

DECOMMISSIONING CIVILE E INDUSTRIALE

INGEGNERIA CIVILE - AMBIENTALE
A.A. 2019 - 2020

eRwOrx.



DE Department of
Engineering
Ferrara

MONITORAGGIO DELL'ATMOSFERA E PRINCIPI DI BONIFICA, INERTIZZAZIONE E VENTILAZIONE



DE Department of
Engineering
Ferrara

Il monitoraggio dell'atmosfera.



DE Department of
Engineering
Ferrara

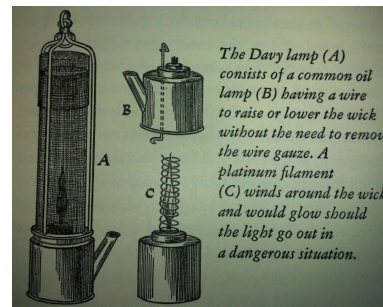
1700



1800



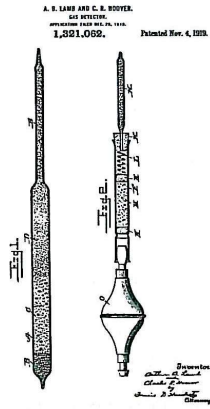
circa 1815



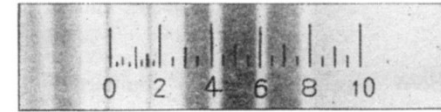
1850-1930



1919



1925



1927



1935



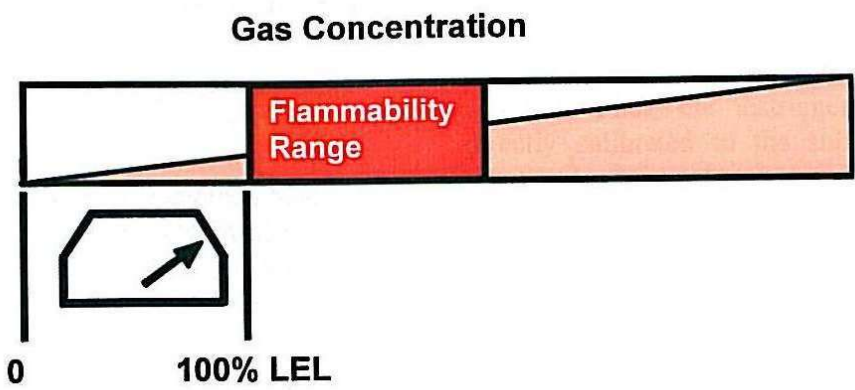
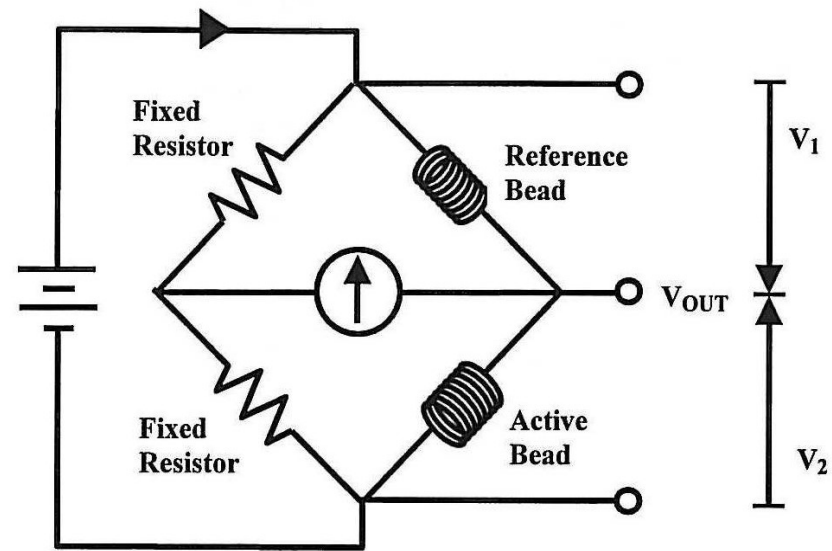
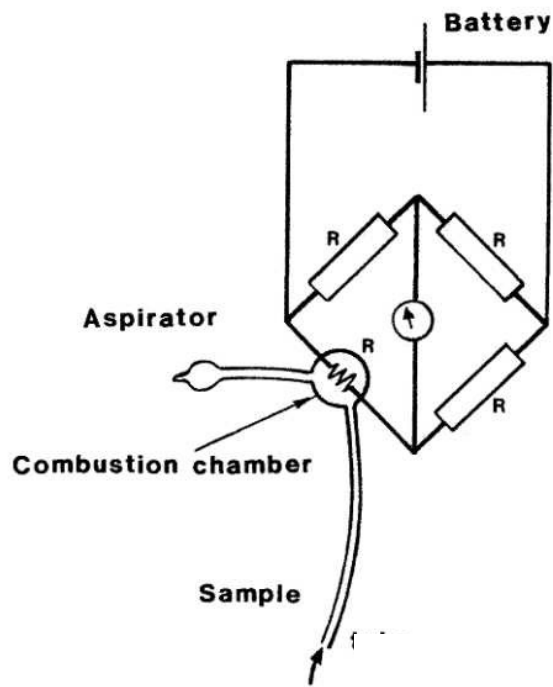
1969



1986



DE Department of
Engineering
Ferrara



Il sensore catalitico è in grado di rilevare direttamente e indipendentemente dalla natura del gas o del vapore esplosivo, la percentuale riferita al valore di LEL in cui questo è presente in aria.

Il principio del sensore catalitico (messo a punto nel 1927 negli USA dal dr. Oliver Johnson su commissione della Standard Oil) si basa sulla proprietà dei gas/vapori (esplosivi) di reagire chimicamente (dando luogo ad una reazione di ossidoriduzione esotermica) anche quando si trovano in una concentrazione inferiore al LEL.

Portando la miscela gas/vapore-aria a contatto con una superficie calda (una resistenza di platino-rodio che funge da catalizzatore portata a circa 500 °C) la reazione di ossidoriduzione non produce un effetto combustivo o esplosivo (come accadrebbe se fossimo nell'intervallo LEL-UEL) ma produce comunque calore surriscaldando ulteriormente la resistenza con cui viene a contatto.

Con il raggiungimento del 100% del LEL si avrebbe l'accensione della miscela all'interno del sensore ma si tratta comunque di una reazione che, negli strumenti moderni non genera alcun rischio se non un possibile danneggiamento al sensore.

E' fondamentale che sia presente una atmosfera con almeno il 15% di ossigeno affinché il sensore funzioni correttamente.



La resistenza di misurazione (resistenza attiva) è montata su un ponte di Wheatstone in cui altre due resistenze sono fisse (servono esclusivamente per il bilanciamento del ponte) e una quarta resistenza (passiva) serve come riferimento per la misurazione che si intende effettuare (è a contatto con aria non contaminata).

Le tre resistenze passive servono, in sintesi, per equilibrare il ponte e azzerare lo strumento prima della misurazione.

L'innalzamento della temperatura della resistenza attiva si traduce in una variazione della resistenza elettrica della spirale la cui variazione si legge sul potenziometro e che, a sua volta, è direttamente proporzionale alla % di gas/vapore in aria.

Lo sviluppo di calore generato dalla ossidazione indotta dalla spirale è tanto più grande quanto più è alta la percentuale di gas/vapore nell'atmosfera.

La resistenza attiva viene riscaldata tramite una batteria; non è fondamentale conoscere la temperatura di partenza della resistenza poiché la lettura non avviene in valore assoluto ma su una variazione di temperatura/resistenza elettrica.

