

DEPOLVERAZIONE E DEPURAZIONE FUMI-GAS

SEPARAZIONE GAS//SOLIDO÷LIQUIDO - versione#B1 - Prof.A.Tonini – www.andytonini.com

INDICE: [S.CENTRIFUGHI](#) – [FILTRI](#) – [ELETTROFILTRI](#) – [SCRUBBER](#) – [ASSORBIMENTO](#) – [COMBUSTIONE](#) - [APPENDICI](#)

GENERALITA':

- AEROSOL: particelle e sostanze solide liquide gassose inquinanti sospese in un gas;

- FONTI DI EMISSIONE:

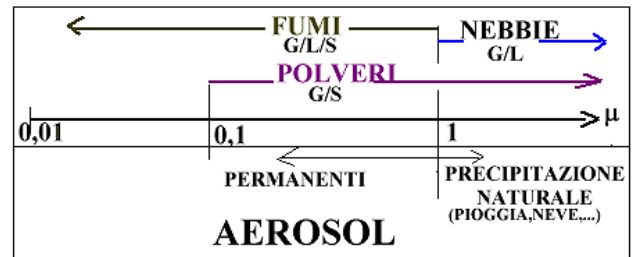
industria - produzione energia – autotrasporto – civili (caldaie) – agricole – fonti naturali;

- EFFETTI: inquinamento – problemi sanitari –

- TRATTAMENTI:

depurazione fumi – recupero polveri di lavorazione – disinquinamento.

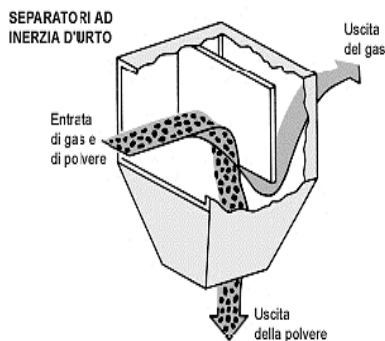
- PRINCIPI DI SEPARAZIONE: centrifugazione, filtrazione, elettrostatica, inerzia urto, assorbimento, combustione.



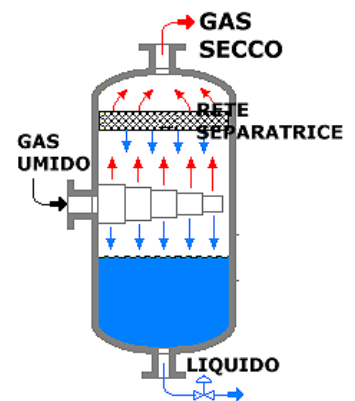
1 – SEPARATORI PER INERZIA - URTO

PRINCIPIO: viene imposto al gas da depurare un percorso tortuoso, oppure un ostacolo (reti separatrici – celle filtranti), che arresta per inerzia-urto le particelle più grossolane (polveri nebbie e gocce); spesso usati come depolverazione iniziale grossolana.

PRESTAZIONI: separatori semplici ed economici (basso costo e manutenzione), per portate anche elevate, ma scarsa efficienza di separazione, particelle eliminate di diam. $\phi_p > 100 \mu\text{m}$.



Celle filtranti con telaio metallico e setto metallico VZM

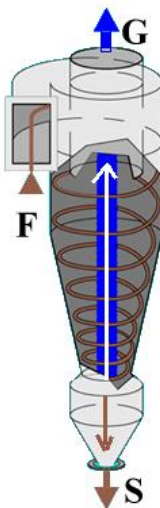


[INDICE]

