

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL  
TERRITORIO**

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, MINERARIA  
E DELLE TECNOLOGIE AMBIENTALI*

**TESI DI LAUREA**

in

**VALORIZZAZIONE DELLE MATERIE PRIMARIE E SECONDARIE**

**IL NUOVO TERMOVALORIZZATORE DI FORLÌ:  
IL SISTEMA DI TRATTAMENTO FUMI**

**CANDIDATO**  
Maria Cristina Innocenti

**RELATORE:**  
Chiar.mo Prof. Alessandra Bonoli

Anno Accademico 2008/09

Sessione II

TESI DI LAUREA SPECIALISTICA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER  
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

IL NUOVO TERMOVALORIZZATORE DI FORLI': IL SISTEMA DI TRATTAMENTO FUMI

Pagina 1 di 100

TESI DI LAUREA SPECIALISTICA MAGISTRALE  
IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

IL NUOVO TERMOVALORIZZATORE DI FORLI' :

IL SISTEMA DI TRATTAMENTO FUMI



TESI DI LAUREA SPECIALISTICA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER  
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

IL NUOVO TERMOVALORIZZATORE DI FORLI': IL SISTEMA DI TRATTAMENTO FUMI

Pagina 2 di 100

Dedico questo elaborato alla mia grande famiglia, in particolare ai miei genitori e mio marito che mi hanno accompagnato nei miei numerosi anni di università in special modo nella corsa finale, nonostante i numerosi battibecchi emersi più volte per la mia agitazione. Un grazie particolare a mia sorella Caterina che mi ha fornito il materiale e incoraggiato sempre a proseguire e mia sorella Carlotta, che più volte mi ha invitato a studiare con lei facendo a gara. Quando, poi dopo un esame, mi diceva che ero stata brava mi sentivo ancora più orgogliosa. Un grazie speciale va a Giovanni, il mio bimbo meraviglioso, che ha reso questi ultimi anni di studio veramente impegnativi e mi ha costretto ad essere estremamente determinata tirando fuori tutta la grinta che neppure sapevo di avere, ma che ha reso ogni traguardo un successo. Infine dedico un pensiero particolare ai miei nonni che mi hanno sempre aiutato in ogni modo, con la casa, con la famiglia, sostenendomi negli studi e incoraggiandomi nella vita, a loro do un grande abbraccio e ringraziamento. Un grazie va anche ai miei amici/amiche che mi hanno aiutato a superare i momenti più tesi facendomi trascorrere divertenti serate. Gli stessi con cui festeggerò la fine di questi bellissimi anni di università.

Infine vorrei aggiungere un particolare ringraziamento al DICMA di ingegneria e ad alcuni professori in particolare che in questi anni di università ho sentito vicini e per la ditta Hera che mi ha permesso di svolgere un anno di tirocinio presso il termovalorizzatore di Forlì, dove ho potuto mettere a frutto i miei studi e formarmi concretamente per il lavoro. È stato un anno splendido sia per le persone con cui ho collaborato, che ho conosciuto sia per la possibilità che ho avuto di vivere da dentro questa stimolante esperienza lavorativa.

Grazie a tutti



SOMMARIO

1 PREFERAZIONE

2 QUADRO LEGISLATIVO E AUTORIZZAZIONE INTEGRATA  
AMBIENTALE

3 PRESENTAZIONE DELL'IMPIANTO

4 ANALISI TECNICA DEL PROCESSSO

5 IL SISTEMA DEPURAZIONE FUMI

5.1 RISULTATI ATTESI

5.1.1 IL DOSAGGIO REAGENTI

5.1.2 IL DOSAGGIO REAGENTI

5.1.3 IL PRODOTTO FINALE

5.1.4 IL SISTEMA MONITORAGGIO EMISSIONI AL  
CAMINO

5.2 RISULTATI OTTENUTI

6 CONCLUSIONI

7 ALLEGATO: PLANIMETRIA IMPIANTO



## CAPITOLO 1

### Prefazione

La presente tesi di laurea, si basa principalmente sull'analisi delle modalità di smaltimento rifiuti, con l'utilizzo del termovalorizzatore.

Nel caso di specie attraverso un attento esame delle normative di riferimento e della struttura dell'impianto, in esame, si giunge ad una puntuale descrizione di tutto il percorso compiuto nello smaltimento dei rifiuti solidi urbani e dei risultati concretamente ottenuti in questo primo anno di attività.

Proprio in questo "percorso", all'interno del termovalorizzatore si cerca di analizzare in particolare il sistema depurazione fumi.

La costruzione di un termovalorizzatore come quello qui compiutamente analizzato e da me seguito nel corso di questo anno di tirocinio ha costituito sempre il momento più

importante dei lavori di avvio dell'opera, sia per l'alto valore economico di siffatta opera sia per la necessità di entrare, sebbene in modo pratico, nella conoscenza di numerose realtà.

Tale tesi rappresenta quindi una puntuale esposizione delle nozioni che nel corso di questo anno di attività e di presenza costante sono state da me carpite, assimilate e sperimentate in loco.

Attraverso, le righe ed i capitoli che seguiranno, si vuole dare un'idea, di quanta e quale complessità occorre per costruire, un'opera di tale portata di cui difficilmente possiamo in altro modo renderci conto.

In questo modo si vuole mostrare la rivoluzione dovuta alla scienza e alla tecnologia che hanno messo a disposizione dei tecnici delle attrezzature e sistemi di monitoraggio rapidi e sicuri, che aprono le porte a nuove produttività.

Insomma si è cercato di esporre la pratica alla luce della teoria e della tecnica.

## CAPITOLO 2

### Quadro legislativo e AIA

#### 2.1 Normativa di riferimento

Il panorama legislativo a cui sono sottoposti gli inceneritori di Rifiuti Solidi Urbani, Rifiuti Speciali pericolosi e non pericolosi (Rifiuti Ospedalieri Trattati o ROT) è il seguente:

■ Decreto Legislativo N. 133 del 11 maggio 2005 (di seguito D.Lgs. 133/05), che recepisce la "Direttiva 2000/76/CE sull'incenerimento dei rifiuti", è entrato in vigore il 30/07/05, ed introduce una serie di nuove disposizioni per gli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti.

I criteri di validazione dei dati elementari acquisiti sono conformi a quanto previsto dal D.Lgs. 152/06 e dal D.Lgs. 133/05.

I criteri di validazione previsti dal D.Lgs. 152/06 per:

- i dati elementari sono validi se:

- ❖ non sono stati acquisiti in presenza di segnalazioni di anomalia dell'apparato di misura tali da rendere inaffidabile la misura stessa;
- ❖ il tenore di ossigeno sul gas secco è inferiore al 18%.

Il dato istantaneo viene validato come misura e successivamente associato alle condizioni di esercizio dell'impianto.

- i dati medi semiorari sono validi se il numero di misure elementari valide che hanno concorso al calcolo

del valore medio non è inferiore al 70% del numero dei valori teoricamente acquisibili nell'arco della semiora;

I Criteri di validazione previsti dal D.Lgs. 133/05:

- I valori medi giornalieri sono determinati in base ai valori medi convalidati;
- Per ottenere un valore medio giornaliero valido non possono essere scartati più di 5 valori medi su 30 minuti in un giorno qualsiasi a causa di disfunzioni o per ragioni di manutenzione del sistema di misurazione in continuo;
- Non più di 10 valori medi giornalieri all'anno possono essere scartati a causa di disfunzioni o per ragioni di manutenzione del sistema di misurazione in continuo solo per gli inquinanti (polveri, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>T</sub>, HCl, HF, e CO).

Inoltre il D.Lgs. 133/05 prevede l'indisponibilità dei dati, in un anno il numero massimo di giorni non validi è 10; tali giornate si intendono per ciascun parametro sottoposto a monitoraggio in continuo e comunque al netto delle giornate previste per la calibrazione/verifiche del sistema.

## **2.2 Autorizzazione Integrata Ambientale n.237 del 29 aprile 2008**

L'impianto di Termovalorizzazione di HERA S.p.A. ubicato in Comune di Forlì (FC), via Grigioni 19 è costituito da una unica linea di incenerimento (L3) ed è stato autorizzato dalla Deliberazione dell'Amministrazione Provinciale di Forlì - Cesena N. 237 del 29 Aprile 2008 "Autorizzazione Integrata Ambientale all'azienda HERA S.p.A. Holding impianto di Termovalorizzazione 3 linea di rifiuti non pericolosi

di Forlì ai sensi del D. Lgs. 59/05 e L.R. 21/04" (di seguito D.G.P. 237/08), che prevede:

- realizzazione di una nuova Linea di incenerimento L3 (sostitutiva delle Linee esistenti 1 e 2);
- dismissione delle Linee esistenti 1 e 2 a seguito della messa a regime della linea 3.

Secondo quanto riportato dalla D.G.P. 237/08 l'avviamento della nuova linea (Linea 3), iniziato in data 23/07/08, si compone di tre fasi (così descritte al punto A1 della D.G.P. 237/08):

- Fase 1: periodo compreso tra la comunicazione di messa in esercizio della linea ed il 60° giorno di messa in esercizio. Durante tale fase l'impianto è autorizzato all'esercizio secondo le prescrizioni riportate al punto D 2.2.1 della D.G.P. 237/08.
- Fase 2: periodo compreso tra il 61° giorno ed il 180° giorno di messa in esercizio. Durante tale fase l'impianto è sottoposto alle prescrizioni ed ai limiti previsti dal D. Lgs. 133/05.
- Fase 3: periodo a partire dal 181° giorno coincidente con l'esercizio a regime della Linea 3. In questa fase entrano in vigore i limiti previsti dalla D.G.P. 237/08.

I limiti autorizzativi della fase a regime (fase 3) per quel che concerne le emissioni sono i seguenti:

EMISSIONI		Valori autorizzati		Limite di legge DM 133/2005
PARAMETRO	u.d.m.	Media anno	Media giorno	Media giorno
Monossido di carbonio	mg/Nm <sup>3</sup>	15	30	50
Polveri	mg/Nm <sup>3</sup>	2	3	10
Carbonio organico totale	mg/Nm <sup>3</sup>	1,5	5	10
Acido cloridrico	mg/Nm <sup>3</sup>	5	8	10

TESI DI LAUREA SPECIALISTICA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER  
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

IL NUOVO TERMOVALORIZZATORE DI FORLÌ: IL SISTEMA DI TRATTAMENTO FUMI

Pagina 11 di 100

Acido Fluoridrico	mg/Nm <sup>3</sup>	0,1	0,5	1
Anidride solforosa	mg/Nm <sup>3</sup>	5	10	50
Ossidi di azoto	mg/Nm <sup>3</sup>	50	70	200
Cadmio+Tallio	mg/Nm <sup>3</sup>	0,002	0,03 (*)	0,05
Mercurio	mg/Nm <sup>3</sup>	0,004	0,03 (*)	0,05
Somma 10 metalli	mg/Nm <sup>3</sup>	0,05	0,4 (*)	0,5
Diossine e furani	ng/Nm <sup>3</sup>	0,01	0,05 (**)	0,1
Idrocarburi Policiclici Aromatici	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00002	0,005 (**)	0,01
Ammoniaca	mg/Nm <sup>3</sup>	5	10	Non previsto-
PM10	mg/Nm <sup>3</sup>	1		Non previsto

(\*) I valori medi sono riferiti ad un periodo di campionamento 1 ora.