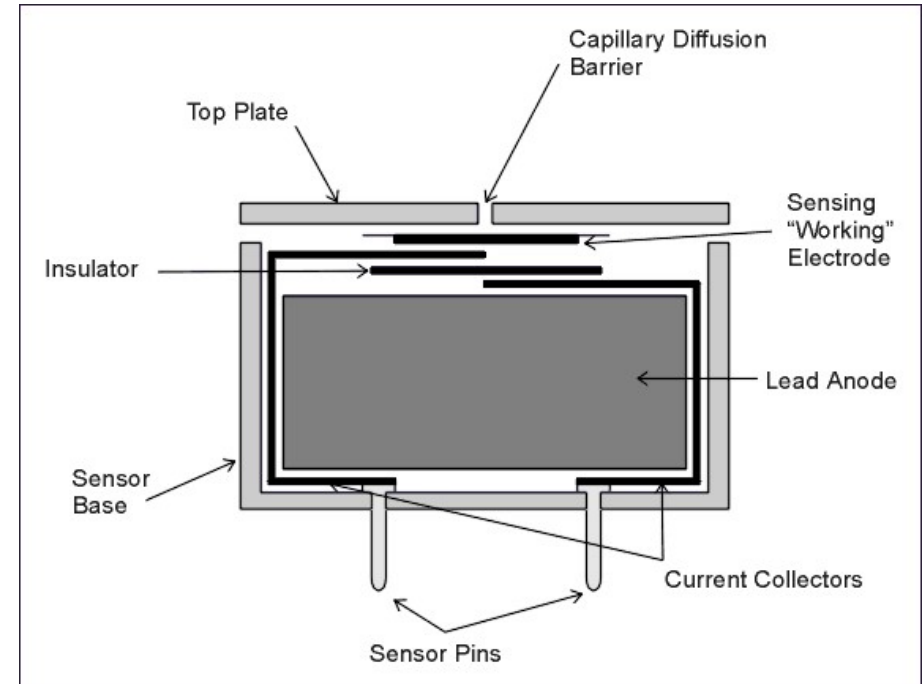
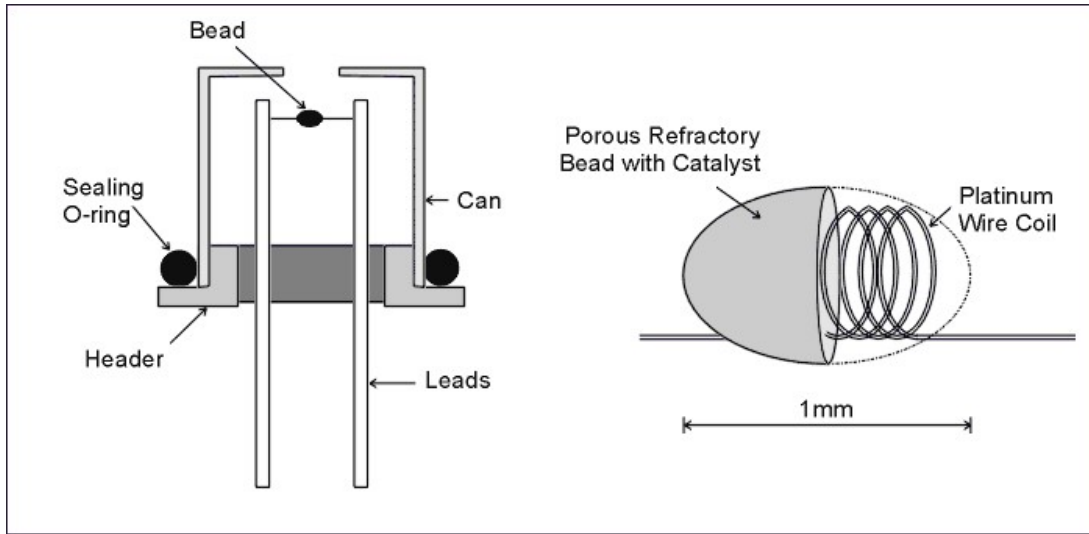
La misurazione dipende solamente dall'esito della reazione ed è indipendente dal tipo di gas/vapore.



I rilevatori elettronici per gas infiammabili e/o tossici possono essere classificati in sette diverse tipologie a seconda del sensore che adottano:

- Sensori catalitici
- Sensori a conducibilità termica – (catarometri)
- Rivelatori all'infrarosso (IR)
- Rivelatori a semiconduttore
- Rivelatori a fotoionizzazione (*Photo Ionization Detectors* – PID)
- Rivelatori a ionizzazione di fiamma (*Flame Ionization Detectors* – FID)
- Sensori elettrochimici



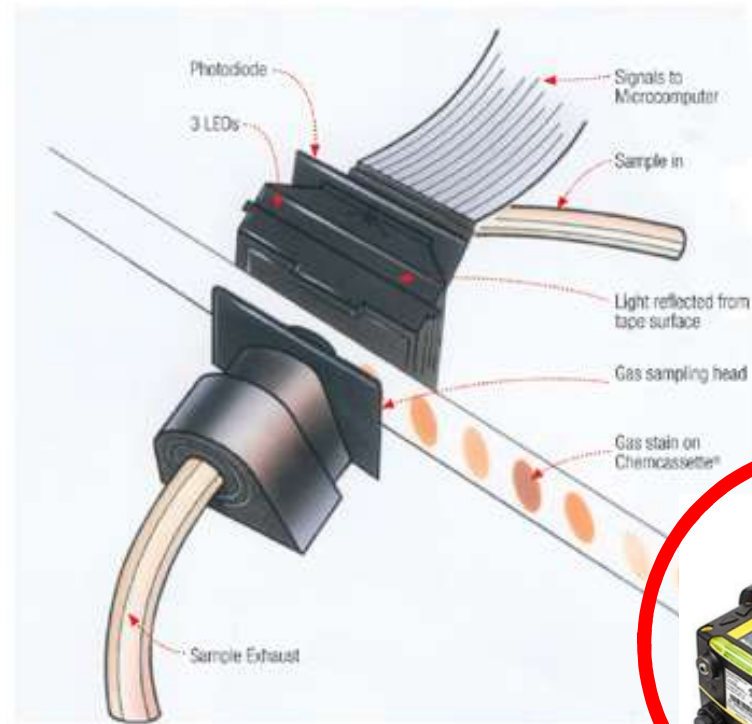


La *fuel-cell* o cella elettrochimica può essere descritta come un elemento elettrolitico che produce corrente proporzionalmente alla quantità di ossigeno che l'attraversa.

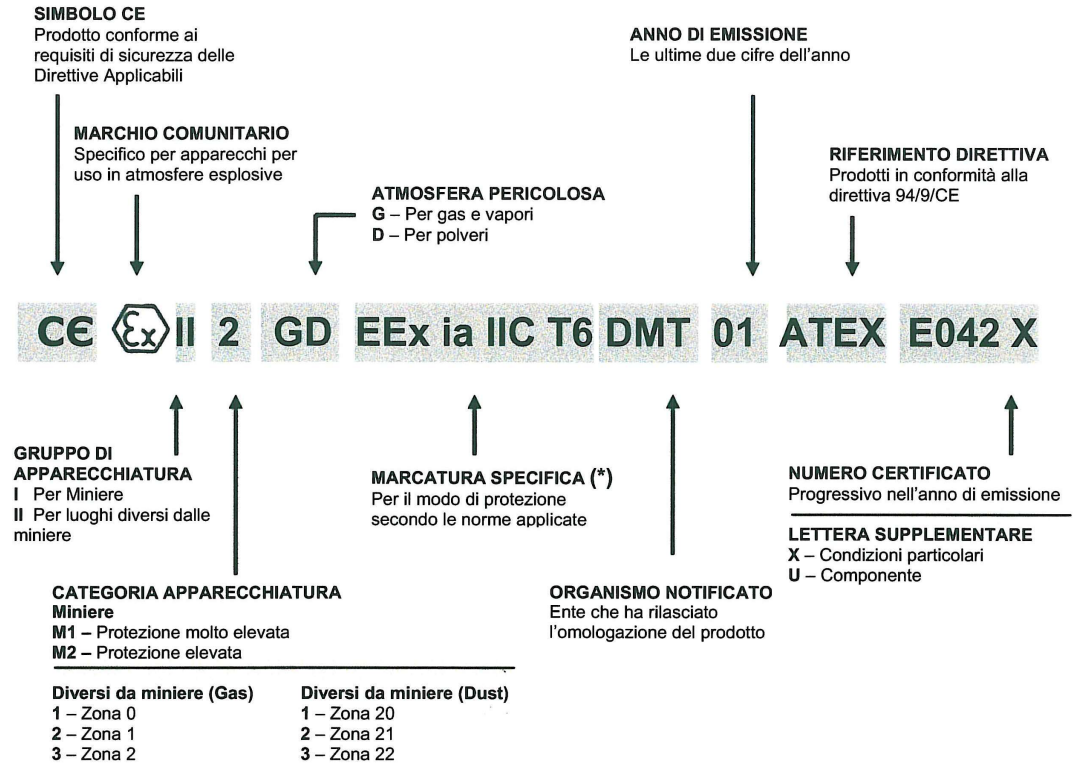
La misurazione diretta della corrente prodotta può essere facilmente convertita nella percentuale di ossigeno presente in aria.

Basandosi sullo stesso principio è possibile realizzare celle elettrochimiche «specializzate» in grado di misurare la concentrazione in atmosfera di centinaia di altre sostanze; occorre però prestare attenzione al fatto che con questa tecnologia la corrente prodotta (e quindi la misurazione) è fortemente influenzata dalla temperatura, dall'umidità ambientale e dalla pressione barometrica; gli strumenti moderni sono comunque generalmente in grado di effettuare automaticamente una compensazione della misura tenendo conto della variabilità di tutti questi fattori.





