

PARTE SECONDA

PART TWO

VENTILATORI CENTRIFUGHI

Tutti i nostri ventilatori centrifughi sono costruiti per le più svariate applicazioni industriali nel campo della ventilazione, aspirazione, trasporto pneumatico, tiraggio meccanico dei fumi e condizionamento. Ad eccezione di quelli ad alta pressione, essi vengono progettati e dimensionati per un basso regime di rotazione, così da offrire la massima silenziosità di funzionamento e la più lunga durata di tutti gli organi in movimento.

Le prestazioni massime raggiungono valori di oltre 200.000 m³/h di portata d'aria con pressioni disponibili sino a 10.000 Pa (1000 mm H₂O).

Questi ventilatori vengono normalmente realizzati in lamiera d'acciaio al carbonio oppure in inox AISI 316/304; possono essere impiegati però a richiesta altri materiali metallici speciali anticorrosivi o resistenti alle alte temperature.

PARAMETRI NECESSARI PER UNA CORRETTA SCELTA DEL VENTILATORE

Il costruttore di ventilatori ha necessità di conoscere alcuni dati essenziali per essere in grado di fornire macchine adeguate alle funzioni per le quali sono state previste. Essi sono:

DATI INDISPENSABILI

- Portata d'aria effettiva (m³) che viene trattata nell'unità di tempo (h) dal ventilatore.
- Temperatura (°C) del flusso gassoso aspirato
- Pressione totale necessaria (Pa oppure mm H₂O) per vincere tutte le perdite di carico del circuito interessato.
- Tipologia e densità del flusso gassoso con dettagli sui contaminanti tossici, abrasivi, esplosivi e corrosivi.
- Configurazione del ventilatore con dettagli sul senso di rotazione, posizione dello scarico, pale radiali o rovesce, dimensioni del condotto di aspirazione e mandata, ecc.
- Particolari sul tipo di azionamento (diretto oppure a cinghie) posizione orizzontale o verticale dell'albero, tipo di motore, ecc.

DATI COMPLEMENTARI

- Breve descrizione dell'applicazione o del lavoro a cui è destinato il ventilatore.
- Condizioni ambientali nelle quali si trova il ventilatore, p.e. umidità e contaminanti atmosferici.
- Servizio continuo o intermittente, numero di avviamenti al giorno, turni di lavoro, ecc.
- Dettagli sulle norme o specifiche alle quali il ventilatore dovrà rispondere, tensione, protezioni, il luogo ove verrà installato.
- Particolarità costruttive come ancoraggi per isolamento, supporti antivibranti, ecc.
- Disposizioni di montaggio o fondazioni previste.

CENTRIFUGAL FANS

All our centrifugal fans are built to cover very widely different industrial applications in the field of ventilation, exhaust, pneumatic conveying, supplying mechanical draught for fumes and air conditioning. Apart from the high-pressure types, the fans are designed and dimensioned for a low speed of rotation in order to offer maximum silence in running and a longer working life of all moving parts. Maximum performance levels reach over 200,000 m³/h in air flow capacity with pressures available up to 10,000 Pa (1000 mm H₂O).

These fans are normally of carbon steel or stainless steel (AISI 316/304) construction; however on request they can be made of other special metal materials, resistant to corrosion or high temperatures.

PARAMETERS REQUIRED FOR CORRECT CHOICE OF FAN

The fan manufacturer requires to know certain essential data in order to be able to supply machines suitable for the functions expected from them, namely:

ESSENTIAL DATA

- Effective air flow (m³) to be handled in unit time (h) by the fan.*
- Temperature (°C) of the gaseous flow exhausted*
- Total pressure required (Pa or mm H₂O) to overcome all the pressure drops of the circuit concerned.*
- Type and density of the gaseous flow with details regarding toxic, abrasive, explosive and corrosive contaminants.*
- Fan configuration with details regarding direction of rotation, position of discharge, radial or backward-curve blades, size of exhaust and delivery ducts, etc.*
- Details concerning type of drive (direct or belt drive), horizontal or vertical shaft position, type of motor, etc.*

COMPLEMENTARY DATA

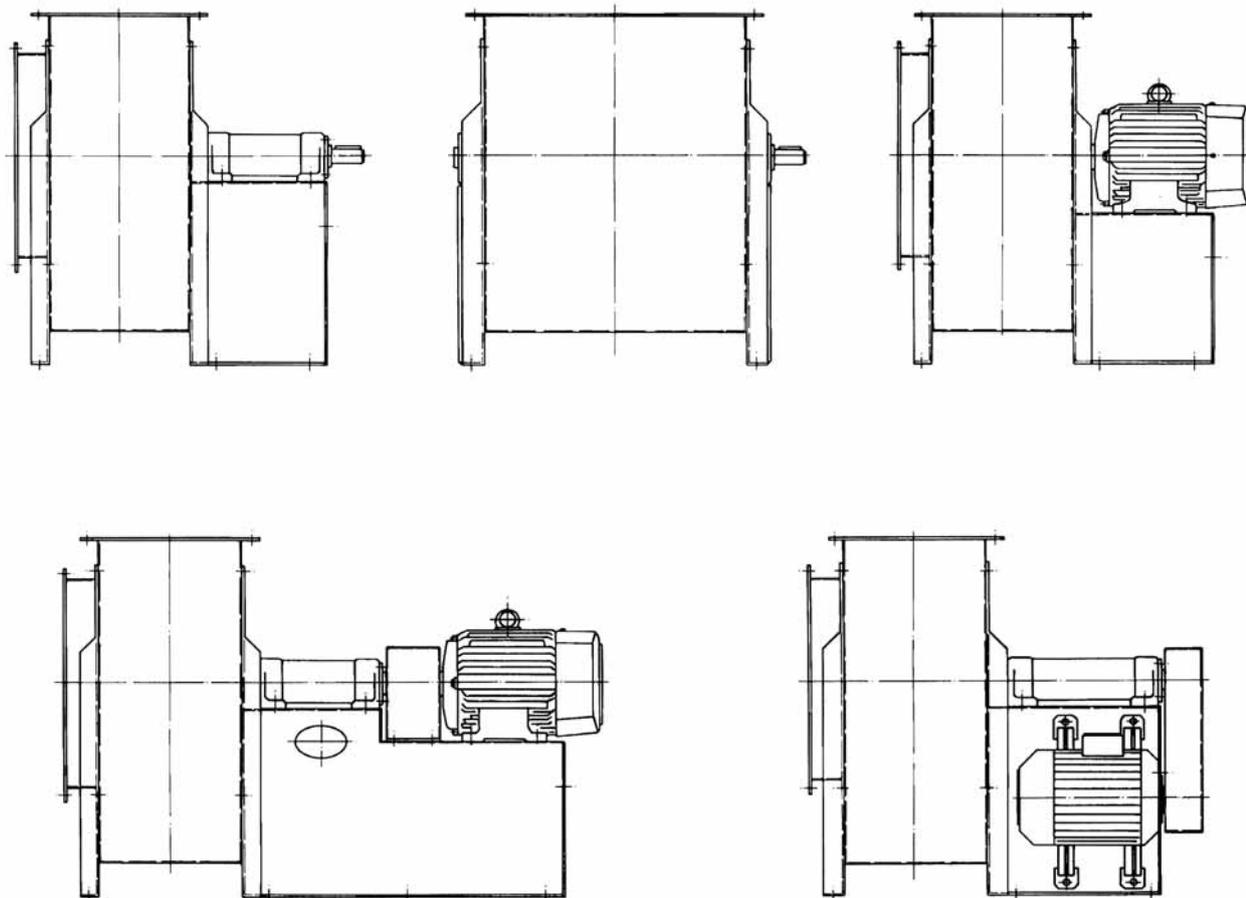
- Brief description of the application or work for which the fan is to be used.*
- Environmental conditions where the fan is installed; e.g. humidity and atmospheric contaminants*
- Continuous or intermittent duty, number of start-ups per day, work shifts, etc.*
- Details concerning standards or specification to be met by the fan, voltage, guards, place where it is to be installed.*
- Design details such as anchorage for isolation, vibrating-damping supports, etc.*
- Any assembly or foundations instructions prescribed.*

ESECUZIONI COSTRUTTIVE

DESIGN VERSIONS

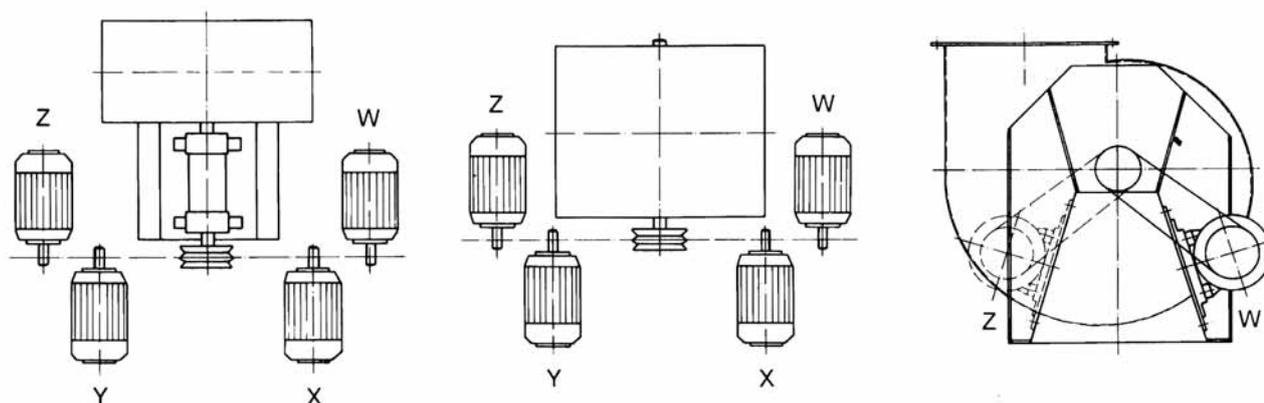
Sistemazioni

Arrangements



Posizioni motori per trasmissioni a cinghia

Position of motors for belt drive



TIPI DI VENTILATORI e relativi orientamenti

La nostra produzione comprende una vasta gamma di ventilatori centrifughi per ogni specifica esigenza. La costruzione accurata ed artigianale unita all'impiego di lamiera di acciaio di forte spessore rendono queste nostre macchine affidabili e durature anche in impieghi gravosi quali ad esempio, l'aspirazione di pezzi e scarti o di grosse quantità di polveri.

La gamma di ventilatori comprende:

- ventilatori elicoidali in alluminio e acciaio con ventole da 200 a 1500 mm di diametro a 3, 4, o 6 pale;

FAN TYPES and relative arrangements

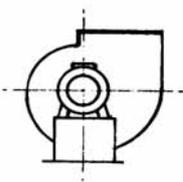
Our production includes an extensive range of centrifugal fans for each specific requirement.

Thanks to the accurate and skillfully crafted fabrication together with the use of heavy gauge sheet steel, our machines are found to be reliable and long-lasting even under heavy duty conditions, such as, extraction of pieces and scrap or large quantities of dusts.

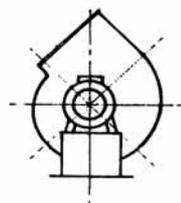
The range of fans include:

- *aluminium and steel propeller fans, with impellers from 200 to 1500 mm in diameter with 3, 4, or 6 blades;*

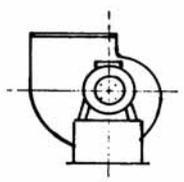
LG 0



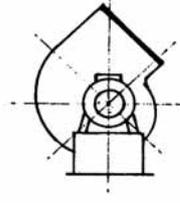
LG 45



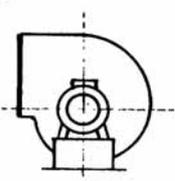
RD 0



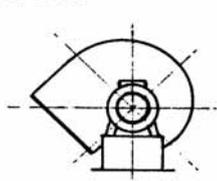
RD 45



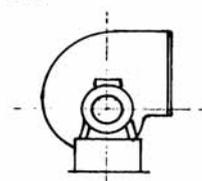
LG 90



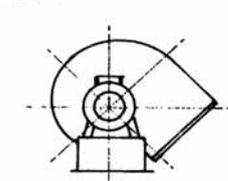
LG 135



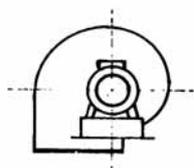
RD 90



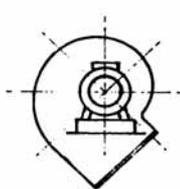
RD 135



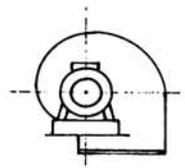
LG 180



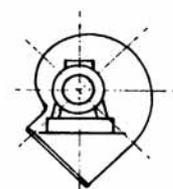
LG 225



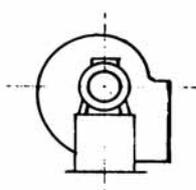
RD 180



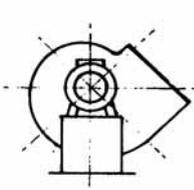
RD 225



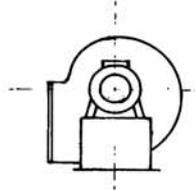
LG 270



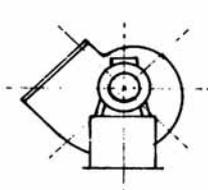
LG 315



RD 270



RD 315



LG Rotazione antioraria
RD = Rotazione oraria

- ventilatori centrifughi con ventole a pale scirocco per ventilazione, condizionamento e aspirazione fumi;
- ventole a pale rovesce per aspirazione fumi;
- ventole a pale radiali aperte per aspirazione e trasporto di polvere e trucioli.

Per quanto riguarda sempre i ventilatori centrifughi, le serie di nostra produzione sono:

serie **CA-CB-CC-CE** a pale scirocco con portate da 1000 a 100.000 m³/h e prevalenza da 1000 a 3000 Pa

serie **AP** alta pressione con ventole a pale radiali aperte, con portate da 100 a 8.000 m³/h e prevalenze da 5000 a 20.000 Pa

serie **MP/tt** e **MP/at** a media pressione con ventole a pale rovesce o a pale radiali aperte adatte all'aspirazione e trasporto di trucioli, con portate da 1.000 a 100.000 m³/h e prevalenza da 800 a 7000 Pa

serie **GP/at** ad alta portata con ventole a pale rovesce con portate da 3.000 a 200.000 m³/h e prevalenza da 800 a 5000 Pa

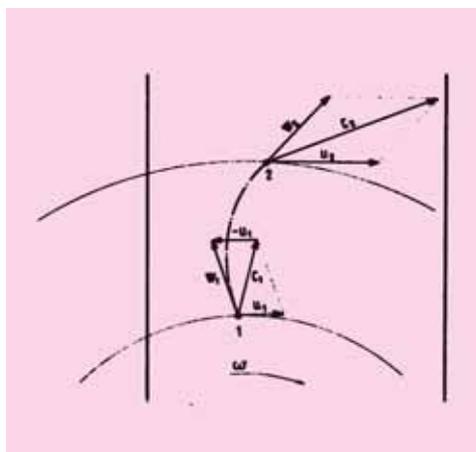
Di seguito riportiamo i possibili orientamenti con rispettive sigle di riconoscimento dei ventilatori.

Triangoli di velocità e curve caratteristiche

I ventilatori centrifughi si distinguono in ventilatori a:

- bassa prevalenza (≤ 2000 Pa)
- media prevalenza ($2000 \div 8000$ Pa)
- alta prevalenza ($8000 \div 15000$ Pa)

Il loro funzionamento è simile a quello delle pompe centrifughe; la depressione creata al centro della rotazione di una girante genera un flusso d'aria che entra nel ventilatore in direzione assiale e che esce in direzione radiale. Un diffusore di tipo a chiocciola serve da collettore del flusso di aria che esce dalla girante ed inoltre aumenta la pressione statica del ventilatore.



Triangoli di velocità di un ventilatore centrifugo a pale in avanti

- centrifugal fans with sirocco bladed impellers for ventilation, air conditioning and fume extraction;
- fan impellers with backward curved blades for fume extraction;
- fan impellers with open radial blades for extraction and conveying of dusts or chips.

Still regarding our centrifugal fans, our production series include:

series **CA-CB-CC-CE** with sirocco blades, flow rates from 1000 to 100,000 m³/h and head from 1000 to 3000 Pa

series **AP** high pressure with open radial blades, flow rates from 100 to 8000 m³/h and head from 5000 to 20,000 Pa

series **MP/tt** and **MP/at** medium pressure with backward curved or open radial blades suitable for extraction and conveying of chips, flow rates from 1000 to 100,000 m³/h and head from 800 to 7000 Pa

series **GP/at** high pressure with backward curved blades, flow rates from 3000 to 200,000 m³/h and head from 800 to 5000 Pa

Some of the possible arrangements or designations are given below with respective fan identifier symbols

LG = Anti-clockwise rotation

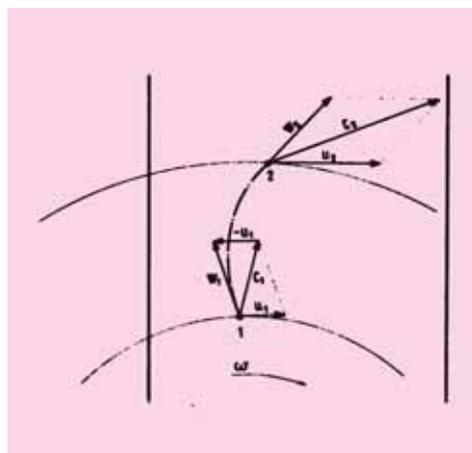
RD = Clockwise rotation

Velocity triangles and characteristic curves

The centrifugal fans can be classed into:

- low head (≤ 2000 Pa)
- medium head (2000 to 8000 Pa)
- high head (8000 to 15000 Pa)

Their operation is similar to the one of centrifugal pumps; the depression created at the centre of rotation of an impeller generates an air flow which enters the fan in axial direction and leaves the fan in radial direction. A diffuser of type with scroll housing serves as collector of the air flow leaving the impeller; it also increases the static pressure of the fan.

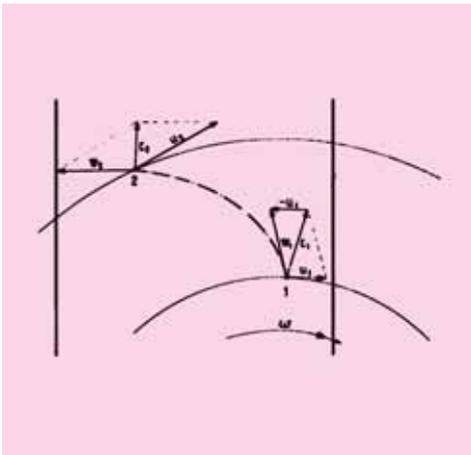


Velocity triangles of a centrifugal fan with backward curved blades

Le pale della girante sono di 3 tipi:

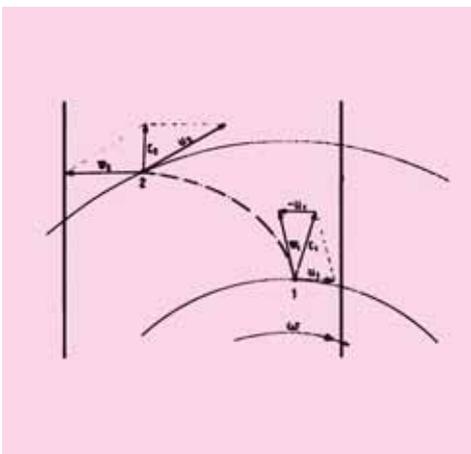
- a pale radiali diritte
- a pale curve in avanti (sirocco)
- a pale curve all'indietro (rovesce)

Per i ventilatori a pale radiali sono possibili tutti gli orientamenti sia orari che antiorari mentre per i ventilatori a pale curve in avanti o all'indietro sono possibili o solo gli orientamenti orari o solo quelli antiorari; l'inversione del senso di rotazione della girante causerebbe seri inconvenienti di funzionamento.



Triangoli di velocità di un ventilatore centrifugo a pale all'indietro

Le giranti a pale in avanti sono quelle maggiormente impiegate in quanto la funzione fondamentale del ventilatore è quella di generare alte portate d'aria. I caratteristici triangoli di velocità sono costruiti con le stesse considerazioni usate per le pompe centrifughe ad eccezione della direzione della velocità di ingresso. Essa in questo caso risente della forza di trascinamento data dalla rotazione della girante per cui, invece di essere radiale, risulta inclinata in avanti rispetto al senso di rotazione. Il confronto fra i triangoli di velocità costruiti per le pale in avanti e per le pale all'indietro dimostra come, al contrario delle pompe centrifughe, sono da preferire i ventilatori con pale in avanti (sirocco) in quanto a parità di condizioni all'ingresso, hanno una maggiore velocità di uscita.

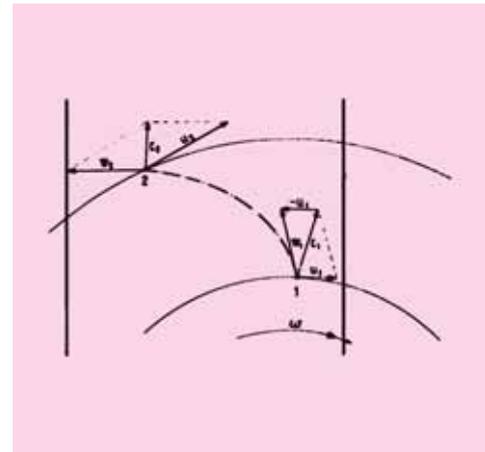


Curve caratteristiche di un ventilatore centrifugo con pale in avanti

The impeller blades are of 3 types, namely:

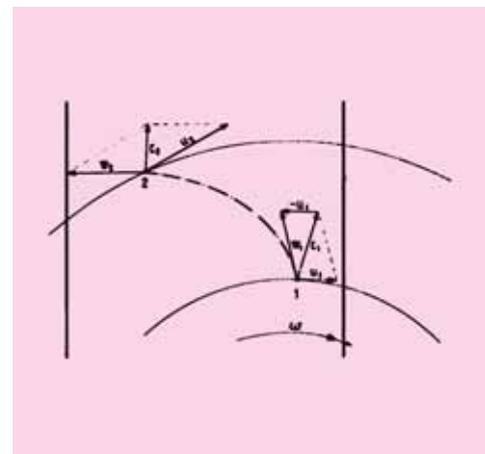
- with straight radial blades
- with forward curved blades (sirocco)
- with backward curved blades

For radial bladed fans all arrangements are possible, whether clockwise or anti-clockwise, while for fans with forward or backward curved blades, either only clockwise arrangements are possible or just counterclockwise arrangements; inversion of the direction of impeller rotation would cause serious problems in operation.



Velocity triangles of a centrifugal fan with backward curved blades

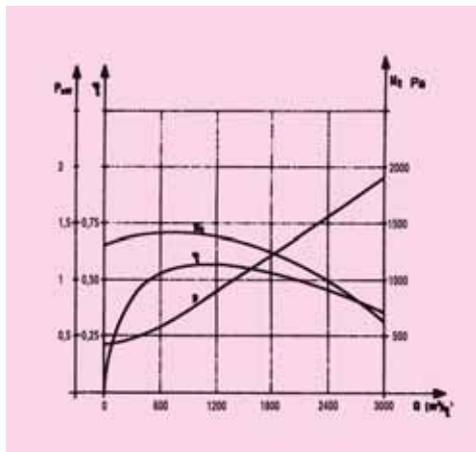
Impellers with forward curved blades are the ones mainly used as the basic function of the fan is that of producing high air flow rates. The characteristic velocity triangles are built based on the same considerations used for centrifugal pumps, except as regarding direction on the inlet velocity. In this case the latter is affected by the driving force given by the impeller rotation, hence, instead of being radial, it is inclined forward with respect to the direction of rotation. Comparison between the velocity triangles built for forward curved blades and those for backward curved blades show, unlike in centrifugal pumps, fans with forward curved (sirocco) blades are to be preferred for equal inlet conditions, as they have a greater exit velocity.



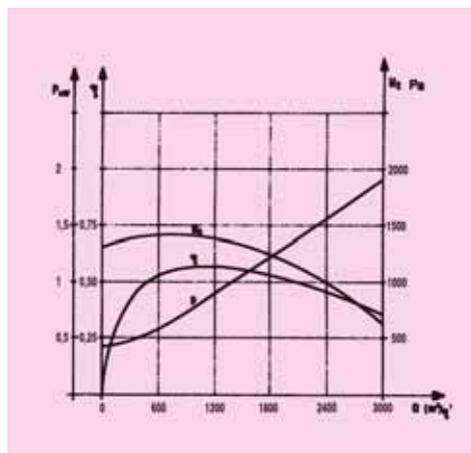
Characteristic curves of a centrifugal fan with forward curved blades

I limiti di impiego pratico delle pale scirocco sono costituiti dalla modesta prevalenza statica e dal ripido aumento della potenza in funzione dell'aumento di portata. Per utilizzazioni in cui il carico del ventilatore sia variabile, e cioè in cui varia molto la prevalenza statica, è preferibile l'impiego di ventilatori a pale rovesce in quanto la curva di potenza ha un campo di portata abbastanza ampio in cui resta pressoché costante.

The limits in practical use of forward curved blades consist in the modest static head and sudden increase in power plotted against increase in flow rate. For users whose fan load is variable, i.e. where the static head varies frequently, it is preferable to use fans with backward curved blades as the power curve has a fairly wide range of flow rate in which it remains practically constant.



Curve caratteristiche di un ventilatore centrifugo con pale rovesciate



Characteristic curves of a centrifugal fan with backward curved blades



Particolare sistemazione ventilatori / *Detail of fan arrangement*

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO PER VENTILATORI

Le leggi che regolano il funzionamento dei ventilatori sono le stesse dell'idrodinamica in quanto si può ritenere il fluido, gas o aria, praticamente incompressibile dato che la sua variazione di massa volumica è trascurabile. Infatti, nell'equazione caratteristica dei gas

$$P \cdot V = R \cdot T$$

dove: P = pressione
V = Volume
R = costante aria (287,1)
T = temperatura

sostituendo a V il rapporto $\frac{1}{\partial}$ si ottiene

$$\frac{P}{\partial} = R \cdot T$$

Dove ∂ = massa volumica

$$\text{da cui } \partial = \frac{P}{R \cdot T}$$

che ci insegna che la ∂ risulta essere funzione della pressione e della temperatura.

Supponiamo ora che un ventilatore aspiri a pressione e temperatura ambiente:

$$\begin{array}{l} \text{Pressione barometrica} \\ P_b = 1 \text{ bar } T = 273 + 20^\circ\text{C} = 293^\circ\text{K} \end{array}$$

e che l'effetto di compressione da esso generato sia 0,15 bar con temperatura dell'aria in uscita del ventilatore di 50°C, si ottiene:

$$\text{massa volumetrica } \partial \text{ ingresso ventilatore} = \frac{10^5}{287,1 \times 293} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{massa volumetrica } \partial \text{ uscita ventilatore} = \frac{10^5 + 15.000}{287,1 \times 323} \text{ kg/m}^3$$

Possiamo quindi concludere che, nel campo delle pressioni di impiego dei ventilatori, la massa volumica si può ritenere costante come per i liquidi.

Tenendo presente questa considerazione, la prevalenza manometrica di un ventilatore sarà data da:

$$H_m = \frac{P_u}{\partial g} + \frac{C_u^2}{2g} \text{ (Pa)}$$

dove: H_m = prevalenza manometrica
P_u = pressione uscita ventilatore
g = gravità (9,81 m/sec²)
C_u = velocità uscita ventilatore

PRINCIPLES OF FAN OPERATION

The laws governing fan operation are the same ones in hydrodynamics because the fluid, gas or air may be considered as practically incompressible owing to the fact that its variation in volumetric mass is negligible. In fact, in the characteristic equation of gases

$$P \cdot V = R \cdot T$$

where: P = pressure
V = Volume
R = air constant (287.1)
T = temperature

by substituting V with the ratio $\frac{1}{\partial}$ we obtain

$$\frac{P}{\partial} = R \cdot T$$

where ∂ = volumetric mass

$$\text{whence } \partial = \frac{P}{R \cdot T}$$

which tells us that ∂ is ∂ function of the pressure and temperature.

Suppose now a fan works under suction at ambient temperature and pressure:

$$\begin{array}{l} \text{Barometric pressure} \\ P_b = 1 \text{ bar } T = 273 + 20^\circ\text{C} = 293^\circ\text{K} \end{array}$$

and the compression effect generated by it is 0.15 bar with air temperature at the fan outlet of 50°C, we obtain:

$$\text{volumetric mass } \partial \text{ fan inlet} = \frac{10^5}{287.1 \times 293} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{volumetric mass } \partial \text{ fan outlet} = \frac{10^5 + 15.000}{287.1 \times 323} \text{ kg/m}^3$$

Hence we can conclude that, in the range of pressures used by the fan, volumetric mass may be considered to be constant as in the case of liquids.

Bearing in mind this consideration, the gauge head of a fan will be given by:

$$H_m = \frac{P_u}{\partial g} + \frac{C_u^2}{2g} \text{ (Pa)}$$

where H_m = gauge head
P_u = fan outlet pressure
g = gravity (9.81 m/sec²)
C_u = fan outlet velocity

Per ottenere la prevalenza totale di un ventilatore, sarà sufficiente moltiplicare l'ottenuta H_m con g :

per cui: $HT = H_m \times g \text{ (Pa)}$

La pressione P_u serve per vincere le perdite di carico della tubazione (e eventuali filtri) a valle del ventilatore e si chiamerà prevalenza statica HS

$$HS = P_u \text{ (Pa)}$$

La prevalenza dinamica del ventilatore rappresenta la pressione necessaria per imprimere all'aria la velocità C_u a valle dello stesso

$$HD = \rho \frac{C_u^2}{2} \text{ (Pa)}$$

In generale la prevalenza totale di un ventilatore HT sarà la somma data dalle HS e la HD e si esprime sinteticamente:

$$HT = HS + HD \text{ (Pa)}$$

Essendo, sia la prevalenza statica che quella dinamica, pressioni, per misurarle sarà sufficiente inserire nella tubazione dei misuratori di pressione. La misura della prevalenza statica generalmente si esegue inserendo in una data sezione del condotto un manometro differenziale ad acqua; la misura della prevalenza dinamica si esegue invece inserendo nella stessa tubazione un tubo di PITOT collegato ad un manometro differenziale.

La conoscenza della prevalenza dinamica HD offre la possibilità di ricavare il valore della velocità in una sezione:

$$C = \sqrt{\frac{2HD}{\rho}} \text{ (m/s)}$$

risalendo in questo modo con facilità anche alla portata d'aria

$$Q = A \times C \text{ (m}^3\text{/s)}$$

dove A = sezione della condotta (m^2)
e C = velocità dell'aria

La potenza utile del ventilatore è data dal prodotto dei seguenti fattori già visti: D e HT

Vale a dire $W = Q \times HT \text{ (W)}$

oppure $W = \frac{Q \times HT}{1000} \text{ (kW)}$

La potenza assorbita si otterrà introducendo il rendimento totale del ventilatore η

$$W_a = \frac{Q \times HT}{1000 \times \eta} \text{ (kW)}$$

To obtain the total head of a fan, merely multiply the H_m obtained by g :

hence: $HT = H_m \times g \text{ (Pa)}$

Pressure P_u serves to overcome the pressure drops through the ducting (and any filters) downstream of the fan and will be called static head HS

$$HS = P_u \text{ (Pa)}$$

The dynamic head of the fan represents the pressure required to impart velocity C_u to the air at downstream side of the fan

$$HD = \rho \frac{C_u^2}{2} \text{ (Pa)}$$

Normally the total head of a fan HT will be the sum given by the HS and HD , and is expressed in concise form as follows:

$$HT = HS + HD \text{ (Pa)}$$

As both static head and dynamic head are pressures, for measuring them merely involves inserting pressure measurers in the duct. The static head is normally measured by inserting a differential water-filled pressure gauge in a given section of the duct; instead, to measure the dynamic head, insert, in this ducting, a PITOT tube connected to a differential pressure gauge.

By knowing dynamic head HD it is possible to deduce the velocity in a section:

$$C = \sqrt{\frac{2HD}{\rho}} \text{ (m/s)}$$

and in this way it is easy to deduce the air flow rate as well

$$Q = A \times C \text{ (m}^3\text{/s)}$$

where A = duct section (m^2)
and C = air velocity

The output power of the fan is given by the product of the following factors already seen earlier on, D and HT

i.e. $W = Q \times HT \text{ (W)}$

or $W = \frac{Q \times HT}{1000} \text{ (kW)}$

The power consumed is obtained by introducing the total fan efficiency η

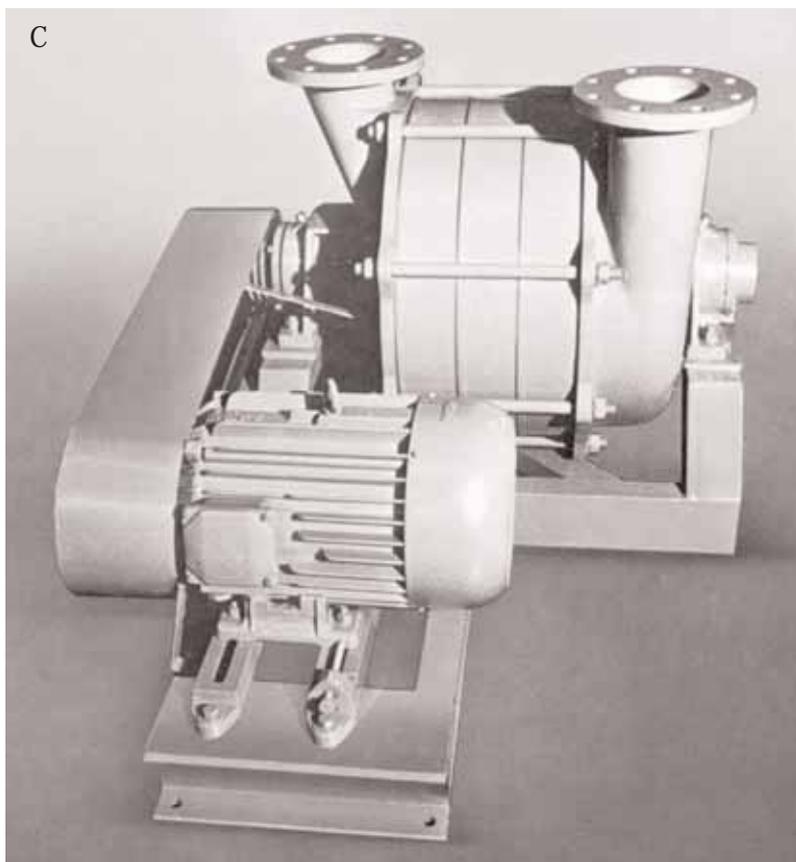
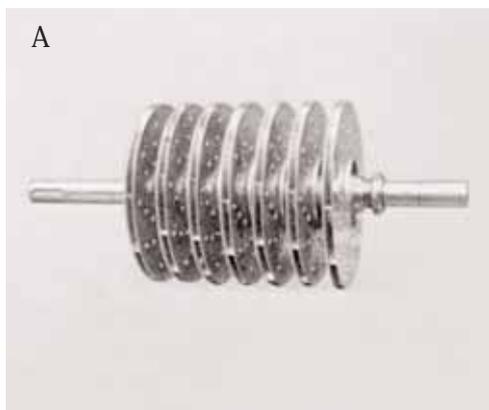
$$W_a = \frac{Q \times HT}{1000 \times \eta} \text{ (kW)}$$

MICRO COMPRESSORI CENTRIFUGHI MI-CO

Grazie alla nostra pluriennale esperienza nella costruzione di ventilatori ad alta e altissima pressione, abbiamo realizzato i compressori centrifughi multistadi della serie MI-CO per il trattamento di aria e gas puliti, ad una temperatura massima di + 120°C. La particolare esecuzione in lega leggera antiscintillica, consente l'adozione del MI-CO per molteplici applicazioni fra cui aria e gas esplosivi. Le giranti, a profilo alare, uniscono all'alto rendimento, un ridotto valore di velocità periferica, con conseguente riduzione del livello sonoro. La realizzazione a più stadi componibili, consente, in fase di dimensionamento, di utilizzare uno stesso modello per diverse prestazioni consentendone la scelta tecnicamente ed economicamente più appropriata. Trova applicazione nelle pulizie e trasporti pneumatici, agitazione e rimozione liquidi, alimentazione di bruciatori a gas e nafta, soffiaggi, spruzzature, essiccazione, collaudi motori a scoppio, ecc. Consente portate da 54 a 6000 mc/h.

CENTRIFUGAL MICROCOMPRESSORS MI-CO

Thanks to our many years experience in the manufacture of high pressure and very high pressure fans, we have been able to develop the multi-stage centrifugal compressors of series MI-CO for handling clean air and gases at a max. temperature of + 120°C. The special spark-proof light-weight version allows the MI-CO compressor to be used for several applications, including air and explosive gases. The wing-shaped impellers combine high efficiency and reduced peripheral speed, with consequent reduction in noise level. The design with two or more modular stages in the dimensioning phase, allows using the same model for different performance levels thus offering the most appropriate technical and cost-effective choice. The centrifugal compressor finds application in pneumatic cleaning and conveying, in stirring and removal of liquids, feeding of gas-fired and fuel-oil fired burners, blasting, spraying, drying, I.C. engine testing, etc. It allows flow capacities from 54 to 6000 cu.m/h.



A - MI-CO: pacco rotorico
B - MI-CO: esecuzione albero nudo
C - Compressore centrifugo MI-CO

A - MI-CO: rotor
B - MI-CO: bare shaft version
C - Centrifugal compressor MI-CO

Applicazioni speciali / *Special applications*



Turbocompressore bistadio portata aria 12.000 Nm³/h pressione 250mbar

Two-stage Turbocompressor, air flow rate 12,000 Nm³/h pressure 250mbar



Ventilatore stracciante per refili polietilene portata aria 5.000 Nm³/h

Chopper fan for polyethylene trimmings, air flow rate 5000 Nm³/h

CICLONI SERIE AR

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Abbattimento a secco.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Polveri in genere.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

L'efficienza di abbattimento è fortemente legata alla granulometria e al peso specifico delle polveri da trattare, in genere è compresa tra 85 e 95%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Vanno bene solo per polveri con peso specifico oltre i 300 kg/m³ e con particelle abbastanza grossolane (oltre i 10 micron per polveri con peso specifico oltre i 1000-1500 kg/m³ e oltre i 50 micron per polveri con peso specifico oltre i 500 kg/m³), presenti nell'aria in concentrazioni abbastanza elevate (qualche grammo per m³). I cicloni possono avere efficienze di filtrazione comprese fra l'85% e il 95% e comunque nel caso occorran gradi di filtrazione molto elevati servono solo come pre-filtri a filtri finali più efficienti.

Dove ci sono concentrazioni molto elevate di polveri è sempre utile installare un ciclone per la pre-filtrazione, così da diminuire sensibilmente il carico di polveri inviato al filtro finale, aumentare il grado di separazione delle polveri ed evitare pericolosi intasamenti nel filtro più efficiente che possono causare fastidi a tutto l'impianto.

Questo è il caso tipico dei trasporti pneumatici dove le concentrazioni di polveri nell'aria sono elevatissime e dove a volte è sufficiente il solo ciclone per ottenere un'efficienza di filtrazione accettabile.

Per contro i cicloni offrono alcuni vantaggi apprezzabili:

- 1) bassa resistenza o perdita di carico (60-70 mm H₂O);
- 2) nessun costo di manutenzione;
- 3) costo di esercizio bassissimo;
- 4) basso costo di installazione.

A volte può capitare che il materiale trasportato e inviato al ciclone eserciti un'azione abrasiva al contatto con le pareti. In questo caso il ciclone (come del resto le curve dell'impianto) sono i punti maggiormente interessati dall'azione abrasiva. Infatti le polveri che entrano nel ciclone decantano con un movimento rotatorio lungo le pareti interne del ciclone e qui esercitano la loro azione abrasiva.

In questo caso possiamo adottare alcuni accorgimenti:

Occorre costruire il corpo del ciclone con lamiera di forte spessore con la fascia flangiata e imbullo-

CYCLONES SERIES AR

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Dry collection.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Dusts in general.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Collection efficiency very much depends on the particle size and specific gravity of the dusts to be handled. Normally it lies between 85 and 95%.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

These cyclone separators are suitable only for dusts with specific gravity greater than 300 kg/m³ with fairly coarse particles (more than 10 micron for dusts with specific gravity greater than 1000-1500 kg/m³ and more than 50 micron for dusts specific gravity exceeding 500 kg/m³), present in the air in fairly high concentrations (a few grams per m³). Collection efficiencies of the cyclones can range between 85% and 95%. When very high collection efficiencies are required, the cyclones serve merely as precleaners to more efficient final filters.

Where there are very high concentrations of dusts it is always useful to install a cyclone for precleaning in order to obtain appreciable reduction in the dust load sent to the final filter, as well as to increase the dust collection efficiency and to avoid hazardous plugging in the more efficient filter which could cause trouble to the entire plant.

Such case is typical of pneumatic conveyors where there are extremely high dust concentrations in the air and where sometimes just the cyclone is sufficient to obtain an acceptable collection efficiency.

On the other hands cyclones offer certain appreciable advantages, namely:

- 1) low resistance or pressure drop (60-70 mm H₂O);
- 2) no maintenance costs;
- 3) very low running costs;
- 4) low installation cost.

Sometimes the material conveyed and sent to the cyclone exerts an abrasive action on coming into contact with the walls. In this case the cyclone (like the elbows in the plant ductwork) represents the points most affected by the abrasive action. In fact, the dusts entering the cyclone settle with a spiralling movement along the inner walls of the cyclone and here they exert their abrasive action. In this case certain precautions can be adopted:

The cylindrical housing of the cyclone should be made of heavy gauge metal sheet with the top body flanged and bolted to allow replacement without

nata in modo da consentire la sostituzione senza dover sostituire tutto il ciclone, costruito sempre con lamiera di forte spessore (4-6 mm). Lo stesso sistema può essere usato per le curve e per i ventilatori.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Tutti i processi industriali ove vi è una forte produzione di polvere. Industria lavorazione del legno, mangimifici, cave, trasporti pneumatici, ecc.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: bassa resistenza o perdita di carico, nessun costo di manutenzione, basso costo di esercizio, basso costo di installazione.

Svantaggi: viene utilizzato solo come apparecchio di prefiltrazione a causa dei bassi rendimenti di abbattimento.

7. CALCOLI E TABELLE

Efficienza di separazione

L'efficienza totale di separazione di un ciclone è definita dalla relazione:

$$\varnothing_t = 1 - c_u/c_e$$

dove c_u e c_e esprimono le concentrazioni di massa di particelle solide nel gas in uscita ed in entrata. Segue che la portata di massa di solido trascinato all'esterno con l'effluente è:

$$M_u = V c_e (1 - \varnothing_t)$$

Se ΔR_i è la frazione di massa della classe granulometrica di polvere di diametro medio d_{pm} , a bassi carichi di polvere ($c_e < 10 \text{ g/m}^3$), l'efficienza totale è data dalla:

$$\varnothing_t = \sum_{i=1}^N \Delta R_{e,i} \varnothing_{Fi}$$

dove N è il numero di classe e \varnothing_F l'efficienza frazionaria intesa come rapporto fra il numero o la massa di particelle di diametro d_{pm} separate ed il numero o la massa di particelle della stessa dimensione introdotte con l'alimentazione. Quindi noto \varnothing_F , si possono calcolare \varnothing_t , M_u e la granulometria della polvere contenuta nell'effluente:

$$\Delta R_{u,i} = \Delta R_{e,i} (1 - \varnothing_{Fi}) / (1 - \varnothing_t)$$

Il problema è quindi ricondotto a derivare un modello di previsione di \varnothing_F in funzione della geometria del ciclone, delle condizioni di esercizio e delle caratteristiche fisiche della miscela trattata. Le teorie fino ad oggi sviluppate possono essere inquadrate in due classi a seconda che si basino sul tempo di permanenza delle particelle nell'apparecchio o sulla superficie limite di separazione. Nel primo caso una particella viene «considerata» separata se, nell'attraversamento del ciclone, ha tempo sufficiente per raggiungere la parete; da lì, infatti,

having to replace the entire cyclone, likewise built of heavy gauge metal sheet (4-6 mm). The same system can be used for the elbows and fans.

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

All industrial processes where there is a heavy production of dust: industries such as woodworking, animal fodder, quarries, pneumatic conveying, etc.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: low resistance or pressure drop, no maintenance costs, low running cost, low installation cost.

Disadvantages: can be used only as a pre-cleaner owing to the low collection efficiencies.

7. CALCULATIONS AND TABLES

Separation efficiency

The total separation efficiency of a cyclone is defined by the relation:

$$\varnothing_t = 1 - c_u/c_e$$

where c_u and c_e express the mass concentrations of solid particles in the gas at the inlet and outlet. Therefore it follows that the mass flow rate of the solid entrained with the effluent is:

$$M_u = V c_e (1 - \varnothing_t)$$

Suppose ΔR_i is the mass fraction of the particle size class of the dust with average diameter d_{pm} , with low dust loads ($c_e < 10 \text{ g/m}^3$), the total efficiency is given by:

$$\varnothing_t = \sum_{i=1}^N \Delta R_{e,i} \varnothing_{Fi}$$

where N is the class number and \varnothing_F the fractional efficiency intended as ratio between the number or the mass of particles separated with diameter d_{pm} and the number or mass of particles with the same size introduced with the supply of air. Hence given \varnothing_F , it is possible to calculate \varnothing_t , M_u and the particle size of the dust contained in the effluent:

$$\Delta R_{u,i} = \Delta R_{e,i} (1 - \varnothing_{Fi}) / (1 - \varnothing_t)$$

Hence the problem lies in deriving a model to predict \varnothing_F in relation to the cyclone geometry, operating conditions and physical properties of the mixture handled. The theories worked out up till now can be placed in two classes according to whether they are based on the residence time of the particles in the cyclone or on the limiting separation surface. In the first case, a particle is «considered» separated if, when flowing through the cyclone, it has sufficient time to reach the wall; from there, in fact, it can be assumed that the particle has no alternative but to flow into the collecting vessel. In the second

per ipotesi, non può che confluire nel vaso di raccolta. Nel secondo caso si ammette che le particelle, appena entrate nel ciclone, si assestino in orbite circolari di equilibrio: quelle che ruotano nelle orbite esterne al volume racchiuso nella cosiddetta superficie di separazione, sostanzialmente la superficie immaginaria ottenuta estendendo fino alla punta il tubo di scarico, sono abbattute, le altre vengono aspirate dalla corrente che fuoriesce dalla sommità. Queste teorie forniscono un'espressione che permette di calcolare il diametro minimo separabile, ma tale grandezza avrebbe utilità pratica solo se il ciclone si comportasse come un classificatore perfetto. In realtà, come è ben noto, questo non accade, e per valutare l'andamento dell'efficienza frazionaria di separazione in funzione del diametro delle particelle si deve far riferimento a curve sperimentali ottenute per casi specifici e a fattori di aggiustamento empirici da adottarsi per poter estendere l'applicazione di tali curve a situazioni diverse. Purtroppo, questo modo di procedere, oltre a non fornire una spiegazione esauriente dei meccanismi di separazione che avvengono nel ciclone, comporta errori tanto più gravi quanto più ci si scosta dalle condizioni di esercizio che hanno fornito le curve sperimentali.

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Se non ci sono accorgimenti costruttivi particolari i prezzi indicativi sono tra 0,7 e 1,25 €/m³ di aria trattata.

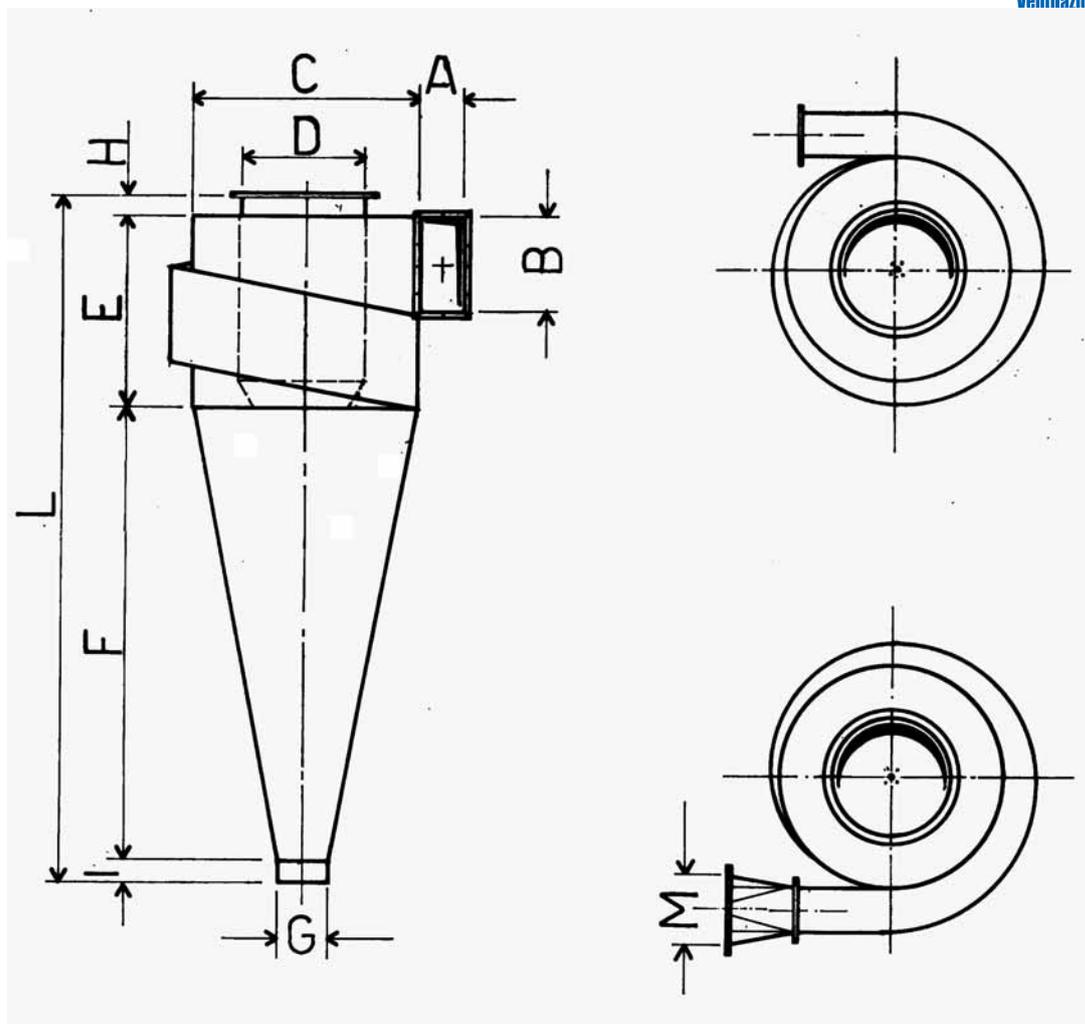
case it is assumed that as soon as the particles enter the cyclone, they are arranged in spiralling equilibrium orbits: those spiralling in the orbits external to the volume enclosed in the so-called separation surface, essentially the imaginary surface obtained by extension up to the tip of the discharge pipe, are removed; the others are sucked up by the stream leaving from the top. These theories provide an expression that allows calculating the minimum separable diameter, but such dimension would have practical use only if the cyclone behaved like a classical classifier. In actual fact, as is well known, this does not happen and to assess the progress in fractional separation efficiency in relation to the particle diameter, it is necessary to make reference to experimental curves obtained for specific cases and also to empirical adjustment factors which should be adopted to extend application of such curve to different situations. Unfortunately not only does this method of approach fail to give a full explanation of the separation mechanisms taking place in the cyclone, but it also leads to errors which becomes more serious the further one deviates from the operating conditions providing the experimental curves.

8. INFORMATION REGARDING COSTS

If there are no special design arrangements, approximate prices lie between 0.7 and 1.25 €/m³ of air handled.



Particolare ciclone / *Detail of cyclone*



DATI / DATA					DIMENSIONI / DIMENSIONS											
Tipo Type	Q m ³ /h Q m ³ /h	mm c.a. HS mm w.g. HS	Ø min. part. Ø min. part.	V ingr. V inlet.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	
1	1000	68	0.11	18	80	200	350	250	400	800	100	30	80	1310	130	
1.5	1500	65	0.13	18	100	230	480	300	460	1100	130	30	80	1670	150	
2	2000	62	0.16	18	130	250	600	320	500	1400	150	50	100	2050	180	
2.5	2500	62	0.19	18	130	300	650	350	600	1500	150	50	130	2280	180	
3	3000	58	0.21	18	150	320	700	380	640	1650	180	50	130	2520	200	
4	4000	57	0.22	18	150	430	750	420	860	1800	200	80	150	2890	230	
4.5	4500	57	0.23	18	150	450	800	480	900	1900	230	80	150	3060	250	
5.5	5600	56	0.25	18	150	550	950	550	1100	2150	250	80	150	3530	280	
8	8000	52	0.27	19	180	700	1100	580	1400	2200	280	80	180	3900	300	
9.5	9500	51	0.28	18	200	750	1200	720	1500	2400	300	80	180	4250	380	
11	11000	50	0.32	19	200	800	1250	750	1600	2600	380	80	200	4550	380	
13	13000	50	0.40	20	220	820	1300	780	1640	2700	350	100	200	4640	400	
16	16000	49	0.45	21	240	850	1450	850	1700	2800	380	100	220	4870	450	
20	20000	48	0.48	25	250	880	1650	950	1760	2900	380	100	220	4980	500	

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

MULTICICLONI

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Abbattimento a secco.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Polveri in genere.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Efficienza di abbattimento fino al 95%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Si tratta di depolveratori a ciclone costituiti - come dice il loro nome - da più unità in parallelo. Sono stati realizzati per poter trattare portate considerevoli senza che gli elementi assumano dimensioni proibitive.

Sono costituiti da un certo numero, che può essere anche elevatissimo, di elementi di captazione di piccolo diametro, posti in parallelo secondo le più svariate soluzioni tecniche e costruttive. L'impiego di elementi di piccolo diametro porta all'ottenimento di elevate efficienze di captazione, giacché l'efficienza aumenta con il diminuire del diametro dell'elemento, a parità di tutte le altre condizioni.

Le limitazioni in questo caso sono: concentrazioni di polvere nell'aria troppo elevate che possono creare problemi di intasamento, costo di installazione più elevato rispetto ai cicloni data la laboriosità di costruzione di queste apparecchiature. Quest'ultimo motivo ne sconsiglia l'uso come pre-filtri ma solo come filtri unici.

In questo caso il campo di applicazione si restringe notevolmente ed è limitato quasi esclusivamente a problemi di filtrazione di polveri non abrasive presenti in concentrazione non elevata, con peso specifico oltre 300 kg/m^3 e con particelle non troppo fini (oltre i 10 micron).

I vantaggi offerti sono:

- 1) bassa perdita di carico (80 mm H₂O. circa);
- 2) nessun costo di manutenzione;
- 3) costo di esercizio bassissimo;
- 4) costo dell'apparecchio medio.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Tutti i processi industriali ove vi è una forte produzione di polvere. Industria lavorazione del legno, mangimifici, cave, ecc.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: bassa perdita di carico, basso costo di manutenzione, basso costo di esercizio e basso costo di acquisto.

Svantaggi: se si richiedono elevate efficienze di abbattimento, tale sistema deve essere affiancato da altri, quali filtri a manica.

MULTICYCLONES

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Dry collection.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Dusts in general.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Collection efficiency up to 95%.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

As the name suggests, these are dust collectors made up of various cyclones in parallel. They have been designed for handling heavy flows without the cyclone units assuming prohibitive dimensions.

The multicyclones consist of a certain number, sometimes very high, of small diameter collection units, arranged in parallel according to widely differing technical and design solutions. The use of small diameter units allows obtaining high settling efficiencies, because the efficiency increases as the diameter of the unit decreases, when all other conditions remain the same.

The limitations in this case are: too high dust concentrations in the air which could create problems of plugging, higher installations costs as compared with normal cyclones owing to the difficulty in manufacturing this type of equipment. The latter reason discourages its use as pre-cleaner but only as single dust collectors.

In this case, the field of application is considerably restricted and is limited almost exclusively to problems of collecting non-abrasive particles present in not too high concentration, with specific gravity over 300 kg/m^3 and with not too fine particles (over 10 micron).

Advantages offered are:

- 1) low pressure drop (approx. 80 mm H₂O);
- 2) no maintenance cost;
- 3) very low running cost;
- 4) average cost of the equipment.

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

All industrial processes where there is a heavy production of dust: industries such as woodworking, animal fodder, quarries, etc.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: low pressure drop, low maintenance cost, low running cost and low purchasing cost.

Disadvantages: if high collection efficiencies are required, such system must be backed up by others, such as bag filters.

7. CALCOLI E TABELLE

I calcoli che governano il dimensionamento dei multicicloni sono gli stessi che sono applicati ai cicloni.

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Se non ci sono accorgimenti costruttivi particolari i prezzi indicativi sono di 2,1 € /m³ di aria trattata.

7. CALCULATIONS AND TABLES

The calculations governing multicyclones dimensioning are the same as those applicable to cyclones.

8. INFORMATION REGARDING COSTS

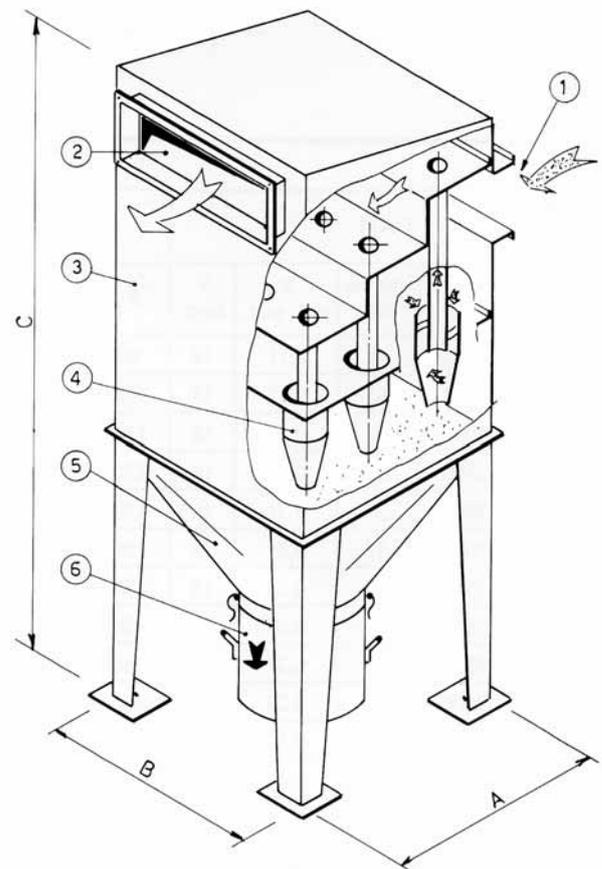
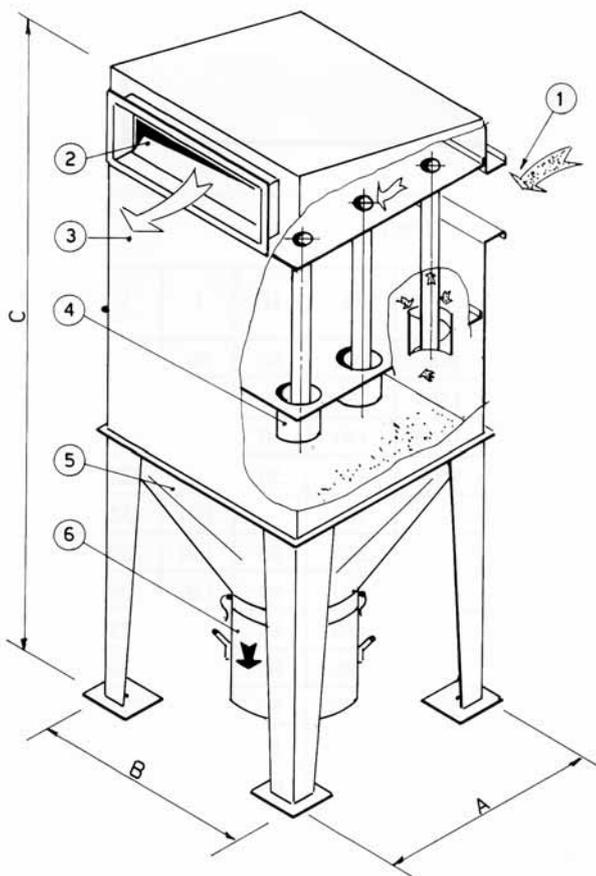
If there are no special design arrangements, approximate prices are 2.1 € /m³ of air handled.

A - MULTICICLONE "per decantazione fumi da caldaie a legno"

A - MULTICYCLONE "for separating fumes from wood boilers"

B - MULTICICLONE "per polveri in genere"

B - MULTICYCLONE "for dusts in general"



LEGENDA

1. ENTRATA ARIA POLVEROSA
2. USCITA ARIA FILTRATA
3. CORPO
4. CICLONCINO
5. TRAMOGGIA
6. SECCHIELLO RACCOLTA POLVERI

LEGEND

1. DUST-LADEN AIR INLET
2. CLEAN AIR OUTLET
3. HOUSING
4. CYCLONE UNIT
5. HOPPER
6. DUST COLLECTING BIN

TABELLA COMPARATIVA / COMPARATIVE TABLE

DIMENSIONI MULTICICLONICO - A <i>DIMENSIONS MULTICYCLONE - A</i>						DIMENSIONI MULTICICLONICO - B <i>DIMENSIONS MULTICYCLONE - B</i>				
CALDAIA Kcal/h <i>BOILER Kcal/h</i>	PORTATA FUMI m3/h <i>FUME FLOW RATE m3/h</i>	N. ELEMENTI <i>N° OF ELEMENTS</i>	A <i>A</i>	B <i>B</i>	C <i>C</i>	PORTATA m3/h <i>FLOW RATE m3/h</i>	N. ELEMENTI <i>N° OF ELEMENTS</i>	A <i>A</i>	B <i>B</i>	C <i>C</i>
100000	800	6 (2x3)	350	500	2800	900	3 (1x3)	250	500	2800
200000	1600	12 (3x4)	500	650	2800	1800	6 (2x3)	350	500	2800
300000	2400	16 (4x4)	650	650	2800	2400	8 (2x4)	350	650	2800
400000	3200	21 (3x7)	500	1100	3200	3600	12 (3x4)	500	650	3200
500000	4000	27 (3x9)	500	1400	3200	4800	16 (4x4)	650	650	3200
600000	4800	32 (4x8)	650	1250	3200	6000	20 (4x5)	650	850	3200
700000	5600	40(4x10)	650	1550	3200	7200	24 (4x6)	650	950	3200
800000	6400	42 (6x7)	950	1100	3200	7200	24 (3x8)	500	1250	3200
900000	7200	48 (6x8)	950	1250	3200	8400	28 (4x7)	650	1100	3200
1000000	8000	54(6x9)	950	1400	3200	9600	32 (4x8)	650	1250	3200
1100000	8800	60 (6x10)	950	1550	3200	10800	36 (4x9)	650	1400	3200
1200000	9600	64 (8x8)	1250	1250	3200	10800	36 (3x12)	500	1500	3200
1300000	10400	70(7x10)	1100	1550	3200	12000	40 (4x10)	650	1550	3200
1400000	11200	77 (7x11)	1100	1700	3500	12000	40 (5x8)	850	1250	3500
1500000	12000	80 (8x10)	1250	1550	3500	13200	44(4x11)	650	1700	3500
1800000	14500	100 (10x10)	1550	1550	3500	14400	48 (4x12)	650	2000	3500 (*)
2000000	16000	110 (10x11)	1550	1700	3500	15600	52(4x13)	650	2100	3500(*)
						16800	56(4x14)	650	2200	3500(*)
						18000	60 (6x10)	950	1550	3500
						18000	60(5x12)	850	2000	3500(*)

(*) N. 2 scarichi / N. 2 discharge points.

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

FILTRO A MANICHE AUTOPULENTI CON GETTO DI ARIA COMPRESSA IN CONTROCORRENTE

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Filtrazione a secco.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Tutti i tipi di polvere.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Il campo di impiego è decisamente ampio, da polveri grossolane fino a polveri submicromiche (0,20-0,25 micron) con rese di abbattimento che, con superfici filtranti adeguate superano il 97%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

È un depolveratore automatico, a tessuto, adatto per funzionamento continuo (24 ore su 24), con pulizia del tessuto filtrante in controcorrente.

Può trattare aria contenente polveri molto fini, conservando un rendimento di captazione assai elevato, anche per particelle aventi dimensioni inferiori a 1 micron.

Con l'impiego di particolari tessuti, può essere impiegato per temperature massime di esercizio superiori anche a 200°C. (fibre di vetro).

La costruzione prevede infatti pannelli componibili. Questo facilita il trasporto e il montaggio, e rende possibile e semplice l'eventuale ampliamento del depolveratore anche dopo l'installazione.

Il depolveratore è dotato di ampi portelli di ispezione, aperti sul cielo del depolveratore stesso o sulla tramoggia sottostante alle celle, che consentono di eseguire con estrema facilità le operazioni di manutenzione o, comunque, il controllo delle parti interne. Elementi filtranti sono costituiti da cestelli opportunamente dimensionati e da una manica costituita da un particolare tessuto filtrante le cui caratteristiche vengono determinate in funzione di ogni specifica applicazione. L'aggancio dell'elemento filtrante ai «Venturi», solidali con il diaframma superiore, è pratico e di facile e veloce esecuzione: particolare questo che consente di contenere notevolmente i costi di manutenzione.

Il ciclo di lavaggio è variabile in funzione delle reali necessità dell'impianto al quale il depolveratore è collegato. Il dispositivo di controllo è concepito in modo da poter ottenere sia la variazione del tempo di lavaggio sia la variazione della frequenza dell'aria. Questa elasticità di funzionamento facilita i fenomeni fisici secondari derivanti dal lavaggio in controcorrente che provocano il distacco dello strato di polvere depositato sul tessuto, in modo da pulire lo stesso in profondità, restituendo al tessuto filtrante il massimo grado di permeabilità.

SELF-CLEANING, REVERSE -JET BAG FILTER

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Dry collections.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

All types of dust.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

The range of application is decidedly wide, from coarse dusts to submicronic dusts (0.20-0.25 micron) with collection efficiencies which, with adequate filter surfaces, can exceed 97%.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

This is an automatic fabric dust collector, designed for continuous duty (24 hours a day), with reverse flow cleaning of the filter fabric.

It can handle air containing very fine dusts maintaining a fairly high capture efficiency, even in the case of particles with diameter less than 1 micron.

When special fabrics are adopted, the dust collector can be used for maximum operating temperatures also up to 200°C. (glass fibres).

The construction is based on modular panels. This makes for easier transport and assembly while the dust collector can easily be extended also after installation.

The dust collector is provided with ample inspection doors, opening at the top of the dust collector or on the hopper under the cells. Thus maintenance is greatly simplified or at least it is easy to inspect the internal parts.

The filter elements consist of suitably sized wire cages and a bag of special filter fabric whose characteristics are determined in accordance with each specific application. Connection of the filter elements to the «Venturis», integral with the top tube sheet is quick, easy and practical; such factor allows cutting down on maintenance costs.

The cleaning cycle is variable depending on the actual needs of the plant to which the dust collector is connected. The control device is designed so as to allow variation of both cleaning time and frequency of the air jet.

This flexibility in operation facilitates the secondary physical phenomena deriving from reverse flow cleaning which causes the dislodgement of the layer of dust built up on the fabric so that the latter is thoroughly cleaned thus restoring the maximum degree of permeability to the filter fabric.

In other words, it is possible to «calibrate» each fil-

In altre parole, è possibile «tarare» ogni filtro per le specifiche necessità e particolarità di ogni installazione, utilizzando in pieno le caratteristiche della macchina e ottenendo quindi, in ciascun particolare caso, il rendimento migliore.

È infine possibile effettuare la pulizia dei tessuti filtranti a temperature diverse da quella ambiente, a seconda delle necessità dell'impianto, in relazione ai fenomeni di condensazione che vi si possono verificare.

I nostri filtri vengono collegati in genere con installazione fissa o mobile ad una o più fonti di polveri all'origine, prima che esse si diffondano nell'ambiente ed inquinino il luogo di lavoro.

4.1 Funzionamento

L'aria polverosa entra nella camera filtrante e passa attraverso le maniche filtranti dall'esterno verso l'interno.

La pulizia avviene facendo fluire il getto di aria compressa 6-7 atm. attraverso delle elettrovalvole dall'interno verso l'esterno delle maniche.

Ogni elettrovalvola è comandata con intervalli sequenziali da 10-50 sec. da un pannello elettronico.

Le perdite di carico delle maniche generalmente non superano i 120 mm. c.a.; il consumo di aria compressa è di circa 0,15 m³/ora per mq. di tessuto (2,5 lt/min).

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Tutti i processi industriali ove sia presente polvere, aziende nei settori:

- Ceramiche
- Alimentari
- Colorifici
- Fonderie
- Chimiche
- Gomma
- Saccarifere
- Estrazione
- Cementifici

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: costi di acquisto ed esercizio ridotti, semplicità d'uso, bassa necessità di manutenzione.

Svantaggi: alti ingombri.

ter for the specific needs and characteristics of each installation, thus making full use of the machine's characteristics and obtaining the best possible efficiency in each particular case.

Lastly it is possible to clean the filter fabrics at temperatures other than ambient temperature according to plant requirements, in relation to potential condensation phenomena.

Our bag filters are normally connected via a fixed or mobile installation to one or more sources generating the dust before the latter can be diffused in the environment and pollute the workplace.

Collection efficiencies achieved almost always exceed 99% and the dust collectors find optimum application in the following industries:

4.1 Operation

The dust-laden air enters the filter chamber and flows through the filter bags from the outside towards the inside.

Cleaning is performed by causing a jet of compressed air 6-7 atm. to flow, via solenoid valves, from the inside towards the outside of the filter bags.

Each solenoid valve is commanded with sequential intervals from 10-50 sec. via an electronic control panel.

The pressure drops across the filter bags do not normally exceed 120 mm. water gauge; compressed air consumption is approx. 0.15 m³/hour per sq.m. of fabric (2.5 lt/min).

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

All industrial processes where dust is present, companies in the following sectors:

- Ceramics
- Foodstuffs
- Paints
- Foundries
- Chemical processing
- Rubber
- Sugar refineries
- Mining

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: lower purchasing and running costs, user-friendly, low maintenance requirements.

Disadvantages: large overall size.

7. CALCOLI E TABELLE

Esempio di calcolo di un impianto di aspirazione (con filtro a maniche)

7.1.1 Simboli

HT = Resistenza totale del circuito o dell'impianto in mm. di H₂O

HD = Pressione/Resistenza dinamica dell'impianto

HS = Pressione/Resistenza statica dell'impianto

HT = HD + HS + resistenza dovuta a filtri, silenziatori etc.

$$HD = Yx \frac{V^2}{2xg}$$

dove: **V** = Velocità di ingresso dell'aria o velocità massima dell'aria nell'impianto.

Y = Peso specifico dell'aria alla temperatura di 0°C (273 °K) (~ 1,22 kg/m³).

g = Accelerazione di gravità 9,81 m/sec².

Resistenze statiche dei filtri di nostra produzione

TIPO DI FILTRO	PERDITA DI CARICO mm H ₂ O
CICLONI	50-70
MUL TICLONI	70-80
SEPARATORI DI GOCCE	40
BATTERIE RADIANTI	10-20
SILENZIATORI	30
FILTRI A SETTO METALLICO	5-10
FILTRI STATICI	100-150
SCRUBBER A PIATTI O CORPI	150-200
SCRUBBER VENTURI	300-350
FILTRI A TASCHE	40-50
FILTRI ELETTROSTATICI	20
FILTRI A CARBONE ATTIVO	100-250
FILTRI A CARTUCCE	100-150
FILTRI A MANICHE	100-150

HS = Resistenza lungo la linea dell'impianto più sfavorita. In base ai diametri di tale linea e alle velocità dell'aria relative a questi diametri si ricava la perdita di carico in mm. H₂O, per ogni metro di tubazione di quel diametro. Moltiplicando tale valore per la lunghezza in metri di tubo di quel diametro si ottiene la resistenza che l'aria incontra nell'attraversare quel pezzo di linea. Tenere conto che:

- le curve a 90° offrono una resistenza al passaggio dell'aria pari alla resistenza offerta da un tubo rettilineo dello stesso diametro ma con una lunghezza pari a 12 volte il diametro stesso;

- i tubi flessibili in genere offrono una resistenza al passaggio dell'aria pari alla resistenza offerta da un tubo rettilineo dello stesso diametro ma con lunghezza pari a due volte la lunghezza del tubo flessibile.

7. CALCULATIONS AND TABLES

Example of calculation of an exhaust plant (with bag filter)

7.1.1 Symbols

HT = Total resistance of the circuit or plant in mm. of H₂O

HD = Pressure/Dynamic resistance of the plant

HS = Pressure/Static resistance of the plant

HT = HD + HS + resistance due to filters, silencers, etc.

$$HD = Yx \frac{V^2}{2xg}$$

where: **V** = Air inlet velocity or max. velocity of the air in the plant.

Y = Specific gravity of air at the temperature of 0°C (273 °K) (~ 1.22 kg/m³).

g = Acceleration of gravity 9.81 m/sec².

Static resistance of filters manufactured by us

FILTER TYPE	PRESSURE DROP mm H ₂ O
CYCLONES	50-70
MULTICYCLONES	70-80
MIST ELIMINATORS	40
RADIANT COIL TYPE	10-20
SILENCERS	30
FILTERS W. METAL MESH	5-10
STATIC FILTERS	100-150
PACKED/ IMPINGEMENT	
PLATE SCRUBBERS	150-200
VENTURI SCRUBBERS	300-350
ENVELOPE FILTERS	40-50
ELECTROSTATIC PRECIPITATORS	20
ACTIVATED CARBON FILTERS	100-250
CARTRIDGE FILTERS	100-150
BAG FILTERS	100-150

HS = Resistance along the most unfavourable line of the plant. Depending on the diameters of such line and relative air velocities the pressure drop in mm. H₂O is determined for each metre of duct of that particular diameter. Multiplying such value by the length in metres of duct of that diameter, gives the resistance encountered by the air when following through that part of the line. Bear in mind:

- 90° elbows offer resistance to the air flow equal to the resistance offered by a straight duct of the same diameter but with a length equal to 12 times the actual diameter;

- flexible hoses or duct normally offer a resistance to air flow equal to the resistance offered by a straight duct of the same diameter but with length equal to twice the length of the flexible hose of duct.

7.1.2 Esempio di calcolo

Dovendo calcolare un impianto di aspirazione e abbattimento si dovranno conoscere i seguenti dati:

- tipo di polvere
- posizioni delle fonti delle polveri
- granulometria della polvere
- posizione dell'abbattitore
- temperatura dell'aria polverosa
- altitudine dell'impianto

Abbiamo stabilito:

Posizione 1:	tavolo di lavoro
Posizione 2:	levigatrice a colonna
Polveri da aspirare ed abbattere:	polveri di ferro
Granulometria:	sopra i 10 micron
Temperatura:	ambiente

7.1.3 Determiniamo la portata dell'impianto

- A)** Per il tavolo di lavoro n. 4 fessure con le seguenti dimensioni:
50 mm. per 2000 mm. di lunghezza, (superficie di $0,4 \text{ m}^2$).
Velocità alla fessura: 2 mt/sec. equivalente ad una portata di: $0,8 \text{ m}^3/\text{sec.}$
- B)** Per la levigatrice a colonna avente 2 cappe di captazione con sezione di m^2 . $0,05$ cadauna avremo:
Velocità alla fessura: 4 mt/sec. equivalente a una portata di: $0,2 \text{ m}^2/\text{sec.}$
Si moltiplica per 2. Portata totale: $0,4 \text{ m}^3/\text{sec.}$ per i due dischi della levigatrice.
- C)** Avremo una portata totale dell'impianto:
 $A + B (0,8 + 0,4): 1,2 \text{ m}^3/\text{sec.}$ che, moltiplicando per 3.600, dà una portata di 4.320 che si arrotonda a $4.400 \text{ m}^3/\text{h.}$

7.1.4 Determiniamo i diametri dell'impianto

- A)** Per il tavolo abbiamo una portata di $0,8 \text{ m}^3/\text{sec.}$ Stabiliamo una velocità di 25 mt/sec. Dividendo la portata per la velocità ($0,8 \div 25$) abbiamo una sezione pari a $0,032 \text{ m}^2$ - equivalente ad un diametro di $\text{mt } 0,2$ che portiamo per comodità a $\text{mm. } 200$.
- B)** Per la levigatrice abbiamo una portata di $0,4 \text{ m}^3/\text{sec.}$ Stabiliamo una velocità di 25 mt/sec. Dividendo la portata per la velocità ($0,4 \div 25$) abbiamo una sezione pari a $0,016 \text{ m}^2$ - equivalente ad un diametro di $\text{mt. } 0,14$ che portiamo per comodità a $\text{mm. } 140$.
- C)** Dalla somma dei diametri delle due macchine, cioè $\text{Ø } 200 \text{ mm.}$ e levigatrice $\text{Ø } 140 \text{ mm.}$, avremo secondo tabella a pag. 31 per il primo il modulo 8, per il secondo il modulo 4. Sommiamo i due moduli e ne otterremo uno di 12, pari a un diametro di 245 mm. che si arrotonda a 250 mm.

7.1.2 Example of calculation

The following data should be known for calculating an exhaust and dust collecting plant:

- type of dust
- positions of the dust sources
- particle size of the dust
- dust collector position
- temperature of the dust-laden air
- altitude of the plant

We have established:

Position 1:	work table
Position 2:	floor disc sander
Dusts to exhaust and remove:	iron dusts
Particle size:	above 10 micron
Temperature:	ambient

7.1.3 Determine the plant flow capacity

- A)** For the work table with 4 slots of the following size:
50 mm. for 2000 mm. of length, (surface of 0.4 m^2).
Velocity at the slot: 2 m/sec. equivalent to a flow rate of: $0.8 \text{ m}^3/\text{sec.}$
- B)** For the floor disc sander having 2 capturing hoods, each with section of 0.05 m^2 we have:
Velocity at the slot: 4 m/sec. equivalent to a flow rate of: $0.2 \text{ m}^2/\text{sec.}$
Multiply by 2. Total flow: $0.4 \text{ m}^3/\text{sec.}$ for the two sanding discs.
- C)** We have a total flow for the plant as follows:
 $A + B (0.8 + 0.4): 1.2 \text{ m}^3/\text{sec.}$ which, when multiplied by 3600, gives a flow of 4320 rounded up to $4400 \text{ m}^3/\text{h.}$

7.1.4 Determine the diameters of the plant

- A)** For the work table we have a flow of $0.8 \text{ m}^3/\text{sec.}$ Consider a velocity of 25 m/sec. Then dividing the flow by the velocity (0.8 to 25) we obtain a section equal to 0.032 m^2 - equivalent to a diameter of 0.2 m which, for convenience, we shall convert to 200 mm.
- B)** For the sander we have a flow $0.4 \text{ m}^3/\text{sec.}$ Consider a velocity of 25 m/sec. Then dividing the flow by the velocity (0.4 to 25) we obtain a section equal to 0.016 m^2 - equivalent to a diameter of 0.14 m which, for convenience, we shall convert to 140 mm.
- C)** From the sum of the diameters of the two machines, i.e. $\text{dia. } 200 \text{ mm.}$ and $\text{dia. } 140 \text{ mm.}$ (sanding machine), we shall have, according to the table on page 31, a module of 8 for the first and a module of 4 for the second. On summing the two modules we obtain one of 12, equal to a diameter of 245 mm. which is rounded up to 250 mm.

- D)** Stabiliamo l'ingresso al filtro che deve avere una velocità non superiore a 10 mt/sec., avremo dalla divisione della portata di 1,2 m³/sec. e dalla velocità di 10 mt/sec. una sezione di 0,12 m² pari ad un rettangolo di 600 mm x 200 mm. di altezza.
- E)** Stabiliamo infine il diametro della tubazione di collegamento filtro/ventilatore e camino di espulsione aria in atmosfera. Per non creare fonti di rumore la velocità al camino dev'essere inferiore a 13 mt/sec. Dalla divisione della portata di 1,2 m³/sec. e la velocità di 13 mt/sec., avremo un diametro di 0,345 mt che arrotondiamo a 350 mm.

7.1.5 Calcoliamo le perdite di carico di tutto il circuito

Avremo delle tubazioni di vari diametri, diritte, curve, diramazioni, cappe e in questo caso un filtro del tipo autopulente a maniche. A questo punto sistemiamo una distinta considerando il tratto più lungo ed accidentale del percorso.

Tubo Ø 200 mm. mt 2+3 = 5	
(V =25) x 4,5 mm H ₂ O	22,5
Tubo Ø 250 mm. mt 3+2,5 = 5,5	
(V =25) x 3 mm H ₂ O	16,5
Tubo Ø 350 mm. mt 5+2+8 = 15	
(V =13) x 0,5 mm H ₂ O	7,5
Curve n. 5 x 0,5 x HD	97,5
Diramazioni n.1 x 0,7 x D	27,5
HD Dinamica $\frac{1,22 \times 25^2}{19,62}$	= 38,9
che arrotondiamo a	39
Imbocco alla presa = 1/2 HD	19,25
Filtro autopulente (max perdite)	120
<hr/>	
Totale	350 mm H ₂ O

Per quanto riguarda le perdite di carico delle tubazioni diritte si veda la tabella a pagina 32 e dall'incrocio del diametro delle tubazioni e dalla velocità, si otterrà sulla discesa le perdite di carico per ogni metro di tubo. Per le perdite delle curve e delle diramazioni si veda la tabella a pagina 30. Dalle tabelle e curve di prestazioni stabiliamo la potenza di un ventilatore attraversato da aria pulita con un rendimento sull'80% con la formula:

$$CV \text{ ASS} = \frac{Q \times HT}{75 \times n} = \frac{1,2 \times 350}{75 \times 0,80} = \frac{420}{60} = 7$$

- D)** Suppose we establish that the filter inlet must not have a velocity exceeding 10 m/sec., then from the division of the flow of 1.2 m³/sec. and of the velocity of 10 m/sec. we obtain a section of 0.12 m² equal to a rectangle of 600 mm x 200 mm. in height.
- E)** Lastly we fix the diameter of the duct connecting filter/fan to the stack discharging the air in the atmosphere. In order not to create noise sources, the velocity in the stack should be less than 13 m/sec. By the division of the flow of 1.2 m³/sec. and velocity of 13 m/sec., we obtain a diameter of 0.345 m rounded up to 350 mm.

7.1.5 Calculate the pressure drops across the entire circuit

We have ducts of various diameters, straight sections, elbows, branches, hoods and in this case a self-cleaning bag filter. We now make up a list considering the longest and most uneven section of the path.

Duct dia. Ø 200 mm. mt 2+3 = 5	
(V =25) x 4,5 mm H ₂ O	22,5
Duct dia. Ø 250 mm. mt 3+2,5 = 5,5	
(V =25) x 3 mm H ₂ O	16,5
Duct dia. Ø 350 mm. mt 5+2+8 = 15	
(V =13) x 0,5 mm H ₂ O	7,5
5 elbows 0.5 x HDD	97,5
1 branch x 0.7 x D	27,5
Dynamic HD $\frac{1,22 \times 25^2}{19,62}$	= 38,9
rounded up to	39
Air intake inlet = 1/2 HD	19,25
Self-cleaning filter (max pressure drops)	120
<hr/>	
Total	350 mm H ₂ O

As regards the pressure drops for the straight duct, see table on page 32. By the intersection of the duct diameter and the velocity, we obtain the pressure drops on the down part for each metre of ducts. For pressure drops across the elbows and branches, see table on page 30.

From the tables and performance curves, we can determine the power rating of a fan through which clean air flows, with an efficiency of 80% through the following formula:

$$CV \text{ ASS} = \frac{Q \times HT}{75 \times n} = \frac{1,2 \times 350}{75 \times 0,80} = \frac{420}{60} = 7$$

Dove:

CV ASS = Potenza assorbita in CV (a regime)
 Q = Portata in m³/sec.
 HT = Prevalenza totale
 n = Rendimento (vedi curve ventilatore oppure pag. 104)
 CV ASS = 7 CV + 20% per trasmissione; avremo 8,4 CV quindi installeremo 10 CV equivalenti a 7,5 KW.
 Infine stabiliamo il filtro.
 Dalla tabella a pag. 44 avremo una velocità di filtrazione di 0,03 mt/sec.
 Dalla divisione della portata 1,2 m³/sec. e della velocità di filtrazione avremo m² 40 di tessuto filtrante del tipo e spessori da stabilire di volta in volta.
 Considerando maniche con Ø 123 alte 2500, equivalenti a circa 1 m² cadauna, avremo n. 40 maniche totali.

Calcolo della perdita di carico per singola manica (secondo Rietsche)

$$H = K \times \frac{\text{Portata d'aria (m}^3\text{)}}{\text{Superficie (m}^2\text{)}}$$

dove K = coefficiente variabile da 0,015 (maglia larga) a 0,03 (maglia stretta)

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Il costo specifico di acquisto per applicazioni che non richiedono accorgimenti costruttivi particolari è compreso tra 160 e 200 € /m² di superficie filtrante. Il costo di esercizio del filtro a maniche, escludendo i costi di captazione gas derivanti dal ventilatore, è limitato al consumo dell'aria compressa utilizzata per la pulizia delle maniche.

Where:

HP cons. = Power consumption in HP (in normal operation)
 Q = Flow rate in m³/sec.
 HT = Total head
 n = Efficiency (see fan curves or else page 104)

HP cons. = 7 HP + 20% by transmission; we shall have 8.4 HP therefore 10 HP will be installed equivalent to 7.5 KW.

Lastly we shall decide the filter size:

From the table on page 44 we have a filtration velocity of 0.03 m/sec.

Based on the division of the flow rate 1.2 m³/sec. and filtration velocity, we shall have 40 m² of filter fabric of type and thickness to be determined in each individual case.

Assuming the filter bags to be with dia. 123 and height 2500 mm high, each equivalent to approx. 1 m², there will be a total of 40 filter bags.

Calculation of the pressure drop for individual filter bag (according to Rietsche)

$$H = K \times \frac{\text{Air flow (m}^3\text{)}}{\text{Surface (m}^2\text{)}}$$

where K = coefficient variable from 0.015 (coarse mesh) to 0.03 (fine mesh)

8. INFORMATION REGARDING COST

The specific purchasing cost for applications not requiring special design arrangements lies between 160 and 200 € /m² of the filter surface. Running costs for bag filters, excluding costs for capturing gases coming from the fan, are limited to compressed air consumption for bag cleaning.



Filtro a maniche autopulente per la filtrazione di polveri di resina poliesteri. Portata d'aria 15.000 Nm³/h

Self-cleaning bag filter for filtration of polyester resin dusts. Air flow rate 15,000 Nm³/h

**FILTRI A MANICHE
AUTOPULENTI**

**SELF CLEANING
BAG FILTERS**

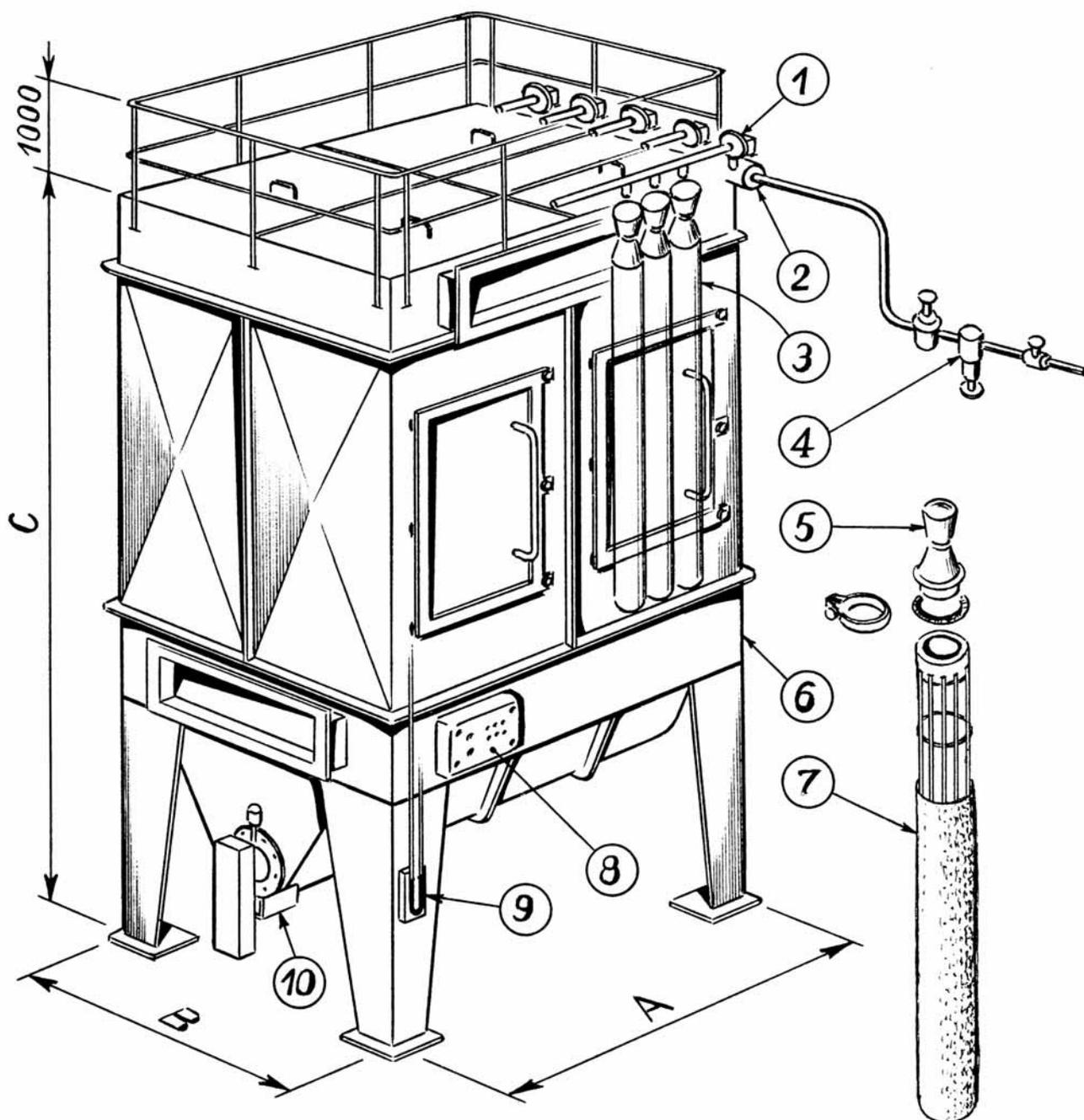
TABELLA COMPARATIVA / *COMPARATIVE TABLE*

DIMENSIONI / <i>DIMENSIONS</i>							
Filtro tipo <i>Filter type</i>	Superficie mq. <i>Surface sq.m</i>	N. maniche <i>N. bags</i>	Lunghezza maniche <i>Bag length</i>	A <i>A</i>	B <i>B</i>	C <i>C</i>	Scarico tipo <i>Type of unloading</i>
30/5	30	30	2500	1050	900	4700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
30/5/R	24	30	2000	1050	900	4200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
42/6	42	42	2500	1200	1050	4700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
42/6/R	33	42	2000	1200	1050	4200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
48/6	48	48	2500	1400	1050	4700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
48/6/R	38	48	2000	1400	1050	4200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
60/6	60	60	2500	1050	1700	5700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
60/6/R	48	60	2000	1050	1700	5200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
70/7	70	70	2500	1250	1700	5700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
70/7/R	55	70	2000	1250	1700	5200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
80/8	80	80	2500	1400	1700	5700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
80/8/R	64	80	2000	1400	1700	5200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
90/9	90	90	2500	1550	1700	5700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
90/9/R	71	90	2000	1550	1700	5200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
100/10	100	100	2500	1700	1700	5700	1 secchiello / <i>1 bin</i>
100/10/R	80	100	2000	1700	1700	5200	1 secchiello / <i>1 bin</i>
120/12	120	120	2500	2000	1700	5700	2 secchielli / <i>2 bins</i>
120/12/R	96	120	2000	2000	1700	5200	2 secchielli / <i>2 bins</i>
140/14	140	140	2500	2350	1700	5700	2 secchielli / <i>2 bins</i>
140/14/R	110	140	2000	2350	1700	5200	2 secchielli / <i>2 bins</i>
160/16	160	160	2500	2650	1700	5700	coclea / <i>screw conveyor</i>
160/16/R	128	160	2000	2650	1700	5200	coclea / <i>screw conveyor</i>
180/18	180	180	2500	3000	1700	5700	coclea / <i>screw conveyor</i>
180/18/R	142	180	2000	3000	1700	5200	coclea / <i>screw conveyor</i>
200/20	200	200	2500	3300	1700	5700	coclea / <i>screw conveyor</i>
200/20/R	158	200	2000	3300	1700	5200	coclea / <i>screw conveyor</i>
250/25	250	250	2500	4100	1700	5700	coclea / <i>screw conveyor</i>
250/25/R	191	250	2000	4100	1700	5200	coclea / <i>screw conveyor</i>
300/30	300	300	2500	4900	1700	5700	coclea / <i>screw conveyor</i>
300/30/R	236	300	2000	4900	1700	5200	coclea / <i>screw conveyor</i>
350/35	350	350	2500	5700	1700	5700	coclea / <i>screw conveyor</i>
350/35/R	275	350	2000	5700	1700	5200	coclea / <i>screw conveyor</i>
400/40	400	400	2500	6500	1700	5700	coclea / <i>screw conveyor</i>
400/40/R	314	400	2000	6500	1700	5200	coclea / <i>screw conveyor</i>

Filtri a maniche di dimensioni maggiori possono essere progettati e realizzati su richiesta

Larger bag filters can be designed and built on request.

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.



LEGENDA

LEGEND

1. ELETTROVALVOLE
2. TUBO POLMONE
3. GRUPPO FILTRANTE
4. ARRIVO ARIA COMPRESSA
5. TUBO VENTURI
6. CORPO FILTRO
7. MANICA
8. QUADRO COMANDO ELETTROVALVOLE
9. MANOMETRO DIFFERENZIALE
10. SCARICO POLVERI

1. SOLENOID VALVE
2. AIR MANIFOLD
3. SET OF FILTER BAGS
4. COMPRESSED AIR INLET
5. VENTURI NOZZLE
6. FILTER HOUSING
7. FILTER BAG
8. SOLENOID VALVE CONTROL PANEL
9. DIFFERENTIAL PRESSURE GAUGE
10. DUST UNLOADING

**TIPI DI TESSUTO PER MANICHE
E VELOCITA' MEDIE DI FILTRAZIONE PER POLVERI E FUMI**

INQUINANTE	TIPO DI FELTRO	VELOCITA' DI FILTRAZ. (mt/sec) min./max.
OSSIDO DI ALLUMINIO	feltro poliestere	0,019 - 0,026
BAUXITE	feltro poliestere	0,019 - 0,026
CARBONE CALCINATO	feltro poliestere antistatico	0,019 - 0,026
CARBONE	feltro poliestere	0,019 - 0,026
CEMENTO CRUDO	feltro poliestere	0,019 - 0,026
CEMENTO FINITO	feltro poliestere	0,019 - 0,026
CEMENTO MACINATO	feltro poliestere	0,019 - 0,026
FRANTUMAZIONE FERRO CROMO	feltro poliestere	0,023 - 0,030
ARGILLA VERDE	feltro poliestere	0,023 - 0,030
ARGILLA SILICEA VETRIFICATA	feltro poliestere	0,030 - 0,038
PORCELLANA	feltro poliestere	0,023 - 0,030
FARINA	feltro poliestere o lana	0,030 - 0,038
GRANAGLIE CEREALI	feltro poliestere o lana	0,038 - 0,045
GRAFITE	feltro poliestere	0,011 - 0,019
GESSO IDRATO	feltro poliestere	0,023 - 0,030
FUMI DI OSSIDO DI PIOMBO	feltro poliestere nomex	0,015 - 0,023
CALCE	feltro poliestere	0,023 - 0,030
MACINAZIONE CALCARE	feltro poliestere	0,030 - 0,030
FUMI METALLURGICI	feltro poliestere dralon o nomex	0,015 - 0,023
MICA	feltro poliestere	0,030 - 0,034
PIGMENTI PER VERNICI POLVERI FENOLICHE PER STAMPAGGIO	feltro poliestere	0,011 - 0,019
MATERIE PLASTICHE ANIME IN SABBIA	feltro poliestere antistatico	0,023 - 0,030
POLIVINILCLORURO (PVC)	feltro poliestere, lana	0,023 - 0,026
MACINAZIONE REFRATTARI	feltro poliestere	0,023 - 0,030
SABBIA	feltro poliestere	0,023 - 0,030
CARBURO DI SILICIO	feltro in lana	0,023 - 0,030
POLVERI DI DETERSIVI E SAPONI	feltro poliestere, polipropilene	0,023 - 0,026
SOIA	feltro poliestere, lana	0,023 - 0,030
AMIDO	feltro polipropilene	0,023 - 0,030
ZUCCHERO	tessuto poliestere, feltro polipropilene	0,023 - 0,030
TALCO	feltro poliestere	0,023 - 0,030
POLVERI DI TANTANIO	feltro poliestere	0,015 - 0,023
TABACCO	feltro poliestere antistatico	0,023 - 0,030
FARINA DI LEGNO	feltro poliestere antistatico	0,023 - 0,030
SEGATURA DI LEGNO	feltro poliestere, cotone	0,023 - 0,030
ZINCO METALLICO	feltro poliestere, nomex	0,023 - 0,030
OSSIDO DI ZINCO	feltro poliestere	0,015 - 0,023
OSSIDO DI TITANIO	feltro poliestere	0,011 - 0,015
POLVERE DI MARMO	feltro agugliato in poliestere	0,011 - 0,015

TYPES OF FABRIC FOR FILTER BAGS AND AVERAGE FILTRATION VELOCITIES FOR DUST AND FUMES

<i>CONTAMINANT</i>	<i>TYPE OF FELT</i>	<i>FILTRAT. VELOCITY (mt/sec) min./max.</i>
<i>ALUMINIUM OXIDE</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,019 - 0,026</i>
<i>BAUXITE</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,019 - 0,026</i>
<i>CALCINATED COAL</i>	<i>antistatic polyester felt</i>	<i>0,019 - 0,026</i>
<i>COAL</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,019 - 0,026</i>
<i>RAW CEMENT</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,019 - 0,026</i>
<i>FINISHED CEMENT</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,019 - 0,026</i>
<i>GROUND CEMENT</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,019 - 0,026</i>
<i>IRON - CHROMIUM CHRUSHING</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>GREEN CLAY</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>VITRIFIED SILCA CLAY</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,030 - 0,038</i>
<i>PORCELAIN</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>FLOUR</i>	<i>polyester felt or wool</i>	<i>0,030 - 0,038</i>
<i>GRAIN CEREALS</i>	<i>polyester felt or wool</i>	<i>0,038 - 0,045</i>
<i>GRAPHITE</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,011 - 0,019</i>
<i>HYDRATED GYPSUM</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>LEAD OXIDE FUMES</i>	<i>polyester felt, nomex</i>	<i>0,015 - 0,023</i>
<i>LIME</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>LIMESTONE GRINDING</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,030 - 0,030</i>
<i>METALLURGICAL FUMES</i>	<i>polyester felt, dralon or nomex</i>	<i>0,015 - 0,023</i>
<i>MICA</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,030 - 0,034</i>
<i>PAINT PIGMENTS</i>		
<i>PHENOLIC POWDERS FOR MOULDING</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,011 - 0,019</i>
<i>PLASTICS SAND CORES</i>	<i>antistatic polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>POLYVINYL CHLORIDE(PVC)</i>	<i>polyester felt, wool</i>	<i>0,023 - 0,026</i>
<i>REFRACTORY MATERIAL GRINDING</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>SAND</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>SILICON CARBIDE</i>	<i>wool felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>DETERGENT POWDERS AND SOAPS</i>	<i>polyester, polypropylene felt</i>	<i>0,023 - 0,026</i>
<i>SOYA</i>	<i>polyester felt, wool</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>STARCH</i>	<i>polypropylene felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>SUGAR</i>	<i>polyester fabric, polypropylene</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>TALC</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>TANTANIUM DUSTS</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,015 - 0,023</i>
<i>TOBACCO</i>	<i>antistatic polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>WOOD FLOUR</i>	<i>antistatic polyester felt</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>SAWDUST</i>	<i>polyester felt, cotton</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>ZINC METAL</i>	<i>polyester felt, nomex</i>	<i>0,023 - 0,030</i>
<i>ZINC OXIDE</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,015 - 0,023</i>
<i>TITANIUM OXIDE</i>	<i>polyester felt</i>	<i>0,011 - 0,015</i>
<i>MARBLE DUST</i>	<i>polyester needlefelt</i>	<i>0,011 - 0,015</i>

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

FILTRI A CARTUCCE AUTOPULENTI CON GETTO DI ARIA COMPRESSA IN CONTRO - CORRENTE

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Filtrazione a secco.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Tutti i tipi di polvere.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Tale tecnologia è in grado di trattare polveri di granulometria media a grandezze submicromiche con rese di abbattimento superiori al 97%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

I filtri a cartucce sono in grado di sostituire le tradizionali maniche filtranti in tessuto o feltro agugliato, negli impianti di depolverazione, a certe condizioni lavorative o per mancanza di spazio.

La struttura stellare delle cartucce filtranti permette un'ampia area filtrante.

I vantaggi: superficie filtrante circa 10 volte maggiore rispetto alla maniche filtranti con la medesima proporzione: niente cestelli, meno fori, meno elettrovalvole, meno carpenteria (manodopera e materiale). Esempio: per una superficie filtrante di 100 m² sono necessarie 100 maniche Ø 123 x 2500 mm. mentre sono sufficienti 10 cartucce. Le cartucce filtranti sono progettate e realizzate per essere pulite automaticamente col sistema ad aria compressa in controcorrente. La pressione dell'aria di lavaggio, da 5 a 7 bar, è in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche delle polveri da trattare. I tempi di lavaggio sono contenuti tra i 3/10 e 6/10 di secondo con un intervallo tra due cicli di lavaggio da 1 a 25 minuti.

La perdita di carico da considerare è di circa 100 mm. H₂O per polveri grossolane e di 100÷150 mm. H₂O per polveri fini. Le cartucce sono fatte di misture di cellulosa (carta), a veli di poliestere e polipropilene, o nomex ecc. secondo la natura del materiale. Efficienza filtrante del 99%.

Per grandi quantità di polveri è consigliato un pre-selettore.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Tutti i processi industriali ove sia presente polvere e la temperatura del gas da trattare non sia superiore a 140°C.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: costi di acquisto ed esercizio ridotti, semplicità di uso, bassa necessità di manutenzione, bassi ingombri.

Svantaggi: limiti di utilizzo ad alte temperature, dif-

SELF-CLEANING, REVERSE-JET CARTRIDGE FILTERS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Dry collection.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

All types of dust.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Such technology is able to handle dusts of particle size from medium to submicronic size, with collection efficiency exceeding 97%.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

Cartridge filters may be used to replace the conventional woven fabric or needled felt filter bags in dust collection equipment under certain working conditions or where there is restricted space.

The star-shaped structure of the filter cartridges offers an ample filter surface.

Advantages: filter surface approx. 10 times greater than that of the filter bags with the same proportion: no wire cages, less holes, less solenoid valves, less fabricated metalwork (labour and material). Example: for a filter surface of 100 m², 100 filter bags dia. 123 x 2500 mm. are required, while just 10 filter cartridges are sufficient. The filter cartridges are designed and built for automatic cleaning through the reverse-jet system. Pressure of the cleaning air, from 5 to 7 bar, depends on the chemical-physical properties of the dusts to be handled. Cleaning times lie within 3/10 and 6/10 of a second with an interval from 1 to 25 minutes between the two cleaning cycles. The pressure drop is approx. 100 mm. H₂O for coarse dusts and 100 to 150 mm. H₂O for fine dusts. The cartridges are made of a mixture of cellulose (paper), with layers of polyester and polypropylene, or nomex etc. depending on the nature of the material. Collection efficiency is 99%. For heavy dust loads, the use of a pre-cleaner is recommended.

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

All industrial processes where dust is present and where temperature of the gases to be handled does not exceed 140°C.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: lower purchasing and running costs, user-friendly, low maintenance requirements, compact size.

Disadvantages: limitation on use at high temperatures, difficult to clean the filter cartridges in the presence of dusts tending to "clog".

ficoltà di pulizia delle cartucce in presenza di polveri con tendenza "all'impaccamento".

7. CALCOLI E TABELLE

Il calcolo della superficie filtrante dell'abbattitore si ottiene applicando le seguente formula:

$$Sf: (Q/3600)/Vf$$

Dove

Sf: superficie filtrante in m²

Q: portata aria in m³/h

Vf: velocità di filtrazione in m/sec

La velocità di filtrazione dipende dal tipo di setto della cartuccia filtrante. Successivamente, in base alle dimensioni delle cartucce e alle specifiche esigenze di ingombro verrà scelto il tipo e la geometria del filtro.

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Il costo specifico di acquisto per applicazioni che non richiedono accorgimenti costruttivi particolari è compreso tra 135 e 170 € /m² di superficie filtrante. Il costo di esercizio del filtro, escludendo i costi di captazione gas derivanti dal ventilatore, è limitato al consumo dell'aria compressa utilizzata per la pulizia delle cartucce.

7. CALCULATIONS AND TABLES

Calculation of the filter surface of the dust collector can be made by applying the following formula:

$$Sf: (Q/3600)/Vf$$

Where

Sf: filter surface in m²

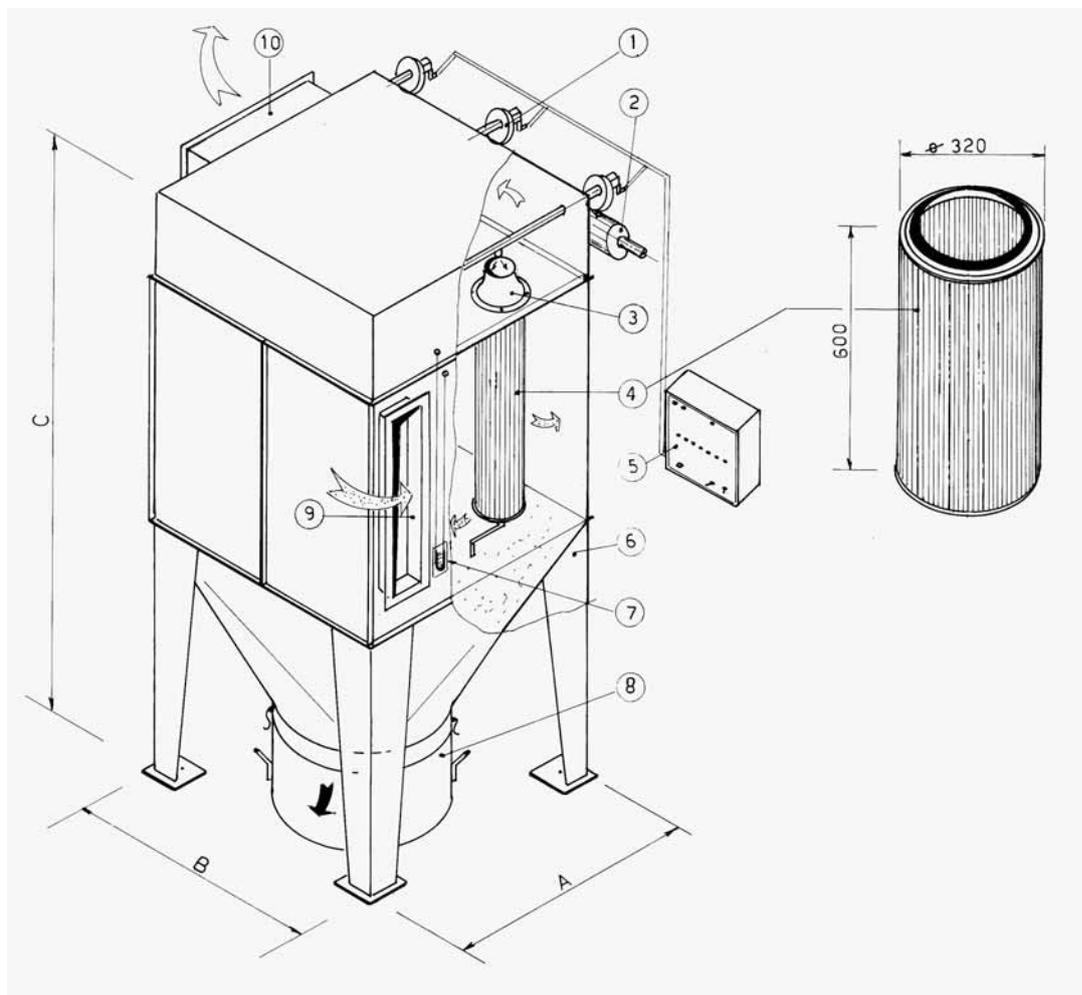
Q: air flow rate in m³/h

Vf: filtration velocity in m/sec

The filtration velocity depends on the type of filter cartridge medium. Then, on the basis of the filter cartridge size and specific size requirements the type and geometry of the filter will be chosen.

8. INFORMATION REGARDING COST

The specific purchasing cost for applications not requiring special design arrangements lies between 135 and 170 € /m² of the filter surface. Running costs for the filter, excluding costs for capturing gases coming from the fan, are limited to compressed air consumption for cleaning the filter cartridges.



SETTORI INDUSTRIALI
D'IMPIEGO:
Verniciatura a polveri
Alimentari
Chimiche
Mangimifici
Sabbiatrici

INDUSTRIAL FIELDS
OF APPLICATION:
Powder coating
Foodstuffs
Chemical processing
Fodder production
Shot blasting

TABELLA COMPARATIVA / COMPARATIVE TABLE

DIMENSIONI / DIMENSIONS						
Filtro tipo <i>Filter type</i>	Superficie m ² <i>Surface m²</i>	N. cartucce <i>N° of cartridges</i>	A <i>A</i>	B <i>B</i>	C <i>C</i>	N. barilotti <i>N° of traps</i>
T2	20	2	700	1000	2700	1
T3	30	3	1000	1000	2700	1
T4	40	4	1250	1000	2800	1
T5	50	5	1000	1500	3000	1
T6	60	6	1250	1500	3000	1
T7	70	7	1250	2000	3000	2
T8	80	8	1300	2000	3000	2
T9	90	9	1800	1500	3000	2
T 10	100	10	1300	2500	3000	2
T 11	110	11	1350	3000	3000	2
T 12 (2 x 6)	120	12	1400	3000	3000	2
T 12 (4 x 3)	120	12	1900	2000	2700	4
1 13	130	13	1350	3500	3000	3
T 14	140	14	1900	2500	3000	4
T 15	150	15	2000	2500	2800	4
T 16 (2 x 8)	160	16	1500	4000	3000	6
T 16 (4 x 4)	160	16	2500	2000	3000	4
T 17	170	17	1450	4500	3000	4
T 18 (2 x 9)	180	18	1500	4500	3000	4
T 18 (3 x 6)	180	18	2000	4500	3000	6
T 19	190	19	1450	5000	3000	5
T 20 (2 x 10)	200	20	1500	5000	3000	5
T 20 (4 x 5)	200	20	2500	2500	2800	4

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

SCRUBBER A CONI VENTURI

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Abbattimento ad umido.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Polveri e, salvo verifica delle concentrazioni, sostanze idrosolubili.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Per quanto concerne l'abbattimento delle polveri si ottengono senza difficoltà rese di abbattimento superiori al 96%. Inerentemente all'abbattimento delle sostanze idrosolubili le rese sono generalmente modeste.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Lo scrubber a cascata o a coni Venturi si basa sul principio della atomizzazione del liquido di lavaggio dallo stesso flusso gassoso contenente l'inquinante da eliminare, che è costretto ad attraversare uno o più orifizi di sezione anulare, aumentando di n -volte la sua velocità di passaggio in quel punto, trascinando l'acqua nebulizzata in virtù del noto effetto Venturi.

E' durante questa fase che avviene l'interazione tra gas e liquido che provoca la "cattura" delle particelle solide. Questo tipo di impianto è un filtro sviluppato in orizzontale e occupa quindi uno spazio molto più ridotto rispetto alla classica torre di lavaggio.

Con rispetto verso tutti i limiti intrinseci di tale sistema, esso rappresenta tuttavia la soluzione ottimale e un buon compromesso qualità/prezzo in tutti quei casi in cui lo spazio a disposizione è limitato e quando il flusso gassoso contiene una grande quantità di particelle solide, meglio se di alto peso specifico.

Il filtro consiste in una serie di elementi standard identici tra loro, in grado di trattare una portata d'aria di 2500 m³/h cadauno.

Trattasi quindi di una struttura modulare che può essere composta da un numero variabile di elementi da uno sino a venti coni (e oltre).

Il livello dell'acqua utilizzata rimane costante grazie all'impiego di un reintegratore automatico di livello. Per far sì che i valori di emissione residua rientrino nei limiti stabiliti dalla legge, anche per questo tipo di impianto è fondamentale che a monte siano stati rispettati taluni parametri progettuali come:

- portata d'aria
- velocità del flusso nel punto di interazione aria/acqua (che supera generalmente i 60 mt x s⁻¹)
- la corretta forma del cono Venturi
- il livello dell'acqua
- l'altezza della campana rispetto al deflettore, che su quasi tutti i modelli dovrà essere regolabile in verticale per raggiungere il massimo delle prestazioni in termini di abbattimento.

VENTURI SCRUBBERS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Wet collection.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Dusts and water soluble substances after checking the concentrations.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

As regards removal of dusts, collection efficiencies over 96% can be achieved without difficulty.

Efficiencies concerning removal of water soluble substances are generally modest.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

Venturi scrubbers are based on the principle of atomization of the scrubbing liquid from the same gaseous flow containing the contaminant to be removed, which is forced to flow through one or more annular orifices, thus increasing its face velocity at that point by n times, and entraining the atomized water in virtue of the well known Venturi effect.

During this phase there is the interaction between gas and liquid which causes the "capture" of the solid particles. This type of wet collector is horizontal in arrangement, therefore it takes up very more less space compared to the classic scrubbing tower.

With due consideration for all the intrinsic limits of such system, it represents, however, the optimum solution and a good compromise between quality/price in all those cases where there is limited space available and when the gaseous flow contains a large quantity of solid particles, better if of high specific gravity.

The scrubber consists of a series of standard elements, identical to each other, and each able to handle an air flow rate of 2500 m³/h.

Hence it is a modular structure which can consist of a variable number of elements, from one up to twenty venturis (or more).

The level of water used remains constant thanks to the use of an automatic level control. In order to ensure that residual emission values fall within the regulatory limits, also for this type of plant it is vitally important to observe certain design parameters on upstream side, such as:

- air flow rate
- velocity of the flow at the air/water interaction point (which normally exceeds 60 mt x s⁻¹)
- correct shape of the Venturi
- water level
- height of the bell housing with respect to the baffle, which, in all models, should be vertically adjustable in order to achieve maximum performance in contaminant removal.

Impianti di questo tipo hanno il vantaggio di avere un costo decisamente contenuto rispetto alle torri di lavaggio ma, date le alte perdite di carico, necessitano di energia superiore.

In genere sono disponibili impianti che vanno da un minimo di 2500 m³/h (un cono Venturi) ad un massimo di 50000 m³/h (venti coni Venturi). Portate d'aria superiori sono però realizzabili su richiesta.

A seconda dell'inquinante da abbattere (se polverulenza o acida) la costruzione può essere sia in lamiera di acciaio al carbonio con doppia verniciatura in epossidico, oppure in acciaio inox anch'esso con protezione epossidica. Qualora il flusso gassoso da trattare contenga particolato solido anche di minima granulometria, è sempre consigliabile l'impiego di un decantatore per fanghi. E' ovvio che anche questo tipo di impianto necessita di un successivo trattamento dell'acqua satura raccolta nella vasca sottostante.

Come già detto, rispetto alla versione verticale, le perdite di carico in gioco sono più alte (per l'effetto Venturi) e per la stessa portata d'aria generalmente si applica un aumento di potenza del motore del 30% - 50%.

Del resto, data la semplicità dell'impianto, i costi relativi all'investimento e alla gestione sono piuttosto ridotti come pure i costi di manutenzione.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Gli scrubber a coni Venturi trovano impiego in tutti quei casi dove si necessita di un sistema di abbattimento polveri ed esiste la possibilità / rischio, di

Plants of this type have the advantage of a decidedly more favourable price compared to scrubbing towers but, owing to the high pressure drops, they require more energy.

Generally speaking plants are available ranging from a minimum of 2500 m³/h (one Venturi) and a maximum of 50000 m³/h (20 Venturis). However provision can be made for higher flow rate on request.

Depending on the contaminant to be removed (if in dust-form or acidic) the construction can be of carbon steel sheet with double coat of epoxy paint or else of stainless steel likewise with protective polyester coating. When the gas flow to be handled contains solid particulate, also of minimum particle size, the adoption of a sludge decanter is always recommended. Obviously also the type of plant requires subsequent treatment of the saturated water collected in the tank below.

As stated previously, with respect to the vertical version, higher pressure drops are involved (owing to the Venturi effect) and normally for the same air flow rate, an increase in motor power rating of 30% - 50% is applied.

Actually, thanks to the straightforward design of the scrubber, investment and running costs are rather reduced; likewise for the maintenance costs.

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

Venturi scrubbers find application in all those cases where a dust collection system is needed and where there is the possibility / risk, of having in the dirty gas stream to be handled, incandescent particles

Tipo / Type	Portata d'aria N m ³ /h Air flow rate N m ³ /h	N. Coni Venturi N° of Venturis	DIMENSIONI / DIMENSIONS			Tipo / Type	Portata d'aria N m ³ /h Air flow rate N m ³ /h	N. Coni Venturi N° of Venturis	DIMENSIONI / DIMENSIONS		
			A	B	C				A	B	C
2.5	2500	1	900	900	2200	27.5	27500	11	4150	1550	2500
5	5000	2	1550	900	2200	30	30000	12	4150	1550	2800
7.5	7500	3	2200	900	2200	32.5	32500	13	4800	1550	2800
10	10000	4	1550	1550	2500	35	35000	14	4800	1550	2800
12.5	12500	5	2200	1550	2500	37.5	37500	15	5450	1550	2800
15	15000	6	2200	1550	2500	40	40000	16	5450	1550	2800
17.5	17500	7	2850	1550	2500	42.5	42500	17	6100	1550	2800
20	20000	8	2850	1550	2500	45	45000	18	6100	1550	2800
22.5	22500	9	3500	1550	2500	47.5	47500	19	6750	1550	2800
25	25000	10	3500	1550	2500	50	50000	20	6750	1550	2800

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

avere nella corrente gassosa da trattare, delle particelle incandescenti che comporterebbero un rischio di incendio per i sistemi tradizionali.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: dimensioni compatte, bassa necessità di manutenzione, costi ridotti, possibilità di impiego su affluenti gassosi con pericolo di incendio.

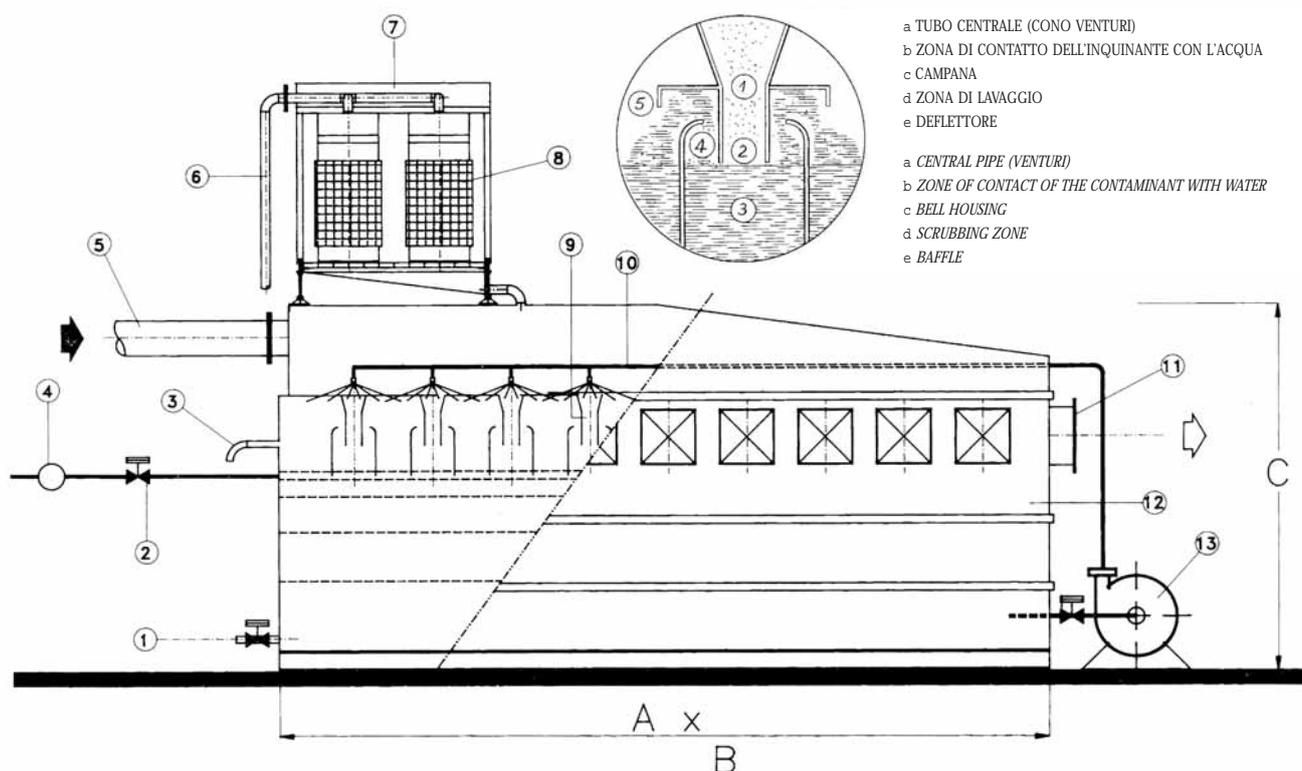
Svantaggi: presenza di acqua e/o fanghi da smaltire.

that could lead to a fire risk in the case of conventional systems.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: compact size, low maintenance requirements, reduced costs, possibility of application for gaseous streams with fire hazard.

Disadvantages: presence of water and/or sludge to be removed.



LEGENDA

1. SCARICO PER LAVAGGIO VASCA
2. COMPENSATORE DI LIVELLO COLLEGATO ALLA RETE H₂O
3. TROPPO PIENO
4. CONTA LITRI
5. ENTRATA ARIA INQUINATA
6. TUBAZIONE DI COLLEGAMENTO ALLA POMPA
7. SISTEMA DI SMALTIMENTO FANGHI
8. SACCHI DI RACCOLTA FANGHI
9. CONI VENTURI
10. RETE DI UGELLI NEBULIZZATORI
11. USCITA ARIA FILTRATA
12. VASCA DI RACCOLTA ACQUA
13. POMPA DI RICIRCOLO ACQUA

LEGEND

1. SCRUBBING TANK DRAIN
2. LEVEL CONTROL CON-NECTED TO THE H₂O MAIN
3. OVERFLOW
4. LITRE COUNTER
5. DIRTY AIR INLET
6. PIPE CONNECTING TO THE PUMP
7. SLUDGE DISPOSAL SYSTEM
8. SLUDGE COLLECTING SACKS
9. VENTURIS
10. NETWORK OF SPRAY NOZZLES
11. CLEAN AIR OUTLET
12. WATER COLLECTING TANK
13. WATER RECIRCULATING PUMP

7. CALCOLI E TABELLE

Il dimensionamento di un cono Venturi prevede l'applicazione di tradizionali calcoli di fluidodinamica. Nel caso specifico degli impianti scrubber a coni Venturi di nostra produzione è utilizzabile un singolo cono Venturi per trattare 2500 m³/h. In base alla portata d'aria si decide il numero di coni Venturi da installare sullo scrubber. Per il calcolo bisogna considerare l'effettiva portata d'aria da trattare, ossia la portata d'aria alla temperatura di funzionamento.

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Il costo specifico di acquisto varia notevolmente a seconda della struttura dell'impianto e degli accessori installati, tendenzialmente l'investimento è pari a 2,6 - 4 € /(m³/h) di aria trattata. Il costo di gestione dell'impianto è da calcolare per ogni singolo caso, in quanto spesso è necessario smaltire l'acqua e i costi di smaltimento sono da verificare caso per caso.

7. CALCULATIONS AND TABLES

Dimensioning of a Venturi involves application of traditional fluid dynamic calculations. In the specific case of Venturi scrubber systems of our production, one single Venturi is used for handling 2500 m³/h. The number of Venturis to be installed on the scrubber is decided on the basis of the air flow rate. For the calculation, the actual air flow rate should be considered, i.e. the air flow rate at the operating temperature.

8. INFORMATION REGARDING COST

The specific purchasing cost varies considerably depending on the structure of the system and the accessories installed. The investment borders on 2.6 - 4 € /(m³/h) of air handled. Running cost of the Venturi scrubber should be calculated in each individual case as it is often necessary to dispose of the water and disposal costs should be checked on a case-by-case basis.



Scrubber a coni Venturi. Portata d'aria 15.000 Nm³/h

Scrubber. Air flow rate 15,000 Nm³/h

SCRUBBER

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Abbattimento ad umido / assorbimento.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Sostanze idrosolubili.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

E' possibile raggiungere rese di abbattimento superiori al 97%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Il depuratore a umido o scrubber rappresenta il più antico e semplice sistema di depurazione di un flusso aeriforme inquinato.

Il principio di funzionamento consiste nel convogliare l'aria inquinata dentro una camera all'interno della quale viene realizzato attraverso opportune e svariate tecnologie, un intimo contatto tra l'aria stessa e una certa quantità di acqua, in modo tale da ottenere un trasferimento degli inquinanti dall'aria all'acqua, fino a consentire lo scarico diretto in atmosfera con concentrazione di inquinanti entro i limiti consentiti dell'aria trattata.

A valle del processo di depurazione con scrubber si ritrovano solitamente dei sottoprodotti come per esempio fanghi che devono essere smaltiti nel rispetto della salute pubblica e dell'ambiente.

I fanghi possono prima essere sottoposti a disidratazione e quindi compattati per renderli adatti al trasporto per essere, se di natura non tossica, interati nelle discariche autorizzate, oppure in caso contrario, smaltiti o inceneriti in impianti appositamente attrezzati a tale scopo. La vivacità dell'interazione aria-acqua e la percentuale di sostanze inquinanti trasmesse dall'aria all'acqua, sono fortemente condizionate sia dalla tecnologia applicata che dalla tipologia di progetto e di costruzione del filtro scelto. A parte ogni considerazione per le necessarie formule matematiche relative allo studio e alla progettazione dell'impianto, di non minore importanza appaiono in questo caso i dati empirici di cui ogni fabbricante potrà servirsi di riflesso alle proprie esperienze fatte.

Quando una particella di inquinante viene "catturata" da una data massa di acqua o goccia di liquido, ne diventa parte integrante, ne condivide la sorte e ne segue intimamente il percorso obbligato dal fabbricante all'acqua in ricircolo sino a venire raccolta in una apposita vasca di decantazione e quindi scaricata per il trattamento finale.

Alla base di tutto ciò è fondamentale che siano realizzati i presupposti a quanto detto, vale a dire:

- una zona di contatto aria-liquido in cui si favorisca il più possibile l'incontro e l'unione tra la

SCRUBBER

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Wet collection / absorption.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Water soluble substances.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Collection efficiencies exceeding 97% can be achieved.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

Wet collectors or scrubbers represent the oldest and simplest system of cleaning a contaminated air-borne flow.

The principle of operation consists in conveying the contaminated air into a chamber. Inside this chamber, thanks to suitable and widely differing technologies, an intimate contact takes place between the air and a certain quantity of water so that contaminants are transferred from the air into the water to the extent as to allow direct discharge of the air into the atmosphere with contaminant concentration within the allowable limits for the cleaned air.

Downstream to the scrubber-based air cleaning processes, by-products are normally to be found such as sludge that require disposal in accordance with public health and environmental concerns.

The sludge should first be submitted to dewatering, then compacted to make it suitable for transportation followed (if not toxic in nature) by burying in authorized waste disposal sites; if not, they are disposed of or incinerated in plants suitably equipped for such purposes. The quickness of air-water interaction and percentage of contaminating substances transferred from the air into the water are strongly conditioned both by the technology applied and the type of design and construction of the wet collector chosen. Besides all considerations for the necessary mathematical formulae concerning the study and design of the plant, no less important in this case are the empirical data which can be utilized by each manufacturer on the basis of his own experience.

When a contaminated particle is "captured" by a given mass of water or liquid droplet, such particle becomes integral part of it, sharing its destination and very closely following its path established by the manufacturer, into recirculating water until it is collected in a special settling tank, then is discharged for final treatment.

Underlying all this it is vitally important to implement the requirements as stated above, i.e.:

- *an air-liquid contact zone where the encounter-*

particella da catturare e il liquido previsto allo scopo;

- una zona di decantazione in cui le particelle di liquido vengono separate dal flusso principale di aria;
- una zona di trattenimento e di recupero della particella solida (qualora ce ne fossero) con appositi sistemi meccanici.

Questi ultimi hanno inoltre il compito di mantenere il più possibile pulita l'acqua di ricircolo da componenti sedimentosi e fangosi.

Ciò premesso, è utile ricordare che esistono svariati tipi di scrubber che si distinguono per:

- tipologia di abbattimento
- modello
- dimensioni
- rendimento

e la scelta dell'uno o dell'altro tipo è strettamente subordinata a taluni fattori di importanza prioritaria che devono essere valutati di volta in volta, di cui:

- natura chimica e fisica dell'inquinamento da catturare,
- la fonte delle emissioni,
- il potere corrosivo dell'effluente gassoso,
- il rendimento richiesto.

4.1 Tipologie di impianto

La Ventilazione Industriale realizza una serie molto vasta di scrubber appartenenti a due tipologie ben distinte, ognuna prodotta in una grande varietà di misure e prestazioni. Esse si identificano in:

- Scrubber a torre (o torri di lavaggio) a loro volta suddivisi in tre categorie:
 - a corpi di riempimento;
 - a piatti filtranti;
 - a letti flottanti.

4.2 Scrubber a torre

La torre di lavaggio rappresenta senza dubbio lo scrubber classico per eccellenza, di alta efficienza di abbattimento, conosciuto ormai ovunque per le indiscusse prestazioni intrinseche e l'affidabilità in termini di mantenimento nel tempo dei valori limite imposti.

Trattasi di un manufatto sviluppato in verticale che contiene una certa quantità di corpi di riempimento che varia per la portata d'aria e sempre nel più ristretto rispetto di un tempo di contatto e di una velocità di passaggio dell'aria da calcolarsi di volta in volta a seconda delle specifiche esigenze dell'utente.

Di riflesso è importante che sia erogata e mantenuta anche una certa quantità di acqua o liquido di lavaggio al fine di mantenere alta e costante l'efficienza dello scrubber. Per poter ridurre entro certi limiti la quantità di tale liquido, può essere utile (a certe condizioni) raffreddare il flusso gassoso prima del suo ingresso nella colonna.

Il volume e la particolare forma dei corpi di riempimento devono essere determinati in modo tale

ing and union between the particle to be captured and the liquid provided for such purpose is favoured as much as possible;

- *a settling zone in which the liquid particles are separated from the main air stream;*
- *a zone for capturing and recovering the solid particle (if existing) through special mechanical systems.*

The latter also serve for keeping the recirculating water as clean as possible from sedimenting and muddy components.

After this introduction it is useful to bear in mind that widely differing types of scrubbers exist, which can be classed by:

- *type of contaminant removal*
- *model*
- *size*
- *efficiency*

while the choice of one type or the other strictly depends on certain factors of priority importance which should be assessed in each individual case, including:

- *chemical and physical nature of the contaminant to be captured,*
- *source of the emissions,*
- *corrosive capability of the gaseous effluent,*
- *required efficiency.*

4.1 Types of plant

Ventilazione Industriale manufactures a very extensive range of scrubbers belonging to two clearly distinct types, each one available in a great variety of sizes and performance levels. They can be classed into:

- *Tower scrubbers (or scrubbing towers) in turn subdivided into three categories:*
 - *packed tower scrubbers;*
 - *impingement-plate scrubbers ;*
 - *mobile-bed scrubbers.*

4.2 Tower scrubbers

The scrubbing tower certainly represents the classic scrubber par excellence, with its high collection efficiency, while it is known everywhere for its unbeatable intrinsic performance levels and reliability in holding the set limit values over the long-term.

The scrubber is vertical in design. It contains a certain quantity of packings which vary according to the air flow, strictly in accordance with a contact time and air face velocity to be calculated in each individual case to meet the user's requirements.

Therefore it is important to ensure a constant supply of a certain amount of scrubbing water or liquid in order to keep the scrubber efficiency at a consistently high level. In order to reduce the quantity of such liquid to within certain limits, it could be advantageous (under certain conditions) to cool the gaseous flow before it enters the column.

The volume and special shapes of the packings should be determined in such a way that they

che essi impongano agli inquinanti da abbattere bruschi cambiamenti di direzione, in modo da intercettare meglio le particelle e nello stesso tempo offrire la massima superficie di contatto lasciando contemporaneamente il massimo spazio possibile all'attraversamento dell'aria, riducendo così al minimo le perdite di carico.

I materiali solitamente usati sono il metallo, la ceramica e materiali termoplastici in genere.

Nel caso in cui siano stati scelti dal costruttore i piatti filtranti anziché i corpi, la torre si presenta sempre come un contenitore sviluppato in verticale in cui l'aria è costretta a risalire l'interno della camera gorgogliando attraverso diversi piatti forati (generalmente due o tre posti in serie a diverse altezze) sulla cui superficie è mantenuto un certo strato di liquido.

Gli scrubber a letti flottanti contengono corpi sferici molto leggeri e simili ai corpi di riempimento; anziché essere statici sono posti in continuo movimento per effetto dell'aria che lambisce le loro pareti esterne.

4.3 Condizioni di buon funzionamento

In teoria l'efficienza dovrebbe essere superiore negli scrubber con corpi di riempimento, ma la pratica informa che i sistemi si equivalgono in quasi tutte le condizioni di lavoro e di impiego, a vantaggio dei corpi statici meno soggetti a forze abrasive e di usura.

I tipi di impianti a umido descritti sono tutti caratterizzati da valori di efficienza paragonabili tra loro e variabili in funzione delle portate fluenti (il rapporto aria-liquido di lavaggio), delle caratteristiche degli inquinanti e dal potere di interazione tra le particelle inquinanti e le gocce d'acqua.

Sostanzialmente è possibile affermare che, tanto più piccole sono le particelle inquinanti (ciò vale soprattutto per le polveri), tanto più difficile è separarle dal flusso gassoso e tanto maggiore è l'energia che deve essere fornita all'acqua di lavaggio perché l'efficienza complessiva si mantenga entro i valori desiderati.

A prescindere da questo dato di fatto, il buon funzionamento e l'alta efficienza di filtrazione di uno scrubber impone al costruttore un corretto studio e dimensionamento di tutto il filtro nel suo insieme oltre alla conoscenza delle proprietà e delle caratteristiche dell'aria alla sezione di ingresso e a quella in uscita dello scrubber.

I dati relativi alla sezione di ingresso dipendono ovviamente dalla tipologia dei locali e dalle caratteristiche delle attività che producono gli inquinanti da abbattere, mentre quelli relativi alla sezione di uscita sono strettamente legati ai valori limite tabellari da rispettare al camino, a fronte dei quali può essere necessaria la realizzazione di un sistema filtrante supplementare da collegare a valle dello scrubber.

E' altresì consigliabile, e questo il progettista lo sa, prevedere in fase di studio un adeguato margine di

impose sudden changes in direction of the contaminants to be removed for better interception of the particles; at the same time they should also offer maximum surface of contact allowing the maximum space possible for the flow of air; hence minimizing pressure drops.

The materials normally used for packings are metal, ceramic and thermoplastics in general.

If the manufacturer chooses plates instead of packings, the tower is increasingly like a vertical container where the air is forced to rise inside the chamber bubbling through various perforated plates (normally two or three placed in series at different heights) on whose surface a certain liquid layer is maintained.

Mobile-bed scrubbers contain very light spheres, similar to packings; instead of being static, they are placed in continuous movement thanks to the effect of the air impinging on the outer walls of the scrubbers.

4.3 Conditions for correct operation

In theory the efficiency should be higher in packed scrubbers, but practical experience shows that the systems are equivalent under almost all work and operating conditions, to the advantage of the static packings which are less subject to abrasive force and wear.

The types of wet collectors described are all characterized by efficiency levels comparable between each other and variable depending on the flow rates (air-scrubbing liquid ratio), the characteristics of the contaminants and the power of interaction between the contaminating particles and water droplets.

Basically it can be stated that the smaller are the contaminating particles (this applies above all to dusts), the more difficult it is to separate them from the gas stream and the greater is the energy to be supplied to the scrubbing water in order to keep the overall efficiency within the required values.

Regardless of this factor, correct operation and high collection efficiency of a scrubber obliges the manufacturer to carry out a correct study and dimensioning of the entire wet collector in addition to knowing the properties and characteristics of the air at the inlet and outlet sections of the scrubber.

Obviously data regarding the inlet section depend on the type of workplaces and characteristics of the activities producing the contaminants to be removed, while data regarding the outlet section depend strictly on the table limit values to be observed at the stack; and in this connection it could prove necessary to build an additional filter system to be connected downstream of the scrubber.

It is also necessary (and the design engineer knows this) to leave an adequate safety margin during the design stage so that the plant can cater for abnormal operating conditions and keep in line with future legislative updates and restriction of the spe-

sicurezza in modo tale che l'impianto possa sop-
perire a condizioni di funzionamento anomale e
risulti in linea sia con futuri aggiornamenti legislativi
e di ristrettezze dei valori limite imposti che di quan-
tità inquinanti che entreranno nell'impianto.

I parametri costruttivi e dati di progetto che
comunque dovranno essere resi noti alla ditta
costruttrice sono:

- portata dell'aria da trattare
- temperatura del flusso
- inquinante e sua composizione chimica
- scheda tossicologica e rischi
- aggressività chimica dell'inquinante
- granulometria, densità, esplosività e igroscopicità.

Solo in presenza di questi dati sarà possibile al pro-
gettista, anche sulla base delle esperienze fatte, di
stabilire con soddisfacente precisione la tipologia
di intervento, il dimensionamento dell'impianto, la
sua efficienza di filtrazione, il volume di acqua
necessario per saturare e catturare l'inquinante e la
frequenza manutentiva per mantenere alto il ren-
dimento dell'impianto.

Alcuni di questi punti potranno essere sviluppati
con l'ausilio di formule, diagrammi e nozioni di
carattere tecnico, mentre altri potranno essere fis-
sati solo grazie alle esperienze del costruttore.

4.4 Conclusioni

I sistemi di abbattimento a umido o scrubber rap-
presentano in genere un'ottima alternativa a molti
altri sistemi di differente tecnologia (a secco, per
adsorbimento, ecc.) riguardo a quasi tutte le pro-
blematiche di impatto ambientale delle medie e
grandi industrie, ed essi vengono sempre più presi
in considerazione nelle possibili configurazioni di
sistemi per la depurazione di sostanze dannose sia
sotto forma di particelle (polveri, nebbie e fumi)
che di vapori acidi.

Recenti applicazioni hanno dato risultati assai con-
fortanti anche in quei processi in cui lo scrubber era
sottoposto a temperature elevate ($\approx 200^\circ\text{C}$), come
per esempio in uscita da impianti di incenerimen-
to (previo preraffreddamento dei fumi con oppor-
tuni scambiatori e quench) o di caldaie installate da
industrie del legno.

Sono state fatte poi diverse esperienze su fumi da
cementifici e fonderie, e quasi tutte si possono
considerare più che apprezzabili e in linea con le
aspettative tant'è che il sistema descritto rappresen-
ta un'affermata realtà.

Al riguardo però è necessario fare le seguenti con-
siderazioni:

- quando l'aria da trattare ha un grande contenu-
to di particelle solide (polverino di medio peso
specifico e dal diametro dinamico compreso tra
i 20 e i 200 μm con concentrazione all'ingresso
superiore ai 10/20 g/m^3 di aria) è bene installa-
re a monte dello scrubber un'unità filtrante di
tipo meccanico o ciclonico (o multiciclonico), al
fine di evitare un inutile intasamento dei condot-

*cific limit values regarding the quantity of contam-
inants entering the plant.*

*However the manufacturing parameters and
design data that should be made known to the
manufacturer are as follows:*

- *flow rate of the air to be handled*
- *temperature of the air flow*
- *contaminant and its chemical composition*
- *risk and toxicological data sheet*
- *chemical aggressiveness of the contaminant*
- *particle size, density, explosiveness and hygro-
scopic properties.*

*Only with such data at hand will it be possible for
the design engineer (also on the basis of experience
gained) to determine with satisfactory accuracy the
type of intervention, plant dimensioning, its collec-
tion efficiency, the volume of water required for sat-
urating and capturing the contaminant, as well as
the maintenance frequency to ensure keeping the
plant efficiency at high levels.*

*Certain of these points can be worked out with the
aid of formulae, graphs and technical notions,
while others can only be established thanks to the
manufacturer's experience.*

4.4 Conclusions

*The wet collection systems or scrubbers normally
represent an optimum alternative to many other
systems of different technology (dry collection, or by
adsorption, etc.) as regards almost all the problems
of environmental impact of the medium and large-
scale industries. They are being more and more
taken into consideration in the possible configura-
tions of systems for removal of harmful substances
whether under the form of particles (dusts, mists
and fumes) or acid vapours.*

*Recent applications have given quite comforting
results also in those processes where the scrubber
was submitted to high temperatures (200°C), such
as, for example, at the outlet of incineration plants
(after precooling of the fumes with appropriate heat
exchangers or by quenching) or boilers installed by
wood industries.*

*Then various experiments have been carried out on
fumes of cement works and foundries. Almost all of
them can be considered as more than appreciable
and in keeping with expectations, so much so that
the system described has become a well-consolidat-
ed fact.*

*However in this connection the following consider-
ations should be made:*

- *when the air to be handled has a large content of
solid particles (dust of medium specific gravity
and dynamic diameter falling within 20 and
200 μm with inlet concentration exceeding
10/20 g/m^3 of air) it is advisable to install a pre-
cleaner of mechanical or cyclone type (or multi-
cyclone) upstream of the scrubber in order to
avoid unnecessary plugging of the ducts, pac-
kings, recirculating water and sludge decanter.*

ti, dei corpi di riempimento, dell'acqua di ricircolo e del decantatore dei fanghi.

In caso di temperature dell'aria molto elevate, è consigliabile l'installazione di una batteria di raffreddamento o scambiatore, per aumentare la concentrazione degli inquinanti e garantire lunga vita ai condotti e al sistema stesso. La temperatura non deve comunque mai essere abbattuta sotto il punto medio di rugiada delle sostanze inquinanti ($\approx 30^\circ\text{C}$) e può essere ottenuto:

- utilizzando recuperatori di calore
- iniettando acqua fredda nelle condotte mediante quench.

Quest'ultimo metodo va però usato con estrema cautela e solo in assenza di sostanze inquinanti che possono produrre a contatto con l'acqua, formazione di acidi corrosivi per le condotte e l'ingresso scrubber.

L'uso della diluizione del flusso mediante miscelazione di aria falsa è anch'esso poco conveniente perché obbliga un aumento delle dimensioni dell'impianto con conseguenti costi di investimento e di gestione più alti.

- Poiché la perdita di carico dei sistemi di depurazione con scrubber può essere fortemente variabile durante il funzionamento, è necessario scegliere ventilatori con caratteristiche tali da sopperire eventuali sbalzi in su o in giù di tali perdite, mantenendo il più costante possibile la portata d'aria.

Il relativo ventilatore di aspirazione sarà posto nella maggioranza dei casi a valle del filtro in modo tale che la girante risulti investita da aria già resa pulita dagli inquinanti e sia eliminato quindi il pericolo della abrasione e della corrosione che l'inquinante può esercitare su di essa.

Ciò offre la possibilità di utilizzare ventilatori pregiati come per esempio quelli a pale rovesce, i più adatti a evitare accumoli di polveri e di sostanze corrosive nella girante.

Si realizza altresì il mantenimento in depressione rispetto all'atmosfera di quella parte di impianto in cui circola il gas ancora inquinato, eliminando così il pericolo di contagio esterno.

L'impiego del ventilatore a valle permette anche le necessarie periodiche ispezioni sullo stesso anche con l'impianto in moto senza pericolo di fuoriuscita di sostanze tossiche.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Industria chimica, impianti galvanici, trattamento superficiale, lavaggio industriale, industria farmaceutica.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: facilità di gestione, basso costo di installazione.

Svantaggi: generalmente produce dei liquami che devono essere trattati.

If the air temperature is very high, it is advisable to install a cooling coil or heat exchanger, to increase the concentration of the contaminants and to ensure a long working life to the ducts and system itself. However the temperature must never be cooled to under the average dew point of the contaminating substances (30°C). Cooling can be obtained:

- *by using heat recovery units*
- *by injecting cold water in the ducts through quenching.*

However the latter method must be used with the utmost caution and only in absence of contaminating substances which, upon contact with water, could lead to formation of acids corrosive for the ducts and scrubber inlet.

The use of diluting the flow through mixture of false air is likewise not very cost-effective as it would require an increase in size of the plant with consequent higher investment and running costs.

- As the pressure drops in wet collection systems with scrubbers can be highly variable during operation, it is necessary to select fans with characteristics such as to cater for any changes in such pressure drops (either up or down), thus keeping the air flow rate as constant as possible.

The relative exhaust fan should be installed in most cases after the dust collector so that the impeller will be impinged by air already cleaned from contaminants, therefore there is no risk of the contaminant from exerting an abrasive or corrosive action on the impeller.

This offers the possibility of using high quality fans such as those with reversed blades: the ones most suitable for avoiding build-up of dusts and corrosive substances in the impeller.

Also that part of the plant where the contaminating gas is still circulating is placed under negative pressure, thus eliminating the risk of external pollution. The use of the downstream fan also requires periodic inspection of the fan also with the plant running without risk of toxic substances from escaping.

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

Chemical industry, galvanic plants, surface treatment, industrial cleaning, pharmaceutical industry.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: easy to run, low installation cost.

Disadvantages: normally it produces sewage which requires treatment.

7. CALCOLI E TABELLE

7.1 Il ruolo dei dati empirici nella progettazione di uno scrubber.

Poniamo il caso in cui l'aria da trattare contenga come inquinanti prevalentemente particelle solide (polveri o fumi) dal diametro dinamico compreso tra l'uno e i 50 μm . Per taluni separatori l'efficienza di separazione in genere si è stabilizzata intorno a valori compresi tra il 90 e il 95%, per altre macchine invece l'efficienza per le particelle più fini può rapidamente precipitare fino a quasi zero.

Ciò non vale per gli scrubber a torre e a coni Venturi se ben calcolati, per cui l'efficienza rimane su livelli molto alti anche per particelle intorno al micron.

Per questa tipologia l'efficienza del sistema è tanto spinta quanto più alta risulta essere:

- la pressione dell'acqua nebulizzata
- il tempo di contatto e quanto più bassa è la velocità di passaggio dell'aria (scrubber a torre).

A prescindere dalla portata dell'acqua e dalla sua pressione, che sono comunque valori non fissi ed entro certi limiti variabili, determinanti per un buon funzionamento dell'impianto (perchè non più modificabile a impianto realizzato) sarà il corretto dimensionamento del tempo di contatto e della velocità di attraversamento dell'aria, componenti fondamentali nella progettazione di un impianto di questo tipo. La teoria invoglierebbe ad affermare che più alto è il tempo di contatto e più bassa la velocità del fluido, più efficace risulterebbe essere il sistema. Ciò è vero solo in parte, perchè per entrambi i parametri esistono comunque dei limiti oltre i quali l'efficienza tende nuovamente a decadere.

Qui entrano in gioco i cosiddetti dati empirici di cui ogni buon costruttore si serve a seconda delle esperienze fatte e i risultati raggiunti.

7.2 Alcuni esempi di calcolo

Per comprendere meglio l'importanza di parametri come tempo di contatto e velocità dell'aria e come essi vanno applicati in un contesto progettuale di una torre di lavaggio, è opportuno proporre alcuni esempi di calcolo pratico per meglio capire l'iter da seguire in un dimensionamento generale di un impianto.

Tempo di contatto

Questo parametro, in pratica, indica il tempo di permanenza dell'aria ricca di particelle inquinanti nel volume dei corpi di riempimento, ovvero il tempo che l'aria impiega per attraversare tutto il suo spessore.

Si fissi ora questo valore in 2s, perchè dati empirici indicano proprio in questo spazio di tempo il compromesso medio che permette all'acqua di "catturare" la particella e di separarla dall'aria.

Pur fissando a priori un valore ottimale al tempo di contatto, esso rimane però pur sempre un rapporto diretto tra il volume dei corpi di riempimento espresso in m^3 (variabile), il tempo in s (costante) e la por-

7. CALCULATIONS AND TABLES

7.1 The role of empirical data in designing a scrubber.

Suppose we take the case in which the air to be cleaned consists mainly of solid particles (dusts or fumes) as contaminant, with dynamic diameter lying between 1 and 50 μm . For certain scrubbers the collection efficiency is stabilized at values between 90 and 95%, while for other machines, instead, the efficiency for finer particles can drop rapidly down to almost zero.

This is not applicable to tower scrubbers or Venturi scrubbers if well designed, for which the efficiency remains at very high levels also for particles of size around one micron.

For this type, the efficiency of the system is higher, the greater is:

- *the pressure of the atomized water*
- *the contact time and the lower is the air face velocity (tower scrubbers).*

Regardless of the flow rate and pressure of the water, which, however are not fixed, rather they are variable within certain limits, correct dimensioning of the contact time and air face velocity (because these can no longer be modified after construction of the plant) will be important for correct operation of the scrubber; in fact these are vital components in the designing of a plant of this type. The theory appears to implicate that the higher is the contact time, the lower is the fluid velocity, and the more efficient would be the system. This is only partly true, because there are limits for both parameters beyond which the efficiency tends to drop again.

Here the so-called empirical data, used by every good manufacturer depending on the experience gained and results achieved, come into play.

7.2 Certain calculation examples

For better understanding of the importance of parameters such as contact time and air velocity, and how they should be applied in the design of the scrubbing time, it is appropriate to propose certain examples of practical calculation for better understanding of the procedure to follow in general dimensioning of a plant.

Contact time

On a practical basis, this parameter indicates the residence time of air laden with contaminating particles in the volume of packings, i.e. the time used by the air to through its entire thickness.

Now suppose this parameter is set to 2s, as empirical data indicate, within this time space, the average compromise which allows the water to "capture" the particle and to separate it from the air.

Although an optimum value is set for the contact

tata d'aria espressa in m³/h (variabile). Vale a dire:

$$\text{Tempo di contatto} = \frac{\text{volume corpi} \times 3600}{\text{Portata aria}}$$

oppure il rapporto diretto fra spessore corpi e velocità di attraversamento

$$\text{Tempo di contatto} = \frac{\text{spessori corpi}}{\text{velocità di attraversamento}}$$

Attraverso queste formule è semplice quindi risalire al volume necessario di corpi di riempimento, avendo in precedenza fissato in due secondi il tempo di contatto e conoscendo la portata d'aria da trattare (per esempio: 10000 m³/h)

$$\text{Volume corpi} = \frac{\text{portata aria} \times \text{t. di contatto}}{3600} = 5,55 \text{ m}^3$$

Di riflesso si può anche risalire alla massima portata d'aria ammissibile conoscendo il tempo di contatto e il volume dei corpi di riempimento:

$$\text{Portata aria} = \frac{\text{volume corpi} \times 3600}{\text{tempo di contatto}} = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$$

A questo punto si è già in possesso di alcuni dati fondamentali (tempo di contatto e volume corpi) per procedere nel corretto dimensionamento del filtro.

Con l'ausilio della velocità di passaggio dell'aria verrà determinato il giusto spessore del volume dei corpi (in armonia con le perdite di carico che si creeranno e che non dovranno essere superiori a max 150 mm H₂O).

Velocità di attraversamento

essa indica la velocità espressa in m·s⁻¹ con cui la particella da catturare ancora avvolta dall'aria che la trasporta attraversa tutto lo spessore dei corpi di riempimento all'interno dei quali verrà poi catturata. In questo caso fisseremo un buon valore medio di 1,5 m·s⁻¹, sufficiente per quasi tutte le applicazioni. Stando pure la velocità di attraversamento in strettissimo rapporto con la portata d'aria da trattare, lo spessore, il tempo e il volume dei corpi, vale a dire:

$$\text{velocità attraversamento} = \frac{\text{portata aria} \times \text{spessore corpi}}{\text{volume corpi} \times 3600}$$

Essa è anche il rapporto diretto fra spessore corpi e tempo di contatto:

$$\text{Velocità di attraversam.} = \frac{\text{spessore corpi}}{\text{tempo di contatto}}$$

attraverso queste formule è semplice quindi risalire allo spessore del letto dei corpi di riempimento:

$$\text{Spessori corpi} = \frac{\text{volume corpi} \times \text{velocità attr.} \times 3600}{\text{portata aria}}$$

time, it always remains, however, a direct ratio between the volume of packings expressed in m³ (variable), the time in s (constant) and the air flow expressed in m³/h (variable), namely:

$$\text{Contact time} = \frac{\text{packing volume} \times 3600}{\text{Air flow}}$$

i.e. the direct ratio between packing thickness and face velocity

$$\text{Contact time} = \frac{\text{packing thickness}}{\text{face velocity}}$$

Hence thanks to these formulae it is easy to derive the required volume of packings, having previously set the contact time to two seconds and by knowing the air flow to be handled (e.g.: 10000 m³/h)

$$\text{Packing volume} = \frac{\text{air flow} \times \text{contact time}}{3600} = 5,55 \text{ m}^3$$

Therefore it is also possible to deduce the max. permissible air flow rate by knowing the contact time and the volume of packings:

$$\text{Air flow} = \frac{\text{packing volume} \times 3600}{\text{contact time}} = 10000 \text{ m}^3/\text{h}$$

We now possess certain fundamental data (contact time and packing volume) in order to proceed to correct dimensioning of the scrubber.

The correct thickness of the packing volume can be determined with the aid of the air face velocity (in agreement with the pressure drops created, which should not exceed a max of 150 mm H₂O).

Face velocity

This indicates the velocity expressed in m·s⁻¹ with which the particle to be captured still shrouded by the air which entrains it through the entire thickness of packings where the particle is then captured. In this case a good average value of 1.5 m·s⁻¹ should be fixed, sufficient for almost all applications. Also the face velocity is strictly related to the flow of air to be cleaned, thickness, time and packing volume, i.e.:

$$\text{Face velocity} = \frac{\text{air flow} \times \text{packing thickness}}{\text{packing volume} \times 3600}$$

It is also the direct ratio between packing thickness and contact time:

$$\text{Face velocity} = \frac{\text{packing thickness}}{\text{contact time}}$$

Hence, by these formulae it is easy to obtain the thickness of the packing bed:

$$\text{Packing thickness} = \frac{\text{packing volume} \times \text{face velocity} \times 3600}{\text{air flow}}$$

Lo spessore dei corpi è anche il prodotto che si ottiene tra il tempo di contatto e la velocità di attraversamento:

$$\text{Spessore corpi} = \text{tempo di contatto} \times \text{velocità di attraversamento}$$

Conoscendo ora il volume dei corpi e lo spessore necessario del suo letto, non resta che calcolare il diametro della torre di lavaggio dato dalla formula:

$$\text{diametro scrubber} = 2x \sqrt{\frac{\text{volume corpi}}{\text{spes. corpi} \times 3,14}}$$

L'altezza totale data allo scrubber dovrà tenere conto dell'altezza della vasca di raccolta sottostante, del possibile separatore di gocce posto in testa, alle ragionevoli altezze delle gambe di sostegno, ecc.

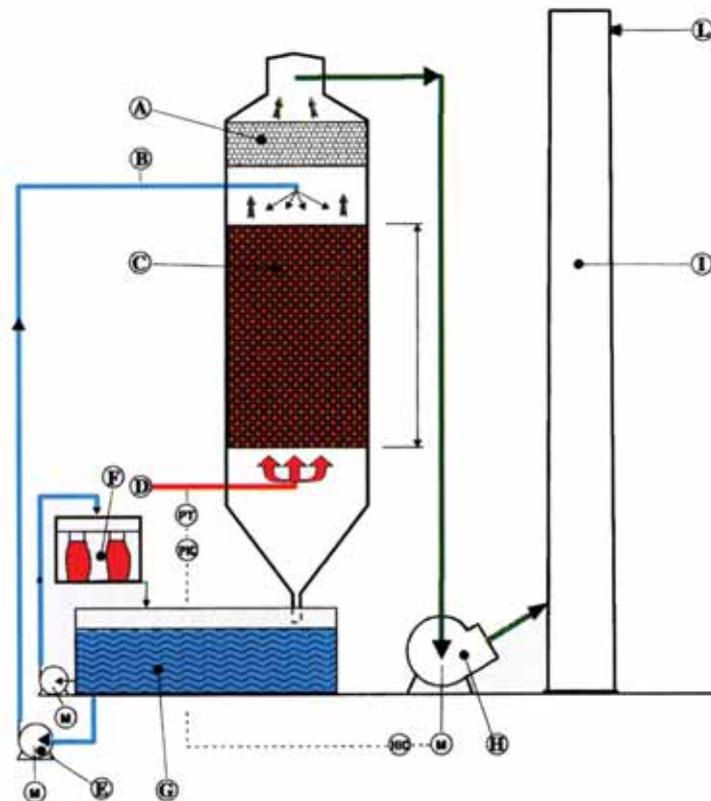
The packing thickness is also the product obtained from the contact time and face velocity:

$$\text{Packing} = \text{contact time} \times \text{face velocity thickness}$$

Now by knowing the volume of packings and required thickness of their bed, it only remains to calculate the diameter of the scrubbing tower given by the following formula:

$$\text{diameter scrubber} = 2x \sqrt{\frac{\text{packing volume}}{\text{packing thickness} \times 3,14}}$$

The total height given by the scrubber should take into account the height of the underlying collecting tank, a top-mounted mist eliminator, reasonable height of the support legs, etc.



Schema di flusso dello scrubber con corpi di riempimento.

Flow diagram of the packed scrubber.

LEGENDA

- A. separazione di gocce
- B. rampe porta ugelli
- C. corpi di riempimento
- D. entrata aria da depurare
- E. pompa centrifuga
- F. decantatore fanghi
- G. vasca di decantazione
- H. ventilatore centrifugo
- I. camino di scarico
- L. attacco per prelievi

LEGEND

- A. mist separator
- B. spray nozzle banks
- C. packings
- D. dirty air inlet
- E. centrifugal pump
- F. sludge decanter
- G. settling tank
- H. centrifugal fan
- I. discharge stack
- L. sampling port



Scrubber per abbattimento ad umido da 10000 Nm³/h / *Scrubber for wet absorption 10000 Nm³/h*



Impianto "Scrubber" di abbattimento H₂S con colonna di assorbimento e batteria di filtri a carbone attivo. Portata d'aria: 1.000 Nm³/h.

Scrubber for removal of H₂S with absorption column and bank of activated carbon filters. Air flow rate: 1,000 Nm³/h.

**SCRUBBER CON CORPI
DI RIEMPIMENTO**

PACKED SCRUBBER

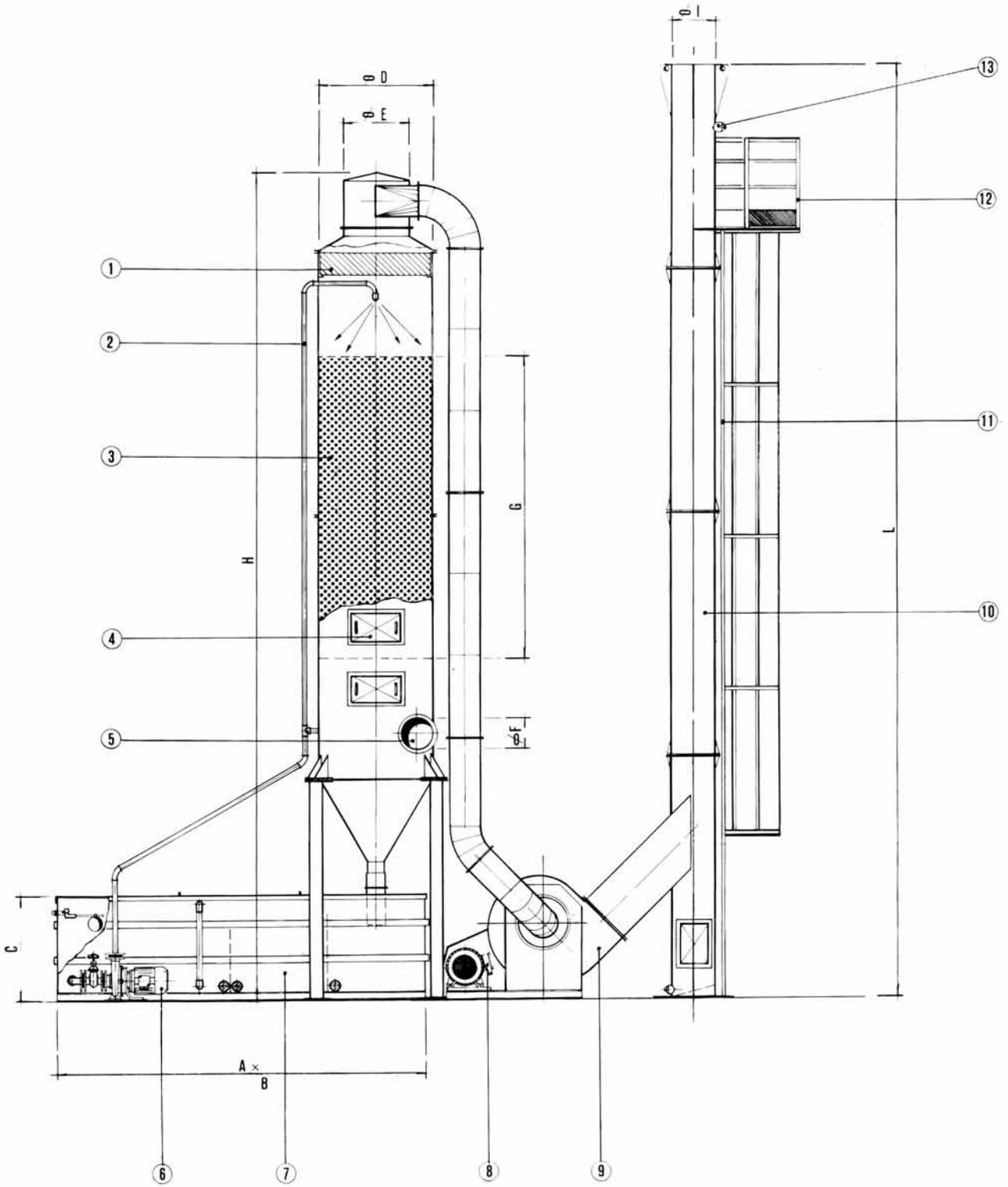


TABELLA COMPARATIVA / COMPARATIVE TABLE

Tipo Type	CARATTERISTICHE TECNICHE TECHNICAL CHARACTERISTICS				POMPA PUMP		DIMENSIONI DIMENSIONS									
	Portata m/h Flow rate m ³ /h	Velocità di passaggio m/sec Face velocity m/sec	Tempo di contatto sec Contact time sec	Vol. corpi di riemp. m ³ Packing volume m ³	Portata lt/l' Flow rate lt/l'	HP instal Installed HP	A	B	C	ØD	ØE	ØF	G	H	ØI	L
1.5	1500	1.25	2.4	1	70	1	2500	700	1000	650	300	200	3000	7000	250	7500
2.5	2500	1.38	2.17	1.5	100	1	3000	800	1000	800	400	250	3000	7500	300	9000
4	4000	1.56	1.92	2	160	1.5	3500	900	1100	950	500	300	3000	8500	350	9000
5.5	5500	1.47	2.04	3	230	3	4000	1000	1100	115	600	350	3000	9000	450	12000
7	7000	1.46	2.05	4	300	3	4000	1100	1200	1300	650	400	3000	9500	500	12000
8.5	8500	1.43	2.09	5	360	3	4500	1100	1200	1450	750	450	3000	10000	550	12000
10	10000	1.38	2.17	6	420	4	5000	1100	1200	1600	800	500	3000	10500	550	12000
12.5	12500	1.44	2.08	7	520	5.5	5000	1200	1200	1750	900	550	3000	10500	600	12000
15	15000	1.47	2.04	8.5	630	7.5	5500	1200	1300	900	950	600	3000	11000	700	12000
17.5	17500	1.47	2.04	10	750	7.5	5500	1200	1300	2050	1000	650	3000	11500	750	12000
20	20000	1.46	2.05	11.5	880	7.5	6000	1200	1300	2200	1050	700	3000	12000	800	13500
22.5	22500	1.5	2	12.5	950	10	6000	1200	1300	2300	1100	750	3000	12500	850	13500
25	25000	1.47	2.04	14	1100	12.5	6000	1200	1300	2450	1200	800	3000	13500	900	15000
30	30000	1.47	2.04	17	1250	12.5	6000	1200	1300	2700	1300	900	3000	13500	1000	15000
40	40000	1.47	2.04	22.7	1600	15	8000	1300	1400	3100	1400	950	3000	14000	1100	15000
50	50000	1.47	2.04	28.35	2000	15	10000	1400	1400	3470	1500	1000	3000	14500	1200	16000

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

LEGENDA

1. SEPARATORE DI GOCCE
2. RAMPE PORTA UGELLI
3. CORPI DI RIEMPIMENTO
4. OBLO'
5. ENTRATA ARIA DA DEPURARE
6. POMPA CENTRIFUGA
7. VASCA DI DECANTAZIONE
8. MOTORE ELETTRICO
9. VENTILATORE CENTRIFUGO
10. CAMINO DI SCARICO
11. SCALA ALLA MARINARA
12. BALLATOIO DI SOSTA
13. ATTACCO PER PRELIEVI

LEGEND

1. MIST SEPARATOR
2. SPRAY NOZZLE BANKS
3. PACKINGS
4. INSPECTION WINDOW
5. DIRTY AIR INLET
6. CENTRIFUGAL PUMP
7. SETTLING TANK
8. ELECTRIC MOTOR
9. CENTRIFUGAL FAN
10. DISCHARGE STACK
11. LADDER
12. INSPECTION WALKWAY
13. SAMPLING PORT

RECUPERO SOLVENTI MEDIANTE ASSORBIMENTO INGEGNERIA SULZER CHEMTECH AG (CH)

UTILIZZATORI:

- c Industrie petrolchimiche
- c Ind. chimiche e farmaceutiche
- c Ind. del metallo
- c Ind. alimentari
- c Ind. dell'imballaggio
- c Ind. della cellulosa
- c ecc.



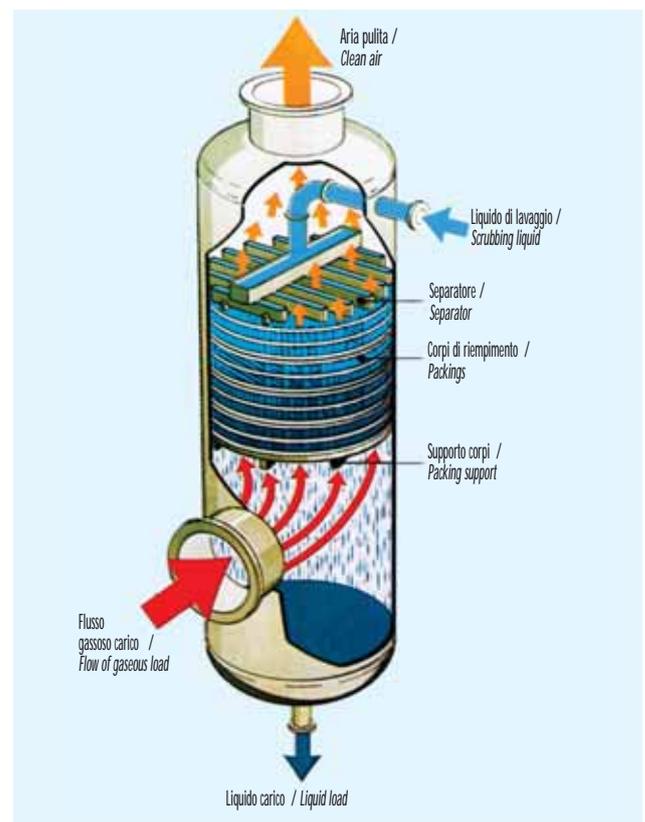
RECOVERY OF SOLVENTS BY ABSORPTION SULZER CHEMTECH AG (CH)

USERS:

- c Petrochemical industries
- c Chemical and pharmaceutical ind.
- c Metal Ind.
- c Food ind.
- c Packaging ind.
- c Cellulose ind.
- c etc.

SEZIONE DI UN ASSORBITORE/ DEASSORBITORE TIPICO

SECTION OF A TYPICAL ABSORBER/DESORBER



ALCUNE SOSTANZE SEPARATE IN PIU' DI 1.000 COLONNE NEL MONDO

Acetato di etile	Dimetilammina
Acetone	Formaldeide
Acrilonitrile	Fenolo
Ammoniaca	Fosgene
Alcool metilico	Idrocarburi clorurati
Alcol etilico	MEK
Acido formico	Ossido di cloro
Alcool isopropilico	Ossido di etilene
Benzene	Propano
Benzolo	Solventi in genere
Butanolo	Stirene
Cloro	Toluene
Cloruro di metilene	Xilene ecc.

ALCUNI TIPI DI CORPI DI RIEMPIMENTO PER IMPIANTI DI RECUPERO SOLVENTE



TECNOLOGIA:
SULZER CHEMTECH AG (CH)

CORPI DI RIEMPIMENTO:
MELLAPAK, MELLACARBON; MELLADUR

COSTRUZIONE IMPIANTI:
VENTILAZIONE INDUSTRIALE SRL LISSONE (MI)

Recupero solventi mediante assorbimento: (ingegneria Sulzer Chemtech AG-CH)

Esso viene proposto per basse / medie portate (da 1000 fino a 50000 m³/h) e concentrazioni molto spinte nell'ordine dei 10÷100 g/m³ e per svariati tipi di solvente (MEK, clorurati, ecc.).

Questo impianto rappresenta un'ottima soluzione nei casi in cui il recupero per mezzo di carboni attivi non è attuabile.

Il costo di gestione è ancora più basso rispetto all'impianto a carboni in quanto lo stripping viene effettuato a pressioni generalmente più basse (0,5 bar). Il minor consumo di vapore per lo stripping dell'inquinante è dato dal fatto che a determinarne la quantità è la portata d'aria da trattare, e non la concentrazione delle SOV; per questa ragione sono avvantaggiati i casi in cui le concentrazioni sono altissime.

Un ulteriore punto a favore è senz'altro quello dell'ingombro ridotto dato che questo impianto si sviluppa prevalentemente in verticale.

Si possono recuperare senza difficoltà anche solventi altobollenti.

- c Moltissimi i solventi recuperabili.
- c Più di 1000 impianti in funzione

SOME OF THE SUBSTANCES SEPARATED IN MORE THAN 1000 COLUMNS THROUGHOUT THE WORLD

<i>Ethyl acetate</i>	<i>Dimethylamine</i>
<i>Acetone</i>	<i>Formaldehyde</i>
<i>Acrylonitrile</i>	<i>Phenol</i>
<i>Ammonia</i>	<i>Phosgene</i>
<i>Methyl alcohol</i>	<i>Chlorinated hydrocarbons</i>
<i>Ethyl alcohol</i>	<i>MEK</i>
<i>Formic acid</i>	<i>Chlorine oxide</i>
<i>Iso-propyl alcohol</i>	<i>Ethylene oxide</i>
<i>Benzene</i>	<i>Propane</i>
<i>Benzol</i>	<i>Solvents in general</i>
<i>Butanol</i>	<i>Styrene</i>
<i>Chlorine</i>	<i>Toluene</i>
<i>Methylene chloride</i>	<i>Xylene etc.</i>

CERTAIN TYPES OF PACKINGS FOR SOLVENT RECOVERY PLANTS



TECHNOLOGY:
SULZER CHEMTECH AG (CH)

PACKINGS:
MELLAPAK, MELLACARBON; MELLADUR

PLANT MANUFACTURER:
VENTILAZIONE INDUSTRIALE SRL LISSONE (MI)

Recovery of solvents by absorption: (Sulzer Chemtech AG-CH)

This technique is recommended for low / medium flow rates (from 1000 up to 50,000 m³/h) and very high concentrations in the order of 10 to 100 g/m³ as well as for widely differing types of solvent (MEK, chlorides, etc.).

This plant represents an optimum solution when recovery with the use of activated carbons is not feasible.

The running cost is still lower compared to the plant with activated carbons as the stripping is normally carried out at lower pressures (0.5 bar). The lower steam consumption for stripping the contaminant is due to the fact that it is the dirty air flow rate which determines quantity of steam, and not the concentration of VOCs; for this reason the cases where concentrations are very high are the one to benefit.

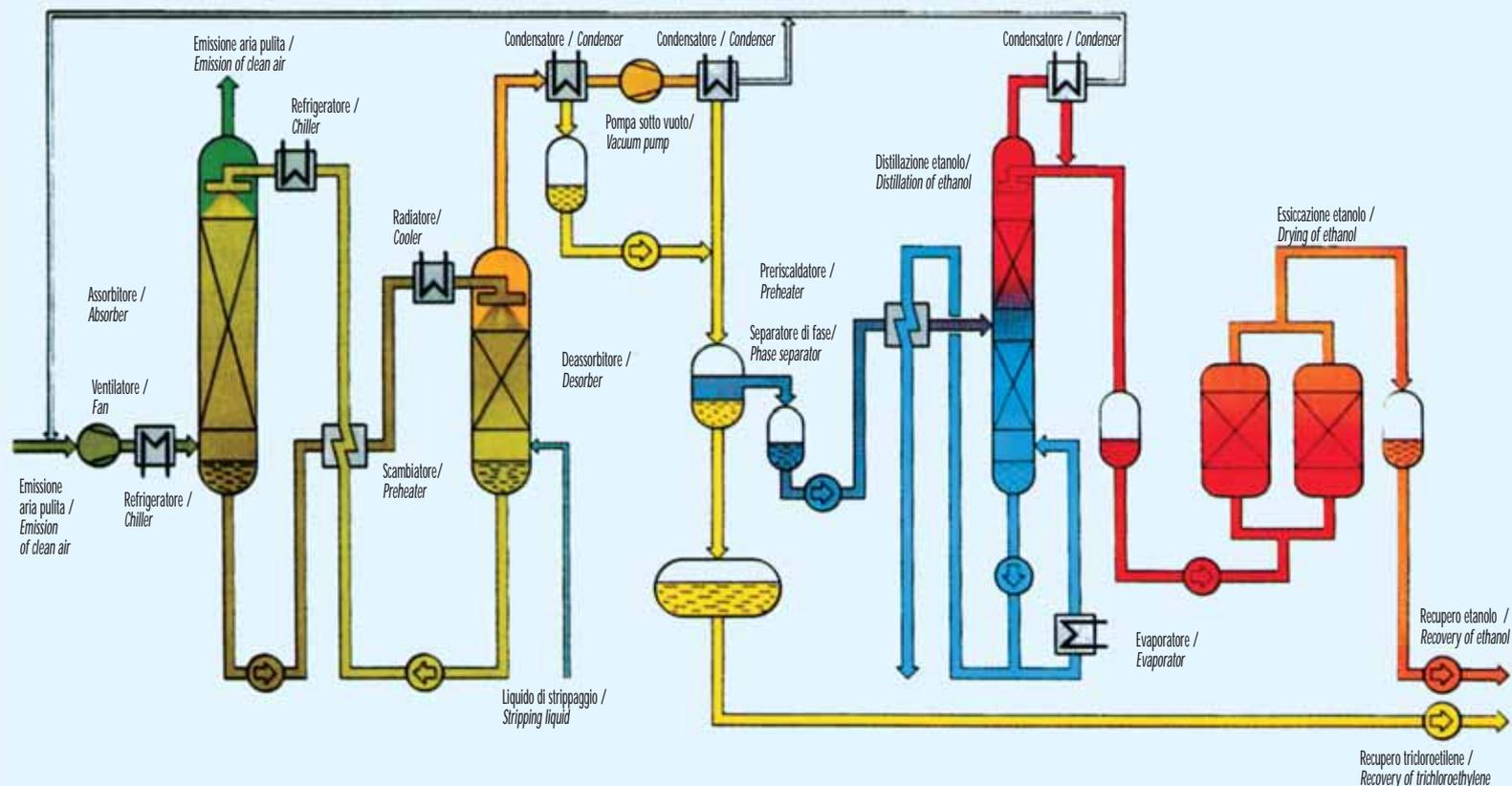
Another point in favour is certainly the more compact size because this plant extends mainly in the vertical direction.

High-boiling solvents can be recovered without difficulty.

- c Many solvents can be recovered.
- c Over 1000 plants in operation

SCHEMA DI PROCESSO DELLA SEPARAZIONE ED IL RECUPERO DI SOLVENTI DA UN FLUSSO GASSOSO

PROCESS DIAGRAM FOR THE SEPARATION AND RECOVERY OF SOLVENTS FROM A GASEOUS FLOW



8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Le variabili che governano il dimensionamento e le caratteristiche costruttive di un scrubber sono molte. E' quindi impossibile avere un'idea generale dei costi di acquisto.

8. INFORMATION REGARDING COST

There are several variables governing the dimensioning and design features of a scrubber. Hence it is not possible to have a general idea of the purchasing costs.

DECANTATORE PER FANGHI TIPO RC PER SCRUBBER

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Filtrazione tramite tessuto.

2. SOSTANZE TRATTABILI

Fanghi provenienti da scrubber, fanghi in generale.

3. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Il sistema più pratico ed economico per la filtrazione delle torbide provenienti dallo scrubber mediante sacchi filtro a perdere in grado di filtrare, disidratare e "imballare" i fanghi stessi.

SLUDGE DECANTER TYPE RC FOR SCRUBBERS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Fabric filtration.

2. SUBSTANCES WHICH CAN BE HANDLED

Sludge coming from scrubbers, sludge in general.

3. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

This is the most practical and economic system for filtering slurries from the scrubber by means of disposable filter sacks, designed to filter, dewater and "pack" the sludge.

Il sistema comprende:

- Le tubazioni e la pompa necessaria al trasferimento dei fanghi dalla vasca dello scrubber al filtro.
- N. 1 modulo filtrante, al quale vanno alimentate le torbide, dotato di n. 2,3,4 sacchi o più.

I sacchi sono realizzati in tessuto robusto, inerte ai prodotti chimici, acidi, batteri e insetti. Il tessuto poroso e resistente permette la costruzione di un sacco filtro che lascia libero il passaggio dell'acqua trattenendo le particelle solide anche le più fini e funge da robusto contenitore per il materiale trattenuto.

Terminata la fase di filtrazione il sacco può essere rimosso dal modulo filtrante, chiuso e stoccato all'aperto. Durante lo stoccaggio il fango insaccato subisce una disidratazione naturale, senza stillicidio dell'acqua, che può essere spinta sino al grado percentuale di secco desiderato, aumentando il tempo di permanenza all'aperto.

I sacchi contenenti il fango secco fungono da robusto contenitore che consente un semplice ed agevole caricamento e trasporto del fango dall'impianto di depurazione.

Dato l'esiguo costo del sacco a perdere, l'estrema semplicità dell'impianto e quindi il basso costo di gestione, insieme all'alto grado di riduzione del volume e del peso dei fanghi, il sistema riduce del 70% i costi complessivi attualmente sostenuti dai produttori di fanghi per la disidratazione dei fanghi stessi con sistemi tradizionali quali filtri a pressa, sotto vuoto o le centrifughe.

I decantatori fanghi possono essere realizzati per scrubber con portate d'aria da 2.500 a 50.000 m³/h ed oltre.

The system includes:

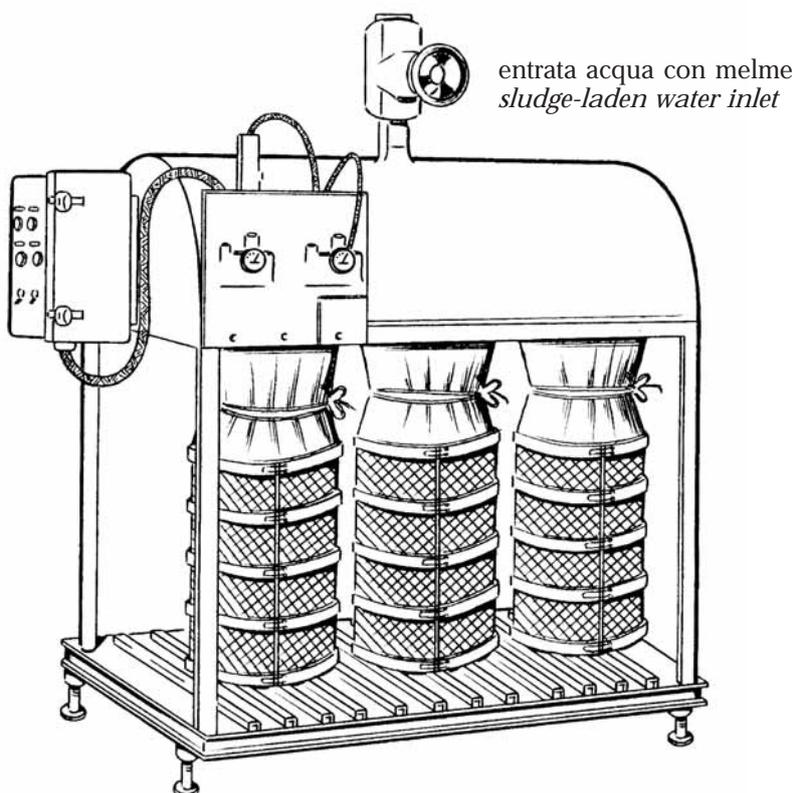
- *Piping and pump required for transferring the sludge from the scrubber tank to the filter.*
- *1 filter module, fed with the slurries, provided with 2,3,4 or more sacks.*

The sacks are made of tough fabric, inert to chemical products, acids, bacteria and insects. The strong porous fabric allows making up a filter sack which allows the water to pass but retains the solid particles also the finest ones, while it acts as a rugged containers for the captured material.

After the filtering phase, the sack can be removed from the filter module, then closed and stored outdoors. During storage the bagged sludge undergoes natural dewatering without trickling of water, which can be forced until reaching the required degree of dryness by increasing the residence time outdoors.

The sacks containing the dry sludge act as rugged containers thus allowing easy loading and transportation of the sludge from the air cleaning plant. Thanks to the low cost of the disposable sack, the great simplicity of the decanter and therefore low running cost, together with the great reduction in volume and weight of the sludge, the system reduces by 70% the overall costs currently borne by sludge producers for dewatering of the sludge using conventional systems such as filter presses, vacuum filters or centrifuges.

The sludge decanters can be designed for scrubbers with air flow rates ranging from 2,500 to 50,000 m³/h or more.



IMPIANTI DI ABBATTIMENTO A COALESCENZA

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Principio fisico della coalescenza.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Nebbie e vapori di olio lubrificante, olio di raffreddamento, inchiostri, asfalti, DOP. Emissioni provenienti da lavorazioni di materie plastiche, lavorazioni tessili, ecc..

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Andrebbe analizzato caso per caso, è possibile raggiungere rendimenti di abbattimento superiori al 90%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Di seguito verrà descritto un impianto utilizzato per l'abbattimento del DOP.

Scopo di questo impianto è quello di abbattere nonché di recuperare il DOP presente in un dato volume di gas di processo e scaturito (nel nostro caso specifico) da alcune linee di spalmatura e di accoppiatura nastri di trasporto in fase di produzione.

L'industria in genere dà spesso luogo a gas di processo contenenti sostanze inquinanti di difficile captazione e smaltimento. Questi fumi peraltro non possono essere scaricati liberamente in atmosfera per cui esiste sempre l'esigenza di procedere a una depurazione degli stessi che riporti la quantità di inquinanti al di sotto dei valori limite imposti dalla legge o accettabile per un reimpiego diretto nel ciclo produttivo.

Ciò comporta nella fattispecie notevoli investimenti e costi di gestione che non sempre sono attuabili dalle industrie medio/piccole.

Nel caso del DOP, il monodisperso per eccellenza (*) e le cui caratteristiche fisiche hanno dato vita ad uno degli standard ufficiali in vigore che si occupano della determinazione del grado di efficienza di quasi tutti i filtri assoluti oggi in produzione, il problema della separazione delle sue particelle dall'aria è alquanto complessa, molto variabile tra l'altro a seconda della sua concentrazione e la temperatura dei fumi.

Sono note numerose tecnologie di abbattimento e le più svariate apparecchiature che consentono queste operazioni su principi fisico/meccanici: assorbimento, decantazione, centrifugazione, ultrafiltrazione ecc., sono solo alcune delle metodologie più ricorrenti. Però di solito la tecnologia migliore in assoluto non è data mai da una soltanto di esse, bensì dall'insieme o dal connubio di 2 di esse.

COALESCENCE TYPE SEPARATORS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Physical principle of coalescence.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Mists and vapours of lubricating oil, cooling oil, inks, asphalt, DOP. Emissions from plastic and textile processes, etc.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Emission limits should be examined case-by-case; it is possible to reach collection efficiencies over 90%.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

The following is the description of an DOP abatement system.

Purpose of this plant is to remove and to recover the DOP present in a given volume of process gases and released (in our specific case) by certain conveyor belt coating and bonding lines during production.

Industry in general often gives rise to process gases containing contaminating substances that are difficult to capture and disposed of. Moreover these fumes may not be discharged freely in the atmosphere. Hence it is also necessary to proceed to clean them in order to reduce the quantity of contaminants to below regulatory limit values or acceptable values for direct reuse in the production cycle.

In this case the above requirement involves considerable investments and running costs which are not always feasible in industries in the small/medium scale.

In the case of DOP, the monodisperse medium par excellence (), whose physical properties have given rise to one of the current official standards concerned with the determination of the degree of efficiency of almost all the currently produced HEPA filters, the problem of separating its particles from the air is very complex and highly variable depending on its concentration and temperature of the fumes. There are many well known abatement technologies and widely different equipment which allow these operations based on physical/mechanical principles: absorption, decantation, centrifugation, ultrafiltration etc. – these are only just some of the more widely used methods. However the very best technology is not usually offered by just one of them, rather it is based on a set or union of 2 of them. Furthermore, optimum efficiency of any system is very much based on the need to fully understand the operating conditions to ensure maximum performance and to maintain these conditions.*

Inoltre, alla base di un ottimale rendimento di un qualunque sistema, sta il "centrare" e mantenere le condizioni operative che garantiscono la massima resa. E' molto importante poi avere una bassa resistenza del mezzo filtrante e nello stesso tempo una elevatissima capacità di separazione.

E' proprio il caso di questo impianto in particolare, la cui efficienza complessiva è data da 2 stadi di filtrazione distinti, per cui il significato di esistenza di ognuno è strettamente dipendente e correlato alla presenza ed il rendimento in continuo dell'altro.

Un primo abbattimento su base ciclonica ed inerziale ad alette avviene ancora prima del necessario raffreddamento dei fumi per mezzo di 4 batterie la cui temperatura dell'acqua è tenuta sotto costante controllo da una torre evaporativa. La definitiva separazione del DOP dal gas di processo si ottiene attraverso l'impiego di una serie di candele a coalescenza che costituiscono il cuore dell'impianto ed il mezzo più affidabile per ottenere una efficienza di filtrazione pari o superiore al 99% del DOP presente nell'aria.

Le candele a coalescenza, se correttamente impiegate e con i parametri progettuali rigidamente rispettati, mantengono inalterate nel tempo le proprietà meccaniche, non subiscono degradi o deperimenti anche in seguito a shock termici (entro certi limiti) e non richiedono particolare manutenzione o sostituzioni precoci. Avendo il DOP particelle dal diametro dinamico identico tra loro con diffusione omogenea, il pericolo dell'intasamento improvviso del mezzo filtrante in pratica è scongiurato, con conseguente vantaggio delle perdite di carico che rimangono costanti entro uno spettro sufficientemente lineare.

Il flusso depurato viene spinto al camino e in atmosfera per mezzo di un silenzioso ventilatore posto rigorosamente a valle del sistema.

Il DOP viene recuperato praticamente per intero e raccolto in un opportuno serbatoio da cui ritorna nel ciclo produttivo.

(*) La particolare caratteristica dei monodispersi, di cui il DOP è forse il più rappresentato, è quella di contare una data quantità di microparticelle sospese tutte di diametro identico tra loro (\varnothing dinamico della particella DOP = $0,5 \mu$)

Apparecchiature impiegate:

- 4 cicloni di preabbattimento
- 2 separatori di gocce inerziali
- 4 batterie di raffreddamento
- 2 torri evaporative
- 2 completi sistemi di candele filtranti a coalescenza
- 2 serbatoi di raccolta DOP
- 2 ventilatori
- 1 camino di espulsione

Moreover it is highly important to have a low resistance of the filter medium but at the same time to have a very high collection efficiency.

This is very much case of this plant in particular, whose overall efficiency is given by 2 distinct filtration stages. Hence the reason for the existence of each strictly depends on and is correlated to the presence and continuous efficiency of the other.

A preliminary removal on an inertial cyclonic base with fins takes place before the necessary cooling of the fumes by means of 4 cooling coils whose water temperature is kept under constant control by an evaporating tower. The definitive separation of DOP from the process gas is achieved by using a series of coalescence filter plugs which form the heart of the plant and represent the most reliable means of achieving a collection efficiency equal to or above 99% of DOP present in the air.

Provided the coalescence filter plugs are correctly used, with full observance of the design parameters, they retain their mechanical properties over the long term, they are not subject to deterioration or damage even after heat shocks (within certain limits) while they do not require special maintenance or premature replacement. As the DOP particles have the same dynamic diameter with respect to each other and uniform diffusion, the risk of sudden plugging of the filter medium is practically avoided, with consequent advantage of the pressure drops remaining constant within a sufficient linear spectrum.

The clean air stream is sent towards the stack and discharged into the atmosphere via a silent-running fan installed solely downstream of the system.

Practically all the DOP is recovered and is collected in a suitable tank from which it is returned to the production cycle.

() The special characteristic of monodisperse media, of which perhaps DOP is the most representative, is that of including a given quantity of suspended microparticles, with each of the same diameter (dynamic diameter of DOP particle = 0.5μ)*

Equipment used:

- 4 precleaning cyclones
- 2 inertial mist eliminators
- 4 cooling coils
- 2 evaporating towers
- 2 complete systems of coalescence filter plugs
- 2 DOP collecting tanks
- 2 fans
- 1 discharge stack

Condizioni operative:

- Potenzialità complessiva impianto: 60000 Nm³/h
- Temperatura fumi: 110°C
- Contenuto di DOP: 350 ÷ 500 mg/m³
- Rendimento: oltre il 99%

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Lavorazioni tessili, pittura carta vinilica, impianti di decoppaggio, ecc.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: possibilità di recupero dell'inquinante abbattuto, bassa necessità di manutenzione.

Svantaggi: poca applicabilità in caso di alte temperature.

7. CALCOLI E TABELLE

Ogni applicazione va analizzata singolarmente, non è possibile fornire un modello di calcolo generale.

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

A causa della rilevante diversità che si ha da applicazione ad applicazione, non è possibile avere informazioni generali sui costi.

Operating conditions:

- Overall plant capacity: 60000 Nm³/h
- Fume temperature: 110°C
- DOP content: 350 to 500 mg/m³
- Efficiency: above 99%

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

Textile working, vinyl paper painting, pickling plants, etc.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: possible to recover the solvent collected, low maintenance requirements.

Disadvantages: low application possibilities in the case of high temperatures.

7. CALCULATIONS AND TABLES

Each application should be examined separately. It is not possible to provide a general calculation model.

8. INFORMATION REGARDING COST

Owing to the appreciable diversity from application to application, it is not possible to have general information about costs.

Impianto di abbattimento DOP. Portata d'aria: 60.000 Nm³/h

*DOP abatement plant.
Air flow: 60,000 Nm³/h*



FILTRI A CARBONE ATTIVO A PERDERE

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Adsorbimento fisico e/o chimico/fisico su carbone attivo.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Sostanze organiche volatili (SOV) solubili e non, la capacità adsorbente tendenzialmente cresce al crescere del peso molecolare della sostanza da abbattere.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Se opportunamente dimensionati si ottengono rese di abbattimento del 99%. Tendenzialmente la resa di abbattimento decresce all'aumentare del grado di saturazione del carbone attivo.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Con questo processo si ottiene una "condensazione" del solvente dall'aria su una "certa" superficie solida (Forze di Van der Waals).

La superficie solida più comunemente impiegata è costituita da una massa carboniosa ad altissima porosità, denominata "carboni attivi" la cui attività è direttamente proporzionale alla superficie della sua porosità, (si pensi che un grammo di Carbone Attivo può arrivare a 1250 m² di superficie, ed oltre). Il solvente contenuto nell'aria da trattare viene quindi "condensato" per capillarità, e trattenuto, nel Carbone Attivo stesso. La capacità di adsorbimento è quindi proporzionale alla sua superficie, e fortemente influenzata da molti altri fattori, tra i quali: la concentrazione delle SOV da depurare, l'umidità, la temperatura, la velocità di passaggio, tempo di contatto ed alla granulometria del carbone stesso.

Ad ogni tipo di solvente corrisponde una sua propria "isoterma" applicata ad ogni specifica qualità di Carbone Attivo, dalla cui curva di saturazione si può determinare lo specifico dimensionamento. Ad ogni temperatura corrisponde una sua propria curva di rendimento. L'adsorbimento è sempre una fase esotermica, di conseguenza l'incremento della concentrazione dei solventi comporta un aumento di temperatura ed una conseguente diminuzione del valore di adsorbimento. In generale è necessario non superare i 40°C di temperatura durante il lavoro e tenersi sempre sotto il 25% del L.E.L (Dati di concentrazione molti simili a quelli prescritti per i combustori).

Nei filtri a carbone attivi di nostra produzione, il letto a carbone attivo è di forma toroidale, l'aria da trattare attraversa il letto dall'interno verso l'esterno. Questo accorgimento fa in modo che durante

DISPOSABLE ACTIVATED CARBON FILTERS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Physical and/or chemical/physical adsorption on activated carbon.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Volatile organic compounds (VOC), both soluble or insoluble, the adsorption capacity tends to increase the higher is the molecular weight of the substance to capture.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

If dimensioned appropriately, collection efficiencies of 99% can be achieved. Collection efficiency tends to decrease as the degree of saturation of the activated carbon increases.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

This process involves a "condensation" of the solvent from the air on a "certain" solid surface (Van der Waals forces).

The most frequently used solid surface is that of a high porous carbon mass known as "activated carbons" whose activity is directly proportional to the surface of its porosity, (just think that one gram of activated carbon can have a surface of up to 1250 m² or even more). The solvent contained in the air to be cleaned is then "condensed" by capillarity, and held in the activated carbon. Hence the adsorption capacity is proportional to the activated carbon surface and is strongly influenced by many other factors such as: concentration of the VOCs to be removed, humidity, temperature, face velocity, contact time and particle size of the activated carbon.

Each type of solvent is associated with its own particular "isotherm" applicable to each specific quality of activated carbon whose saturation curve can be used for determining the specific dimensioning. Furthermore there is an efficiency curve for each temperature. The adsorption is always an exothermic phase, hence the increase in concentration of the solvents brings about an increase in temperature and a consequent decrease in the degree of adsorption. Normally the temperature should not be allowed to exceed 40°C during operation which should always be kept under 25% of the L.E.L (Concentration data very similar to those prescribed for incinerators).

In the activated carbon filters manufactured by us, the activated carbon bed is toroidal in shape and the dirty air flows through the bed from inside towards the outside. Such an arrangement makes sure that during the flow through the activated car-

l'attraversamento del carbone attivo, man mano che l'aria si impoverisce di inquinante, diminuisca anche la velocità di attraversamento nel carbone, aumentando così la resa di abbattimento. Tale accorgimento ha lo scopo di ottimizzare al massimo l'utilizzo del letto di carbone attivo.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Tutti i processi industriali ove si presenti la necessità di abbattere SOV o odori a concentrazioni molto basse. Linee di verniciatura, industria chimica, industria alimentare, ecc.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi:

semplicità di funzionamento, massima efficienza di adsorbimento, basso costo di gestione, nessun pericolo di incendio, l'intervento di personale per il controllo è nullo, gas nocivi all'uscita a norme vigenti, semplicità di manutenzione.

Svantaggi:

Se le concentrazioni di inquinante sono superiori a 100 mg/m³ è necessario valutare attentamente i costi di gestione. Temperature di impiego ridotte (non superiori a 40°C). Non applicabili con gas aventi umidità relativa superiore al 70%. Non tollerano la presenza di polveri nei gas da trattare.

7. CALCOLI E TABELLE

7.1 Dati:

Q = 11.000 Nm³/h alla temperatura massima di emissione di 37,8 °C = (3,055 Nm³/s)
equivalente a 12.500 m³/h effettivi (c.ca) = (3,48 Em³/s)

SOV = Solvente evaporato (o preso in considerazione) n. Esano

Massima evaporazione presunta = 2,75 kg/h x 16 h/gg = 44 kg/gg

- Corrispondente ad una concentrazione di 250 mg/ Nm³
- Differenza da abbattere ≥100 mg/ Nm³
- Corrispondente a 1,1 kg/h e 17,6 kg/gg di SOV da abbattere

7.2 Applicazione

- L'applicazione più specifica è l'adozione del Filtro a Carboni Attivi nos. Mod. 12,5, con un contenuto di Carboni attivi Specifici di 5,2 m³, equivalenti a 2.188 kg di ECOCARB 354, (con un peso specifico di ~ 420 kg/m³).
- Sezione media di passaggio dell'aria = 10,5 mt²
- Altezza media del letto = 500 mm.

bon, as the air becomes less laden with contaminant, likewise the face velocity in the activated carbon is decreased, thus increasing collection efficiency. Purpose of such arrangement is to obtain maximum optimization of the activated carbon bed.

Typical industrial applications

All industrial processes where it is necessary to remove VOC or odours at very low concentrations. Painting lines, chemical industry, food industry, etc.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages:

Seasy operation, maximum adsorption efficiency, low running cost, no fire risk, no monitoring by personnel noxious gaseous emissions, in accordance with current regulations, easy maintenance.

Disadvantages:

if contaminant concentrations exceed a 100 mg/m³, running costs should be carefully evaluated. Reduced operating temperatures (not above 40°C). Not applicable for gases with relative humidity exceeding 70%. Such filters do not tolerate the presence of dusts in the gases to be handled.

7. CALCULATIONS AND TABLES

7.1 Data:

Q = 11,000 Nm³/h at max. emission temperature of 37.8 °C = (3.055 Nm³/s)
equivalent to 12,500 m³/h effective (approx.) = (3.48 Em³/s)

VOC = Solvent evaporated (or taken into consideration) Hexane N°

Assumed max. evaporation = 2.75 kg/h x 16 h/day = 44 kg/day

- Corresponding to a concentration of 250 mg/ Nm³
- Difference to be eliminated ≥100 mg/ Nm³
- Corresponding to 1.1 kg/h and 17.6 kg/day of VOC to be removed

7.2 Application

- The most specific application is the adoption of Activated Carbon Filter, our model Mod. 12,5, with specific Activated Carbon content of 5,2 m³, equivalent to 2188 kg of ECOCARB 354, (with specific gravity of ~ 420 kg/m³).
- Average air flow area = 10.5 mt²
- Average bed height = 500 mm.

7.3 Determinazione della durata

- Efficienza media richiesta al Carbone Attivo preso in considerazione 60%.
- Velocità media di attraversamento (di calcolo) = 33 cm/sec
- tempo minimo di contatto adottato (di calcolo) = 1,15 sec
- Trattandosi di un adsorbimento "a secco" (che non prevede rigenerazioni locali con vapore); la capacità di adsorbimento del Carbone Attivo preso in considerazione, (alle condizioni di lavoro espresse) si può dedurre dall'Isoterma specifica, riferita alla saturazione (Vedi allegato) corretta da un fattore K, (dovuta all'efficienza richiesta del 60%) equivalente ad una capacità di adsorbimento totale del 14% in peso circa. Si noti che se potessimo abbassare la temperatura dell'aria dai 37,8°C dell'esempio, ad un minimo di 0°C, tale capacità salirebbe ad oltre il 23% in peso.

Durata della carica di Carbone Attivo in opera, prima di doverla avvicinare in forno di riattivazione per poterla riutilizzare:

A = Nel caso di SOV (come n. Esano) in aria a 37,8°C:

$$\frac{2.188 \text{ kg di C.A.}}{100} \times 14 = 306 \text{ kg di SOV trattenute}$$

B= Nel caso di SOV (come n. Esano) in aria a 0°C

$$\frac{2.188 \text{ kg di C.A.}}{100} \times 23 = 505 \text{ kg. di SOV trattenute}$$

$$\text{Nel caso A) } = \frac{306 \text{ kg di SOV}}{17 \text{ kg/gg}} = 18 \text{ gg lavorativi di } 16 \text{ h/gg}$$

$$\text{Nel caso B) } = \frac{505 \text{ kg di SOV}}{17 \text{ kg/gg}} = 29 \text{ gg lavorativi di } 16 \text{ h/gg}$$

7.4 Perdita di carico del filtro

La perdita di carico totale del filtro preso in esame è ricavabile dai singoli diagrammi elaborati in funzione di ogni specifica granulometria del Carbone Attivo adottato. Ad esempio per un Ø 4 mm, avremo:

- Per una velocità di attraversamento di 33 cm/s, equivale una perdita di carico di 260 mm di H₂O per metro di letto.
- Con un'altezza di letto di 0,5 mt sarà uguale a 130 mm di H₂O.
- Ai quali vanno aggiunti c. ca 10 mm dovuti ai materassini di contenimento.

7.3 Determination of the duration

- Average efficiency required from the Activated Carbon examined 60%.
- Average face velocity (calculated) = 33 cm/sec
- minimum contact time adopted (calculated) = 1.15 sec
- We are dealing with "dry" adsorption (which does not have local steam regeneration); the adsorption capacity of the activated carbon considered, (under the work conditions described) can be deduced from the special isotherm, referred to the saturation (See Annex) corrected by a factor K, (due to the required efficiency of 60%) equivalent to a total adsorption capacity of approx. 14% by weight. Note that if we could lower the air temperature from the 37.8°C in the example, to a minimum of 0°C, such capacity would rise to over 23% by weight.

Duration of the Activated Carbon charge during the work cycle, before having to send it to the reactivation furnace to allow its reutilization:

A= In the case of VOC (as Hexane N°) in air at 37.8°C:

$$\frac{2188 \text{ kg of A.C.}}{100} \times 14 = 306 \text{ kg of VOC captured}$$

B= In the case of VOC (as Hexane N°) in air at 0°C

$$\frac{2188 \text{ kg of A.C.}}{100} \times 23 = 505 \text{ kg. of VOC captured}$$

$$\text{In case A) } = \frac{306 \text{ kg of VOC}}{17 \text{ kg/day}} = 18 \text{ working days, } 16 \text{ h per day}$$

$$\text{In case B) } = \frac{505 \text{ kg of VOC}}{17 \text{ kg/day}} = 29 \text{ working days, } 16 \text{ h per day}$$

7.4 Pressure drop across the filter

Total pressure drop across the filter in question can be deduced from the single graphs worked out in relation to each specific particle size of the Activated Carbon adopted. For example, with a dia. 4 mm, we shall have:

- For a face velocity of 33 cm/s, it is equivalent to a pressure drop of 260 mm, H₂O gauge, per metre of bed.
- With a bed height of 0.5 m it will be equal to 130 mm H₂O gauge.
- To which we must add about 10 mm due to the filter mats.

7.5 Determinazione dei due fattori (di calcolo):

- Velocità di attraversamento dell'aria (in cm/s) =
$$\frac{Q \text{ (portata) in m}^3/\text{sec}}{\text{sezione media in m}^2} \times 100$$
- Tempo minimo di contatto (in secondi) =
$$\frac{\text{m}^3 \text{ di Carbone Attivo}}{\text{(portata) m}^3/\text{sec}}$$

7.6 Equivalenze

Nell'esempio abbiamo preso in considerazione un Solvente (come l'esano) con una capacità medio alta di adsorbimento. Se prendessimo come solvente l'Acetone, a queste condizioni di lavoro, la capacità di adsorbimento (o caricamento del carbone) scenderebbe a meno di un quarto! (vedi Isotherma allegata). Pertanto dalla tabella si può scegliere il Tipo di Filtro corrispondente alla portata che si vuole trattare, con una durata del carbone attivo contenuto, in funzione della concentrazione e soprattutto del tipo di solvente da adsorbire. Se si volessero durate superiori, bisognerà adottare modelli sempre più grandi, a beneficio del rendimento.

7.5 Determination of the two factors (by calculation):

- Face velocity of the air (in cm/s) =
$$\frac{Q \text{ (flow rate) in m}^3/\text{sec}}{\text{average area in m}^2} \times 100$$
- Min. contact time (in seconds) =
$$\frac{\text{m}^3 \text{ of Activated Carbon}}{Q \text{ (flow rate) m}^3/\text{sec}}$$

7.6 Equivalentents

In the above example we have considered a Solvent (such as hexane) with medium-high adsorption capacity. Suppose we take Acetone as solvent, under these working conditions, the adsorption capacity (or carbon loading) would drop to less than a quarter! (see enclosed Isotherm). Hence it is possible to select, from this table, the Type of Filter corresponding to the flow to be handled, with a favourable activated carbon duration, in relation to the concentration and above all to the type of solvent to be adsorbed. If longer durations are required, larger models should be adopted, to the advantage of the efficiency.



Filtro a carboni attivi a perdere.
Portata d'aria: 15.000 Nm³/h

*Filter with disposable activated carbons.
Air flow: 15,000 Nm³/h*

FILTRI A CARBONI ATTIVI

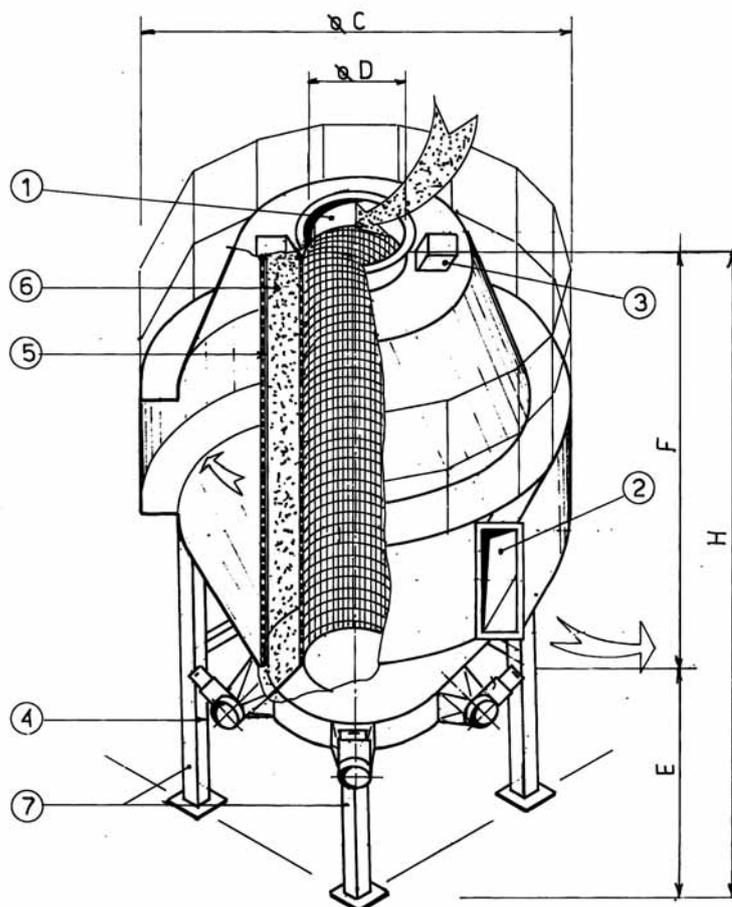
ACTIVATED CARBON FILTERS

LEGENDA

1. ENTRATA ARIA DA DEPURARE
2. USCITA ARIA DEPURATA
3. PORTELLO PER CARICO CARBONI ATTIVI
4. SERRANDE PER SCARICO CARBONI ATTIVI
5. MATERASSINO FILTRANTE
6. CARBONI ATTIVI
7. GAMBE DI SOSTEGNO

LEGEND

1. DIRTY AIR INLET
2. CLEAN AIR OUTLET
3. DOOR FOR LOADING ACTIVATED CARBONS
4. SLIDE DAMPERS FOR ACTIVATED CARBON DISCHARGE
5. FILTER MAT
6. ACTIVATED CARBONS
7. SUPPORT LEGS



TIPO	PORTATA ARIA m ³ /h	VOLUMI CARBONI ATTIVI m ³	PESO CARBONI ATTIVI kg	TEMPO DI CONTATTO sec	VELOCITA' DI ATTRAVER. m/s	DIMENSIONI (mm) / DIMENSIONS (mm)				
TYPE	FLOW RATE AIR m ³ /h	VOLUMES ACTIVATED CARBONS m ³	WEIGHT ACTIVATED CARBONS kg	CONTACT TIME sec	FACE VELOCITY m/s	ØC	ØD	E	F	H
1	1000	0.42	175	1.5	0.3	1300	218	1000	673	1800
2.5	2500	1.04	438	1.5	0.3	1600	385	1000	1055	2000
4	4000	1.67	700	1.5	0.3	1850	533	1200	1200	2400
5.5	5500	2.29	963	1.5	0.3	2000	631	1200	1500	2700
7	7000	2.92	1225	1.5	0.3	2400	697	1200	1800	3000
8.5	8500	3.54	1488	1.5	0.3	2600	803	1200	2000	3200
10	10000	4.17	1750	1.5	0.3	2755	890	1200	2200	3400
12.5	12500	5.21	2188	1.5	0.3	3100	1024	1200	2500	3700
15	15000	6.25	2625	1.5	0.3	3350	1024	1400	3000	4400
17.5	17500	7.29	3063	1.5	0.3	3650	1163	1400	3200	4600
20	20000	8.33	3500	1.5	0.3	4000	1235	1400	3500	4900
24	24000	10	4200	1.5	0.3	4300	1319	1500	4000	5500
27	27000	11.25	4725	1.5	0.3	4600	1446	1500	4200	5700
30	30000	12.5	5250	1.5	0.3	4800	1516	1500	4500	6000

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

CARBONE ATTIVATO GRANULARE ECOCARB 354 (4mm)

ORIGINE

Carbone di legno di pino attivato fisicamente con vapore d'acqua

APPLICAZIONI

Recupero di solventi – Purificazione di aria e gas

SPECIFICHE TECNICHE

- superficie specifica (BET) m^2/g : ≥ 1000
- umidità di insaccaggio %: 10 max
- massa volumetrica apparente kg/m^3 : < 550
- granulometria: passaggio a 3,15 mm %: 10 max
- indice di benzolo (metodo Ceca 10% c.s.): > 33
- tenore in ceneri (metodo Cefic) %: < 14

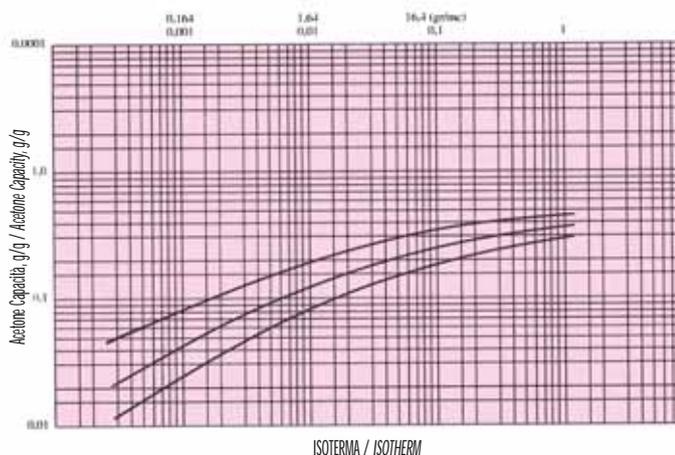
CARATTERISTICHE MEDIE

(valori indicativi riferiti alla produzione media degli ultimi 2 anni)

- massa volumetrica assestata kg/m^3 : 500-550
- massa volumetrica tal quale kg/m^3 : 460-550
- indice di benzolo (metodo Ceca 10% c.S.): 33-35
- contenuto in ceneri (CEFIC) %: 12-14
- perdita di carico in aria ambiente a 24m/minuto, 1 m di strato, in mm col. acqua:
letto assestato: 500
letto non assestato: 150

IMBALLAGGIO

Sacchi di carta in strati multipli da 25 kg netti



GRANULAR ACTIVATED CARBON ECOCARB 354 (4mm)

ORIGIN

Pine wood charcoal activated physically with steam

APPLICATIONS

Recovery of solvents – Purification of air and gases

SPECIFICATION

- surface area (BET) m^2/g : ≥ 1000
- packed moisture %: 10 max
- apparent volumetric mass kg/m^3 : < 550
- particle size: passing at 3.15 mm %: 10 max
- benzene index (Ceca method 10% c.s.): > 33
- ash content (Cefic method) %: < 14

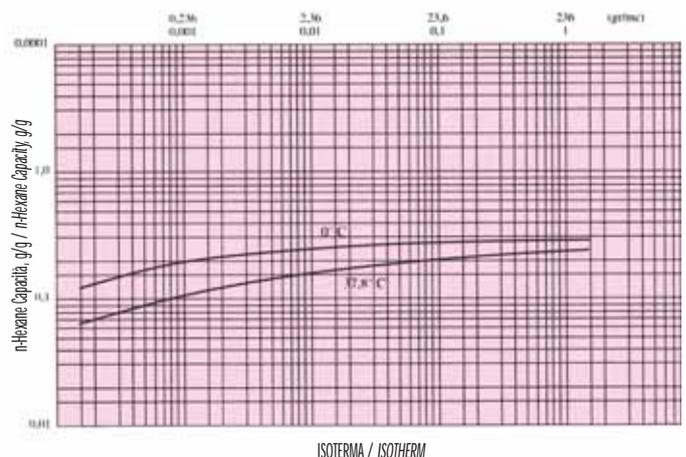
AVERAGE CHARACTERISTICS

(approximate values referred to average production in the last 2 years)

- volumetric mass, settled kg/m^3 : 500/550
- volumetric mass, as such kg/m^3 : 460/550
- benzene index (Ceca method 10% c.S): 33-35
- ash content (CEFIC) %: 12-14
- pressure drop in surrounding air at 24m/minute, 1 m of layer, in mm Water gauge:
settled bed: 500
non settled bed: 150

PACKING

Multi-ply paper sacks, 25 kg net



CAPACITA' DI ADSORBIMENTO DEI CARBONI ATTIVI NEI CONFRONTI DI ALCUNI GAS E VAPORI

Si può avere una indicazione di massima del potere adsorbente di un carbone attivo nei confronti di vapori o gas industriali consultando le liste sottoindicate nelle quali le sostanze sono state classificate in 4 categorie a seconda della loro adsorbibilità. Questa classificazione ha solo valore indicativo in quanto la capacità d'adsorbimento dei carboni varia con la concentrazione del prodotto nell'aria, il grado di umidità, la temperatura e la velocità di passaggio.

A Sostanze nei confronti delle quali i carboni attivi dimostrano un'elevata capacità di adsorbimento

Acetato di amile	Dietilchetone
Acetato di butile	Dimetilsofato
Acetato di cellosolve	Diossano
Acetato di etile	Dipropilchetone
Acetato di isopropile	Etere amilico
Acetato di metilcellosolve	Etere butilico
Acetato di propile	Etere isopropilico
Acido acetico	Etere propilico
Acido acrilico	Etilbenzolo
Acido butirrico	Etilmercaptano
Acido lattico	Eptano
Acido propionico	Etilene
Acido solforico	Fenolo
Acrilato di etile	Indolo
Acrilato di metile	Iodio
Acilonitrile	Iodoformio
Alcool amilico	Mentolo
Alcool butilico	Mercaptani
Alcool etilico	Metilbutilchetone
Alcool isopropilico	Metilcellosolve
Alcool propilico	Metilcloroformio
Anidride acetica	Metilsobutilchetone
Anilina	Metilcicloesano
Benzina	Metilcicloesano
Benzolo	Metilcicloesano
Bromo	Metilmercaptano
Butilcellosolve	Monocloridrina di glicole
Camfora	Monoclorobenzolo
Cellosolve	Naftalina
Cherosene	Nicotina
Clorobenzolo	Nitrobenzolo
Clorobutadiene	Nitroetano
Cloroformio	Nitrometano
Cloronitropropano	Nitropropano
Cloropicrina	Nitrotoluolo
Cloruro di butile	Nonano
Cloruro di metilene	Octano
Cloruro di propile	Ozono*
Composti soforati	Ossido di mesitile
Creosoto	Pentanone
Cresolo	Percloroetilene
Crotonaldeide	Propilmercaptano
Cicloesano	Silicato di etile
Cicloesano	Trementina
Cicloesano	Tetracloretano
Decano	Tetracloroetilene
Dibromoetano	Tetracloruro di carbonio
Diclorobenzolo	Toluolo
Dicloroetano	Tricloroetilene

ACTIVATED CARBON ADSORPTION CAPACITY FOR CERTAIN GASES AND VAPOURS

A broad idea of the adsorption capacity of an activated carbon for industrial gases or vapours can be obtained by consulting the lists given below where the substances are classed into 4 categories depending on their capacity to be adsorbed. This classification is only approximate as the adsorption capacity of activated carbons varies with the concentration of the product in air; degree of moisture, temperature and face velocity.

A Substances for which the activated carbons show a high adsorption capacity

<i>Amyl acetate</i>	<i>Diethylketone</i>
<i>Butyl acetate</i>	<i>Dimethylsulphate</i>
<i>Cellosolve acetate</i>	<i>Dioxane</i>
<i>Ethyl acetate</i>	<i>Dipropylketone</i>
<i>Isopropyl acetate</i>	<i>Amyl ether</i>
<i>Methylcellosolve acetate</i>	<i>Butyl ether</i>
<i>Propyl acetate</i>	<i>Isopropyl ether</i>
<i>Acetic acid</i>	<i>Propyl ether</i>
<i>Acrylic acid</i>	<i>Ethylbenze</i>
<i>Butyric acid</i>	<i>Ethyl mercaptan</i>
<i>Lactic acid</i>	<i>Heptane</i>
<i>Propionic acid</i>	<i>Heptylene</i>
<i>Sulphuric acid</i>	<i>Phenol</i>
<i>Ethyl acrylate</i>	<i>Indole</i>
<i>Methyl acrylate</i>	<i>Iodine</i>
<i>Acrylonitrile</i>	<i>Iodoform</i>
<i>Amyl alcohol</i>	<i>Menthol</i>
<i>Butyl alcohol</i>	<i>Mercaptans</i>
<i>Ethyl alcohol</i>	<i>Methylbutylketone</i>
<i>Isopropyl alcohol</i>	<i>Methylcellosolve</i>
<i>Propyl alcohol</i>	<i>Methylchloroform</i>
<i>Acetic anhydride</i>	<i>Methylsobutylketone</i>
<i>Aniline</i>	<i>Methylcyclohexane</i>
<i>Benzene</i>	<i>Methylcyclohexanol</i>
<i>Benzol</i>	<i>Methylcyclohexanone</i>
<i>Bromium</i>	<i>Methyl mercaptan</i>
<i>Butylcellosolve</i>	<i>Glycol monochloridrin</i>
<i>Camphor</i>	<i>Monochlorobenzene</i>
<i>Cellosolve</i>	<i>Naphthaline</i>
<i>Kerosene</i>	<i>Nicotine</i>
<i>Chlorobenzene</i>	<i>Nitrobenzene</i>
<i>Chlorobutadiene</i>	<i>Nitroethane</i>
<i>Chloroform</i>	<i>Nitromethane</i>
<i>Chloronitropropane</i>	<i>Nitropropane</i>
<i>Chloropicrin</i>	<i>Nitrotoluene</i>
<i>Butyl chloride</i>	<i>Nonane</i>
<i>Methylene chloride</i>	<i>Octane</i>
<i>Propyl chloride</i>	<i>Ozone*</i>
<i>Sulphur compounds</i>	<i>Mesityl oxide</i>
<i>Creosote</i>	<i>Pentanone</i>
<i>Cresol</i>	<i>Perchloroethylene</i>
<i>Crotonaldehyde</i>	<i>Propyl mercaptan</i>
<i>Cyclohexane</i>	<i>Ethyl silicate</i>
<i>Cyclohexanol</i>	<i>Turpentine</i>
<i>Cyclohexanone</i>	<i>Tetrachlorethane</i>
<i>Decane</i>	<i>Tetrachlorethylene</i>
<i>Dibromoethane</i>	<i>Carbon tetrachloride</i>
<i>Dichlorobenzene</i>	<i>Toluene</i>
<i>Dichloroethane</i>	<i>Trichlorethylene</i>

Dicloretilene
Dicloretilere
Dicloronitroetano
Dicloropropano

Xilolo

Dichloroethylene
Dichloroethylether
Dichloronitroethane
Dichloropropane

B

Sostanze nei confronti delle quali i carboni attivi dimostrano una buona capacità di adsorbimento

Acetone	Dietilammina
Acetato di metile	Esano
Acido cianidrico	Etere etilico
Acido formico	Etere metilico
Acido iodidrico	Etilammina
Acido nitrico	Fluorotriclorometano
Acroleina	Formiato di etile
Alcool metilico	Formiato di metile
Aldeide propionica	Fosgene
Anidride solforica	Freon
Bromuro di etile	Gas tossici
Bromuro di metile	Idrogeno solforato
Butadiene	Isoprene
Cloro	Monofluorotriclorometano
Cloruro di etile	Ossido di etilene
Cloruro di metile	Pentano
Cloruro di vinile	Pentene
Diclorodifluorometano	Solventi diversi
Dicloromonofluorometano	Solfuro di carbonio
Diclorotetrafluoroetano	

C

Sostanze poco adsorbite dai carboni attivi in condizioni normali

Acetaldeide
Acido bromidrico
Acido cloridrico
Acido fluoridrico
Ammine
Ammoniaca
Biossido d'azoto
Butano
Butene
Formaldeide
Gas solforosi
Propano
Propene

D

Sostanze praticamente non adsorbite dai carboni attivi in condizioni normali

Acetilene
Acido carbonico
Etano
Etilene
Idrogeno
Metano
Monossido di carbonio
Perossido di azoto

* Per l'ozono il carbone attivo reagisce da catalizzatore

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Il costo specifico di acquisto per applicazioni che non richiedono accorgimenti costruttivi particolari è compreso tra 1 e 1,4 € / (m³/h) di aria trattata. Il costo di esercizio deve essere calcolato caso per caso.

B

Substances for which the activated carbons show a good adsorption capacity

<i>Acetone</i>	<i>Diethylamine</i>
<i>Methyl acetate</i>	<i>Hexane</i>
<i>Hydrocyanic acid</i>	<i>Ethyl ether</i>
<i>Formic acid</i>	<i>Methyl ether</i>
<i>Hydriodic acid</i>	<i>Ethylamine</i>
<i>Nitric acid</i>	<i>Fluorotrichloromethane</i>
<i>Acrolein</i>	<i>Ethyl formate</i>
<i>Ethyl alcohol</i>	<i>Methyl formate</i>
<i>Propionaldehyde</i>	<i>Phosgene</i>
<i>Sulphur dioxide</i>	<i>Freon</i>
<i>Ethyl bromide</i>	<i>Toxic gases</i>
<i>Methyl bromide</i>	<i>Hydrogen sulphide</i>
<i>Butadiene</i>	<i>Isoprene</i>
<i>Chlorine</i>	<i>Monofluorotrichloromethane</i>
<i>Ethyl chloride</i>	<i>Ethylene oxide</i>
<i>Methyl chloride</i>	<i>Pentane</i>
<i>Vinyl chloride</i>	<i>Pentene</i>
<i>Dichlorodifluoromethane</i>	<i>Various solvents</i>
<i>Dichloromonofluoromethane</i>	<i>Carbon disulphide</i>
<i>Dichlorotetrafluoroethane</i>	

C

Substances scarcely adsorbed by activated carbons under normal conditions

Acetaldehyde
Hydrobromic acid
Hydrochloric acid
Hydrofluoric acid
Amines
Ammonia
Nitrogen dioxide
Butane
Butene
Formaldehyde
Sulphurous gases
Propane
Propene

D

Substances practically not adsorbed by activated carbons under normal conditions

Acetylene
Carbonic acid
Ethane
Ethylene
Hydrogen
Methane
Carbon monoxide
Nitrogen peroxide

* For ozone, the activated carbon reacts as catalyst

8. INFORMATION REGARDING COST

Specific purchasing cost for applications not requiring special design arrangements is between 1 and 1.4 € / (m³/h) of air handled. The running cost should be calculated in each individual case.

IMPIANTO DI ADSORBIMENTO SU CARBONE ATTIVO CON RECUPERO SOLVENTE

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Adsorbimento fisico su carbone attivo.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Sostanze organiche volatili (SOV), l'impianto in oggetto si presta in particolar modo al trattamento di aria contenente un solo solvente.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Se opportunamente dimensionati si ottengono rese di abbattimento del 99%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

“Per avere un futuro non si deve distruggere. Usa i solventi e recuperali dando fine sia allo spreco che alla ricerca dei prodotti e sistemi alternativi a scapito della qualità e con alti costi”.

Con questo slogan nato già nei primi anni '80 quando la Ventilazione Industriale srl si è orientata sugli impianti di recupero solventi con strippaggio a vapore, l'azienda ha voluto attirare su di sé l'attenzione di molti settori industriali tra cui stampatori su carta, metallo e film plastico, distillerie, cartiere, fonderie, plastificatori ecc. mandando a questi il messaggio che ora è possibile usufruire di un impianto pilota per definire con precisione quali debbono essere il processo e le condizioni ottimali di funzionamento per ottimizzare al meglio l'investimento proposto. L'utilizzo di tale impianto si allinea inoltre alle esigenze ecologiche della società in cui viviamo, poiché oltre a garantire un sicuro risparmio monetario, esso consente di rendere completamente disinquinata l'aria saturata di solvente e di cattivi odori emessi in atmosfera.

4.1 Principio di funzionamento

Sono 4 le fasi salienti di un processo di recupero solventi:

- A. separazione dall'aria del solvente mediante adsorbimento su carbone attivo
- B. desorbimento tramite vapore
- C. separazione del solvente dall'acqua attraverso la disidratazione del solvente idrato
- D. distillazione del solvente

Il processo di recupero completo è così sintetizzabile:

La vena di aria inquinata dai vapori di solvente viene preliminarmente filtrata e quindi, tramite aspirazione forzata, inviata alla batteria di adsorbitori a carbone attivo. Questo trattiene il solvente presen-

ACTIVATED CARBON ADSORPTION PLANTS (TYPE WITH SOLVENT RECOVERY)

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Physical adsorption on activated carbon.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Volatile organic compounds (VOC), the above plant is particularly suitable for cleaning air containing just one solvent.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

When suitably dimensioned, collection efficiencies of 99% are obtained.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

“To ensure a future, we must not destroy. Use solvents and recover them thus avoid waste and search for products and alternative systems at the expense of quality and with high costs”.

With this slogan dating well back to the early 1980's when Ventilazione Industriale srl was turning towards solvent recovery plants with steam stripping, the company wished to attract the attention of many industrial sectors including printers on paper, metal and plastic film, distilleries, paper mills, foundries, plastic coating firms etc. by informing them that it is now possible to make use of a pilot plant to define with a high degree of accuracy what should be the process and optimum running conditions to best optimize the proposed investment. Moreover the use of such plant is in line with the ecological requirements of the society in which we live, because besides guaranteeing a very certain saving in money, it allows full cleaning of the air saturated with solvent and removal of obnoxious odours emitted in the atmosphere.

4.1 Principle of operation

There are 4 main phases in a solvent recovery process, namely:

- A. *separation of the solvent from the air by adsorption on activated carbon*
- B. *desorption through steam*
- C. *separation of the solvent from the water by dehydrating the hydrated solvent*
- D. *distillation of the solvent*

The full recovery process can be summed up as follows:

The air stream contaminated with solvent vapours is first filtered and then sent, through forced exhaust, to the bank of activated carbon adsorbers. This captures the solvent present in the air so that

te nell'aria in modo che questa possa venire scaricata in atmosfera direttamente attraverso un camino.

La filtrazione meccanica a monte ha lo scopo di trattenere eventuali microparticelle solide contenute nel flusso gassoso le quali comprometterebbero in parte la capacità di adsorbimento del carbone. La fase di adsorbimento viene alternata con la fase di rigenerazione a intervalli prestabiliti o quando il carbone ha raggiunto lo stato di saturazione tale al quale corrisponde una diminuzione ponderata della efficienza di depurazione della vena in ingresso. La durata delle fasi di adsorbimento e di rigenerazione è in genere di 1 ora.

La rigenerazione, o desorbimento, avviene per mezzo di un flusso di vapore d'acqua diretto che ha il potere di strappare il solvente dal carbone in modo da ottenere all'uscita degli adsorbitori una miscela di solvente e vapore. Con tale tecnologia viene sfruttata la capacità termica del fluido e il suo calore latente di evaporazione; ciò è particolarmente significativo quando il solvente contenuto nella vena da depurare forma un "azeotropo" caratterizzato da una temperatura di ebollizione inferiore a quella dell'acqua. La miscela vapore/solvente viene quindi raffreddata e condensata con l'ausilio di uno scambiatore di calore a fascio tubiero e acqua di raffreddamento e inviata ad un decantatore ove si ottengono:

- una fase organica costituita da solvente idrato
- una fase acquosa (acque madri) costituita da acqua satura di solvente.

Dal decantatore viene estratta la fase organica che viene disidratata mediante un letto di cloruro di calcio contenuto in un serbatoio cilindrico, detta colonna di essiccazione.

Il solvente disidratato viene inviato successivamente in una colonna di distillazione ove viene raffinato da impurità residue e abilitato per essere riutilizzato nel ciclo produttivo. Le acque madri estratte dal decantatore vengono invece inviate in un ribollitore la cui funzione è quella di estrarre, per mezzo di evaporazione a bassa temperatura, il solvente in esse contenute e mandate quindi al condensatore per il riciclo. La fase acquosa pesante, impoverita di solvente, verrà inviata in una fase evaporativa che terrà bassa la temperatura dell'acqua utilizzata in circuito chiuso nelle sezioni dell'impianto di adsorbimento. Le varie manovre dell'impianto vengono impostate a distanza per mezzo di una quadro di comando centralizzato utilizzando aria compressa a 7 atm come fluido di servocomando. Opzione: volendo spingere ulteriormente la disidratazione del solvente recuperato, è possibile corredare l'impianto di un serbatoio volano per alimentare una colonna azeotropica di essiccazione spinta.

the air can be discharged directly into the atmosphere via a stack.

Purpose of the upstream mechanical filtration is to capture any solid microparticles contained in the gaseous stream which would partly impair the adsorption capacity of the activated carbon. The adsorption phase is alternated with the regeneration phases at fixed intervals or when the activated carbon has reached the state of saturation to which corresponds a timed-weighted decrease in filtration efficiency of the air stream at the inlet. Duration of the adsorption and regeneration phases is normally 1 hour.

Regeneration, or desorption, is by a direct flow of steam which has the power to strip the solvent from the activated carbon so as to obtain a mixture of solvent and vapour at the adsorber outlet. With such technology, maximum use is made of the thermal capacity of the fluid and its latent heat of evaporation; this is particularly significant when the solvent contained in the dirty air stream forms an "azeotrope" characterized by a boiling point lower than that of water. The vapour/solvent mixture is subsequently cooled and condensed with the aid of a tube bundle heat exchanger and the cooling water then it is sent to a decanter where the following is obtained:

- *a organic phase consisting of hydrated solvent*
- *a aqueous phase (mother liquors) consisting of water saturated with solvent.*

The organic phase is extracted from the decanter. This organic phase is then dehydrated by means of a calcium chloride bed contained in a cylindrical tank, called drying column.

The dehydrated solvent is then sent to a distillation column where it is refined from residual impurities and is prepared for reuse in the production cycle. The mother liquors extracted from the decanter are sent to a reboiler unit whose function is that of extracting the solvent contained in them through low temperature evaporation, then they are sent to the condenser for recycling. The heavy aqueous phase, after solvent removal, is sent to an evaporating stage which holds a low temperature of the water used in closed circuit in the sections of the adsorption plant. The various manoeuvres of the plant are remotely set via a centralized control panel using compressed air at 7 atm. as servocommand fluid.

Option: to achieve a higher performance in dehydrating the recovered solvent, the plant can be provided with a storage tank feeding a high-performance drying azeotropic column.

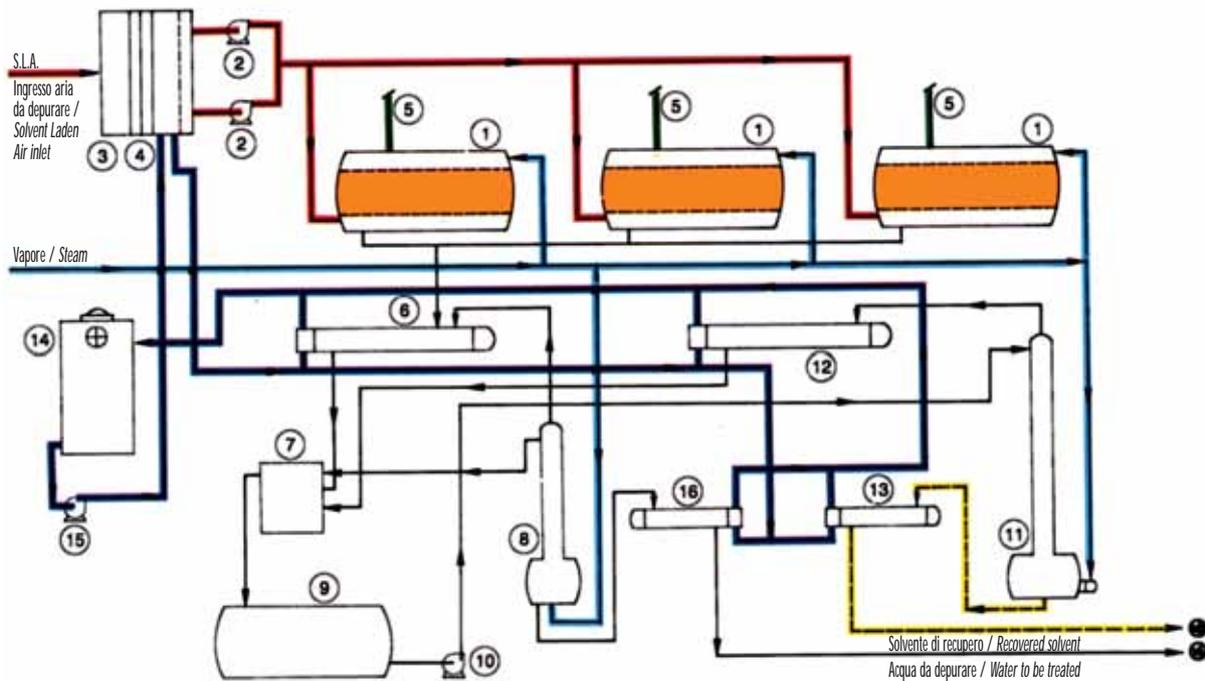


Figura 1. Schema di un impianto di recupero per adsorbimento su carboni attivi e rigenerazione a vapore. In rosso è evidenziato il percorso dell'aria inquinata attraverso gli adsorbitori (1), contenenti i letti di carbone attivo; in verde quello dell'aria pulita ai camini; il percorso del vapore di rigenerazione è evidenziato in azzurro chiaro, quello del solvente recuperato in giallo e in blu l'uscita dell'acqua verso l'impianto di depurazione.
 Legenda: 1) adsorbitori; 2) ventilatori; 3) filtro; 4) refrigerante; 5) scarico aria depurata; 6) e 12) condensatori di vapori; 7) separatore; 8) stoccaggio intermedio solvente; 10) e 15) pompe; 11) colonna di disidratazione solvente; 13) refrigerante del solvente; 14) refrigerante ad aria; 16) refrigerante dell'acqua.

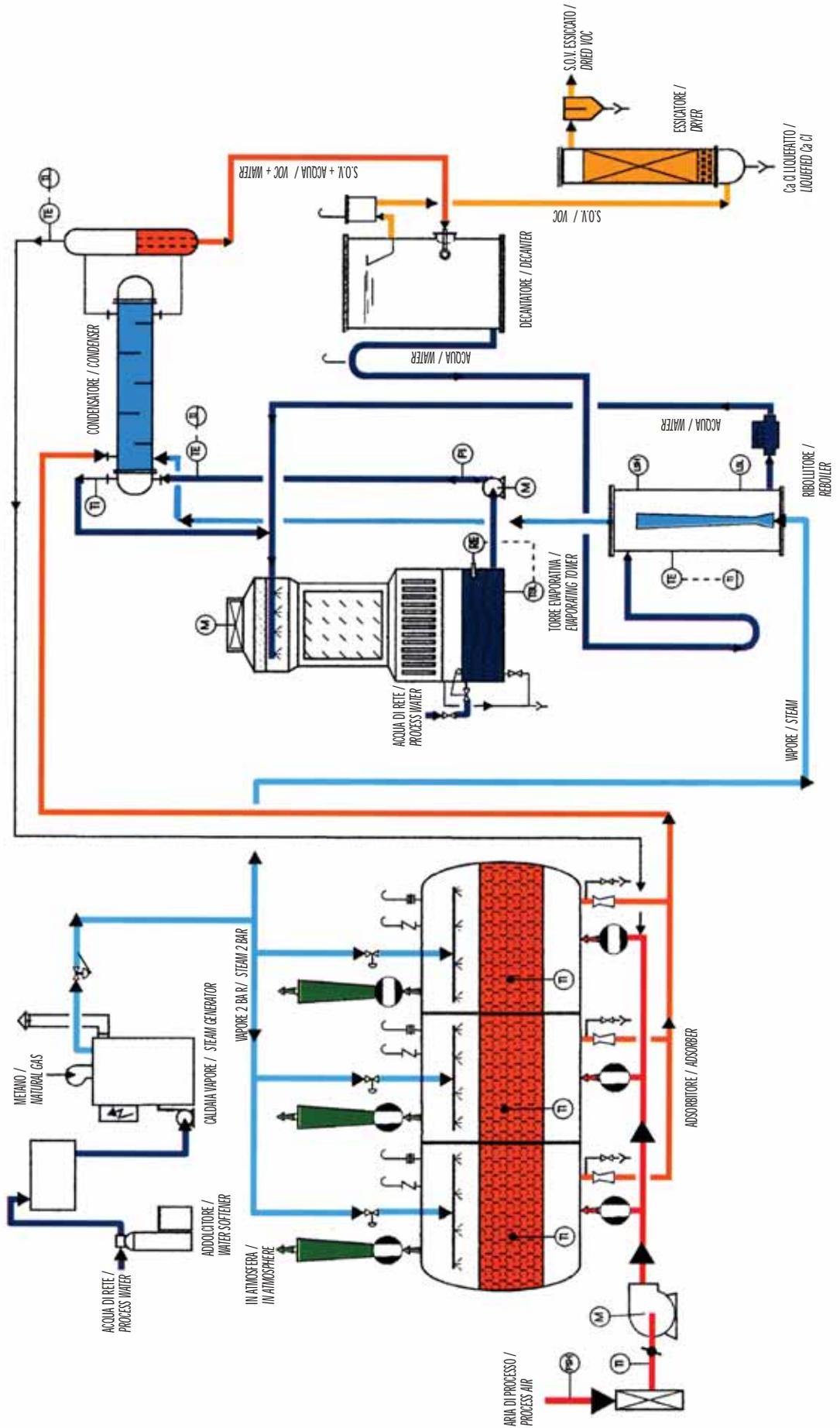
Figure 1. Diagram of an activated carbon adsorption plant with steam regeneration. Highlighted in red is the path of the dirty air through adsorbers (1), containing the activated carbon beds; while the path of the clean air to the stacks is highlighted in green; the path of the regenerating steam is shown in light blue, that of the recovered solvent in yellow while the path in dark blue shows the outflow of water to the water treatment plant.
 Legend: 1) adsorbers; 2) fans; 3) filter; 4) cooler; 5) clean air discharge; 6) and 12) vapour condensers; 7) separator; 8) intermediate solvent storage; 10) and 15) pumps; 11) solvent dehydrating column; 13) solvent cooler; 14) air cooler; 16) water cooler.



Lato distilleria di impianto recupero solvente a 6 adsorbitori

Distillation side, solvent recovery plant with 6 adsorbers

SCHEMA DI PROCESSO IMPIANTO DI RECUPERO SOLVENTE
PROCESS DIAGRAM OF SOLVENT RECOVERY PLANT



4.2 Impianto a vapore per recupero solvente tipo “monoblocco multicelle”

Descrizione

Questo tipo di impianto “monoadsorbitor” si applica egregiamente per carichi di solvente da 4 a 60 kg/ora.

L’uso dell’impianto risulta estremamente semplificato in quanto, durante la normale giornata lavorativa non richiede alcun intervento, assolvendo in modo autonomo la sua funzione di depuratore.

Soltanto al termine della giornata lavorativa, e per pochi minuti, si provvederà alla rigenerazione con vapore dei carboni attivi, predisponendo l’impianto per la giornata successiva.

Dalla rigenerazione con vapore si ottengono due fasi liquide distinte:

una leggera

- Costituita essenzialmente dai solventi leggeri deadsorbiti che possono essere eventualmente re-impiegati

una pesante

- Costituita dalle borlande liquide che potranno essere successivamente strippate.

4.2 Activated carbon solvent recovery plant, steam regeneration, “multi-cell single body” type

Description

This type of “single-adsorber” plant is particularly suitable for solvent loads from 4 to 60 kg/hour.

Use of the plant is very much simplified because, during the normal workday, no operation is necessary as its air cleaning function is self-contained.

Just at the end of the working day and only for a few minutes, it is necessary to regenerate the activated carbon with steam, thus preparing the plant for the next day.

Two distinct liquid phases are obtained after steam regeneration, namely:

a light phase

- Essentially consisting of light desorbed solvents which can be reused if necessary

a heavy phase

- Consisting of liquid pulp which can be subsequently stripped.



5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Gli impianti di recupero solvente trovano impiego nei processi industriali dove vi sono delle importanti emissioni di solvente con un interessante valore economico. Stamperie, industrie chimiche, accoppiamento film plastico, produzione nastri adesivi, ecc.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: recupero dell'inquinante abbattuto, basso costo di gestione, abbassamento costi di produzione.

Svantaggi: utilizzo dell'impianto nella maggior parte dei casi con un solo tipo di solvente, la gestione dell'impianto non risulta semplice come con altre tecnologie.

7. CALCOLI E TABELLE

Di seguito verrà illustrato uno schema di calcolo semplificato per il dimensionamento di un adsorbente a carbone attivo con rigenerazione del carbone tramite vapore.

Legenda:

Q: portata d'aria (m³/h)

M: flusso di massa solvente (kg/h)

V: velocità di attraversamento su carbone attivo (m/sec)

C: carico percentuale in peso di solvente in carbone attivo (% in peso)

S: sezione letto carbone attivo (m²)

h: altezza letto carbone attivo (m)

Ps: peso specifico carbone attivo (kg/m³)

Vc: volume carbone attivo (m³)

Pc: peso carbone attivo (kg)

Mc: solvente adsorbito del letto di carbone attivo (kg)

T: tempo di saturazione carbone attivo (h)

Qv: quantità vapore necessario per la rigenerazione del carbone attivo (kg)

Calcolo della sezione del letto di carbone attivo:

$$S = \frac{(Q/3600)}{V}$$

(per V si adotta un valore compreso tra 0,5 e 0,33 m/sec)

Calcolo del letto del carbone attivo:

$$Vc = Sxh$$

(se non vi sono considerazioni particolari riguardo la concentrazione di solvente nell'aria h ha un valore di 0,7-0,8 m)

Calcolo del peso del letto di carbone attivo:

$$Pc = VcxPs$$

(Ps dipende dal tipo di carbone, tendenzialmente è compreso tra 400 e 500 kg/m³)

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

The solvent recovery plants find application in industrial processes where there are appreciable solvent emissions with a certain degree of economic value. Printing works, chemical industries, plastic film bonding, adhesive tape production, etc.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: recovery of the contaminant captured, low running cost, lower production costs.

Disadvantages: the plant is used mainly in those cases with just one type of solvent. Plant running is not so easy as is the case with other technologies.

7. CALCULATIONS AND TABLES

The following is a simplified calculation scheme for dimensioning an activated carbon adsorption plant with steam regeneration of the activated carbon.

Legend:

Q: air flow (m³/h)

M: flow of solvent mass (kg/h)

V: face velocity on activated carbon (m/sec)

C: percentage loading by weight of solvent in activated carbon (% by weight)

S: section of activated carbon bed (m²)

h: height of activated carbon bed (m)

Ps: specific gravity of activated carbon (kg/m³)

Vc: volume of activated carbon (m³)

Pc: weight of activated carbon (kg)

Mc: solvent adsorbed by activated carbon bed (kg)

T: activated carbon saturation time (h)

Qv: quantity of steam required for regeneration of the activated carbon (kg)

Calculation of the activated carbon bed

$$S = \frac{(Q/3600)}{V}$$

(for V a value lying between 0.5 and 0.33 m/sec is adopted)

Calculation of the activated carbon bed:

$$Vc = Sxh$$

(if there are no special consideration regarding the concentration of solvent in air, h has a value of 0.7-0.8 m)

Calculation of the activated carbon bed weight:

$$Pc = VcxPs$$

(Ps depends on the type of activated carbon; it tends to lie between 400 and 500 kg/m³)

Calcolo della quantità di solvente adsorbito dal letto di carbone attivo:

$$M_c = P_c \times \left(\frac{C}{100} \right)$$

(un valore approssimato di c può essere considerato come un terzo del valore di caricamento percentuale massimo del solvente specifico in carbone attivo)

Calcolo della quantità di vapore necessaria alla rigenerazione del carbone attivo:

$$Q_v = M_c \times 4,5$$

(approssimativamente si può ritenere che per stripping un kg di solvente accorrono 4-5 kg di vapore)

Calcolo del tempo di saturazione del letto di carbone attivo:

$$T = \frac{M_c}{M}$$

Sulla base del letto di saturazione del letto di carbone attivo e alla quantità di vapore necessaria alla rigenerazione si decide se adottare un adsorbitore singolo o diversi adsorbitori utilizzati a rotazione, tenendone sempre uno in rigenerazione.

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Un impianto a carbone attivo con rigenerazione a vapore in base al tipo di solvente, alla quantità dell'aria da trattare, alla concentrazione del solvente e alla quantità richiesta del solvente recuperato può essere progettato e costruito in svariate configurazioni con una svariata gamma di accessori. E' quindi difficile fare delle considerazioni attendibili sui costi dell'impianto.

Calculation of the quantity of solvent adsorbed by the activated carbon bed:

$$M_c = P_c \times \left(\frac{C}{100} \right)$$

(an approximate value of c can be taken as one third of the value of max. percentage loading of the specific solvent in activated carbon)

Calculation of the quantity of steam required for regeneration of activated carbon:

$$Q_v = M_c \times 4,5$$

(approximately it can be considered that 4 – 5 kg of steam are required for stripping one kg of solvent)

Calculation of the saturation time of the activated carbon bed:

$$T = \frac{M_c}{M}$$

The decision of whether to adopt a single activated carbon adsorber or various adsorbors used in rotation, with one always kept in regeneration, will depend on the saturation of the activated carbon bed and the quantity of steam required for regeneration.

8. INFORMATION REGARDING COST

An activated carbon plant with steam regeneration depending on the type of solvent, quantity of air to be handled, solvent concentration and the required quantity of recovered solvent can be designed and built in various configurations with a widely differing range of accessories. Hence it is difficult to make reliable considerations regarding plant costs.

IMPIANTI CATALITICI PER LA BONIFICA DI SOLVENTI IN EFFLUENTI GASSOSI

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Ossidazione con supporto di catalizzatore.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Tutti gli idrocarburi non alogenati.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

E' possibile raggiungere rese di conversione superiori al 99%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

4.1 - Il processo di combustione catalitica

4.1.1 - Lo scopo dell'impianto è di depurare e di deodorizzare correnti gassose provenienti da processi industriali.

Qualsiasi processo di combustione è il prodotto dell'ossidazione delle molecole organiche formate da atomi di carbonio e di idrogeno; la cui reazione esotermica dà come prodotti anidride carbonica (CO₂) e vapore acqueo (H₂O).

Nella combustione a fiamma libera si verificano numerosi fenomeni: in particolare, se sono presenti atomi di cloro (Cl) e di Zolfo (S), questi ultimi dopo la scissione termica della molecola danno come prodotti della reazione rispettivamente HCl e SO_x i quali dovrebbero essere abbattuti nel caso fossero presenti in quantità superiori ai valori ammessi.

La combustione ad alta temperatura, in eccesso d'aria, genera quantità di NO_x in rapporto diretto con la temperatura. In presenza di sostanze clorate e catene polimeriche nei fumi della combustione ad alta temperatura si possono generare sostanze aromatiche policlorurate.

4.1.2 - Nel processo di combustione, in presenza di un catalizzatore, alla temperatura di circa 260-450° C questi fenomeni sono annullati.

Ad una temperatura tra i 260 ed i 450°C, le molecole della stragrande maggioranza delle SOV in aria, al contatto con la parte attiva del catalizzatore appropriato, vengono scisse. L'aeriforme da depurare viene portato alla temperatura di innesco della combustione dapprima mediante preriscaldamento in uno scambiatore e poi, se necessario, mediante il calore prodotto dalla combustione del combustibile di supporto che normalmente è metano.

L'ossidazione degli inquinanti può essere realizzata con un rendimento che può raggiungere il 100% se il tempo di contatto tra effluente da depurare e catalizzatore è adeguato.

CATALYTIC PLANTS FOR CLEAN-UP OF SOLVENTS IN GASEOUS STREAMS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Oxidation with catalyst support.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

All non-halogenated hydrocarbons.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Conversion efficiencies exceeding al 99% can be obtained.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

4.1 - The catalytic combustion process

4.1.1 - *Purpose of the plant is to clean and deodorize gaseous streams coming from industrial processes.*

Any combustion process is the product of the oxidation of organic molecules formed by atoms of carbon and hydrogen whose exothermic reaction gives carbon dioxide (CO₂) and water vapour (H₂O) as products.

In direct-flame combustion many phenomena occur: above all, if atoms of chlorine (Cl) and sulphur (S) are present; these give as reaction products, after thermal decomposition of the molecule, HCl and SO_x respectively which require removal if present in quantities exceeding the permissible levels.

High temperature combustion, in excess air, generates quantities of NO_x in direct proportion to the temperature. If chlorinated substances and polymeric chains are present in the combustion fumes at high temperature, aromatic polychlorinated substances could be produced.

4.1.2 - *Such phenomena are eliminated in combustion processes carried out in the presence of a catalyst at the temperature of approx. 260-450° C.*

At a temperature between 260 and 450°C, the molecules of most of the VOCs in the air are decomposed upon coming into contact with the activated part of the appropriate catalyst. The gaseous stream to be cleaned is first brought to the combustion ignition temperature by preheating in a heat exchanger and then, if necessary, through the heat produced by the combustion of the auxiliary fuel which is normally natural gas.

Oxidation of the pollutants can be achieved with an efficiency up to 100% if there is an adequate contact time between the effluent to be cleaned and the catalyst.

L'adeguato tempo di contatto è assicurato dal corretto dimensionamento del letto catalitico.

Il contenuto termico della corrente gassosa depurata è recuperato in parte tramite uno scambiatore per il preriscaldamento della corrente gassosa da depurare.

La temperatura di preriscaldamento e quindi l'efficienza dello scambiatore vengono stabiliti in funzione delle quantità degli inquinanti e in base al risparmio energetico che si vuole ottenere.

In genere l'efficienza dello scambiatore (che normalmente è del tipo a tubi lisci) è del 70% circa. Questo primo recupero può essere seguito da altre forme di recupero termico, attuate a valle dal processo, atte al preriscaldamento di aria, acqua oppure di olio diatermico.

4.1.3 - Un nuovo approccio, culturale e tecnologico, alla soluzione dei problemi di bonifica di correnti gassose inquinate è imposto dalla molteplicità dei processi, dalle condizioni di processo e dalla varietà dei parametri di sicurezza che occorre tenere presente di volta in volta nonché dall'insieme dei fattori di economicità che occorre bilanciare nei diversi processi.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

I combustori catalitici trovano impiego in tutte le industrie ove vi siano dei processi con emissione di aria con idrocarburi, impianti di stampa, accoppiamento film plastico, impianti chimici, ecc.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: semplicità di utilizzo, flessibilità rispetto a variazioni di concentrazioni inquinanti, possibilità di effettuare dei recuperi energetici supplementari, bassa richiesta di manutenzione.

Svantaggi: possibilità di avvelenamento catalizzatore, sostituzione periodica del catalizzatore.

7. CALCOLI E TABELLE

Noi vogliamo qui brevemente richiamare le procedure logiche ed elencare le questioni principali implicite nella svolta della combustione catalitica, per valutare gli aspetti di debolezza e di forza alla luce delle nuove e nuovissime proposte tecnologiche.

Queste sono pure le linee guida da noi seguite, in laboratorio, in officina e presso i Clienti, per affrontare in modo affidabile ed efficace i complessi problemi per la realizzazione di processi e tecnologie "pulite".

7.1 - Sequenza delle attività necessarie per la valutazione preliminare della tecnologia da adottare

7.2.1 - Comprensione del ciclo produttivo e in particolare:

- Transitori;
- Condizioni delle emissioni e loro rigorosa

Adequate contact time is ensured by correct dimensioning of the catalytic bed.

The heat content in the clean gaseous stream is partly recovered via a heat exchanger for preheating subsequent gaseous streams to be cleaned.

The preheating temperature and therefore efficiency of the heat exchanger should be determined according to the quantities of contaminants and the amount of energy to be saved.

Normally heat exchanger efficiency (usually of the smooth tube type) is approx. 70%.

The initial heat recovery can be followed by other forms of heat recovery, downstream of the process, and suitable for preheating the air, water or heat transfer oil.

4.1.3 - *A new cultural and technological approach to solving problems of treating polluted gaseous streams should be adopted owing to the very many processes as well as the process conditions and variety of safety parameters which must be taken into account each time, not to mention the cost-effectiveness factors to be balanced in the various processes.*

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

Catalytic combustion units find application in all those industries where there are processes with hydrocarbon-laden air, printing machines, bonding of plastic film, chemical plants, etc.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: user-friendly, flexibility in relation to variations in contaminant concentrations, provision for additional energy recovery, low maintenance requirements.

Disadvantages: risk of catalyst poisoning, periodic substitution of catalyst.

7. CALCULATIONS AND TABLES

Here we wish to give a brief survey of the logic procedures and list the main issues involved in catalytic combustion in order to assess its weak and strong points in the light of the new and very latest technological developments.

These are also the guidelines followed by us in the laboratory, in the workshop and at the Customers' premises to enable us to tackle, both reliably and effectively, the complex problems involved in the engineering of "clean" technologies and processes.

7.1 - Sequence of actions necessary for preliminary assessment of the technology to be adopted

7.2.1 - *Understanding of the production cycle, above all:*

- *Transients;*
- *Conditions of the emission and their strict*

dipendenza dal ciclo stesso (es.: portate, temperature, fumi, diluizione o concentrazione inquinanti, recupero termico utilizzabile, etc.).

7.1.3 - Analisi chimiche delle emissioni:

- Prelievi percentuali e loro esame completo in laboratorio;
- Monitoraggio "on line" per un tempo adeguato almeno delle principali molecole;
- Loro esame in relazione al ciclo produttivo e alla sua eventuale modifica.

7.1.4 - Fattibilità:

- Produzione di miscele sintetiche similari;
- Sperimentazione in laboratorio, con micro reattori, della tecnica più probabile.

7.1.5 - Test in campo con impianto pilota ed esame critico dei risultati.

7.1.6 - Dati di progetto per una valutazione Costi/Benefici.

7.2 - Elementi di valutazione per la scelta dell'impianto di combustione catalitica

7.2.1 - Scelta della natura chimica del catalizzatore

- Metalli preziosi;
- Ossidi misti.

7.2.2 - Parametri critici alla base della scelta della natura chimica:

- Avvelenamento;
- Shock termici;
- Natura dei prodotti di conversione;
- Costi.

7.2.3 - Caratteristiche chimico / fisiche del catalizzatore:

- Natura del supporto;
- Granulometria e perdite di carico;
- Conducibilità e scambio nel letto;
- Velocità spaziali.

7.2.4 - Innesco e recupero termico:

- Preriscaldamento elettrico;
- Preriscaldamento a gas;
- Temperatura di ingresso fumi nel reattore.

7.2.5 - Cicli di preconcentrazione

- Sistemi di controllo analitici da processo.

7.2.6 - Sicurezze:

- Chimiche;
- Elettriche.

7.3 - Fattore di carico e velocità spaziale

Un aspetto significativo del dimensionamento del letto catalitico è il fattore di carico dato dalla velocità spaziale. Per velocità spaziale si intende la quantità

dependence on the production cycle (e.g.: flow rates, temperatures, fumes, dilution or concentration of contaminants, useable heat recovery, etc.).

7.1.3 - Chemical analysis of the emissions:

- *Percentage sampling and their complete analysis in the laboratory;*
- *"On line" monitoring for an adequate time at least of the main molecules;*
- *Their examination in relation to the production cycle and their modification if necessary.*

7.1.4 - Feasibility:

- *Production of similar synthetic mixtures;*
- *Laboratory experiments with microreactors to determine the most suitable technique.*

7.1.5 - Field testing with pilot plant and critical examination of the results.

7.1.6 - Design data for Costs/Benefits evaluation.

7.2 - Assessment factors in choosing a catalytic incinerator

7.2.1 - Choice of the chemical nature of the catalyst

- *Precious metals;*
- *Mixed oxides.*

7.2.2- Critical parameters lying behind the choice of the chemical nature:

- *Poisoning;*
- *Thermal shocks;*
- *Nature of the conversion products;*
- *Costs.*

7.2.3 - Chemical / physical properties of the catalyst:

- *Nature of the support;*
- *Particle size and pressure drops;*
- *Conductivity and exchange in the bed;*
- *Space velocities.*

7.2.4 - Firing and heat recovery:

- *Electric preheating;*
- *Gas-fired preheating;*
- *Fume inlet temperature in the reactor.*

7.2.5 - Preconcentration cycles

- *In-process analytical testing systems.*

7.2.6 - Safety:

- *Chemical;*
- *Electrical.*

7.3 - Load factor and space velocity

An important aspect in dimensioning the catalytic bed is the load factor given by the space velocity. By space velocity we mean the quantity of gas which flows per unit of time in relation to the catalyst vol-

di gas che passa per unità di tempo in rapporto al volume di catalizzatore, ed è inversamente proporzionale al tempo di sosta del gas nei catalizzatori:

$$V_s \frac{Q_g}{V_k}$$

in cui:

V_s = velocità spaziale (h-l)

Q_g = quantità di gas che attraversa il letto catalitico

V_k = volume di catalizzatore

Le velocità spaziali utilizzabili, normalmente sono in pratica tra le 5000 e le 20000 h-l e dipendono:

- dal grado di purezza delle emissioni richiesto;
- dalla temperatura;
- dalla perdita di pressione consentita.

Ad una temperatura costante, il rendimento della conversione catalitica diminuisce, insieme alla purezza del gas, quando aumenta la velocità spaziale. D'altra parte si può ottenere una migliore conversione ad una velocità spaziale costante aumentando la temperatura.

7.4 - Temperatura di utilizzo

Temperature di reazione diverse ai catalizzatori devono essere utilizzate, secondo i componenti da rimuovere. Nella tabella 1 ad esempio, sono rappresentate le temperature di conversione di alcune molecole.

Si osservi come le reazioni esotermiche che avvengono nel catalizzatore portano ad un incremento di temperatura che in gran parte dipende dal grado di impurità.

I catalizzatori a metalli preziosi resistono in genere a temperature fino a 600°C.

I catalizzatori a base di ossidi possono resistere, in alcuni casi, fino oltre 1250°C.

Composti	Temperatura di soglia catalitica °C	Temperatura a cui si ha il 90% di conversione °C
Idrogeno	20	20
Ossido di carbonio	150	150-200
Benzene	180	250-300
Toluene	170	250-300
Xilene	200	250-300
β -pirene	190	250-300
Etanolo	180	250-300
n-eptano	180	250-300
Metilisobutilchetone	175	300-350
Metilchetone	175	300-350
Dimetilformammide	200	350-400
Etilacetato	270	400-450
Metano	300	400-450

Tab. 1 - Temperature caratteristiche per una data famiglia di catalizzatori di ossidazione (Pt)

ume and it is inversely proportional to the residence time of the gas in the catalysts.

$$V_s \frac{Q_g}{V_k}$$

where:

V_s = space velocity (h-l)

Q_g = quantity of gas flowing through the catalytic bed

V_k = volume of catalyst

The space velocities normally used lie between 5000 and 20000 h-l. They depend on:

- required degree of purity of the emissions;
- temperature;
- permissible pressure drop.

Under constant temperature, the efficiency of catalytic conversion decreases (together with the purity of the gas) as the space velocity increases. On the other hand, improved conversion at constant space velocity can be obtained by increasing the temperature.

7.4 - Reaction temperature

Different reaction temperatures should be used for the catalysts according to the components to be removed. For example, table 1 gives the conversion temperatures of certain molecules.

Note that the exothermic reactions taking place in the catalyst cause an increase in temperature which mainly depends on the degree of impurity.

Precious metal catalysts normally withstand temperatures up to 600°C.

In certain cases oxide-based catalysts can with

Compounds	Catalytic threshold temperature °C	Temperature at which 90% of conversion is obtained °C
Hydrogen	20	20
Carbon oxide	150	150-200
Benzene	180	250-300
Toluene	170	250-300
Xylene	200	250-300
β -pyrene	190	250-300
Ethanol	180	250-300
n-heptane	180	250-300
Methylisobutylketone	175	300-350
Methylketone	175	300-350
Dimethylformamide	200	350-400
Ethylacetate	270	400-450
Methane	300	400-450

Table 1 - Characteristic temperatures for a given family of oxidation catalysts (Pt)

Le temperature previste per una conversione catalitica ottimale vengono indicate sullo schema generale del sistema catalitico.

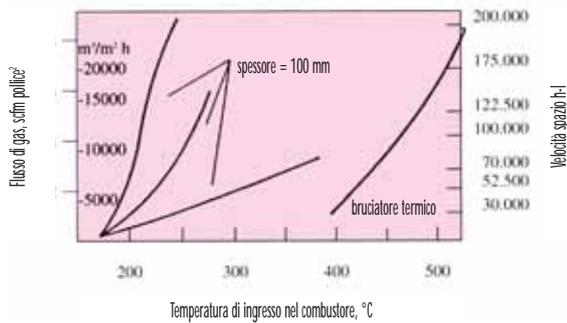


Fig. 2 - Andamento della temperatura minima di preriscaldamento per ottenere un abbattimento del 90%, in funzione della portata oraria dei gas da trattare.

7.5 - Perdite di pressione e velocità lineare

Un altro importante fattore, nel dimensionare un impianto catalitico, è la perdita di pressione. La perdita di pressione in un catalizzatore dipende principalmente dalla velocità lineare del gas e dalla perdita di carico del materiale catalitico.

Si può valutare preventivamente una perdita di carico, ad esempio, se si usa il metodo di calcolo Ergun. Questa equazione comprende sia il moto laminare che quello turbolento di perdita di carico.

Alla Fig. 3 è rappresentata la perdita di pressione calcolata in catalizzatori di forma diversa in rapporto alla velocità lineare.

Ai fini di una conversione catalitica ottimale, sono essenziali una certa turbolenza nel gas ed una perdita di pressione minima nel letto catalitico.

E' possibile ottenere risultati ottimali a velocità lineari di 0,1-0,5 m/s, ma in pratica si possono utilizzare velocità lineari diverse, in funzione delle altre condizioni operative (pressione, temperatura, viscosità dei gas, ecc.).

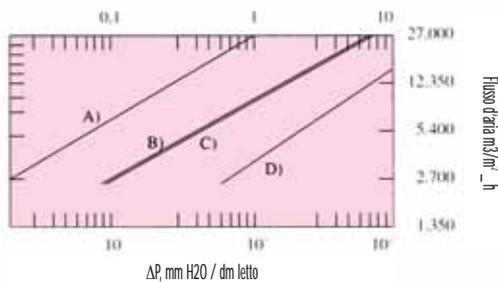


Fig. 3 - Andamento della perdita di carico, in funzione della portata oraria per m² di superficie e per uno spessore catalitico di 100 mm (catalizzatore: A e B = monoliti ceramici da 1/4" e da 1/8": C = rotoli di fogli metallici corrugati; D = sferette da 1/8"; Fluido = aria a condizioni ambiente).

The required temperatures for optimum catalytic conversion are indicated on the general layout of the catalytic system

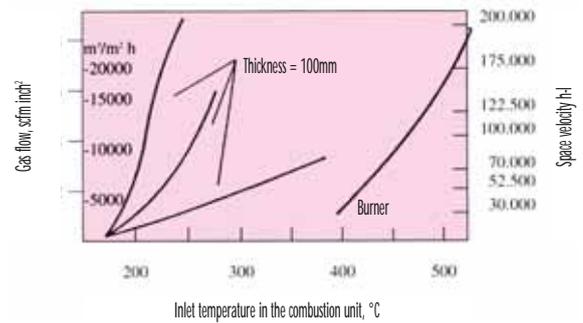


Fig. 2 - Minimum preheating temperature curves for obtaining a 90% abatement, in relation to the hourly flow rate of the gases to be cleaned.

7.5 - Pressure drops and linear velocity

Another important factor when dimensioning a catalytic incinerator, is the pressure drop. The pressure drop in a catalyst depends mainly on the linear velocity of the gas and the pressure drop of the catalytic material.

It is possible to assess the pressure drop beforehand; for example, by using the Ergun calculation method. This equation includes both the laminar and turbulent motions of the pressure drop.

Fig. 3 shows the calculated pressure drop in catalysts of different shape in relation to the linear velocity.

A certain turbulence in the gas and minimum pressure drop across the catalyst bed are essential for optimum catalytic conversion.

Excellent results can be obtained at linear velocities of 0.1-0.5 m/s, but in practice different linear velocities can be used, depending on the other operating conditions (pressure, temperature, viscosity of the gases, etc.).

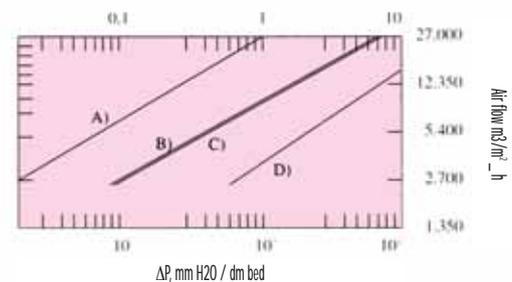


Fig. 3 - Pressure drop curves plotted against the hourly flow rate per m² of surface and for a catalyst thickness of 100 mm (catalyst: A and B = monolithic ceramics, size 1/4" and 1/8": C = rolls of corrugated metal sheets; D = 1/8" spheres; Fluid = air at ambient conditions).

7.6 - Esempio di applicazione:

Gas principale	: aria
Impurità	: 49/m ³
Purezza richiesta	: 99,5%
Portata di gas	: 5000 Nm ³ /h
Pressione	: 1 bar
Temperatura	: 30°C

In base alle condizioni e ai requisiti di reazione, si utilizza una velocità spaziale di 10000 h-l. Si calcola quindi il volume di catalizzatore richiesto:

$$\text{volume del catalizzatore} = \frac{\text{quantità di gas (Nm}^3/\text{h)}}{\text{velocità spaziale (h}^{-1}\text{)}} = \mathbf{0,5 \text{ m}^3}$$

La velocità lineare del gas nel letto del reattore può essere calcolata sulla base della quantità totale di gas delle dimensioni del reattore.

7.7 - Scelta del catalizzatore

La scelta del catalizzatore appropriato per ciascuna applicazione deve tenere conto oltre che degli aspetti tecnico / scientifici anche degli aspetti economici, logistici (dimensione spazi per allestimento dell'impianto). Alcuni esempi di catalizzatori sono rappresentati a pag. 91

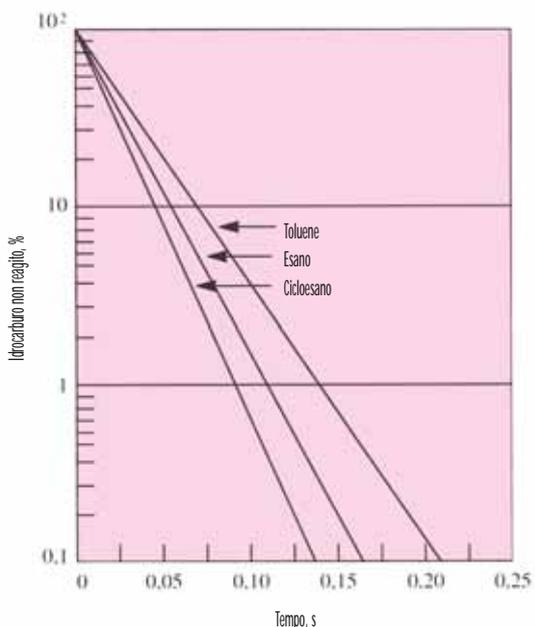


Fig. 4 - Velocità di ossidazione per via termica di vari tipi di idrocarburi in funzione del tempo di residenza.

7.6 - Application exemple:

Main gas	: air
Impurities	: 49/m ³
Required purity	: 99,5%
Gas flow rate	: 5000 Nm ³ /h
Pressure	: 1 bar
Temperature	: 30° C

On the basis of the conditions and reaction requirements, a space velocity of 10000 h-l is used. The required catalyst volume is calculated thus:

$$\text{volume of catalyst} = \frac{\text{quantity of gas (Nm}^3/\text{h)}}{\text{space velocity (h}^{-1}\text{)}} = \mathbf{0,5 \text{ m}^3}$$

The linear gas velocity in the reactor bed can be calculated on the basis of the total quantity of gas and the reactor dimensions.

7.7 - Choice of catalyst

Choice of the appropriate catalyst for each application should take into account, not only the technical / scientific aspects, but also the economic and logistics aspects (space requirements for incinerator set-up). Certain examples of catalysts are given on page 91

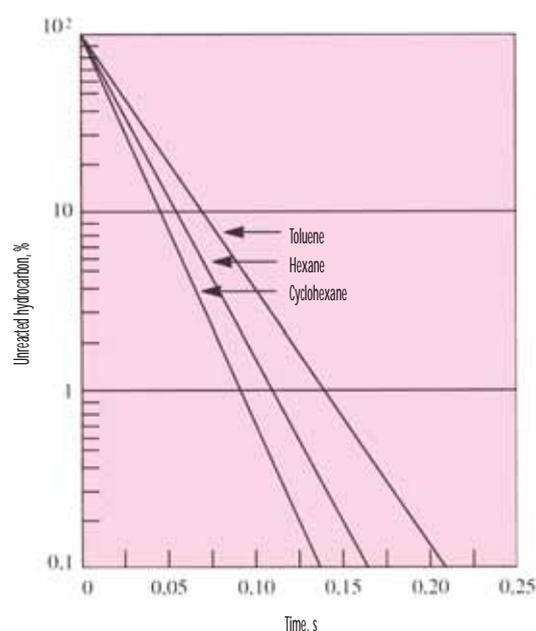


Fig. 4 - Rate of thermal oxidation of various types of hydrocarbons plotted against residence time.



Impianto di combustione catalitica da 8000 Nm³/h installato presso una ditta che sensibilizza lastre fotografiche in alluminio.

Catalytic combustion plant, 8000 Nm³/h, installed at a company sensitizing aluminium photographic sheets.

TIPI DI CATALIZZATORI

TYPES OF CATALYSTS



- N.1** Catalizzatore con supporto a nido d'ape al Platino (Pt)
- N.2** Catalizzatore ad anelli con basse perdite di carico
- N.3** Catalizzatore ad ossidi metallici per alte temperature
- N.4** Catalizzatore su sfere con Palladio (Pd)
- N.5** Catalizzatore ad ossidi metallici ad alta superficie specifica
- N.6** Catalizzatore in pellets con Platino per purificazione ad uso analitico
- N.7** Catalizzatore per il trattamento di ossidi di azoto
- N.8** Catalizzatore ad ossidi metallici ad alta efficienza e alta temperatura

- N.1** *Catalyst with honeycomb platinum (Pt) carrier*
- N.2** *Catalyst in rings with low pressure drops*
- N.3** *Metal oxide catalyst for high temperatures*
- N.4** *Catalyst in spheres based on palladium (Pd)*
- N.5** *Metal oxide catalyst with high specific surface*
- N.6** *Catalyst in pellets based on platinum for analytical grade purification*
- N.7** *Catalyst for treatment of nitrogen oxides*
- N.8** *Metal oxide catalyst, high efficiency type, for high temperatures*



Impianto di combustione catalitica da 10.500 Nm³/h installato presso una ditta che plastifica carta e cartone.

Catalytic combustion plant, 10,500 Nm³/h, installed in a paper and cardboard plasticizing company.

Dati analitici:

Inquinanti	Concentrazione (mg/ Nm ³)		Emissione oraria (g/h)	
	ingresso	uscita	ingresso	uscita
Acetone	0,8	0,4	8,5	4,2
Acetato di etile	1275	9,2	13387	96,5
Toluene	920	6,3	9660	66,5
Alcool etilico	1,2	0,8	-	8,4
SOT	2197	16,7	23056	175,7

Analytical data:

Contaminants	Concentration (mg/ Nm ³)		Hourly emission (g/h)	
	inlet	outlet	inlet	outlet
Acetone	0.8	0.4	8.5	4.2
<i>Ethyl acetate</i>	1275	9.2	13387	96.5
Toluene	920	6.3	9660	66.5
<i>Ethyl alcohol</i>	1.2	0.8	-	8.4
TOTAL	2197	16.7	23056	175.7

Profili di Temperatura / Temperature profiles

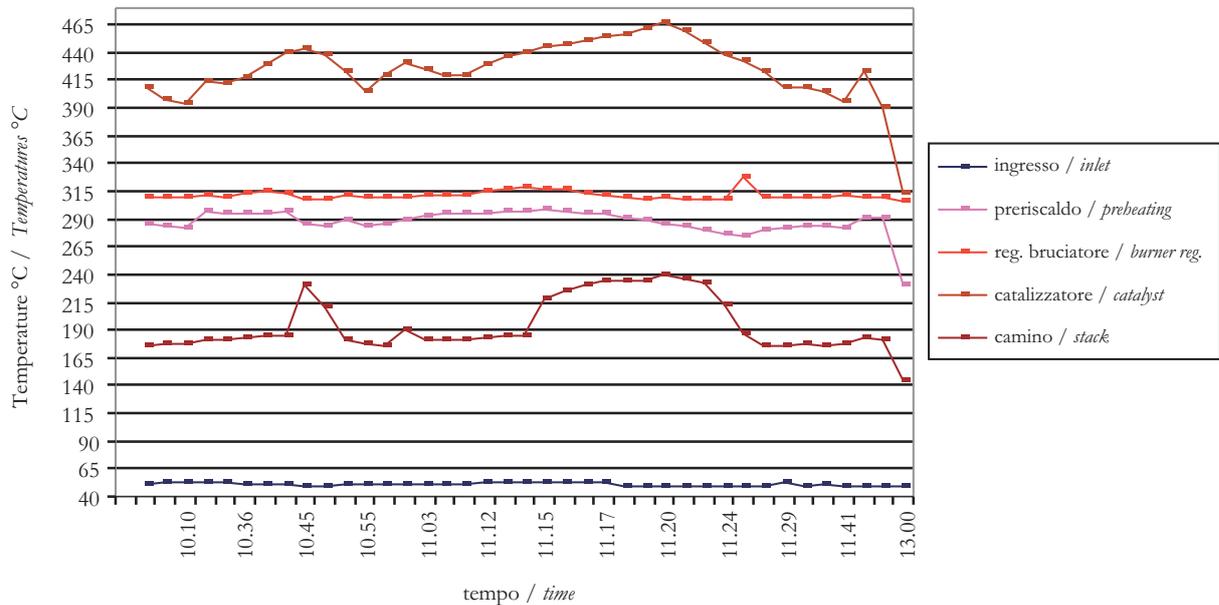


TABELLA DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI IMPIANTI CATALITICI
TABLE OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF CATALYTIC PLANTS

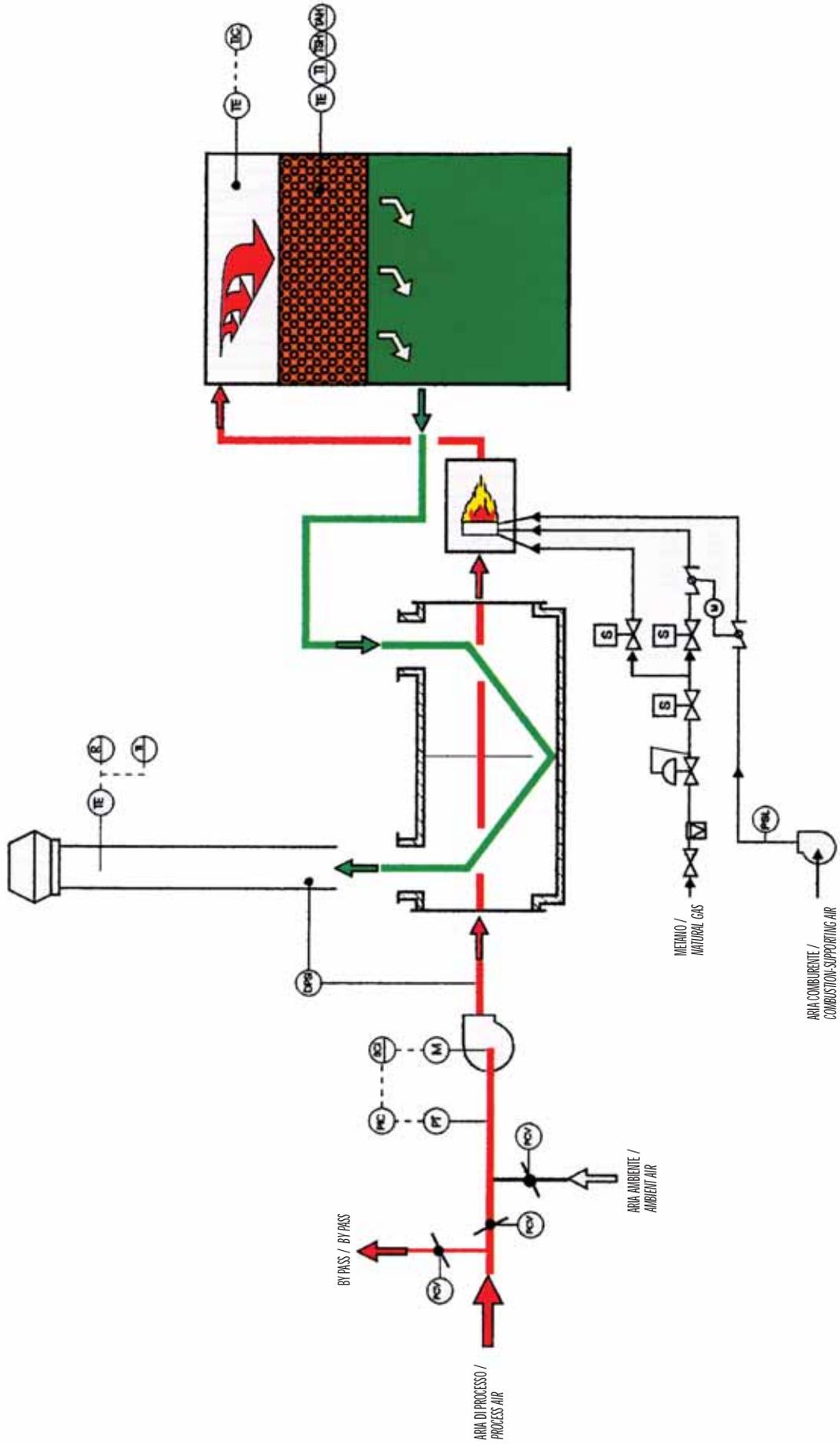
portata aria (m3/h) <i>air flow (m3/h)</i>	VENTILATORE PRINCIPALE <i>MAIN FAN</i>		DIMENSIONI IMPIANTO <i>PLANT DIMENSIONS</i>			numero bruciatori <i>number of burners</i>	potenzialità bruciatore <i>burner capacity</i>
	prevalenza (mmCA) <i>head (mmWG)</i>	potenza installata (Kw) <i>total installed power (Kw)</i>	lunghezza (m) <i>length (m)</i>	larghezza (m) <i>width (m)</i>	altezza (m) <i>height (m)</i>		
1000	350	1,5	7,7	1,20	3	1	50.000
2500	350	4	8,2	1,50	3	1	130.000
5000	350	7,5	11,71	1,72	4,5	1	250.000
7500	350	9	12,6	2,10	4,5	1	400.000
10000	350	15	12,92	2,43	5,5	1	500.000
15000	350	18,5	13,47	2,97	6	1	750.000
20000	350	30	14,08	3,43	6	1	1.000.000
25000	350	37	14	3,84	6	1	1.250.000
30000	350	37	14	4,62	6	1	1.500.000
35000	350	45	14	5,50	6	1	1.850.000
40000	350	55	14	6,00	6	1	2.000.000

Impianti con portate d'aria superiori o diverse possono essere realizzati su richiesta

*** I consumi relativi al normale funzionamento a regime dipendono dalla concentrazione dei solventi trattati e dal loro potere calorifico. L'autosostentamento si raggiunge con circa 4 gr/m³ di SOV con p.c.i. di 10.000 kcal/h.**

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

SCHEMA DI PROCESSO IMPIANTO CATALITICO
PROCESS DIAGRAM, CATALYTIC PLANT



8. INFORMAZIONI SUI COSTI

I numerosi risultati, espressi in letteratura, del confronto economico tra combustione termica e catalitica, mostrano che l'incenerimento per via catalitica è più conveniente in tutti i possibili tipi di gestione: da quello di massimo consumo di combustibile a quello di autosostentamento termico.

I margini di convenienza sono in realtà migliori di quelli indicati in letteratura, sia perché la durata del catalizzatore è largamente superiore alle 8.000 ore di vita sia perché si è ommesso di considerare a carico del sistema termico gli oneri derivanti dal maggior costo della camera di combustione (tipo di materiale e dimensioni) e dalla maggior spesa di energia consumata a causa delle perdite di carico della sezione di recupero in più che esso richiede. Ciò vale, evidentemente, per qualsiasi impianto di termodistruzione ad alta temperatura. Sono pure esclusi dal bilancio comparativo i costi della produzione di NOx e CO che invece nella combustione catalitica sono assenti.

Per quanto concerne la durata del catalizzatore si deve osservare che il suo avvelenamento, inteso come fenomeno irreversibile, non esiste praticamente, in quanto i buoni catalizzatori resistono ottimamente a tutti gli elementi chimici presenti nei solventi; mentre l'eventuale perdita di attività dovuta a contaminazione da polvere, nero fumo, ossidi metallici, aerosols, ha carattere temporaneo e può essere ripristinata mediante un opportuno trattamento di pulizia.

A seconda delle dimensioni dell'impianto e da eventuali esecuzioni speciali si può considerare un prezzo specifico di acquisto compreso tra 13 e 23 € /(m^3/h) di aria trattata.

8. INFORMATION REGARDING COST

The great number of results, reported in the literature, of economic comparison between thermal and catalytic combustion, show that catalytic incineration is the more advantageous in all possible types of control: from control over maximum fuel consumption to control in thermal self-supporting terms.

In actual fact, the margins of cost-effectiveness are better than those reported in the literature both because the life cycle of the catalyst is far greater than 8000 hours and because no consideration has been given to the onus due to the greater cost of the combustion chamber (type of material and size) and also the greater expense in energy consumed owing to the pressure drops required by the recovery section exceeding its requirements.

Obviously this applies to any type of high temperature incinerator systems. Furthermore the comparative balance does not include the costs of NOx and CO production, which, instead, are not present in catalytic combustion.

As regards the life cycle of the catalyst, it should be stressed that there is practically no poisoning (intended as an irreversible phenomenon) as good catalysts exhibit excellent resistance to all chemical elements contained in the solvents; while any loss in activity due to contamination by dust, carbon black, metal oxides and aerosols is temporary, and can be restored through appropriate cleaning treatment.

Depending on the plant size and any special versions, a specific price could be considered as lying between 13 and 23 € /(m^3/h) of air handled.

IMPIANTI DI COMBUSTIONE RIGENERATIVI

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Ossidazione termica.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Tutti gli idrocarburi.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

E' possibile raggiungere rese di abbattimento superiori al 99%.

4. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

I.T.R. è il nome scelto dalla Ventilazione Industriale per il suo nuovo impianto di combustione con recupero termico intrinseco di tipo rigenerativo, cioè un sistema di combustione nel quale il recupero dell'energia termica avviene al proprio interno con la massima efficienza possibile. Rispetto ad altri sistemi di abbattimento, il combustore di tipo rigenerativo è idoneo alla combustione di qualsiasi tipo di sostanza organica volatile in forma gassosa anche a basse concentrazioni (solventi clorurati e non, composti infiammabili, idrocarburi, odori) ed ha inoltre il vantaggio di minimizzare i costi di gestione ed i consumi di fonti primarie di energia.

La eliminazione degli inquinanti nella vena gassosa avviene esponendo questi per un periodo di tempo conforme alle normative vigenti ad una temperatura tale per cui sia sempre garantita la completa ossidazione. Anche per questo tipo di impianto (esattamente come per quello catalitico) i prodotti di combustione derivanti dalla reazione esotermica sono prevalentemente anidride carbonica e vapor acqueo. Il processo di combustione termico-rigenerativo è estremamente versatile per il trattamento delle emissioni gassose e non risente praticamente di eventuali variazioni di composizione chimica della emissione, circostanza che si verifica frequentemente su processi industriali legati alla produzione di prodotti diversificati e che possono variare rapidamente nel tempo in funzione delle realtà di mercato.

I consumi energetici (elevati negli impianti di combustione tradizionali) sono per l'impianto di combustione rigenerativo estremamente contenuti, grazie al sistema di recupero termico che utilizza masse di materiale ceramico aventi funzione di "volano termico" in grado di ricevere dal gas, accumulare e restituire al gas stesso, calore con facilità.

In sommi capi, le caratteristiche salienti di questi impianti sono:

Stabilità termo-meccanica:

La scelta della fibra ceramica, per i rivestimenti interni delle camere calde, garantisce un'ottima

REGENERATIVE COMBUSTION PLANTS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Thermal oxidation.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

All hydrocarbons.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Collection efficiencies exceeding 99% can be reached.

4. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

I.T.R. is the name chosen by Ventilazione Industriale for its new regenerative type of incinerator plant with intrinsic heat recovery, i.e. a combustion system in which the heat energy is recovered inside the plant with the maximum possible efficiency. Compared with other abatement systems, the regenerative combustion unit (incinerator) is ideal for the incineration of any type of volatile organic compound in gaseous form also in low concentrations (chlorinated and non-chlorinated solvents, inflammable compounds, hydrocarbons, odours); furthermore it has the advantage of minimizing running costs and consumption of primary energy sources.

The contaminants in the gaseous stream are eliminated by exposing them for a period of time in accordance with current regulations and at a temperature such that complete oxidation is always guaranteed. Likewise for this type of plant (exactly as for the catalytic incinerator) the combustion products formed by the exothermic reaction are mainly carbon dioxide and water vapour.

The thermal-regenerative combustion process is highly versatile as regards treatment of the gaseous emissions. Moreover it is practically unaffected by any variations in chemical composition of the emission, such circumstance frequently occurring in industrial processes involved with the manufacture of diversified products and which can vary rapidly over a period of time, depending on market requirements.

Energy consumption (high in conventional incinerator plants) is very limited for the regenerative combustion plant thanks to the heat recovery system which uses packing of ceramic material having the function of a "heat wheel" able to receive heat easily from such gas and store the heat, then give it back readily to the gas.

In short, the chief characteristics of these incinerators are:

Thermal-mechanical stability:

Appropriate choice of ceramic fibre, for internal lining of the combustion chambers, guarantees an

risposta del sistema agli stress termici e quindi, nel tempo, il mantenimento della perfetta funzionalità; il materiale di riempimento, è in grado di sopportare un numero di cicli illimitato.

Flessibilità - Versatilità:

Il riscaldamento iniziale del sistema, affidato ad un bruciatore tradizionale, ed il tipo di rivestimento refrattario consentono il raggiungimento della temperatura di esercizio in tempi brevi e quindi consentono di disattivare il sistema con la frequenza necessaria o voluta, quindi di evitare la fase di stand-by; il range di buon esercizio è ampio, grazie alla ridotta perdita di carico dei letti ceramici, alla flessibilità del generatore di calore a fiamma ed alla disponibilità del volume geometrico della camera di combustione che assicura tempi di contatto, tra il gas di processo ed il fluido ossidante, di valore conservativo.

Efficienza di abbattimento:

La presenza di una camera di combustione vera e propria garantisce la completa ossidazione delle sostanze inquinanti;

ed inoltre: **Affidabilità e semplicità di conduzione ed interventi minimi di manutenzione ordinaria e straordinaria.**

4.1 Descrizione della soluzione tecnica

Descrizione del principio di funzionamento dell'impianto

I gas aspirati dalle macchine operatrici e/o dall'ambiente nella loro immediata vicinanza vengono immessi nell'unità di trattamento. Questa è costituita essenzialmente da tre camere rigenerative di preriscaldamento/recupero, disposte verticalmente, e da due camere di combustione, disposte orizzontalmente, al di sopra delle tre camere rigenerative. Le tre camere fanno parte di un unico corpo, costruito in lamiera di acciaio al carbonio, rivestita internamente con fibra ceramica in spessore pari a 200 mm, in multistrato ed in moduli, così da garantire una temperatura del mantello esterno inferiore a 70°C.

Nelle camere di preriscaldamento/recupero sono realizzati i riempimenti di materiale inerte ceramico che costituiscono tre masse distinte di grande capacità termica. Tale materiale viene sostenuto da una robusta griglia costruita in lamiere di acciaio e carbonio. Nelle camere di combustione viene generato, mediante un bruciatore a funzionamento automatico di tipo modulante, proporzionale, il calore necessario all'avviamento dell'impianto e cioè al preriscaldamento delle camere e dei letti ceramici. Il combustore può essere by-passato mediante l'azionamento, semiautomatico od automatico, di una valvola servocomandata.

optimum response of the system to heat stresses and therefore long-term perfect performance; the packing, consisting of small ceramic saddles is designed to withstand an unlimited number of cycles.

Flexibility - Versatility:

The preliminary heating of the system by means of a conventional burner, and the type of refractory lining allow the operating temperature to be reached quickly. So it is possible to deactivate the system with the necessary or required frequency, thereby avoiding the stand-by phase; there is ample range for correct operation thanks to the reduced pressure drop of the ceramic beds as well as the flexibility of the flame type heat generator and availability of the geometric volume of the combustion chamber which ensures sufficient times of contact, of conservative value, between the process gas and oxidizing fluid.

Abatement or reduction efficiency:

The presence of a real combustion chamber ensures the full oxidation of contaminating substances;

*while it also ensures: **Reliability and easy operation, with minimum routine and unscheduled maintenance.***

4.1 Description of the technical solution

Description of the principle of operation of the incinerator

The gases extracted from production machines and/or their immediate surrounding environment are introduced in the treatment unit. This unit basically consists of three preheating/recovery regenerative chambers arranged vertically, and two horizontal combustion chambers, installed above the three regenerative chambers. The three chambers form part of a single body, of carbon steel sheet construction, internally lined with ceramic fibre 200 mm thick, in multi-layers and in modules, thus ensuring a temperature of the outer jacket less than 70°C.

The preheating/recovery chambers are packed inside with inert ceramic material which form three distinct masses of high thermal capacity. Such material is held by rugged grid of carbon steel plate construction.

The heat required for plant start-up (i.e. preheating of the chambers and ceramic beds) is generated in the combustion chambers by means of an automatic burner of the proportional modulating type. The combustion unit (incinerator) can be by-passed by actuating a servo-controlled valve in semi-automatic or automatic mode.

L'esercizio del sistema I.T.R. si articola nelle seguenti fasi:

- A) Prelavaggio
- B) Preriscaldamento iniziale con partenza da freddo
- C) Attraversamento letto di preriscaldamento 1 e letto di recupero 2
- D) Attraversamento letto di preriscaldamento 2 e letto di recupero 3
- E) Attraversamento letto di preriscaldamento 3 e letto di recupero 1
- F) Funzionamento ciclo a partire dalla fase C

} solo
dopo
sosta
prolungata

La fase di prelavaggio ha la funzione di garantire lo svuotamento completo dell'unità da eventuali residui di gas combustibile, prima della partenza, e si realizza facendo passare aria pulita nell'impianto freddo. Nella fase di preriscaldamento iniziale viene avviato il ventilatore VC1 a doppia polarità alla portata minima (~1/3 della portata nominale) e vengono attivati il bruciatore di supporto. In tale istante ha già inizio il funzionamento ciclico dell'impianto, nonostante non si fosse ancora fatto entrare il gas di processo perché l'impianto non ha ancora raggiunto la temperatura d'innescio. Raggiunto ciò, può avere inizio l'afflusso dell'effluente nel sistema.

L'aeriforme da depurare attraversa il primo letto di materiale ceramico e si riscalda fino a raggiungere una temperatura prossima all'autocombustione delle molecole di SOV in esso contenute. La loro ossidazione termica genera calore nella parte superiore del letto e nella camera di combustione, ove essa si completa con la trasformazione degli inquinanti in CO₂ e H₂O. In uscita dalla camera di combustione il fluido vettore, miscelato con i prodotti di combustione, incontra ed attraversa un secondo letto, relativamente più freddo del primo, cedendo agli elementi ceramici gran parte della propria entalpia. La miscela gassosa così raffreddata viene espulsa al camino.

Raggiunta la temperatura di set nella parte superiore del secondo letto, il sistema viene portato alle condizioni di funzionamento ciclico, vale a dire: il flusso di gas viene invertito in modo che esso entri dapprima nel secondo letto già caldo e successivamente nel terzo, più freddo poi nel terzo più caldo e nel primo più freddo. Ciò avviene ad intervalli regolari di tempo (60-90 secondi) in modo che tutti i letti si scambino la funzione di preriscaldatore e di recuperatore. In questo modo l'unità utilizza alternativamente il calore accumulato in uno dei tre letti ceramici per riscaldare il gas in ingresso ed accumula in un altro letto, il calore del gas in uscita. Una serie di valvole automatiche provvede ad inviare il flusso del gas alle varie sezioni dell'unità, durante le fasi del ciclo di funzionamento. Tali valvole, del tipo a piattello con azionamento pneumatico, garantiscono una tenuta di gas pressoché perfetta.

Il flusso d'aria investe sempre due letti di materia-

Operation of the I.T.R. system is subdivided into the following phases:

- A) *Precleaning*
- B) *Preliminary preheating with cold start*
- C) *Flowing through preheated bed 1 and recovery bed 2*
- D) *Flowing through preheated bed 2 and recovery bed 3*
- E) *Flowing through preheated bed 3 and recovery bed 1*
- F) *Cyclic operation starting from phase c*

} only after
prolonged
idle
period

Function of the precleaning phase is to ensure the complete elimination of any traces of combustible gas from the unit, before start-up, and is performed by causing clean air to flow through the cold plant. During the preheating phase, two-speed fan VC1 is started at minimum flow rate (~1/3 of nominal capacity) and the auxiliary burner is activated. In such instant the cyclic operation of the incinerator has already started, even though the process gas has not yet been allowed to enter because the plant has still not reached the firing temperature. When such temperature is reached, the effluent can then start to flow into the system.

The dirty gas stream flows through the first bed of ceramic material and is heated until reaching a temperature close to self-combustion of the VOC molecules contained in the stream. Their thermal oxidation generates heat in the top part of the bed and in the combustion chamber, where such process is completed with the transformation of the contaminants into in CO₂ and H₂O. After leaving the combustion chamber, the carrier fluid mixed with the combustion products, meets and flows through the second bed, relatively cooler than the first bed, thus giving up most of its enthalpy to the ceramic saddles. The so-cooled gaseous mixture is then discharged via the stack.

After reaching the set temperature in the top part of the second bed, the system is switched to the cyclic operating conditions, i.e.: the gas flow is inverted so that first it enters the already heated second bed, then it passes into the third, cooler bed then enter the hotter third and the cooler first. This occurs at regular time intervals (60 to 90 seconds) so that all beds exchange function of preheating and recovery. In this way the unit makes alternative use of the heat built up in one of the three ceramic beds to heat the incoming gas while it builds up, in another bed, the heat of the outflowing gas. A series of automatic valves sends the gas stream to the various sections of the unit during the various phases of the operating cycle. Such valves, of the plate type and with pneumatic operator, ensure practically perfect gas-tightness.

The air stream always impinges two beds of ceramic material, while the third bed is on stand-by. During the regeneration cycle, the tower on stand-

le ceramico, mentre il terzo é posto in stand-by. Durante il ciclo di rigenerazione la torre in stand-by viene posta in depressione per aspirare l'aria inquinata che durante il ciclo precedente non ha attraversato la camera di combustione. Questo accorgimento permette di ottenere una continuit  nei risultati di efficienza di abbattimento delle SOV anche durante il cambio valvole.

Qualora nella zona centrale dei letti sia rilevato un valore di temperatura minore rispetto a quello di normale esercizio, ad esempio per bassa concentrazione di SOV, al gas in alimentazione viene aggiunto, mediante insufflaggio a monte dell'aspiratore centrifugo, gas combustibile di supporto, fino a che il valore di temperatura nei letti non raggiunge il set point massimo. Ottenuta la temperatura necessaria, il flusso di combustibile ausiliario viene intercettato automaticamente da 2 elettrovalvole disposte in serie.

La linea di mandata del ventilatore   di lunghezza tale da garantire una buona miscelazione di GN con il gas di processo prima dell'ingresso nell'unit  di combustione. Su tale linea   installato un flussostato con funzione di allarme di bassa portata ed un misuratore del limite inferiore di esplosivit  con funzione di allarme per alta concentrazione del gas combustibile. Le anomalie causano il blocco del gas combustibile ausiliario nell'impianto. In alternativa il calore necessario al mantenimento della desiderata temperatura all'interno dei letti, sempre nel caso in cui l'apporto termico delle SOV risulti insufficiente, viene generato mediante il bruciatore di preriscaldamento posto nella camera di combustione. La scelta fra le due alternative viene operata con un selettore posto sul pannello frontale del quadro di comando e controllo.

Sul camino, a valle dell'unit  di combustione,   posta una termoresistenza TE avente la funzione di controllare in continuo la temperatura dei gas in uscita dell'unit . La soglia di allarme segnala il perdurare di anomalie di funzionamento dell'impianto e ne determina il blocco.

All'arresto dell'impianto si ferma il ventilatore VC1 e rimane aperta soltanto la via di deflusso del gas, dal letto di recupero al camino. Il combustore pu  essere by-passato mediante apertura/chiusura delle valvole di processo e l'apertura della valvola di by-pass. Un indicatore di pressione differenziale consente il controllo delle perdite di carico dei letti ceramici.

by is placed under negative pressure to draw in the dirty air which had not flowed through the combustion chamber during the previous cycle. This precaution allows achieving continuity in the results of VOC removal efficiency, also when changing the valves.

When a temperature measured in the central zone of the beds is found to be lower than the normal operating conditions, e.g. owing to low VOC concentration, auxiliary combustible gas is added to the feed gas by blowing it before the centrifugal exhaust fan, until the temperature in the beds reaches the maximum set-point. After reaching the temperature, the flow of auxiliary combustible gas is automatically shut-off by 2 solenoid valves installed in series.

The fan delivery line is of sufficient length to ensure good mixing of natural gas with the process gas prior to entering the combustion unit. A flow meter with function of low flow alarm is installed in such line as well as a measurer of the lower explosion limit with alarm function for high concentration of the combustible gas.

Abnormal conditions cause stopping of the flow of auxiliary combustible gas in the incinerator. Alternatively the heat required for maintaining the required temperature inside the beds, always if the heat supplied by the VOC is insufficient, is generated by means of the preheating burner installed in the combustion chamber. The two alternatives are chosen by an appropriate selector switch on the front panel of the control console.

A thermal resistor TE is installed downstream of the combustion unit on the stack. Purpose of this thermal resistor is to monitor continuously the temperature of the gases flowing out from the combustion unit. The alarm threshold signals the persistence of abnormal operating conditions in the incinerator and causes it to be stopped.

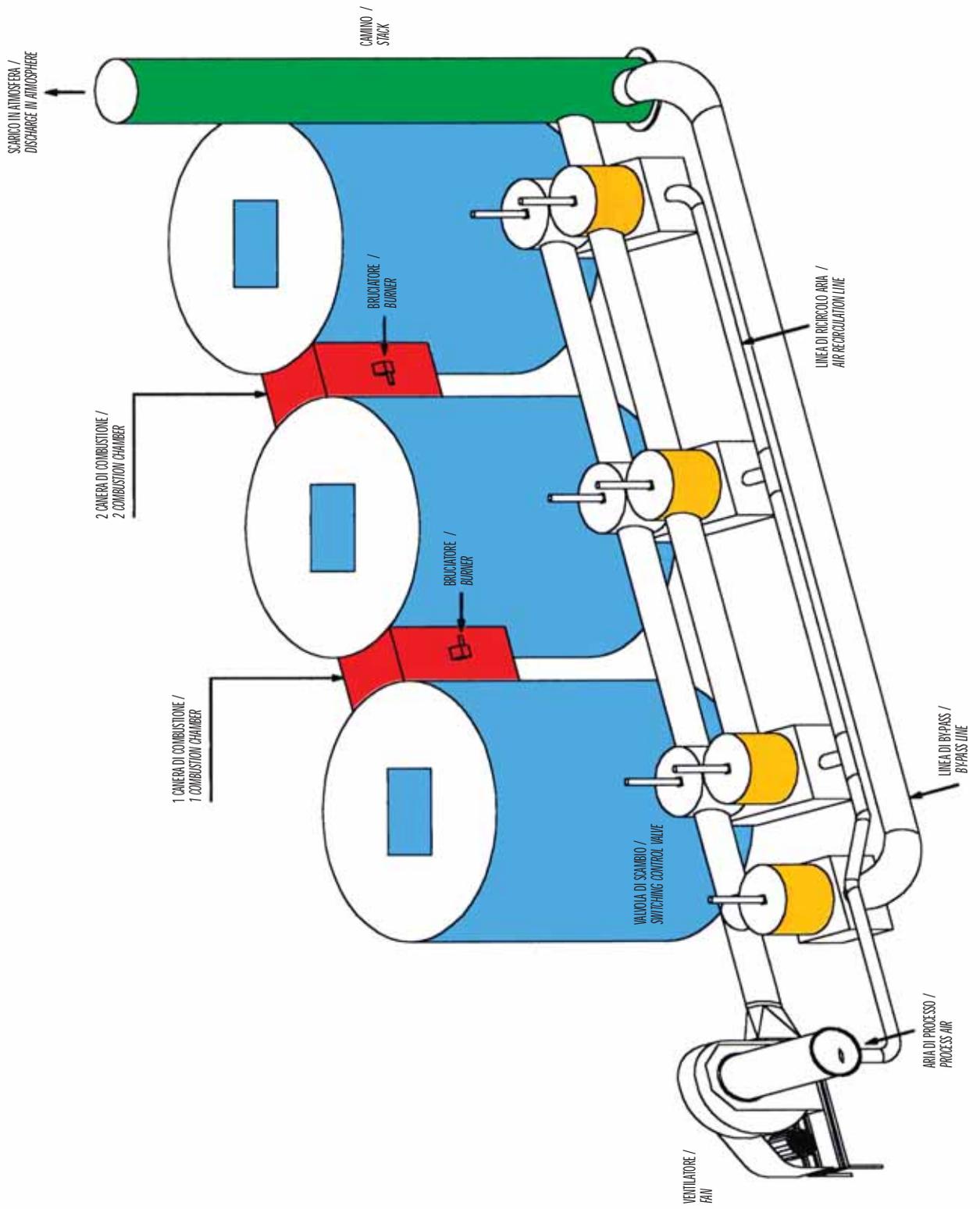
When the incinerator is stopped, fan VC1 is stopped while only the gas line from the recovery bed to the stack remains open. The incinerator (combustion unit) can be by-passed by opening/closing the process valves and opening the by-pass valve. A differential pressure indicator allows monitoring the pressure drops across the ceramic beds.



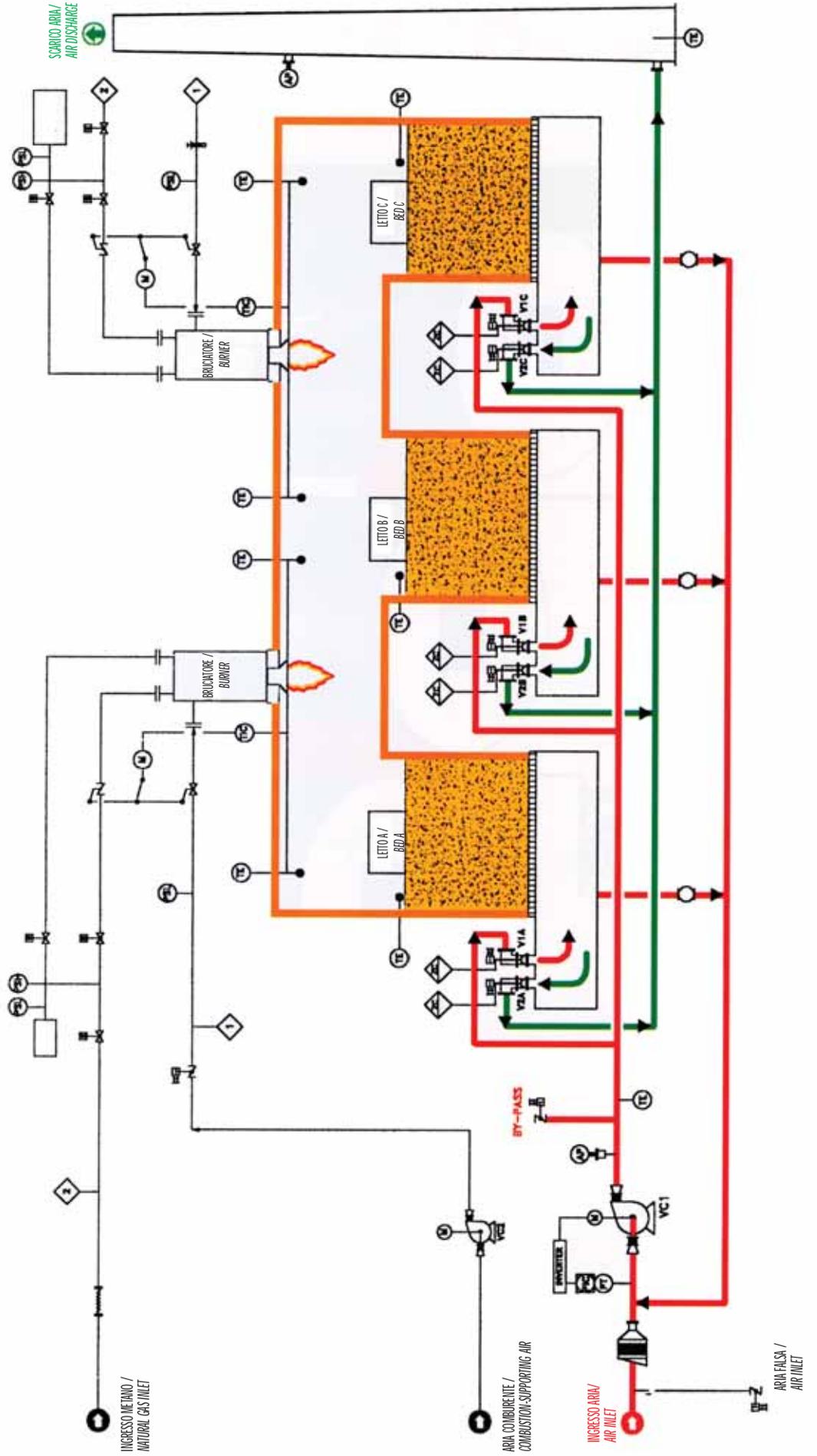
Impianto di combustione tipo rigenerativo da 10.000 Nm³/h installato in industria chimica

Regenerative incinerator, 10,000 Nm³/h installed in a chemical industry

**SCHEMA IMPIANTO RIGENERATIVO A TRE TORRI
PROCESS DIAGRAM, REGENERATIVE PLANT WITH THREE TOWERS**



**SCHEMA IMPIANTO RIGENERATIVO A TRE TORRI
PROCESS DIAGRAM, REGENERATIVE PLANT WITH THREE TOWERS**



Ventilazione Industriale s.r.l. ha fornito alla società Fornaci di Manzano s.p.a. un combustore termico rigenerativo ad inversione di flusso, per la depurazione dei fumi di emissione provenienti dai forni di cottura dei laterizi. L'impianto permette la termodistruzione delle SOV presenti, mantenendo la temperatura in camera di combustione uguale o superiore ai 750°C, e tempi di contatto superiori a un secondo. Le sostanze organiche volatili nell'emissione sono riconducibili agli additivi aggiunti alle argille (polistirolo, fanghi di cartiere, ecc.), necessari per la produzione di laterizi alleggeriti in pasta, con una elevata capacità di isolamento acustico, ottimo isolamento termico e con una notevole inerzia termica. L'elevata temperatura dei fumi di emissione dei forni di cottura può essere sfruttata per l'ottenimento di aria calda $T = 70^{\circ}\text{C}$ ~ utilizzata poi negli essiccatoi di produzione laterizi, senza determinare un sostanziale aumento di consumo di combustibile per il mantenimento della temperatura in camera di combustione.

I risultati processistici ottenuti riguardanti le emissioni in termini di:

Portata nominale 40.000 Nm³/h
 Temperatura a camino 140°C

sono ampiamente al di sotto rispetto alle normative di riferimento:

COT < 1 mg/Nm³
 Benzene < 1 mg/Nm³
 NOx < 40 mg/Nm³

Le emissioni della produzione di laterizi con l'ausilio di additivi, deve sottostare al recente D.M. del 5 febbraio 1998.

Ventilazione Industriale s.r.l. has supplied Fornaci di Manzano s.p.a. with a regenerative type of incinerator with reverse flow, for cleaning emission flows coming from brick kilns. The combustion plant allows incineration of the VOC present, by holding the combustion chamber temperature equal to or higher than 750°C, and contact times greater than one second. The Volatile Organic Compounds in the emission may be due to the additives added to the clay (polystyrene, paper mill sludge, etc.), required for production of light-weight brick in paste form, with high sound insulation capacity, optimum thermal insulation and considerable thermal inertia. The high temperature of the emission fumes of the brick kilns can be exploited to obtain hot air $T = 70^{\circ}\text{C}$ ~ subsequently used in dryers in brick production, without causing a substantial increase in fuel consumption in order to hold the temperature in the combustion chamber.

Process results regarding emissions in terms of:

Nominal flow rate 40,000 Nm³/h
 Stack temperature 140°C

are amply below those specified by the normative standards:

Tot. organic C < 1 mg/Nm³
 Benzene < 1 mg/Nm³
 NOx < 40 mg/Nm³

The emissions of brick production with the aid of additives, must abide by a recent Italian Ministerial Decree 5th February 1998.



Impianto di combustione di tipo rigenerativo da 25.000 Nm³/h

Regenerative incinerator plant, 25,000 Nm³/h



Impianto di combustione di tipo rigenerativo da 10.000 Nm³/h

Regenerative incinerator 10,000 Nm³/h



Impianto di combustione di tipo rigenerativo da 30.000 Nm³/h
Regenerative incinerator 30,000 Nm³/h



Impianto di combustione di tipo rigenerativo da 9.000 Nm³/h
Regenerative incinerator 9,000 Nm³/h

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

I combustori rigenerativi trovano impiego in tutte le industrie ove vi siano dei processi con emissione di aria con idrocarburi, impianti di stampa, accoppiamento film plastico, impianti chimici, ecc.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi:

L'impianto di combustione rigenerativo rappresenta l'evoluzione più recente nel settore ecologico di trattamento di effluenti gassosi tramite processo di combustione, ideato per soddisfare la richiesta del mercato che è sempre più orientata verso impianti affidabili, di semplice conduzione e manutenzione, e con costi di gestione il più possibile contenuti (anche in confronto con altri tipi di impianto).

L'impianto di combustione rigenerativo si configura inoltre come una unità estremamente flessibile ed indipendente, che si inserisce a valle del processo produttivo senza comportare problematiche in quanto:

- è praticamente insensibile alla composizione del gas da trattare;
- non è soggetto a fenomeni di avvelenamento dovuti a sostanze particolari (composti clorurati, aerosols, metalli pesanti) o alla presenza di tracce di polveri per cui si interfaccia perfettamente anche con i processi produttivi eterogenei e variabili nel corso del tempo;
- non genera ulteriori scarichi che richiedano trattamento o smaltimento;
- è affidabile nel tempo;
- non richiede la presenza di una richiesta termica contemporanea dall'insediamento produttivo dal momento che il recupero termico avviene completamente all'interno ed è completamente assorbito da questo;
- Le potenze termiche dei bruciatori installati sono contenuti per cui non si verificano in linea generale particolari incrementi di portate di metano che richiedano una ristrutturazione della rete di distribuzione di stabilimento;
- non è soggetto a fenomeni di corrosione in quanto le temperature operative impediscono fenomeni di condensazione sulle pareti.

Svantaggi: tale impianto non è molto indicato per alte concentrazioni di inquinante.

7. CALCOLI E TABELLE

Di seguito verrà illustrato uno schema di calcolo semplificato per stimare il consumo di metano di un combustore rigenerativo, con e senza apporto di inquinante.

Legenda:

- Q: portata aria da trattare (m³/h)
- M: flusso di massa inquinante (kg/h)
- Cc: PCI dell'inquinante da abbattere (kcal/kg)
- Hi: apporto di calore generato dalla combustione dell'inquinante (kcal/h)

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

Regeneration incinerators (combustion units) find application in all those industries where there are processes with hydrocarbon-laden air, printing machines, bonding of plastic film, chemical plants, etc.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages:

The regenerative combustion system represents the most recent development in the ecological sector of treatment of gaseous effluents through a combustion process designed to meet market requirements increasingly more oriented towards reliable plants which are easy to run and maintain, with the lowest possible running costs (also in comparison with other types of systems).

Moreover the regenerative incinerator represents a highly flexible and independent unit which can be installed downstream of the production process without causing problems because:

- *it is practically insensitive to the composition of the gas to be handled;*
- *it is not subject to poisoning due to particular substances (chlorinated compounds, aerosols, heavy metals) or traces of dusts, hence it can be interfaced perfectly with heterogeneous and variable processes which vary over time;*
- *it does not generate further waste requiring treatment or disposal;*
- *it is reliable over the long-term;*
- *it does not require the presence of simultaneous heat demand from the production facility thanks to the fact that the heat recovery takes place fully inside the system and is fully absorbed by the latter;*
- *the heating capacities of the installed burners are moderate, therefore generally speaking there are no particular increases in flow rate of the natural gas which would require restructuring the factory distribution network;*
- *it is not subject to corrosion as the operating temperatures inhibit condensation on the walls.*

Disadvantages: such plant is not very suitable for high contaminant concentrations.

7. CALCULATIONS AND TABLES

The following is a description of a simplified calculation scheme for estimating natural gas consumption with or without heat input by the contaminant.

Legend:

- Q: *solvent-laden air flow (m³/h)*
- M: *flow of contaminating mass (kg/h)*
- Cc: *LCP of the contaminant to be captured (kcal/kg)*
- Hi: *heat input generated by combustion of the contaminant (kcal/h)*

Cmz: consumo di metano senza apporto di inquinante (m3/h)

Cmi: consumo di metano con apporto di inquinante (m3/h)

Calcolo del consumo di metano senza apporto di inquinante:

$$Cmz = \frac{Q \times 50 \times 1,29 \times 0,25}{8400}$$

(50 è il Δt considerato tra ingresso e uscita di un combustibile in °C, 1,29 è il peso specifico dell'aria in kg/m³, 0,25 è il calore specifico dell'aria in kcal/kg x °C, 8400 è il calore di combustione del metano in kcal/m³)

Calcolo del calore apportato dalla combustione degli inquinanti:

$$Hi = M \times Cc$$

Calcolo del consumo di metano con apporto di inquinante:

$$Cmi = \frac{(Q \times 50 \times 1,29 \times 0,25) - Hi}{8400}$$

Cmz: natural gas consumption without heat input from contaminant (m3/h)

Cmi: natural gas consumption with heat input from contaminant (m3/h)

Calculation of natural gas consumption without heat input from contaminant:

$$Cmz = \frac{Q \times 50 \times 1,29 \times 0,25}{8400}$$

(50 is the Δt considered between inlet and outlet of a fuel °C, 1.29 is the specific gravity of air in kg/m³, 0.25 is the specific heat of air in kcal/kg x °C, 8400 is the heat of combustion of natural gas in kcal/m³)

Calculation of the heat input provided by combustion of the contaminants:

$$Hi = M \times Cc$$

Calculation of natural gas consumption with heat input from contaminant:

$$Cmi = \frac{(Q \times 50 \times 1,29 \times 0,25) - Hi}{8400}$$

	VENTILATORE PRINCIPALE MAIN FAN			DIMENSIONI IMPIANTO PLANT DIMENSIONS				
	portata aria (m3/h) air flow (m3/h)	prevalenza (mmCA) head (mmWG)	potenza installata (Kw) installed power (Kw)	volume massa termica rigenerativa (m3) * thermal regenerative mass volume (m3) *	lunghezza (m) length (m)	larghezza (m) width (m)	altezza (m) height (m)	numero di bruciatori number of burners
1000	300	1.1	1.8	6.50	1.93	2.98	1	30.000
2500	300	3	4.5	8.34	2.58	3.24	1	75.000
5000	300	5.5	9	9.85	3.32	3.50	1	150.000
7500	300	9	13.5	11.51	3.88	3.65	1	225.000
10000	325	15	18	11.51	4.04	3.88	1	300.000
15000	325	18.5	27	13.43	4.76	4.11	1	450.000
20000	325	22	36	14.62	5.38	4.31	1	600.000
25000	325	30	45	16.17	5.92	4.49	1	750.000
30000	350	37	54	16.50	6.20	4.71	1	900.000
35000	350	45	63	17.83	6.63	4.86	1	1.050.000
40000	350	55	72	18.59	7.03	5.00	1	1.200.000

I valori espressi sono puramente indicativi e possono variare in funzione della temperatura e natura del gas e delle disponibilità del cliente

Impianti di portate superiori possono essere realizzati su richiesta

I consumi relativi al normale funzionamento a regime dipendono dalla concentrazione dei solventi trattati e dal loro potere calorifico. L'autosostentamento si raggiunge con circa 2 gr/m³ di SOV con p.c.i. di 10.000 kcal/h.

* questi valori sono riferiti a celle ceramiche di grandezza tipica 1"

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.

The values expressed are approximate only and may vary depending on the temperature and nature of the gas as well as Customer's availability

Plants with higher flow rates can be manufactured on request.

Consumption levels referred to normal operating conditions depend on the concentration of the solvents handled and their calorific power. Self-supporting can be reached with approx. 2 gr/m³ of VOC with i.c.p. of 10,000 kcal/h.

** these values are referred at ceramic saddles 1" size*

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

A seconda delle dimensioni dell'impianto e da eventuali esecuzioni speciali si può considerare un prezzo specifico di acquisto compreso tra 10 e 18 € / (m³/h) di aria trattata.

8. INFORMATION REGARDING COST

Depending on the plant size and any special versions, a specific price could be considered as lying between 10 and 18 € / (m³/h) of air handled.

IMPIANTI DI COMBUSTIONE TERMICA RECUPERATIVI

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Ossidazione termica

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Tutti gli idrocarburi

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

E' possibile raggiungere rese di abbattimento superiori al 99%

4. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE TECNICA

Il processo di combustione non è altro che l'ossidazione degli atomi di carbonio (C-) e di idrogeno (H-) contenuti nelle molecole degli idrocarburi e solventi da bruciare, la cui reazione esotermica dà come prodotti: anidride carbonica (CO₂) e vapore acqueo (H₂O).

Con riferimento allo schema di processo allegato, l'impianto è essenzialmente costituito da:

- ventilatore centrifugo VC1
- scambiatori a fascio tubiero He1
- scambiatori a fascio tubiero He2
- postcombustore PC1
- bruciatore BR1
- camino.

I fumi aspirati attraversano dapprima il filtro a pannelli e tasche sostituibili, dove vengono trattenute le particelle solide trascinate di resina e tessuto.

I fumi aspirati vengono eventualmente diluiti con aria ambiente aspirata dall'esterno in modo che la concentrazione massima di solvente, misurata da un rivelatore di L.E.L. %, sia costantemente non superiore a un terzo del L.E.L. (Limite Inferiore di Infiammabilità) della miscela aspirata.

I fumi diluiti con aria, sono aspirati dal ventilatore centrifugo VC1, che li spinge dapprima nel lato mantello dello scambiatore He1 attraverso la valvola V2 e successivamente nel lato mantello dello scambiatore He2 e quindi nel postcombustore PC1. Attraversando il lato mantello dei due citati scambiatori He1 e He2, i fumi si preriscaldano fino a temperature di 450 - 650°C a spese del calore ceduto dai gas di combustione uscenti dal postcombustore PC1 e che attraversano in successione il lato tubi prima dello scambiatore He2 e poi dello scambiatore He1.

All'interno del postcombustore i fumi contenenti le S.O.V. da distruggere sono ulteriormente riscaldati fino alla temperatura minima di 770°C per mezzo dell'energia liberata dalla combustione del metano nel bruciatore BR1 e dall'ossidazione termica delle stesse S.O.V. contenute nei fumi, fino alla formazione di anidride carbonica e acqua.

RECUPERATIVE THERMAL COMBUSTION PLANTS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Thermal oxidation

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

All hydrocarbons

3. POSSIBLE EMISSION LIMITS

Collection efficiencies exceeding 99% can be achieved

4. DESCRIPTION OF THE TECHNICAL SOLUTION

The combustion process merely involves oxidation of the carbon (C-) and hydrogen (H-) atoms contained in the molecules of hydrocarbons and solvents to be burnt, whose exothermic reaction gives rise to the following products: carbon dioxide (CO₂) and steam (H₂O).

With reference to the attached process diagram, the plant basically consists of:

- centrifugal fan VC1
- tube-bundle heat exchanger He1
- tube-bundle heat exchanger He2
- postcombustor PC1
- burner BR1
- stack.

The extracted fumes flow first through the panel filter and replaceable envelope filter media, where the entrained resin and fabric particles are captured.

After extraction the fumes can be diluted, if necessary, with ambient air taken from outside so that the max. solvent concentration, measured by a LEL % detector is not constantly above one third of the L.E.L. (Lower Explosion Limit) of the extracted mixture.

The fumes diluted with air are extracted with centrifugal fan VC1, which forces them first in the shell side of heat exchanger He1 via valve V2 and then in the shell side of heat exchanger He2. Next they enter postcombustor PC1.

While flowing through the shell side of the two above-mentioned heat exchangers He1 and He2, the fumes are preheated up to temperatures of 450 - 650°C at the expense of the heat given up by the gases of combustion flowing out from postcombustor PC1; subsequently the gases of combustion flow through the tube side, first of heat exchanger He2, then of heat exchanger He1.

Inside the postcombustor, the fumes containing the VOC to be destroyed are heated further up to a min. temperature of 770°C thanks to the energy freed by the combustion of natural gas in burner BR1 and by the thermal oxidation of the VOC contained in the fumes, until the formation of carbon dioxide and water.

I gas di combustione prodotti, attraversando i due scambiatori He2 e He1 dal lato tubi, si raffreddano e successivamente sono emessi in atmosfera alla temperatura minima di circa 350°C.

L'impianto è gestito in maniera completamente automatica, sia nelle fasi di accensione / spegnimento che durante il funzionamento a regime, tramite un controllore a logica programmabile (PLC), collegato alla strumentazione analogica e digitale, e a un sistema di supervisione su PC che permette di monitorare e registrare in continuo su supporto magnetico le principali variabili di processo e gli stati di funzionamento e di allarme.

L'impianto è dotato di:

- un sistema di diluizione dei fumi aspirati con aria esterna tramite la valvola regolatrice automatica ACV1;
- un sistema di by-pass automatico del combustore in caso di anomalia tramite le valvole servo-comandate V2 e V3;
- un sistema di controllo del calore scambiato / recuperato nello scambiatore He1, al fine di controllare l'esubero di energia nei casi di maggiore concentrazione di S.O.V. per mezzo della valvola di by-pass V1 asservita al controllo della temperatura in uscita dalla camera di combustione TT2.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

I combustori termici recuperativi trovano impiego in tutte le industrie ove vi siano dei processi con emissioni di aria con idrocarburi con particolare riferimento alle emissioni con alte concentrazioni di inquinante.

6. VANTAGGI E SVANTAGGI

Vantaggi: semplicità di utilizzo, flessibilità rispetto a variazione di concentrazione di inquinante, possibilità di effettuare dei recuperi energetici supplementari, bassa richiesta di manutenzione.

Svantaggi: elevati consumi nel caso di utilizzo dell'impianto con basse concentrazioni di inquinante.

7. CALCOLI E TABELLE

Di seguito viene riportato un esempio di calcolo per dimensionare il volume della camera di combustione, per semplicità si considera una camera di combustione di forma cilindrica.

Elenco sigle:

- Q: portata dei fumi da trattare (Nm³/h)
- T: temperatura di combustione (°C), normalmente, per idrocarburi non alogenati è di 750 °C
- V: velocità di attraversamento in camera di combustione (da 5 a 7 Em/sec)
- Qe: portata effettiva dei fumi (Em³/h)
- S: sezione camera di combustione (m²)
- Vo: volume camera di combustione (m³)
- D: diametro camera di combustione (m)
- t: tempo di residenza in camera di combustione (sec), normalmente è di 0,6 sec
- L: lunghezza camera di combustione (m)

The gases of combustion produced when flowing through the two heat exchangers He2 and He1 on the tube side, are cooled and are then emitted into the atmosphere at the min. temperature of approx. 350°C.

The plant is controlled in fully automatic mode, in both switching on/off stages as well as during normal operation, thanks to a Programmable Logic Controller (PLC), connected to analog and digital instruments, and a supervisory system on a PC allowing continuous monitoring and recording on magnetic support of the main process variables and operating/alarm statuses.

The plant is equipped with:

- *a system for diluting the extracted fumes with air from outside via an automatic control valve ACV1;*
- *a system for automatic by-pass of the combustor in case of faulty operation, via servocontrolled valves V2 and V3;*
- *a system for controlling the heat exchanged / recovered in heat exchanger He1, in order to control the surplus energy when there is greater VOC concentration, thanks to by-pass valve V1 used in the outlet temperature control from combustion chamber TT2.*

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

Recuperative incinerators find application in all those industries where there are processes with air emissions containing hydrocarbons, with special emphasis on emissions with high contaminant concentrations.

6. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Advantages: easy operation, flexibility against variation in contaminant concentration, possibility of additional energy recovery, low maintenance requirement.

Disdvantages: high levels of consumption when using the plant with low contaminant concentrations.

7. CALCULATIONS AND TABLES

The following is an example of calculation for dimensioning the combustion chamber volume. For the sake of simplicity, a cylindrically shaped combustion chamber has been considered.

List of symbols:

- Q: *flow rate of fumes to be handed (Nm³/h)*
- T: *combustion temperature (°C), normally 750 °C for non halogenated hydrocarbons*
- V: *face velocity in the combustion chamber (from 5 to 7 Em/sec)*
- Qe: *effective flow rate of fumes (Em³/h)*
- S: *section, combustion chamber (m²)*
- Vo: *volume, combustion chamber (m³)*
- D: *diameter, combustion chamber (m)*
- t: *residence time in combustion chamber (sec), normally 0.6 sec*
- L: *length, combustion chamber (m)*

Partendo dalla portata dei fumi da abbattere (Q) si prosegue come segue:

calcolo della portata d'aria effettiva

$$Q_e = ((273+T)/273) \times Q$$

calcolo del volume della camera di combustione

$$V_o = (Q_e / 3600) \times t$$

calcolo della sezione della camera di combustione

$$S = Q_e / 3600 \times V$$

calcolo del diametro della camera di combustione

$$D = 2 \times \sqrt{(S / 3,14)}$$

calcolo lunghezza camera di combustione

$$L = V_o / S$$

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Per calcolare il prezzo di un combustore termico sarebbe necessario sviluppare un progetto sulla base delle reali condizioni di impiego.

Indicativamente si può dire che il prezzo di acquisto di un combustore può variare dai 12 a i 21 € per m³ di gas trattato.

Starting from the flow rate of fumes to be captured (Q) proceed as follows:

calculation of effective air flow rate

$$Q_e = ((273+T)/273) \times Q$$

calculation of combustion chamber volume

$$V_o = (Q_e / 3600) \times t$$

calculation of combustion chamber section

$$S = Q_e / 3600 \times V$$

calculation of combustion chamber diameter

$$D = 2 \times \sqrt{(S / 3,14)}$$

calculation of combustion chamber length

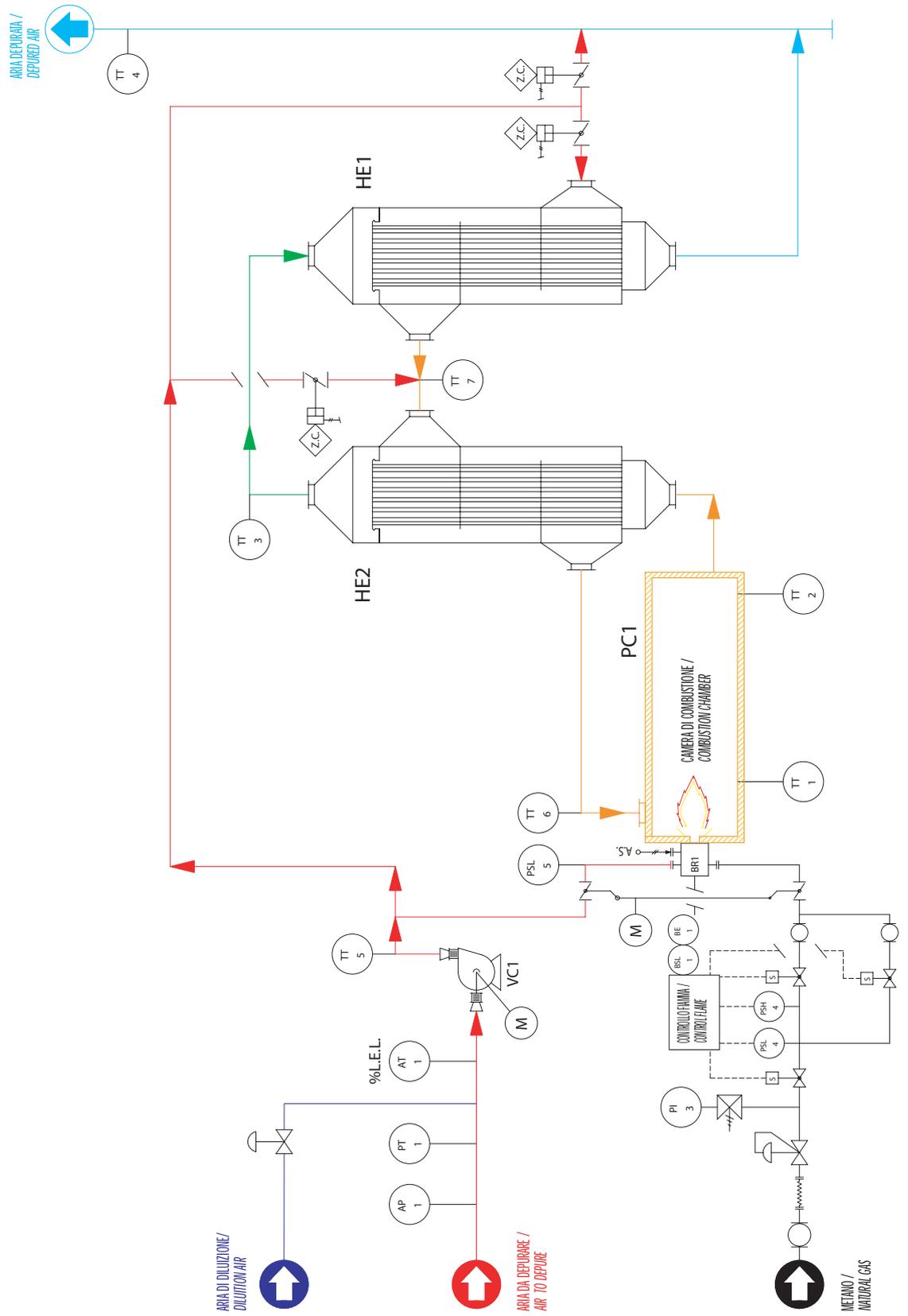
$$L = V_o / S$$

8. INFORMATION REGARDING COSTS

To calculate the price of a thermal combustor it is necessary to work out a design on the basis of actual operating conditions.

As a guide we could say that the purchasing price for a combustor can vary from 12 to 21 € per m³ of gas handled.

**SCHEMA INCENERITORE RECUPERATIVO
PROCESS DIAGRAM, REGENERATIVE**



L'ABBATTIMENTO DELLE SOSTANZE ORGANICHE VOLATILI MEDIANTE FILTRAZIONE, CONCENTRAZIONE E COMBUSTIONE CON RECUPERO TERMICO DI TIPO RIGENERATIVO

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Adsorbimento su carbone attivo o zeoliti, seguito da desorbimento con aria calda o ossidazione termica del desorbato con recupero termico di tipo rigenerativo.

2. INQUINANTI ABBATTIBILI

Sostanze organiche volatili di qualsiasi genere con punto di ebollizione inferiore a 160 °C e campo di concentrazione in ingresso tra 0 e 1000 mg/Nm³.

3. LIMITI DI EMISSIONE RAGGIUNGIBILI

Efficienza di abbattimento complessiva compresa tra 90 e 99%. Limiti di emissione inferiori a 20 mg/Nm³ di C.O.T. (carbonio organico totale)

4. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE TECNICA

Un nuovo sistema di concentrazione e combustione con recupero termico rigenerativo

Ventilazione Industriale ha messo a punto un impianto completamente automatico costituito da un sistema di concentrazione delle emissioni mediante adsorbimento delle sostanze organiche volatili (S.O.V) su carbone attivo e successiva rigenerazione mediante riscaldamento e desorbimento con aria calda e combustione delle sostanze organiche desorbite in un combustore termico con recupero termico di tipo rigenerativo. Con riferimento allo schema allegato, in questo sistema, l'aria inquinata dalle sostanze organiche viene dapprima filtrata in filtri per la rimozione delle particelle di solido eventualmente sospese, e successivamente attraversa con moto dal basso verso l'alto delle unità filtranti in parallelo divise in più settori, attraversate in parallelo, riempiti con il materiale adsorbente. Attraversando tali settori le sostanze organiche vengono trattenute dal materiale adsorbente e l'aria viene emessa in atmosfera depurata ben al di sotto dei limiti di emissione imposti dalle normative. Durante la fase di adsorbimento, tali settori sono rigenerati uno per volta con aria atmosferica riscaldata in un generatore diretto di aria calda funzionante con un bruciatore a metano (bruciatore 2). L'aria così riscaldata attraversa il settore delle unità di filtrazione interessato alla rigenerazione in controcorrente rispetto al flusso di adsorbimento con moto dall'alto verso il basso. L'aria calda attraversando lo strato di materiale adsorbente lo riscalda e fa evaporare (desorbere) le sostanze organiche trattenute all'interno dei pori. L'aria e le sostanze organiche così desorbite con un flusso gassoso complessivo di circa 10÷50 volte inferiore a quello in fase di adsorbimento vengono ossidate termicamente in un combustore termico con recupero termico di tipo rigenerativo

REMOVAL OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOC) THROUGH FILTRATION, CONCENTRATION AND COMBUSTION WITH REGENERATIVE HEAT RECOVERY

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Adsorption on activated carbon or zeolites, followed by desorption with hot air or thermal oxidation of the desorbed substance with regenerative heat recovery.

2. CONTAMINANTS WHICH CAN BE REMOVED

Volatile organic compounds of any type with boiling point below 160 °C and inlet concentration range between 0 and 1000 mg/Nm³.

3. EMISSION LIMITS POSSIBLE

Overall collection efficiency lying between 90 e 99%. Emission limits lower than 20 mg/Nm³ of TOC (total organic carbon).

4. DESCRIPTION OF THE TECHNICAL SOLUTION

A new concentration and combustion system with regenerative heat recovery

Ventilazione Industriale has developed a fully automatic plant based on a concentration system for emissions through adsorption of the VOC on activated carbon and subsequent regeneration through heating, and desorption with hot air and combustion of the organic substances in a incinerator with regenerative heat recovery. With reference to the enclosed diagram: in this system the VOC-laden air is first filtered in collectors for the removal of any suspended solid particles, then it flows with motion from bottom towards top through filter units arranged in parallel, divided into various sectors and packed with adsorbent material. On flowing through these sectors, the organic substances are captured by the adsorbent material and the air, cleaned well below the regulatory emission limits, is discharged into the atmosphere. During the adsorption phase, such sectors are regenerated one-at-time with the heated atmospheric air in a direct hot air generator with natural gas burner (burner 2). The so-heated air flows through the sector of filtering units concerned with regeneration on a reversed flow basis (opposite to the adsorption flow, from top towards bottom). The hot air, on flowing through the bed of adsorbent material, heats it and causes the organic substances captured inside the pores to evaporate (desorb). After desorbing the air and organic substances with a gaseous flow about 10 ÷ 50 times lower overall than that in the adsorption phase, they are thermally oxidized in a thermal type incinerator with heat recovery type i.e.: in which the contaminating organic compounds are converted, by effect of the temperature and oxidation reaction with the oxygen in the air, into car-

I.T.R., nel quale le sostanze organiche inquinanti per effetto della temperatura e della reazione di ossidazione con l'ossigeno dell'aria vengono convertite in anidride carbonica ed acqua con una efficienza superiore al 99%. Il processo consegue il risultato importantissimo di ridurre di circa 10-50 volte (in funzione della concentrazione iniziale) il volume di gas da bruciare termicamente, aumentando parimenti la concentrazione delle sostanze organiche in esso contenute; in questo modo l'ossidazione termica delle S.O.V non richiede alcun tipo di combustibile ausiliario, poiché il calore che si genera per l'ossidazione senza fiamma delle sostanze organiche contenute nel gas desorbito è sufficiente a mantenere la temperatura minima di combustione. Il bruciatore a metano (bruciatore 1) viene utilizzato solamente per l'avviamento dell'impianto per il tempo strettamente necessario a portare le masse ceramiche alla temperatura di lavoro (da 15 a 30 minuti). Il riconcentratore su carbone attivo è una unità di trattamento costruita in unità modulari di dimensioni molto compatte, completamente premontate e pronte all'uso, complete di quadro di comando e controllo, con PLC e computer di supervisione per il monitoraggio costante e continuo dei dati di funzionamento.

5. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

Tutti i processi industriali ove si presenti la necessità di abbattere SOV a basse concentrazioni, come per esempio le verniciature e base solvente e le applicazioni di resine (fabbricazione di manufatti in vetroresina) o di deodorizzare.

6. VANTAGGI

Lo sviluppo di questo sistema innovativo di trattamento ha portato ai seguenti risultati:

Efficienza globale di abbattimento maggiore del 95%.

Riduzione della portata da trattare termicamente di un fattore fino a 50 volte rispetto alla portata di aria da depurare.

Notevole riduzione delle dimensioni complessive dell'impianto di trattamento e conseguente possibilità di fornitura di impianti completamente preassemblati e testati prima dell'installazione presso il cliente finale. Riduzione del costo di trattamento al minimo possibile, praticamente soltanto il costo dell'energia elettrica per i ventilatori e del metano per il riscaldamento iniziale, e per il riscaldamento dell'area di stripping.

Riduzione del costo di investimento complessivo dal 30 al 60% rispetto alle tecnologie convenzionali conosciute.

7. SVANTAGGI

Il sistema non è idoneo per le alte concentrazioni di S.O.V. (maggiori di 1000 mg/Nm³).

8. INFORMAZIONI SUI COSTI

Il costo specifico di acquisto per applicazioni che non richiedono accorgimenti costruttivi particolari è compreso tra 5 e 10 €/m³/h di aria trattata. Il costo di esercizio deve essere calcolato di volta in volta, comunque molto basso.

bon dioxide and water, with efficiency over 99%. The process achieves the highly important result of reducing by 30 to 40 times (depending on the initial concentration) the volume of gas to be incinerated, likewise increasing the concentration of VOC contained in the gas; in this way thermal oxidation of the VOCs does not require any type of auxiliary fuel, because the heat that is generated by flameless oxidation of the organic substances contained in the desorbed gas is sufficient to hold the minimum combustion temperature. The natural gas burner (burner 1) is only used to start-up the plant for the time strictly necessary to bring the ceramic masses to the work temperature (from 15 to 30 minutes). The reconcentrator on activated carbon is a treatment unit of very compact size, fully preassembled and ready for use, complete with control panel, PLC and supervisory computer for constant and continuous monitoring of the operating data.

5. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

All industrial processes where there is need to remove VOC at low concentration, such as, for example, solvent-base painting and applications of resins (manufacture of reinforced plastics) or deodorizing.

6. ADVANTAGES

Development of this innovative treatment system has led to the following results:

Overall abatement efficiency greater than 95%.

Reduction in the flow rate to be thermally treated by a factor up to 50 times of the dirty air flow rate.

Considerable reduction in the overall dimensions of the treatment plant and consequent possibility of supplying fully preassembled and tested plants before installation at the end customer's premises.

Treatment cost reduced to the minimum possible, practically just the cost of the electricity for powering the fan and the natural gas for initial preheating and for heating the stripping area.

Reduction in the overall investment cost from 30 to 60% compared to already known conventional technologies.

7. SVANTAGGI

Il sistema non è idoneo per le alte concentrazioni di S.O.V. (maggiori di 1000 mg/Nm³).

8. INFORMATION REGARDING COSTS

The specific purchasing cost for applications not requiring special design arrangements lies between 5 and 10 €/m³ of air handled. The running cost should be calculated on a case-by-case basis; however it is very low.

IMPIANTI DI TRASPORTO PNEUMATICO

1. TIPO DI TECNOLOGIA

Trasporto pneumatico.

2. DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE E/O DEL PROCESSO

Gli impianti di trasporto pneumatico di nostra produzione prevedono l'installazione delle seguenti apparecchiature:

- gruppo di dosaggio del materiale da trasportare
- soffiante per pompaggio aria
- tubazione di trasporto
- silos di destinazione materiale con filtro depolveratore sullo scarico

Gli impianti di trasporto pneumatico è preferibile che siano in mandata. La scelta dipende dal materiale da trasportare, dal percorso dell'impianto e dall'ubicazione e numero dei punti di carico e scarico.

I parametri principali da osservare per la corretta progettazione degli impianti di trasporto pneumatico sono:

- 1) quantità di materiale da trasportare in kg./h.;
- 2) peso specifico apparente del materiale da trasportare;
- 3) peso specifico assoluto del materiale da trasportare;
- 4) natura del materiale;
- 5) composizione del materiale ed eventuale pezzatura massima;
- 6) ubicazione dell'impianto e percorso delle tubazioni;
- 7) numero e ubicazioni dei punti di carico e scarico.

Per il trasporto pneumatico dei materiali, a seconda della portata d'aria e della pressione totale richieste, si possono installare: compressori volumetrici ad aspi rotanti, ventilatori multistadio, ventilatori monostadio ad alta pressione, pompe ad anello liquido.

La separazione del materiale, dall'aria di trasporto, avviene per mezzo di cicloni di decantazione seguiti da filtri statici a maniche autopulenti quando vi siano polveri leggere o si vogliono ottenere elevate efficienze di filtrazione.

Di recente questo tipo di impianto ha trovato applicazione come **impianto centralizzato di pulizia pneumatica** di reparti o macchine di lavorazione. In questo modo si evita l'utilizzo di gruppi portatili limitando gli ingombri nel capannone con la possibilità di avere più punti di utilizzo contemporaneamente.

PNEUMATIC CONVEYING SYSTEMS

1. TYPE OF TECHNOLOGY

Pneumatic conveying.

2. DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT AND/OR PROCESS

The pneumatic conveying systems manufactured by us involve installation of the following equipment:

- *unit for metering the material to be conveyed*
- *blower for air pumping*
- *conveyor ducting*
- *material storage silos with dust collector on discharge side*

It is preferable for the pneumatic conveyor systems to be on the delivery line. The choice depends on the material handed, route of the system as well as the location and number of loading/unloading points. Chief parameters to be observed for correct designing of pneumatic conveying systems are:

- 1) *quantity of material to be conveyed in kg./h.;*
- 2) *apparent specific gravity of the material to be conveyed;*
- 3) *absolute specific gravity of the material to be conveyed;*
- 4) *nature of the material;*
- 5) *composition of the material and any max. particle size;*
- 6) *location of the system and path of ductwork;*
- 7) *number and location of the loading/unloading points.*

For pneumatic conveying of the materials, it is possible to install (depending on the required air flow and total pressure): rotary-type positive displacement compressors, multi-stage fans, high-pressure single stage fans, liquid ring pumps.

Separation of the material from the conveyor air is through settling cyclones followed by static self-cleaning bag filters where there are light dusts or when it is wished to achieve high collection efficiencies.

*Recently this type of system has found application as **centralized pneumatic cleaning plant** in departments or on processing machines. This avoids use of portable units with consequent space saving in the factory buildings while it is possible to have two or more user points at the same time.*

3. APPLICAZIONI INDUSTRIALI TIPICHE

I settori di attività nei quali abitualmente operiamo con questi impianti sono:

Settore legno: trasporto pneumatico di polvere, trucioli, scarti e cortecce di legno per impianti di produzione e per alimentazione di caldaie a combustibili solidi.

Settore distillerie: trasporto pneumatico di materiali per produzione di alcool da frutta, trasporto pneumatico scarti di lavorazione e ceneri per alimentazione caldaie a combustibili solidi.

Settore Materie Plastiche: trasporto pneumatico di granuli di materie plastiche, di polveri e componenti primari per produzione materie plastiche, impianti per l'alimentazione automatica di macchine ed impianti per la produzione e lavorazione di materie plastiche.

Settore Agricolo-Zootecnico: trasporto pneumatico di cereali, granaglie, mangimi, fertilizzanti ecc.

Ed inoltre: trasporto pneumatico di zucchero, sale, farina, chicchi di caffè, avena, segale, ecc. per l'industria alimentare; trasporto pneumatico di polveri e granuli nel settore ceramiche; trasporto pneumatico di polveri di carbone, laterizi, cemento, sabbia, minerali ecc.

Gruppi carrellati per il trasporto pneumatico completi di gruppo filtrante e compressore.

4. VANTAGGI E SVANTAGGI

- dimensioni di ingombro irrilevanti rispetto ad altri sistemi;
- velocità elevatissima nel trasporto a parità di portata di materiale;
- bassissimi costi di manutenzione;
- rapidità di installazione;
- versatilità di impianto con la possibilità di modifiche di percorso e reinstallazioni senza apportare rilevanti modifiche;
- possibilità di servire più punti di utilizzo con la sola installazione di deviatori automatici e senza peraltro dover prevedere serbatoi di compensazione.

Svantaggi: nei sistemi in pressione usura della tubazione di trasporto.

3. TYPICAL INDUSTRIAL APPLICATIONS

The fields of activity where these systems are normally used are the following:

Wood industry: pneumatic conveying of dusts, chips, waste and wood bark for production plants and for feeding solid fuel-fired boilers.

Distillery industry: pneumatic conveying of materials for production of alcohol from fruit, pneumatic conveying of machining waste and ashes also for feeding solid fuel-fired boilers.

Plastics industry: pneumatic conveying of granules of plastic materials, powders and primary components for plastics production, systems for automatic feeding of machines and plants for the production and processing of plastics.

Agricultural-Animal husbandry sector: pneumatic conveying of cereals, grain, fodder, fertilizers, etc.

And also: pneumatic conveying of sugar, salt, flour, coffee beans, oats, rye, etc. for the food industry; pneumatic conveying of powders and granules in the ceramics industry; pneumatic conveying of coal dusts, bricks, cement, sand, minerals, etc.

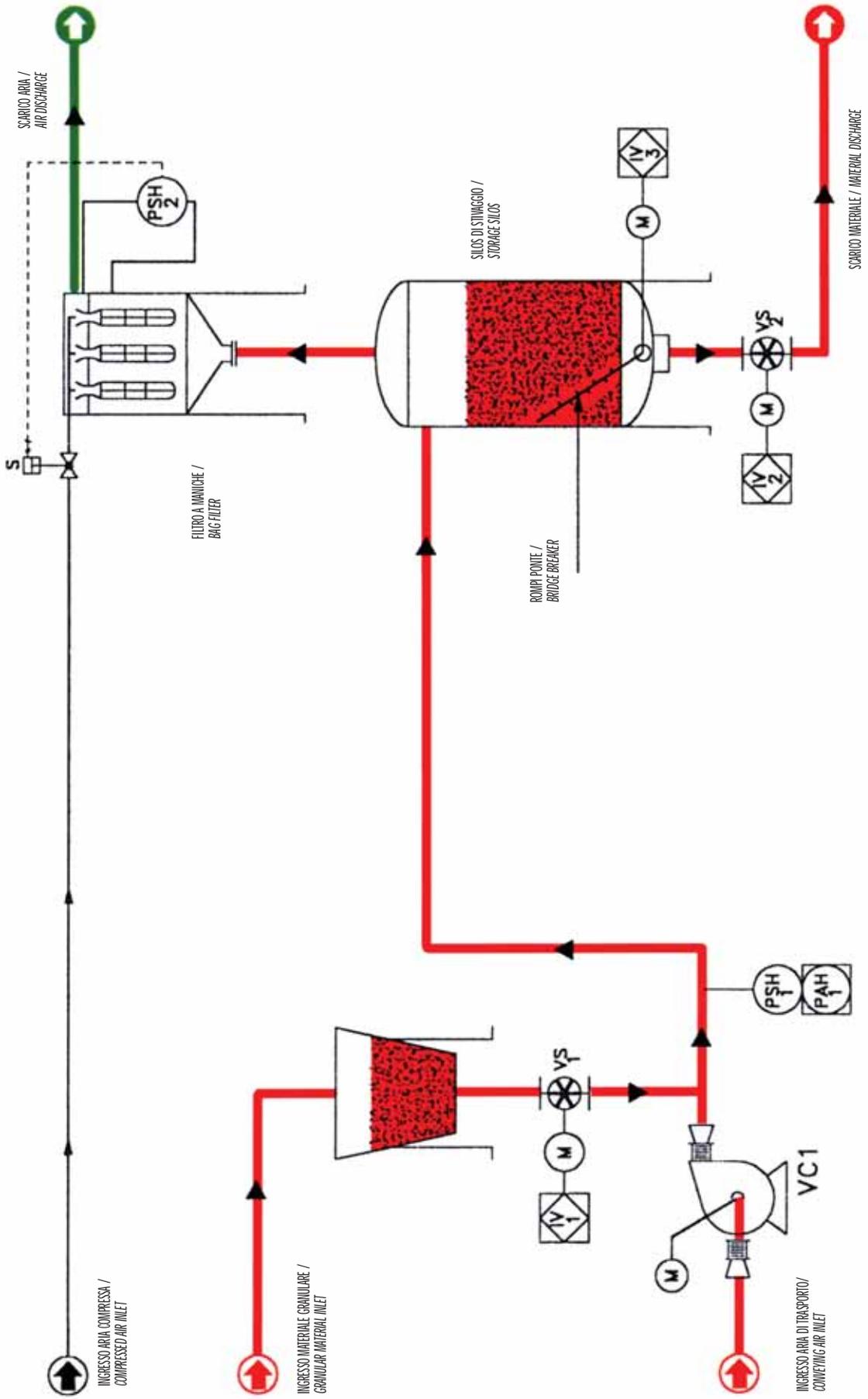
Portable wheeled units for the pneumatic conveyor complete with filter and compressor.

4. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

- overall dimensions negligible compared to other systems;
- much higher conveying speed to the same load of material;
- very low maintenance costs;
- quick installation;
- versatility in the plant with possibility of modifying the path and re-installation without having to make major changes;
- possible to have two or more user points just by installing automatic deviators and also without having to provide compensation air receivers.

Disadvantages: in pressure systems: wear of the conveying duct.

SCHEMA DI PROCESSO PROCESS DIAGRAM



VELOCITA' DELL'ARIA NECESSARIA PER IL TRASPORTO PNEUMATICO DI ALCUNI MATERIALI

**CONCENTRAZIONE:
~ 1 KG DI MATERIALE X 2m³ DI ARIA**

MATERIALE	VELOCITA' ARIA (in mt./sec)
CENERI, SCORIE, TERRE	25÷40
ORZO	30÷40
CEMENTO	30÷45
CARBONE IN POLVERE	25÷35
CHICCHI DI CAFFE' MONDATI	25÷30
CHICCHI DI CAFFE' NON MONDATI	25÷30
SUGHERO	22÷30
CHICCHI DI CEREALI	25÷35
COTONE	20÷25
SEMI DI COTONE	25÷30
FARINA	22÷30
CANAPA	22÷30
IUTA	22÷30
CALCE	25÷35
AMIANTO	25
ARGILLA IN POLVERE	25
GESSO	27
TRUCIOLI METALLICI	25÷35
AVENA	25÷30
TRUCIOLI E SCAGLIE DI LEGNO	25÷35
STRACCI IN PEZZETTI	25÷35
SEGALE	25÷35
SALE	30÷35
SABBIA	30÷40
SEGATURA	20÷30
ZUCCHERO	25÷30
CORTECCE SECCHIE (in scaglie)	25÷35
CORTECCE UMIDE	30÷37,5
GRANO	25÷35
FARINA DI LEGNO	20÷30
LANA	25÷30
PAGLIA TRINCIATA	25
SANSE DI OLIVE	30
TALCO	25

AIR VELOCITY REQUIRED FOR PNEUMATIC CONVEYING OF CERTAIN MATERIALS

**CONCENTRATION:
~ 1 KG OF MATERIAL X 2m³ OF AIR**

MATERIAL	AIR VELOCITY (in mt./sec)
ASH, SLAG, EARTH	25÷40
BARLEY	30÷40
CEMENT	30÷45
COAL DUST	25÷35
COFFEE BEANS SHELLED	25÷30
COFFEE BEANS UNSHELLED	25÷30
CORK	22÷30
CEREAL GRAINS	25÷35
COTTON	20÷25
COTTON SEEDS	25÷30
FLOUR	22÷30
HEMP	22÷30
JUTE	22÷30
LIME	25÷35
ASBESTOS	25
CLAY POWDER	25
GYPSUM	27
METAL CHIPS	25÷35
OAT	25÷30
WOOD CHIPS AND FLAKES	25÷35
PIECES OF RAG	25÷35
RYE	25÷35
SALT	30÷35
SAND	30÷40
SAWDUST	20÷30
SUGAR	25÷30
DRY BARK (in flakes)	25÷35
MOIST BARK	30÷37,5
GRAIN	25÷35
WOOD FLOUR	20÷30
WOOL	25÷30
CUT STRAW	25
OLIVE RESIDUES	30
TALC	25

5. CALCOLI E TABELLE

Dati

Materiale: **sale**

Quantità da trasportare:

1000 kg/h = 0,27 kg/sec

Percorso tubazione orizzontale: **150 mt**

Percorso tubazione verticale: **20 mt**

N. curve: **3 a 90° con**

raggio = 4 x Ø tubaz. (0,6 mt)

Angolo di ingresso materiale in tubazione:

35° (tan 35° = 0,7)

Velocità di trasporto

Dalla tabella a pag. 185 ricaviamo una velocità media di 32 mt/sec

Calcolo della resistenza dovuta al materiale

1) Calcolo della resistenza di accelerazione:

$$AL = MV^2/2g$$

dove M = quantità di materiale in kg/sec

V = velocità di trasporto in mt/sec

G = accelerazione di gravità in mt/sec²

$$\text{e pertanto } \frac{0,27 \times 32^2}{2 \times 9,81} = 14 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Calcolo della resistenza nel tratto verticale

$$LE = M \times d_v$$

dove M = quantità di materiale in kg/sec

d_v = lunghezza del tratto verticale in mt

e pertanto 0,27 x 20 = 5,4 mm H₂O

Calcolo della resistenza nel tratto orizzontale

$$HL = M \times d_h \times f$$

dove M = quantità di materiale in kg/sec

d_h = lunghezza del tratto orizzontale

f = tangente dell'angolo di ingresso del materiale in tubazione

e pertanto 0,27 x 150 = 28,5 mm H₂O

5. CALCULATIONS AND TABLES

Data

Material: **salt**

Quantity to be handled:

1000 kg/h = 0.27 kg/sec

Length of horizontal ducting: **150 mt**

Length of vertical ducting: **20 mt**

N. of elbows: **three 90° elbows**

with radius = 4 x duct dia. (0.6 m)

Entry angle of material in duct:

35° (tan 35° = 0.7)

Conveying velocity

From the table on page 185 we can deduce an average velocity of 32 m/sec

Calculation of total resistance due to the material

1) Calculation of acceleration resistance:

$$AL = MV^2/2g$$

where M = quantity of material in kg/sec

V = conveying velocity in m/sec

G = acceleration of gravity in m/sec²

$$\text{and hence } \frac{0,27 \times 32^2}{2 \times 9,81} = 14 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Calculation of resistance in the vertical section

$$LE = M \times d_v$$

where M = quantity of material in kg/sec

d_v = length of vertical section in m

hence 0.27 x 20 = 5.4 mm H₂O

Calculation of resistance in the horizontal section

$$HL = M \times d_h \times f$$

where M = quantity of material in kg/sec

d_h = length of horizontal section

f = tangent of the material entry angle in the duct

hence 0.27 x 150 = 28.5 mm H₂O

Calcolo della resistenza dovuta alle curve

$$EL = N. \text{ curve } x \frac{M \times V^2 \times d \times f}{g \times R}$$

dove M = quantità di materiale in kg/sec
 V = velocità di trasporto in mt/sec
 d = sviluppo della curva = 1/4 della circonferenza totale data dal raggio
 f = tangente dell'angolo di ingresso del materiale in tubazione
 g = accelerazione di gravità in mt/sec²
 R = raggio della curva in mt

$$\text{e pertanto } 3 \times \frac{0,27 \times 32^2 \times 0,94 \times 0,7}{9,81 \times 0,6} = 92,7 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Calcolo della resistenza totale dovuta al materiale

TML = AL + LE + HL + EL e pertanto
 14 + 5,4 + 28,5 + 92,7 = 140,6 mm H₂O

Calcolo del volume d'aria necessario per il trasporto

Per una concentrazione di 0,5 kg ogni m³ aria
 Materiale 1000 kg
 Portata aria = kg materiale x 2 m³ = 2000 m³/h
 Velocità nelle tubazioni = 32 mt/sec

Calcolo del diametro della tubazione

Portata m³/h = 2000
 Portata m³/sec = m³/h :
 3600 = 2000 : 3600 = 0,56 m³/sec
 Sezione tubazione = portata: velocità
 0,56 : 32 = 0,0175 m² sezione tubazione = Ø 0,15
 mt che trasformiamo in mm = 150

Calculation of resistance due to the elbows

$$EL = N. \text{ of elbows } x \frac{M \times V^2 \times d \times f}{g \times R}$$

where M = quantity of material in kg/sec
 V = conveying velocity in m/sec
 d = length of the elbow = 1/4 of the total circumference given by the radius
 f = tangent of the material entry angle in the duct
 g = acceleration of gravity in m/sec²
 R = radius of the elbow in m

$$\text{hence } 3 \times \frac{0.27 \times 32^2 \times 0.94 \times 0.7}{9.81 \times 0.6} = 92.7 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Calculation of total resistance due to the material

TML = AL + LE + HL + EL hence
 14 + 5.4 + 28.5 + 92.7 = 140.6 mm H₂O

Calculation of volume of air required for conveying

For a concentration of 0.5 kg every m³ of air
 Material 1000 kg
 Air flow = kg material x 2 m³ = 2000 m³/h
 Velocity in the ducts = 32 m/sec

Calculation of the duct diameter

Flow rate m³/h = 2000
 Flow rate m³/sec = m³/h :
 3600 = 2000 : 3600 = 0.56 m³/sec
 Duct section = flow rate: velocity
 0.56 : 32 = 0.0175 m² duct section = dia Ø 0.15 m
 dia. which we transform into mm = 150

Calcolo delle resistenze dovute al movimento dell'aria

Tubazione lineare:

(Vedi tab. perdite di carico: $V = 32$ mt/sec)

$\varnothing 150$ mt = 170×9	mm	1530
dinamica = $\frac{1,22 \times V^2}{19,62}$	mm	64
curve = $3 \times 0,2 \times$ dinamica	mm	38,5
= $3 \times 0,2 \times 64$	mm	32
ingresso = $1/2$ dinamica	mm	32
filtro o ciclone	mm	100
	mm	1764,5

Resistenze dovute al movimento dell'aria = 1764 mm H₂O

Calcolo totale delle resistenze

Resistenze dovute al materiale + resistenze dovute all'aria:

$$140,6 + 1764,5 = 1905,1 \text{ mm H}_2\text{O (resistenza totale)}$$

Pertanto l'aspiratore dovrà avere queste caratteristiche:

portata 2000 m³/h
prevalenza 1950 mm H₂O

Presumendo un rendimento del 60% possiamo calcolare la potenza necessaria

$$\text{CV ass.} = \frac{\text{portata} \times \text{prevalenza}}{3600 \times \text{rendimento} \times 75} = \frac{3.900.000}{162.000} = 24,0 \text{ CV ass.}$$

Aggiungiamo il 10% per la trasmissione

e avremo:

$$24,0 + 2,40 = 26,4 \text{ CV assorbiti}$$

Equivalenti ad un motore da 30 CV

6. INFORMAZIONI SUI COSTI

I trasporti pneumatici si dimensionano in base alla portata di materiale da trasportare, in base alla estensione del percorso e in base alle caratteristiche del percorso. Non è possibile impostare una regola per ricavare il prezzo.

Calculation of resistance due to air movement

Linear duct:

(See Pressure drop table: $V = 32$ m/sec)

$\varnothing 150$ mt = 170×9	mm	1530
dinamica = $\frac{1.22 \times V^2}{19.62}$	mm	64
elbows = $3 \times 0.2 \times$ dynamic	mm	38.5
= $3 \times 0.2 \times 64$	mm	32
inlet = $1/2$ dynamic	mm	32
filter or cyclone	mm	100
	mm	1764.5

Resistances due to air movement = 1764 mm H₂O

Total calculation of the resistances

Resistances due to the material + resistances due to the air:

$$140.6 + 1764.5 = 1905.1 \text{ mm H}_2\text{O (total resistance)}$$

Hence the exhauster unit should have the following characteristics:

flow rate 2000 m³/h
head 1950 mm H₂O

Assuming an efficiency of 60% we can calculate the power required

$$\text{HP cons.} = \frac{\text{flow rate} \times \text{head}}{3600 \times \text{efficiency} \times 75} = \frac{3,900,000}{162,000} = 24.0 \text{ CV ass.}$$

Adding 10% for the transmission

we shall have:

$$24.0 + 2.40 = 26.4 \text{ HP consumed}$$

Equivalent to a 30 HP motor

6. INFORMATION REGARDING COST

The pneumatic conveyors are dimensioned on the basis of the flow rate of the material to be handled as well as the length and characteristics of the route. It is not possible to establish a rule for obtaining the price.

TERMODISTRUZIONE DI RIFIUTI SOLIDI

La termodistruzione costituisce un'efficace soluzione impiantistica per incenerire i rifiuti solidi; in più, i fumi di post-combustione, grazie allo sfruttamento del contenuto entalpico posseduto, rappresentano un'importante risorsa energetica. Dal processo di incenerimento vengono prodotti fumi contenenti particolato, incombusti organici, ossidi di vario genere (di zolfo e di azoto), composti organici aromatici policondensati, composti organici clorurati e acidi organici. Pertanto si rende necessario l'utilizzo a valle della camera di incenerimento di soluzioni impiantistiche in grado di trattare e abbattere le sostanze inquinanti contenute nei fumi di primo incenerimento. In tale contesto, di particolare interesse risulta la proposta tecnologica di Ventilazione Industriale, descritta — di seguito — nelle sue linee essenziali.

Il processo

Come indicato sullo schema riportato nella Fig. 1, i rifiuti — pericolosi e non — vengono termodistrutti nel forno inceneritore; i fumi raggiungono la completa ossidazione nel post-combustore, alla temperatura media di 850 °C. I fumi in uscita dal post-combustore attraversano in serie il lato tubi di due scambiatori a fascio tubiero; un sistema di quench di tipo Venturi scrubber, di nuovo il lato mantello del secondo scambiatore a fascio tubiero, ed infine un filtro a maniche prima dell'emissione in atmosfera attraverso un camino di altezza opportuna. Nel primo scambiatore i fumi cedono parte del loro contenuto termico all'aria comburente, per ridurre l'apporto di combustibile ausiliario alla camera di post-combustione; nel secondo scambiatore cedono una ulteriore quota del loro contenuto termico ai fumi stessi uscenti dal sistema di quench in modo da impedire la condensazione di vapori corrosivi all'interno del successivo filtro a maniche. Nello scrubber di tipo Venturi i fumi vengono raffreddati fino alla temperatura di saturazione adiabatica (45 ÷ 60°C) e successivamente lavati con soluzione di soda in modo da abbattere le polveri grossolane ed i fumi acidi; successivamente all'uscita dallo scrubber i fumi vengono post riscaldati fino alla temperatura di circa 160 °C nel lato mantello del secondo scambiatore ed entrano nel filtro a maniche, dove vengono abbattute le particelle di polvere più fini.

Le apparecchiature in gioco

Forno di incenerimento

Il materiale da incenerire viene introdotto in un forno innovativo — di tipo statico — tramite un apposito sistema di caricamento automatico, con

SOLID WASTE INCINERATORS

Thermal incineration offers an efficient plant engineering solution for incinerating solid waste; moreover, the post-combustion fumes, thanks to exploitation of the enthalpy content possessed, represent an important energy resource. The incineration process produces fumes containing particulate, unburnt substances, oxides of various kind (sulphur and nitrogen oxides), polycondensed aromatic organic compounds, chlorinated organic compounds and organic acids. Hence downstream of the incineration chamber it is necessary to adopt plant engineering solution designed to capture and remove the contaminating substances contained in the fumes of the first incineration phase. In this connection, particularly interesting is the technological proposal of Ventilazione Industriale, described below in its essential lines.

The process

As shown in the diagram given in Fig. 1, the waste — whether hazardous or not — is incinerated in the incinerator furnace; the fumes are fully oxidized in the post-combustion unit, at the average temperature of 850 °C. The outlet fumes from the post-combustion unit flows, in series, along the tube side of two tube bundle heat exchangers; a quench system of the Venturi scrubber type, again along the tube side of the second tube bundle heat exchanger, and lastly through a bag filter prior to emission in the atmosphere through a stack of suitable height. In the first heat exchanger, the fumes give up part of their heat content to the combustion-supporting air thereby reducing the quantity of auxiliary fuel in the post-combustion chamber; in the second heat exchanger the fumes give up another part of their heat content to the fumes leaving the quench system so as to prevent condensation of corrosive vapours inside the subsequent bag filter. In the Venturi scrubber, the fumes are cooled to the adiabatic saturation temperature (45 to 60°C) and subsequently scrubbed with sodium hydroxide solution in order to remove the coarse dusts and acidic fumes; then the exit fumes from the scrubber are post-heated at a temperature of about 160 °C in the shell side of the second heat exchanger and enter the bag filter where the finer dust particles are removed.

Equipment involved

Incineration furnace

The material to be incinerated is charged in an innovative furnace — of static type — via a special automatic loading system, with drives operated by hydraulic cylinders (Fig. 2). The waste material

azionamenti guidati da pistoni idraulici (Fig. 2). I rifiuti immessi nella camera di combustione (Fig. 2) raggiungono la temperatura di autocombustione grazie a uno specifico bruciatore di supporto ad aria comburente, di tipo modulante proporzionale. Il forno potrà essere corredato di un'opportuna griglia in ghisa di qualità elevata, al di sopra della quale sarà alloggiato il bruciatore di supporto energetico. Sul lato frontale del forno è installato il portellone di ispezione della camera di combustione, mentre nella parte inferiore è previsto uno sportello ad apertura automatica per lo scarico delle ceneri. Sul lato frontale opposto è sistemato il portello ad apertura automatica per il caricamento del forno. Il bruciatore posto lateralmente lambisce con la propria fiamma i rifiuti sistemati all'interno della camera di incenerimento. Lo spessore del refrattario, tale da resistere fino a 1.400 °C, assicura l'integrità della struttura costituente il forno.

Camera di post-combustione

Tale camera ha lo scopo di ossidare gli incombusti organici ed il monossido di carbonio, contenuti nei fumi provenienti dal forno e viene alimentata con ingresso radiale in modo da garantire la turbolenza fluidodinamica necessaria per completare l'ossidazione dei composti organici suddetti. In casi particolari è prevista la possibilità di utilizzare ossigeno puro come comburente al posto dell'aria, per ottimizzare il processo di post-combustione. La temperatura media di esercizio è pari a 850 °C, mantenuta mediante l'apporto di energia di un bruciatore ausiliario funzionante a metano e il processo viene controllato sia dal punto di vista termico/energetico che massico. Il tempo di permanenza minimo è di 2 s e la temperatura media di esercizio può essere superiore a quella precedentemente indicata, a seconda della composizione chimica del rifiuto e di conseguenza dei relativi fumi di combustione.

Unità di recupero energetico

Utilizzando i fumi di post-combustione è possibile pre-riscaldare l'aria comburente per il bruciatore della camera stessa, surriscaldare i fumi provenienti dal Venturi scrubber e, in casi specifici, ottenere ulteriori recuperi energetici. A tal fine si è pensato di ricorrere a unità di recupero, costituite da scambiatori a fascio tubiero, interamente realizzati in acciaio inox per alte temperature e la cui superficie esterna è isolata termicamente. La progettazione di tali apparecchiature, specifica per ogni applicazione, contempla il dimensionamento dei seguenti parametri: diametro, lunghezza, spessore e disposizione dei tubi di scambio energetico.

Venturi scrubber

I fumi provenienti dalle unità di recupero energetico subiscono un quench controllato sia termicamente che chimicamente (di fondamentale impor-

loaded in the combustion chamber (Fig. 2) reaches the self-combustion temperature thanks to a specific support burner with combustion-supporting air, of proportional modulating type. The furnace can be provided with a suitable grid made of quality cast iron, above which the energy support burner will be seated. The inspection door of the combustion chamber is installed at the front of the furnace, while at the bottom there is a door with automatic opening for unloading the ashes. On the opposite front there is the furnace charging door with automatic opening. The burner, placed sideways, licks with its flame the waste material arranged inside the incineration chamber. Thickness of the refractory lining is such as to withstand temperatures up to 1400 °C, thus ensuring the intactness of the furnace structure.

Post-combustion chamber

Purpose of the post-combustion chamber is to oxidize the unburnt organics and carbon monoxide contained in the fumes exiting from the furnace. It is fed via a radial inlet in order to ensure the fluid-dynamic turbulence required to complete oxidation of the above-mentioned organic compounds. In particular cases there is provision for using pure oxygen as combustion-supporting medium instead of air so as to optimize the post-combustion process. The average operating temperature is equal to 850 °C, and is held by the energy supplied from an auxiliary, natural gas-fired burner. The process is controlled in both thermal/energy terms as well as regards mass. Minimum residence time is 2 s. The average operating time can exceed the one given previously, depending on the chemical composition of the waste material, and therefore that of the relative fumes of combustion.

Energy recovery unit

By using the post-combustion fumes it is possible to preheat the combustion-supporting air for the burner of the combustion chamber, overheat the fumes coming from the Venturi scrubber and, in special cases, to obtain further energy recovery. For such purpose, use is made of a recovery unit consisting of a tube bundle heat exchanger, of all-stainless steel construction for high temperatures, with thermally insulating outer surface. Designing of such equipment (specific for each application), involves dimensioning of the following parameters: diameter, length, wall thickness and arrangement of the energy exchange tubes.

Venturi scrubber

The fumes coming from the energy recovery unit are quenched both thermally and chemically (of vital importance in order to allow absorption in the aqueous phase of all the water-soluble acidic inorganic substances derived from the thermal destruc-

tanza per poter assorbire nella fase acquosa tutte le sostanze inorganiche acide idrosolubili derivanti dal processo di termodistruzione/postcombustione) in uno scrubber multi-Venturi. Come è noto, questo tipo di scrubber, permette inoltre di trattare in fase acquosa anche eventuali polveri di dimensioni "medio-grandi", presenti nei fumi che lo attraversano. I suddetti impianti sono di tipo modulare e ognuno di essi ha la possibilità di processare 2.500 Em³ /h. Tale accorgimento assicura una maggiore turbolenza specifica ed un miglior contatto tra le fasi, fornendo risultati superiori rispetto al singolo cono Venturi.

Filtro a maniche autopulente

Questa unità è adibita alla filtrazione del restante particolato presente nei fumi provenienti dal Venturi scrubber. L'apparecchiatura consiste in un depolveratore adatto per il funzionamento continuo, con pulizia in automatico del tessuto filtrante. Gli elementi filtranti sono costituiti da cestelli portanti adeguate maniche, le cui caratteristiche sono in questo caso dettate principalmente dalla temperatura di esercizio (> 160 °C). Il ciclo di pulizia delle maniche è variabile in funzione delle reali necessità dell'impianto e permette sia la variazione del tempo che della frequenza di lavaggio. Inoltre, è possibile progettare ogni filtro per le specifiche esigenze, utilizzando appieno le peculiarità dell'apparecchiatura.

Considerazioni conclusive

Il processo avviene totalmente in depressione e, tramite specifici trasmettitori di pressione relativa, si controllano in continuo i valori di depressione presenti nel forno e nella camera di post-combustione. L'applicazione proposta rappresenta, in modo indiretto, un controllo massiccio del processo, di fondamentale importanza per il corretto svolgimento dello stesso.

Tutte le apparecchiature sono corredate di loop di controllo per il completo funzionamento automatico del processo di termodistruzione rifiuti e trattamento fumi di incenerimento. L'intera logica di gestione impianto fa riferimento a un unico quadro elettrico centrale, dotato di PLC. Dal fronte quadro è possibile gestire l'impianto e controllare i valori di processo fondamentali (v. Tabella).

Sono stati omessi i controlli delle rampe GN per bruciatori e delle rampe O₂ per l'arricchimento in camera di combustione con apposita lancia, nonché i controlli delle emissioni. L'impianto deve essere dotato dei controlli continui alle emissioni specificati nel D.M.A. 19 novembre 1997, n° 503 per i rifiuti urbani e quelli speciali non pericolosi e nel D.M.A. 25 febbraio 2000, n°124 per i rifiuti speciali pericolosi. Complessivamente l'impianto si mostra decisamente flessibile e di agevole taratura, caratteristica necessaria per poter applicare la termodistruzione alle diverse tipologie dei rifiuti solidi da incenerire.

tion/post-combustion process) in a multi-Venturi scrubber. As is well known, this type of scrubber, besides capturing in aqueous phase, can also capture any dusts of the "medium-large" size, contained in the fumes flowing through it. The above plants are modular in type and each one is designed to process 2500 Em³ /h. Such measure ensures greater specific turbulence and improved contact between the phases, thus supplying better results compared to the single Venturi scrubber.

Self-cleaning filter bag

This unit serves for filtration of the remaining particulate present in the fumes coming from the Venturi scrubber. The equipment consists of a dust collector, designed for continuous duty, with automatic cleaning of the filter fabric. The filter elements consist of cages carrying suitable bags whose characteristics are dictated in this case mainly by the operating temperature (> 160 °C). The bag cleaning cycle is variable depending on actual needs of the plant; it allows variation both in time and in cleaning frequency. It is also possible to design each filter for the specific requirements by making full use of the duct collector's special characteristics.

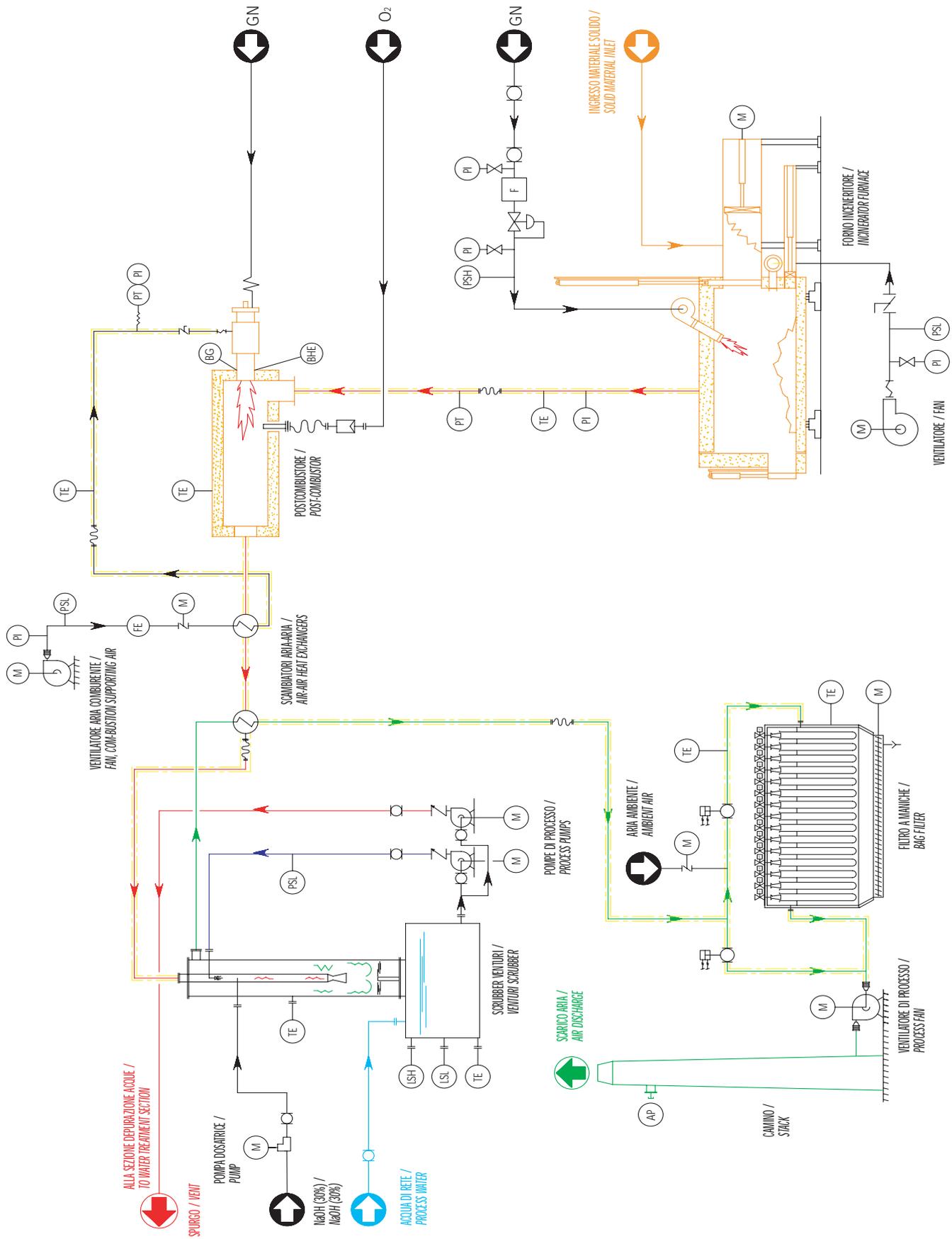
Concluding remarks

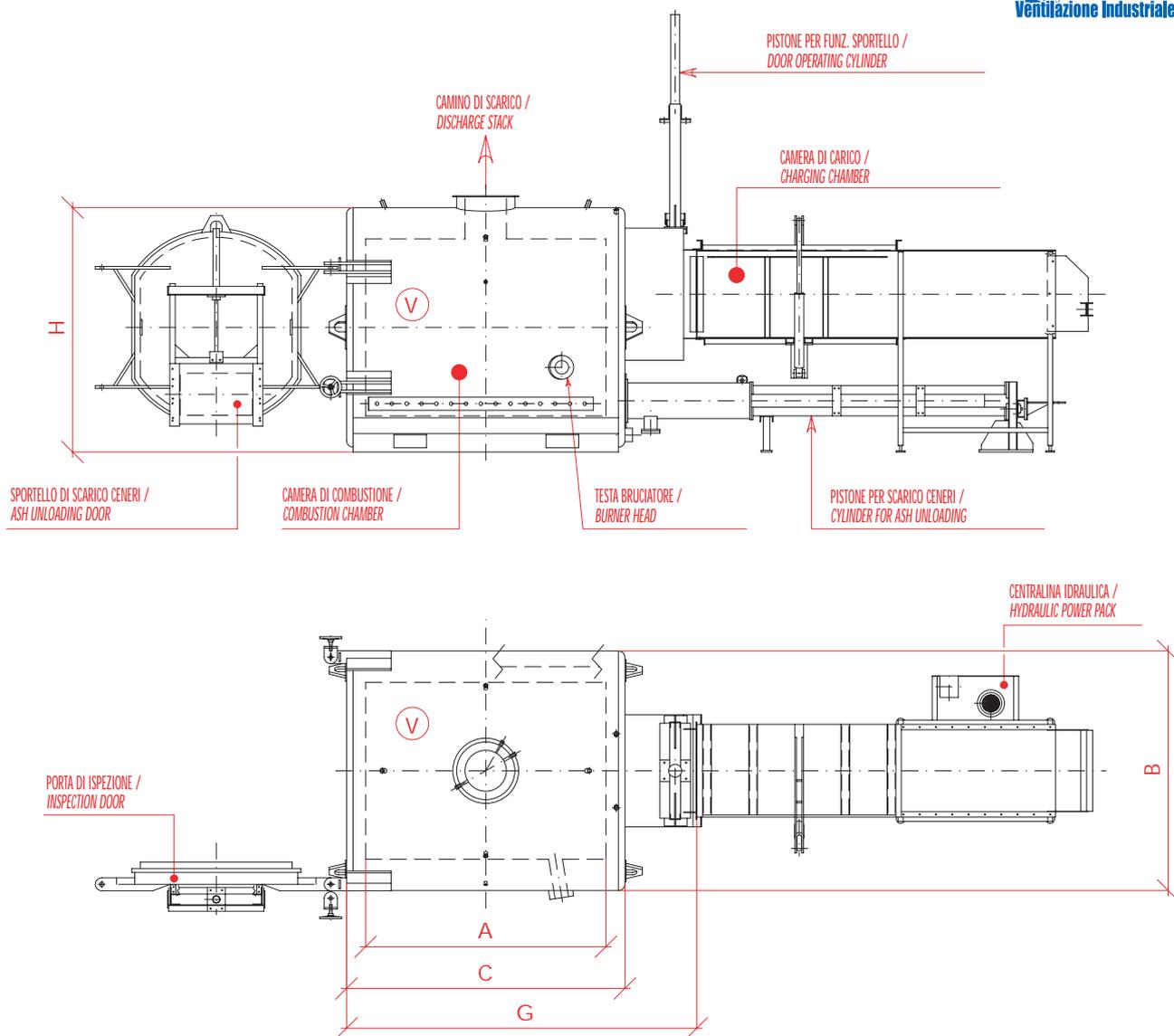
The process takes place fully under negative pressure while, thanks to specific transmitters of relative pressure, the negative pressures levels in the furnace and post-combustion chamber are continuously monitored. The application proposed represents, indirectly, a mass control of the process, of vital importance for correct running of the actual process.

All units are provided with control loop for fully automatic operation of the waste incineration process and clean-up of the incineration fumes. The entire plant control logic is based on a single central control panel, provided with PLC. From the front of the control panel it is possible to control the plant and monitor the basic process values (see Table).

The system does not include controls for the NG ramps for burners and O₂ ramps for enrichment in the combustion chamber with special nozzle, nor does it include controls of the emissions. The plant should be provided with continuous monitoring of the emissions as specified in Italian Environmental Ministerial Decree 19th November 1997, n° 503 for urban waste and special non-hazardous wastes, and in accordance with Environmental Ministerial Decree 25th February 2000, n°124 for hazardous special waste. Overall the plant proves to be decidedly flexible and easy to set, such characteristic being necessary so that the thermal incineration technique can be applied to the various types of solid waste to be incinerated.

SCHEMA IMPIANTO DI TERMODISTRUZIONE RIFIUTI SOLIDI PROCESS DIAGRAM, SOLID WASTE INCINERATOR





MODELLI FORNI / FURNACE MODELS

Sigla Sigla	Caratteristiche Characteristics	FP12	FP24	FP40	FP55	FP75	FP90
V	Volume interno utile m3 Max. internal volume e m3	1.24	2.39	4.02	5.49	7.47	9.08
A	Lunghezza interna mm Internal length mm	1100	1800	2000	2250	2500	2750
B	Larghezza esterna max mm External width max mm	1550	1650	2000	2250	2400	2550
C	Lunghezza esterna max mm External length max mm	1280	2050	2350	2650	2900	3150
G	Lunghezza totale max mm Total length max mm	1880	2650	2950	3250	3500	3750
H	Altezza esterna max mm External height max mm	1750	1850	2100	2350	2500	2750
P	Peso indicativo Kg Approx. weight Kg	3700	5800	8600	11700	13800	16650
Tmax	Temp. max sopportabile °C Max. withstandable temp. °C	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Pb	Potenzialità bruciatore Kcal/h Burner capacity Kcal/h	30000	40000	50000	60000	60000	70000
Q	Portata ventilatore estraz. Nm3/h Fan flow rate, extraction Nm3/h	1500	1500	2500	3500	3500	4000
Pt	Potenzialità termica Kcal/h Heat capacity Kcal/h	400000	750000	1100000	1500000	1850000	2250000

N.B. Bear in mind that when reading the tables, the values are given with the European decimal notation; for English readers the comma should be taken as the decimal point.



Forno, vista complessiva

Furnace, overall view



Forno, vista caricatore

Furnace, charger view