

Convegno Nazionale

**VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO
VGR 2006**

Pisa, Ottobre 2006

**SICUREZZA DEGLI IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE IDROGENO:
APPARECCHIATURA SPERIMENTALE HPBT PER LA VALUTAZIONE
DEL COMPORTAMENTO DI RILASCI ACCIDENTALI DA PIPELINE.**

F. Pilo*, N. Grasso°, N. Ciannelli ^, M. Carcassi°

*Dipartimento dei Vigili del Fuoco
Venezia, Veneto (Italy)
francpil@libero.it

°Dipartimento di Ingegneria Meccanica Nucleare e della Produzione - Pisa University
Pisa, Toscana (Italy)
nicola.grasso@ing.unipi.it
carcassi@ing.unipi.it

^ Dipartimento dei Vigili del Fuoco
Livorno, Toscana (Italy)
nicola.ciannelli@vigilfuoco.it

Convegno Nazionale

INDICE

1. SOMMARIO
2. PREMESSA.
3. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' DEL GRUPPO DI LAVORO MINISTERO DELL'INTERNO.
3. ANALISI DEGLI ASPETTI DI SICUREZZA RELATIVI ALLA DISTRIBUZIONE DI IDROGENO. STATO DELLA NORMATIVA PER GLI ASPETTI DI PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DI IDROGENODOTTI.
4. COSTRUZIONE APPARECCHIATURA SPERIMENTALE *Hydrogen Pipe Break Test* (HPBT).
5. FINALITA' DELLA SPERIMENTAZIONE.
6. CONCLUSIONI.
7. RINGRAZIAMENTI.

1. SOMMARIO

Lo sviluppo di impiantistica specifica per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione di idrogeno deve necessariamente affrontare le problematiche presentate dalla sicurezza delle linee di trasferimento del gas riguardo agli aspetti progettuali e costruttivi.

Nelle condizioni attuali, la rete di distribuzione idrogeno nel mondo risulta limitata sia in capacità che in estensione ed è riservata quasi esclusivamente al trasporto di idrogeno all'interno di impianti industriali quali raffinerie e poli chimici. Attualmente non ci sono ancora esempi di condutture di idrogeno usate per scopi civili in ambito nazionale.

La mancanza di una normativa specifica sia in ambito nazionale che Europeo per la realizzazione, il collaudo e la messa in servizio di linee di distribuzione idrogeno, impedisce di fatto la costruzione di impianti con caratteristiche omogenee e in grado di conseguenza di rispondere a precisi standard di sicurezza.

In Italia i riferimenti normativi sono essenzialmente legati a normative create per gas generici più leggeri dell'aria: il rispetto di queste indicazioni nel caso di impianti idrogeno comporta in alcuni casi un aggravio costruttivo e per contro in altre situazioni non riesce a garantire il rispetto di standard di sicurezza adeguati alle reali esigenze.

Tra i principali aspetti di sicurezza che risultano ancora da approfondire ci sono quelli relativi alla scelta dei materiali costruttivi delle linee compatibili con l'idrogeno e quelli relativi alle condizioni di rilascio accidentale in aria a seguito di rotture.

Per questo secondo scopo, nell'ambito del gruppo di lavoro idrogeno del Ministero dell'Interno in collaborazione tra Dipartimento dei Vigili del Fuoco e Università di Pisa, presso i laboratori del DIMNP (Dipartimento Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione) è attualmente in fase di studio e realizzazione una apparecchiatura denominata HPBT (Hydrogen Pipe Break Test) in grado di simulare rilasci reali da pipeline di idrogeno. Alla fase di rilascio segue l'innesco della miscela. Questo apparecchiatura, descritta nel documento ed analizzata nei vari aspetti relativi alla funzionalità e alla sicurezza, permetterà di condurre campagne di prove sperimentali per analizzare la liberazione di idrogeno in atmosfera l'innesco e l'eventuale sviluppo della combustione. L'idrogeno in uscita avrà una pressione fino a 10 bar e con un periodo di rilascio variabile da 0 a 180-240 secondi. L'attività sperimentale permetterà di acquisire informazioni tecniche relative alla diffusività del gas in varie posizioni del punto di rilascio, ai parametri di ignizione, alle caratteristiche dell'eventuale onda d'urto che si può formare a seguito dell'innesco.