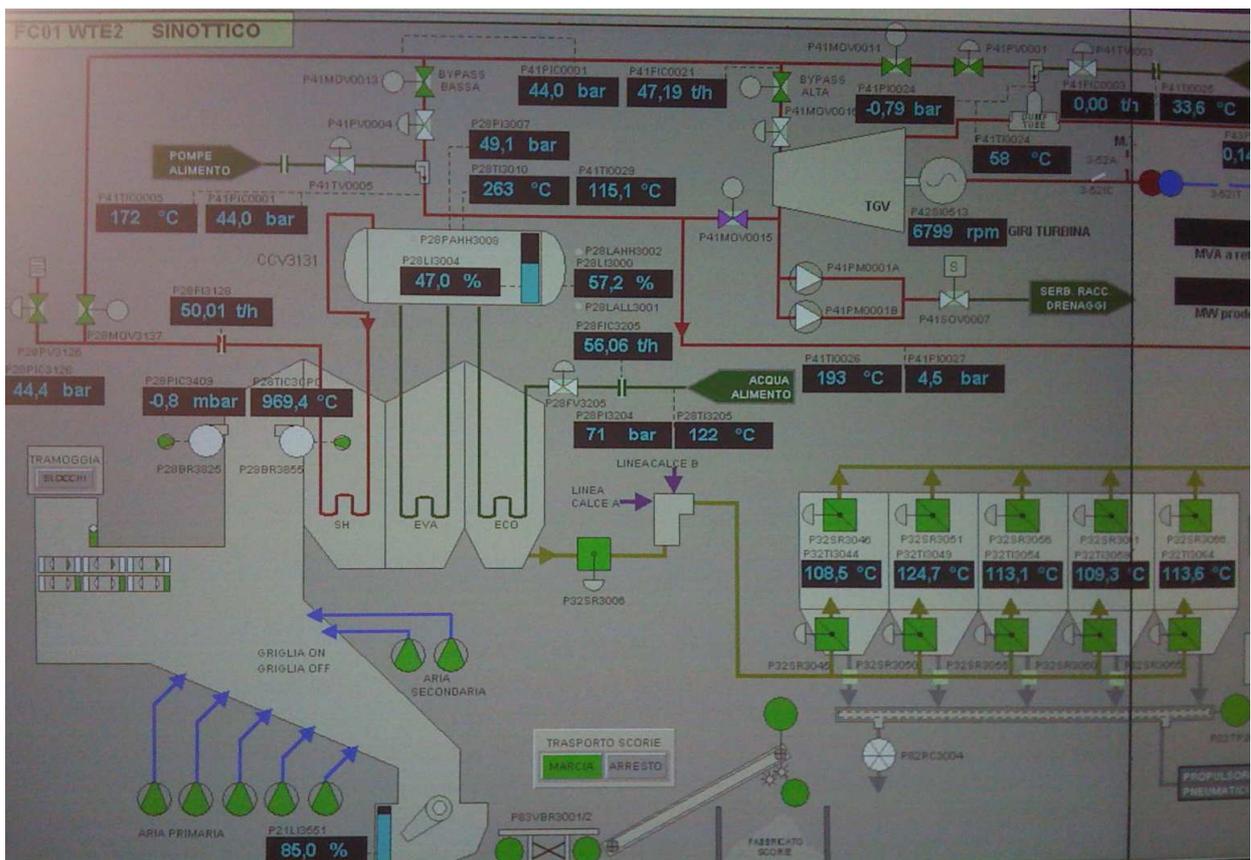
(\*\*) I valori medi sono riferiti ad un periodo di campionamento di 8 ore.

## CAPITOLO 3

### Presentazione dell'impianto

L'impianto in oggetto è essenzialmente costituito da:

- ricezione e stoccaggio rifiuti
- forno
- generatore di vapore
- depurazione fumi;
- recupero energetico



#### 3.1 Ricezione e stoccaggio rifiuti

I rifiuti destinati alla termovalorizzazione sono conferiti alla fossa di stoccaggio principale.

L'accesso alla fossa rifiuti è gestito in modo che nulla, legato alle operazioni di scarico, fuoriesca nell'ambiente circostante.

Per fare ciò l'accesso allo scarico è regolamentato da una zona chiamata avanfossa il cui accesso è consentito, nella sua parte frontale, da 6 portoni dotati di dispositivo di apertura automatica, che consentono l'ingresso dei mezzi di conferimento e il successivo scarico del rifiuto in fossa; ogni portone, gestito in remote dal gruista, è predisposto, in caso di emergenza, anche per l'azionamento manuale.

La fossa di scarico dei rifiuti è interrata e, anche in questo caso, lo scarico è permesso solo dopo l'apertura di ulteriori 6 portoni. L'opera, completamente in cemento armato, è in grado di garantire una potenzialità di stoccaggio pari a circa 4.000 m<sup>3</sup> di rifiuto.

Le operazioni di movimentazione e miscelazione del rifiuto all'interno della fossa sono effettuate tramite due carroponi, di cui uno di riserva, dotati di benna a polipo. Tali macchine consentono il caricamento della tramoggia di alimentazione del forno.

### **3.2 Forno**

Il rifiuto scaricato nella tramoggia di alimentazione forno è inviato alla griglia di combustione mediante un sistema di alimentazione costituito da un dispositivo di spinta detto alimentatore.

La combustione del rifiuto ha luogo sulla griglia del forno che, grazie al movimento alternato dei gradini che la costituiscono, consente l'avanzamento del rifiuto nella camera di combustione ed il loro

rimescolamento al fine di ridurre la presenza di incombusti nelle scorie finali.

L'aria necessaria al processo di combustione dei rifiuti è distinta in aria primaria da sottogriglia e secondaria in camera di combustione, dove avviene direttamente anche l'iniezione dei fumi di ricircolo.

L'aria, sia primaria che secondaria, è prelevata dal locale fossa/avanfossa. Questa viene iniettata in modo da provocare turbolenza nei fumi ed evitare l'instaurarsi di condizioni che possono favorire la formazione di percorsi preferenziali (in particolare lungo spigoli e pareti). La camera verticale di passaggio dei fumi posta sopra la camera di combustione, dopo l'ultima immissione di aria (secondaria) viene definita camera di post-combustione nella quale secondo la vigente legge i gas devono permanere per un tempo minimo di 2 secondi ad una temperatura di almeno 850 °C per permettere la distruzione di sostanze organiche quali PCDD e PCDF, in presenza di un tenore volumetrico di O<sub>2</sub> libero nei fumi umidi superiore al 6%. Allo scopo di assicurare le condizioni di esercizio sopradette, in camera di post-combustione, sono previsti dei bruciatori a gas naturale che intervengono automaticamente in caso di abbassamento della temperatura sotto 850 °C.

Per aumentare il rendimento e diminuire le perdite l'aria primaria prima di essere utilizzata viene opportunamente riscaldata con l'ausilio di tre scambiatori sfruttando il vapore saturo proveniente dal corpo cilindrico.

In camera di post - combustione ai fini di un primo abbattimento degli NO<sub>x</sub> presenti nei fumi è stato installato un sistema di riduzione non catalitico basato sull'iniezione di soluzione ammoniacale. Tale processo è denominato SNCR (Selective Non Catalitic Reduction), consta di tre fasi: una prima fase di

diffusione e miscelazione delle particelle liquide della soluzione acquosa di reagente (opportunamente nebulizzata) nella corrente gassosa, una seconda fase di evaporazione dell'acqua di diluizione dei reagenti ed una terza fase di decomposizione dei reagenti e conseguente reazione di riduzione degli ossidi di azoto. Avviene a temperature comprese tra 850 e 1100 °C e permette una riduzione del 50 - 70% degli ossidi di azoto senza produzione di inquinanti secondari.

E' stato realizzato un sistema di evacuazione ceneri e scorie che utilizza per il convogliamento delle ceneri due redler a umido e un estrattore a "gondola" per le scorie.

### **3.3 Generatore di vapore**

I gas in uscita dalla camera di post-combustione entrano in una caldaia a recupero che produce vapore surriscaldato alla pressione di 45 bar e alla temperatura di 390 °C necessario per la produzione, tramite turbina a vapore a condensazione, di energia elettrica.

In condizioni normali di esercizio il generatore di vapore funziona con la sola autocombustione dei rifiuti sull'apposita griglia, nelle situazioni in cui l'autocombustione non è possibile o è insufficiente a mantenere la temperatura di legge vengono messi in funzione (manualmente o automaticamente) i bruciatori a gas naturale.

I fumi in uscita dal generatore di vapore transitano all'interno di un sistema di depurazione.

È inoltre previsto un sistema di ricircolo che prevede che i fumi prodotti dalla combustione e parzialmente depurati, perché prelevati a valle del primo stadio di filtrazione, possano essere parzialmente rimandati al

sistema di combustione. Questo consente di ottimizzare la reazione della combustione dei rifiuti avendo i seguenti effetti positivi nell'esercizio dell'impianto:

- Ridurre le perdite allo scarico e quindi aumentare il rendimento complessivo del sistema: la quantità di fumi scaricata al camino è infatti inferiore alla quantità di fumi transita nella caldaia;
- Ridurre la quantità di aria secondaria e conseguentemente la quantità complessiva di azoto immesso nel processo con conseguente riduzione nella formazione di NO<sub>x</sub>;

### **3.4 Depurazione fumi**

Il sistema di depurazione fumi è costituito dai seguenti dispositivi:

- primo reattore a secco: nel quale, tramite l'iniezione di calce idrata e carboni attivi, hanno luogo i processi di adsorbimento dei metalli pesanti e dei composti volatili e di neutralizzazione parziale delle sostanze acide;
- primo filtro a maniche (prima stadio di depolverazione): consente l'abbattimento dei componenti solidi inquinanti dalla corrente gassosa (ceneri volanti e PCR), convogliati poi agli appositi silos di stoccaggio;
- secondo reattore a secco: nel quale si ha l'iniezione di bicarbonato di sodio, per completare le reazioni di neutralizzazione degli inquinanti acidi;
- secondo filtro a maniche (depolverazione finale): consente la separazione dei prodotti solidi di reazione (PSR), poi avviati a stoccaggio;
- sistema catalitico di riduzione degli ossidi di azoto (SCR): dove viene iniettata una soluzione ammoniacale su un catalizzatore con materiale di

substrato  $TiO_2$  e metalli quali V, W e/o Mo come centri attivi, a temperature pari a  $180\text{ }^\circ\text{C}$  al fine di ridurre la concentrazione degli ossidi di azoto a valori minori di  $100\text{ mg/Nm}^3$ ; tali temperature vengono raggiunte facendo passare i fumi da depurare attraverso uno scambiatore alimentato da vapore saturo proveniente dal corpo cilindrico.

- camino di altezza pari a 60 m.e con un diametro di 1,70 m

### **3.5 Recupero energetico**

Il vapore surriscaldato prodotto nella caldaia a recupero è inviato alla turbina a vapore, connessa ad un alternatore. Il vapore esausto in uscita dalla turbina è inviato ad un condensatore ad aria, dove, dopo essere stato condensato, viene, dopo un processo di degasazione, reimesso nel ciclo termico.

L'energia prodotta dall'alternatore viene utilizzata per soddisfare le richieste d'impianto e, la quota eccedente, circa l' 80% di quella prodotta, ceduta alla rete nazionale.