DE Department of
Engineering
Ferrara



(*) Per quanto riguarda la **marcatatura specifica** è bene ricordare quanto segue:

- EEX** : indica la protezione dalle esplosioni.
- ia** : indica il tipo di protezione del prodotto.
- IIC** : indica il gruppo (gas) di apparecchiatura.
- T6** : indica la classe di temperatura.





bestone-meter.en



DE Department of
Engineering
Ferrara

Alcuni tipici errori di valutazione della composizione atmosferica possono derivare da:

- Mancata taratura dello strumento o utilizzo di un gas di taratura non idoneo
- Time lag non valutato correttamente
- Errori di linearità, di azzeramento, di isteresi, ecc.
- Invecchiamento naturale dello strumento
- Inibizione temporanea (gas alogenati, H_2S a bassa concentrazione, ecc.)
- Avvelenamento (composti clorati, siliconici, fosfati, solfati, H_2S ad alta concentrazione, ecc.)
- Ecc.



QUANDO EFFETTUARE IL MONITORAGGIO?

(NFPA 326)

- antecedentemente al primo ingresso (anche se effettuato ai soli fini di un'ispezione visiva o per effettuare una disenergizzazione) e all'atto di ogni ingresso successivo ad eventuali pause lavorative;
- antecedentemente all'inizio di qualsiasi tipo di attività operativa all'interno dell'ambiente confinato;
- prima e durante qualsiasi operazione con utilizzo di fiamme libere (saldatura, taglio, riscaldamento, ecc.);
- frequentemente durante la permanenza all'interno dell'ambiente;
- successivamente a qualsiasi attività di pulizia o rimozione di sostanze presenti all'interno dell'ambiente in modo da verificare l'efficacia delle azioni eseguite;
- a seguito dell'inizio di qualsiasi tipo di attività svolta all'interno dell'ambiente che possa potenzialmente essere responsabile di una variazione dei parametri atmosferici.





Occorre, per quanto possibile, evitare di entrare negli ambienti confinati o non ventilati.

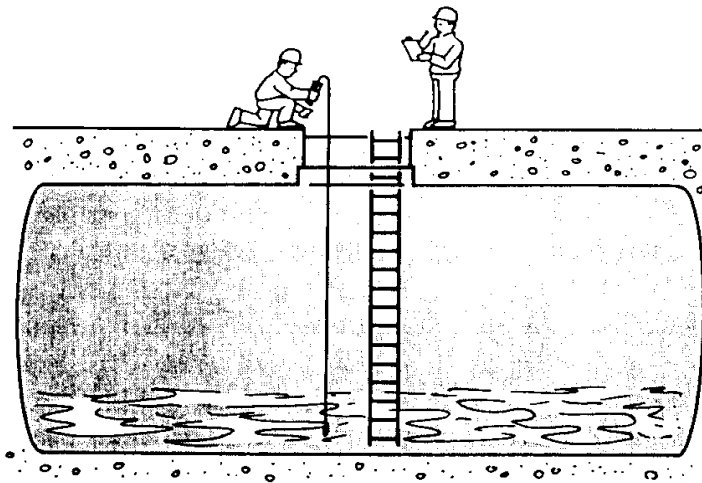
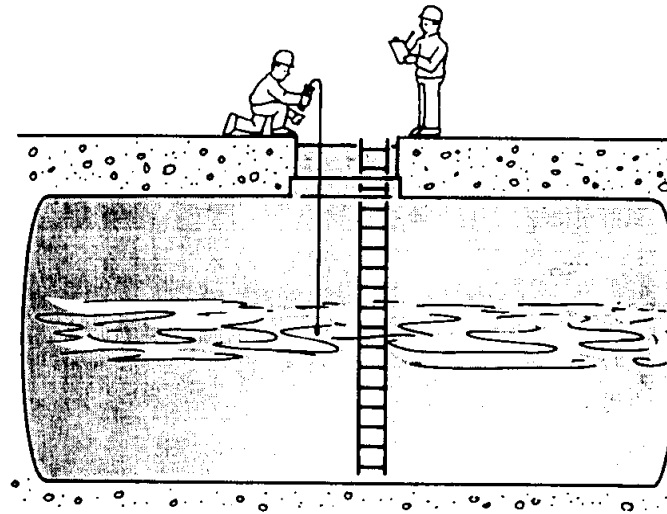
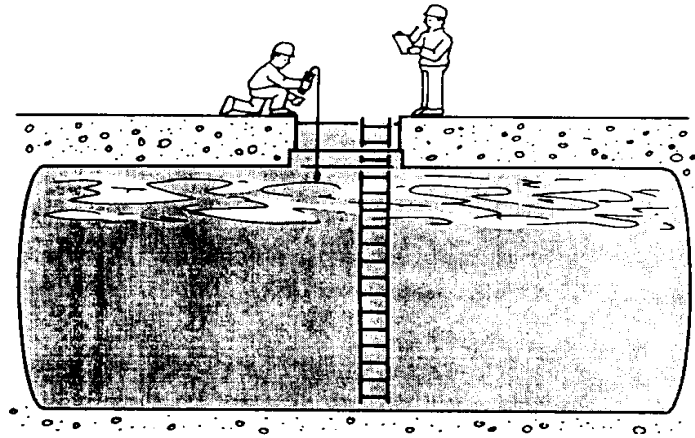


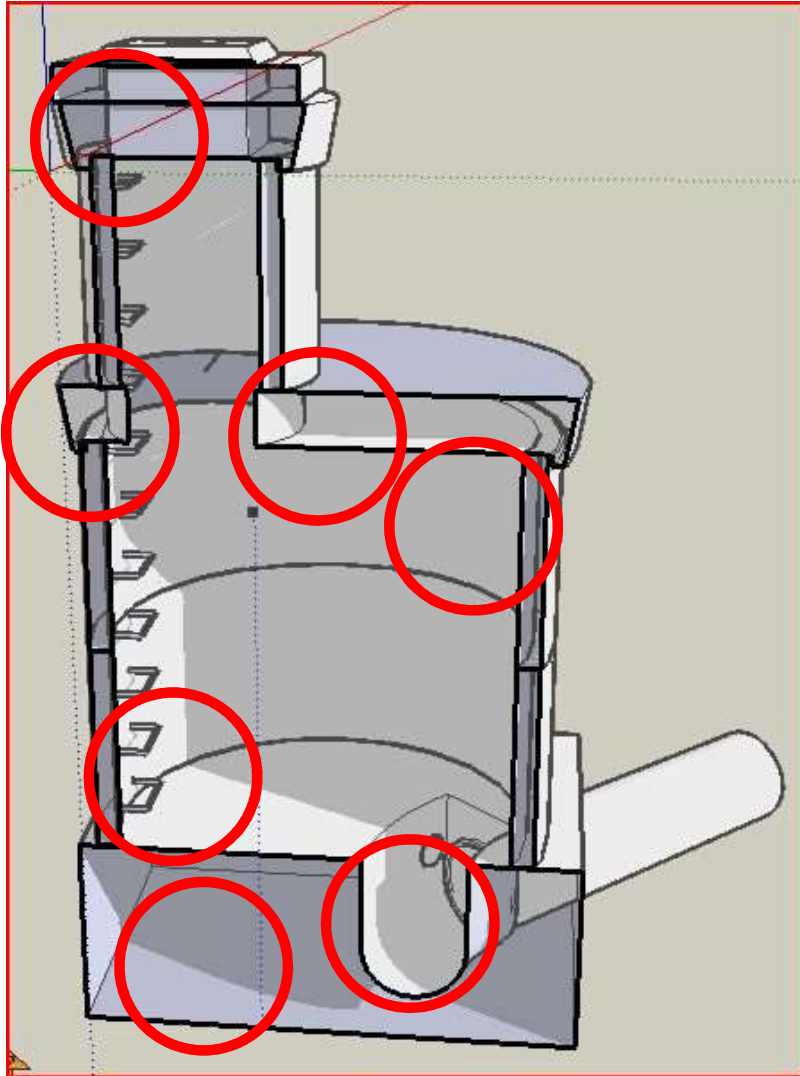
DE Department of
Engineering
Ferrara

DOVE EFFETTUARE IL MONITORAGGIO?

- in corrispondenza di tutte le compartimentazioni verticali e orizzontali dell'ambiente;
- all'interno delle intercapedini, in caso di doppie pareti o isolamenti;
- in corrispondenza di tutte le zone di sigillatura;
- all'interno di eventuali sentine o doppi fondi;
- in prossimità di tutte le zone in cui sono presenti tubazioni di adduzione o scarico di liquidi, gas, vapori;
- in corrispondenza di tutte le aperture verso altri ambienti siano essi passi d'uomo, drenaggi, sfoghi d'aria, ecc..