Questo lavoro permetterà di acquisire una parte di informazioni necessarie per supportare la definizione di una normativa tecnica specifica di prevenzione incendi sulle linee di distribuzione idrogeno.

Inoltre i dati ricavati dall'attività sperimentale saranno utili anche per una verifica dei modelli di calcolo impiegati per le valutazioni del rischio e delle aree di danno.

2. PREMESSA

Lo sviluppo di impiantistica specifica per la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione di idrogeno deve necessariamente affrontare le problematiche presentate dalla sicurezza delle linee di trasferimento del gas riguardo agli aspetti progettuali e costruttivi.

Nelle condizioni attuali, la rete di distribuzione idrogeno nel mondo risulta limitata sia in capacità che in estensione ed è riservata quasi esclusivamente al trasporto di idrogeno all'interno di impianti industriali quali raffinerie e poli chimici. Attualmente non ci sono ancora esempi di condutture di idrogeno usate per scopi civili.

La mancanza di una normativa specifica sia in ambito nazionale che Europeo per la realizzazione, il collaudo e la messa in servizio di linee di distribuzione idrogeno, impedisce di fatto la costruzione di impianti con caratteristiche omogenee e in grado di conseguenza di rispondere a precisi standard di sicurezza.

In Italia i riferimenti normativi sono essenzialmente legati a normative create per gas generici più leggeri dell'aria: il rispetto di queste indicazioni nel caso di impianti idrogeno comporta in alcuni casi un aggravio costruttivo e per contro in altre situazioni non riesce a garantire il rispetto di standard di sicurezza adeguati alle reali esigenze.

Tra i principali aspetti di sicurezza che risultano ancora da approfondire ci sono quelli relativi alla scelta dei materiali costruttivi delle linee compatibili con l'idrogeno e quelli relativi alle condizioni di rilascio accidentale in aria a seguito di rotture.

Per questo secondo scopo, nell'ambito del gruppo di lavoro idrogeno del Ministero dell'Interno in collaborazione tra Dipartimento dei Vigili del Fuoco e Università di Pisa, presso i laboratori del DIMNP (Dipartimento Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione) è attualmente in fase di studio e realizzazione una apparecchiatura denominata HPBT (Hydrogen Pipe Break Test) in grado di simulare rilasci reali da pipeline di idrogeno. Alla fase di rilascio segue l'innesco della miscela. Questo apparecchiatura, descritta nel documento ed analizzata nei vari aspetti relativi alla funzionalità e alla sicurezza, permetterà di condurre campagne di prove sperimentali per analizzare la liberazione di idrogeno in atmosfera l'innesco e l'eventuale sviluppo della combustione. L'idrogeno in uscita avrà una pressione fino a 10 bar e con un periodo di rilascio variabile da 0 a 180-240 secondi. L'attività sperimentale permetterà di acquisire informazioni tecniche relative alla diffusività del gas in varie posizioni del punto di rilascio, ai parametri di ignizione, alle caratteristiche dell'eventuale onda d'urto che si può formare a seguito dell'innesco.

Questo lavoro permetterà di acquisire una parte di informazioni necessarie per supportare la definizione di una normativa tecnica specifica di prevenzione incendi sulle linee di distribuzione idrogeno. Inoltre i dati ricavati dall'attività sperimentale saranno utili anche per una verifica dei modelli di calcolo impiegati per le valutazioni del rischio e delle aree di danno.

3. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITA' DEL GRUPPO DI LAVORO DEL MINISTERO DELL'INTERNO.

Motivazioni della costituzione del gruppo di lavoro:

- Normazione in ambito prevenzione incendi di attività correlate con l'impiego dell'idrogeno nei diversi settori. Assenza in Italia di una normativa specifica ad esso dedicata.
- Normazione delle modalità di progettazione, costruzione ed esercizio di impianti specifici per il rifornimento stradale di veicoli.
- Normativa specifica relativa allo studio delle caratteristiche minime per l'omologazione di veicoli di varie specie alimentati ad idrogeno

Come terza attività il gruppo di lavoro si è prefisso quella di sviluppare una normativa per indirizzare la progettazione, la costruzione e l'esercizio di impianti per la distribuzione idrogeno mediante idrogenodotti. In particolare lo sviluppo della normativa prende spunto dalla necessità di normare linee di distribuzione all'interno di aree pubbliche allo scopo di:

- Incrementare lo sviluppo di linee per la distribuzione idrogeno sia in campo industriale che in campo civile fino ad impieghi per le utenze private.
- Considerate le caratteristiche specifiche dell'idrogeno quale gas a bassa densità integrare la normativa presente (DM 11-84) con una nuova normativa appositamente dedicata che aiuti la realizzazione di linee di distribuzione nel rispetto dei parametri di sicurezza necessari e contemporaneamente non penalizzare eccessivamente queste tecnologie.

Al fine di perseguire questo tipo di attività parimenti con quanto è stato fatto per la redazione delle altre due bozze di normativa il gruppo di lavoro intende avvalersi oltre che dell'esperienza maturata all'interno del gruppo stesso anche di esperienze stesse provenienti da attività pubbliche/private che abbiano seguito la problematica almeno a livello nazionale.

Per poter meglio valutare alcune problematiche relative soprattutto ad un eventuale rilascio in aria all'attività teorica il gruppo di lavoro ha deciso di affiancare anche una attività sperimentale diretta . Il presente lavoro descrive il tipo di attività che è stata progettata e la cui realizzazione e costruzione al momento attuale è in corso.

4. ANALISI DEGLI ASPETTI DI SICUREZZA RELATIVI ALLA DISTRIBUZIONE DI IDROGENO. STATO DELLA NORMATIVA PER GLI ASPETTI DI PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE IDROGENODOTTI.

Allo stato attuale la progettazione di pipeline prevede almeno per quanto riguarda la normativa antincendio i seguenti riferimenti:

- DM 24 novembre 1984 “Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8”.

5.COSTRUZIONE APPARECCHIATURA SPERIMENTALE HPBT (Hydrogen Pipe Break Test).

La realizzazione della apparecchiatura sperimentale è prevista all'interno del laboratorio Scalbatraio del Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione di Pisa.

L'apparecchiatura sarà impiegata per ottenere dati sperimentali da confrontare con quanto ricavabile dai modelli di calcolo impiegati nell'analisi di rischio per la valutazione di fenomeni quali diffusività, probabilità di innesco, distanze di innesco, fenomeni conseguenti all'innesco, onde di pressione. La versatilità dell'apparecchiatura è tale da permettere vari tipi di analisi variando i tempi di rilascio, la posizione, le dimensioni dell'idrogenodotto, pressioni e dimensioni orifizio.

5.1. Descrizione dell'impianto

L'impianto di prova è costituito da quattro elementi principali:

- **Riserva idrogeno media pressione**

Il gruppo è costituito da un insieme di 4 serbatoi collegati in serie e riuniti tra loro tramite un collettore generale di scarico. Il volume di ciascun serbatoio è pari a 3000 litri.

Ogni serbatoio è provvisto di una valvola di sicurezza e di una linea di scarico manuale. Tutti i serbatoi sono collegati ad un collettore dotato di flangia di rottura. La pressione massima di esercizio di ciascun serbatoio è pari a 10 bar max. Considerando un numero di serbatoi pari a 4 la capacità complessiva di idrogeno a 10 bar risulta 9 m^3 pari a 120 Nm^3 complessivi. Tutti i serbatoi sono collegati direttamente al vent generale di scarico.

- **Riserva idrogeno alta pressione**

Tale gruppo è costituito da un insieme di due pacchi bombole idrogeno collegati mediante rampe alla linea di riempimento della riserva a media pressione. Nella linea di riempimento è presente idrogeno a 10 bar ridotto a valle dei pacchi mediante valvola regolatrice di pressione. La linea è provvista di valvola di sicurezza per proteggere la tubazione in caso di rotture della valvola regolatrice di pressione inoltre è prevista la presenza di un orifizio tarato in modo tale da impedire il passaggio di gas sopra la portata di efflusso delle valvole di sicurezza installate sui serbatoi della riserva a media pressione. Complessivamente la quantità massima stoccata è pari a 400 Nm³ di idrogeno, lo stoccaggio durante le prove risulta fisicamente scollegato dal resto dell'apparecchiatura, la distanza di separazione prevista rispetto allo stoccaggio a media pressione è pari a 40 metri come riportato nelle planimetrie allegate. Lo stoccaggio è protetto mediante tre pannelli in acciaio mobili che hanno lo scopo di determinare una barriera di protezione sia interna che esterna.