L'energia termica prodotta è utilizzata in un primo tempo per soddisfare le richieste da parte dell'impianto e delle utilities ad esso asservite; il progetto contempla tuttavia la realizzazione di uno scambiatore a cui si prevede di connettere, in una seconda fase, una rete di teleriscaldamento. Lo scambiatore di calore in progetto permetterà di cedere alla rete di teleriscaldamento una potenza termica pari a 20 MW; supponendo un tempo di funzionamento annuo della stessa pari a 2000 ore, si avrà la cessione di energia per 40.000 MWh/anno.

## CAPITOLO 4

### Analisi tecnica del processo: incenerimento rifiuti

Entrando ora più nel dettaglio, il **sistema di combustione** sarà composto essenzialmente da:

- tramoggia di carico e sistema di alimentazione griglia;
- griglia con relativo sistema di raffreddamento misto ad aria/acqua, tramogge di raccolta ceneri, sistema di trasporto ceneri sotto-griglia;
- camera di combustione;
- camera di post-combustione;
- sistema di scarico scorie, completo di azionamenti, tramoggia e sistema di reintegro acqua;
- sistema idraulico per l'azionamento dei vari componenti (griglia, alimentatore, ecc...);
- bruciatori a gas per l'avviamento ed il supporto della combustione (quando necessario);
- sistema aria di combustione.

#### *Tramoggia di carico e sistema di alimentazione griglia*

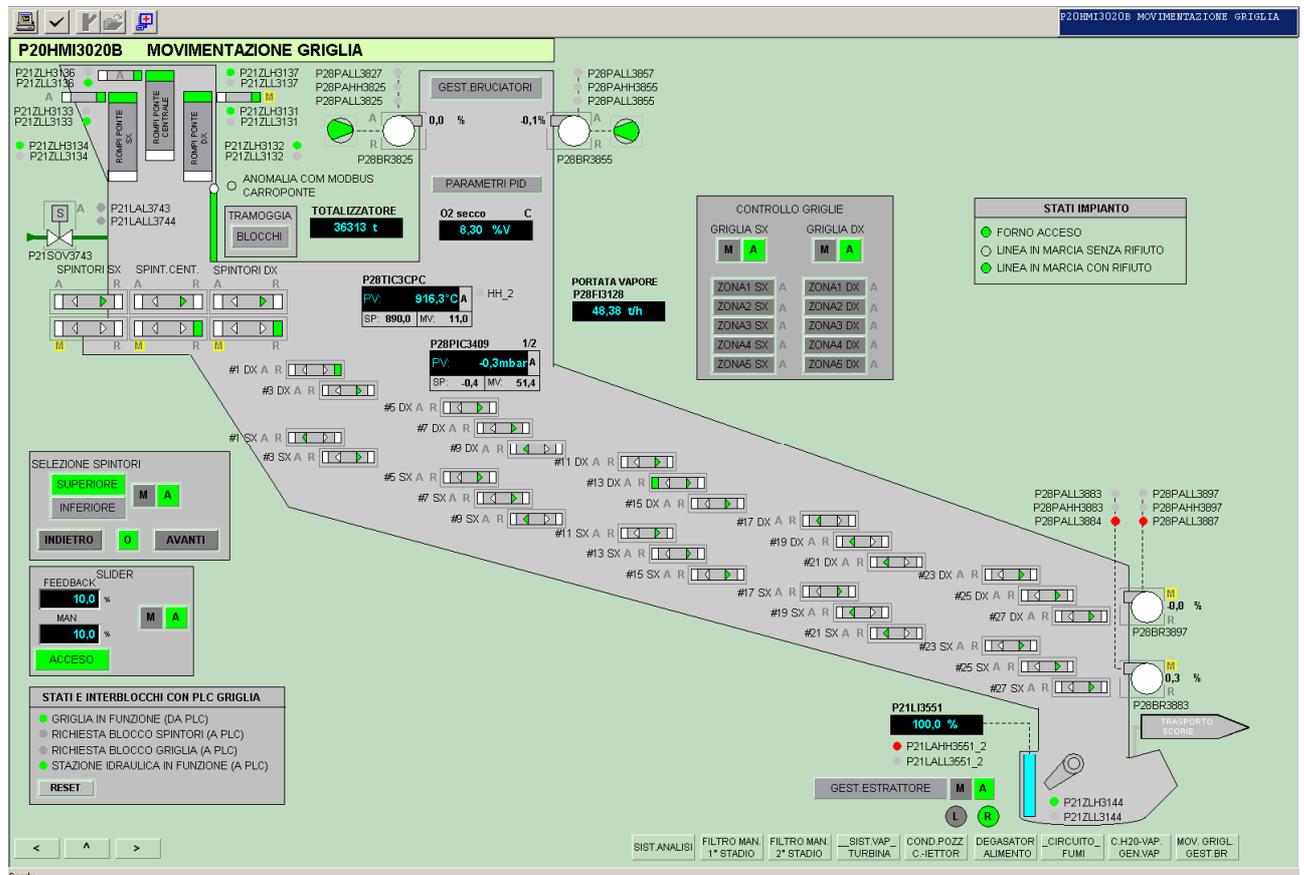
Il forno a griglia è alimentato con rifiuti urbani e speciali non pericolosi attraverso una tramoggia caricata per mezzo di un carroponete, dotato di benne a polipo di alimentazione, che prelevano i rifiuti dalla loro fossa di ricezione e stoccaggio.

Il rifiuto scaricato nella tramoggia di carico è quindi inviato alla griglia di combustione mediante un sistema di alimentazione costituito da un dispositivo di spinta detto alimentatore.

La tramoggia di carico è realizzata in modo che non si verificano problemi di intasamento dovuti alla formazione di "ponti".

Una serranda a clapet di isolamento, azionata idraulicamente, è installata immediatamente dopo il vano di uscita della tramoggia, in corrispondenza dell'imbocco del pozzo di carico, per evitare possibili ritorni di fiamma.

All'uscita dal pozzo di carico è posizionato l'alimentatore della griglia dotato di un sistema di azionamento di tipo idraulico, con velocità regolabile in base al carico. Esso è realizzato in modo tale da garantire il caricamento uniforme della griglia stessa ed il mantenimento di uno spessore ottimale del rifiuto.



### *Griglia*

La combustione del rifiuto ha luogo sulla griglia del forno che, grazie al movimento alternativo dei gradini che la costituiscono, consente l'avanzamento del rifiuto nella camera di combustione ed il loro rimescolamento al fine di ridurre la presenza di incombusti nelle scorie finali.

La griglia di incenerimento è J.Stieffel ed è studiata in modo tale da bruciare rifiuti aventi potere calorifico variabile. Il sistema di combustione a griglia concepito da J. Stieffel è un sistema che si basa sulla temperatura misurata tramite pirometro alla fine della griglia al fine di garantire prestazioni adeguate per il controllo della combustione e delle conseguenti emissioni e per offrire la massima flessibilità in relazione al potere calorifico, alla composizione e alle caratteristiche fisiche del materiale. Lo strato del materiale sulla griglia non deve essere troppo alto, al fine di poter controllare meglio l'uniformità del processo di combustione, ma neanche troppo basso, onde evitare, da una parte, il ritorno di fiamma nell'alimentatore, e dall'altra, un carico ridotto sulla griglia. L'elemento caratterizzante è il cursore termico / SLIDER che offre un'affermazione sulla qualità dei rifiuti: 0% corrisponde a rifiuti a calorie basso, 100% corrisponde a rifiuti ad alte calorie. La grandezza guida che determina il valore del cursore termico in automatico è la temperatura misurata tramite pirometro alla fine della griglia, perché la riflessione che sta alla base è che una variazione del potere calorifico - il quale viene recepito quale variazione del potere di

infiammabilità del materiale - comporta anche una variazione della posizione di fiamma o della sua lunghezza. Il cursore termico provvede a calcolare una media della lunghezza della fiamma misurate nell'arco di 30-60 minuti e le raffronta con la banda di valori obiettivo: se la temperatura media è tendenzialmente troppo alta (posizione del focolare troppo avanzata) il cursore termico mette a disposizione il valore della tabella di base adatto per materiale a basso potere calorifico. Il cursore termico reagisce anche in senso inverso, cioè quando si è in presenza di una posizione del focolare retrocessa.

La griglia è dotata di un sistema di raffreddamento misto ad aria/acqua.

Il sistema di azionamento della griglia è di tipo idraulico.

La griglia di combustione può essere suddivisa in:

- sezione di alimento;
- sezione di essiccamento;
- sezione di combustione;
- sezione di finissaggio.

FASE I: Essiccamento

La temperatura dei rifiuti sale rapidamente a 80 - 100 °C, utilizzando il calore irradiato dalla zona di combustione. A causa di un ulteriore incremento della temperatura del letto di rifiuti (100 °C - 200 °C) le sostanze volatili contenute nei rifiuti fuoriescono dirigendosi verso le zone più calde dove avviene la combustione.

## FASE II: Accensione e combustione

L'energia di accensione necessaria è fornita attraverso le fiamme e le pareti calde del forno. Successivamente all'accensione avviene la reazione di combustione del materiale. Allo scopo di ottimizzare il processo di combustione, i rifiuti devono essere ben distribuiti mediante un opportuno movimento meccanico della griglia.

## FASE III: Completamento della combustione

Questa fase consente l'ossidazione dei componenti combustibili rimasti. Queste sostanze, aderendo alle scorie in gran parte bruciate, sono portate a contatto con una quantità adeguata di aria terminando il processo di combustione. Le scorie che derivano da incenerimento dei rifiuti sono scaricate alla fine della griglia in un opportuno sistema, destinato alla loro evacuazione e spegnimento. Il contenuto di incombusti nelle scorie deve essere al massimo il 3% del loro peso totale.

Le sezioni di griglia sono composte da un telaio di supporto fisso ed uno mobile, ricoperti da gradini fissi e mobili, che devono garantire con il loro movimento un ottimo rimescolamento del combustibile al fine di ridurre la presenza di incombusti nelle scorie finali. La movimentazione dei telai mobili avviene con sistema oleodinamico e singolarmente tra sezione e sezione di griglia.

Le ceneri sono raccolte attraverso un sistema di tramogge poste sotto la griglia stessa. Ciascuna tramoggia è munita di condotto di scarico. Le ceneri scaricate dalle tramogge sono trasportate mediante trasportatori a bagno d'acqua all'estrattore delle scorie.

Le tramogge sono facilmente ispezionabili e consentono l'intervento dei manutentori.

A valle delle griglie è presente un sistema di caduta delle scorie denominato pozzo scorie; le dimensioni di tale pozzo permettono di limitare gli interventi manuali per l'estrazione di oggetti voluminosi che abbiano oltrepassato la sezione di carico del forno.

#### *Camera di combustione*

La camera di combustione è collocata immediatamente sopra la griglia; essa è progettata in conformità a quanto richiesto dalla normativa vigente.

La sua geometria è stata studiata con l'obiettivo di assicurare un'ottimale evacuazione dei gas di combustione.

Le pareti della camera di combustione permettono:

- un irraggiamento sufficiente a favorire l'autoaccensione dei rifiuti;
- una limitazione delle perdite termiche verso l'esterno del forno.

La camera di combustione è inoltre refrattariata con materiale idoneo.

#### *Camera di post-combustione*

Essa è disposta immediatamente sopra la camera di combustione.

