

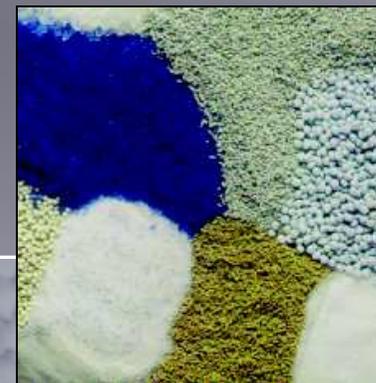


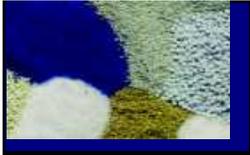
Tecnologie chimiche per l'abbattimento di composti odorigeni

Eleonora Aneggi

Dip. Chimica, Fisica e Ambiente

Università di Udine





Emissioni odorigene

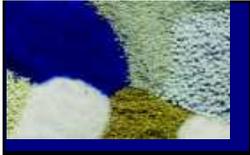
- L'attenzione verso le emissioni odorigene è notevolmente cresciuta negli anni a seguito di una sempre minore tolleranza verso attività che producono sostanze maleodoranti anche se generalmente non tossiche
- Ne sono derivati precisi vincoli costruttivi e gestionali volti al contenimento delle emissioni.



limitare la
produzione
di odori

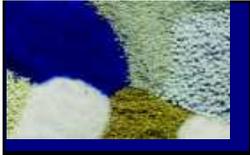
captazione

abbattimento
del carico
odorigeno



- Principali attività che producono emissioni odorigene:
 - industria lavorazione sottoprodotti di origine animale
 - impianti di trattamento e smaltimento reflui
 - impianti di trattamento acque
 - allevamenti zootecnici
 - industria alimentare
 - impianti industriali
 - raffinazione del petrolio
 - lavorazione del legno (cartiere) e dei metalli (ferro)
 - industria chimica, farmaceutica e delle materie plastiche





PRINCIPALI COMPOSTI ODORIGENI

Composti solforati

- H_2S , solfuri, mercaptani

Composti azotati

- NH_3 , ammine

Acidi volatili

- Acido acetico, propionico, butirrico,

Composti ossigenati

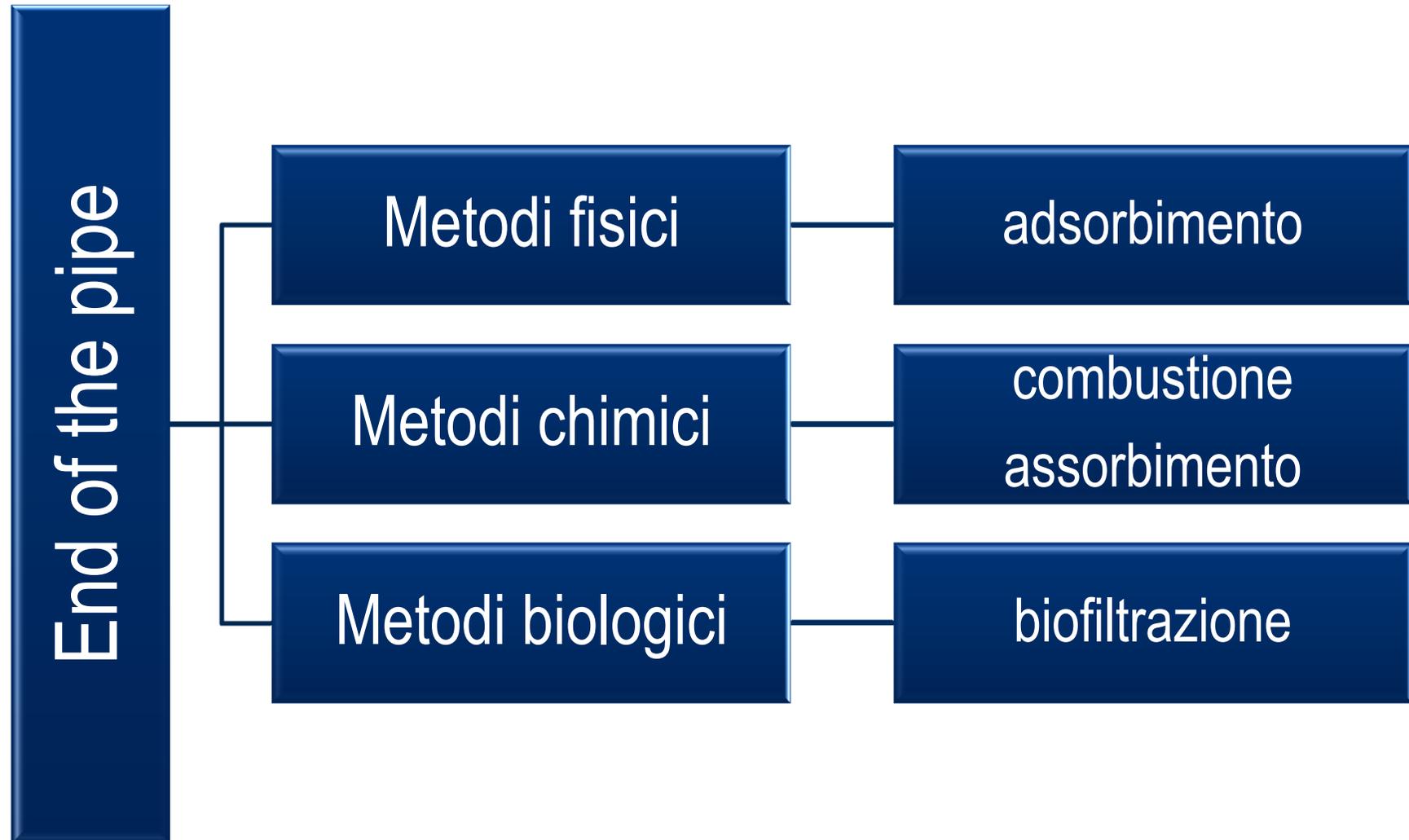
- Alcoli, aldeidi, chetoni, eteri, esteri