- **Impianto di distribuzione idrogeno**

L'impianto è costituito da una tubazione in acciaio al carbonio da 2" lunga circa 40 metri la tubazione è staffata a terra mediante selle in acciaio fissate mediante fondazione in cemento. L'impianto è provvisto di un gruppo di taglio per il blocco dell'afflusso di gas alla flangia comandato pneumaticamente e controllato direttamente dall'operatore e di un sistema di misura necessario per la stima delle portate di gas all'interno della tubazione e di conseguenza in uscita dall'orifizio.

- **Flangia di prova**

La flangia di prova è costituita da un sistema di dischi di rottura con camera centrale ad aria mantenuta a pressione maggiore. Al momento della prova la pressione interna della camera si riduce fino a quando i dischi di rottura si fratturano iniziando così la fuoriuscita dell'idrogeno. È prevista la presenza di una valvola di linea per l'interruzione del flusso di idrogeno.

- **Impianto di innesco**

Il sistema di innesco è stato realizzato mediante un sistema di elettrodi in grado di generare un arco elettrico. La posizione dell'arco elettrico può essere variata considerando il fatto che l'apparecchiatura di innesco è fissata ad una struttura ad altezza variabile.

5.2 **Lay-out impianto e zona di prova**

In **allegato A** si riporta il lay-out dell'impianto e dello stoccaggio a media pressione all'interno dell'area del laboratorio. Inoltre è presente uno schema funzionale dell'impianto.

Sono riportate le distanze di sicurezza previste per tutti i centri di rischio previsti. Le distanze sono state valutate sulla scorta delle conoscenze acquisite in impianti simili utilizzati in precedenza nel laboratorio.

5.3 Specifica costruttiva: materiali previsti per la realizzazione

Di seguito sono elencati i materiali impiegati per la realizzazione dell'apparecchiatura. E' importante sottolineare il fatto che nel caso dell'apparecchiatura sperimentale in questione il contenimento di idrogeno all'interno delle linee/stoccaggi è limitato alle fasi delle prove e sono invece da considerarsi sempre vuoti durante tutti gli altri momenti: con queste premesse il problema della compatibilità dei materiali con l'idrogeno nel lungo periodo non è da considerarsi un aspetto determinante.

Stoccaggio alta pressione: n° 2 pacchi bombole idrogeno e n°1 pacco azoto del tipo comune destinato al commercio gas tecnici. Lo stoccaggio è previsto su piazzola in cemento armato.

Stoccaggio media pressione: N° 4 serbatoi Acciaio al carbonio Fe 520 con processo di zincatura a caldo sia sulla superficie interna che esterna. Lo stoccaggio è previsto su idonea piazzola in cemento armato

Linee di distribuzione: Diametri variabili da DN 15 a DN 80 e PN 20-40. Tubazioni in acciaio saldato Fe 420. Le linee di diametro minore sono staffate a terra su supporti in acciaio, per le altre sono previsti plinti di sostegno in cemento.

5.4 Relazione di sicurezza apparecchiatura HPBT.

L'analisi di rischio dell'apparecchiatura per l'esecuzione di prove sperimentali su rilasci di idrogeno da pipeline ha permesso di individuare i seguenti punti critici:

1. Stoccaggio alta pressione idrogeno gassoso costituito da n° 2 pacchi idrogeno a 200 bar (massima pressione interna) con una capacità complessiva di circa 400 Nm³.
2. Stoccaggio media pressione di idrogeno gassoso a 10 bar costituito complessivamente da n° 4 serbatoi collegati da un collettore di distribuzione con un volume geometrico complessivo pari a 12000 litri pari a 120 Nm³. Lo stoccaggio è protetto da sovrappressioni mediante valvole di sicurezza. Il punto di rilascio delle valvole di sicurezza è previsto ad una altezza di 2.5 metri dal piano di campagna.
3. Camino di vent. Luogo di rilascio da linea in caso di avaria del sistema. Punto di rilascio ad una altezza di 2.5 metri dal piano di campagna. Rilascio stimato di 30 Nm³. Tempi di rilascio previsti 3 minuti.
4. Flangia di prova e test. Luogo di rilascio idrogeno in atmosfera. Previsto il rilascio in aria di circa 8-10 Nm³ di gas. E' prevista la presenza di un innesco nel punto di rilascio.
5. Tubazione di caricamento idrogeno media pressione. Linea per il riempimento dello stoccaggio a media pressione. Possibilità di rilascio da tubazione. La pressione dai pacchi a 200bar viene ridotta fino ai 10 bar di esercizio tramite riduttore a doppio stadio.