Le condizioni di esercizio della camera di post-combustione sono vincolate dalla normativa, per permettere l'ossidazione delle sostanze volatili incombuste. In particolare i gas prodotti dall'incenerimento rifiuti, dopo l'ultima immissione di aria, devono mantenersi, in modo controllato ed omogeneo e anche nelle condizioni più sfavorevoli, ad una temperatura di almeno 850 °C. Per permettere inoltre la distruzione di sostanze organiche quali PCDD e PCDF, il tempo di permanenza dei fumi, alla

condizione sopradescritta, deve essere di almeno 2 secondi, in presenza di un tenore volumetrico di  $O_2$  libero nei fumi umidi superiore al 6%.

Quindi è progettata, come richiesto dalla normativa vigente, in modo da garantire il mantenimento:

- di una temperatura di 850 °C per almeno 2 secondi dopo l'ultima iniezione di aria di combustione;
- del volume di ossigeno nei gas di combustione maggiore del 6%.

La misurazione di temperatura, che controlla il rispetto dei 2 secondi alla temperatura minima, richiesta dalla regolamentazione (con il 6% di  $O_2$ ), viene assicurata da tre sonde e mediata su due, al fine di assicurare la rappresentatività della misurazione e di rimediare in caso di eventuali malfunzionamenti.

Allo scopo di assicurare le condizioni di esercizio sopradette, in camera di post-combustione, sono previsti dei bruciatori a gas naturale che intervengono automaticamente in caso di abbassamento della temperatura sotto 850 °C.

#### *Sistema di scarico scorie*

Le parti fini, che attraversano le fessure presenti fra i vari elementi costituenti la griglia di combustione, vengono raccolte in tramogge collegate a trasportatori in bagno d'acqua, che convogliano questi materiali fino all'estrattore principale.

Le scorie prodotte dalla combustione, avanzando fino alla parte terminale della griglia, cadono da questa in una tramoggia (denominata pozzo scorie), sotto la quale è collocato l'estrattore principale.

I trasportatori dei fini sottogriglia e l'estrattore delle scorie sono mantenuti pieni di acqua, in modo da garantire sia il raffreddamento delle scorie che la

tenuta della camera di combustione, evitando la fuoriuscita dei fumi di combustione e/o l'ingresso di aria ambiente.

Attraverso l'estrattore (disposto ortogonalmente all'asse del forno) le scorie sono convogliate nell'apposito fabbricato di stoccaggio e trattamento.

#### *Sistema idraulico*

L'azionamento dei vari componenti (griglia, alimentatore, clapet,...) è realizzato idraulicamente.

La centrale idraulica risulta indicativamente composta da:

- cassone per contenimento olio idraulico;
- gruppi di pompe e relativi circuiti;
- gruppi di filtrazione olio in aspirazione ed in mandata;
- indicatore livello visivo;
- trasmettitore di livello;
- gruppo valvole di intercettazione e regolazione;
- sistemi di sicurezza.

Tutte le tubazioni di adduzione olio, fino all'area circostante le utenze, sono in acciaio al carbonio ad alto spessore.

Per evitare, in caso di avaria, che l'olio raccolto nella centralina si sparga nell'area circostante alla zona di installazione è poi presente un cordolo di contenimento di dimensioni opportune.

### *Bruciatori ausiliari*

Il forno è dotato di bruciatori alimentati a gas naturale con potenzialità termica complessiva pari a circa il 60% della potenzialità termica del forno; i bruciatori sono dimensionati in modo da poter provvedere all'avviamento del forno ed al ripristino della temperatura in camera di post-combustione quando scende sotto i limiti di legge.

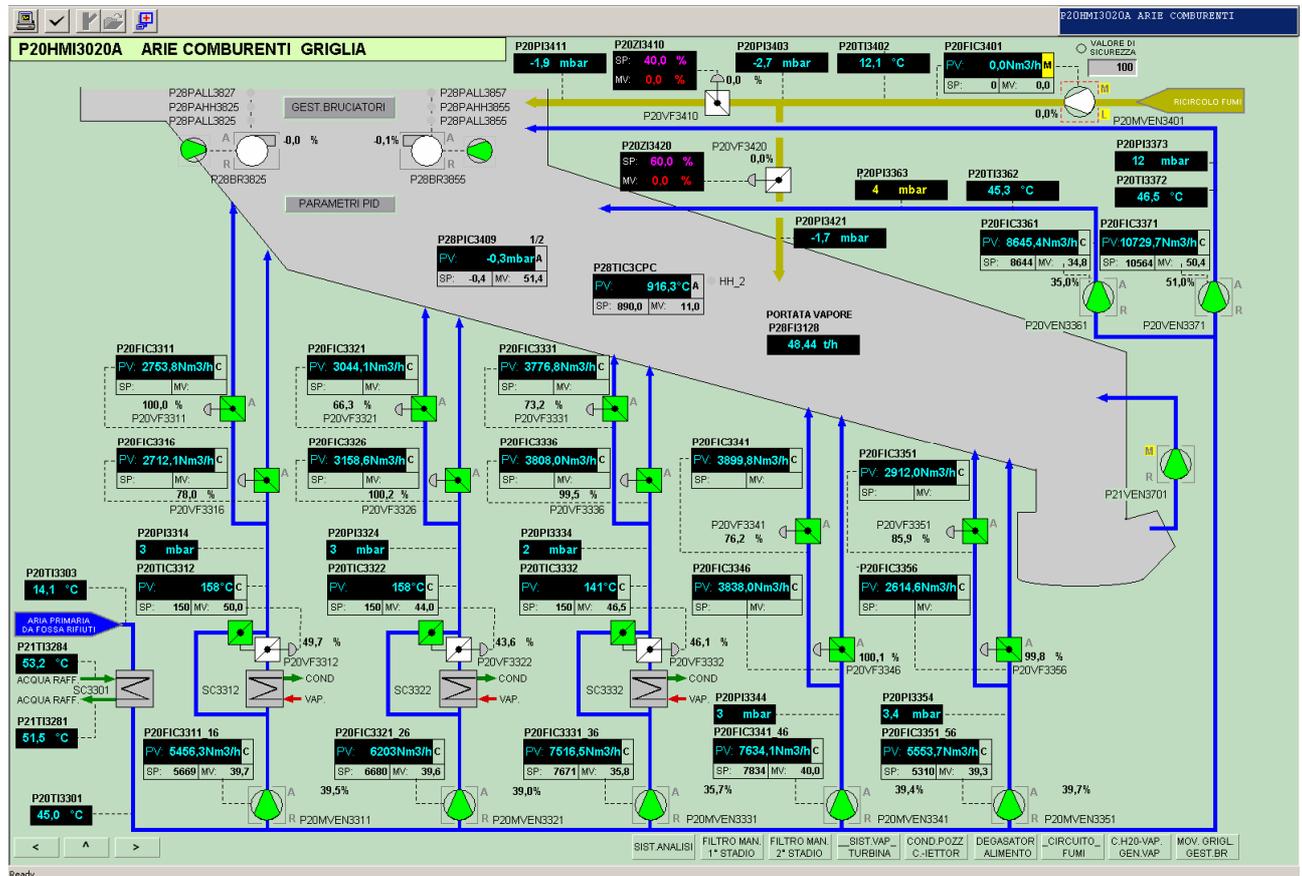
In particolare il sistema dei bruciatori provvede a svolgere le seguenti funzioni:

- in fase d'avviamento, a freddo, riscaldare il circuito fumi in assenza della combustione di rifiuti, garantendo in camera di post-combustione il raggiungimento di 850 °C;
- prima accensione dei rifiuti sulla griglia;
- in caso di necessità, qualora la temperatura dei fumi in camera di post-combustione scenda al di sotto di 850 °C, per fornire il calore necessario ad innalzarne la temperatura.

Sulle alimentazioni gas ai bruciatori, in accordo con le normative vigenti in Italia e con le normative CEE e NFPA, sono previste due elettrovalvole di blocco con interposta una elettrovalvola di sfiato con scarico all'esterno.

Per rendere sicura l'area di lavoro, secondo le norme CEI, sono poi installate sulle linee di arrivo del combustibile, all'esterno del fabbricato, una valvola di blocco elettrocomandata (a riarmo manuale), una valvola d'intercettazione manuale e, a valle, un'elettrovalvola di sfiato per evitare che la linea rimanga in pressione a impianto di combustione fermo.

I bruciatori sono comandabili anche da sala controllo (sistema di automazione generale d'impianto).



### Aria di combustione

L'aria necessaria al processo di combustione dei rifiuti può essere distinta in aria primaria e secondaria.

Con il termine aria primaria si indica il flusso che entra nella zona di combustione, sotto la griglia, e che viene ad intimo contatto con la massa del rifiuto da incenerire. Essa è prelevata dalla fossa rifiuti attraverso un ventilatore centrifugo e inviata, attraverso appositi condotti, a tramogge poste sotto la griglia di combustione.

In caso di difficoltà nella combustione l'aria primaria, prima di essere inviata alle tramogge, passa attraverso uno scambiatore di preriscaldamento.

L'aria primaria può essere parzializzata, nelle diverse zone della griglia, mediante opportune

serrande, a seconda delle caratteristiche del rifiuto. Questo consente di ottimizzare la combustione e di limitare gli effetti provocati dalla eterogeneità del materiale in combustione.

Il circuito dell'aria primaria è essenzialmente costituito da:

- condotti e serrande di materiale idoneo e di sezione adeguata;
- ventilatore di distribuzione dell'aria sottogriglia;
- scambiatore di preriscaldamento.

Ogni ingresso di aria primaria nel forno ha un meccanismo di regolazione, con funzionamento automatico/manuale, che permette di distribuire l'aria sottogriglia in funzione dell'andamento della combustione sulla griglia stessa.

Il ventilatore dell'aria primaria è installato a terra.

La regolazione della portata d'aria primaria viene effettuata attraverso la variazione della velocità del motore del ventilatore.

Lo scambiatore di preriscaldamento è del tipo a tubi lisci, alimentato con vapore e dotato di sottoraffreddamento delle condense.

L'aria secondaria è anch'essa prelevata dalla fossa rifiuti attraverso un ventilatore e immessa nella camera di combustione attraverso appositi ugelli.

Questa viene iniettata in modo da provocare turbolenza nei fumi ed evitare l'instaurarsi di condizioni che possono favorire la formazione di percorsi preferenziali (in particolare lungo spigoli e pareti). Essa può essere parzializzata, nelle diverse

zone della camera di combustione, mediante apposite serrande.

La camera verticale di passaggio dei fumi posta sopra la camera di combustione, dopo l'ultima immissione di aria (secondaria) viene definita camera di post-combustione. Attraverso di essa i fumi sono convogliati verso il generatore di vapore, permettendo inoltre di completare la combustione dei gas.