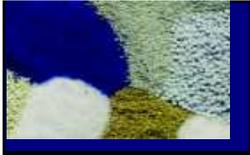
Solventi organici

- Toluene, xilene



LE TECNOLOGIE DI ABBATTIMENTO





ADSORBIMENTO

- I processi di adsorbimento su carboni attivi, zeoliti sintetiche, gel di silice e allumina attivata sono caratterizzati da elevato rendimento (> 95%).
- Il reflu gassoso attraversa uno strato di granuli di sostanze porose ad alta area superficiale che trattengono i composti odorigeni.
- Fenomeno di superficie

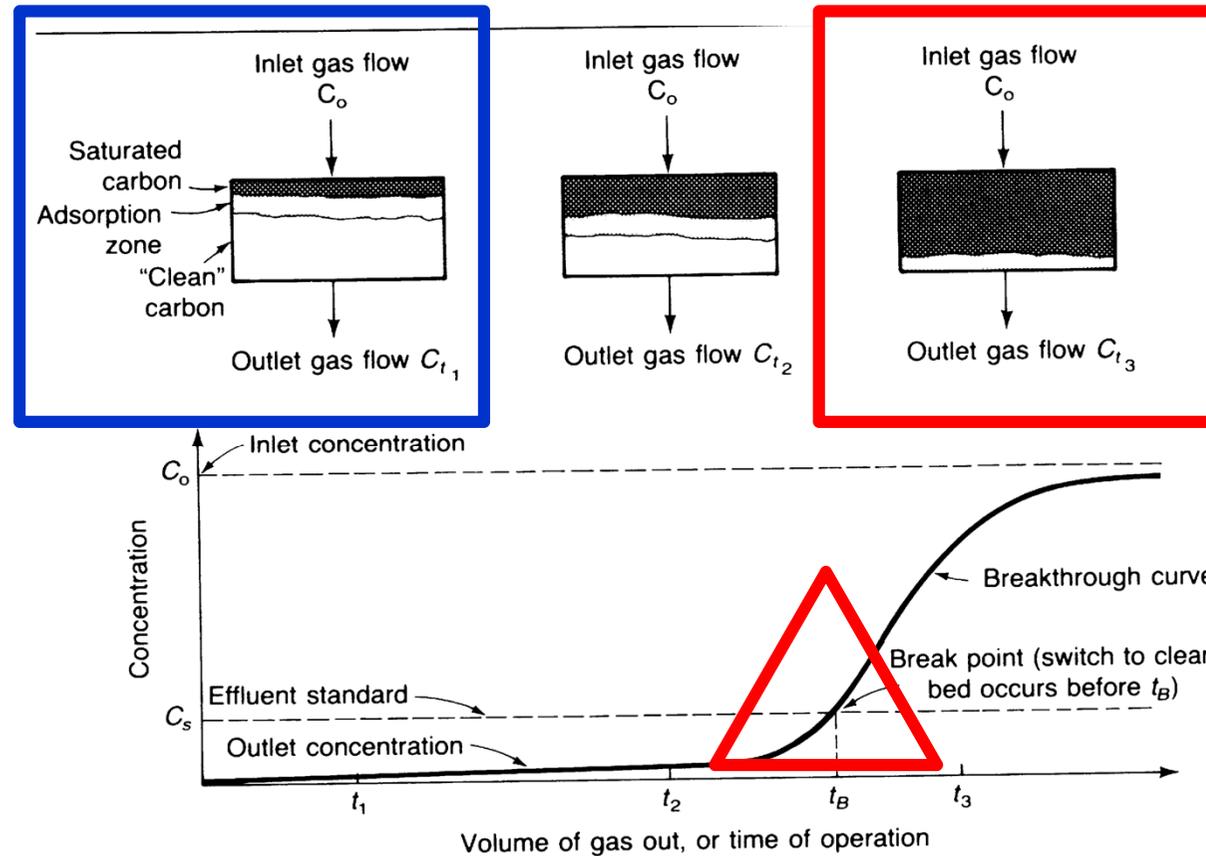
I carboni possono essere impregnati con reagenti chimici per rendere più efficace la reazione con determinati inquinanti (NaOH o KOH per la rimozione di H₂S e mercaptani)