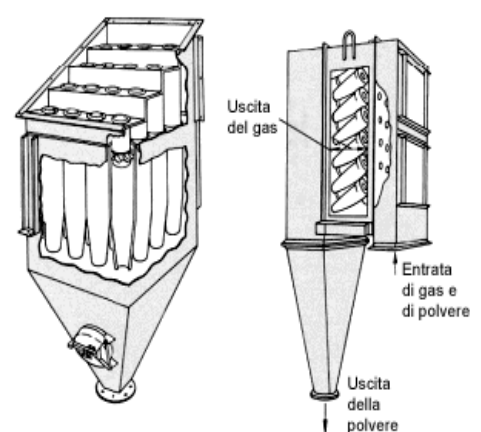
2 – SEPARATORI CENTRIFUGHI: CICLONI - IDROCICLONI

2.A - CICLONI A SECCO

PRINCIPIO: sfrutta la possibilità di separare un particolato solido o goccioline di liquido in sospensione in una fase gassosa, applicando la forza **centrifuga** a una corrente di gas: per la particolare forma dell'apparecchiatura, il gas da depolverare (F), che viene immesso tangenzialmente alla parte cilindrica superiore, acquista un veloce moto rotatorio attorno all'asse del ciclone: il particolato o le goccioline si accumulano per attrito sulle pareti e rallentando cadono nel fondo tronco-conico del ciclone (S), mentre il gas esce depolverato dalla parte superiore attraverso un camino centrale (G).



ciclone semplice



cicloni multipli

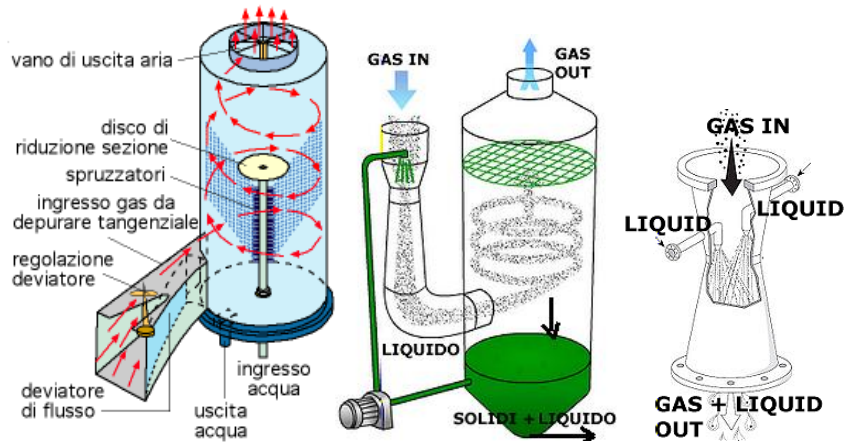
SISTEMI DI ABBATTIMENTO: a secco – a umido (idro cicloni Venturi – vedi 2.B.)

PRESTAZIONI: separazione grossolana a secco di particelle con diametro $\phi_p \geq 20 \mu\text{m}$. L'efficienza $\cong 85 \%$, anche in unità multiple. Sono apparecchiature di basso costo iniziale, poca manutenzione, con basse perdite di carico, ma corrosione possibile delle pareti.

[INDICE]

2.B. CICLONI A UMIDO – SCRUBBER VENTURI - IDROCICLONI:

Gli idrocycloni operano con spruzzo di acqua o liquido opportuno che appesantisce le particelle di solido e eventuali nebbie; il liquido può essere spruzzato nella strozzatura di un venturimetro o nella torre di raccolta gas; si migliora l'efficienza di separazione fino a $\phi_p \geq 0,3 \mu m$.
 Per depurare gas vedi oltre separatori (scrubber) ad assorbimento a umido.



[INDICE]

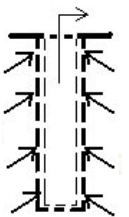
3 – SEPARAZIONE PER FILTRAZIONE: FILTRI

PRINCIPIO: quando un gas, contenente particelle in sospensione (polveri, emulsioni, nebbie, oli,...), attraversa una serie di ostacoli, quali reti o fibre di materiale opportuno, le particelle possono essere catturate aderendo alla loro superficie per impatto, intercettazione, diffusione.