Il circuito dell'aria secondaria è essenzialmente costituito da:

- condotti e serrande di materiale idoneo e di sezione adeguata;

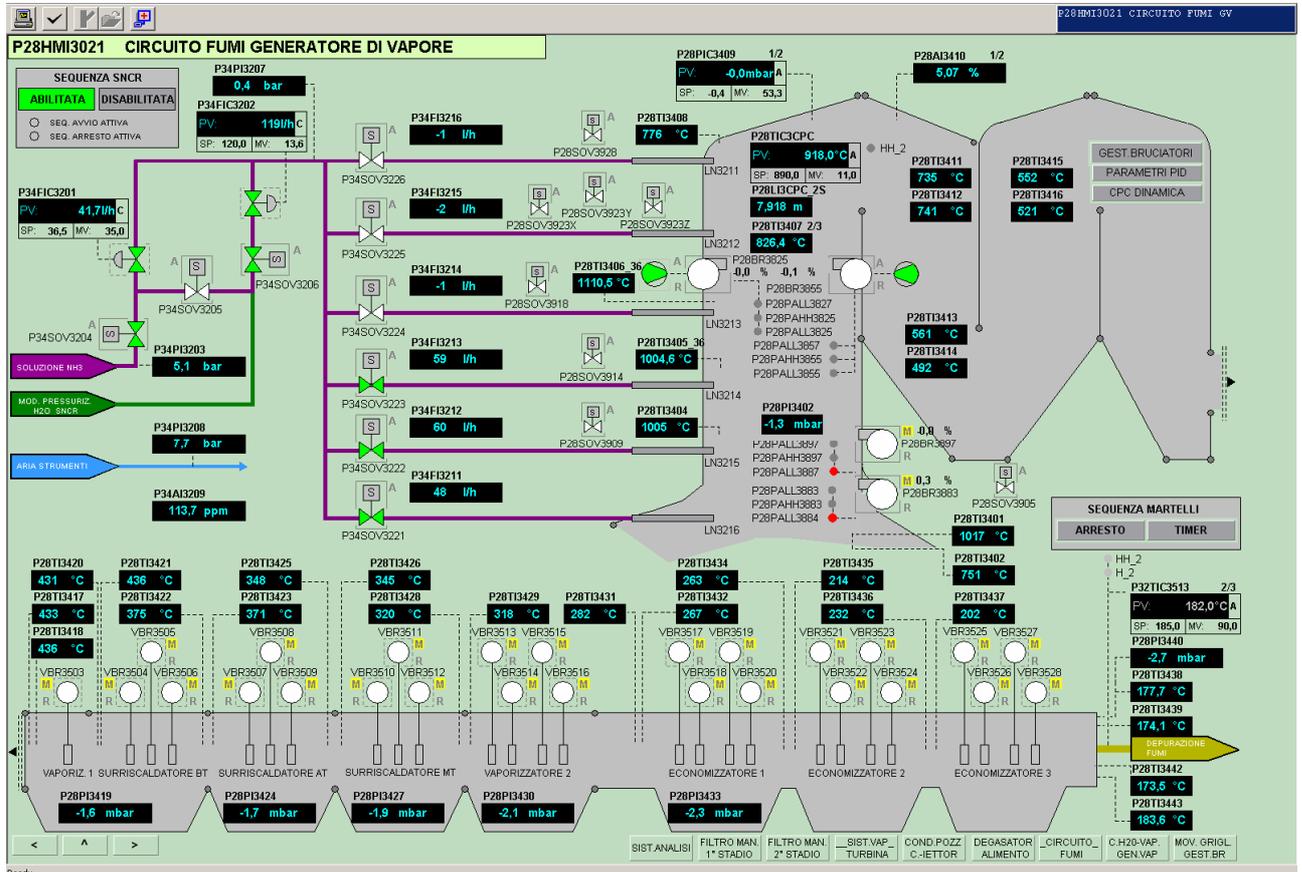
- ventilatore di distribuzione dell'aria in camera di combustione.

L'aria secondaria viene insufflata all'ingresso della camera di post-combustione; essa viene iniettata attraverso dei condotti con un'adeguata velocità per generare la turbolenza e la miscelazione dei fumi.

La regolazione della portata d'aria secondaria avviene attraverso la variazione della velocità del motore del ventilatore.

I ventilatori dell'aria primaria e dell'aria secondaria sono di tipo centrifugo a velocità variabile, regolati mediante motore elettrico azionato da inverter.

I diversi circuiti di alimentazione di aria di combustione possono essere monitorati dal sistema di



automazione e le diverse portate sono controllate e comandate automaticamente.

### Generatori di vapore

Il **generatore di vapore** a recupero (caldaia) è costituito essenzialmente da:

- camere ad irraggiamento;
- camera convettiva;
- primo banco evaporatore convettivo;
- banchi surriscaldatori;
- sistemi di attemperamento vapore surriscaldato;
- banchi evaporatori convettivi;
- banchi economizzatori;

- sistema di pulizia dei banchi convettivi a percussione meccanica;
- corpo cilindrico, completo di valvole di sicurezza silenziate;
- sistema di dosaggio reagenti per condizionamento chimico dell'acqua di caldaia;
- sistema di raccolta e scarico ceneri volanti, completo di tramogge di raccolta e scaricatori a comando motorizzato.
- sistema di estrazione dei banchi convettivi.

#### *Camere ad irraggiamento*

Questa sezione è composta da canali verticali che ricevono i fumi provenienti dalla camera di post-combustione. I canali sono separati da una parete verticale, quindi i fumi nel primo canale passano dall'alto verso il basso ed invertono poi il loro movimento di 180 ° risalendo verso l'alto; questa inversione di direzione favorisce la caduta delle polveri.

I canali sono costituiti da tubi con interposizione di alette in acciaio al carbonio, unite ai tubi stessi mediante saldatura automatica ad arco sommerso; i tubi di parete e le alette sono congiunti ai collettori sempre mediante saldatura, senza alcuna rastremazione dei tubi stessi.

Le pareti membranate sono realizzate in modo da essere a tenuta, così da evitare sia l'infiltrazione di aria nei fumi, sia la fuoriuscita di fumo nell'ambiente.

Sulle pareti dei canali, in posizione opportuna e in numero adeguato, sono previste portine per l'ispezione e la pulizia delle pareti durante la manutenzione .

#### *Camera convettiva*

All'uscita della camera di irraggiamento si trova la sezione convettiva, all'interno della quale i prodotti

di combustione si raffreddano, fino a raggiungere la temperatura di 180 - 190 °C.

La camera convettiva del generatore di vapore è realizzata da un condotto orizzontale che convoglia i fumi ortogonalmente ai fasci dei tubi, con pareti laterali membranate.

All'interno della camera convettiva sono installati i banchi di scambio: primo banco evaporatore, banchi surriscaldatori, banchi evaporatori, banchi economizzatori.

Sulle pareti dei canali, prima e dopo ciascun banco convettivo, sono previste portine per l'ispezione e la pulizia dei banchi durante la manutenzione.

#### *Banchi surriscaldatori*

Il complesso di surriscaldamento del vapore è suddiviso in più banchi con attemperatori intermedi.

Il surriscaldatore è strutturato a serpentini con tubi in verticale; questo tipo di configurazione strutturale è notevolmente labile e può essere pulita meccanicamente con grande efficacia mediante vibrazioni impartite da scuotitori elettromeccanici.

I banchi surriscaldatori sono poi facilmente estraibili, dall'alto, per una veloce sostituzione.

#### *Attemperamento del vapore*

Per mantenere costante la temperatura alla presa del vapore surriscaldato al variare del carico è presente un sistema di attemperamento, del tipo a iniezione, interposto fra i diversi banchi surriscaldatori.

L'attemperatore permette di mantenere costante la temperatura finale del vapore a 380 °C, con variazioni dal 50 al 100 % del carico nominale.

### *Banchi evaporatori convettivi*

I banchi evaporatori sono costituiti da tubi verticali lisci con sistemazione in linea. La geometria dei banchi convettivi evaporanti è studiata anche tenendo conto del sistema di pulizia della caldaia, in modo che la struttura sia sufficientemente elastica per sopportare la sollecitazione meccanica dovuta alle percussioni.

I banchi evaporanti sono essenzialmente costituiti da una serie di elementi "a rastrello", ciascuno composto da un collettore superiore per il convogliamento della miscela acqua vapore al corpo bollitore e da uno inferiore per l'alimentazione dell'acqua; il collegamento di questi collettori è realizzato con tubi sufficientemente elastici per assorbire le percussioni senza che ne derivino eccessive sollecitazioni alla struttura.

I banchi evaporatori sono facilmente estraibili, sempre dall'alto, per una veloce sostituzione.

### *Banchi economizzatori*

I banchi economizzatori sono strutturati a serpentino, similmente ai surriscaldatori; la pulizia è effettuata ancora con vibrazioni meccaniche. Tali banchi si compongono di tubi lisci, facilmente estraibili dall'alto.

### *Sistema di pulizia*

Il sistema di pulizia dei banchi convettivi è costituito da scuotitori elettromeccanici del tipo a martelli ed è comune a tutti i banchi di scambio; cambia soltanto il suo posizionamento a seconda che agisca su strutture a serpentino a tubi verticali oppure sulle strutture costituenti gli evaporatori a convezione.

I banchi surriscaldatori ed i banchi economizzatori (con struttura a serpentino) sono i più facili da

pulire meccanicamente, in quanto sono costituiti da una struttura molto labile, che può essere movimentata con poco sforzo. I serpentini vengono posti in vibrazione a partire dalla parte alta, tramite un sistema a percussione del tipo a martelli movimentati da motoriduttori elettrici.

La pulizia meccanica dei banchi evaporatori presenta maggiori difficoltà dovute alla maggior rigidità dei componenti in oggetto. L'evaporatore è infatti costituito da una serie di elementi, ciascuno composto da tubi verticali, connessi a collettori superiori ed inferiori, che rendono il banco meno flessibile rispetto ad un serpentino; pertanto, allo scopo di aumentare l'efficienza del sistema di pulizia di tali tipi di banco i martelli del sistema agiranno sulla parte inferiore del banco in corrispondenza dei collettori inferiori sopra detti.

La caldaia è disegnata per poter essere mantenuta pulita con sistemi meccanici, in quanto questi ultimi determinano sollecitazioni che devono poter essere sopportate dal sistema.

Il sistema può funzionare sia in automatico che in manuale durante le manutenzioni.

### *Corpo cilindrico*

Il vapore prodotto dai fasci evaporatori è separato in un corpo cilindrico esterno al giro fumi e posto sulla sommità della caldaia nel quale confluiscono i tubi di ritorno, dal quale partono i tubi di caduta per alimentare i collettori inferiori dei banchi evaporatori.

Il corpo cilindrico in lamiera di acciaio è costituito da virole chiuse alle due estremità da fondo bombato, il tutto unito mediante saldatura ad arco sommerso con procedimento omologato.

La costruzione del corpo è in lamiera di acciaio di qualità con spessori secondo le norme vigenti.

Il corpo finito di lavorazione è soggetto a tutte le prove, controlli e trattamenti regolamentari secondo le prescrizioni normative.

#### *Sistema di raccolta e scarico delle ceneri volanti*

Le ceneri volanti raccolte nella tramogge poste sotto la caldaia sono evacuate attraverso dei condotti (dotati di portelle di ispezione) per mezzo di serrande a tenuta del tipo a doppio clapet. Esse sono dunque raccolte in un trasportatore del tipo redler a catena raschiante che le trasporterà fino ad un ulteriore sistema di trasporto, convogliandole infine ad una sezione di stoccaggio costituita da sili da 80 m<sup>3</sup>, comuni con i PCR di depurazione fumi.

#### *Sistema di estrazione dei banchi convettivi*

Il sistema di estrazione dei banchi convettivi è essenzialmente costituito da un carroponete con portata pari a 50 t, installato all'interno del fabbricato. Le vie di corsa di tale carroponete sono posizionate sulla parte alta del fabbricato in corrispondenza della zona convettiva della caldaia.