Si fa fluire l'aria da trattare attraverso un materiale poroso

il materiale, detto adsorbente, è in grado di trattenere gli inquinanti sulla sua superficie

il flusso viene ripulito dai contaminanti volatili odorigeni



t_1 : letto nuovo

t_3 : letto saturo

- Il carbone attivo si satura a monte della zona di adsorbimento (AZ) mentre a valle è quasi completamente libero da adsorbati.
- AZ piccolo implica un'elevata capacità di adsorbimento.



- Limitata capacità di adsorbimento: è necessario smaltire o rigenerare i materiali adsorbenti.
- La rigenerazione consiste nel desorbimento degli inquinanti che può avvenire in modi diversi:
 - facendo passare attraverso il letto di adsorbente un gas inerte caldo,
 - scaldando il letto,
 - utilizzando un flusso di vapor d'acqua che vada a sostituire le sostanze adsorbite,
 - sfruttando una diminuzione della pressione dell'aria
- Metodo utilizzato per basse portate e basse concentrazioni (altrimenti richiederebbe una quantità notevole di adsorbente o recupero/rigenerazione frequenti).

- La **combustione**, termica o catalitica, è un metodo estremamente efficace per l'abbattimento di sostanze odorose a base organica (VOC).

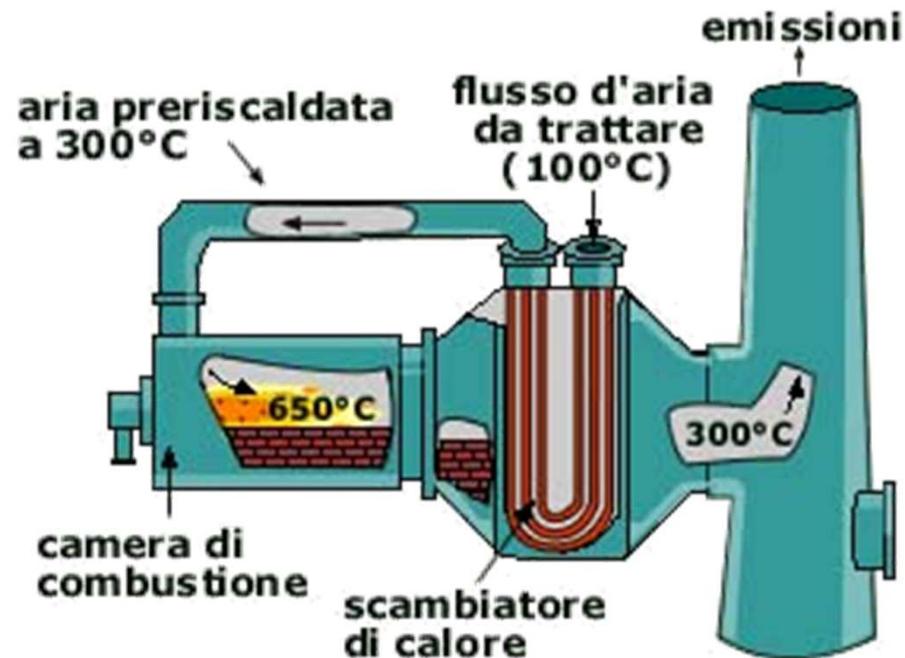
Combustione termica
(750-1000 °C)

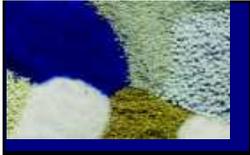
Combustione catalitica
(200-400 °C)

- Grandi volumi gassosi a bassa concentrazione di sostanze odorigene
- Complessità di gestione ed elevati costi di investimento (nonostante apparati recuperativi e rigenerativi).