6. Tubazione di prova e test. Linea a 10 bar per il riempimento principale e adduzione alla flangia di test.

Misure di protezione previste

In seguito all'analisi rischio effettuata sono state apportate le seguenti modifiche costruttive/operative/procedurali per la riduzione del rischio nei punti indicati:

1. Lo stoccaggio rientra all'interno della pratica per la richiesta del CPI presentata il (n°pratica parere di prevenzione incendi) ed è prevista la realizzazione di una struttura in cemento armato per il deposito dei pacchi tali da proteggere il laboratorio in caso di esplosione della bombola per effetto di azione combinata di rilasci di gas ed innesco. Le dimensioni dello spessore dei muri laterali è pari a 20 cm e hanno una altezza pari a 250 cm. Le dimensioni della piazzola di base anch'essa in cemento armato è pari a 250x200 cm. (Riferimento disegni allegati alla pratica di PI). È previsto inoltre per la protezione dell'area dell'esperimento e dello stoccaggio a media pressione che comunque risulta distante rispetto al luogo dello stoccaggio ad alta pressione circa 40 metri in ambiente aperto un sistema di due pannelli metallici di spessore pari a 15 mm di altezza pari a 180 cm con larghezza di 135 cm. I pannelli sono sostenuti da appositi basamenti e sono provvisti di un sistema di collegamento mediante catene che permette di costituire una protezione unica.
2. Lo stoccaggio media pressione è previsto installato su idoneo basamento in cemento armato a cui i serbatoi sono collegati mediante tirafondi. I serbatoi verranno eserciti ad una pressione massima di 10 barg; ogni serbatoio sarà certificato per pressioni di esercizio di 12 barg con valori di collaudo pari a 18 barg. Tutta la struttura è protetta verso l'esterno da un sistema di pannelli in acciaio di spessore pari a 15 mm di altezza pari a 180 cm con larghezza di 135 cm. L'area di stoccaggio prevista su un basamento quadrato di lato 600 sarà protetta nei due lati sud ed est mediante n° 4 pannelli per lato vincolati tra loro mediante catene. Per la protezione dell'impianto di stoccaggio a 10 bar è prevista la presenza di schermi metallici in grado di proteggere l'edificio in caso di possibili inneschi con esplosioni. Tutti gli impianti sono posti all'esterno e pertanto eventuali accumuli di idrogeno sono impossibili. Sarà impedito l'accesso a tutta l'area di prova durante le prove. Il personale potrà seguire le prove in ambiente chiuso mediante sistemi di videocontrollo. In caso di malfunzionamenti è possibile attivare direttamente il pulsante di emergenza con il quale viene sezionata la tubazione.

Oltre al sezionamento della tubazione è presente anche una valvola di scarico in atmosfera in grado di svuotare l'intera tubazione.

L'intera area è coperta mediante due lance che saranno in grado di garantire il presidio antincendio di tutta l'area interessata alle prove.

Lo stoccaggio di media pressione è costituito da n° 3 serbatoi da 4000 litri di volume ad asse orizzontale con altezza rispetto al basamento pari a 1500mm. Ogni serbatoio è dotato di valvola di sicurezza tarata a 11,2 barg, con uscite collettorate al vent generale dell'impianto. La pressione interna del serbatoio è mantenuta sotto controllo dall'area di controllo interna.

