuum instrument 4 connections	0				R4													
28/38	26	V1 and V2 valve connectors	0	R1	R2		R4													
29/38	27	V3 valve connectors	0				R4													
30/38	28	VBs and VFs valve connectors	0	R1	R2		R4													

Sheet nr.	Sheet name	Description	Modify Index	REVISIONS																	
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9								
31/38	29	VR1, VR2 and VR3 valve connections	0		R2		R4														
32/38	30	RP1, RP2 and RP3 pump connectors	0	R1	R2	R3	R4														
33/38	31	TP1 pump connectors	0	R1	R2	R3	R4														
34/38	32	TP2 pump connectors	0		R2	R3	R4														
35/38	33	TP3 pump connectors	0				R4														
36/38	34	Water System	0			R3	R4														
37/38	35	PLC - EPICS connections	0			R3	R4														
38/38	36	PS1 and PS2 Pressure Switch Connections	0				R4														

REVISIONI	R1	R2	R3	R4						DATA	05/07/2011										
DATA ULTIMA REVISIONE	05/07/2011								DISEGN.				Jesus Vosquez								
NUMERO MODIFICHE PAGINA	0								CONTR.				Jesus Vosquez								
VERSIONE SABIK	Ver. 13.00								APPROV.				Jesus Vosquez								
										SOST. IL:				SOST. DA:				ORIGINE:			

RIEPILOGO PAGINE CON REVISIONE							FEI Vacuum System Electrical Schematics							SUMMARY	
SHEETS SUMMARY														FEI LAB	
														FOGL. 0-LP-001	
														1 F.S.	

(I1.2, M8 - M12)

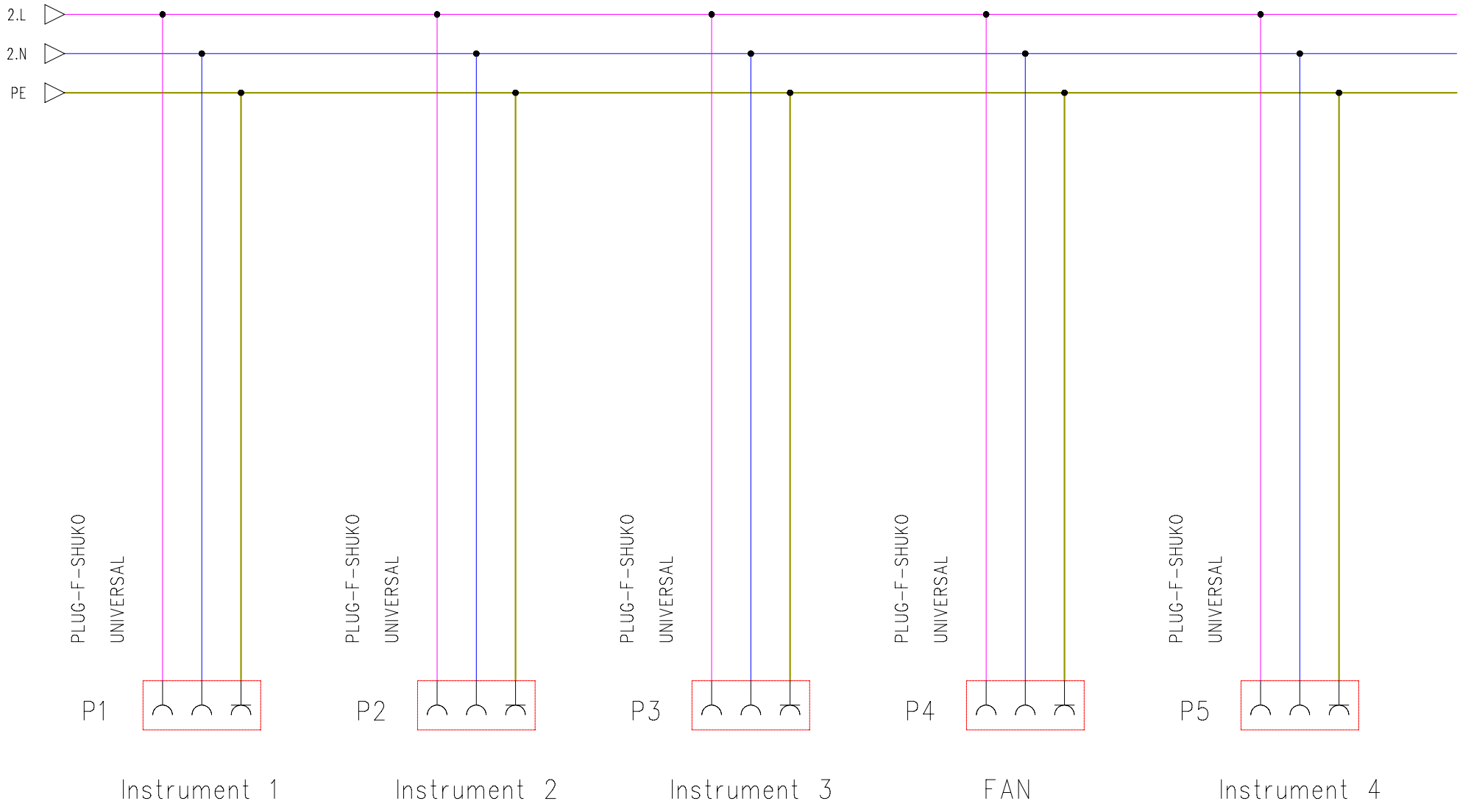


PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchematicElectricalSchematics
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	16/06/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vosquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vosquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vosquez

Interrupor connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 1
			2 N.S.



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R1	R2	R4						
LAST REVISION DATE	05/07/2011								
SHEET STATUS	0								
SABIK VERSION	Ver. 13.00								

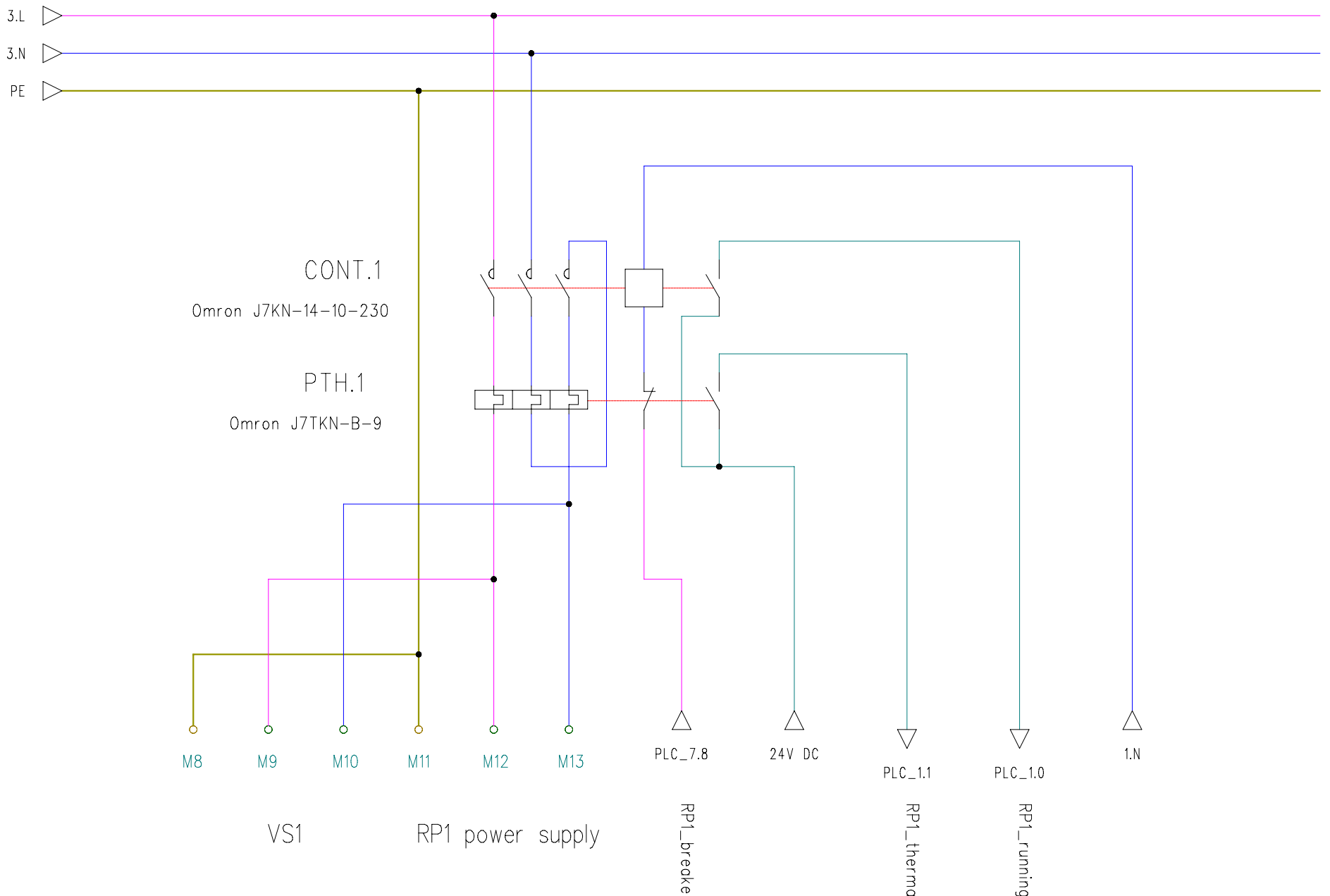
DATE	16/06/2011
COMMISS.	Jesus Vasquez
CHECK.	Jesus Vasquez
APPROV.	Jesus Vasquez



Vacuum Instrument and FAN Connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 2
	3 N.S.



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectrica
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

M: 10mm² Terminal

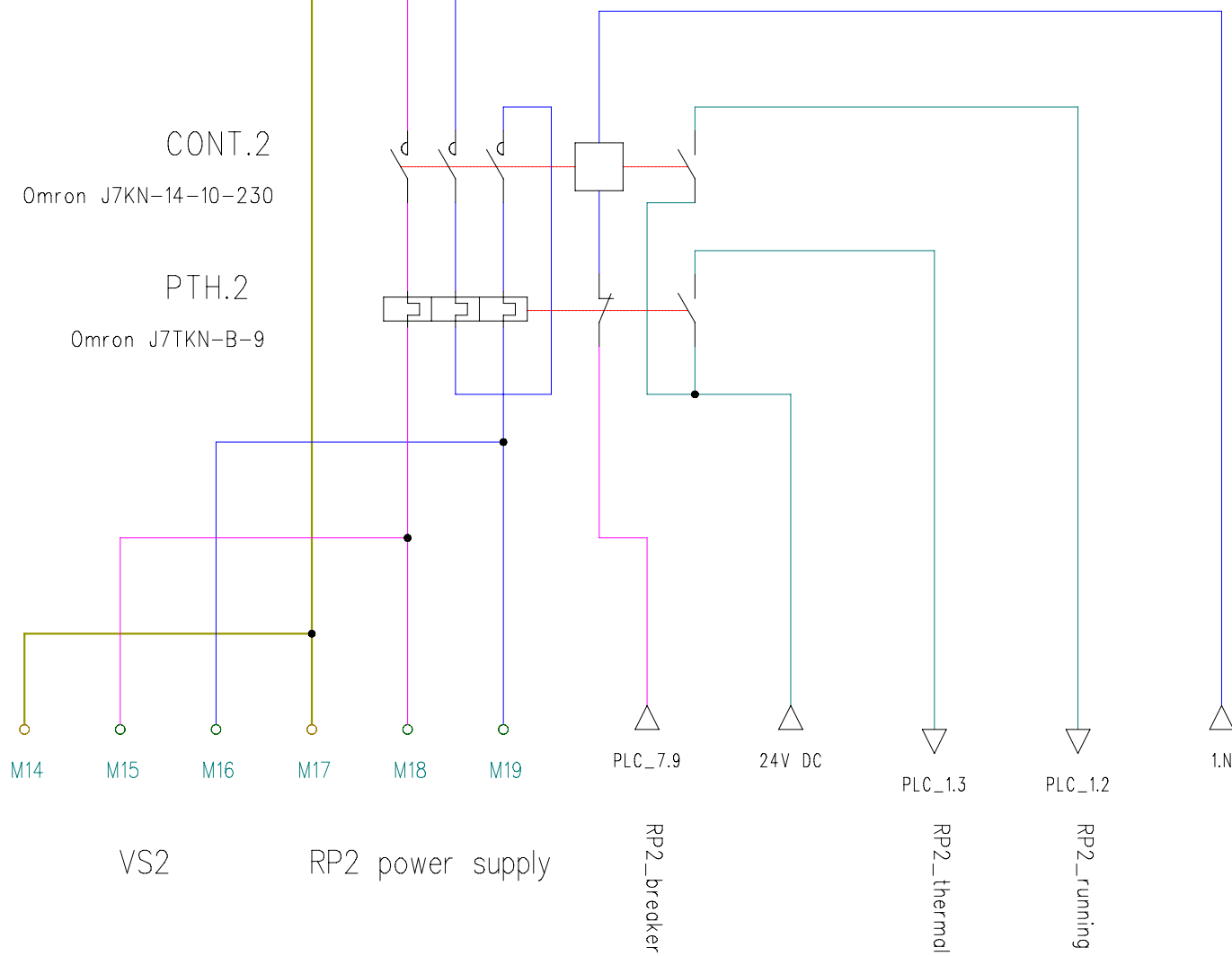
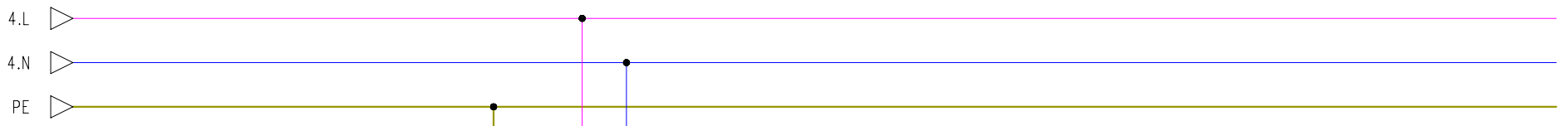
REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	23/07/2010
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vasquez



RP1 Connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics

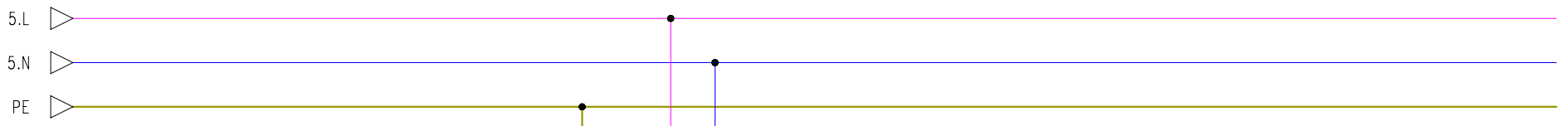
=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 3
4	N.S.



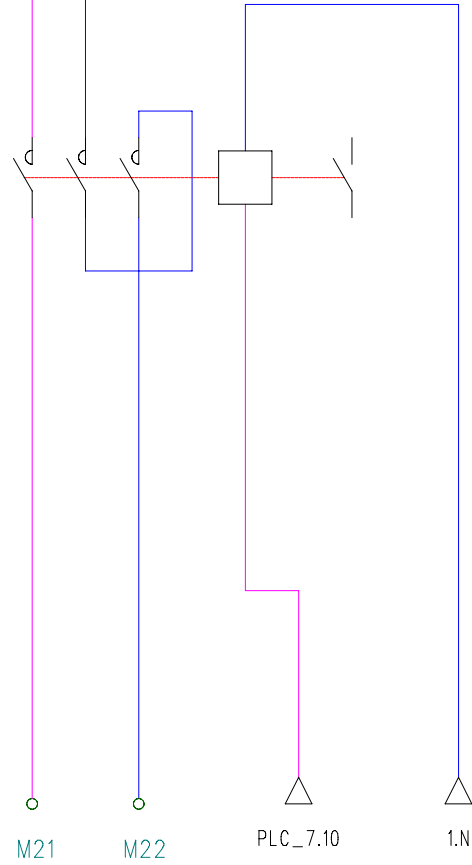
PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchematicElectricity
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

M: 10mm2 Terminal

REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	05/07/2011		FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vasquez		+	FEI_LAB		
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vasquez			SHEET 4		
SABIK VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vasquez			5	N.S.	