BONIFICA DELLE ATMOSFERE CONFINATE E MANTENIMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA



DE Department of
Engineering
Ferrara

ALCUNE DEFINIZIONI

INERTIZZAZIONE

Per inertizzazione si intende la sostituzione di una atmosfera ricca di gas o vapori esplosivi con una atmosfera di gas inattivo priva di comburente (secondo le norme NFPA il valore più piccolo tra il 5% assoluto di Ossigeno in atm e il 50% di Ossigeno riferito al LEL).

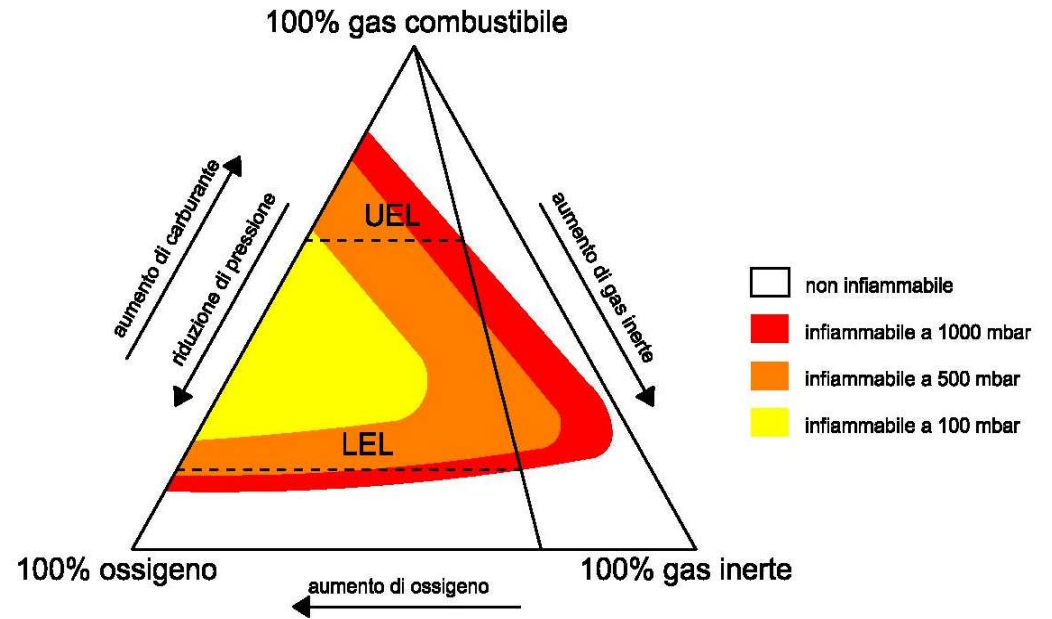
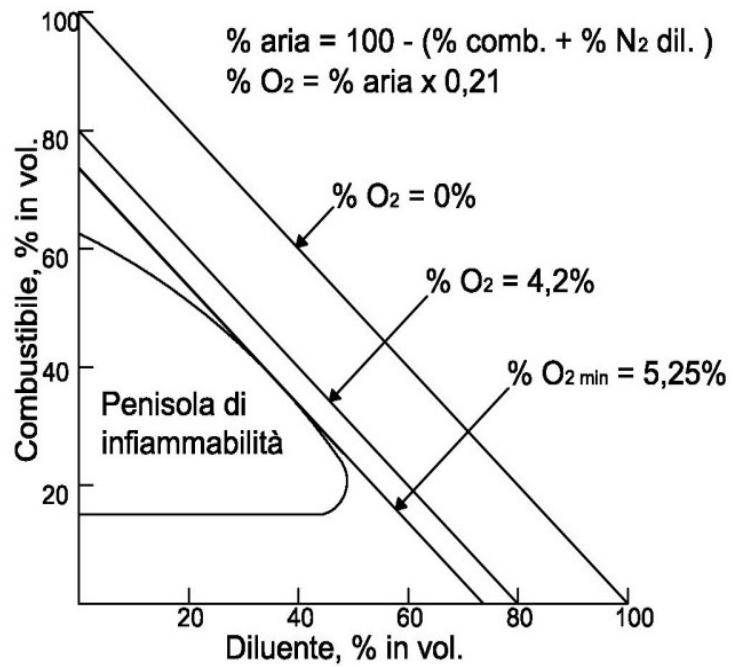
VENTILAZIONE

Per ventilazione si intende il lavaggio volumetrico di un ambiente confinato con ARIA fino al ripristino e mantenimento nel tempo del tenore di ossigeno a valori % di sicurezza.

BONIFICA

Con questo termine deve a rigore essere indicato esclusivamente un “processo che, nel suo complesso, consenta la completa eliminazione di qualsiasi sostanza genericamente pericolosa presente nell’ambiente, utilizzando procedure che portino a un’atmosfera sicura, respirabile e stabile nel tempo”.



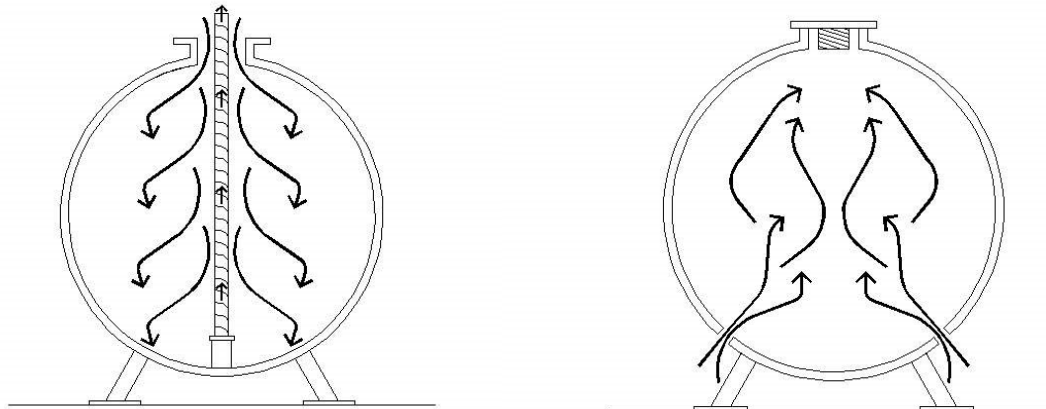


Bonifica (o ventilazione) con aria

La bonifica con aria avviene attraverso sistemi meccanici che utilizzano ventilatori/aspiratori per effettuare il “lavaggio” dello spazio confinato.

Questo metodo, oltre che per la bonifica, può essere utilizzato anche per la semplice ventilazione.

La bonifica per ventilazione meccanica possiede un alto grado di efficacia a patto che le apparecchiature utilizzate vengano posizionate correttamente.



Bonifica con acqua

Questo metodo di bonifica può essere utilizzato, ad esempio, per la rimozione di gas inerti presenti all'interno di uno spazio confinato e consiste sostanzialmente nel riempire completamente l'ambiente da bonificare con acqua e nell'immettere successivamente aria dopo aver fatto defluire l'acqua.

Può essere utilizzato anche per tutti i gas e vapori che abbiano una buona miscibilità e non reattività con l'acqua (cloro, ammoniaca, ecc.); assolutamente inaffidabile nel caso di altri prodotti non miscibili in acqua e/o con una alta penetrazione nella microporosità superficiale delle pareti dello spazio confinato (GPL, acetilene, ecc.).



Bonifica con vapore

Il vapore può essere utilizzato per bonificare spazi confinati inquinati da sostanze che contengono idrocarburi con un basso punto di infiammabilità (bassobollenti) purchè la loro T. di autoaccensione sia almeno **pari al 120% della T. del vapore**.

L'utilizzo del vapore presenta, rispetto ad altri sistemi, il vantaggio di essere in grado di sciogliere incrostazioni, catrame e materiali viscosi dalle pareti dell'ambiente confinato.

Affinchè il vapore possa essere utilizzato per bonificare l'ambiente, deve essere introdotto all'interno dello spazio confinato in una quantità tale che consenta di far aumentare la temperatura interna di **almeno 80°C**. In caso contrario il vapore condenserebbe e i contaminanti non potrebbero essere disciolti e portati all'esterno dello spazio confinato.

Durante le operazioni di bonifica tramite immissione di vapore le aperture superiori dell'ambiente confinato devono essere lasciate aperte (per evitare sovrappressioni e depressioni) e il vapore deve essere **introdotto a partire dal fondo**.

Il vapore presenta però la pericolosa caratteristica di generare facilmente **cariche elettrostatiche**.



