



**ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**

**Sezione di Trieste**

---

**INFN/TC-02/24**  
**24 settembre 2002**

**REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA DI  
TRASPORTO PER FOTOCATODI CsI**

Giorgio Menon

*INFN-Sezione di Trieste, Laboratori-Area di Ricerca  
Padriciano 99 – 34012 Trieste, Italy*

**Sommario**

Questo documento descrive la realizzazione e il test di verifica di un sistema di trasporto e stoccaggio per fotocatodi di rivelatori MWPC utilizzati come fotorivelatori in contatori RICH, mantenuti in atmosfera di gas inerte a pressione costante

L'apparecchiatura è stata realizzata nel Laboratorio dell'Area di Ricerca della Sezione di Trieste.

## INDICE

<b>1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Parametri di progetto.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Schema generale.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Autonomia.....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Timing.....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Test sistema.....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>Schema elettrico.....</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>Conclusioni.....</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>Riferimenti.....</b>	<b>13</b>

## 1 INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'esperimento COMPASS, la Sezione di Trieste dell'INFN ha contribuito alla costruzione del rivelatore di fotoni per il RICH1, composto da una serie di 8 MWPC per un totale di quasi 5,3 m<sup>2</sup> di superficie totale sensibile. Queste camere di rivelazione di fotoni sfruttano la capacità dello Ioduro di Cesio di convertire la luce ultravioletta (<200 nm) in elettroni.

Per depositare una quantità nota di CsI sulla superficie di un catodo di grandi dimensioni(580X580mm.) come quelli da noi usati nei fotorivelatori di RICH1, si possono utilizzare vari metodi; quello da noi scelto è stato sviluppato al CERN e si basa sulla tecnica di diffusione in vuoto di una quantità predeterminata di sali di CsI evaporati per effetto Joule che ci ha permesso di ottenere uno spessore di circa 300nm. con oscillazioni tra 280 e 310 nm.

L'efficienza di conversione, come riscontrato già nei primi prototipi di fotocatodi, si è dimostrata strettamente correlata all'integrale di contaminazione di O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O subito dal CsI dal momento dell'estrazione dalla campana a vuoto; si considera ragionevole un limite di 20 ppm/litro/ora per lo stoccaggio negli appositi contenitori (contenitori con un volume interno di circa 1 litro).

Un'altro parametro importante da considerare per il trasporto e lo stoccaggio dei contenitori con i fotocatodi è la pressione a cui è sottoposto il sottile (0,8 mm) circuito stampato che costituisce il substrato della superficie sensibile.

Mantenere la pressione interna del contenitore a valori di qualche millibar sopra la pressione atmosferica garantisce un discreto margine di sicurezza anche dal punto di vista meccanico (una sovrappressione di 3 mb. equivale ad una forza distribuita sulla superficie del catodo di circa 10 Kg.).

La Sezione di Trieste dove sono stati testati i catodi dista dai Laboratori del CERN di circa 800 Km. e il percorso stradale prevede una variazione di altitudine di circa 1400 m. equivalente ad una variazione di pressione di circa 180 mb., pressione che può danneggiare i fotocatodi.

Questo costituì un serio problema per il trasporto dei catodi che abbiamo risolto costruendo un'apparecchiatura in grado di mantenere i contenitori con i catodi ad un flusso di azoto a pressione relativa e prodotti da contaminazioni di H<sub>2</sub>O e O<sub>2</sub> costanti.

Il sistema costruito garantisce il trasporto per 4 contenitori ad una contaminazione massima di 5 ppm. a 20 l/h per catodo con una pressione relativa costante entro un limite di ±1mb.

## 2 PARAMETRI DI PROGETTO

Per rispettare le esigenze di contaminazione del gas e la costanza di pressione nei contenitori, la soluzione adottata è stata quella di progettare un sistema in grado di far circolare dell'azoto N60 in un circuito chiuso con un controllo della pressione in linea in grado di pilotare, tramite un sensore di pressione, una pompa a membrana.

A monte del controllo di flusso è stata inserita una cella di filtraggio composta da cartucce OXI e HIDROsorb della Messer Griesheim che garantiscono una capacità di assorbimento di ossigeno e acqua rispettivamente di 0.1 e 1l.