CONT.3
Omron J7KN-10-10-230



TP1 power supply

TP1_breaker

M: 10mm2 Terminal

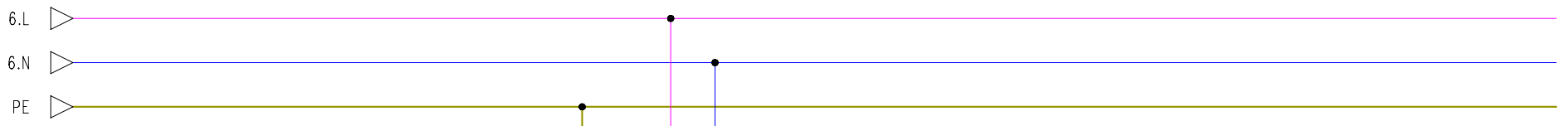
PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF A UTILITY MODEL OR DESIGN

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	23/07/2010
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vasquez

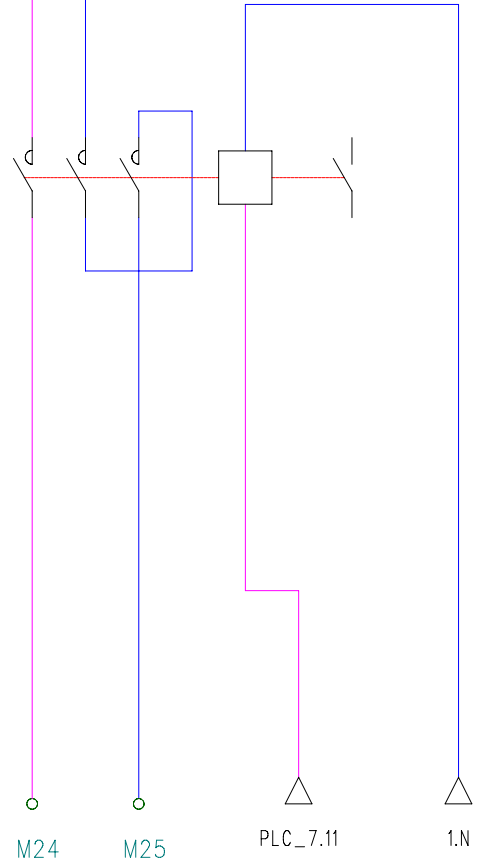


TP1 Connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics			=	VS_RACK
			+	FEI_LAB
				SHEET 5
				6 N.S.



CONT.4
Omron J7KN-10-10-230



TP2 power supply

TP2_breaker

M: 10mm2 Terminal

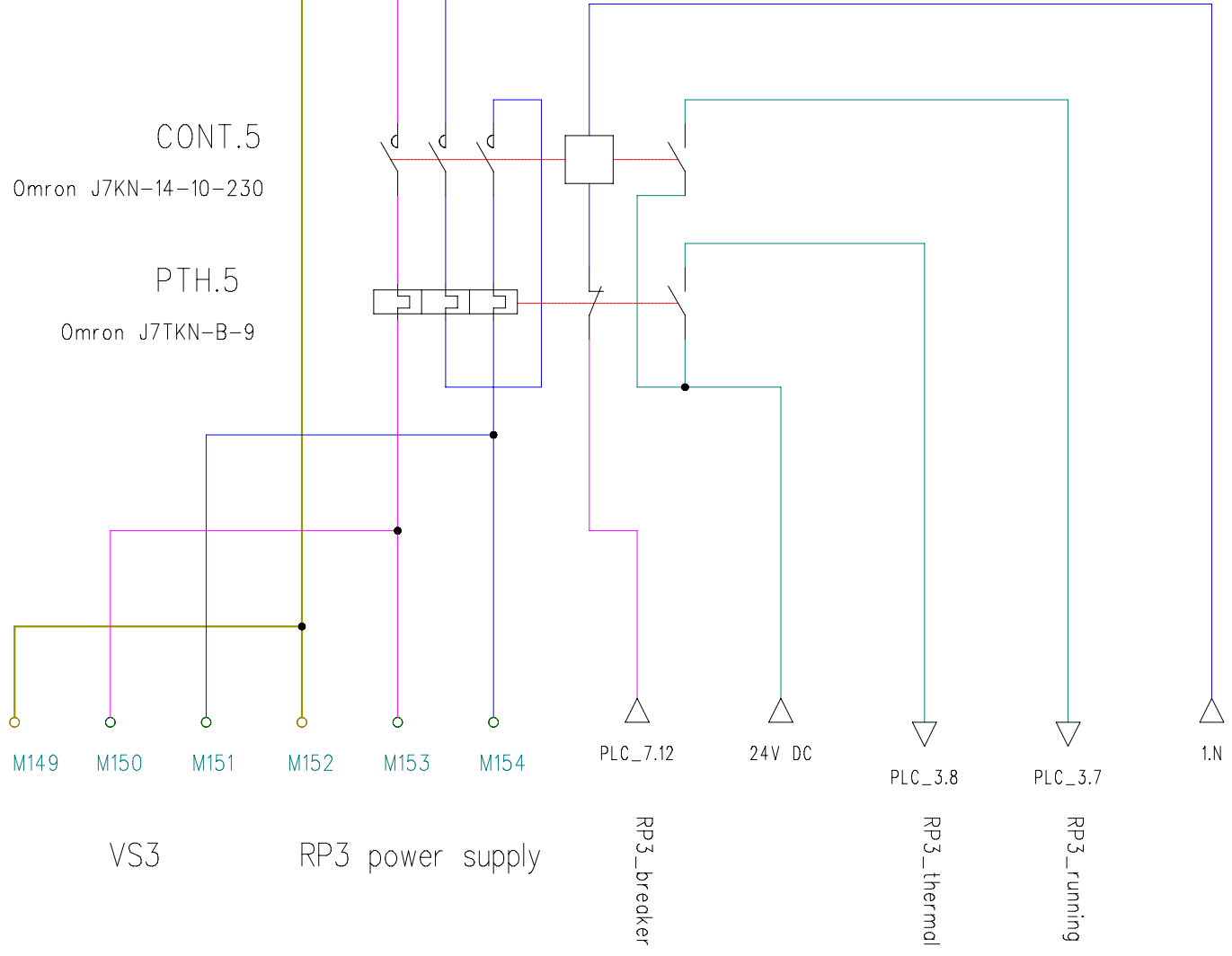
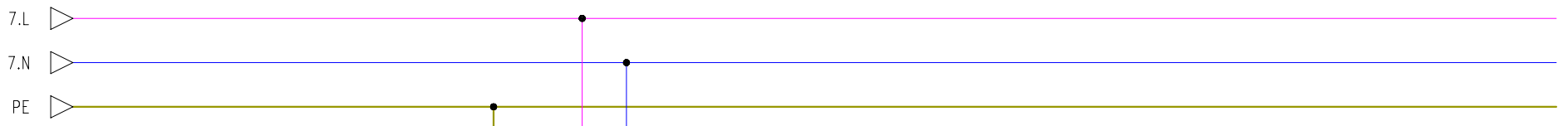
PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectrica
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN OF THE INVENTION, THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI.

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	23/07/2010
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vasquez



SUBST.: SUB. FOR: ORIGIN: TP2 Connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 6
			7 N.S.



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectrica
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

M: 10mm2 Terminal

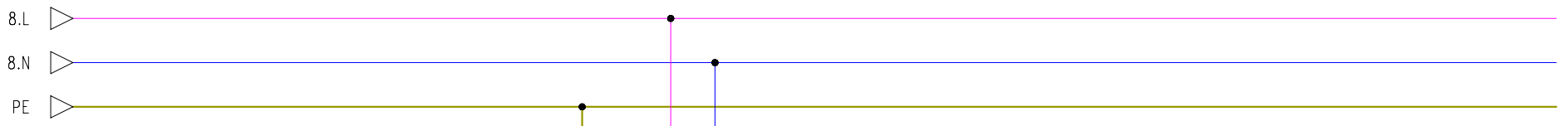
REVISIONS	R4	DATE	16/06/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011	COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0	CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.	Jesus Vasquez



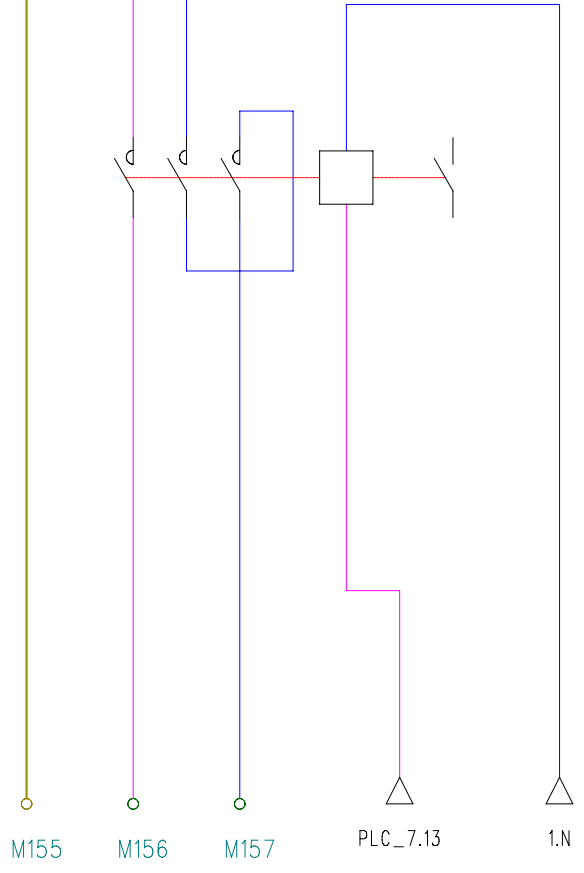
RP3 Connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 7
	8 N.S.



CONT.6
Omron J7KN-10-10-230



TP3 power supply

TP3_breaker

M: 10mm2 Terminal

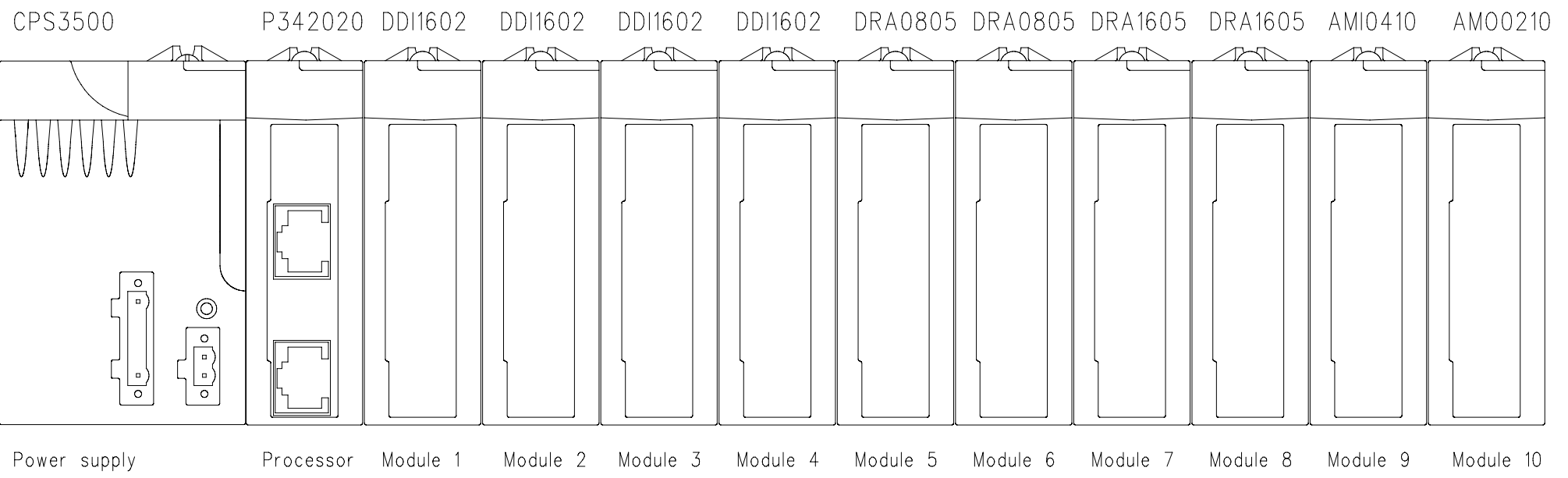
PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN OF THE INVENTION, THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI.

REVISIONS		R4	DATE	16/06/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011	COMMISS.	Jesus Vasquez	
SHEET STATUS	0	CHECK.	Jesus Vasquez	
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.	Jesus Vasquez	



TP3 Connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 8
			9 N.S.



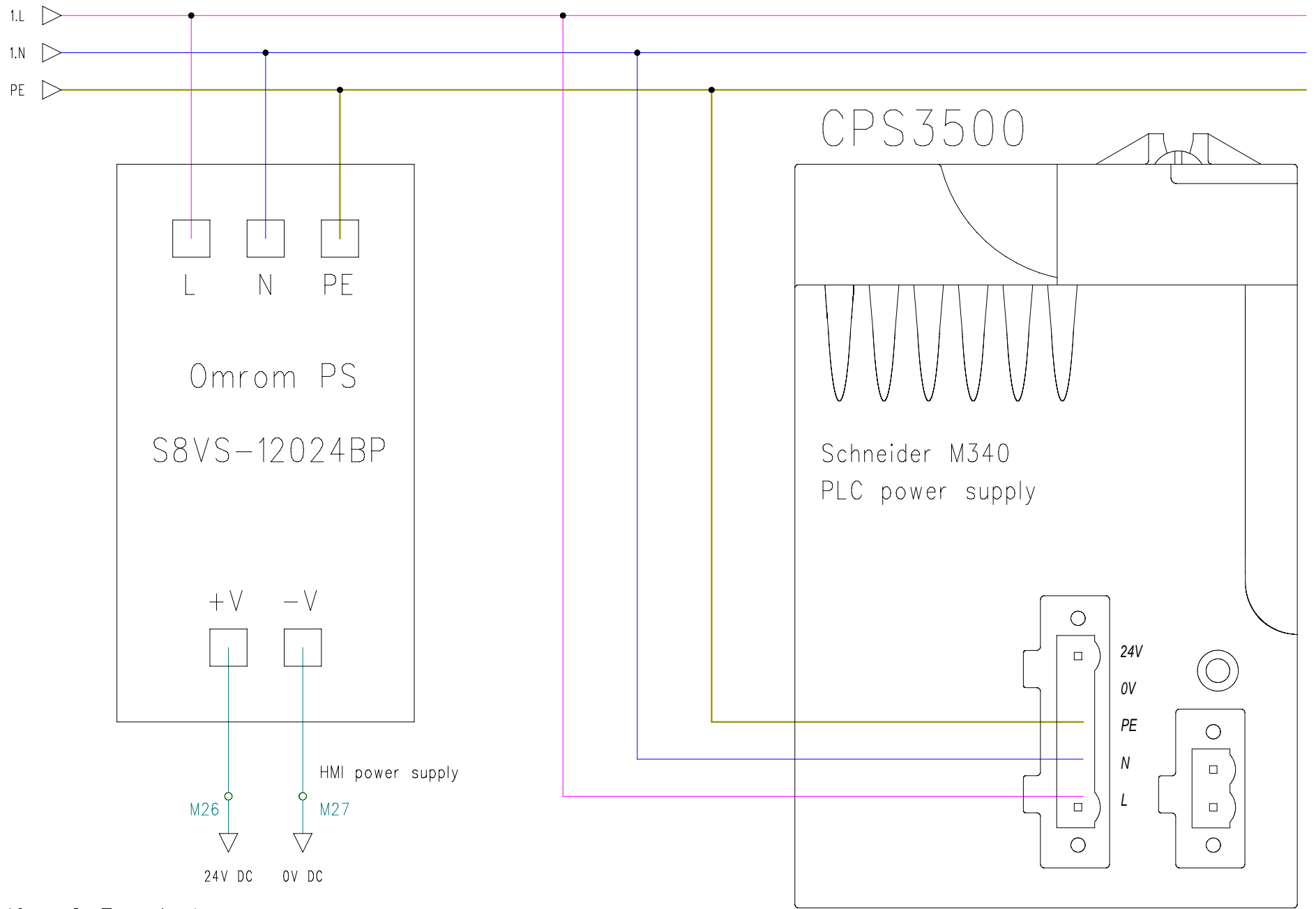
PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY. OFFENDERS WILL BE RESPONSIBLE FOR THE PAYMENT OF DAMAGES. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	23/07/2010
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vasquez





PLC description	FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
			+	FEI_LAB
				SHEET 9
			10	N.S.