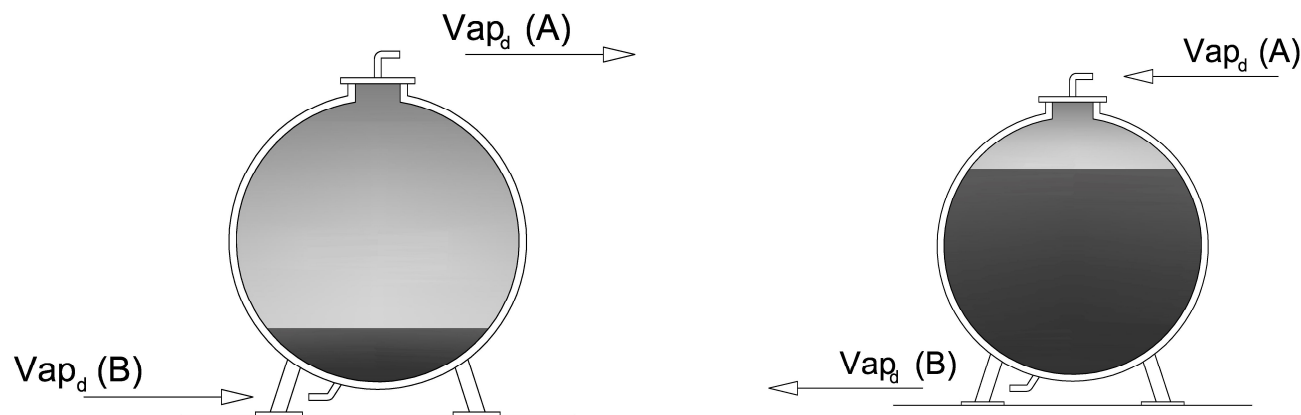
DE Department of
Engineering
Ferrara

Bonifica con gas inerte

Il rischio di esplosione dovuto a gas e vapori infiammabili può essere minimizzato attraverso una bonifica iniziale effettuata con un gas inattivo quale ad esempio l'anidride carbonica o l'azoto.

I gas inerti possono infatti essere utilizzati per abbassare il livello di ossigeno ad un punto tale da scongiurare l'accensione (in genere, tranne poche eccezioni, al di sotto del 5% in volume).

Trattandosi di gas non tossici per l'uomo, ma comunque asfissianti, una volta terminato il degasaggio, i gas inerti dovranno essere rimossi effettuando un adeguato lavaggio dell'ambiente con acqua/aria o aria.



Combustibile	Miscela comburente aria-N ₂		Miscela comburente aria-CO ₂	
	MOC	% di O ₂ massima raccomandata	MOC	% di O ₂ massima raccomandata
Acetone	13,5	11	15,5	12,5
Benzene	11	9	14	11
Butano	12	9,5	14,5	10,5
Disolfuro di carbonio	5	4	8	6,5
Ciclopropano	11,5	9	14	11
Alcool etilico	10,5	8,5	13	10,5
Benzina (73-100 ott.)	12	9,5	15	12
Benzina (100-130 ott.)	12	9,5	15	12
Benzina (115-145 ott.)	12	9,5	14,5	11,5
Esano	12	9,5	14,5	11,5
Idrogeno	5	4	6	5
Carburante JP-1	10,5	8,5	14	11
Carburante JP-3	12	9,5	14	11
Carburante JP-4	11,5	9	14	11
Kerosene	11	9	14	11
Metano	12	9,5	14,5	11,5
Alcool metilico	10	8	13,5	11
Propano	11,5	9	14	11



Sebbene gas e vapori nocivi tendano a diffondersi all'interno di tutto l'ambiente in cui si trovano confinati, essi hanno comunque la tendenza a stratificare in base alla loro densità.

Quelli più leggeri dell'aria ($< 0,8$) tendono a salire verso l'alto e a stratificare quindi nella parte più alta.

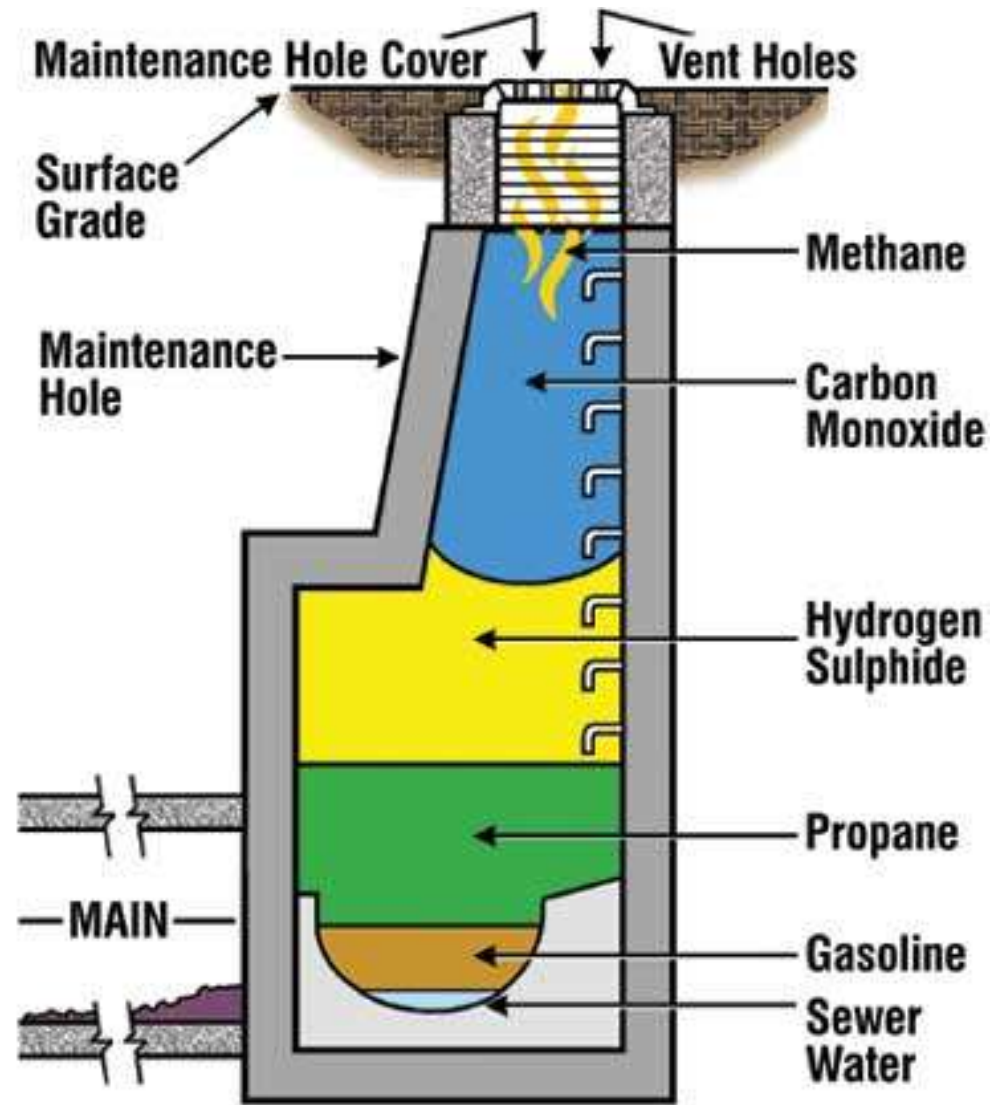
Quelli più pesanti dell'aria ($> 1,2$) tendono invece a depositarsi sul fondo.

Naturalmente nella disposizione delle vie di sfogo dell'aria e delle prese per l'immissione si deve tenere conto di questo aspetto.

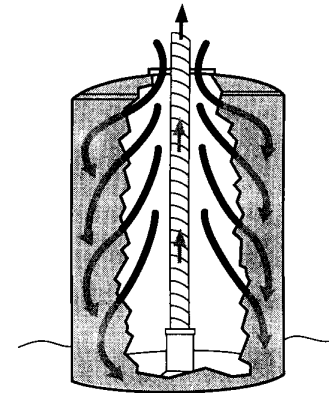
Se il gas da eliminare (ad esempio dopo una inertizzazione) presenta una densità molto diversa da quella dell'aria, come ad esempio nel caso di elio, argon o anidride carbonica, ecc., l'aria di ventilazione potrebbe non miscelarsi in modo efficace e l'intervento potrebbe risultare inadeguato.

Il calcolo del numero minimo di ricambi d'aria può essere effettuato mediante formule (ASHRAE) o per via grafica seguendo le indicazioni suggerite da standard e linee guida.