#### *Recupero energetico*

Lo scopo del sistema di recupero è quello di utilizzare il vapore prodotto dalla caldaia, alla temperatura di 380 °C ed alla pressione di 45 bar, in una turbina dove, espandendosi, può produrre energia elettrica tramite un alternatore azionato dalla turbina stessa.

La turbina è del tipo a condensazione, con spillamento controllato per il funzionamento del degasatore del gruppo del vuoto e del preriscaldatore dell'aria primaria necessaria per la combustione, nonché per il teleriscaldamento.

Il vapore esausto scaricato dalla turbina è inviato in un condensatore ad aria, mantenuto in depressione da un gruppo vuoto con eiettori.

L'impianto è completamente monitorato da un sistema computerizzato di acquisizione, elaborazione e trasmissione a distanza dei principali parametri di processo.

Inoltre, per fermate prolungate della turbina a vapore e/o del relativo sistema di condensazione, il vapore prodotto può essere condensato nel sistema di condensazione ausiliario.

Il suddetto sistema permette, in ogni caso, di condensare il vapore prodotto dalla caldaia a recupero e di riemettere lo stesso dopo essere passato attraverso il sottoraffreddatore delle condense nel degasatore.

Il **sistema turboalternatore** è costituito dai seguenti principali componenti e sottosistemi:

- turbina a vapore del tipo a condensazione multistadio;
- riduttore;
- cabinato;
- sistema vapore di tenuta;
- sistema drenaggi turbina;
- sistema olio di lubrificazione e regolazione;
- sistema di protezione e regolazione;
- alternatore.

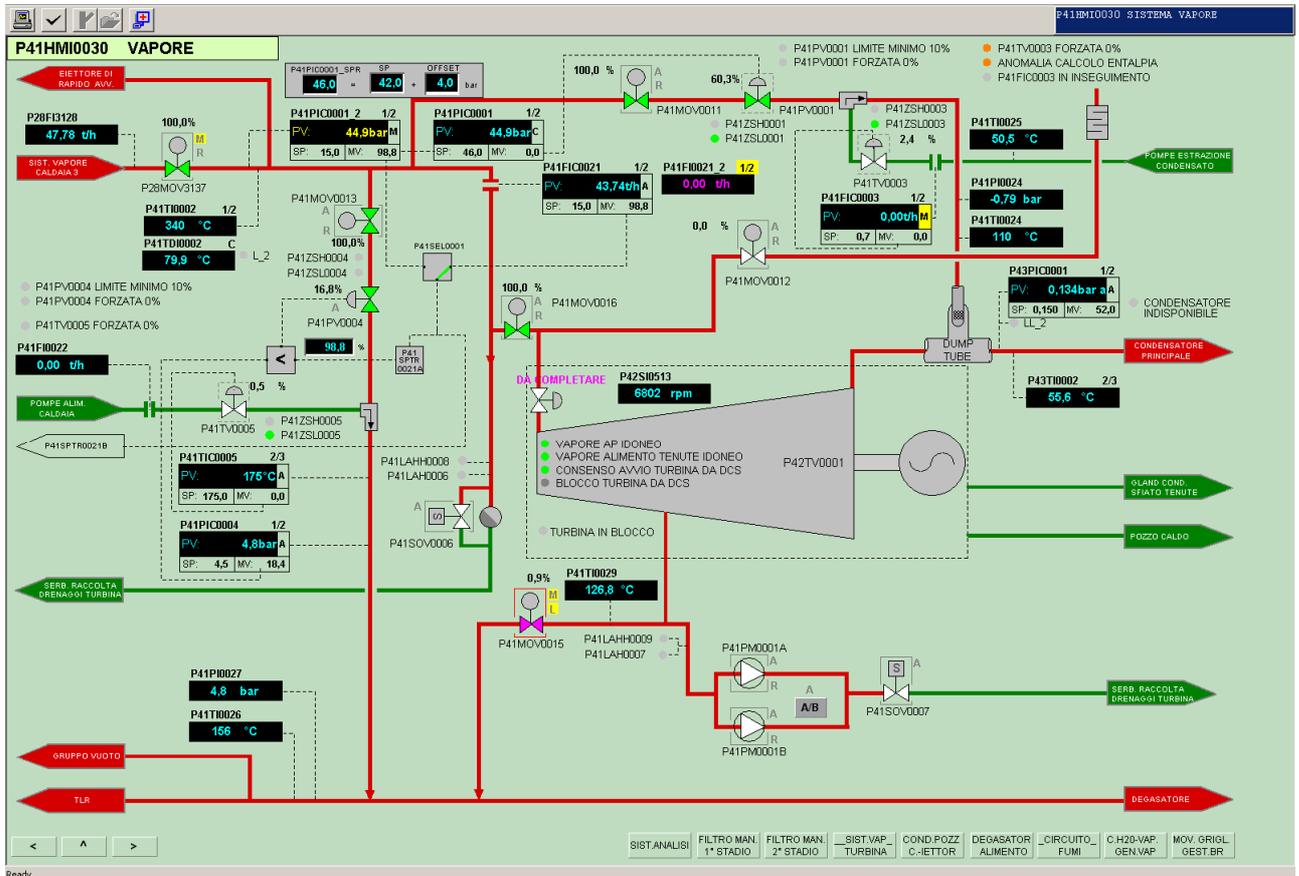
La sistemazione del turboalternatore è prevista all'interno di una sala apposita, nel fabbricato ciclo termico e servizi ausiliari.

La turbina a vapore ed il riduttore sono posizionati su un basamento metallico, all'interno del quale sarà alloggiato il serbatoio dell'olio; il tutto è montato su un cavalletto interrato in cemento armato ed isolato dalle strutture dell'edificio.

Durante il funzionamento della turbina, lo spillamento controllato del vapore provvede ad

alimentare il collettore del vapore di bassa pressione da cui è prelevata la portata richiesta dal degasatore del ciclo termico, dal gruppo del vuoto e dal sistema di preriscaldamento aria primaria.

In caso di accidentale distacco della centrale dalla rete ENEL, il turbogruppo è in grado di lavorare in isola passando dal carico nominale al solo carico degli ausiliari d'impianto senza interruzione del servizio. In questa condizione l'eccesso di vapore prodotto dalla caldaia a recupero è scaricato mediante un sistema di riduzione di pressione ed attemperamento nel condensatore ad aria, il quale può portarsi ad un livello di pressione superiore a quello di normale funzionamento ma comunque inferiore alla pressione di progetto dello stesso.



La turbina è infine collegata ad un generatore elettrico di tipo sincrono ai morsetti del quale viene resa disponibile energia elettrica a 15 kV.

Nei punti che seguono si passano in rassegna più approfonditamente i vari elementi del sistema di recupero.

#### *Turbina a vapore*

La turbina a vapore è del tipo a condensazione multistadio, dotata di un'estrazione a pressione controllata, completa di valvola di ritegno, nella sezione di bassa pressione.

Lo scarico della turbina è di tipo verticale orientato verso l'alto.

L'ingresso del vapore principale in turbina ha luogo tramite valvola d'intercettazione d'emergenza, di tipo "a tappo", con azionamento elettroidraulico. Detta valvola, completa di filtro permanente montato nel corpo della stessa, ha la capacità di intercettare automaticamente e rapidamente la portata di vapore, qualora la macchina dovesse andare in sovravelocità o si dovessero comunque verificare condizioni operative anomale e pericolose per l'integrità della macchina stessa.

Lo spillamento del vapore è previsto tramite valvola di sezionamento motorizzata e valvola di ritegno vapore con attuatore di tipo pneumatico.

#### *Cabinato*

È previsto un isolamento acustico, con copertura insonorizzante per l'intero gruppo turbina, riduttore ed alternatore.

Il cabinato è poi dotato di sistemi di ventilazione, di illuminazione ed antincendio.

Il livello di pressione sonora non eccede 80 dB(A) con tolleranza di  $\pm 2$  dBA, misurato secondo le ISO 3746 ad 1m di distanza dal cabinato.

#### *Sistema vapore di tenuta*

La pressione del vapore di tenuta è regolata automaticamente su tutto il campo di funzionamento della turbina.

Il sistema, completo di filtri, valvole di regolazione di blocco e di sicurezza, condensatori di tipo a superficie, estrattori azionati da motori elettrici e dalle tubazioni di collegamento, evita la fuga di vapore dalle tenute all'atmosfera e, soprattutto, l'infiltrazione di aria in turbina.

#### *Sistema drenaggi turbina*

Il sistema è costituito da valvole di drenaggio a comando pneumatico, montate sulla turbina, dal un serbatoio di raccolta drenaggi, da pompe di rilancio del condensato al pozzo caldo e da tubazioni di collegamento.

Il serbatoio, tenuto sotto vuoto dal sistema di condensazione è posizionato esternamente all'edificio, di fronte alla turbina in una fossa a livello - 4 m circa.

La condensa che si raccoglie nel serbatoio, proveniente dalle tubazioni e dai drenaggi turbina, è inviata al pozzo caldo per mezzo di due pompe centrifughe, una di riserva all'altra, azionate da motori elettrici.

Le pompe sono dimensionate per evacuare la massima portata di condensa che si può formare nelle diverse condizioni di funzionamento. Le tenute delle pompe sono di tipo meccanico idonee ad impedire ingressi d'aria anche con pompa ferma.

### *Sistema olio di lubrificazione e regolazione*

Il sistema di lubrificazione assicura una corretta lubrificazione dei cuscinetti di turbina, riduttore ed alternatore.

Il suddetto sistema è costituito dalle tubazioni di collegamento, dal serbatoio di raccolta dell'olio, dal riscaldatore elettrico, dalle pompe di circolazione, dai refrigeranti, alimentati con acqua del sistema di raffreddamento in ciclo chiuso, e dalla strumentazione necessaria per un corretto funzionamento.

Per assicurare la circolazione dell'olio in ogni condizione operativa, sono previsti inoltre i seguenti componenti:

serbatoio olio in acciaio al carbonio formante placca di base per la turbina, con portelli di accesso per drenaggio e pulizia;

pompa principale ad ingranaggi montata nel riduttore, per olio lubrificazione turbina, riduttore, alternatore e olio regolazione turbina;

pompa ausiliaria, della stessa capacità e caratteristiche della principale, azionata da motore elettrico in corrente alternata munita di avviamento automatico comandato da un segnale di bassa pressione dell'olio;

pompa di emergenza, per assicurare la lubrificazione del gruppo in fermata, azionata da motore elettrico in c.c. munita di avviamento automatico comandato da un segnale di bassissima pressione dell'olio;

avviatore a corrente continua per pompa di emergenza;

due refrigeranti al 100% della potenzialità richiesta, raffreddati dall'acqua del ciclo chiuso e costruiti in accordo alle Norme TEMA C;

filtro olio duplex due al 100% per olio di lubrificazione con grado di filtraggio 25  $\mu$  assoluti, montato sulla linea mandata a valle dei refrigeranti, completo di sfiati e drenaggi e relativa valvola di smistamento;

filtro olio duplex due al 100% per olio di regolazione con grado di filtraggio 15  $\mu$  assoluti, montato sulla linea olio di comando regolazione, completo di sfiati e drenaggi e relativa valvola di smistamento;

riscaldatore elettrico ad immersione con termostato e indicazione di temperatura;

valvola di regolazione della pressione dell'olio di lubrificazione;

valvola termostatica a tre vie per il controllo della temperatura dell'olio;

depuratore olio di tipo centrifugo.

