

**Formazione per gli utenti del
Laboratorio di Ateneo**

PoliFAB

Edificio 30, via G. Colombo 81, 20133 Milano

**Gas e impianti in
pressione**

Descrizione generale

Nel laboratorio PoliFAB sono presenti impianti e recipienti in pressione di diversi tipi di gas, a servizio delle macchine installate nella cleanroom. Gli impianti sono stati costruiti e certificati secondo la norma vigente, che comprende tubazioni, valvole, riduttori e recipienti soggetti ad una pressione relativa maggiore di 0,5 bar. In tutto il laboratorio sono presenti riduttori di pressione a muro per le utenze tecniche (aria compressa, azoto tecnico 5.0 e vuoto) e dei gas di processo, che sono parte dell'impianto in pressione. Particolare cura è richiesta agli utenti nel caso di regolazione della pressione e apertura/chiusura delle linee al riduttore a muro. Le bombole dei gas di processo sono conservate nei bunker gas, all'esterno della cleanroom. All'interno della cleanroom è presente la bombola di C₄F₈ (retro RIE) per ragioni di conservazione del gas e alcune piccole bombole con pochi litri di prodotto. **Le connessioni e le eventuali modifiche delle linee dai riduttori alle apparecchiature sono di compito esclusivo del personale.**

Raggruppiamo i diversi tipi di gas presenti a servizio dei processi in tre famiglie: inerti, comburenti, tossici ed esplosivi. Quest'ultima comprende ammoniaca e silano e sarà oggetto di un paragrafo dedicato, vista la pericolosità dei due gas.

Gas inerti e comburenti

Di seguito riportiamo una tabella con l'elenco dei gas inerti e comburenti presenti in laboratorio, con le rispettive frasi di rischio H.

Inerti	Rischio H	Comburenti	Rischio H	Rischio H	Descrizione Rischio
N ₂	280	O ₂	270 - 280	270	Può provocare o aggravare un incendio; Comburente
He	280	N ₂ O	270 - 280	280	Contiene gas sotto pressione; Può esplodere se riscaldato
Ar	280				
CO ₂	280				
CF ₄	280				
C ₄ F ₈	280				
CHF ₃	280				
SF ₆	280				

Per tutti i gas, inclusi gli inerti, è presente il rischio di asfissia, in quanto ambienti saturi di gas possono presentare una percentuale di ossigeno troppo bassa per gli esseri umani (< 20%). I sintomi possono includere perdita di mobilità e/o conoscenza e le vittime possono non rendersi conto dell'asfissia. Gas inerti in bassa concentrazione possono avere effetto narcotico e i sintomi possono includere vertigini, mal di testa, nausea e perdita di coordinazione. Per combattere questo effetto è necessario aerare il locale e, ove necessario, il personale avrà il compito di soccorrere gli utenti che fossero privi di sensi dopo aver indossato l'autorespiratore. Tale evenienza è improbabile in cleanroom, visti i ricambi d'aria necessari per definizione negli ambienti classificati, ma **ogni anomalia dell'impianto gas deve essere riferita allo Staff in via precauzionale.**

I gas comburenti (O₂, e N₂O) vanno trattati con particolare attenzione per il rischio di aggravare incendi. Un gas comburente partecipa alla combustione, la attiva e la mantiene anche in assenza di aria. Il più noto e diffuso comburente è l'ossigeno (O₂) e altri comburenti a base d'ossigeno sono il protossido di azoto (N₂O), il biossido di azoto (NO₂), l'ossido di azoto (NO). Nella categoria dei comburenti rientrano anche gli alogeni (fluoro e cloro) e quindi le sostanze capaci di liberarli. I gas comburenti sono ordinariamente conservati compressi liquefatti. L'ossigeno è una sostanza molto pericolosa in quanto nelle atmosfere sovraossigenate esiste un altissimo rischio di incendio. Il rischio

diventa elevato a concentrazioni di O₂ superiori al 30%. Nelle atmosfere sovraossigenate, in caso di presenza di gas infiammabile:

- Il campo di infiammabilità si allarga poiché cresce il limite superiore di infiammabilità L.S. (massima concentrazione di combustibile, solitamente espressa come percentuale in volume, che può sostenere la propagazione della fiamma). Ad es. il L.S. del metano passa dal 15% al 61%.
- Aumenta la velocità di propagazione dell'incendio; nel metano si passa da 0,4 m/s a circa 40 m/s
- Diminuisce l'energia minima di innesco; nel metano si passa da 0,3 mJ a 0,003 mJ (circa 100 volte inferiore)
- Aumenta la temperatura teorica di combustione; nel metano da 2000 °C fino a 3000 °C
- Si abbassa la temperatura di autoaccensione