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectrica
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

M: 10mm2 Terminal

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	23/07/2010
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vasquez

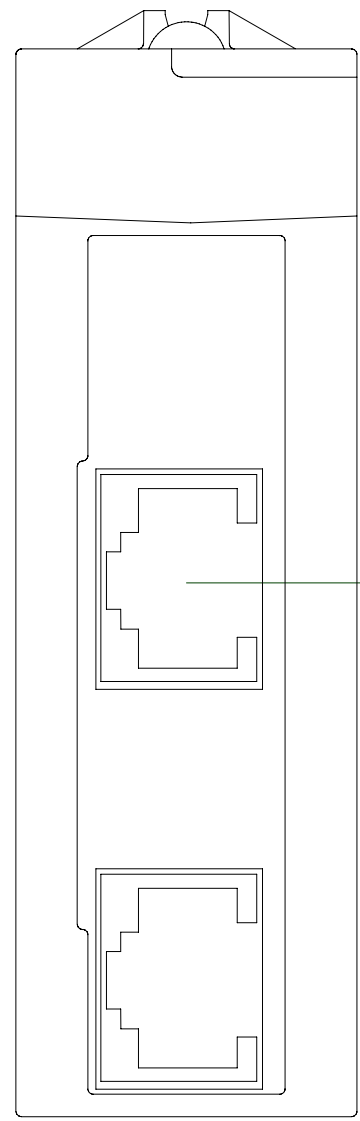


PLC and DC power supplies connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 10
	11 N.S.

P342020



Ethernet crossover cable
(to HMI)

Ethernet link

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectrico
 TYPE: Electric

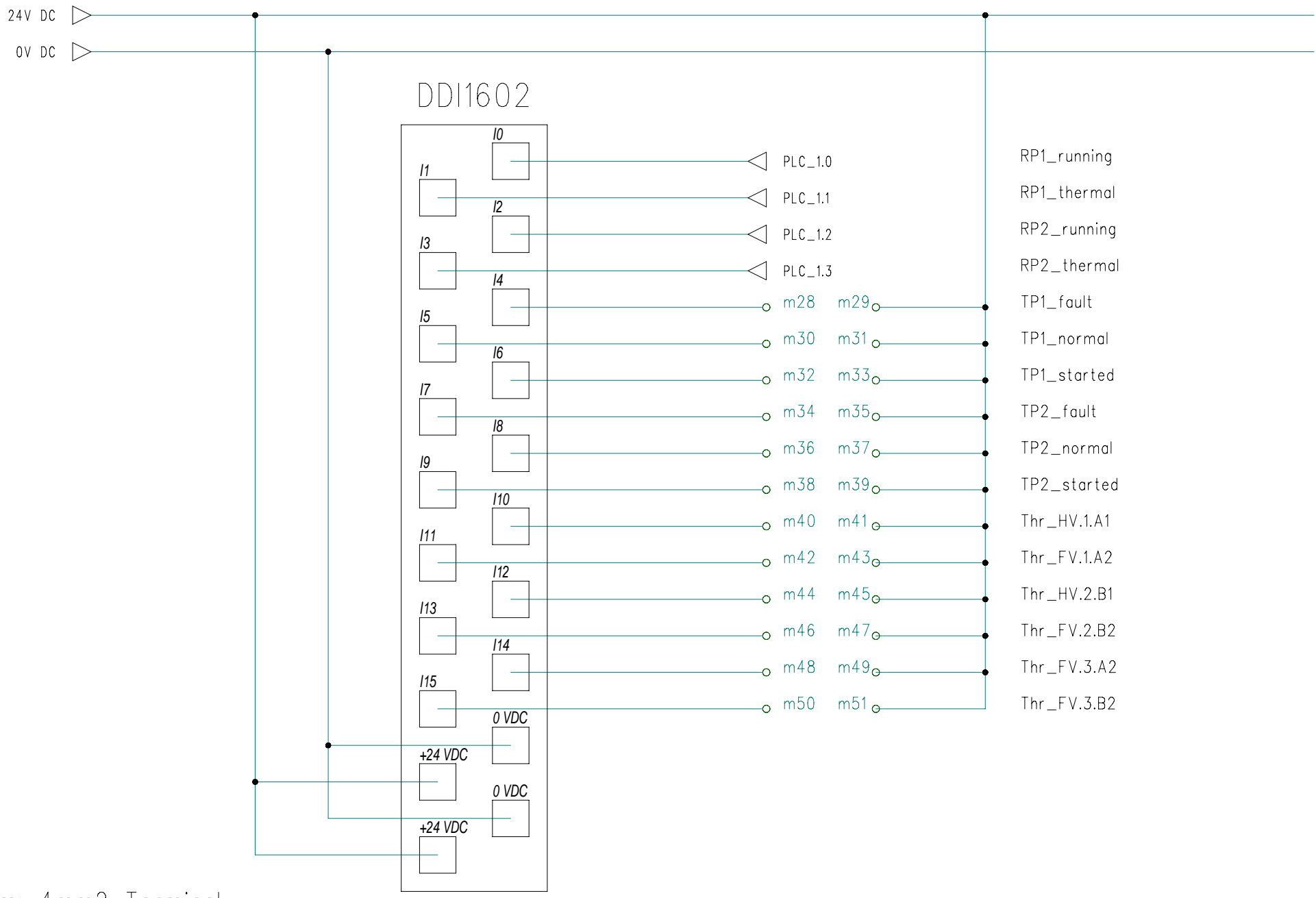
REVISIONS	R1	R2	R4					DATE	23/07/2010
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.				Jesus Vasquez	
SHEET STATUS	0			CHECK.				Jesus Vasquez	
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.				Jesus Vasquez	



PLC processor connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics

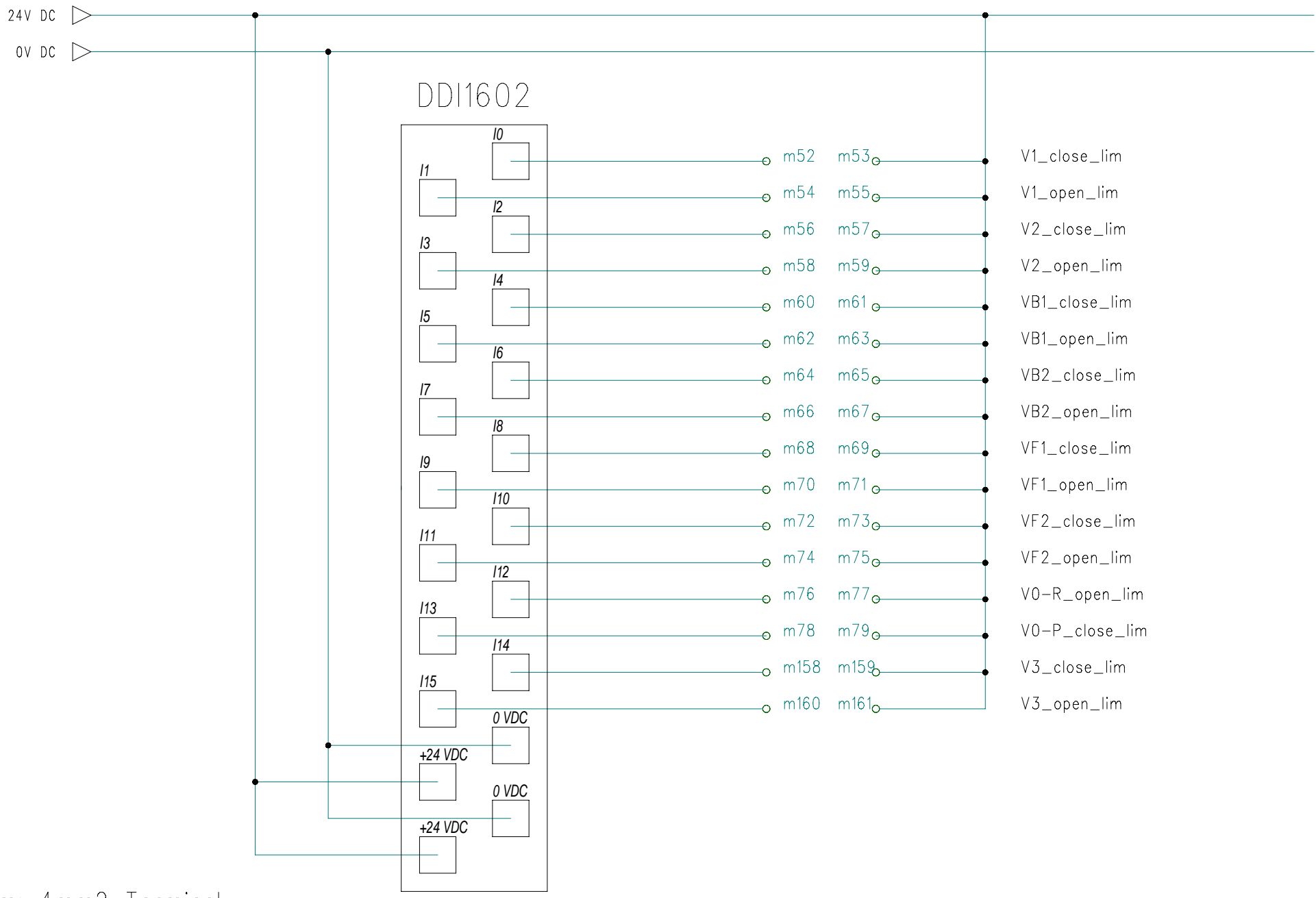
=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 11
	12 N.S.



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS OF THE PATENT AND THE PAYMENT OF DAMAGES. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN

m: 4mm2 Terminal

REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	05/07/2011		FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vasquez				+	FEI_LAB
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vasquez					SHEET 12
SABIK VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vasquez		SUBST.:	SUB. FOR:	ORIGIN:	PLC module 1 connections



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectrica
 TYPE: Electric

m: 4mm² Terminal

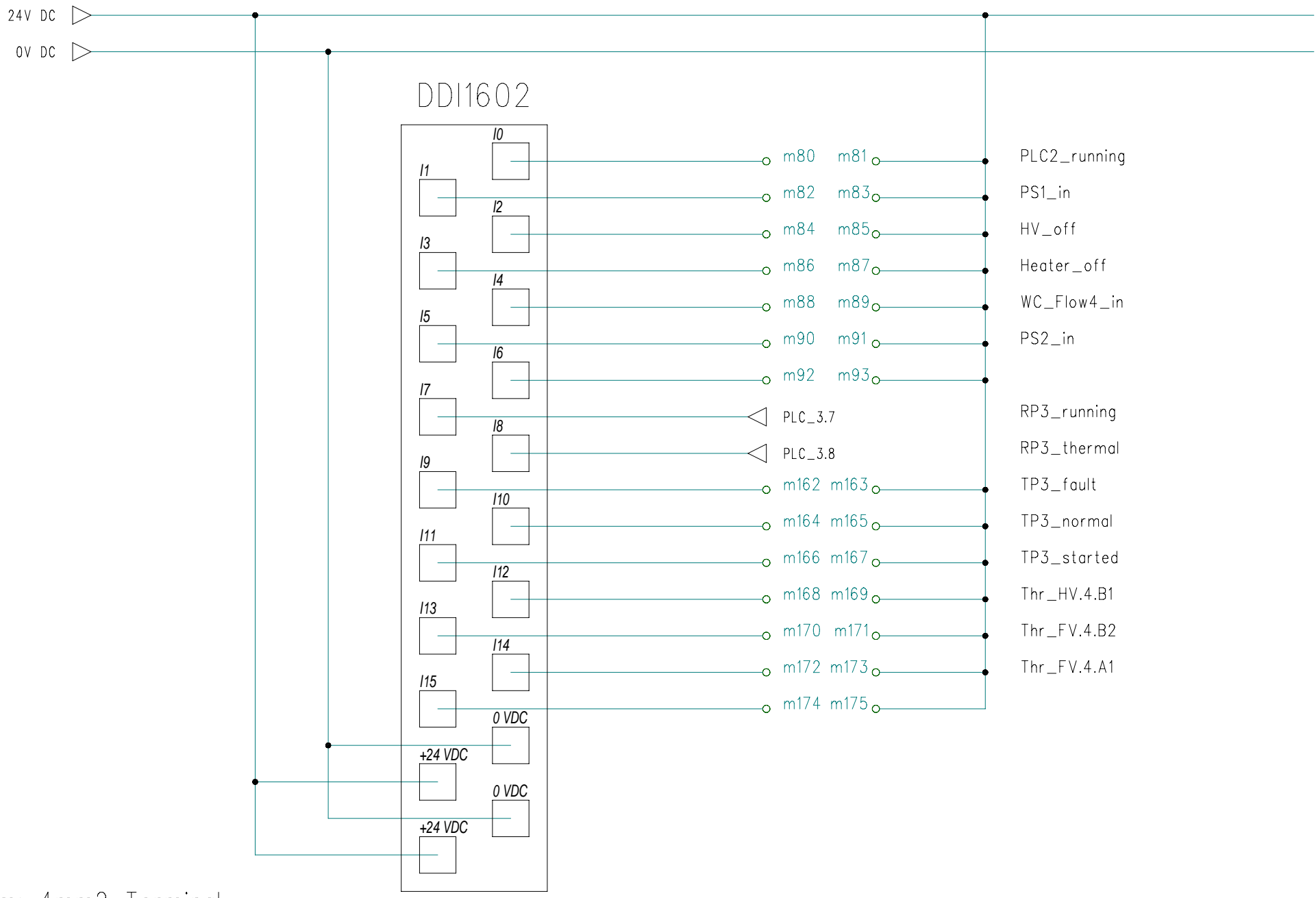
REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	04/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vasquez



PLC module 2 connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 13
	14 N.S.



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

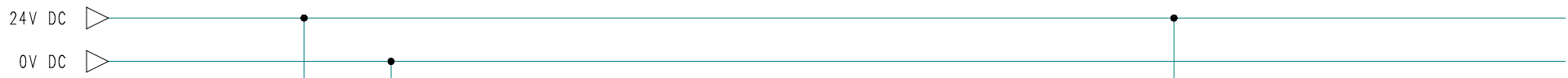
m: 4mm² Terminal

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vasquez

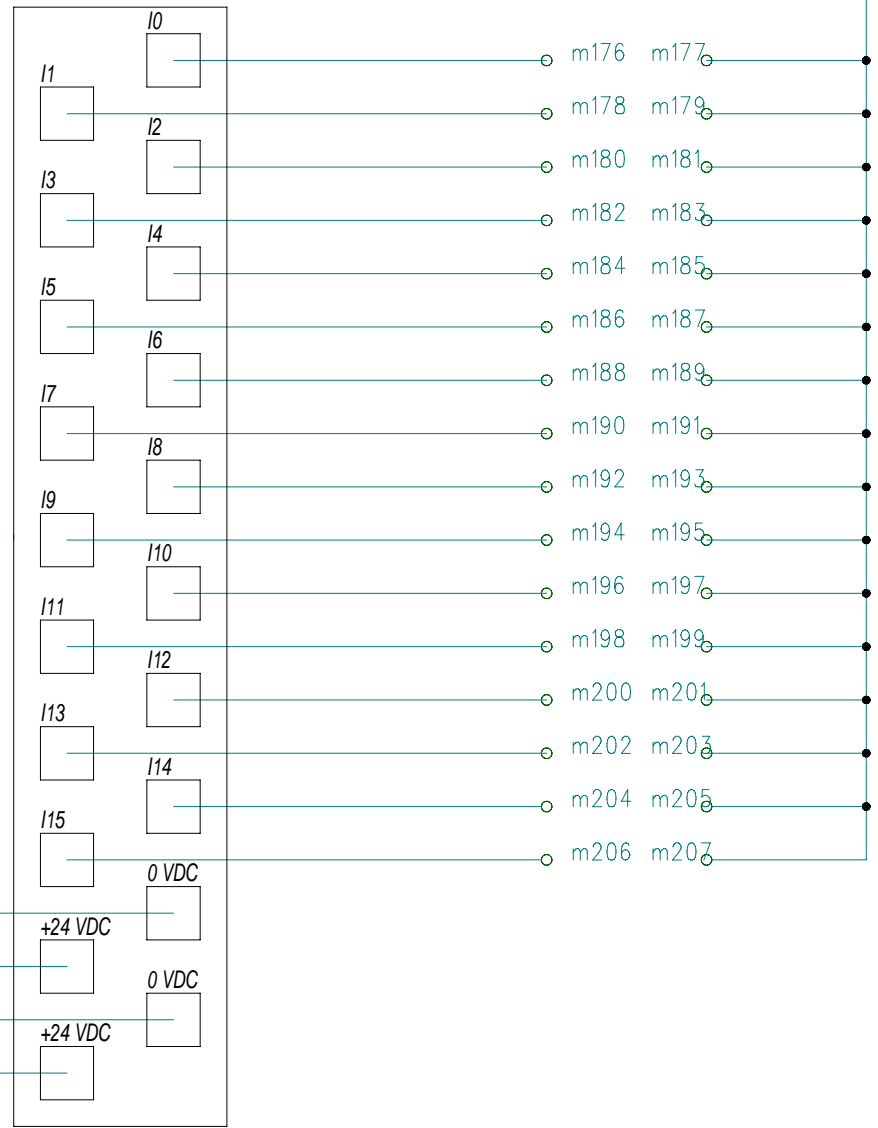
SUBST.: SUB. FOR: ORIGIN:

PLC module 3 connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 14
			15 N.S.