#### *Alternatore*

L'alternatore è progettato per funzionare sia a carichi di base sia a carichi variabili, secondo le necessità della rete elettrica di distribuzione.

È in grado di sopportare, senza danneggiamento, eventi anomali particolarmente gravosi di esercizio, quali corto circuito di montante e sovraccarichi.

L'energia elettrica prodotta dall'alternatore è immessa in rete 15 kV tramite condotto, sbarre, cavi, cabine con apparecchiature di comando e controllo, altre apparecchiature e macchinari di potenza.

L'alternatore è completo di:

sistema di eccitazione e regolatore automatico di tensione;

sistema di raffreddamento ad aria in ciclo chiuso e con refrigeranti aria/acqua;

piastre, bulloni di fondazione, spessori di livellamento;

trasformatori amperometrici per la misura della corrente;

quadro di controllo, comando, protezioni e misure tipiche dell'alternatore.

Il **sistema di by-pass turbina** provvede a ridurre la pressione del vapore, da quella di caldaia a quella del condensatore, e, contemporaneamente, la temperatura, fino ad un valore accettabile per le tubazioni e le apparecchiature dell'impianto di condensazione.

Il funzionamento del sistema di by-pass è previsto sia nel caso di fermata della turbina sia nel caso di funzionamento in isola del turbogruppo, quindi per periodi limitati.

Il sistema di by-pass turbina è costituito dai seguenti principali componenti:

valvola di riduzione con sistema di attemperamento integrato;

valvola per il controllo della portata acqua di attemperamento;

"dump tube".

Sul "dump tube" è prevista la riduzione di pressione finale, del vapore, attraverso i diaframmi forati prima dell'ingresso nel condensatore.

Il sistema di riduzione ed attemperamento ausiliari provvede a fornire al degasatore e agli altri ausiliari vapore alle condizioni adeguate di pressione

e di temperatura, nel caso in cui non sia disponibile il vapore derivato dallo spillamento della turbina.

Il vapore è prelevato dal collettore di alta pressione e ridotto di pressione e temperatura.

Il funzionamento di questo sistema è previsto solo nel caso di fermata della turbina, quindi per periodi limitati.

Il sistema **by-pass ausiliari** è invece costituito dai seguenti principali componenti:

- valvola di riduzione con sistema di attemperamento integrato;
- valvola per il controllo della portata acqua di attemperamento.

Per l'abbattimento del rumore le valvole sono dotate di dispositivi adatti ad evitare velocità supersoniche, nello stadio finale di riduzione della pressione.

Le valvole e le tubazioni dei suddetti sistemi sono coibentate ai fini della protezione del personale e per l'ottenimento dei livelli di rumorosità, che non eccede 78 dB(A) con tolleranza di  $\pm 3$  dBA, misurato ad 1m di distanza.

Il **sistema di condensazione**, è costituito dai seguenti principali componenti e sottosistemi:

- condensatore di vapore;
- sistema del vuoto;
- pozzo caldo;
- pompe estrazione condensato.

La sistemazione dell'impianto di condensazione del vapore è all'esterno, in prossimità del fabbricato ciclo termico e servizi ausiliari, in adiacenza alla

struttura metallica che supporta il condensatore di vapore ausiliario, ed il refrigerante acqua in circuito chiuso del ciclo termico.

#### *Condensatore di vapore ad aria*

Il condensatore, del tipo a scambio diretto ad aria, è costituito da fasci tubieri disposti inclinati secondo una "A" (capanna) al cui vertice sta la tubazione di distribuzione del vapore.

Il condensatore è del tipo "antifreezing", garantito per funzionare alla minima temperatura ambientale, con portata di vapore ridotta fino al 30% della portata di progetto.

Gli incondensabili sono aspirati dal condensatore assieme ad una piccola quantità di vapore trascinato per mezzo di un sistema ad eiettori che utilizzano come fluido motore il vapore, in bassa pressione, spillato dalla turbina.

Sia il vapore motore che il vapore trascinato con l'aria sono inviati in un condensatore a superficie; il condensato va per caduta nel pozzo caldo e l'aria viene scaricata in atmosfera. Il condensato poi, attraverso una guardia idraulica, viene raccolto nel pozzo caldo e successivamente inviato al degasatore mediante due pompe centrifughe (una in funzione e una di riserva), utilizzate anche per alimentare il sistema di by-pass turbina.

#### *Fasci tubieri*

Ogni fascio tubiero è costituito da tubi di acciaio al carbonio alettati, con alettatura in alluminio di tipo incastrato. Tale alettatura è adatta per operazioni di pulizia sia con aria servizi, sia con acqua in pressione.

Nella costruzione del fascio tubiero particolare attenzione è stata rivolta ad eliminare le

infiltrazioni di aria, in quanto queste provocano sensibili riduzioni delle prestazioni.

Per questo motivo i tubi sono collegati con saldatura alle piastre tubiere ed i collettori di estremità sono di costruzione completamente saldata.

La tubazione di distribuzione del vapore dispone di un passo d'uomo per accedere internamente alle piastre tubiere superiori.

Il condensatore e tutto l'impianto sono progettati per una pressione di 0.49 bar g e una temperatura di 120°C, quindi esonerati da PED - ISPEL; è comunque richiesto che il progetto, i materiali impiegati e la fabbricazione siano in accordo alla suddetta normativa.

#### *Struttura di sostegno e convogliatori dell'aria*

La capanna del condensatore è supportata da una struttura metallica ad un'altezza minima da terra pari al diametro del ventilatore.

Sono previste delle pareti antivento la cui altezza minima è pari ai 4/5 dell'altezza dei fasci.

I convogliatori dell'aria sono composti ciascuno da anello di aspirazione del ventilatore, completo di rete di protezione, pannello di fondo e pareti verticali laterali di convogliamento in lamiera grecata; questi sono imbullonati fra loro e alla struttura portante sulla quale poggiano i fasci tubieri. Tutti i componenti sono inoltre protetti con zincatura.

Su ciascun lato della capanna del condensatore sono previste passerelle in lamiera striata, provviste di scale alla marinara per l'ispezione dei collettori inferiori dei fasci tubieri.

Sul fronte del condensatore sono previste due piattaforme: una a livello del piano ventilatori, per

l'alloggiamento del gruppo del vuoto ed il sistema di by-pass, l'altra più in basso per l'alloggiamento del pozzo caldo. La larghezza delle piattaforme è di almeno 3 m.

Dalla piattaforma più alta si accede all'interno dei convogliatori dell'aria attraverso porte di ispezione. L'accessibilità ai gruppi meccanici è poi consentita da apposite passerelle in grigliato.

Internamente ai convogliatori è previsto un sistema per il sollevamento dei gruppi meccanici per il loro appoggio a terra; a tale proposito la rete di protezione del ventilatore è provvista di portella per permettere il passaggio del motore elettrico.

#### *Gruppi motori - riduttori - ventilatori*

Il tiraggio dell'aria è di tipo forzato, con ventilatori mossi da motori elettrici e trasmissioni a riduttori ad ingranaggi, con fattore di servizio 2,5 minimo secondo AGMA.

Ogni gruppo è equipaggiato con interruttore di vibrazione.

I ventilatori sono del tipo assiale con pale a profilo aerodinamico in alluminio estruso o PRFV, del tipo a bassa rumorosità, con passo delle pale regolabile da fermo. I motori sono azionati tramite variatori di frequenza; con questo sistema la velocità è controllata in modo da mantenere costante al valore imposto la pressione di condensazione.

Conseguentemente è possibile ridurre la velocità dei ventilatori, e quindi il rumore prodotto, ogni qualvolta che il carico o la temperatura ambiente, come nel caso del funzionamento notturno, risultino inferiori ai valori di progetto.

Il valore di pressione sonora misurato per tutto il gruppo, in qualsiasi posizione sotto il condensatore

ad aria, ad un'altezza di 1,5 m dal piano terra, è inferiore 75 dB(A).

*Gruppo del vuoto con eiettori a getto di vapore*

Il gruppo del vuoto con eiettori a getto di vapore è composto principalmente da un gruppo di estrazione per l'avviamento e da un gruppo di mantenimento.

Il gruppo di estrazione non condensabili per l'avviamento è costituito da un eiettore a getto di vapore a scarico atmosferico il cui utilizzo risulta previsto, solamente in fase di avviamento, per un tempo inferiore ai 20 minuti.

L'eiettore di avviamento alloggiato insieme al gruppo di mantenimento, presenta scarico silenziato, in modo che il valore di rumorosità emessa non ecceda 80 dB(A) con tolleranza di  $\pm 2$  dB(A), misurato ad 1m di distanza.

Il gruppo di mantenimento è costituito da due unità, una in esercizio e l'altra di riserva, a doppio stadio con condensatore intermedio e finale del vapore motore.

Tutto il gruppo è in accordo alla normativa HEI per gli eiettori a getto di vapore.

Il campo di funzionamento del gruppo del vuoto risulta particolarmente ampio, potendo andare da valori di vuoto estremamente spinti, in condizioni invernali, a pressioni vicino all'atmosfera, in condizioni estive; sono pertanto previsti tutti i mezzi e gli interventi necessari per un funzionamento sicuro ed efficace in tutto il campo.

L'acqua di raffreddamento per i condensatori a superficie è costituita dallo stesso condensato, spinto dalle pompe di estrazione, proveniente dal pozzo caldo.

Il vapore motore ed il vapore trascinato sono condensati e rimandati al pozzo caldo, utilizzando per il condensatore intermedio una guardia idraulica e per il condensatore finale uno scaricatore di condensa automatico.

Il gruppo del vuoto è installato sulla struttura del condensatore a livello del piano ventilatori, in modo da drenare il condensato nel pozzo caldo; attorno è previsto lo spazio necessario per poter agevolmente intervenire per tutte le operazioni ed i controlli necessari in esercizio e/o manutenzione.

Tutto il gruppo è poi coibentato ai fini della protezione del personale e per l'ottenimento dei livelli di rumorosità che non superi gli 80 dB(A) con tolleranza di  $\pm 2$  dB(A) ad 1 m di distanza.

#### *Pozzo caldo*

Il sistema di condensazione è provvisto di pozzo caldo nel quale viene raccolto tutto il condensato formatosi nel condensatore, collettore attraverso un'opportuna guardia idraulica.

Le dimensioni del serbatoio permettono un funzionamento stabile delle pompe di estrazione del condensato e del gruppo del vuoto, in tutti gli assetti di funzionamento previsti per l'impianto.

Nel serbatoio saranno convogliati anche i drenaggi della turbina e le condense dell'impianto, opportunamente trattate, provenienti dal serbatoio di raccolta.

#### *Pompe estrazione condensato*

Sono previste due pompe centrifughe, una di riserva all'altra, azionate da motori elettrici ed avviate automaticamente in funzione del livello del liquido nel pozzo caldo.

Le pompe sono dimensionate per le condizioni di massima portata nelle diverse condizioni di funzionamento, tenendo conto che dovranno alimentare anche il sistema di by-pass turbina.

Le tenute sono di tipo meccanico, idonee ad impedire ingressi d'aria anche con pompa ferma.

Le pompe sono montate su skid composto da giunto elastico, bussola spaziatrice e piastra di base in profilato di acciaio.

Il livello medio ponderato di pressione sonora, misurato per tutte le condizioni di carico, ad 1 m di distanza dalla pompa in ogni direzione, risulta inferiore a 80 dB(A) con tolleranza di  $\pm 2$ .