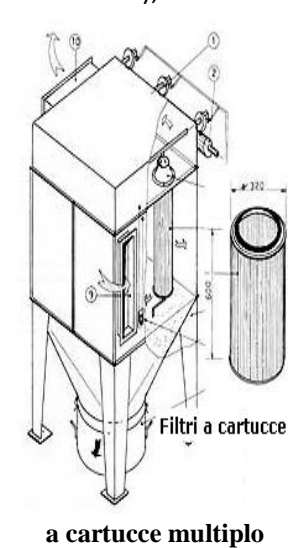
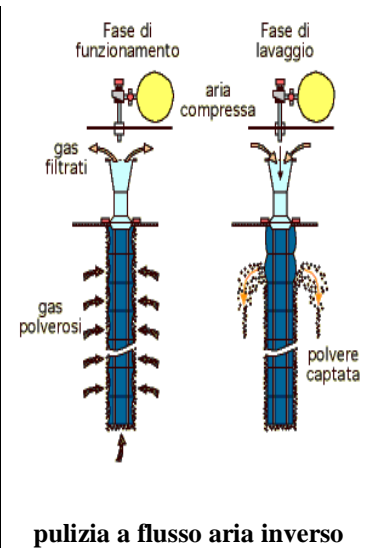
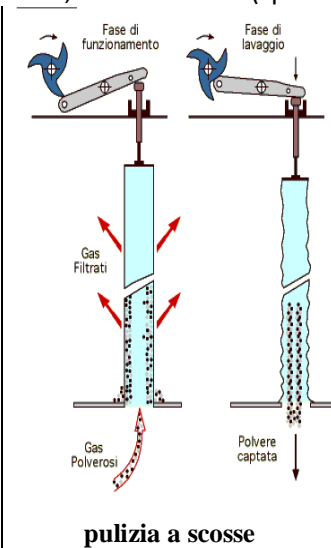


a) **Filtri a CARTUCCIA:** cartuccia filtrante di materiale opportuno, a volte ripiene di materiale assorbente (carboni,...); sistema discontinuo, per basse portate, elevate perdite di carico, ma alta efficienza; $\phi_p \geq 0.01 \mu m$.

b) **Filtri a MANICA:** tubi di tela filtranti, supportati da tubi e piastre forati; parzialmente continui, anche per elevate portate ($\geq 25 m^3$); eliminano particelle di $\phi_p \geq 0.015 \mu m$; sopporta male l'umidità (minore efficienza), produzione di residuo solido; limitazioni nell'impegno ad alte temperature; manutenzione importante: pulizia a flusso d'aria compressa invertito o a scosse, bloccando il flusso da depurare nella sezione dell'apparecchiatura in pulizia; le particelle cadono nella tramoggia in basso.



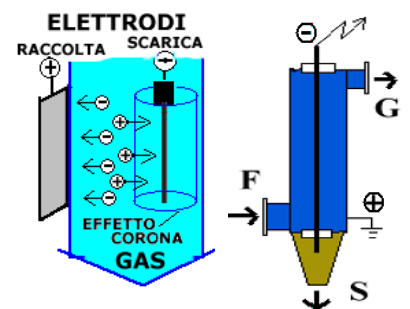
PRESTAZIONI: $150^\circ \leq \text{Temp. esercizio} \leq 250^\circ \text{ C}$; alta efficienza (specie con fibre vetro caricate elettrostaticamente);



[INDICE]

4 – FILTRI ELETTROSTATICI: ELETTROFILTRI

PRINCIPIO: azione su particelle solide o liquide in emissioni gassose. Si instaura una differenza di potenziale (ddp) elevata (in corrente continua) tra 2 elettrodi, circa 30-100 kV; il campo elettrico ad alta tensione provvede a ionizzare-caricare, per effetto corona, positivamente o negativamente le particelle entranti, direttamente o tramite ionizzazione del gas/aria presente: \ominus elettrodi negativi di scarica, \oplus elettrodi positivi di raccolta. Il particolato carico elettricamente va quindi a depositarsi per attrazione elettrostatica sull'elettrodo di carica opposta, da dove può essere rimosso come materiale secco (pulitura – scuotimento), oppure dilavato con acqua.



Gli elettrodi di scarica possono essere a filo o a piastre multipli carichi alternativamente di segno contrario, gli elettrodi di raccolta solitamente a pastre.

Convenzionalmente i precipitatori elettrostatici si distinguono in elettrofiltri a secco se non prevedono l'utilizzo di acqua ed elettrofiltri ad umido in caso contrario.

Vi sono 3 tipi diversi di precipitatori elettrostatici: a- elettrofiltri a secco con corona negativa (i più comuni); b- elettrofiltri ad umido con corona negativa; c- elettrofiltri ad umido con corona positiva.

N.B.: la corona è la debole scarica elettrica che si manifesta alla superficie del conduttore mantenuto ad alto potenziale elettrico. Lo strato d'aria attorno al conduttore perde la capacità isolante e venendo ionizzato da questa scarica diventa luminescente.

elettrofiltri a secco con corona negativa

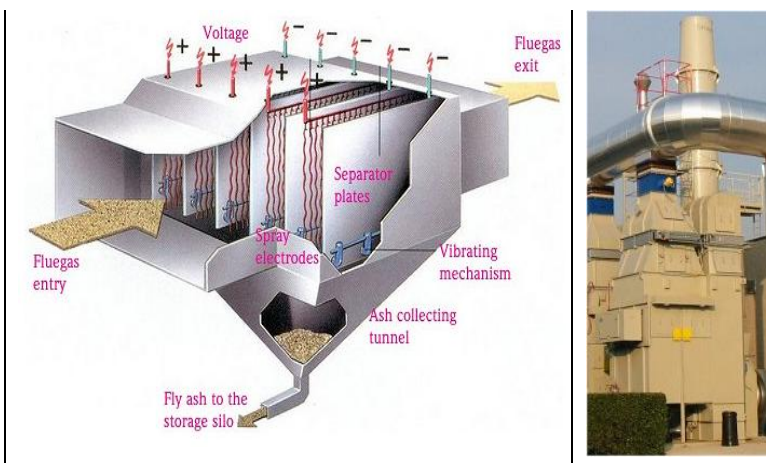
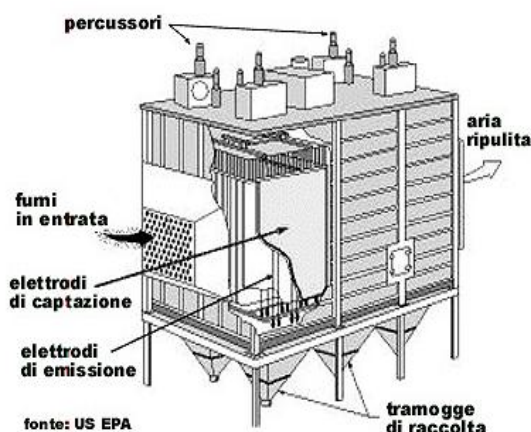
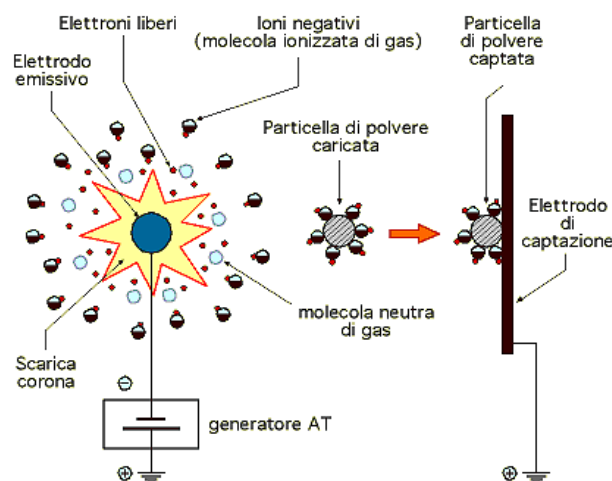
l'elettrodo emittente è negativo: l'aria fluisce orizzontalmente lungo un gran numero di setti verticali e paralleli con al centro gli elettrodi verticali di emissione, in genere sottili fili metallici. Le piastre che rappresentano le pareti dei setti sono invece gli elettrodi di captazione con messa a terra. Solitamente sono presenti più campi di raccolta disposti in serie, ciascuno costituito da elettrodi di emissione e di captazione: aumenta così l'efficienza di abbattimento.

PRESTAZIONI: bassissime perdite di carico, per portate anche elevate, continue, T esercizio ≤350°C, efficienza elevata (98%) per particelle

$\phi_p \geq 0,01 \mu m$.

Per la PULITURA degli elettrodi vengono eseguiti essenzialmente questi sistemi:

- **Per urto**: con questo sistema si scuotono direttamente gli elettrodi con martelli o eccentrici;
- **Scrollatori ad azionamento pneumatico o magnetico**: in questo caso, tramite trasmissioni pneumatiche o magnetiche, vengono generate sugli elettrodi di captazione delle scosse in grado di distaccare lo strato di polvere depositata;
- **Vibratori elettromagnetici**: sono sistemi elettromagnetici che effettuano una movimentazione dei piatti degli elettrofiltri dove sono raccolte le polveri.



[INDICE]

5 - SEPARATORI AD ASSORBIMENTO AD UMIDO (SCRUBBER)

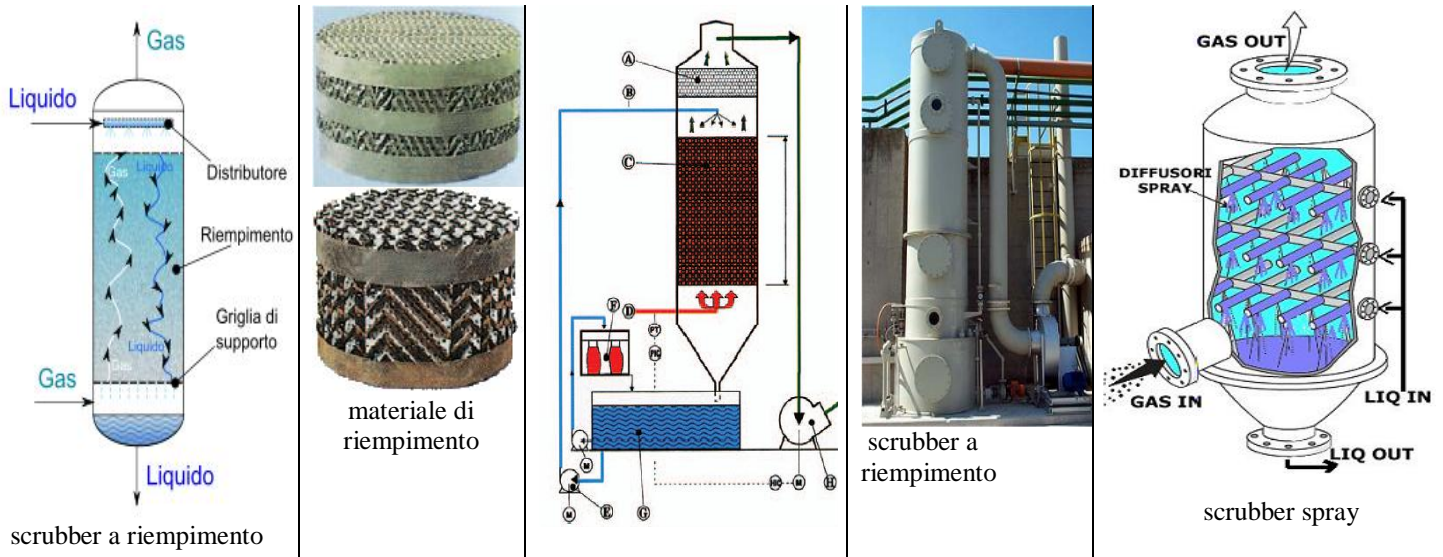
PRINCIPIO: assorbimento ad umido per gas-vapori-fumi-nebbie idrosolubili, in colonna vuota o con materiale di riempimento; si usano soluzioni assorbenti opportune, alcaline (separazione gas acidi) o acide (separazione gas basici): soluzioni di Ca(OH)₂, NaOH, HCl, Mg(OH)₂, Na₂CO₃,...; uso in impianti industriali e centrali termiche.

PRESTAZIONI: trattamento continuo, anche per grandi portate; trattamento di finissaggio con rese >98%; depurazione spinta, bassa manutenzione; problema di smaltimento dei liquidi esausti; per recupero solventi o sostanze pericolose (per distillazione o strippaggio del liquido);

N.B.: la depurazione ottenibile è fortemente condizionata dalla **tecnologia** del processo: torri a materiale di riempimento, a piatti forati o filtranti, temperatura del gas non elevate (< 200°C); e dalla **tipologia** delle sostanze impiegate: con una sola apparecchiatura è possibile in alcune applicazioni abbattere completamente gas odori, H₂S, mercaptani e ammoniaca, inoltre assicurare l'assenza totale di cloro e composti clorati nelle emissioni.

A volte si possono recuperare le sostanze assorbite per successiva distillazione, strippaggio o precipitazione delle soluzioni uscenti. Queste apparecchiature trovano impiego ottimale nelle seguenti industrie: impianti per la depurazione di acque (sistemi di deodorizzazione), industrie di materie plastiche, conciarie, alimentari e di spezie, metallurgiche, chimiche e farmaceutiche.

Le portate trattate arrivano fino a 25 m³/s con concentrazione di solidi fino a 7000 mg/m³. [vedi anche documento assorbimento]

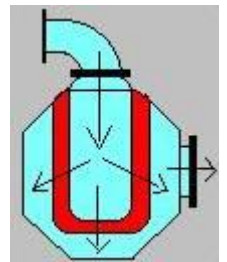


[INDICE]

6 – SEPARATORI AD ASSORBIMENTO A SECCO

FILTRI A CARBONE ATTIVO

Sono apparecchiature discontinue che si basano sul principio dell'adsorbimento gas/solido operato da **materiale attivo** poroso, capace, con un tempo di contatto opportuno, di trattenere numerose sostanze, composti organici volatili, odori, presenti in basse concentrazioni o con emissioni discontinue. Il funzionamento non richiede uso di sorgenti di calore, ha bassi costi di esercizio, e il materiale adsorbente una volta esaurito può essere rigenerato per via termica o chimica. Molto più complessi e costosi sono gli impianti a **carbone attivo** con recupero di inquinanti, impiegati per concentrazioni molto più elevate e per prodotti pregiati. Le applicazioni sono in quasi tutti i campi della industria.



7 – DEPURATORI PER COMBUSTIONE

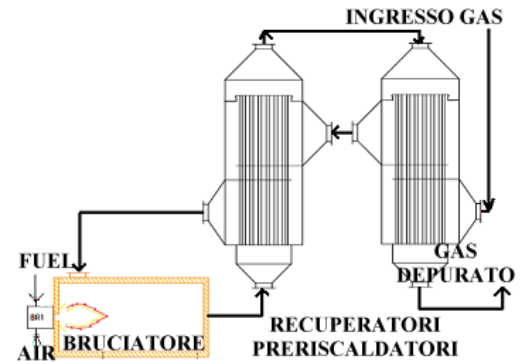
PRINCIPIO: combustione di inquinanti gassosi industriali [comp.organici volatili,...], anche in bassissima concentrazione, in una camera termica chiusa;
PRESTAZIONI: elevatissima efficienza - costosi, producono ossidi NOx SO₂ CO₂ -
TIPI:

• **COMBUSTORE A FIAMMA DIRETTA [CON RECUPERATORI]**

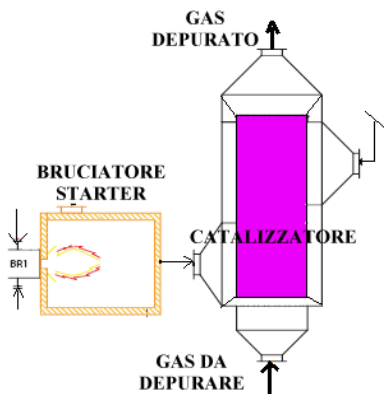
la combustione di inquinanti a fiamma libera può produrre composti indesiderati come HCl e SO_x, e se avviene ad alta temperatura ed eccesso d'aria può produrre elevate quantità di NO_x.

Uso per inquinanti combustibili, o con inquinanti in concentrazioni significative, la combustione avviene alla fiamma, senza catalizzatore, a circa 700 °C (tipico il sistema di abbattimento in torcia per le raffinerie petrolifere).

Per sistemi semplici e inquinanti in tracce si usa un sistema di combustione a torcia. [vedi fig. a lato]



• **COMBUSTORE CATALITICO**



L'ossidazione catalitica è la soluzione più efficace ed idonea per l'ambiente in termini di purezza delle emissioni finali, soprattutto per inquinanti in bassa concentrazione: in presenza di catalizzatori avviene a più basse temperature e senza gli effetti precedentemente citati. Questi impianti permettono di avere consumi di combustibile molto ridotti, solo per l'avviamento e il mantenimento, in quanto la reazione di ossidazione, favorita dal catalizzatore, avviene a temperature comprese tra i 300 e 350 °C; l'impianto è essenzialmente costituito da un preriscaldatore, che recupera parte dell'energia termica dei gas combusti uscenti, da un bruciatore e da una camera di combustione chiusa provvista

di un letto fisso di catalizzatori, costituiti da strutture ceramiche e metalliche impregnate di sali di metalli preziosi o da grani di particolari composti chimici (alogeni, arsenico, bismuto, antimonio, cadmio, ferro, piombo ecc..).

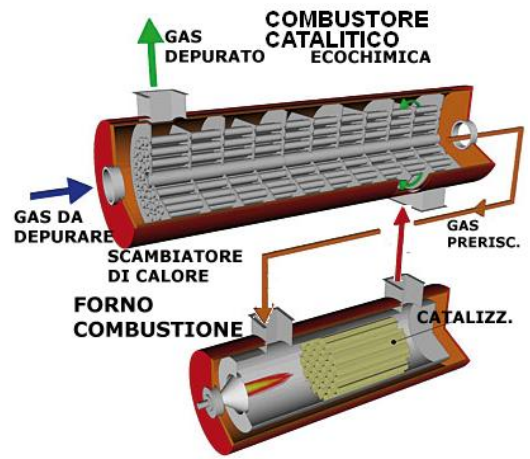
Uso: nella produzione di solventi e vernici - materie plastiche - vericiatura - stampa in continuo (roto/flexo) - plastificazione – adesivi.



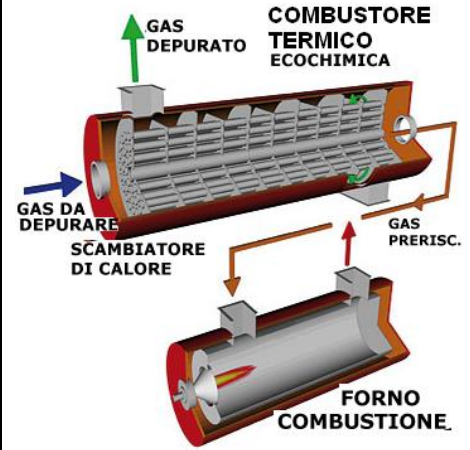
Combustore catalitico



Combustore termico



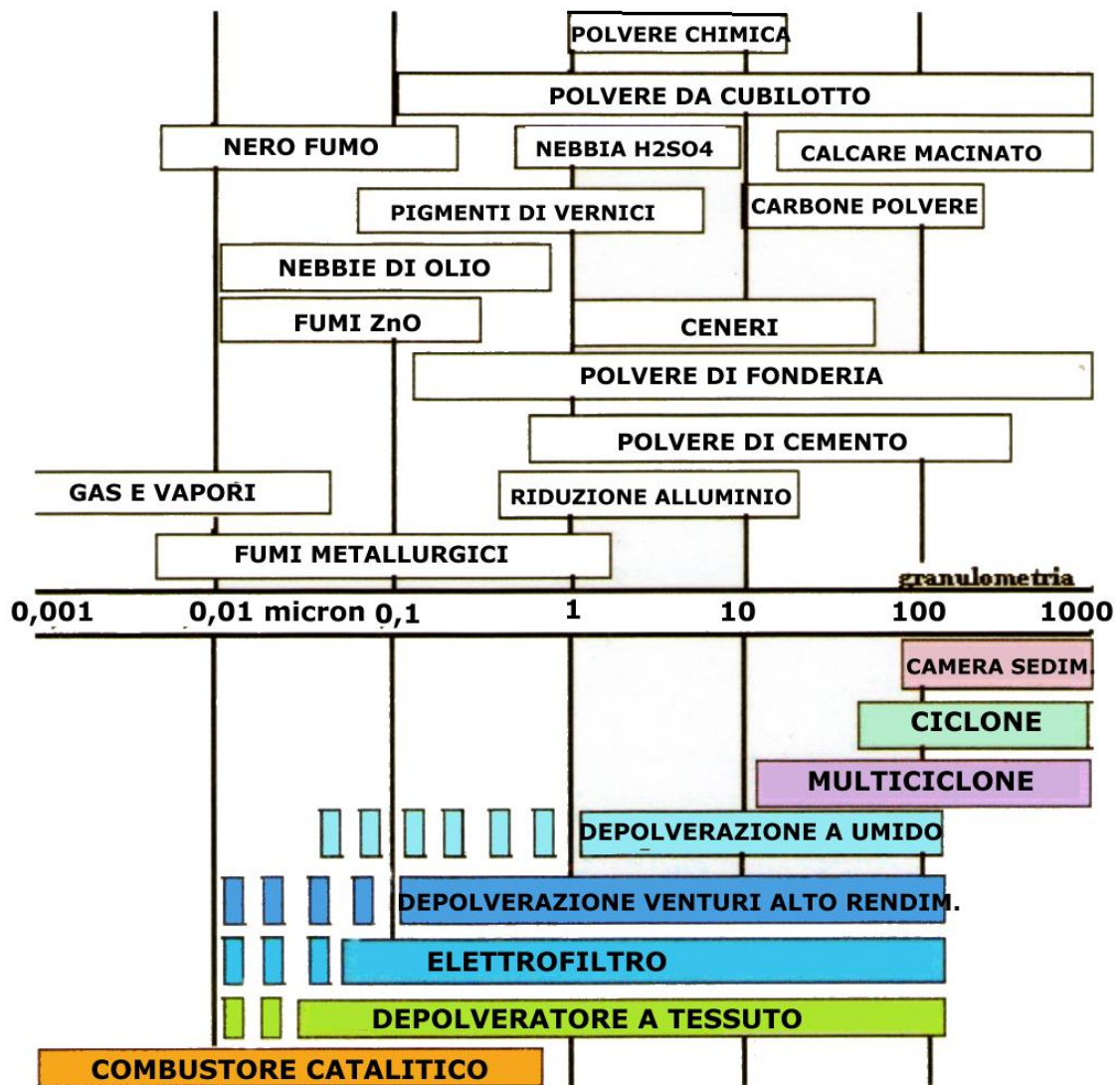
←catalizzatore



[INDICE]

APPENDICI: -----

TABELLA COMPARATIVA di SISTEMI di ABBATTIMENTO e alcune loro APPLICAZIONI:



SETTORI DI TRATTAMENTO DI DEPURAZIONE CORRENTI GASSOSE:

BIOGAS DA TRATTAMENTI DEPURAZIONE ACQUE – INCENERITORI – SETTORE CHIMICO FARMACEUTICO – SETTORE ALIMENTARE – SETTORE PRODUZIONE ENERGIA- METALMECCANICA – TESSILE CONCIARIA GOMME PLASTICHE – IMPIANTI DI BIOTECNOLOGIE -

[INDICE]