DDI1602



m: 4mm2 Terminal

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectrica
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R4	DATE	14/06/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011	COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0	CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.	Jesus Vasquez

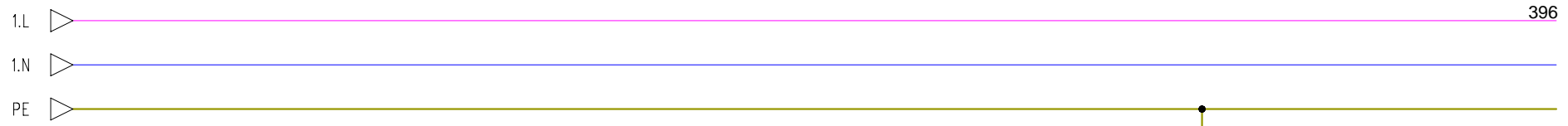


PLC module 4 connections

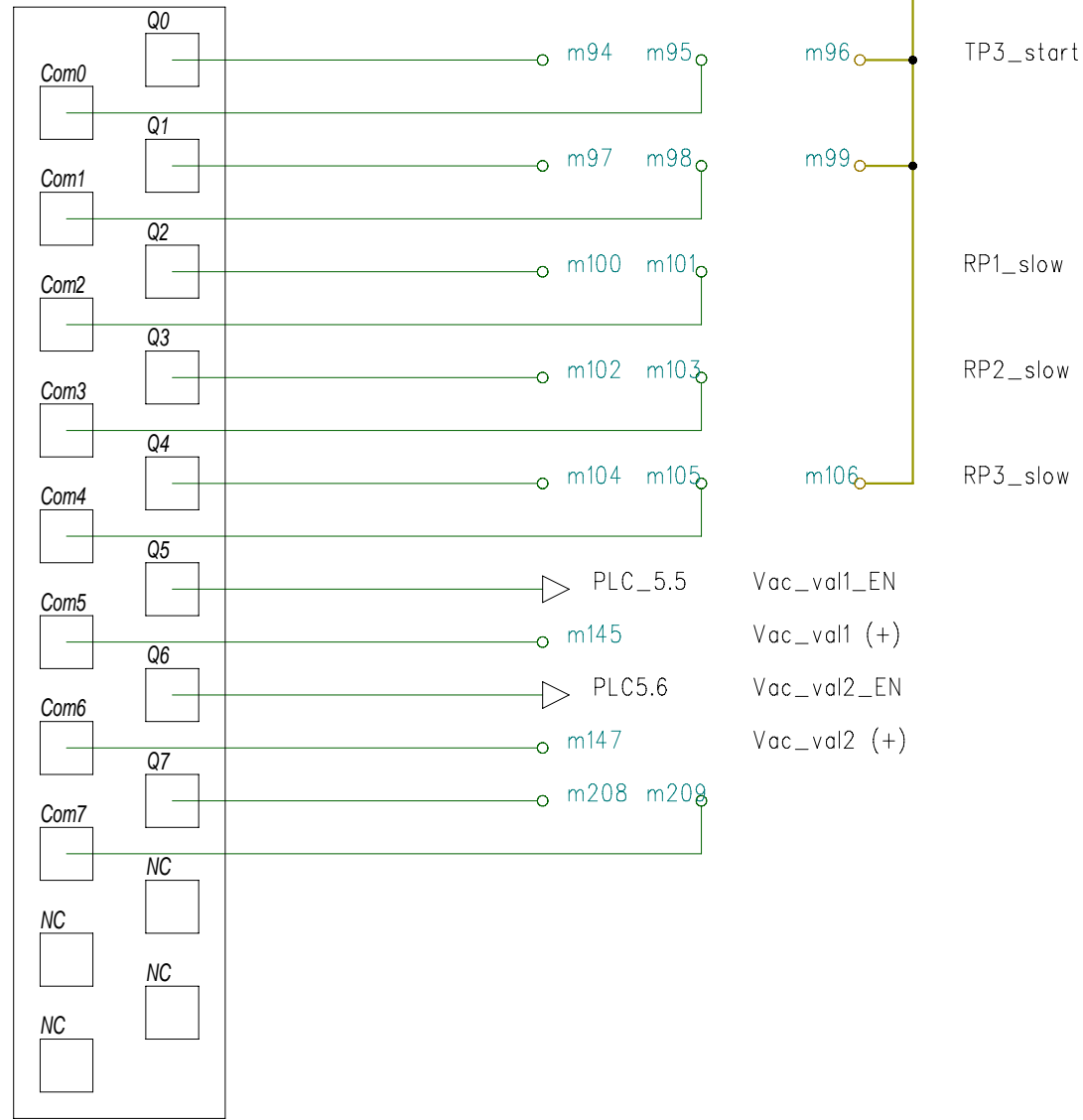
FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 15
	16 N.S.

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElettricaS16
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.



DRA0805

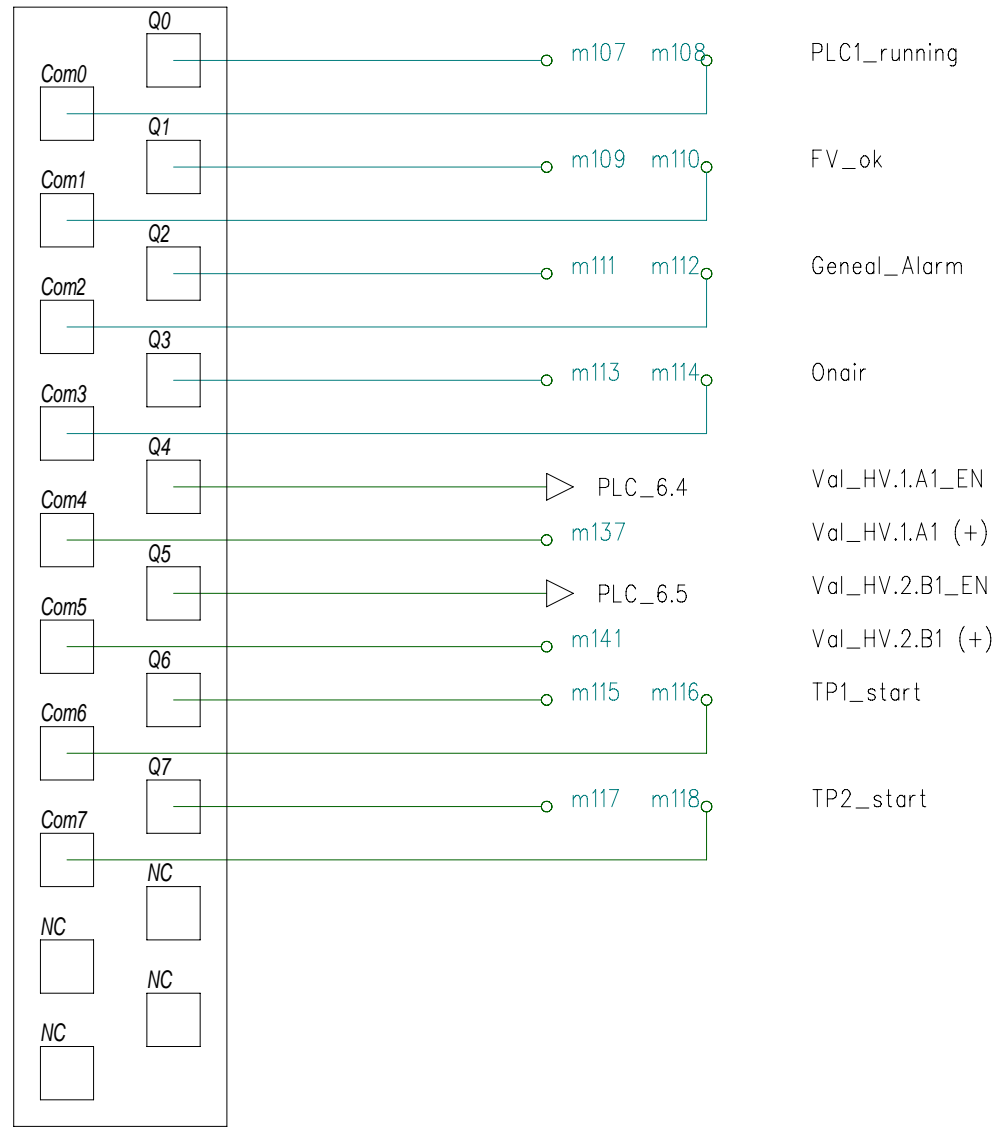


m: 4mm² Terminal

REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	15/06/2011		FEI Vacuum System Electrical Schematics	=	VS_RACK	
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vasquez			+	FEI_LAB	
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vasquez			SHEET	16	
SABIK VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vasquez	SUBST.:			17	N.S.

PLC module 5 connections

DRA0805



m: 4mm² Terminal

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElettricaS18
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS OF THE PATENT AND PAYMENT OF DAMAGES. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN

REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vasquez

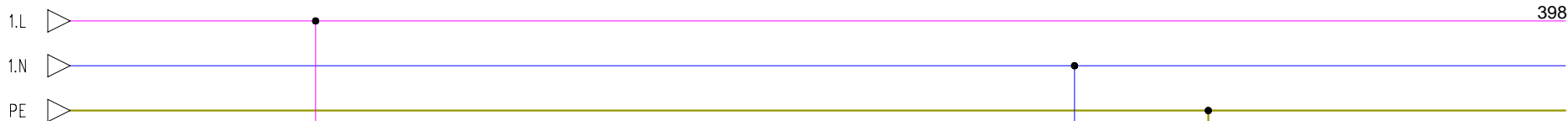


PLC module 6 connections

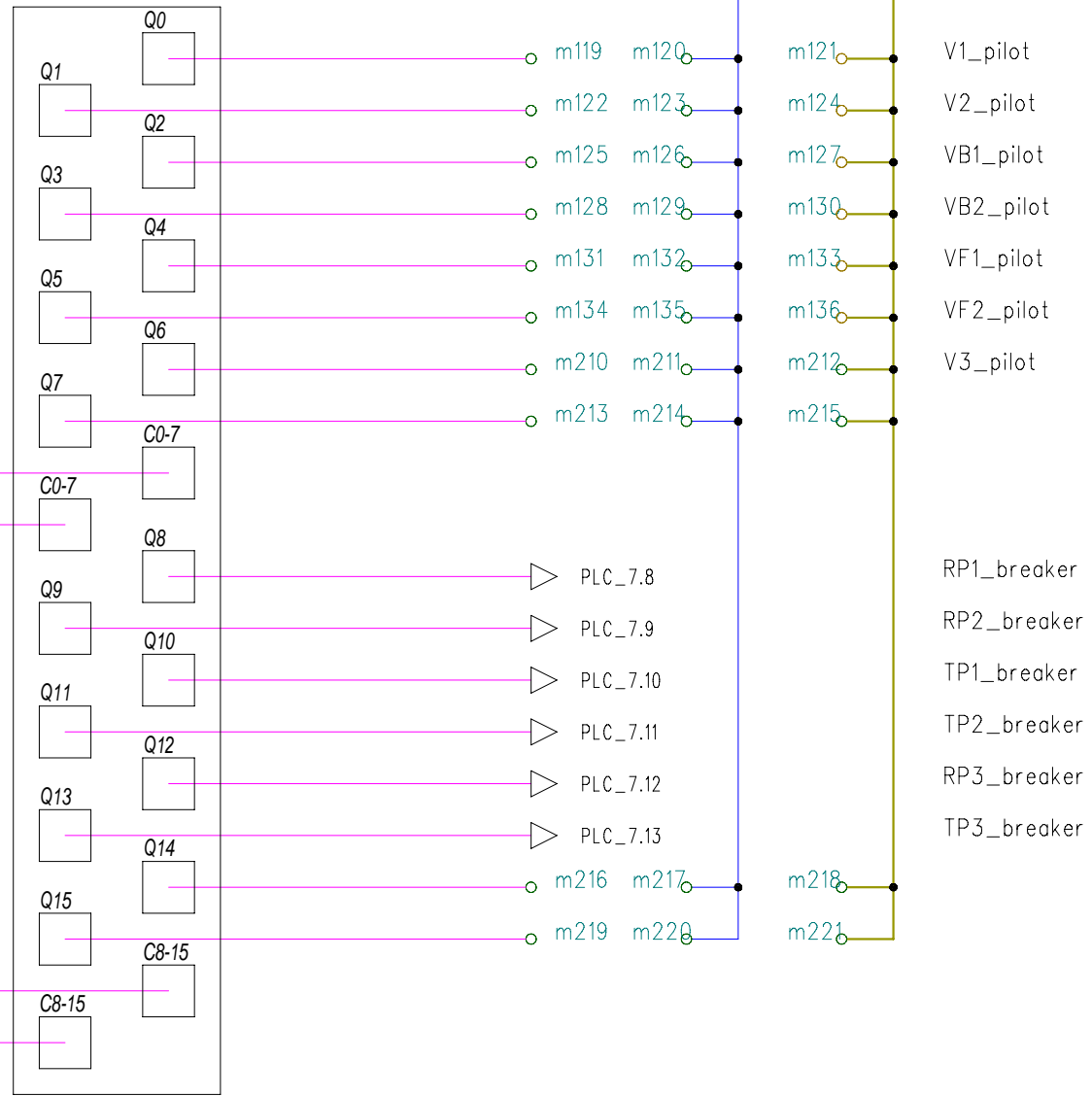
FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 17
	18 N.S.

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectrica
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.