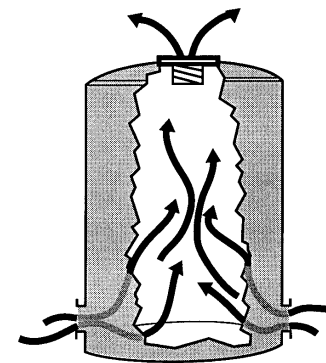


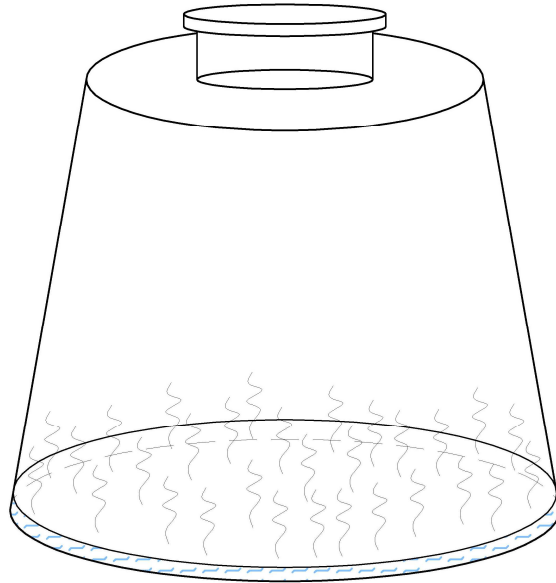
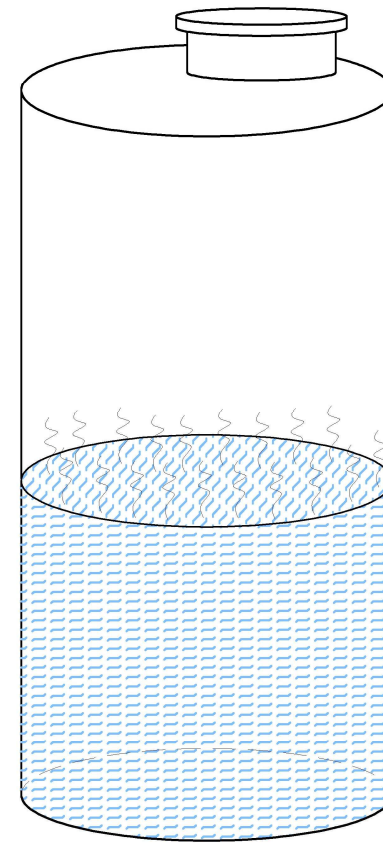
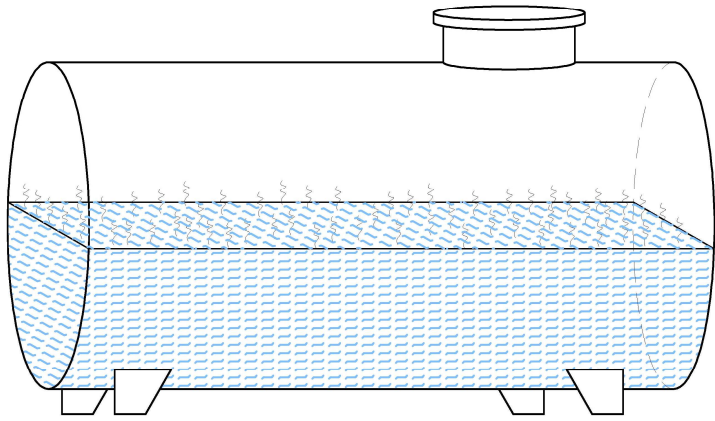


Il metodo consigliato per la bonifica di gas “pesanti” (come ad esempio l’argon o il vapore di azoto freddo) consiste nell’aspirare il gas dalla zona bassa dell’area interessata.



Quando i contaminanti, invece, sono più “leggeri” dell’aria devono essere prelevati dalla parte superiore dell’ambiente confinato e le prese per l’immissione dell’aria devono essere collocate nella parte inferiore.

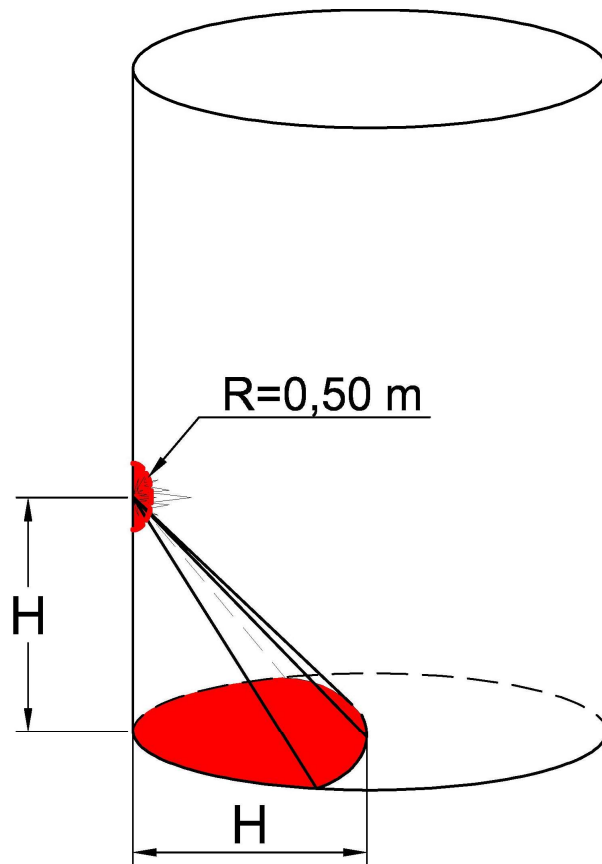




In molti casi è maggiore il volume delle tubazioni di adduzione (spazi adiacenti) che di quello dell'ambiente confinato vero e proprio.



DE Department of
Engineering
Ferrara



QUALSIASI BONIFICA DEVE
TERMINARE CON UNA VENTILAZIONE



DE Department of
Engineering
Ferrara

Ventilazione

La ventilazione è il processo attraverso il quale viene fatta confluire continuamente aria fresca e pulita all'interno dello spazio confinato. Viene in genere adottata una volta terminate le operazioni di bonifica al fine di **stabilizzare il microclima**.

La ventilazione generale di un ambiente confinato ha lo scopo di diluire la concentrazione dei contaminanti presenti all'interno dell'ambiente di lavoro a valori non superiori a quelli accettabili per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Questo processo consente di ottenere:

- la stabilizzazione del corretto quantitativo di ossigeno nell'aria;
- la diluzione di contaminanti dovuti a particolari lavorazioni effettuate all'interno dello spazio confinato quali ad esempio saldatura, sabbiatura e ossitaglio, ma non la loro rimozione diretta.

Può inoltre essere utilizzata per eliminare odori sgradevoli all'interno dello spazio confinato, che possono originare fastidi per gli operatori nonché per regolare la temperatura d'ambiente.



Il processo di ventilazione consente di ottenere:

- la diluizione dei contaminanti residui presenti all'interno il cui sviluppo abbia origine per desorbimento, per fermentazione, per ossidazione, ecc.;
- la diluizione dei contaminanti che accidentalmente penetrino, per migrazione, nell'ambiente confinato provenendo dall'esterno;
- la diluizione dell'anidride carbonica prodotta dalla respirazione del personale presente all'interno dell'ambiente;
- la diluizione dei contaminanti dovuti a particolari lavorazioni effettuate all'interno dell'ambiente confinato quali, ad esempio, saldatura, ossitaglio, pulizia con solventi, levigatura, ecc. (ma non la loro rimozione alla fonte);
- la stabilizzazione del corretto tenore di ossigeno nell'aria;
- il mantenimento di un buon confort microclimatico per gli operatori.



La ventilazione può essere di due tipi:

- **naturale**
- **forzata** (generale o localizzata)



Ventilazione naturale di diluizione

La ventilazione naturale di diluizione è il processo tramite il quale si introduce, dall'esterno, aria pulita in modo che questa si misceli con l'atmosfera interna allo spazio confinato, diluendo eventuali contaminanti e ripristinando la giusta percentuale d'ossigeno e allo stesso tempo mantenendo il valore degli inquinanti al di sotto dei TLV raccomandati.

Nella ventilazione naturale il movimento dell'aria **avviene spontaneamente**, senza alcun ausilio meccanico, grazie alla differenza di pressione e/o temperatura che si instaura tra interno ed esterno.

Risulta però completamente inefficace per la rimozione di alte concentrazioni di contaminanti tossici, quali ad esempio i fumi derivanti da processi di saldatura, ossitaglio e di particelle pesanti dovute ad esempio a processi di sabbiatura.



PROs

- non introduce pericoli in quanto non ci sono organi in movimento;
- è economico perché non richiede costi per l'acquisto o la manutenzione;
- non presenta sorgenti di accensione;
- non ci sono parti elettriche o meccaniche che si possano deteriorare o rompere.

CONs

- non fornisce una ventilazione localizzata;
- non può essere facilmente adattata per compensare mutate condizioni atmosferiche all'interno dello spazio confinato;
- il numero di ricambi orari non può essere determinato a priori, ma è semplicemente possibile controllare lo stato del contaminante mediante monitoraggio strumentale.