Per l'OXI il contenitore in vetro permette di verificare visivamente il livello di efficacia del filtro stesso. Il cambio di colore dei sali certifica l'esaurimento della cella.

**TAB. 1:** Combination of gas purifying units

	SMALL CARTDRIGE		
	OXIsorb		HYDROsorb
	aluminium	glass	aluminium
Absorption capacity O <sub>2</sub> (lt.) H <sub>2</sub> O (lt.)	0.1 0.1	0.1 -	- 1
Garanted final purity (vpm)	<0.1 O <sub>2</sub> <0.5 H <sub>2</sub> O	<0.1 O <sub>2</sub>	<0.5 O <sub>2</sub>
Flow rate max. (m <sub>3</sub> /h)	1	1	1
Pressure max. (bar)	10 in low pressure		
Lenght	120	120	120
Diameter	29	30	29

È stata prevista la possibilità di integrare le piccole perdite del sistema che si potrebbero verificare soprattutto al momento dell'inserzione dei contenitori con i fotocatodi e nel momento di avviamento della pompa, quando l'elettrovalvola (5.1) aprendosi riduce il  $\Delta P$  in/out.

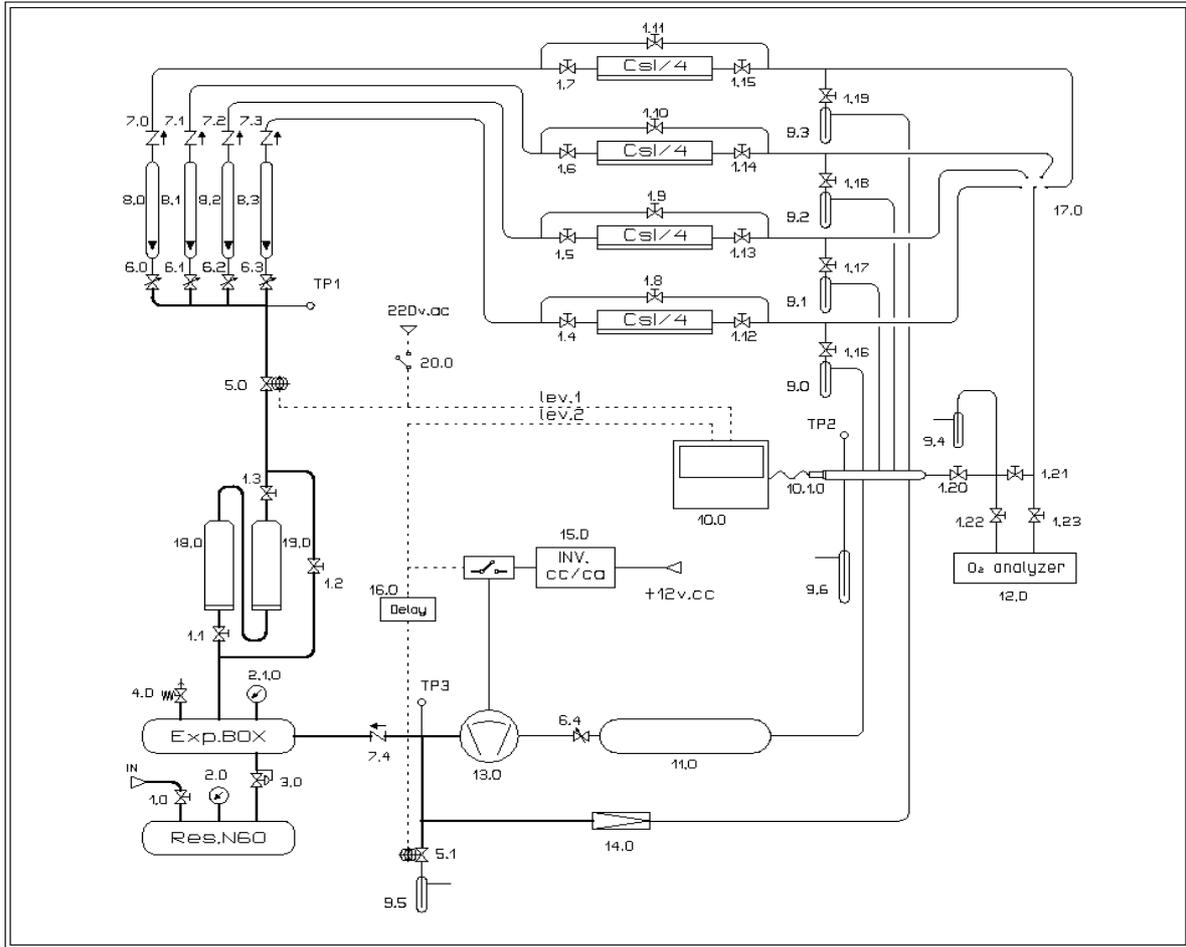
Un piccolo serbatoio di circa 10 l. a 5÷6 bar (Res.N60) inserito in parallelo al circuito è comunque sufficiente per molti trasporti.