DRA1605



m: 4mm² Terminal

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	15/06/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vasquez

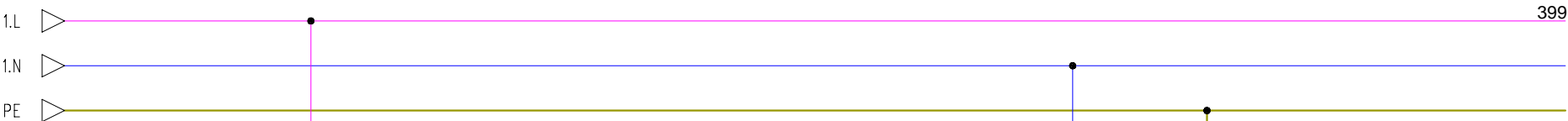


PLC module 7 connections

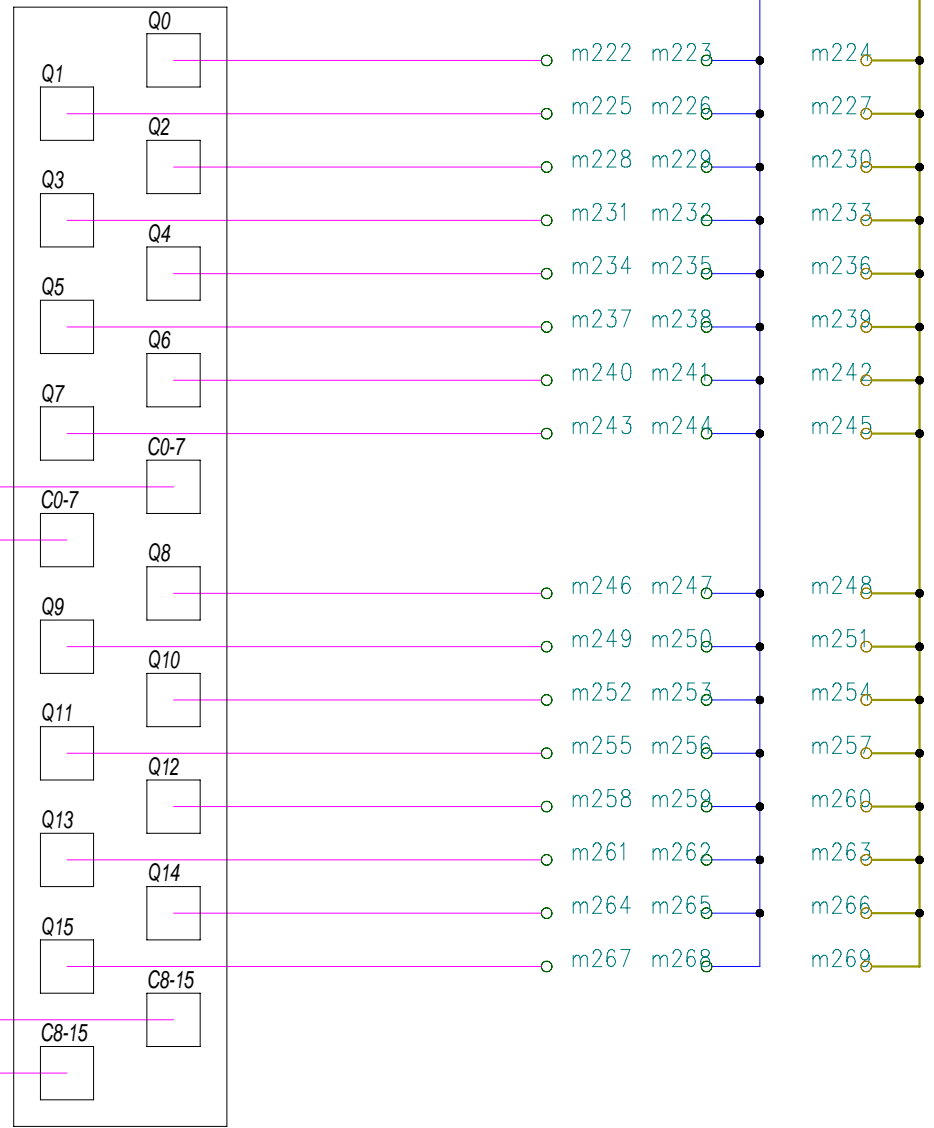
FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 18
	19 N.S.

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectric
 TYPE: Electric



DRA1605



VR1_pilot
 VR2_pilot
 VR3_pilot
 WC_EV4_pilot

m: 4mm² Terminal

REVISIONS	DATE	COMMISS.	CHECK.	APPROV.
R4	05/07/2011	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez
LAST REVISION DATE	05/07/2011			
SHEET STATUS	0			
SABIK VERSION	Ver. 13.00			

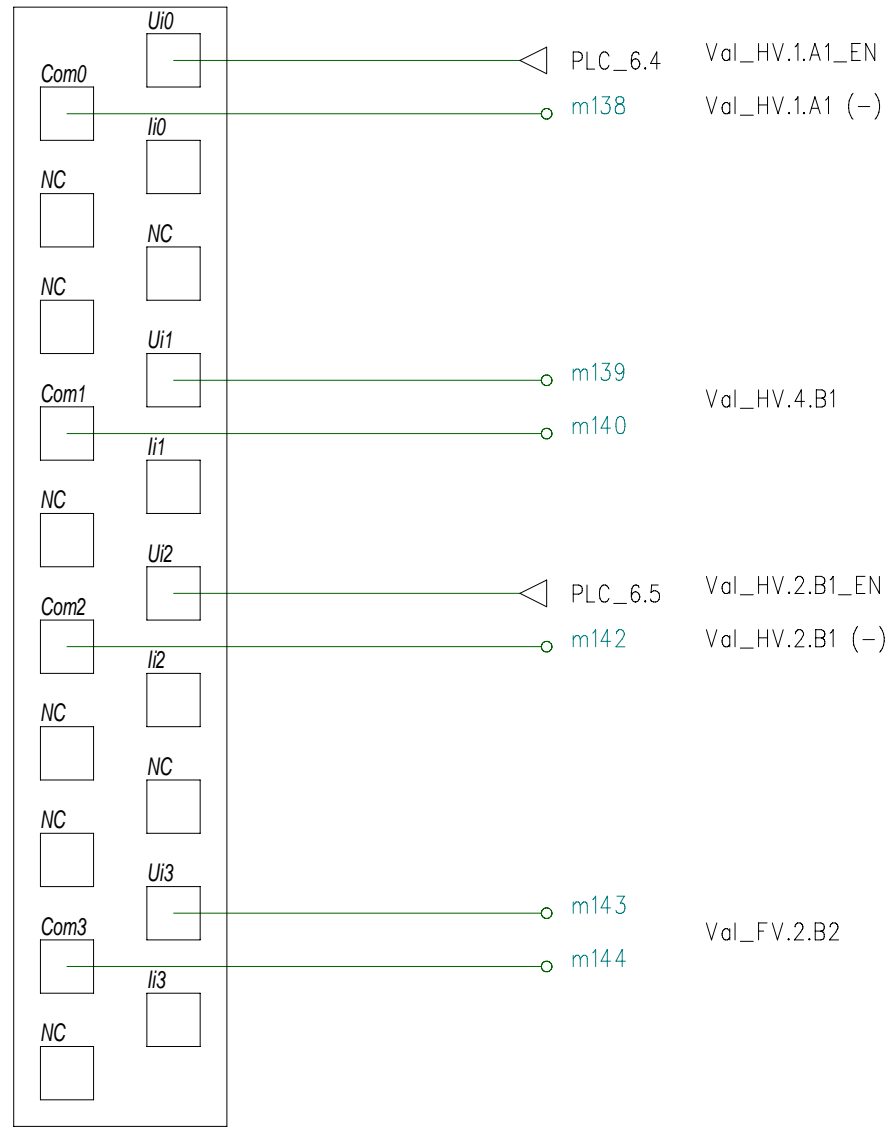


PLC module 8 connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 19
	20 N.S.

AMIO410



m: 4mm² Terminal

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectrico
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

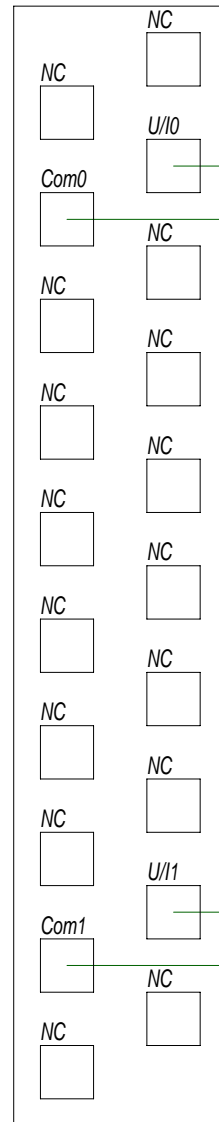
REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vasquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vasquez



PLC module 9 connections

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 20
			21 N.S.

AM00210



PLC_5.5 Vac_val1_EN

m146 Vac_val1 (-)

PLC_5.6 Vac_val2_EN

m148 Vac_val2 (-)

m: 4mm² Terminal

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectrico
 TYPE: Electric

REVISIONS	R2	R3	R4	DATE
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS. Jesus Vasquez
SHEET STATUS	0			CHECK. Jesus Vasquez
SABIC VERSION	Ver. 13.00			APPROV. Jesus Vasquez

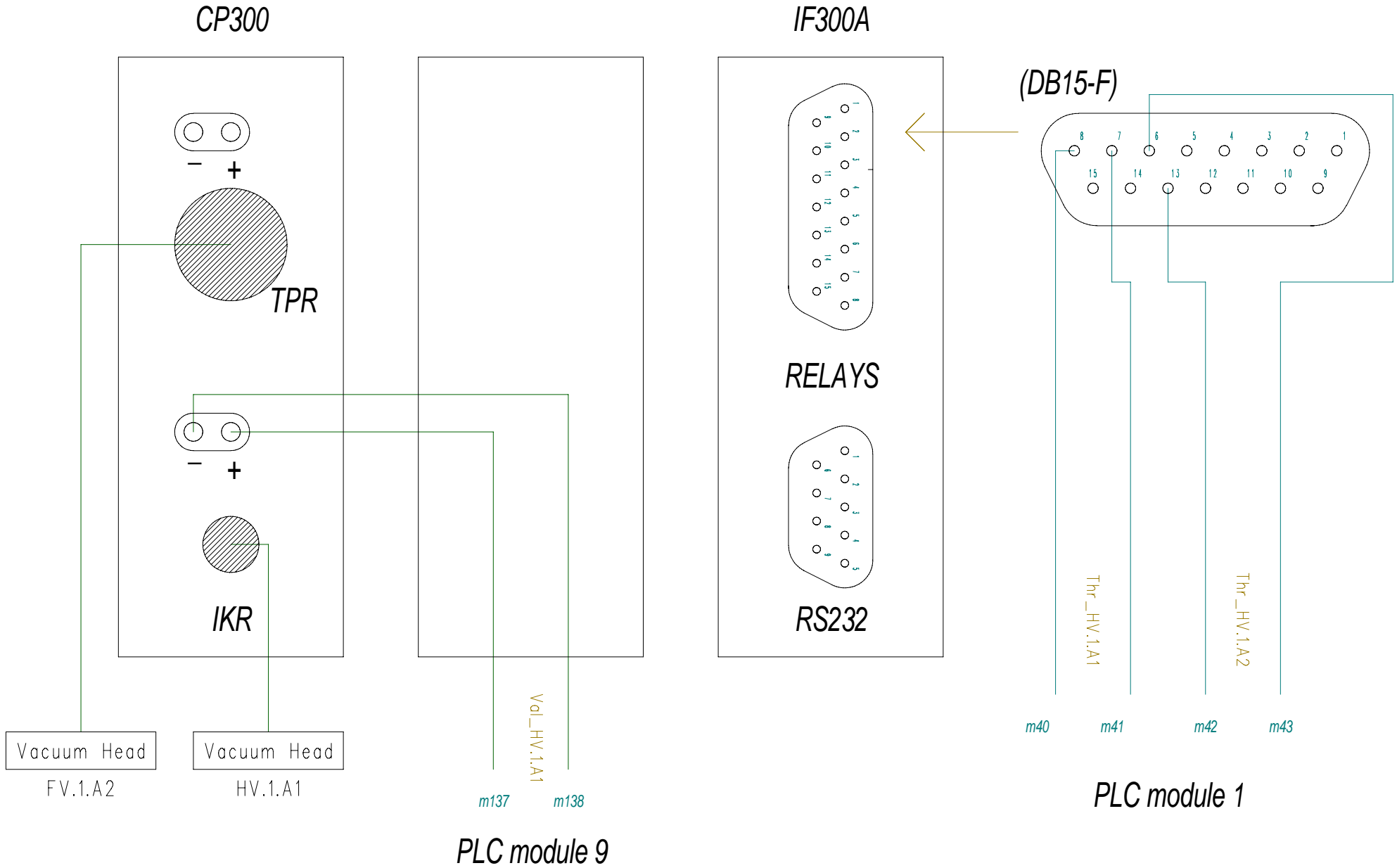
SUBST.: SUB. FOR: ORIGIN:

PLC module 10 connections		= VS_RACK
		+ FEI_LAB
		SHEET 21
		22 N.S.

Vacuum Instrument 1 (V.I.1)

402

(TPG 300)



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchematicElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	DATE	COMMISS.	CHECK.	APPROV.
R4	05/07/2011	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez
LAST REVISION DATE	05/07/2011			
SHEET STATUS	0			
SABIK VERSION	Ver. 13.00			

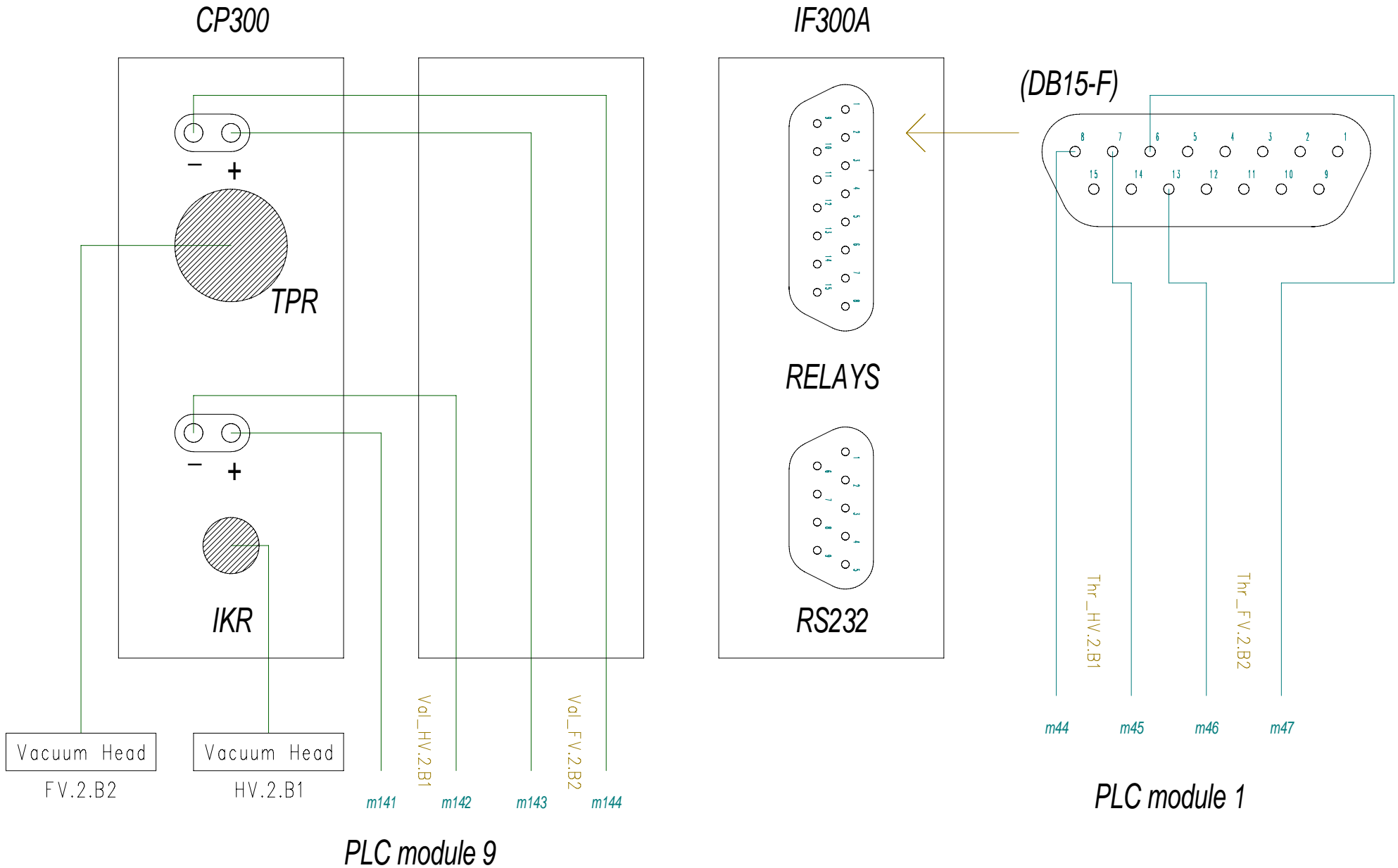




Vacuum instrument 1 connections		FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
				+	FEI_LAB
					SHEET 22
					23 N.S.