COMBUSTORI TERMICI DI TIPO RECUPERATIVO

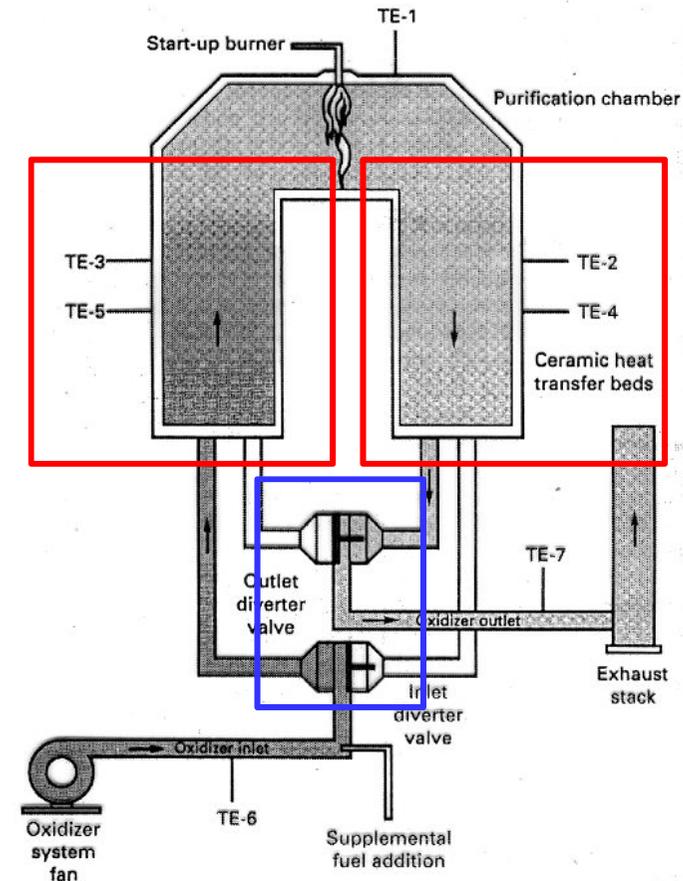
- utilizzano uno scambiatore di calore ad aria con cui recuperano parte del calore prodotto durante la combustione (consumo di combustibile supplementare).
- Efficienza di recupero energetico: 30-80%

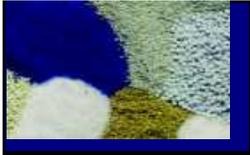




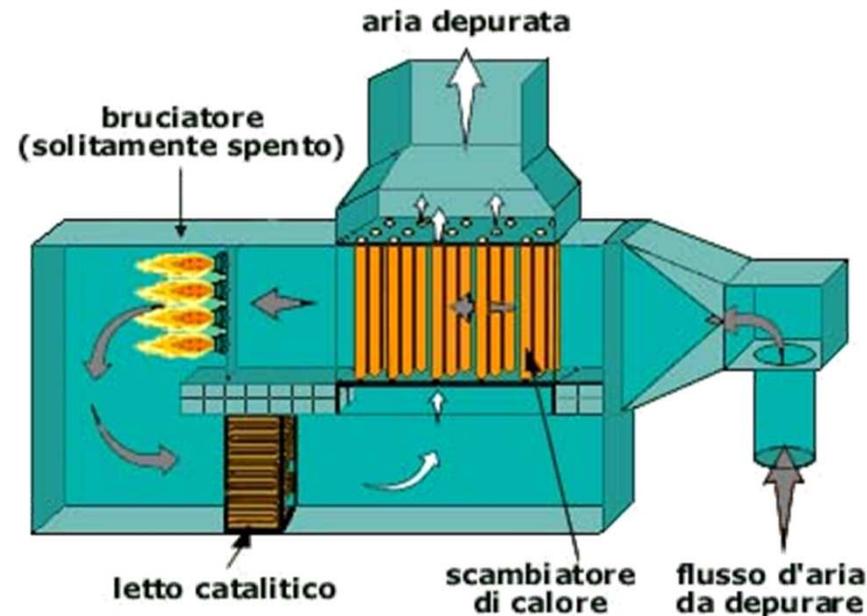
COMBUSTORI TERMICI DI TIPO RIGENERATIVO

- utilizzano come scambiatori di calore dei letti di ceramica.
- i letti sono disposti in due zone,
 - una all'entrata del flusso prima della camera di combustione;
 - una all'uscita.
- Il letto in uscita recupera il calore del flusso già trattato, mentre l'altro lo rilascia al flusso in entrata.
- Ad intervalli regolari si inverte la direzione del flusso da trattare facendolo passare attraverso il letto che si è precedentemente riscaldato.
- Efficienza di recupero: 85-97% (consumo di combustibile supplementare molto basso).