Considerando il basso livello di contaminazione del gas richiesto, è stata impiegata quasi totalmente raccorderia e componentistica in acciaio INOX 316L e, dove possibile, tubi di collegamento in acciaio INOX passivato e decapato.

### 3 SCHEMA GENERALE

Per la circolazione forzata del gas è stata usata una pompa KNF/N-022-AN-18 a membrana di Neoprene che garantisce una bassa trasparenza ad H<sub>2</sub>O e O<sub>2</sub> con una portata max. di 15 l/min. Le 4 linee di servizio sono costantemente monitorate tramite un deviatore a 4 canali (17.0) che invia una parte del gas in uscita dai contenitori al misuratore di ossigeno Teledyne 3000TA.

**FIG. 1: Schema generale**



**TAB. 2: Componenti**

10	1	Pressure controller	MECT serie MPA15/P6	20	1	Clean switch	Unip. 220v.2A
9	7	Safety bubblers	CERN one direction 10MM	19	1	H2O filter	HYDROSorb - Messer
8	4	Flow-meters	Vogtlin V100/80-A	18	1	O2 filter	OXISorb -Messer
7	4	No-return valve	Nupro SS-53S6MM	17	1	Switching valve	Whitey SS-45ZF8-ND
6	4	Needle valve	Hoke Gyrolock-06	16	1	Time-lag relay	FINDERser. 60.13.8.230
5	2	Solenoid valve	Burkert type 744	15	1	Inverter CC/CA	PROwatt 1500i/12
4	1	Safety valve	Nupro SS-6Camm	14	1	Press. regulator	DUNGS FRS 515-2.5/9
3	1	Pressure regulator	AirLiquide BS300/1	13	1	Diaphragm pump	KNF N-022-AN18
2.1	1	Manometer	WIKA diam.100-0/500 mbar	12	1	O2 Analyzer	Teledyne 3000TA
2	1	Manometer	WIKA diam.63-0/6 bar	11	1	Pressure capacity box	Whitey 304L-HDF8-2250
1	23	Valve	Whitey SS-43S6MM	10.1	1	Pressure sensor	WIKA 891.13.501
<b>Nr.</b>	<b>Qt.</b>	<b>Name</b>	<b>Type</b>	<b>Nr.</b>	<b>Qt.</b>	<b>Name</b>	<b>Type</b>

La mobilità del sistema richiede che l'alimentazione elettrica dei servizi venga effettuata, oltre che dalla rete a 220v., anche da un sistema autonomo di accumulatori sufficienti a garantire un'autonomia di servizio di 2÷3 ore. Su percorsi più lunghi (CERN-Sez.INFN di Trieste) è stato comunque conveniente utilizzare la tensione a 12v. del veicolo per il trasporto.

#### 4 AUTONOMIA

Il sistema è stato progettato per poter operare autonomamente per circa 1÷1,5 ore con il misuratore di ossigeno (3000TA) sempre inserito.