Quasi tutte le sostanze sono combustibili in ossigeno puro, pertanto un aumento di concentrazione di ossigeno può cambiare la classificazione di una sostanza da non infiammabile ad infiammabile. In atmosfere ricche di ossigeno il corpo umano brucia vigorosamente. Gli utenti che impiegano gas comburenti devono rispettare le procedure di sicurezza previste per ciascuna macchina e rispettare scrupolosamente i limiti di pressione e flusso permessi per ciascun processo, così come presente sui manuali di istruzione delle macchine e comunicato dal Personale. Lo Staff si occuperà di scegliere la componentistica più idonea, ad es. evitare di sostituire pompe o parti meccaniche in contatto con comburenti, con altri dispositivi che non usino oli minerali adatti ad evitare combustioni (FOMBLIN).

Gas tossici ed esplosivi

Nel laboratorio PoliFAB vengono utilizzati, come precursori per la deposizione di film sottili, Ammoniaca (NH₃) e Silano (SiH₄) in fase gassosa, a esclusivo servizio della macchina di Chemical Vapor Deposition (CVD), situata nell'area Thin Films (lato operatore) e Corridoio grigio (lato macchina). Data la pericolosità di ammoniaca (tossica) e silano (esplosivo), il laboratorio è dotato di un sistema di controllo e gestione dei gas al fine di operare in completa sicurezza. Tutti gli utenti dovranno conoscere le procedure di accesso e gestione delle emergenze contenute nel presente documento per poter essere abilitati al lavoro in cleanroom, anche se la loro attività dovrà essere svolta in aree differenti da quella della macchina per CVD. **Ogni utente è obbligato a conoscere i rischi e le procedure di primo soccorso associate all'esposizione ai due gas contenute nelle schede di sicurezza allegate a questo documento. Di seguito, riportiamo una tabella con l'elenco dei rischi H associati ai due gas e la rispettiva definizione.**

Gas	Rischio H	Descrizione rischio
Ammoniaca	221	Gas infiammabile
	280	Contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato
	331	Tossico se inalato
	314	Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari
	400	Molto tossico per gli organismi acquatici
	EUH071	Corrosivo per le vie respiratorie

Silano	220	Gas altamente infiammabile
	280	Contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato

Ribadiamo che l'ammoniaca è altamente tossica e provoca, se respirata, grave edema polmonare. Essa è inoltre infiammabile, sebbene con un campo di infiammabilità contenuto; al contrario, il silano è estremamente infiammabile, ma non è classificato come gas tossico.

Al fine di garantire la sicurezza degli utenti, il sistema di controllo e gestione dei gas prevede 4 sensori di gas (2 per Ammoniaca e 2 per Silano) al lato macchina, in prossimità del gas box. I sensori sono interfacciati ad una centralina collocata nel corridoio di accesso alla cleanroom, ben visibile prima dell'ingresso alla cleanroom. Sensori e centralina sono dotati di semaforo e avvisatore acustico per la segnalazione visiva e sonora dello stato di funzionamento del sistema. Gli utenti dovranno obbligatoriamente essere a conoscenza dello stato di funzionamento prima di effettuare l'accesso al laboratorio.

ISTRUZIONI OPERATIVE: l'utente dovrà controllare visivamente lo stato del semaforo posto in corrispondenza con la centralina di gestione dei gas. Tale semaforo fornisce l'informazione sul funzionamento del sistema secondo tre stati: luce rossa, luce gialla, luce verde.

LUCE ROSSA: tale configurazione si verifica solo in caso di fuga di gas (Ammoniaca o Silano) rilevata dai sensori e non è consentito per nessun motivo l'accesso alla camera bianca da parte degli utenti. Il sistema bloccherà automaticamente l'erogazione dal bunker gas di Ammoniaca, Silano e gas comburenti: Ossigeno (O_2) e Protossido di Azoto (N_2O). Gli utenti già presenti in camera bianca devono immediatamente evacuare tramite le uscite d'emergenza e dirigersi al punto di raccolta situato in cortile, in corrispondenza con il cancello verso via Pascoli.

LUCE GIALLA: nel caso di luce gialla, l'accesso alla camera bianca è consentito, poiché non si è verificata alcuna fuga di NH_3 o SiH_4 . In questo stato, l'erogazione dei due gas pericolosi non è possibile, ad esempio perché le bombole sono chiuse, ma non sussiste nessun rischio per la sicurezza. Per questo motivo, ogni altro gas, compresi i comburenti rimane invece a disposizione. Non essendoci fughe di gas tossico o esplosivo, l'avvisatore ottico/acustico non entrerà in funzione. Gli utenti già presenti in cleanroom possono continuare il lavoro e non è prevista evacuazione. Naturalmente, essendo bloccata l'erogazione di Ammoniaca e Silano, tali gas non sono disponibili per alcuna lavorazione. Normalmente le bombole dei due gas vengono lasciate chiuse, a meno che non servano alla macchina CVD, quindi lo stato di luce gialla è quello più normalmente visualizzato.