Vacuum Instrument 2 (V.I.2)

403
(TPG 300)



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchematicElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	DATE	COMMISS.	CHECK.	APPROV.
R4	05/07/2011	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez

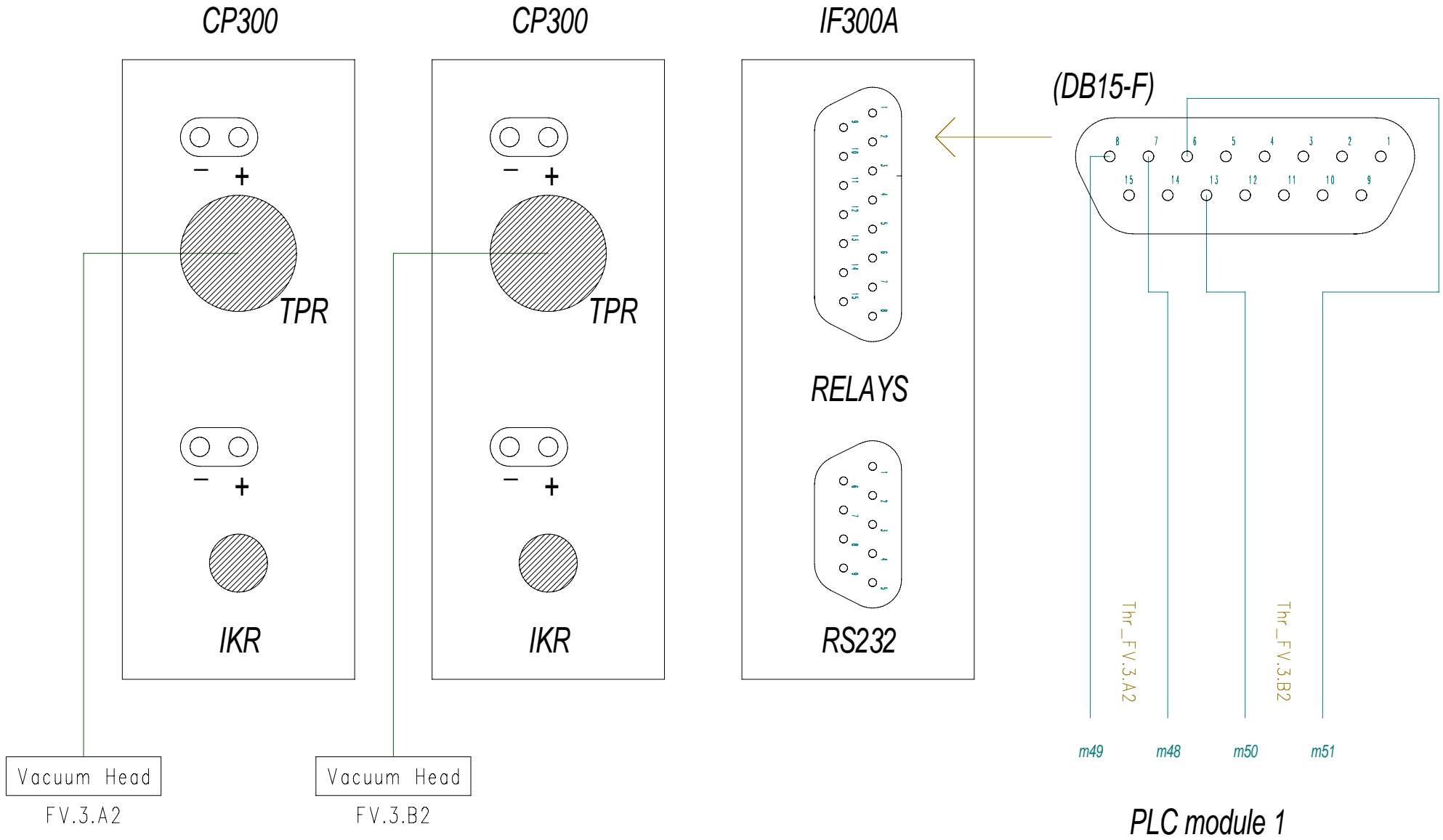




Vacuum instrument 2 connections		FEI Vacuum System Electrical Schematics		= VS_RACK
				+ FEI_LAB
				SHEET 23
				24 N.S.

Vacuum Instrument 3 (V.I.3)

404
(TPG 300)



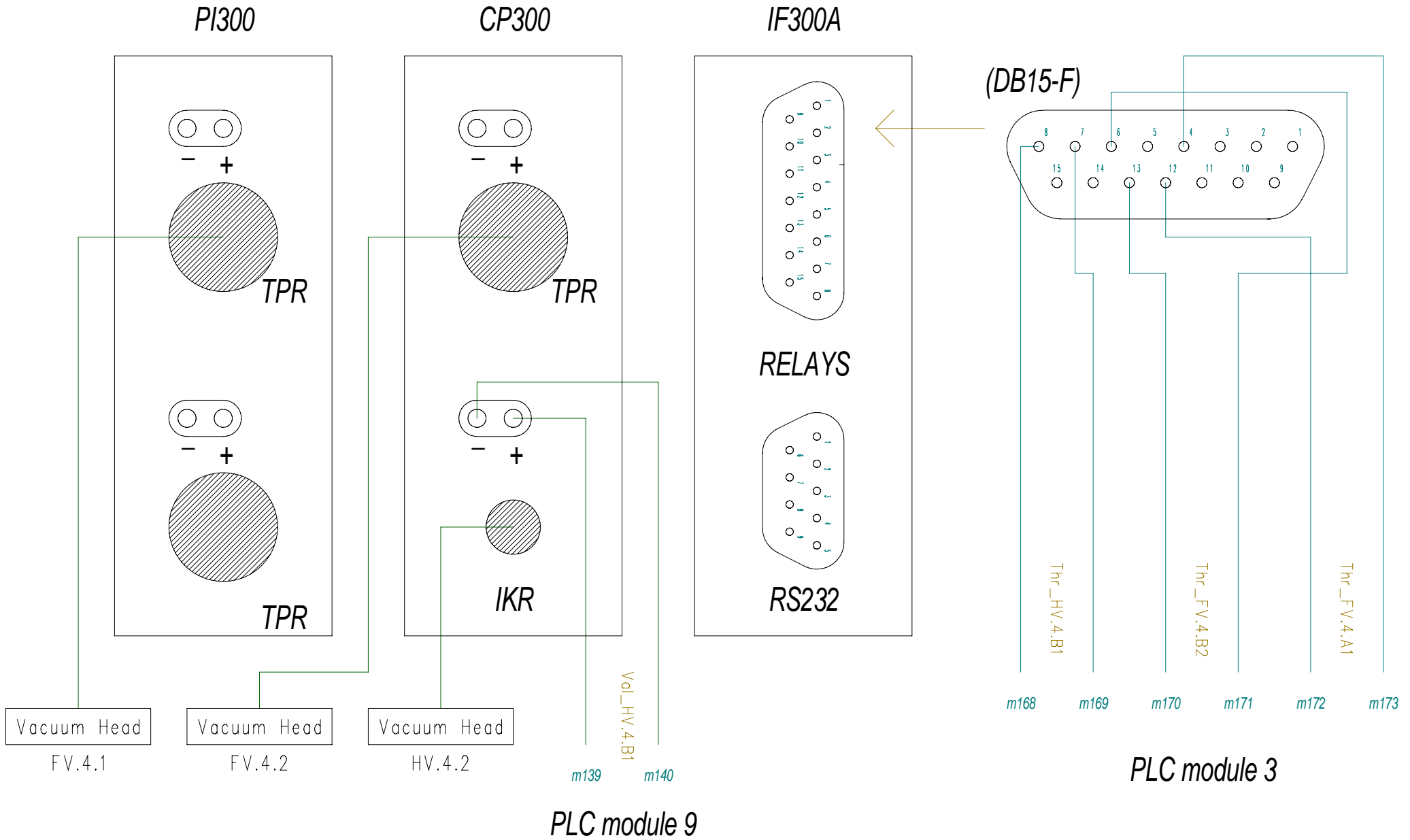
PROJECT: SPES
FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchematicElectric
TYPE: Electric

REVISIONS	DATE	COMMISS.	CHECK.	APPROV.
R4	05/07/2011	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez
LAST REVISION DATE	05/07/2011			
SHEET STATUS	0			
SABIK VERSION	Ver. 13.00			

Vacuum instrument 3 connections		FEI Vacuum System Electrical Schematics		= VS_RACK
				+ FEI_LAB
				SHEET 24
				25 N.S.

Vacuum Instrument 4 (V.I.4)

405
(TPG 300)



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchematicElectrical
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

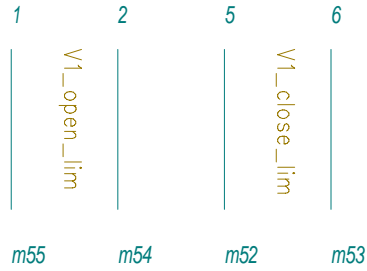
REVISIONS	DATE	COMMISS.	CHECK.	APPROV.	SUBST.:	SUB. FOR:	ORIGIN:
R4	05/07/2011	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez			
LAST REVISION DATE	05/07/2011						
SHEET STATUS	0						
SABIK VERSION	Ver. 13.00						

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
Vacuum instrument 4 connections		+	FEI_LAB
			SHEET 25
			26 N.S.

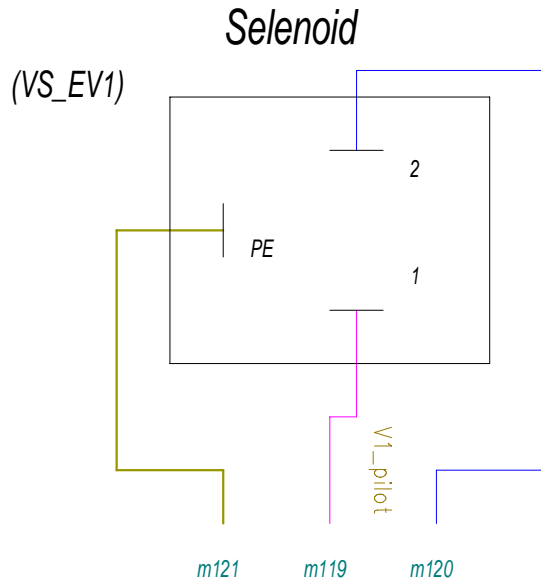
PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

V1 Valve

Position Indicator



PLC module 2

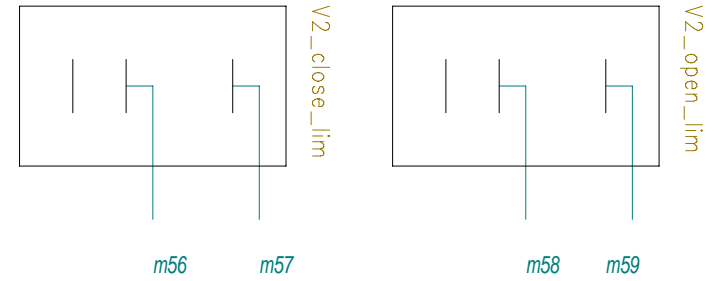


PLC module 7

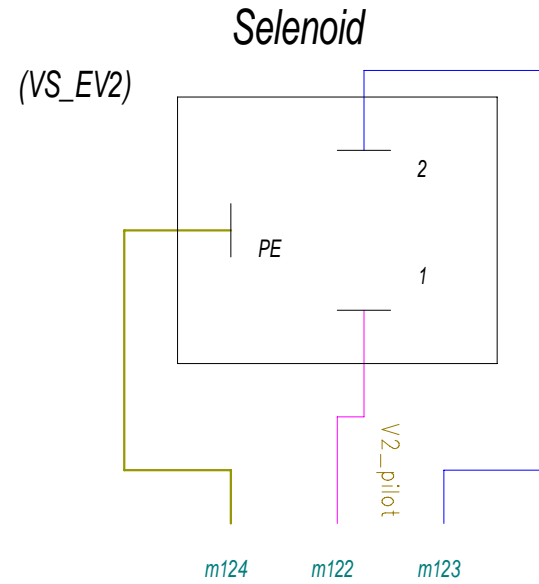
V2 Valve

Position Indicator

(close to the pump)



PLC module 2



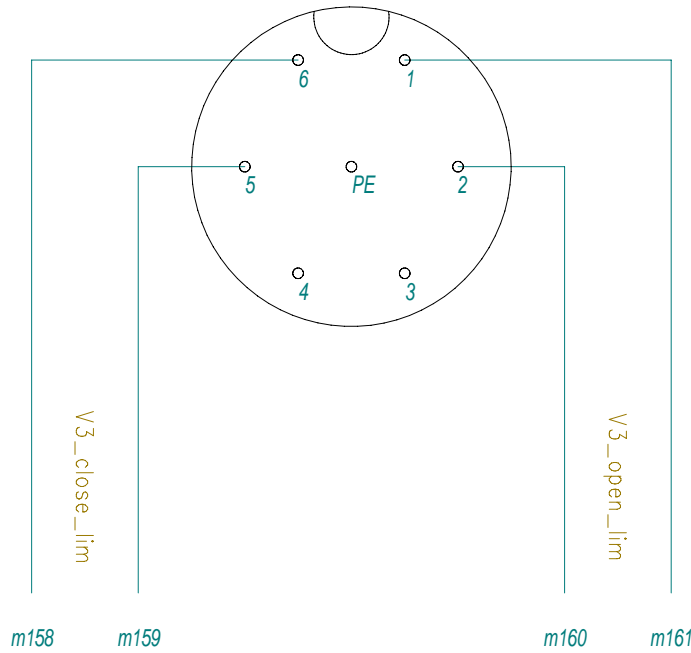
PLC module 7

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	05/07/2011		FEI Vacuum System Electrical Schematics	=	VS_RACK
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vosquez			+	FEI_LAB
SHEET STATUS	3			CHECK.	Jesus Vosquez			SHEET 26	
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vosquez			27 N.S.	

V1 and V2 valve connectors

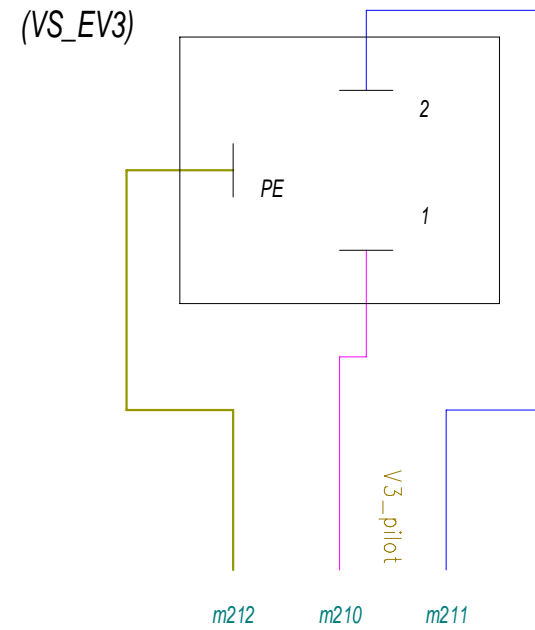
V3 Valve

Position Indicator



PLC module 2

Solenoid



PLC module 7

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectric
 TYPE: Electric

REVISIONS	DATE
R4	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011
SHEET STATUS	3
SABIK VERSION	Ver. 13.00

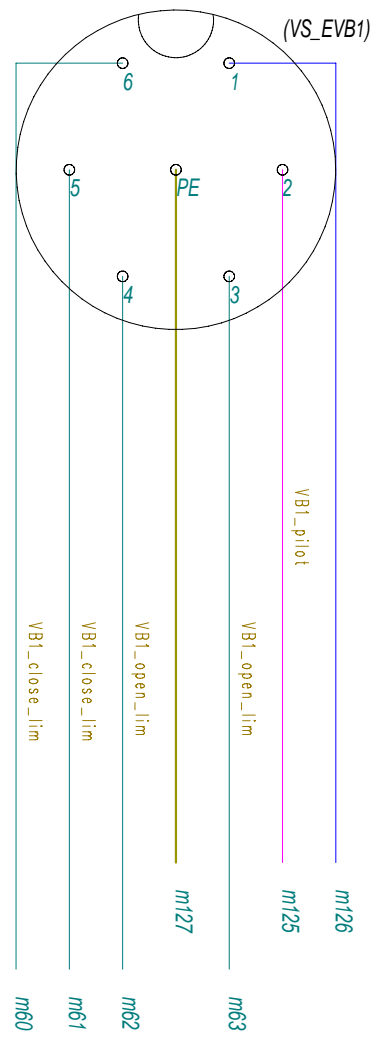
COMMISS.	CHECK.	APPROV.	SUBST.:	SUB. FOR:	ORIGIN:
Jesus Vasquez	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez			



V3 valve connectors

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 27
			28 N.S.