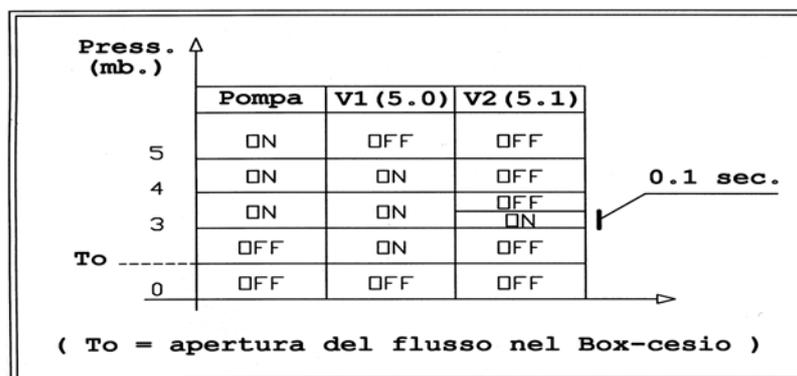
I filtri Messer mantengono un livello medio di contaminazione di 5÷6 ppm di O<sub>2</sub>, che con un flusso totale distribuito di 80÷100 l/h vengono sostituiti orientativamente dopo 200 ore. È stata prevista la possibilità di creare un flusso di gas di lavaggio del circuito, in condizioni di sistema non operativo, forzando l'elettrovalvola V1 (5.0) con uno switch (20.0) normalmente chiuso scaricando in uscita attraverso il bubbolatore di sicurezza (9.6) 3-4 volumi totali dal sistema. Questo prelavaggio consente inoltre di aumentare la durata dei filtri Oxi e Hydro.

#### 5 TIMING

All'istante T<sub>0</sub>, quando si alimenta il sistema, il controller (10.0) verifica il livello di pressione in uscita dai contenitori dei fotocatodi e, nell'ipotesi di P=atm. mantiene questo stato. Appena si apre il flusso in uno dei box e il sensore di pressione (10.1.0) rileva al test point un superamento della soglia (preimpostata) di 3mb. si inserisce la pompa, tramite il regolatore di pressione DUNGS (14.0) il livello di pressione a valle dei contenitori si mantiene costante a un valore prerogato di circa 4.0mb.

Il controllo di pressione a valle dei contenitori determina lo stato delle elettrovalvole V1(5.0) e V2(5.1) nel seguente modo:

**TAB. 3:** Time setting



Ogni volta che il sensore di pressione rileva il superamento della soglia di pressione di 3mb. il controller (10.0) avvia la pompa. La pompa KNF non si avvia se il  $\Delta P$  in/out supera 50mb. quindi per equilibrare la pressione è stata inserita una valvola (5.1) che aprendosi per 0.1 sec. annulla il sovraccarico allo spunto. La valvola di non ritorno (7.4) impedisce lo svuotamento del circuito in alta pressione.

La pompa a membrana N022AN.18 ha una portata a bocche libere di 15 l/min. e un regime di rotazione di ca.1400 g/m il motore di azionamento infatti è asincrono a 4 poli e la pressione di lavoro max. è di 4 bar relativi.

La pompa produce un flusso di gas in circolazione che risente molto del movimento ciclico della membrana e crea una variazione di pressione istantanea che si ripercuote negativamente sulla parte del circuito a bassa pressione.

Per evitare questo effetto è stata inserita una cella “resistenza-capacità”(11.0 – 6.4) in serie al circuito in entrata alla pompa. Il calcolo del volume di compensazione, considerando il regime di rotazione della pompa e il volume di gas spostato dalla membrana ad ogni ciclo, è risultato  $\geq 2$  litri.

In regime dinamico il sistema reagisce alle variazioni di pressione esterna consentendo di mantenere la pressione nei contenitori a 4mb. relativi, recuperando gas (nel caso di minor pressione esterna) dal vaso di espansione inserito nel circuito dopo la pompa.

Il circuito è caricato con dell’Azoto N60 e mantenuto in tampone nel settore in alta pressione (tratto in linea grossa dello schema) da un serbatoio di circa 10 l. dotato di un riduttore di pressione (Air Liquide BS/300/1) tarato a 300 mb.