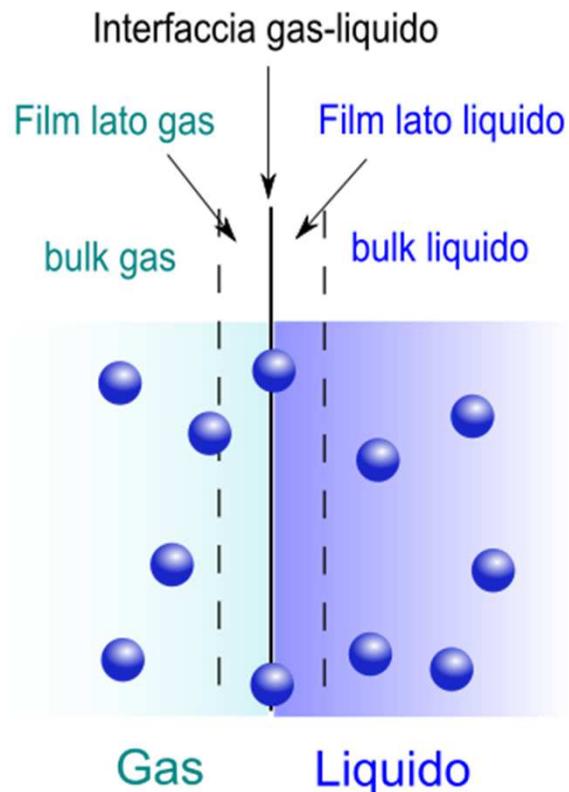


COMBUSTORI CATALITICI

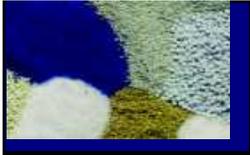


- il flusso d'aria contaminato viene fatto passare attraverso un letto di materiale refrattario su cui è depositato il catalizzatore
- scambiatori termici per il recupero del calore impiegato per l'ossidazione dei contaminanti
- non adatto in presenza di composti solforati o alogenati: ⇒ riducono l'attività del catalizzatore riducendo il numero di siti attivi disponibili per la catalisi dei composti organici (fenomeno di mascheramento).

- Metodo per rimuovere selettivamente da una miscela gassosa uno dei componenti sfruttando la sua maggiore solubilità in un particolare solvente (in genere acqua).
- È una tecnologia molto usata per la rimozione di gas contaminanti (VOC e odori) dall'aria.

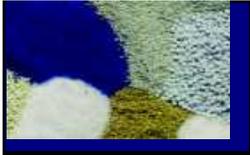


- Diffusione del gas dalla fase gassosa a quella liquida
- Trasferimento del gas attraverso l'interfaccia gas-liquido
- Diffusione del gas all'interno del liquido



SISTEMI DI ABBATTIMENTO A UMIDO (SCRUBBER)

- I contaminanti vengono assorbiti nella sostanza liquida.
- **Fisico**: i contaminanti si disciolgono nel mezzo liquido che funge da solvente;
- **Chimico**: gli inquinanti reagiscono chimicamente con il liquido o con opportuni reagenti presenti all'interno di esso (reazioni reversibili o irreversibili a seconda delle sostanze in gioco).
 - R. reversibile: il liquido può essere recuperato dopo rigenerazione;
 - R. irreversibile: il liquido deve essere smaltito e rimpiazzato.
- E' utilizzato per inquinanti gassosi presenti ad alte percentuali in volume, o gas diluiti molto solubili.

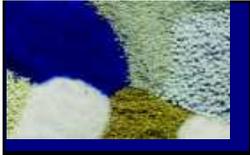


VARIABILI DA OTTIMIZZARE

Contatto tra fase liquida e flusso
d'aria inquinata

Turbolenza (miscelazione tra gas e
liquido)