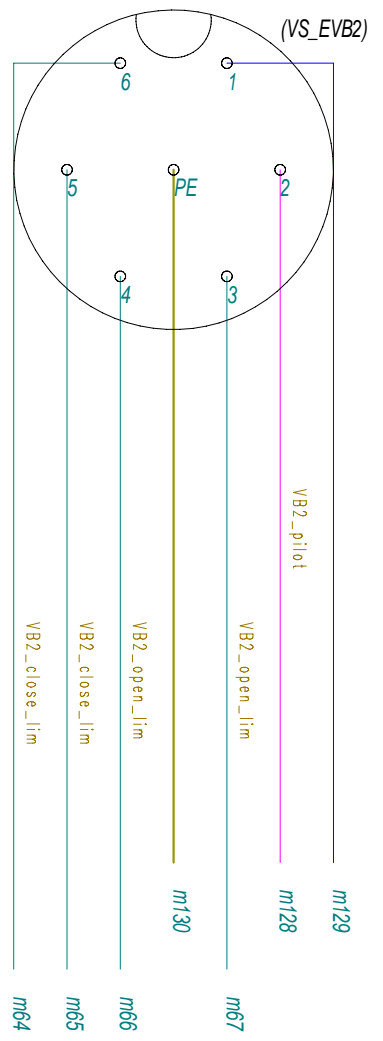
VB1 valve



PLC module 7

PLC module 2

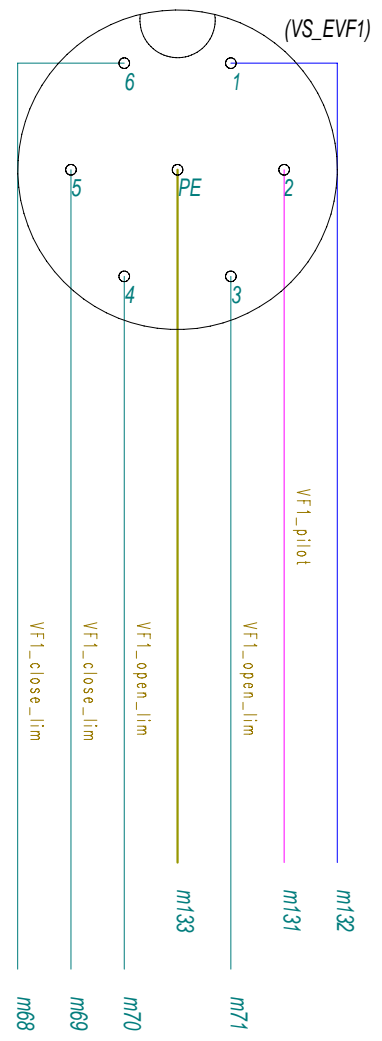
VB2 valve



PLC module 7

PLC module 2

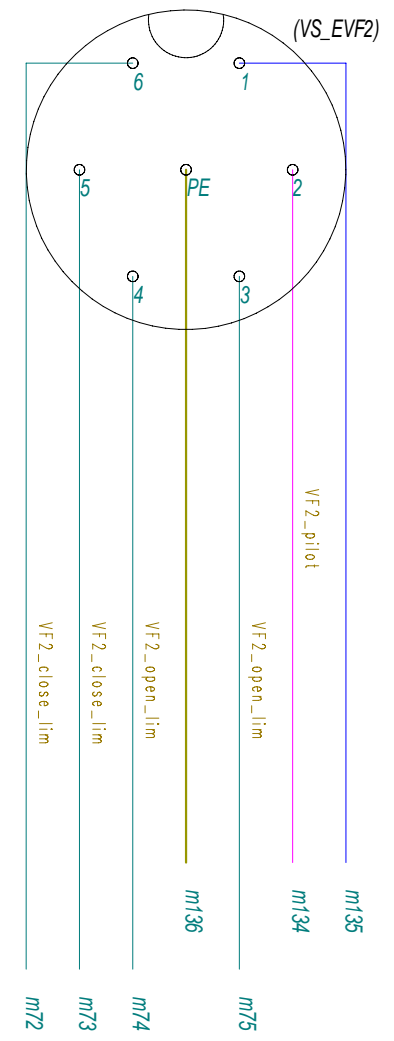
VF1 valve



PLC module 7

PLC module 2

VF2 valve



PLC module 7

PLC module 2

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_Schematics
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R1	R2	R4	DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011			COMMISS.	Jesus Vosquez
SHEET STATUS	3			CHECK.	Jesus Vosquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00			APPROV.	Jesus Vosquez



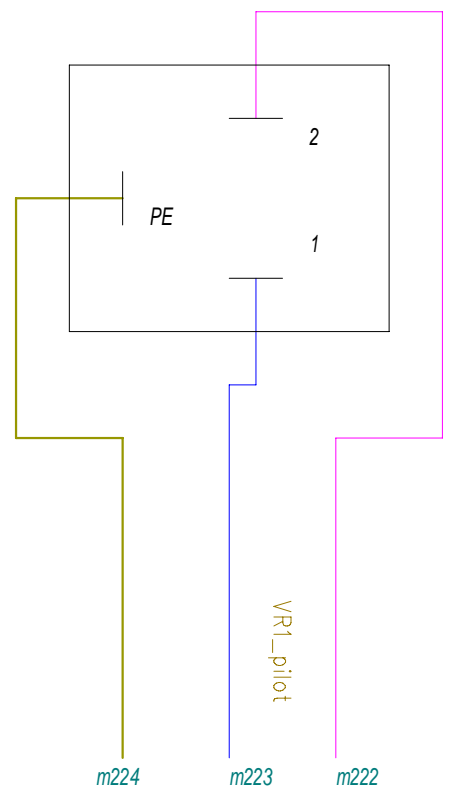
VBs and VFs valve connectors

FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 28
	29 N.S.

VR1 valve

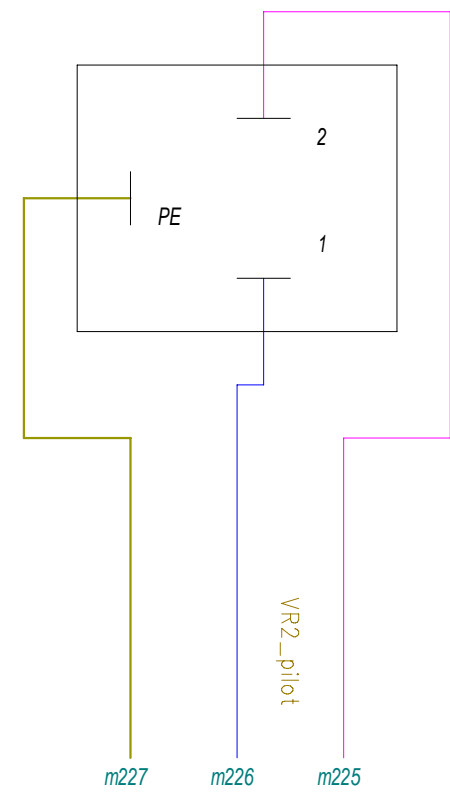
Solenoid



PLC module 8

VR2 valve

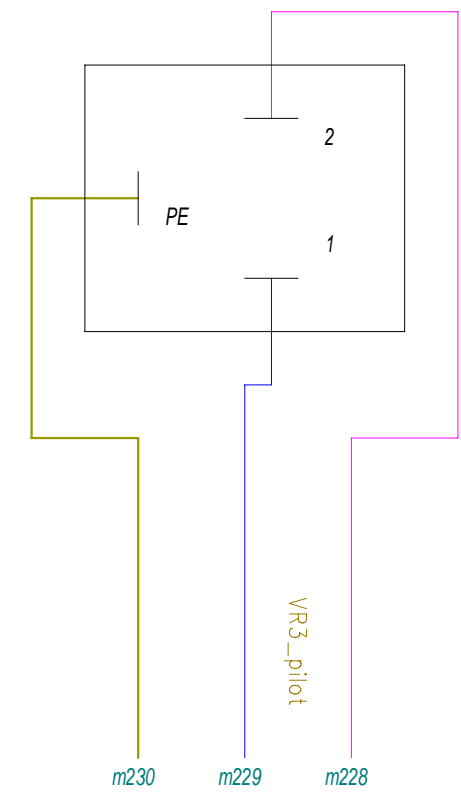
Solenoid



PLC module 8

VR3 valve

Solenoid



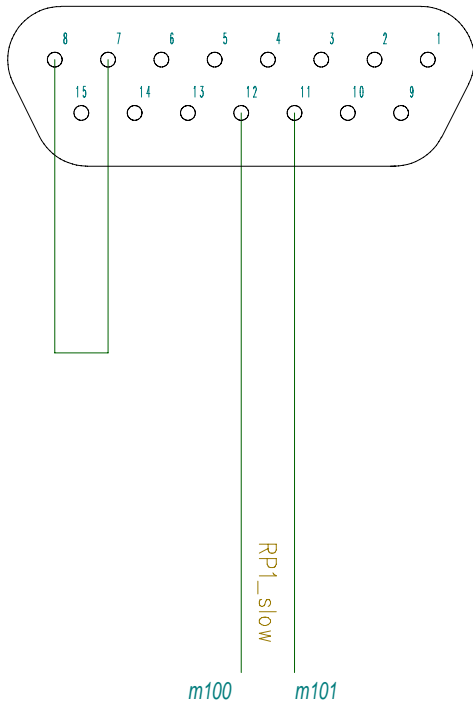
PLC module 8

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectricos
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R2	R4	DATE	05/07/2011		VR1, VR2 and VR3 valve connections	FEI Vacuum System Electrical Schematics	=	VS_RACK
LAST REVISION DATE	05/07/2011	COMMISS.	Jesus Vosquez	+				FEI_LAB	
SHEET STATUS	0	CHECK.	Jesus Vosquez					SHEET 29	
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.	Jesus Vosquez					30 N.S.	

RP1 pump (ACP24)

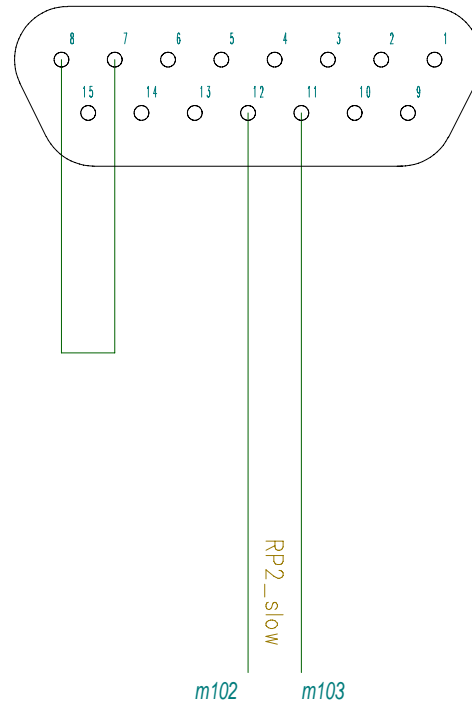
(DB15-F)



PLC module 5

RP2 pump (ACP24)

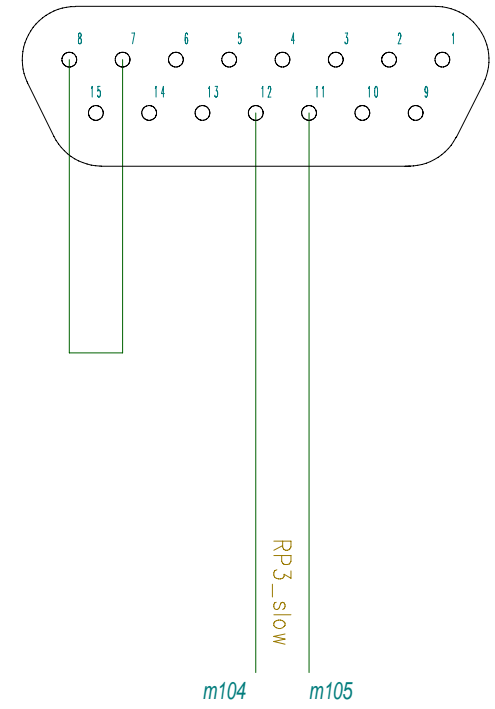
(DB15-F)



PLC module 5

RP3 pump (ACP24)

(DB15-F)



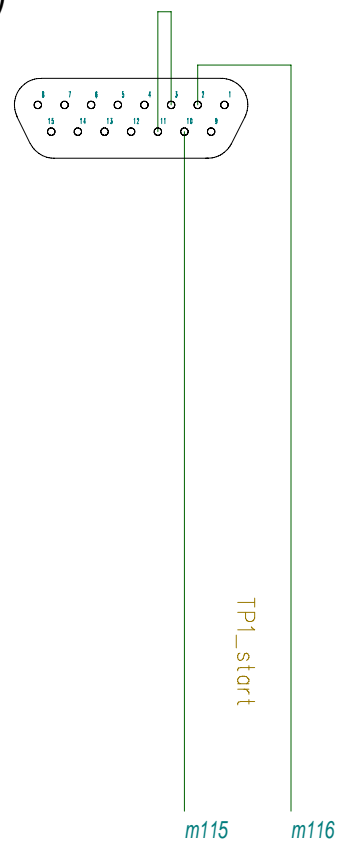
PLC module 5

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchematicElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF OFFENDERS. ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	05/07/2011		FEI Vacuum System Electrical Schematics = VS_RACK + FEI_LAB SHEET 30 31 N.S.		
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vosquez				
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vosquez				
SABIC VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vosquez				
					SUBST.:		SUB. FOR:		ORIGIN:	RP1, RP2 and RP3 pump connectors

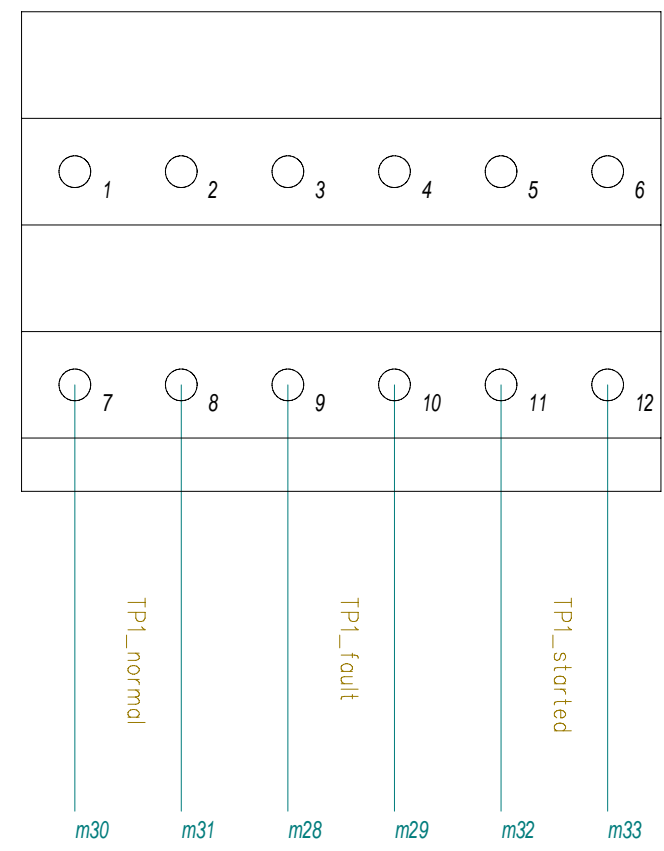
TP1 pump control unit (ATH600M)

REMOTE CONTROL (DB15-F)