3. Camino di vent dell'intera apparecchiatura. Tale camino sarà realizzato allo scopo di garantire il vent dell'intera tubazione nel caso di problemi durante la prova. La posizione del camino è tale da avere una distanza di rispetto (nei confronti di altre parti dell'impianto) con circonferenza di raggio 10 metri. L'altezza

del punto di rilascio rispetto al piano di campagna è pari a 4.5 metri. La quantità massima di idrogeno rilasciato sarà pari al volume della tubazione a 10 bar e quindi per tubazioni fino a 3" di diametro $0,8 \text{ Nm}^3$. Il camino è provvisto di un sistema di innesco in corrispondenza della parte superiore allo scopo di innescare la combustione nel caso di rilascio di quantitativi di idrogeno consistenti. L'area di terreno prevista per l'esecuzione delle prove è resa incombustibile mediante riporto in terra di adeguata superficie.

4. Flangia di prova e test. La flangia di prova è costituita da un sistema con due dischi di rottura e camera intermedia riempita con azoto a 6 bar. Un adeguata linea di pressurizzazione permette il riempimento e lo svuotamento rapido della camera in modo da avere tempi di apertura tali da non disturbare il rilascio di idrogeno dalla tubazione (tempi di rilascio previsti 3 minuti circa). Il rilascio di gas e il suo innesco avviene in ambiente aperto con raggi di sicurezza rispetto all'edificio e alle altre parti dell'impianto di 20 metri.
5. Tubazione di caricamento idrogeno media pressione. Tale linea costituisce la linea che permette di riempire lo stoccaggio a media pressione. E' completamente saldata, realizzata in AISI 304 con diametro interno di 15 mm, PN 25. La pressione di esercizio della linea è pari a 10 bar, testa linea dalla parte dei pacchi è installato un riduttore a doppio stadio provvisto di manometro e pressostato di allarme alta pressione. In testa linea è previsto la valvola di sezionamento sia in corrispondenza dell'alta pressione (attacco rampa) che in corrispondenza della media pressione. La linea è provvista di valvola di sicurezza per la protezione della linea in caso di avarie al riduttore di pressione ed inoltre a protezione dei serbatoi durante la fase di caricamento è previsto un orificio tarato funzionante quale limitatore di portata. La linea rimane in funzione solo durante il caricamento dei serbatoi di media pressione; al termine del caricamento la linea viene sezionata. Il caricamento del serbatoio di media pressione avviene sempre in presenza di operatore posto nell'area di stoccaggio pacchi bombole.
6. Tubazione di prova e test. La tubazione di prova è costituita da una linea in acciaio al carbonio da 3" saldata lunga complessivamente 40 metri. Testa linea è montato un collettore lineare da 3" che collega i vari stoccaggi. E' prevista inoltre una linea di vent da 2" che collega la tubazione di prova con il camino di vent che permette lo scarico in aria ad altezza di 2.5 metri il contenuto di idrogeno presente nella tubazione. La tubazione di prova è provvista di un gruppo di taglio per il sezionamento della linea e scarico di eventuali tra filamenti in camino.

Misure di protezione antincendio previste

Per garantire la sicurezza delle prove e quindi del funzionamento dell'intera apparecchiatura oltre agli accorgimenti impiantistici descritti precedentemente sono stati previsti i seguenti accorgimenti per la protezione dell'area:

- Presenza di due idranti da UNI 45 soprasuolo in prossimità dello stoccaggio ad alta pressione. La posizione degli idranti è quella prevista all'interno della planimetria allegata. Gli idranti sono collegati ad un gruppo elettropompe rifornite dalla cisterna generale dell'intero complesso con volumetria di circa 18000 litri. L'idrante è parte integrante del circuito antincendio e pertanto descritto nella relazione tecnica presentata per il rilascio del certificato di prevenzione incendi. Gli idranti completi di manichette da 20 metri sono in grado di proteggere l'intera area dove sarà realizzato l'impianto di prova. La posizione degli idranti è tale da essere facilmente raggiungibile in condizioni di sicurezza dal personale addestrato.

Misure di emergenza previste

In corrispondenza della postazione di controllo sono previsti interruttori di emergenza in grado di garantire per ogni linea nonché per lo stoccaggio a media pressione lo svuotamento e il successivo flussaggio con azoto.