Tempo di contatto



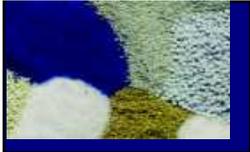
TIPOLOGIE DI SCRUBBER A UMIDO

Torri a nebulizzazione

Torri a piatti

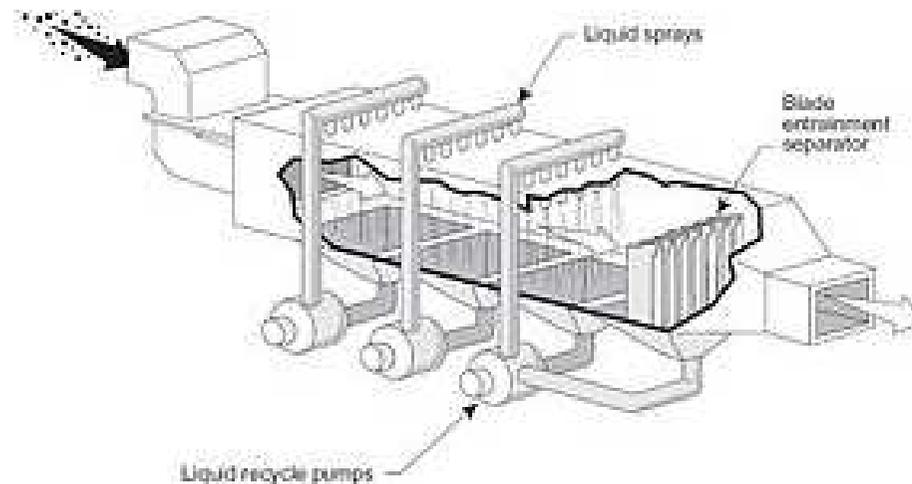
Torri a corpo di riempimento

Sistema venturi



TORRI A NEBULIZZAZIONE

- utilizzati per depurare le emissioni dai **gas altamente solubili** (per gas poco solubili è necessario aggiungere reattivi chimici).
- Dispositivi verticali e di grandi dimensioni (*torri o colonne spray*, dato che il liquido di lavaggio viene diffuso sotto forma di spray).
- Flusso d'aria da trattare fluisce all'interno della torre dalla parte inferiore, poi risale verso l'alto incontra in **controcorrente** lo spray emesso dagli ugelli.
- **corrente coincidente**: entrambi i flussi scendono verso il basso;
- **corrente incrociata**: il flusso d'aria fluisce orizzontalmente ed il liquido dall'alto verso il basso.



TORRI A PIATTI

liquido di lavaggio
impresso dall'alto scende
a cascata da un piatto
all'altro

La velocità del flusso d'aria fa sì che il liquido di lavaggio non scenda attraverso le aperture dei piatti (si comportano come dei veri e propri gorgogliatori)

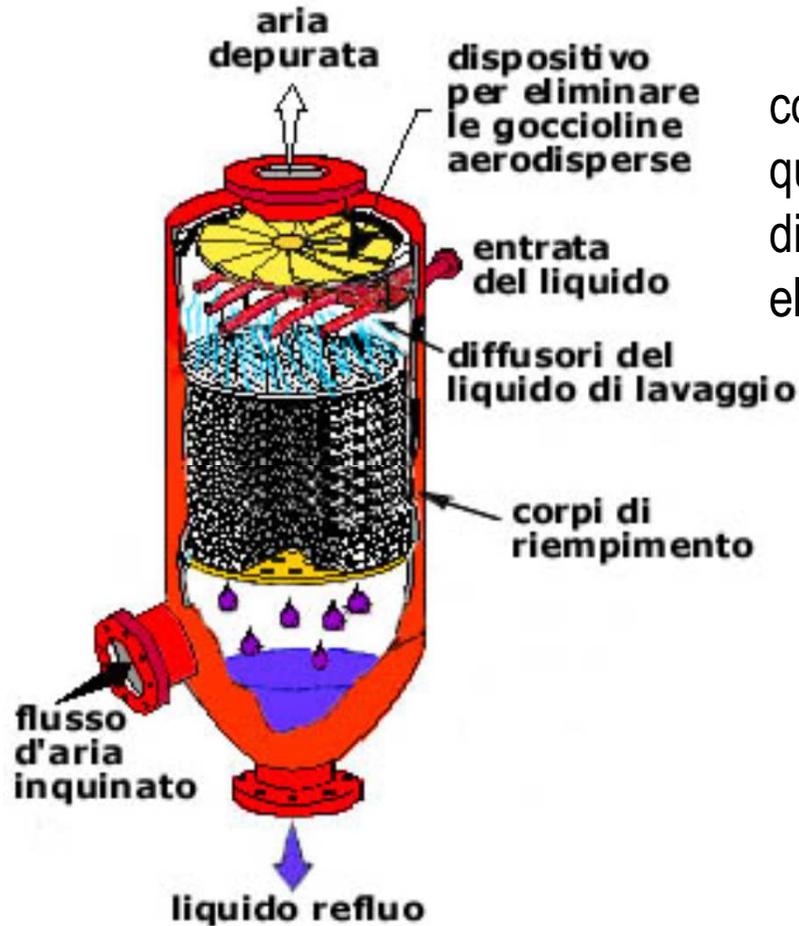
il flusso d'aria da
depurare entra dalla
parte inferiore del
dispositivo

piatti più elaborati:
strutture per prolungare
il tempo di contatto

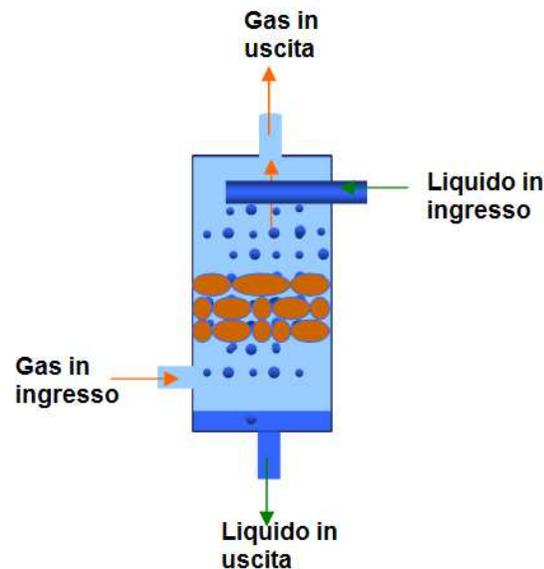
fluisce verso l'alto attraverso
dei fori o delle valvole
presenti sui piatti

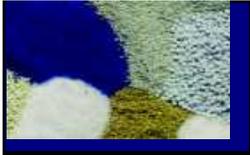


TORRI A CORPI DI RIEMPIMENTO



contengono all'interno una gran quantità di oggetti di piccole dimensioni e di forma di solito elaborata





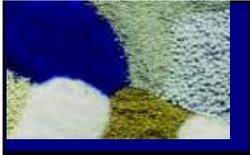
CARATTERISTICHE

- I corpi di riempimento hanno un **elevato rapporto superficie/volume** e presentano allo stesso tempo delle aperture che consentono il passaggio del flusso d'aria trattato.
- il liquido scendendo si distribuisce su di un sottile velo che va a bagnare la vasta superficie del materiale utilizzato.
- si forma un'estesa area di contatto fra l'aria ed il liquido di lavaggio e l'abbattimento dei contaminanti risulta estremamente facilitato.
- il sistema si presta molto bene all'assorbimento di vapori e gas (soprattutto inorganici) e all'abbattimento del particolato fine purchè a bassa concentrazione.

flusso
controcorrente

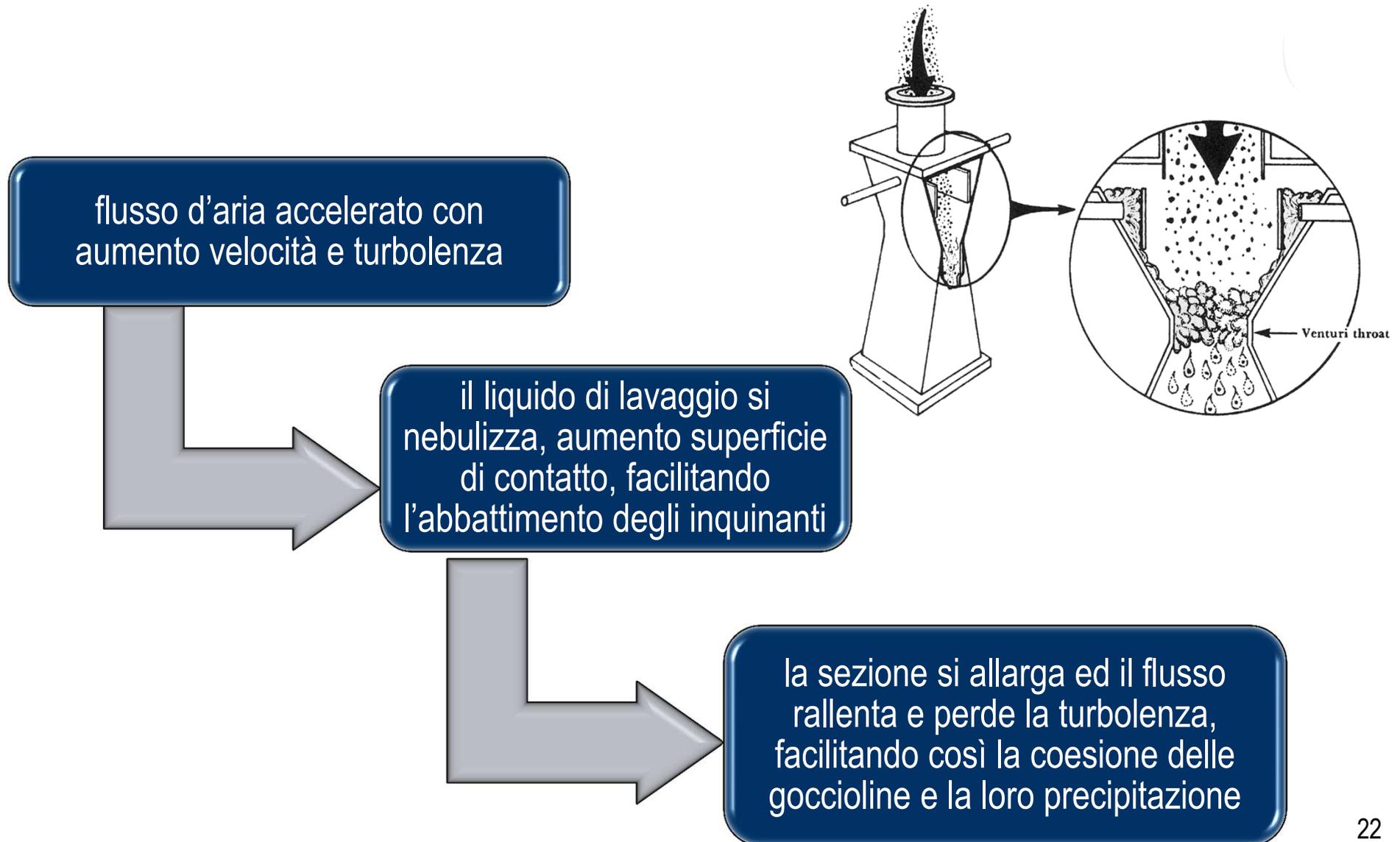
flusso
incrociato

flusso
coincidente



SISTEMI VENTURI

- Utilizzati per inquinanti con elevata solubilità nel liquido di lavaggio.





UTILIZZO REATTIVI CHIMICI

- La resa di abbattimento può essere aumentata con l'utilizzo di reattivi chimici:

Soluzioni ossidanti
(H_2O_2 , O_3)

- ossidazione di prodotti solforati

Soluzioni acide
(H_2SO_4 , HCl)

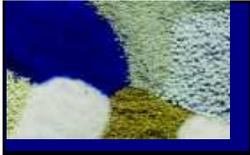
- rimozione di composti azotati

Soluzioni basiche
(NaOH , Na_2CO_3)

- rimozione di acidi organici e composti solforati

Soluzioni basiche ossidanti
(NaOCl , KMnO_4)

- rimozione di composti solforati ed aldeidi



DRY SCRUBBER



Camera di reazione
riempita con pellets
porose impregnate con
uno o più reagenti chimici

il flusso d'aria da depurare
passa attraverso il mezzo
poroso

Allumina attivata, carboni attivati, zeoliti
impregnati con KMnO_4 , KOH , H_3PO_4

Processo irreversibile:
chemiadsorbimento

I contaminanti gassosi sono
adsorbiti e reagiscono
chimicamente con i reattivi
impregnati e formano prodotti
di reazione solidi

Usati generalmente per composti a basso peso molecolare: H_2S , NH_3 , SO_2 .



CARBONI ATTIVATI IMPREGNATI

Chemicals used for impregnation	Quantity, [wt%]	Target substances to be removed from gas phase
Sulfuric acid	2-25	ammonia, amine, mercury
Phosphoric acid	5-30	ammonia, amine
Potassium hydroxide or sodium hydroxide	3-12	acid gases (HCl, SO ₂ , H ₂ S, Cl ₂)
Potassium carbonate	10-20	acid gases (HCl, HF, SO ₂ , H ₂ S, NO ₂), CS ₂
Iron oxide	10	H ₂ S, thiols, COS
Potassium iodide	1-5	H ₂ S, PH ₃ , Hg, AsH ₃ , radioactive methyl iodide
Triethylenediamine	2-5	radioactive methyl iodide
Sulfur	10-20	mercury
Potassium permanganate	5	H ₂ S from oxygen-lacking gases
Silver nitrate or copper nitrate	0.1-3	phosphine, arsine
Zinc oxide	10	hydrogen cyanide
Cr-Cu-Ag-Mo salts	10-20	civil and military gas protection (phosgene, chlorine, arsine, chloropicrin, sarin, other nerve gases)



- Possibilità di riporre l'adsorbente a strati
- Non si rigenera- utilizzo 6-12 mesi



TRATTAMENTO DI H₂S E MERCAPTANI

Allumina
impregnata
con KMnO₄



Carboni
impregnati
con KOH





CONFRONTO TECNOLOGIE

Trattamento	Adsorbimento	Combustione	Assorbimento
Portate	Basse	Alte	Alte
Concentrazioni	Basse	Ampio range	Medie
Efficienza	> 95%	95-99%	90%
Costi installazione	Bassi	Elevati	Medi
Energia	Bassa	Alta	Media
Manutenzione	Poca	Elevata	Elevata
Consumo acqua	0	0	Elevato
Rifiuti generati	Carboni saturi	Composti gassosi	Fanghi e reagenti esausti