Per la stabilizzazione della pressione è stato utilizzato un regolatore di pressione DUNGS modello FRS515-RP3/4, con il quale è possibile stabilizzare la pressione in un ampio campo di valori (2.5÷150 mb.). Il valore nominale di pressione in uscita risulta dalla forza della molla di taratura montata e dal peso delle parti mobili. Di serie l’apparecchio è munito di una molla blu N° 4 che permette una pressione in uscita regolabile tra 10 e 30mb.

**TAB. 4:** Campi di pressione

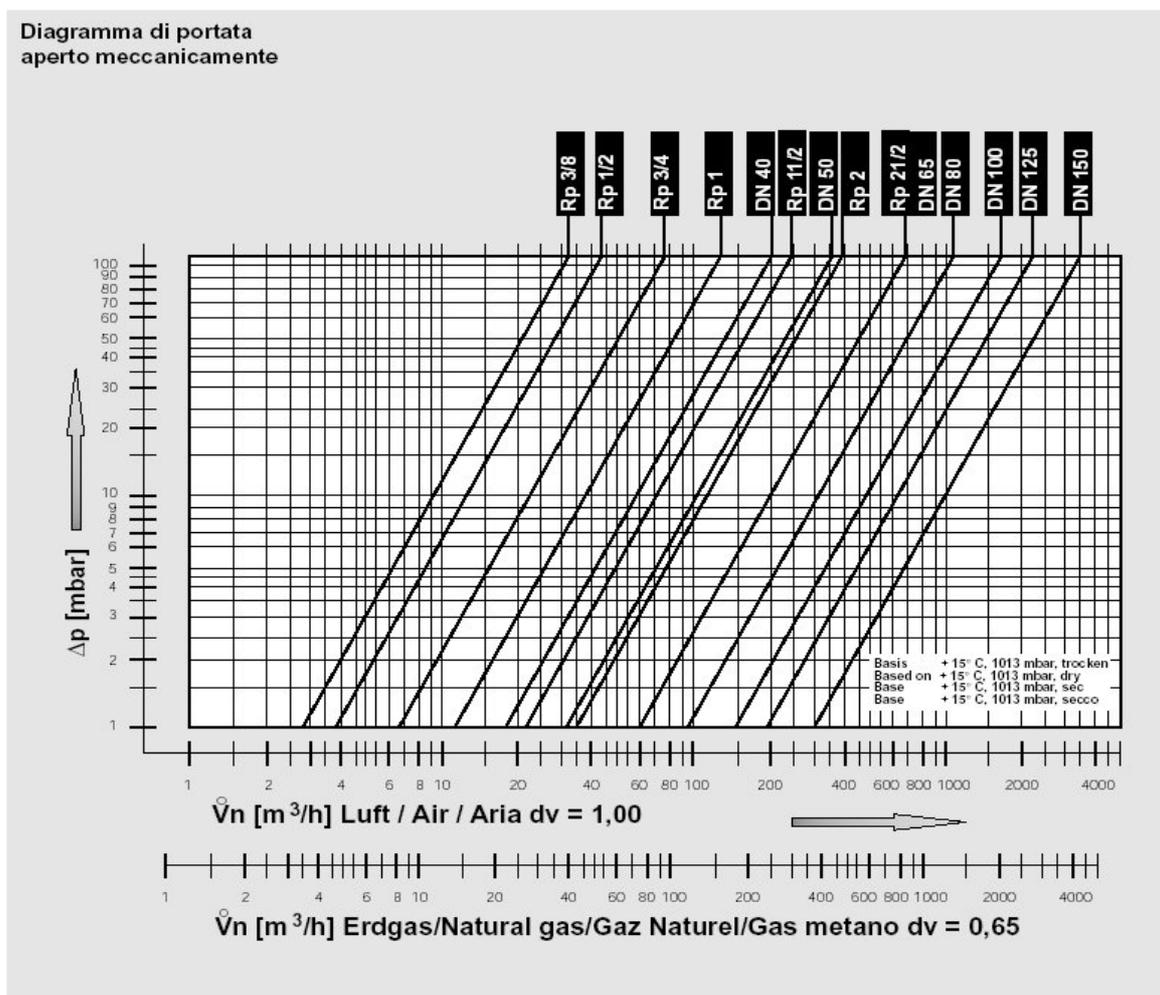
Campo valore nominale della molla				Colore della molla
Nro.	1	2.5...+9	[mbar.]	marrone
"	2	3...13	"	bianca
"	3	5...20	"	arancio
"	4	10...30	"	blu
"	5	25...55	"	rossa
"	6	30...70	"	gialla
"	7	60...110	"	nera
"	8	100...150	"	rosa

Nel nostro caso il regolatore deve avere la capacità di regolare pressioni che vanno da un minimo di pochi decimi di mb. a un massimo di una decina di mb. La molla con minor

forza di pressione disponibile è la molla marrone con range 2.5÷9 mb. che ci permette di stabilizzare la pressione ai valori di impiego di 3÷5 mb.

Per aumentare ulteriormente la sensibilità e la stabilità della pressione in uscita il regolatore è stato montato capovolto in modo da compensare l'effetto del peso delle parti mobili.

**FIG. 2:** Diagramma di portata



## 6 TEST SISTEMA

Per verificare il corretto funzionamento a regime, sono stati montati 4 contenitori per la simulazione dei contenitori di fotocatodi, e caricato il serbatoio di recupero (Res.N60), si è cercato di verificare l'andamento della pressione nei box con il variare della pressione atmosferica.

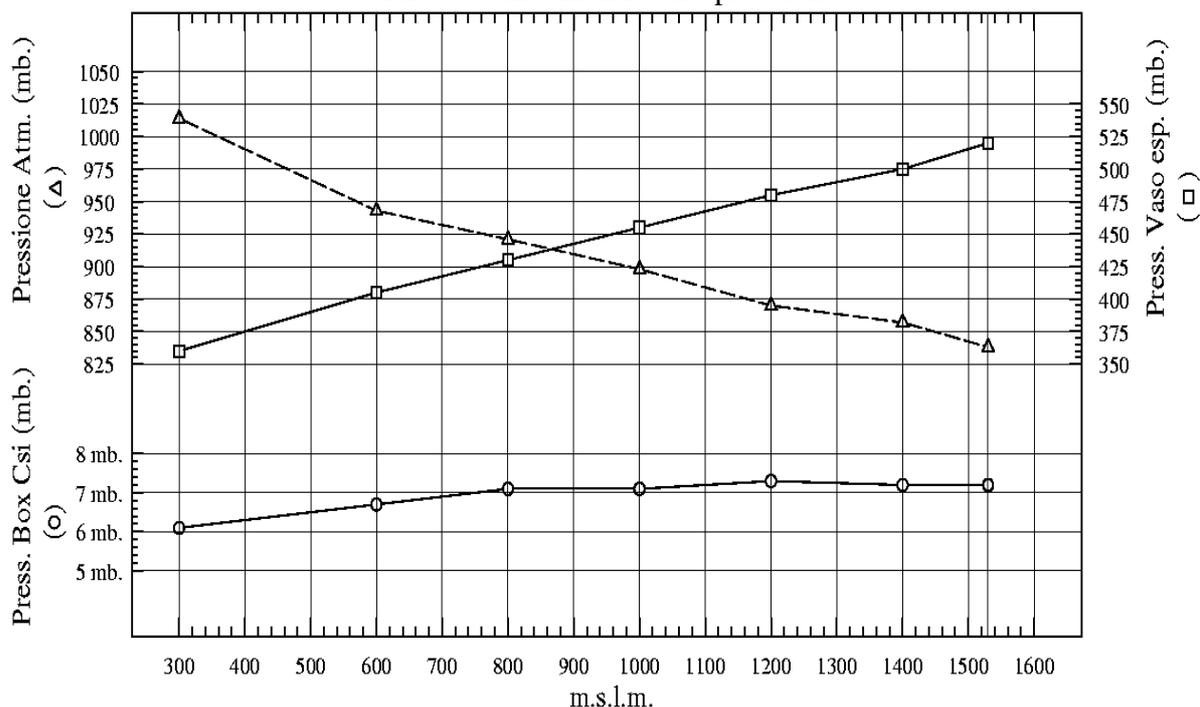
Il test è stato effettuato sottoponendo il sistema a una variazione di pressione equivalente ad un dislivello di circa 1500 m. di altitudine. L'impedenza di carico dei collegamenti gas ai contenitori e il livello dell'olio nei bubbolatori di sicurezza (9.0-9.1-9.2-9.3) porta ad una stabilizzazione della pressione nei box di 2.5÷3 mb. superiore al valore letto dal Pressure Sensor (10.1.0); nei test di collaudo la pressione reale sopportata dai

fotocodi era quindi compresa fra 6 e 7.5 mb. positivi rispetto alla pressione atmosferica ad un flusso di 20 l/h per box.

**TAB. 5:** Dati di rilevazione

a.s.l.m.	Press. Atm.		Press.Box Csi		Press. Vaso esp.[percorso inverso]		Dungs
0 mt.[Lisert]	1017	mb.	7	mb.	300 mb.	[300]	3.8 mb.
300 mt.	1014	"	6.1	"	360 "	[350]	4.0 "
600 "	943	"	6.7	"	405 "	[395]	4.2 "
800 "	921	"	7.1	"	430 "	[415]	4.3 "
1000 "	898	"	7.1	"	455 "	[440]	4.2 "
1200 "	870	"	7.3	"	480 "	[465]	4.2 "
1400 "	857	"	7.2	"	500 "	[480]	3.9 "
1530 "	838	"	7.2	"	520 "	[520]	3.8 "

**FIG. 3:** Andamenti della pressione



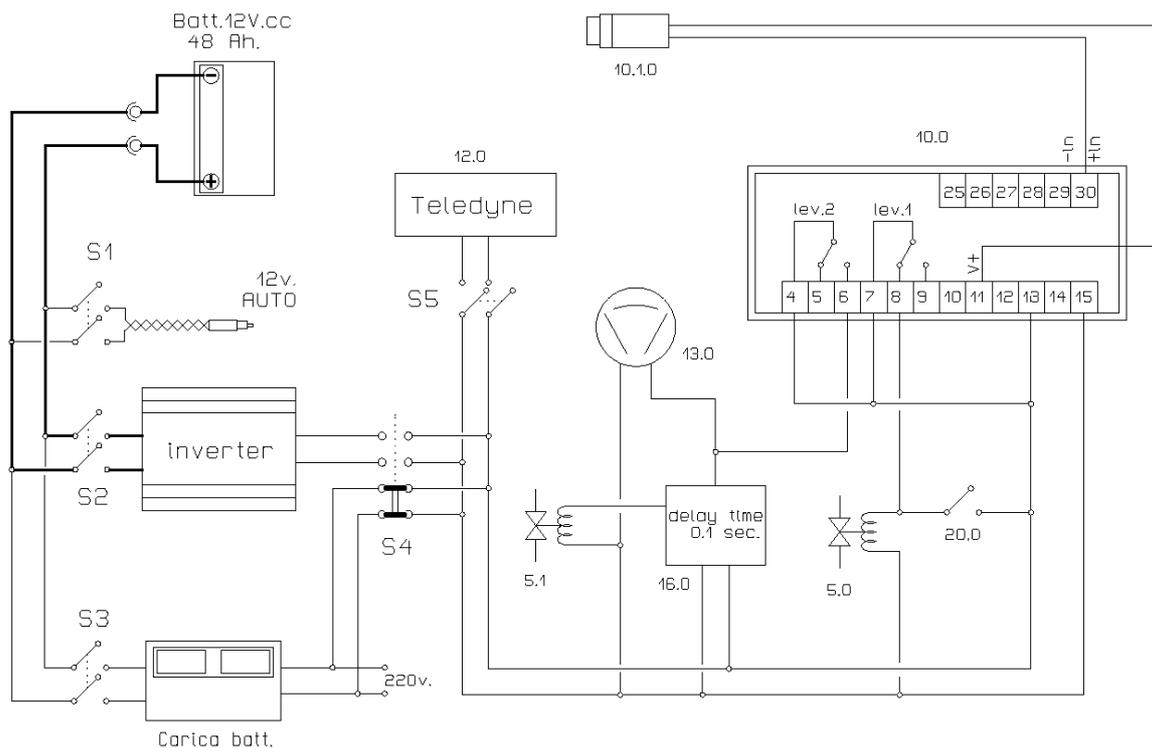
## 7 SCHEMA ELETTRICO

Il funzionamento elettrico e il timing di tutta l'apparecchiatura è controllato da un'indicatore digitale a microprocessore MECT serie MPA15-22/P6 (10.0) che tramite un menù di configurazione permette di settare il range di lavoro e le relative soglie di

sicurezza. La conversione cc/ca è operata tramite un'inverter PROwatt 1500i/12 in grado di alimentare anche carichi induttivi, che è stato installato molto vicino alla batteria in modo da ridurre al minimo la lunghezza dei cavi.

Il mantenimento in efficienza della batteria è garantito da un carica-batteria montato direttamente sul supporto.

**FIG. 4:** Schema elettrico



Nell'istante in cui si avvia la pompa (13.0) il Time-log relay (16.0) genera un'impulso di corrente della durata regolabile di  $0.1 \div 0.5$  sec. Che apre e chiude, tramite l'elettrovalvola (5.1), il circuito ingresso-uscita della pompa. Il relay Finder 60.13.8.230 con il suo timer sopporta ai contatti un carico fino a 10 A.

**TAB. 6:** Assorbimenti

Pompa (KNF)	154	VA
Elettrovalvole (5.0,5.1)	16	"
Timer	2.5	"
Controller (MPA 15-22/P6)	10	"
Teledyne (3000TA)	120	"
Potenza totale assorbita	302.5	VA

$$I_{ca} = 302.5/220 = 1.375 \text{ Amp.}$$