Ventilazione forzata di diluizione

In questo caso la circolazione dell'aria è indotta da uno o più ventilatori **con modalità IN ASPIRAZIONE o IN IMMISSIONE.**

La ventilazione forzata è detta **combinata** quando si utilizzano contemporaneamente ventilatori aspiranti e ventilatori prementi.

In caso di ventilazione **aspirante**, l'ambiente da ventilare viene a trovarsi in leggera **depressione** rispetto all'ambiente circostante.

In caso di ventilazione **in immissione** l'ambiente da ventilare viene a trovarsi in leggera **sovrappressione** rispetto all'ambiente circostante.

Questo diverso assetto di pressione interna può essere sfruttato per ottenere benefici di varia natura.



Ventilazione forzata localizzata (aspirazione)

La ventilazione localizzata viene utilizzata per rimuovere i contaminanti nel punto in cui essi vengono generati, con lo scopo di impedirne la diffusione in tutto l'ambiente.

L'aspirazione localizzata va preferita a quella generale quando il contaminante è altamente pericoloso, ma perché sia praticabile occorre che il contaminante sia generato in una zona circoscritta.

I sistemi di aspirazione localizzata ben si adattano ad essere utilizzati nei processi di saldatura e ossitaglio, ma possono essere utilizzati per rimuovere vapori generati anche da altre attività quali ad esempio applicazioni localizzate di solventi, applicazione di vernici o in NDT effettuati con "liquidi penetranti".

Generalmente i sistemi di aspirazione localizzata vengono adottati in combinazione con sistemi di diluizione d'ambiente.



Le attrezzature utilizzate per la ventilazione forzata disponibili in commercio sono sostanzialmente suddivisibili in due categorie:

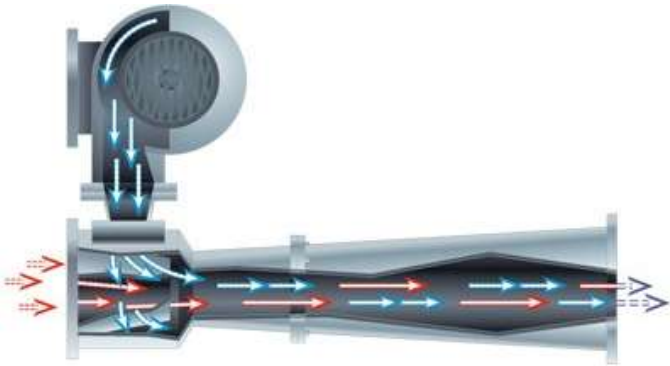
- **Estrattori Venturi**
- **Ventilatori meccanici**



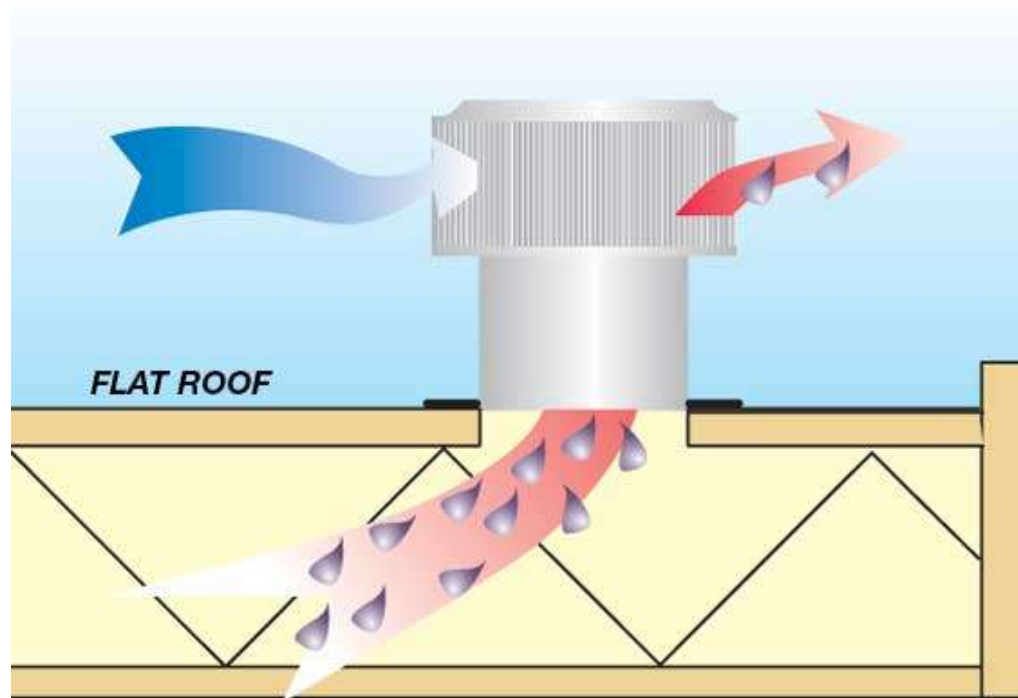
Estrattori Venturi.

Con questo sistema dell'aria compressa o del vapore vengono immessi all'interno dell'eiettore (che viene in genere imbullonato ad una apertura praticata nella parete dello spazio confinato) attraverso un connettore laterale che conduce ad un ugello.

Per effetto Venturi si crea una depressione tale da aspirare l'aria inquinata presente all'interno dell'ambiente confinato accelerandola attraverso una strozzatura. L'aria aspirata e miscelata con l'aria o il vapore immesso, verrà poi scaricata all'esterno dello spazio confinato attraverso un diffusore conico. L'estrattore deve essere equipotenzializzato alla struttura dello spazio confinato se metallica.



Altri sistemi basati sull'effetto Venturi sono quelli in cui l'aspiratore è mosso dal vento.



Ventilatori meccanici.

I ventilatori possono essere suddivisi in due classi:

- A flusso **assiale**, in cui il flusso dell'aria è parallelo all'asse di rotazione della girante. Si suddividono in:
 - Ventilatori a girante elicoidale
 - Ventilatori assiali intubati
 - Ventilatori assiali intubati con girante a palette
- A flusso **radiale (o centrifugo)**, in cui il flusso dell'aria è perpendicolare all'angolo di rotazione della girante.



Ventilatori assiali a girante elicoidale

Sono ventilatori a bassa efficienza e l'uso deve essere limitato per applicazioni a bassa pressione. L'organo rotante è generalmente formato da due o più lame; questi ventilatori non sono adatti ad essere collegati ad un sistema di condutture.



Ventilatori assiali intubati

Forniscono prestazioni migliori rispetto ai ventilatori assiali normali perché più efficienti e in grado di operare a pressioni maggiori. Le pale dei ventilatori assiali intubati sono montate all'interno di un tubo di acciaio, a stretto contatto, in modo da minimizzare lo spazio tra la girante e l'involucro.



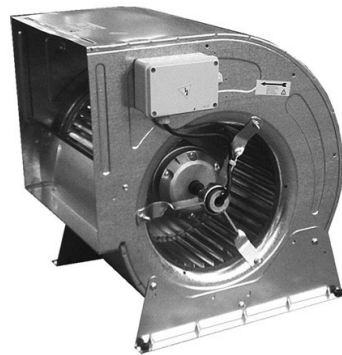
Ventilatori assiali a palette

Nella forma è simile al ventilatore assiale a tubo, ma è dotato di una serie di palette nella parte superiore e inferiore delle pale della girante anche di deflettori all'interno del tubo. Palette e deflettori hanno il medesimo scopo di raddrizzare il flusso circolare dell'aria dovuto alle pale rotanti migliorandone le caratteristiche di pressione e di efficienza.