PLC module 6

DRY CONTACTS



PLC module 1

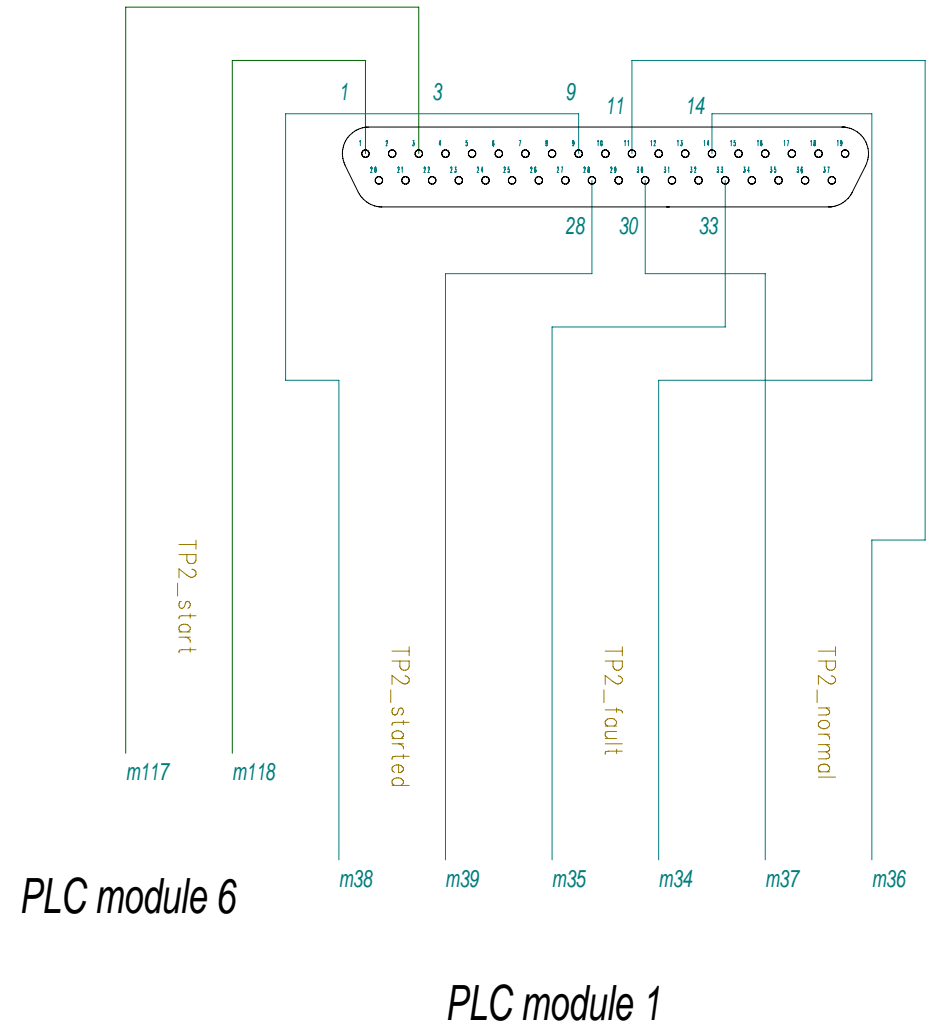
PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R1	R2	R3	R4	DATE	05/07/2011		FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK	
LAST REVISION DATE	05/07/2011				COMMISS.	Jesus Vasquez				+	FEI_LAB	
SHEET STATUS	0				CHECK.	Jesus Vasquez				SHEET	31	
SABIK VERSION	Ver. 13.00				APPROV.	Jesus Vasquez	SUBST.:	SUB. FOR:	ORIGIN:		32	N.S.

TP1 pump connectors

TP2 pump control unit (STP ControlUnit)

X7 REMOTE
(DB37-M)



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT, AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF, ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OFFENDERS OF THE LAW WILL BE PROSECUTED TO THE FULL EXTENT OF THE LAW.
 OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN

REVISIONS	R2	R3	R4	DATE
LAST REVISION DATE	05/07/2011			05/07/2011
SHEET STATUS	0			COMMISS.
SABIK VERSION	Ver. 13.00			CHECK.
				APPROV.





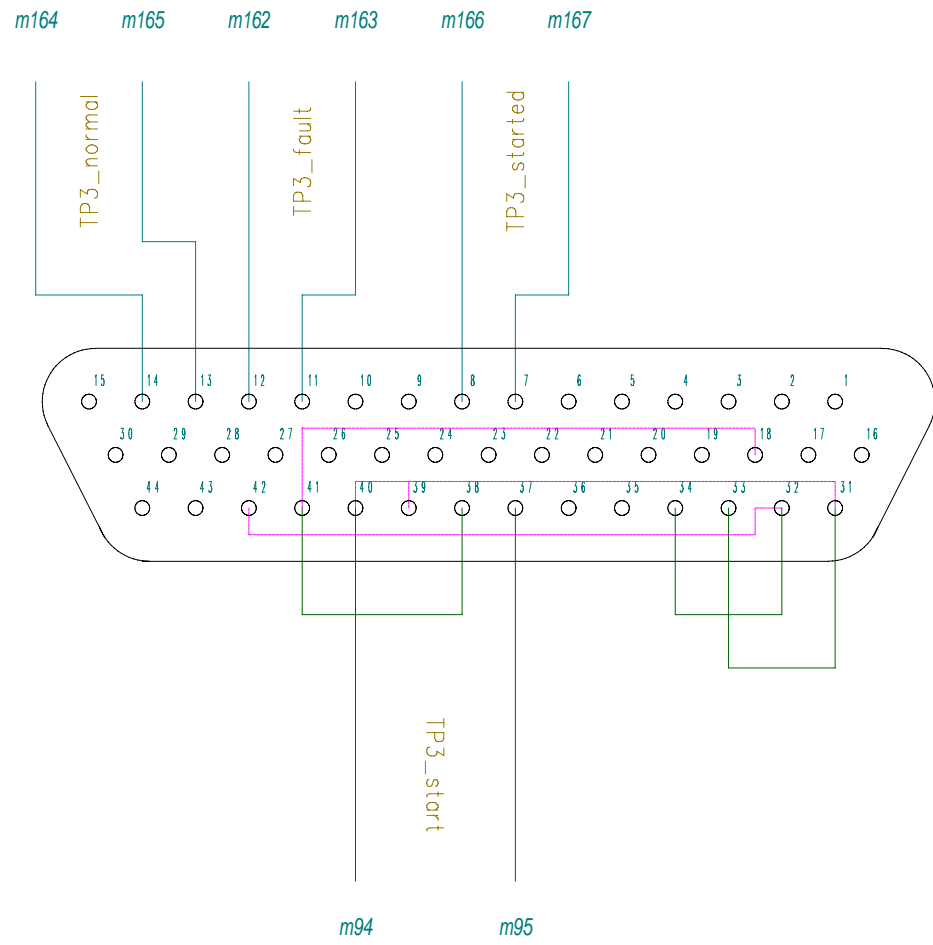
SUBST.: SUB. FOR: ORIGIN:

TP2 pump connectors

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 32
			33 N.S.

TP3 pump control unit (ATH600TH)

PLC module 3



— Factory wired

REMOTE CONTROL
(DB44-F)

PLC module 5

PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchemaElectrico333
 TYPE: Electric

REVISIONS	DATE
R4	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011
SHEET STATUS	0
SABIK VERSION	Ver. 13.00

COMMISS.	CHECK.	APPROV.	SUBST.:	SUB. FOR:	ORIGIN:
Jesus Vasquez	Jesus Vasquez	Jesus Vasquez			

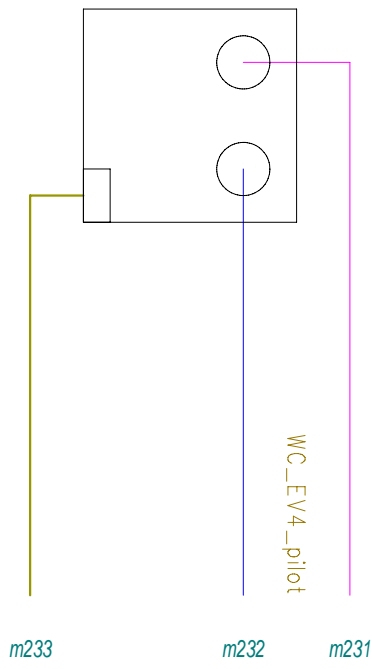


TP3 pump connectors

FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 33
			34 N.S.

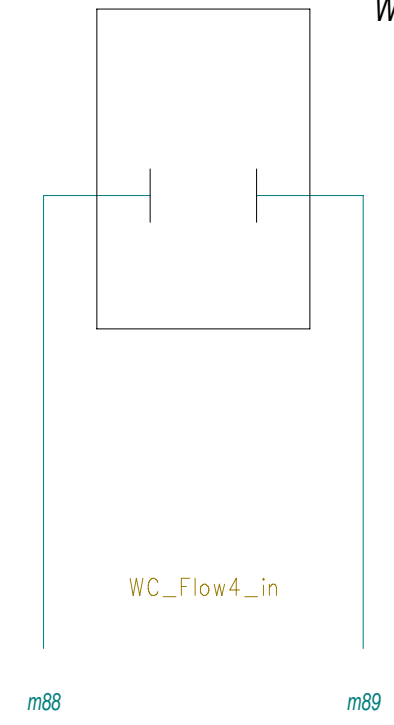
WC_EV4

Water valve



WC_FM4

Water Flowmeter



PROJECT: SPES
 FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectric
 TYPE: Electric
 COPYING OF THIS DOCUMENT AND GIVING IT TO OTHERS AND THE USE OR COMMUNICATION OF THE CONTENTS THEREOF ARE FORBIDDEN WITHOUT EXPRESS AUTHORITY OF FEI. IN THE EVENT OF DAMAGES, ALL RIGHTS ARE RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT OF THE REGISTRATION OF A UTILITY MODEL OR DESIGN.

REVISIONS	R3	R4	DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011		COMMISS.	Jesus Vosquez
SHEET STATUS	0		CHECK.	Jesus Vosquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00		APPROV.	Jesus Vosquez



Water System

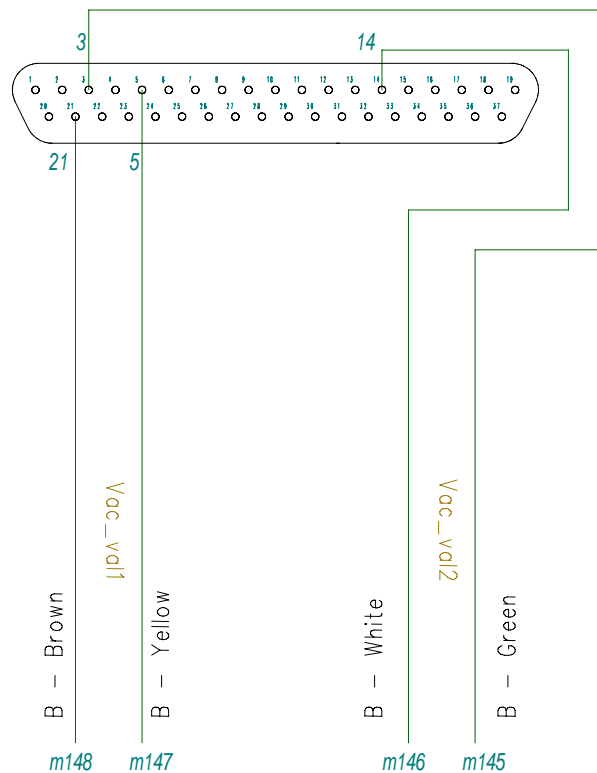
FEI Vacuum System Electrical Schematics

=	VS_RACK
+	FEI_LAB
	SHEET 34
	35 N.S.

FUG ADAPTER BOARD

(HV RACK)

PS - 2
(DB37-M)



PROJECT: SPES
FILE NAME: 2011-06-15_FE_SchemaElectric
TYPE: Electric

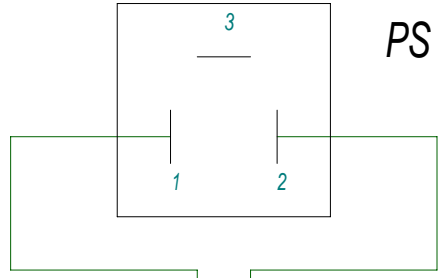
REVISIONS	R3	R4	DATE
LAST REVISION DATE	05/07/2011		05/07/2011
SHEET STATUS	0		
SABIK VERSION	Ver. 13.00		

COMMISS.	Jesus Vasquez			
CHECK.	Jesus Vasquez			
APPROV.	Jesus Vasquez			
SUBST.:				
SUB. FOR:				
ORIGIN:				

PLC - EPICS connections		FEI Vacuum System Electrical Schematics		=	VS_RACK
				+	FEI_LAB
					SHEET 35
					36 N.S.

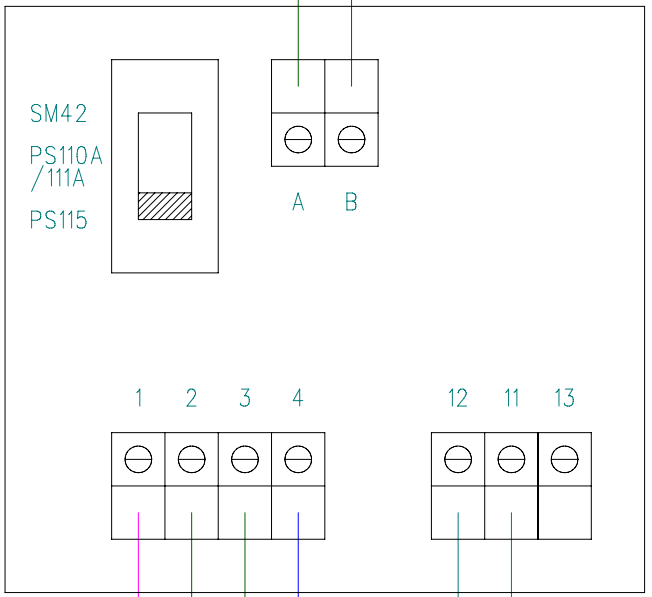
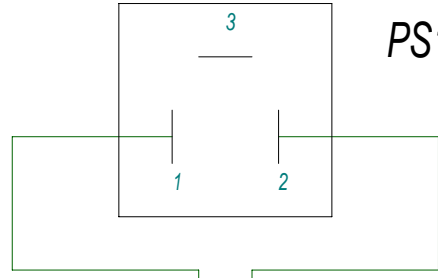
PS1

Pressure Switch
PS 115



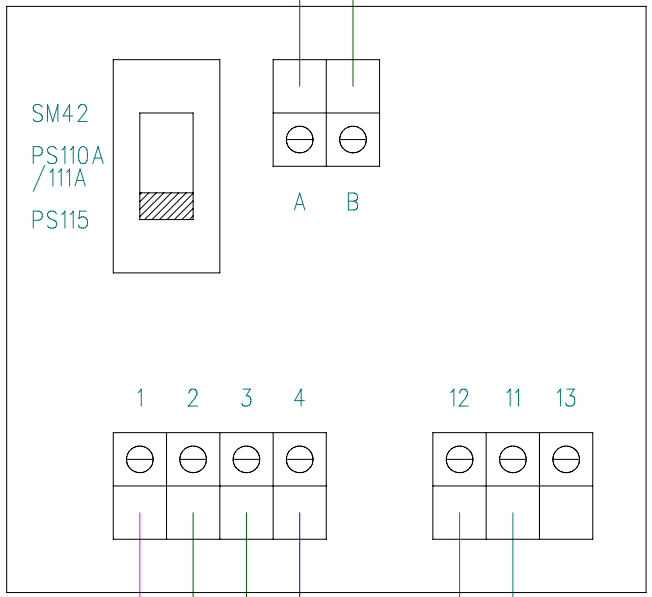
PS2

Pressure Switch
PS115



Pressure
Switch
Amplifier
SV 110

PLC module 5



Pressure
Switch
Amplifier
SV 110

PLC module 5

PROJECT: SPES
FILE NAME: 2011-06-15_FF_SchematicElectricalSchematics
TYPE: Electric

REVISIONS	R4	DATE	05/07/2011
LAST REVISION DATE	05/07/2011	COMMISS.	Jesus Vosquez
SHEET STATUS	0	CHECK.	Jesus Vosquez
SABIK VERSION	Ver. 13.00	APPROV.	Jesus Vosquez

ORIGIN:	PS1 and PS2 Pressure Switch Connections	=	VS_RACK
		+	FEI_LAB
			SHEET 36
			N.S.