6. Gestione dell'impianto durante l'esecuzione delle prove

Al fine di incrementare la sicurezza durante le fasi di preparazione dell'apparecchiatura nonché esecuzione delle prove è stato individuato un protocollo di esecuzione della prova con check continuo di verifica. L'attività di controllo sarà eseguita secondo una procedura manuale nonché un sistema di gestione informatizzato funzionante secondo la logica dei blocchi di processo. L'impianto deve essere esercito eseguendo le prove concentrate all'interno di determinate sessioni sperimentali: questo al fine di ridurre le fasi di riempimento e conseguente svuotamento dello stoccaggio a media pressione. Tutto l'impianto sarà gestito e controllato da postazione remota posta in posizione protetta all'interno dell'edificio centrale (riferimento plaminetria allegata).

L'intera procedura di prova si articolerà secondo due parti principali:

Fase A Preparazione della prova.

Fase B Rilascio in atmosfera ed innesco.

Fase C Messa in sicurezza dell'impianto al termine della campagna di prove.

Fase A

Questa fase comprende le seguenti operazioni:

- Controllo diretto sul campo per la verifica dell'apparecchiatura, del funzionamento dei sistemi di controllo e del posizionamento dei sistemi di sicurezza previsti.
- Procedura di lavaggio dei serbatoi mediante azoto gassoso. Saranno eseguiti n° 2 cicli di lavaggio per ciascuna operazione di riempimento e a termine del lavaggio il serbatoio verrà lasciato in sovrappressione di azoto a circa 0.5 barg.
- Da posizione remota inizio fase di caricamento del sistema di stoccaggio a media pressione. Riempimento della linea fino al raggiungimento della pressione nello stoccaggio a media pressione. Al raggiungimento della pressione desiderata chiusura della valvola di riempimento e distacco manuale dei pacchi bombole. La chiusura delle valvole sullo stoccaggio verrà eseguita direttamente da operatore nello stoccaggio ad alta pressione.
- Metodologia di riempimento dello stoccaggio a media pressione:
- Verifica della tenuta della valvola di taglio e controllo apertura valvola di scarico linea.

- Settaggio apparecchiature di misura.

Fase B

Questa fase comprende le seguenti operazioni:

- Verifica completa della corretta esecuzione delle attività previste durante la fase A.
- Apertura orifizio e inizio della fase di rilascio.
- Inizio della fase di accensione della miscela e analisi dei fenomeni.
- Chiusura della valvola di rilascio in aria.

Tutta questa parte dell'attività verrà eseguita dal personale posto in posizione protetta all'interno della sala di controllo. Il monitoraggio dell'attività avverrà per via strumentale e tramite sistema di video registrazione.

Fase C

Questa fase da attuare al termine della campagna di prove comprende le seguenti operazioni:

- Chiusura completa delle valvole di intercetto generale della linea.
- Apertura della valvola di scarico generale in camino della linea.
- Apertura e scarico in aria del contenuto dello stoccaggio a media pressione.
- Chiusura della valvola di rilascio in aria.
- Flussaggio completo con azoto dello stoccaggio a media pressione.
- Chiusura valvole.

Tutta questa parte dell'attività verrà eseguita dal personale posto in posizione protetta all'interno della sala di controllo. Il monitoraggio dell'attività avverrà per via strumentale e tramite sistema di video registrazione.

7. Procedure di emergenza previste

Le procedure di emergenza prevista per la messa in sicurezza della apparecchiatura è legata alla capacità di garantire in tempi brevi il vent completo dell'apparecchiatura e la successiva inertizzazione con azoto. Questa operazione è effettuabile direttamente da posizione remota e comprende lo scarico a camino di tutto il contenuto della linea di prova, della chiusura delle valvole di intercetto con lo stoccaggio a media pressione e il flussaggio con azoto. E' previsto il convogliamento dello scarico delle valvole di sicurezza dello stoccaggio di media pressione all'interno del camino generale di vent.

E' necessario comunque ricordare che lo scopo di tutta l'apparecchiatura è proprio quello di riuscire a valutare e determinare le procedure di sicurezza per questo tipo di linee.

7. FINALITA' DELLA SPERIMENTAZIONE.

Le prove sperimentali saranno eseguite per poter valutare le seguenti questioni:

1. Tempi di rilascio di idrogeno in aria.
2. Determinazione delle dimensioni del rilascio.
3. Posizione e modalità dell'innescio.
4. Tipologie di effetti in base alle modalità di innescio.

8. CONCLUSIONI.

Le prove sperimentali saranno eseguite per poter valutare le seguenti questioni: