



DEPURAZIONE FUMI DI COMBUSTIONE RIFIUTI

SISTEMA A SECCO CON FILTRI A MANICHE

All'alba del 21° secolo lo smaltimento dei rifiuti costituisce una delle maggiori sfide di fronte alle quali si trova la società industrializzata.

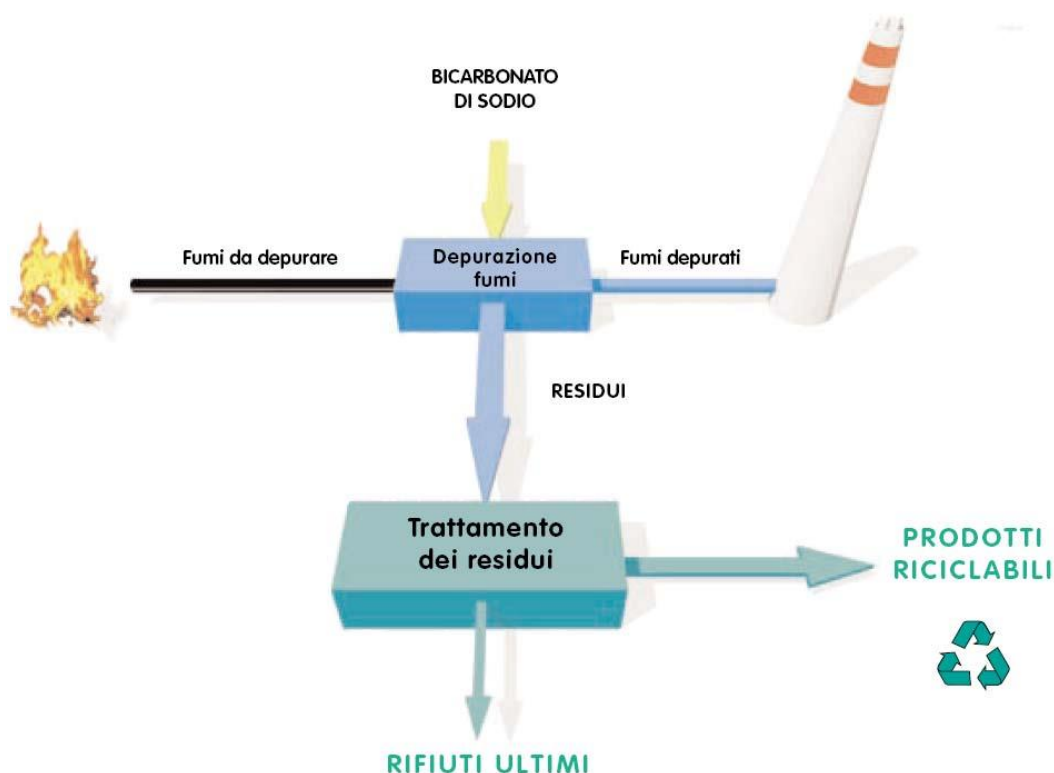
Le soluzioni devono inquadrarsi nella prospettiva di uno sviluppo sostenibile, contribuendo fin da oggi a una gestione più responsabile delle risorse naturali non rinnovabili.

La depurazione dei fumi, applicata sia all'attività industriale sia alla termovalorizzazione dei rifiuti, costituisce essa stessa un processo industriale, i cui residui devono essere trattati in un quadro di tutela dell'ambiente e delle sue risorse non rinnovabili.

Da qui una soluzione globale attraverso due fasi: la neutralizzazione ed il recupero.

Il sistema di depurazione a secco in proposta si svolge con:

1. la depurazione dei fumi propriamente detta,
2. il trattamento e la valorizzazione dei prodotti sodici residui derivanti dalla depurazione.



DESCRIZIONE DEL PROCESSO

Il processo si basa sull'iniezione a secco, nei fumi da depurare, di bicarbonato di sodio opportunamente macinato. Il reagente basico iniettato neutralizza gli acidi (acido cloridrico, biossido di zolfo, acido fluoridrico,...) con estrema efficacia. L'iniezione combinata di bicarbonato di sodio con carbone attivo o con coke di lignite, agisce sui metalli pesanti e sulle diossine/furani permettendo di rispettare le normative più severe sulle emissioni in atmosfera. I prodotti della reazione acido-base sono sali sodici (cloruro di sodio, solfato di sodio, fluoruro di sodio, carbonato di sodio,...) denominati Prodotti Sodici Residui (o P.S.R.). Tali sali vengono separati dai fumi attraverso l'utilizzo di opportuni sistemi filtranti.

Dal momento che tale processo avviene interamente a secco, non viene generato alcun effluente liquido che debba essere a sua volta trattato.

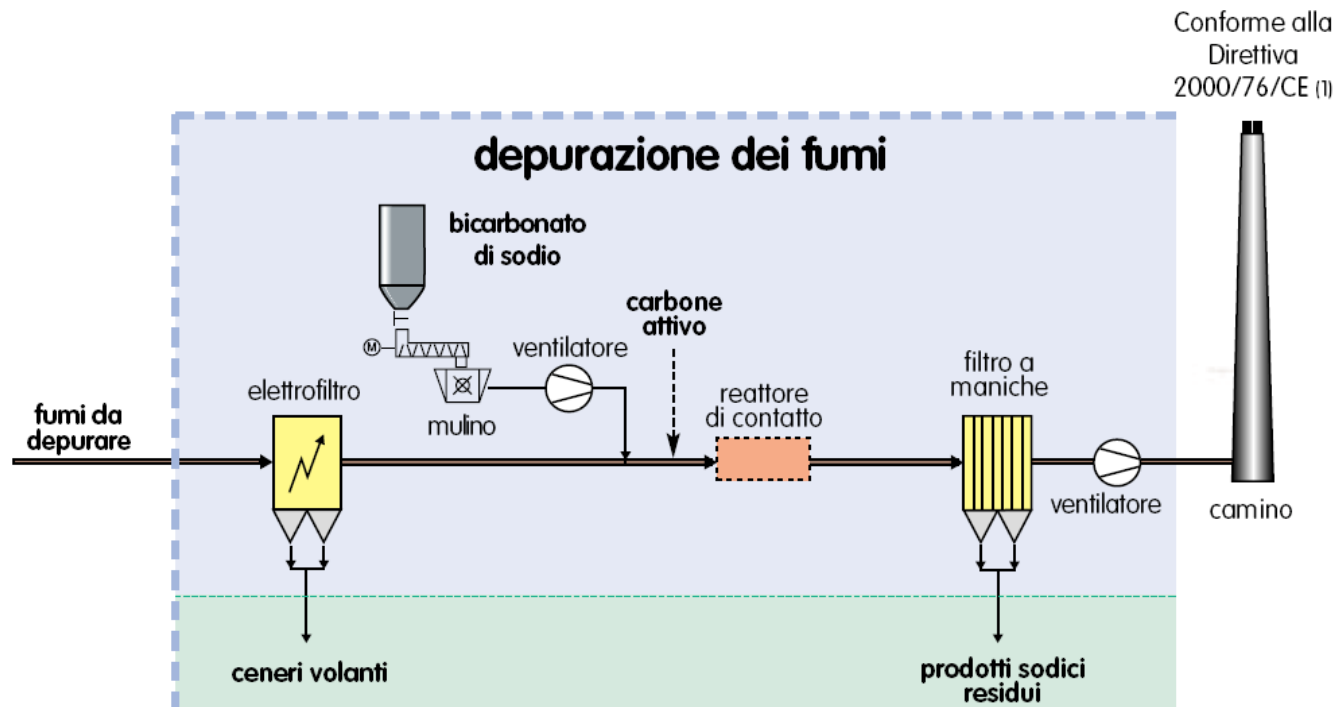
Con questa tecnologia innovativa si offre una soluzione globale a problematiche quali:

- l'inquinamento atmosferico
- la massa dei rifiuti ultimi da smaltire
- il consumo di risorse naturali non rinnovabili

A seguire vengono descritte più dettagliatamente le fasi del processo.

DEPURAZIONE DEI FUMI

Il processo di depurazione si basa sull'iniezione a secco, nei fumi da depurare, di bicarbonato di sodio opportunamente macinato.



(1) Direttiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 4 dicembre 2000 sull'incenerimento dei rifiuti.

La qualità e la quantità degli inquinanti presenti nei fumi dipende dal processo industriale che li produce. In generale sono presenti:

- polveri (ceneri volanti)
- composti acidi: acido cloridrico (**HCl**), biossido di zolfo (**SO₂**), acido fluoridrico (**HF**) e ossidi d'azoto (**NO** e **NO₂**), ...
- metalli pesanti e metalloidi (Piombo, Mercurio, Cadmio,...);
- Diossine E Furani.

Il bicarbonato di sodio, prima della sua iniezione nei fumi da depurare, viene macinato fino a raggiungere la granulometria ottimale per la resa del processo.

L'azione del bicarbonato di sodio neutralizza gli acidi presenti nei fumi (in particolare l'acido cloridrico, il biossido di zolfo e l'acido fluoridrico), formando dei sali sodici (cloruro di sodio, solfato di sodio, fluoruro di sodio, carbonato di sodio), i cosiddetti Prodotti Sodici Residui (P.S.R.).

Il bicarbonato di sodio presenta anche la proprietà di assorbire i metalli pesanti, le diossine e i furani. Per il rispetto delle norme in materia di emissioni è sufficiente un modesto apporto di carbone attivo o di coke di lignite, anch'essi iniettati a secco, insieme al bicarbonato di sodio.

La soluzione impiantistica idonea all'applicazione del processo prevede, dopo l'iniezione del bicarbonato di sodio macinato, uno stadio di filtrazione per la captazione delle ceneri di processo e dei prodotti della reazione fra il bicarbonato e gli inquinanti acidi presenti nei fumi. Qualora si voglia ottenere una separazione di questi due prodotti, a monte dell'iniezione del bicarbonato deve essere previsto un primo stadio di filtrazione per le ceneri volanti.

Qualora il tempo di contatto del bicarbonato con i fumi da depurare sia inferiore ad 1 secondo (tra l'ingresso del reagente ed il filtro a maniche) è opportuno prevedere un reattore di contatto.

I residui secchi della depurazione dei fumi (compresi eventualmente il carbone attivo o il coke di lignite e le ceneri volanti qualora non vi sia una prima filtrazione) vengono trattenuti dal filtro a maniche, raccolti e quindi stoccati. È opportuno sottolineare che la reazione di neutralizzazione degli acidi non avviene solo nella corrente gassosa, ma anche nel pannello di filtrazione che si deposita sulle maniche del depolveratore finale.

Nel caso la depolverazione dei fumi avvenga mediante uno stadio di filtrazione a monte dell'iniezione di bicarbonato di sodio, si parla di processo in doppia filtrazione; diversamente si parla di processo in semplice filtrazione.

I fumi depurati vengono aspirati da un ventilatore verso il camino. La loro temperatura è tale da evitare la presenza di un pennacchio all'uscita del camino, senza dover ricorrere ad un riscaldamento dei fumi.

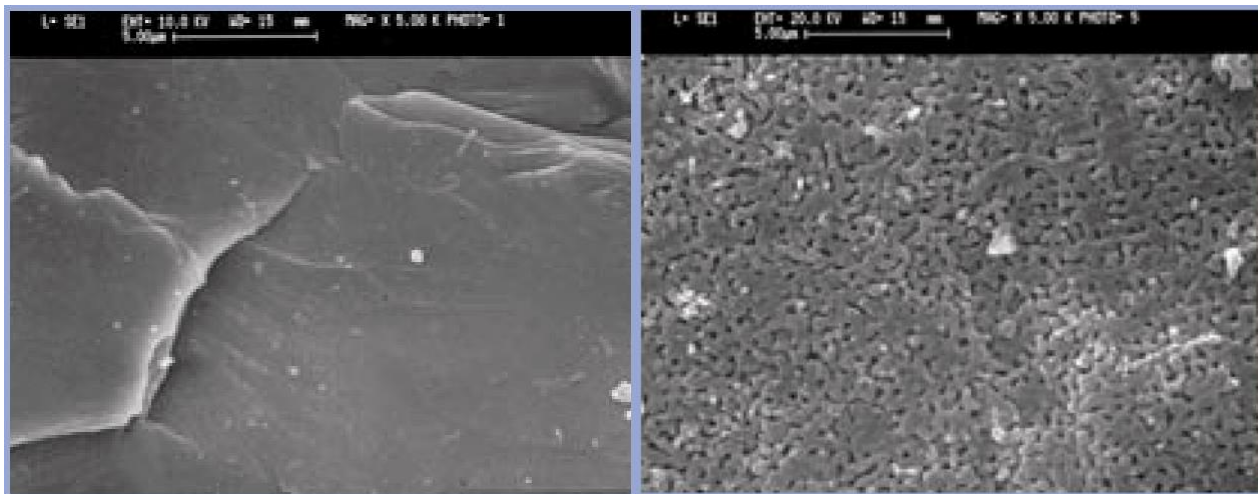
QUALI SONO LE REAZIONI CHIMICHE CHE AVVENGONO?

Le reazioni chimiche globali di neutralizzazione degli acidi per mezzo del bicarbonato di sodio sono le seguenti:



Perchè il bicarbonato di sodio è così efficace ?

La neutralizzazione degli acidi per mezzo del bicarbonato di sodio comporta in realtà uno stadio di attivazione termica: messo in contatto con i fumi ad alta temperatura, il bicarbonato di sodio si trasforma rapidamente in carbonato di sodio ad alta superficie specifica e a porosità elevata (vedere le fotografie al microscopio elettronico di seguito riportate).



a) Bicarbonato di sodio prima dell'attivazione termica: superficie dei granuli molto liscia.

b) Carbonato di sodio ad alta superficie specifica dopo l'attivazione termica del bicarbonato di sodio: superficie dei granuli molto porosa.

La trasformazione del bicarbonato di sodio in "carbonato attivato" conferisce al processo delle ottime prestazioni di neutralizzazione degli acidi (acido cloridrico, biossido di zolfo, acido fluoridrico...) e d'assorbimento dei metalli pesanti e delle diossine/furani.

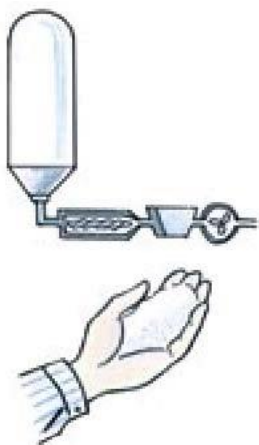
A quale temperatura il bicarbonato di sodio è efficace ?

Grazie al bicarbonato di sodio il processo conserva la sua efficacia in un largo intervallo di temperature dei fumi da 140° a più di 300°, ed anche al di là di questo intervallo, in determinate condizioni; esistono inoltre delle applicazioni particolari a temperatura molto alta, dell'ordine dei 600°C.



VANTAGGI DEL PROCESSO: SEMPLICITA' E FLESSIBILITA'**Processo a secco**

- Non richiede utilizzo di acqua (e quindi non genera effluenti liquidi):
 - né nella preparazione del reagente
 - né come agente depurante

Semplicità impiantistica

- Le apparecchiature necessarie sono poche e semplici:
 - nessuna vasca di preparazione del reagente
 - nessun impianto di nebulizzazione
 - nessuna torre di lavaggio

Reagente di agevole utilizzo

- Il bicarbonato di sodio è un prodotto neutro, non corrosivo, non irritante e atossico, che si maneggia agevolmente e che si può utilizzare in un ampio spettro di condizioni operative.

Facile messa in opera

- La gestione e la manutenzione del processo sono di una semplicità e di un'adattabilità che sorprendono coloro che sono abituati ad altri processi: avvio e arresto dell'impianto facilitati, nessun intasamento, assenza di corrosioni, elevata disponibilità dell'impianto,...

Gestione flessibile

- Il processo conserva la sua efficacia in un notevole intervallo di temperatura dei fumi e non necessita quindi di un controllo rigoroso della temperatura, inoltre, permette l'utilizzo in condizioni ottimali di additivi per la captazione di diossine e furani.



Completa adattabilità all'evoluzione della normativa

- L'applicazione del processo consente di adeguare i valori di emissione di un impianto all'evoluzione della normativa: per far ciò basta modificare i parametri di gestione, senza dover sostituire le apparecchiature.

EFFICACIA

Il bicarbonato di sodio e il processo rendono possibile, con un limitato consumo di reagente, il rispetto dei più severi limiti d'emissione che può essere garantito.

Rispetto delle norme più severe italiane e europee

Il processo permette ad esempio il rispetto:

- della direttiva europea 2000/76/CE relativa all'incenerimento ed al co-incenerimento di rifiuti urbani ed industriali (NOx escluso).
- delle norme più severe in vigore negli altri settori d'applicazione

Norma		Directive 2000/76/EC
Pubblicazione		4 Dicembre 2000
Tipo di Rifiuti		Rifiuti urbani ed industriali
Sostanze Inquinanti	Unità	
Totale Polveri	(mg/Nm ³)	10
Totale Carbone Organico	(mg/Nm ³)	10
Acido Cloridrico (HCl)	(mg/Nm ³)	10
Acido Fluoridrico (HF)	(mg/Nm ³)	1
Biossido di Zolfo (SO ₂)	(mg/Nm ³)	50
Ossido d'Azoto (NOx)	(mg/Nm ³)	200 (> 6 t/h) 400 (< 6 t/h)
Cadmio + Tallio (Cd + Tl)	(mg/Nm ³)	0.05
Mercurio(Hg)	(mg/Nm ³)	0.05
Altri metalli Pesanti (totale)	(mg/Nm ³)	0.5
Diossine / Furani (PCDD/F)	(ng TE/Nm ³)	0.1

Condizioni di riferimento: gas secco; temperatura 273 K; pressione 101,3 kPa; tenore ossigeno 11% v/v

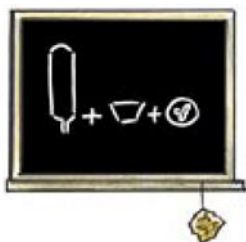
(1) Questa direttiva europea sostituisce le direttive 89/369/CEE, 89/429/CEE e 94/67/CE

Consumo limitato di reagente

- Purché vengano rispettate le linee direttrici del processo dal punto di vista della progettazione e della gestione dell'impianto, tutte le prestazioni sopra citate possono essere raggiunte con eccessi stechiometrici limitati, tipicamente inferiori al 25%.

Prestazioni garantite

- Rispettando le linee direttrici per quanto riguarda la progettazione e la gestione dell'impianto si possono garantire formalmente tutte le prestazioni del processo ® relativamente all'abbattimento delle sostanze inquinanti.

ECONOMICITA'**Apparecchiature numericamente limitate**

- la semplicità e il ridotto numero di apparecchiature necessarie comportano un investimento molto contenuto.
- le apparecchiature non occupano spazi importanti.
- in molti casi è possibile l'adattamento di impianti esistenti.

**Costi di manutenzione contenuti**

- Grazie alla semplicità delle apparecchiature, i costi di manutenzione sono anch'essi molto modesti (dell'ordine del 2% del valore investito).
- Grazie alla ridotta manutenzione necessaria, la disponibilità dell'impianto può essere molto ampia

**Nessun trattamento di effluenti**

- Trattandosi di un processo a secco, non vi è alcuna generazione di effluenti liquidi: ciò significa nessun investimento e spese d'esercizio in impianti di trattamento per liquidi.

**Quantità limitata di rifiuti ultimi da smaltire in discarica**

- La quantità di P.S.R. prodotta è estremamente contenuta a seguito dell'elevata efficacia del bicarbonato di sodio.

RISPETTO DELL'AMBIENTE**Nessun effluente, né emissione di sostanze inquinanti**

- Completamente a secco, il processo di depurazione dei fumi produce solo residui solidi. Diversamente dai processi umidi non genera quindi effluenti o scarichi liquidi nell'ambiente.

Quantità minima di rifiuti ultimi

Recupero e salvaguardia delle risorse non rinnovabili

- La grande efficacia del reagente e del processo riduce al minimo la quantità di prodotti sodici residui. Questi prodotti, grazie alla loro natura sodica, spesso possono essere riutilizzati (dopo la depurazione) consentendo, da una parte di ottimizzare il consumo di risorse non rinnovabili, e dall'altra di limitare la massa di rifiuti ultimi da smaltire in discarica.

**Assenza di pennacchio al camino**

- Il processo è completamente a secco e non comporta un raffreddamento dei fumi; non si ha pertanto formazione del caratteristico pennacchio (dovuto alla presenza di vapore acqueo) all'uscita del camino.



SETTORI DI APPLICAZIONE

I diversi settori d'applicazione nella termovalorizzazione sono:

- rifiuti urbani



- rifiuti industriali speciali o dell'industria farmaceutica



- rifiuti sanitari



- pneumatici



- fanghi di depurazione



PRESTAZIONI DI DEPURAZIONE**ITALIA – Termovalorizzazione di rifiuti urbani e sanitari**

Caratteristiche dei fumi (1)	Unità di misura	A monte della depurazione	Limiti da rispettare (2)	Al camino (valori ottenuti con R.S ~ 1,3). (3)
temperatura portata	°C Nm ³ /h	200 18,000		
HCl	mg/Nm ³	1.000 (valore medio)	30	5
SO ₂	mg/Nm ³	150 (valore medio)	200	2
HF + HBr	mg/Nm ³		1	
METALLI PESANTI				
• Sb + Pb + Cr + Cu + Mn + Ni + As + Co + V + Sn	mg/Nm ³	~ 10	0.5	< 0.05
• Cd + Tl	mg/Nm ³	~ 0.5	0.05	< 0.05
• Hg	mg/Nm ³	~ 0.5	0.05	< 0.05

1) Valori riferiti alle condizioni standard (gas secco, p = 1atm , T= 0°C, O2 = 11%)

2) Norma: Decreto del Ministero dell'Ambiente N° 503 relativo alla termovalorizzazione dei rifiuti urbani, dei rifiuti speciali non pericolosi e dei rifiuti sanitari contagiosi

3) R.S. = Rapporto stechiometrico

FRANCIA – Termovalorizzazione di rifiuti urbani

Caratteristiche dei fumi (1)	Unità di misura	A monte della depurazione	Limiti da rispettare (2)	Al camino (valori ottenuti (2) con R.S. (3) < 1,1)	Al camino (valori ottenuti con (2) R.S. (3) < 1,15)
temperatura portata	°C Nm ³ /h	180 - 200 25.000 – 28.000			
HCl	mg/Nm ³	500 - 800 – 2.000 (min.-medio-max.)	50	45	9
SO ₂	mg/Nm ³	20 - 100 - 500 (min.-medio-max.)	300	10	5
HF + HBr	mg/Nm ³	10	2	<2	<1
METALLI PESANTI					
• Cu + Pb + Zn + Ni + Cr + Sn + Ag + Co + Ba	mg/Nm ³	~ 50	5,0		
• Cd + Hg	mg/Nm ³	~ 1	0,3		
• As	mg/Nm ³	~ 10	1,0		
Diossine/Furani	ng TE/ Nm ³	13,4 25,7	0,1 0,1	0,02 (4)	0.02 (4)

(1) Valori riferiti alle condizioni standard (gas secco, p = 1atm , T= 0°C, O2 = 11%)

(3) R.S. = Rapporto stechiometrico

(2) Valori medi giornalieri

(4) Con carbone attivo, in ragione di <50mg/m3 di fumi

FRANCIA – Termovalorizzazione di rifiuti industriali speciali

Caratteristiche dei fumi(1)	Unità di misura	A monte della depurazione	Limiti da rispettare (2)	Al camino (2) [valori ottenuti con R.S. <1,2].
temperatura portata	°C Nm ³ /h	240 60.000 – 80.000		
HCl	mg/Nm ³	3.600 - 6.000 (medio – max.)	10	da 6 a 8
SO ₂	mg/Nm ³	100 - 2.000 (medio – max.)	50	da 13 a 18
<u>metalli pesanti</u> • Hg	mg/Nm ³	0,5	0,2	0,03 (3)

(1) Valori riferiti alle condizioni standard (gas secco, p = 1atm , T= 0°C, O₂ = 11%)

(2) Valori medi giornalieri

(3) R.S. = Rapporto stechiometrico

UN ESEMPIO DI FLESSIBILITA'

Le prestazioni rilevate presso un impianto in cui viene applicato il processo ® mostrano la flessibilità del processo nei confronti dell'evoluzione dei limiti sulle emissioni.

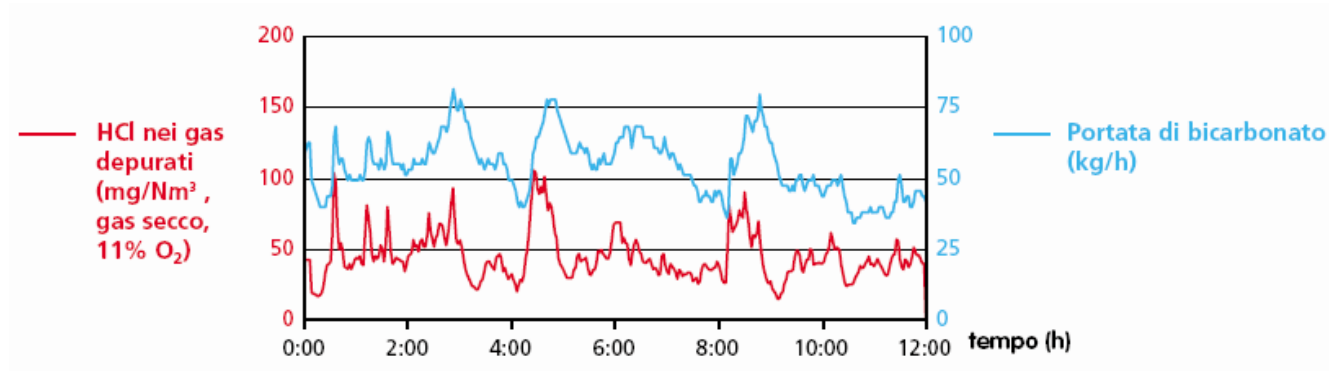
I valori qui riportati si riferiscono ad analisi in continuo per periodi di 12 ore, e sono relativi a due situazioni diverse:

- **Caso 1:** rispetto di un limite di emissione in HCl pari a 50 mg/Nm³ (gas secco 11 % O₂)
- **Caso 2:** rispetto di un limite di emissione in HCl pari a 10 mg/Nm³ (gas secco 11 % O₂)

Per passare dal primo al secondo caso è bastato variare la portata del bicarbonato; tale variazione è stata effettuata automaticamente a partire dal segnale in uscita di un analizzatore di HCl nei fumi, senza modificare alcuna apparecchiatura.

Caratteristiche	Unità di misura	<u>Caso 1:</u> "rispetto di 50 mg/Nm ³ "	<u>Caso 2:</u> "rispetto di 10 mg/Nm ³ "
Contenuto medio di HCl al camino	mg/Nm ³ (gas secco, 11% O ₂)	45	9
Portata media di bicarbonato di sodio	Kg/h	54	63
Rapporto stechiometrico medio	-	1.05	1.15

Caso 1 : rispetto di un limite di emissione pari a 50 mg HCl/Nm₃ - gas secco, 11% O₂ - (Media giornaliera)



Caso 2: rispetto di un limite di emissione pari a 10 mg HCl/Nm₃ - gas secco, 11% O₂ - (Media giornaliera)