l'inverter dovrà erogare quindi una corrente di 1.375 Amp. A 220 v. per alimentare il carico di 302.5 w., questa potenza dovrà essere assorbita dalla batteria che dispone però di una tensione di 12 vdc. La corrente di ingresso dell'inverter diventerà quindi:

$$I_{dc} = VA/V_{dc} = 302.5/12 = 25.21 \text{ Amp.}$$

Considerando il rendimento di conversione pari a 85% la corrente realmente assorbita sarà:

$$I_{in} = 25.21/0.85 = 29.65 \text{ Amp.}$$

corrente alla quale si dovrà sommare il carico in continua dell'inverter (no-load current draw) di 0.800 Amp.dc.

La capacità della batteria dovrà essere quindi:

$$30.45 \times 1.5 \text{ ore} = 45.68 \text{ Amp./ora}$$

è opportuno quindi scegliere una batteria con capacità di almeno 48 Amp./ora e caratteristiche costruttive tali da poter sopportare facilmente la scarica completa in un periodo così limitato di tempo.



## 8 CONCLUSIONI

Meccanicamente tutta l'apparecchiatura è stata montata su un telaio in alluminio (profili meccanici BOSCH) dotato di ruote per un peso totale a vuoto di circa 80 Kg. La notevole versatilità di questo strumento per il trasporto dei catodi CsI, ha notevolmente facilitato le procedure di manipolazione in fase di costruzione, dal laboratorio per il deposito dello

ioduro di cesio (CERN, sito di Meyrin) al laboratorio per il test dei singoli rivelatori alla zona sperimentale (CERN, sito di Preveessin).



In alcune fasi della costruzione delle camere a fotoni il sistema è stato adibito per qualche giorno allo stoccaggio di 4 catodi cesiati con la possibilità quindi di un monitoraggio continuo di pressione e umidità.

È stata prospettata inoltre la possibilità di ampliare il sistema a 8 canali, in modo da poter gestire simultaneamente 4 fotorivelatori per il RICH (ogni fotorivelatore è equipaggiato con 2 fotocatodi).

## **9 RIFERIMENTI**

GAS PURIFYNG SYSTEM - Messer Griesheim GmbH – Edition 8109/II  
Karl DUNGS – M/CD – Edition 08.00 – N° 219 598