LUCE VERDE: nessun guasto, fuga o malfunzionamento rilevati. L'accesso alla cleanroom è possibile e gli utenti già presenti in camera bianca continuano il lavoro. **L'erogazione di tutti i gas, compresi silano e ammoniaca, è garantita per le lavorazioni.**

Di seguito, riportiamo una tabella indicante il principio di funzionamento del sistema di gestione dei gas in base alla colorazione dei semafori con descrizione del rispettivo stato, possibilità di accesso, bloccaggio dell'erogazione di gas e necessità di evacuazione degli utenti presenti in laboratorio.

Semaforo	Stato	Accesso	Gas bloccati	Evacuazione
ROSSO	Fuga di gas	NO	NH_3 , SiH_4 , O_2 , N_2O	SI
GIALLO	Malfunzionamento	SI	NH_3 , SiH_4	NO
VERDE	Funzionante	SI	-	NO

Gestione delle emergenze

In caso di incidenti durante le lavorazioni l'operatore deve agire nella più totale sicurezza per se stesso e per i colleghi presenti nel laboratorio. Anche in caso di incidenti senza danno a persone è fatto obbligo all'operatore di dare tempestiva e circostanziata segnalazione dell'accaduto al Personale del laboratorio. L'operatore è anche obbligatoriamente tenuto ad informare il Personale del laboratorio di situazioni o comportamenti che ritenesse pregiudizievoli della sicurezza della camera bianca stessa o contrari alle prescrizioni contenute in questo documento.

In caso di fuga di uno dei due gas pericolosi (NH_3 , SiH_4), le relative segnalazioni visiva (luce rossa) e acustica (sirena) entreranno in funzione e gli operatori presenti in cleanroom dovranno abbandonare il laboratorio immediatamente tramite l'Air-lock, lasciando aperte le porte verso il corridoio dell'area grigia e verso il corridoio esterno. Solo in caso di utenti nell'area Magnetic thin films utilizzare l'uscita d'emergenza posizionata in fondo al corridoio grigio. In entrambi i casi dirigersi al punto di raccolta situato in cortile, in corrispondenza con il cancello verso via Pascoli. Gli utenti che fossero presenti nel corridoio di accesso alla cleanroom sono altrettanto obbligati ad evacuare l'area attraverso l'uscita situata sulle scale di accesso al seminterrato dal piano uffici.

Nel caso di emergenza sanitaria, definita come qualsiasi situazione in cui uno o più operatori mostrano problemi di salute anche lievi, è necessario valutare la pericolosità dell'evento. Solo dopo aver verificato la non pericolosità dell'evento sarà possibile provvedere ad aiutare il/gli infortunato/i. Contemporaneamente è necessario informare a voce o telefonicamente il Personale. Nel caso in cui questo non fosse possibile e si valuti l'evento come potenzialmente pericoloso per altri utenti è necessario attivare l'allarme incendio tramite gli appositi pulsanti. Se è necessario allertare operatori sanitari o i vigili del fuoco, chiamare il 112. Si ricorda, vista la pericolosità dei due gas, in particolare dell'Ammoniaca, che l'accesso ad aree possibilmente contaminate è vietato senza aver indossato un autorespiratore e che l'uso di tale dispositivo è a carico del Personale del laboratorio. Tutti gli utenti devono comunque conoscere le misure di primo soccorso contenute nelle schede di sicurezza di Ammoniaca e Silano allegate al presente documento.

In caso di incendio, attivare il pulsante di allarme incendio e segnalare l'evento al Personale. Qualora si sentisse un allarme incendio, prepararsi immediatamente all'evacuazione tramite le porte d'emergenza e dirigersi al punto di raccolta situato in cortile in corrispondenza con il cancello verso via Pascoli. In caso di incendio dovuto a Silano o Ammoniaca localizzato presso l'uscita di emergenza in fondo al corridoio dell'area grigia, oppure se l'uscita di emergenza fosse bloccata o l'accesso verso di essa impedito, evacuare la cleanroom utilizzando l'uscita di emergenza sita nel secondo air-lock; qualora fosse più conveniente si può utilizzare l'uscita di emergenza sulle scale tra il seminterrato ed il piano uffici, abbandonando la cleanroom tramite il primo air-lock e lasciando aperte le porte dietro di sé.