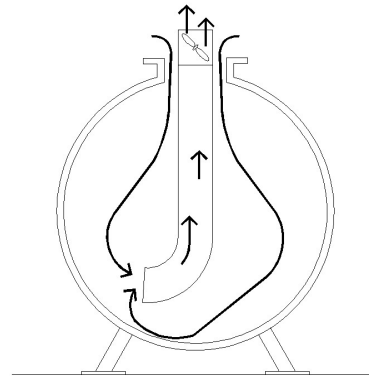
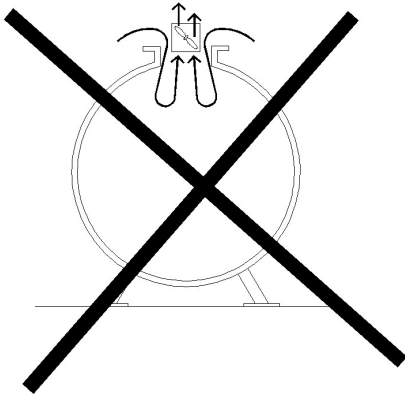
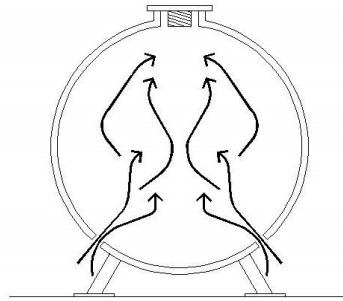
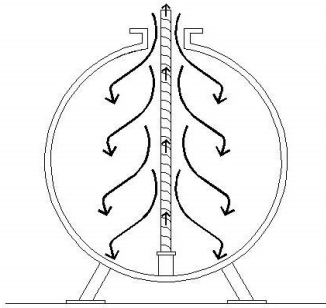
Ventilatori a flusso radiale

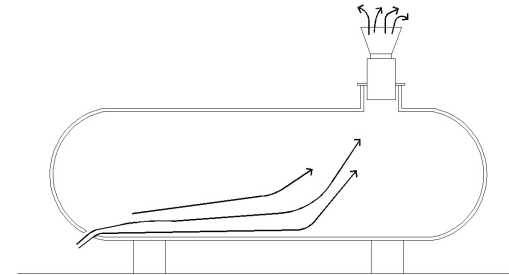
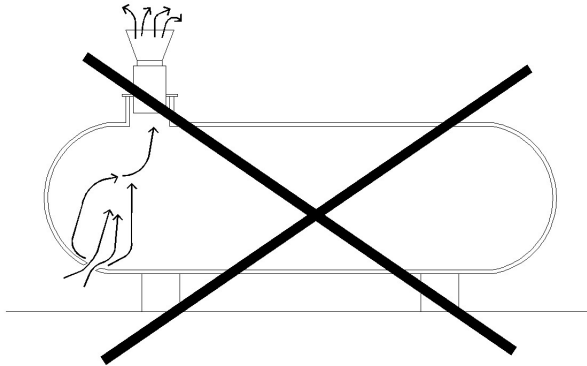
È formato da un rotore alettato montato su di un albero che a sua volta ruota all'interno di un contenitore cilindrico.

Il flusso dell'aria è in questo caso perpendicolare a quello dell'asse della girante.

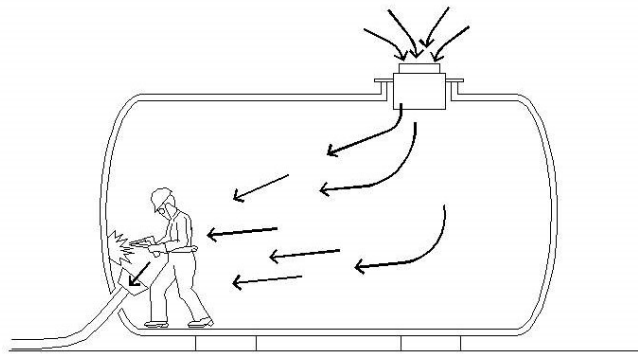


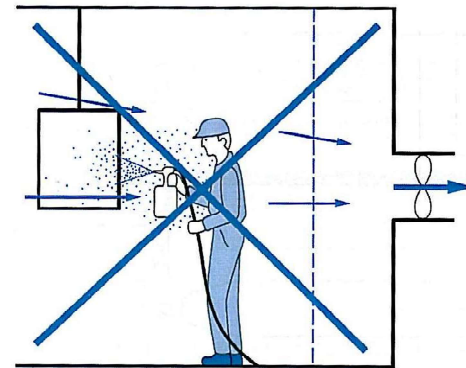
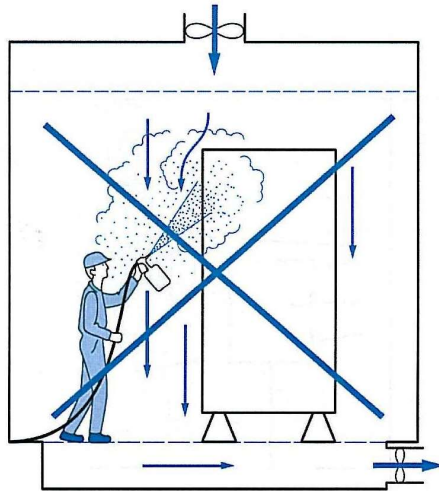
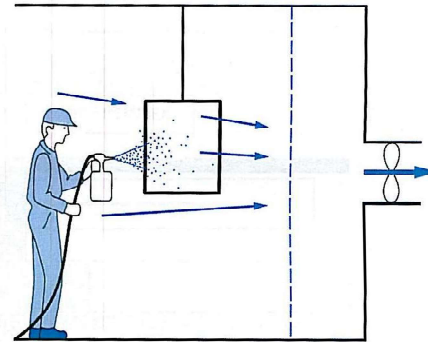
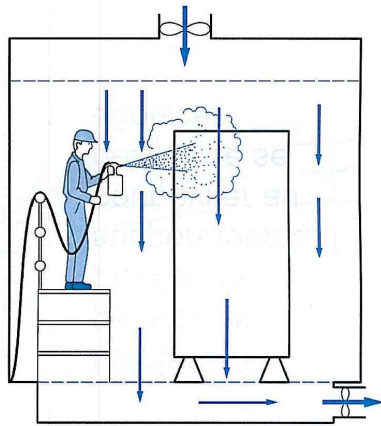
Schemi di ventilazione meccanica di diluizione.

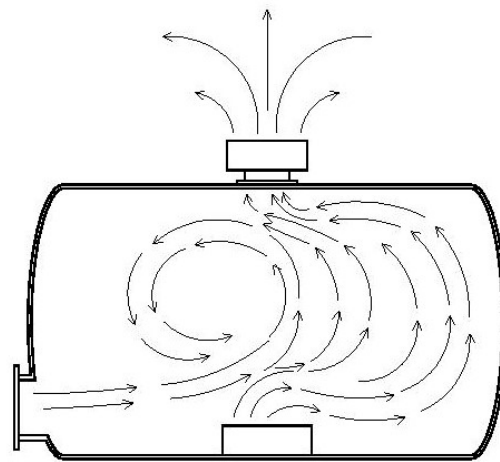
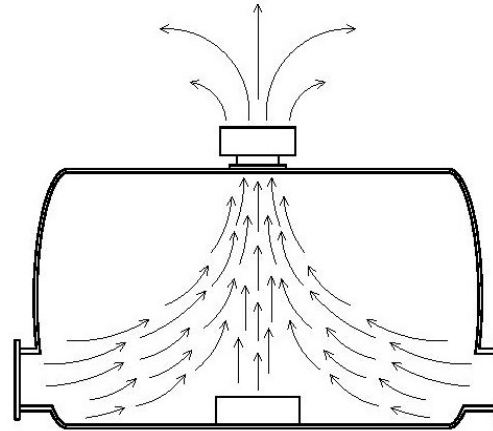


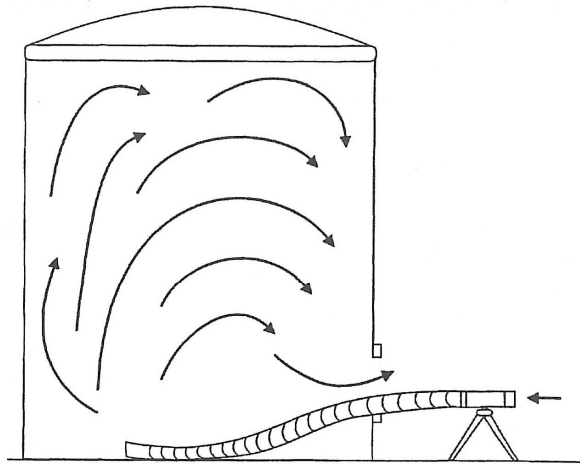


In abbinamento ad una aspirazione localizzata

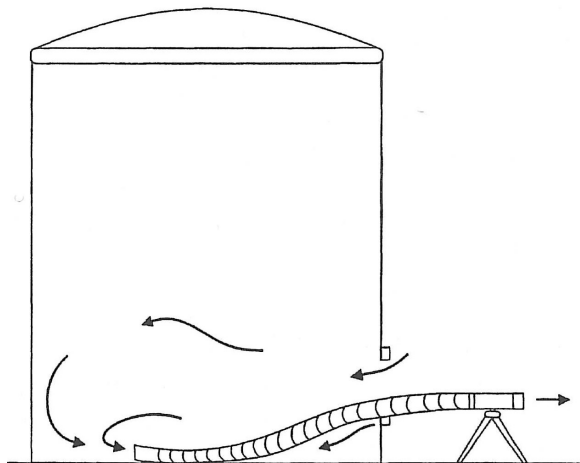








IMMISSIONE



ESTRAZIONE



DE Department of
Engineering
Ferrara