Il **sistema di condensazione ausiliario** è costituito dai seguenti principali componenti:

- condensatore di vapore;
- serbatoio di raccolta delle condense;
- sottoraffreddatore delle condense;
- filtri condensato.

Le sezioni di condensazione e di sottoraffreddamento sono costituite da due unità distinte, ciascuna realizzata con refrigeranti ad aria a fascio tubiero.

Nella sezione di condensazione il vapore è condensato completamente ed il condensato, raccolto in apposito serbatoio, è inviato ad una seconda sezione di sottoraffreddamento, prima di essere laminato nel circuito di estrazione condense ed immesso nel degasatore.

Ogni sezione è composta da un refrigerante ad aria costituito da fascio tubiero, struttura di supporto, convogliatori aria, motori elettrici e ventilatori assiali.

I ventilatori assiali sono controllati in velocità per mezzo di variatori di frequenza, uno per ciascun motore in modo da poter controllare, per la sezione condensante la pressione di condensazione, e per la sezione sottoraffreddante la temperatura del condensato in uscita.

In aggiunta ogni sezione è fornita di persiane di regolazione a comando pneumatico automatico.

La sistemazione dell'impianto di condensazione ausiliario del vapore è prevista all'esterno, su di una struttura metallica, in adiacenza ai condensatori di vapore ad aria principale.

#### *Condensatore di vapore e sottoraffreddatore ad aria*

Il condensatore ed il sottoraffreddatore, del tipo a scambio diretto ad aria, sono costituiti da fasci tubieri disposti orizzontalmente.

L'installazione del condensatore e del sottoraffreddatore, completi di propria struttura metallica, è prevista sopra ad un piano in grigliato, sopra ciascun fascio tubiero è installato un camino di altezza pari a circa 1,5 m, in modo da convogliare l'aria calda verso l'alto. Questa soluzione permette di evitare quei fenomeni di circolazione di aria calda che potrebbero compromettere il servizio sia di questo sistema sia delle apparecchiature circostanti.

#### *Fascio tubiero*

Il fascio tubiero è costituito da tubi diritti in acciaio al carbonio, alettati con alettatura in alluminio del tipo incastrato.

Il collettore di distribuzione utilizzato è del tipo "a tappi", con ritorni con curve; ogni tratto diritto ha una leggera pendenza nel senso del flusso in modo da drenare completamente il condensato nel collettore di uscita.

La costruzione con curve consente ad ogni tubo di dilatarsi indipendentemente dai tubi adiacenti, fatto particolarmente importante essendo la temperatura del vapore molto elevata.

Il fascio tubiero è sostenuto da una propria struttura che ne agevola la movimentazione e il montaggio.

#### *Struttura di sostegno e convogliatori dell'aria*

I fasci tubieri sono supportati da una struttura metallica di tipo bullonato.

È prevista un'altezza minima, tra il piano di calpestio in grigliato e la parte inferiore dei motori d'azionamento dei ventilatore, pari a 2,1 m.

I convogliatori dell'aria sono composti ognuno dall'anello d'aspirazione del ventilatore (completo di rete di protezione) e dal pannello di fondo; questi sono imbullonati fra loro e alla struttura portante sulla quale poggiano i fasci tubieri. Nella parte inferiore dei fasci tubieri, una struttura supporta le trasmissioni ed i motori per i ventilatori. È prevista una scala d'accesso alla marinara, per consentire l'ispezione ai collettori dei fasci tubieri.

#### *Gruppo ventilatore riduttore e motore*

Il tiraggio dell'aria è del tipo forzato, con ventilatori mossi da motori elettrici e trasmissioni a cinghie; ogni gruppo è equipaggiato con interruttore di vibrazione.

I ventilatori sono del tipo assiale con pale a profilo aerodinamico in alluminio estruso o in PRFV, del tipo a bassa rumorosità, con passo delle pale regolabile da fermo.

I motori sono azionati tramite variatori di frequenza; con questo sistema la velocità è controllata in modo da mantenere costante, al valore

imposto, la pressione del vapore o la temperatura del condensato in uscita dal refrigerante.

Conseguentemente è possibile ridurre la velocità dei ventilatori, e quindi il rumore prodotto, ogni qualvolta che il carico termico o la temperatura ambiente, come nel caso del funzionamento notturno, siano inferiori ai valori di progetto.

Il valore di pressione sonora misurato per tutto il gruppo, in qualsiasi posizione sotto il refrigerante, ad un'altezza di 1,5 m dal piano di calpestio risulta inferiore a 78 dB (A).

#### *Serbatoio di raccolta condense*

È costituito da un serbatoio orizzontale in pressione, avente un volume di 6,2 m<sup>3</sup>, poggiante su selle. Il serbatoio è corredato di connessioni per ingresso ed uscita della condensa, linea di equilibramento, valvola di sicurezza, sfiato, drenaggio, passo d'uomo, manometro e termometro e della strumentazione necessaria per il controllo del livello.

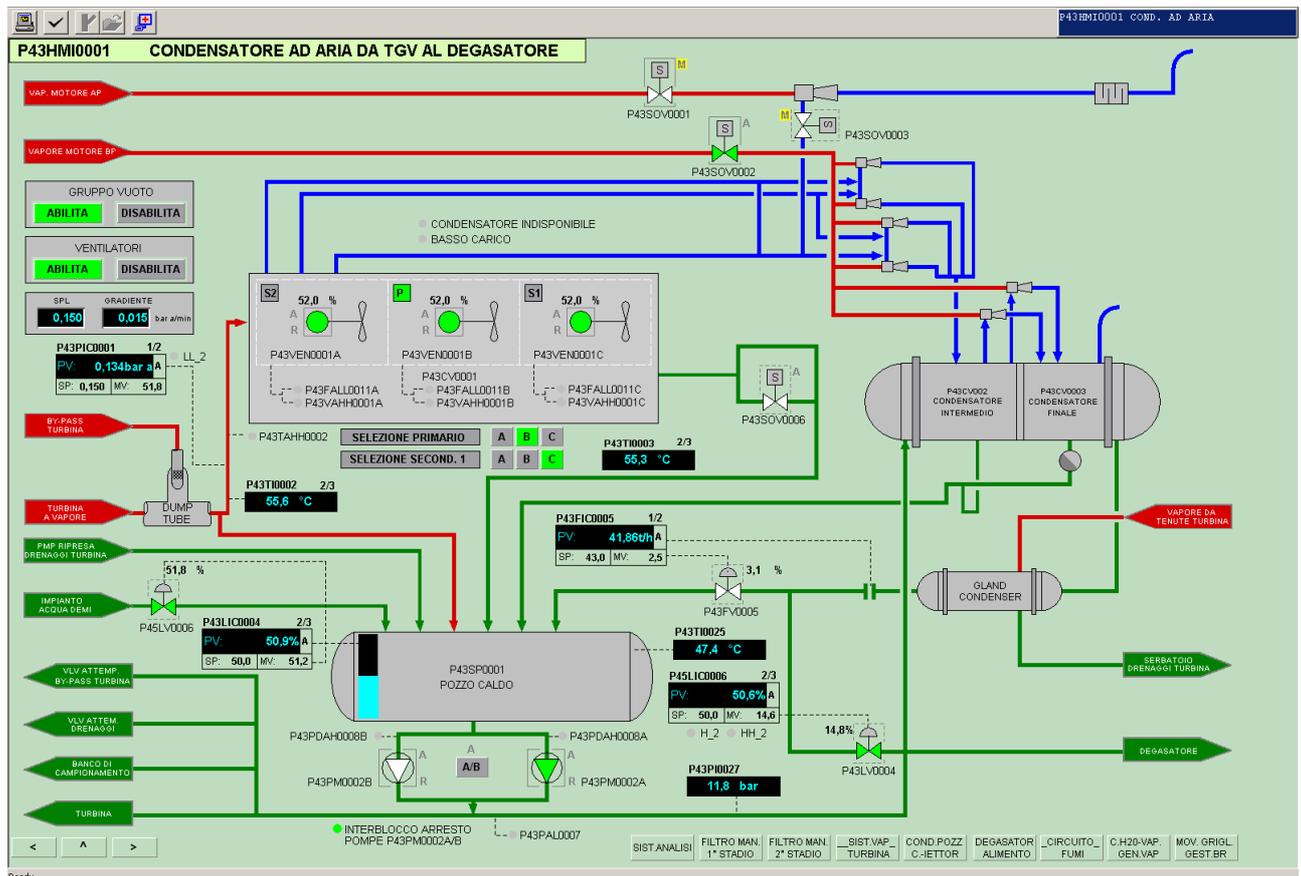
#### *Filtri del condensato*

Sulla linea del condensato tra il sottoraffreddatore delle condense e la valvola di riduzione di pressione sono installati due filtri, uno in esercizio ed uno di riserva.

I filtri del condensato proteggono il sistema a valle, in particolare il degasatore e le valvola di riduzione di pressione da particelle solide provenienti da corrosione o residui di lavorazioni. L'elemento filtrante è costituito da un cestello in acciaio inossidabile con capacità filtrante del 100% per particelle superiori a 80 µm.

Il **sistema di alimento caldaia**, essenzialmente costituito dal degasatore e dalle pompe, provvede a

degasare il condensato, portandolo ad una pressione di 3 bar a ed una temperatura di 130 °C, ed a inviarlo in caldaia, tramite le pompe di alimento, ad una pressione di circa 60 bar.



## Degasatore

Il degasatore è di tipo termofisico a miscela con torre di degasaggio verticale e serbatoio di accumulo orizzontale; è posizionato su di una struttura metallica, installata nel fabbricato ciclo termico e servizi ausiliari, ad una quota di 8,5 m circa.

## Pompe di alimento

Sono previste tre pompe centrifughe, due in funzione e una di riserva, azionate da motori elettrici asincroni trifase.

Le pompe sono dimensionate, per quanto riguarda portata e prevalenza, in accordo alla normativa ISPESL.

Il tipo di pompa è centrifugo multistadio orizzontale, con tenute di tipo meccanico e piedi per il fissaggio al basamento.

Le pompe sono montate su skid composto di giunto elastico, bussola spaziatrice e piastra di base in profilato di acciaio.

Il livello medio ponderato di pressione sonora, misurato per tutte le condizioni di carico, ad 1 m di distanza dalla pompa in ogni direzione, risulta inferiore a 80 dB(A) con tolleranza di  $\pm 2$ .

Il sistema di distribuzione del vapore, essenzialmente costituito da tubazioni e valvole, collega il sistema di produzione alla turbina e questa al condensatore.

Il tracciato delle tubazioni, tra caldaia e turbina a vapore, è effettuato in modo tale che ogni tratto abbia una sufficiente pendenza ed un pozzetto di raccolta con scaricatore di condensa adeguato.

Le tubazioni sono progettate per permettere le dilatazioni termiche di tutto il sistema, incluso le tubazioni collegate, senza indurre carichi inaccettabili alla turbina o al generatore di vapore; per questo sono previsti supporti fissi, elastici e guide di scorrimento.

Il collegamento, tra turbina a vapore e condensatore ad aria, è effettuato da una tubazione che presenta nella sua parte bassa un'appendice per la raccolta del fluido condensato, collegata con il serbatoio di raccolta drenaggi. La connessione alla turbina è di tipo flangiato; un'ulteriore flangiatura è prevista sul tratto orizzontale adiacente per permettere lo smontaggio della turbina.

Alla tubazione si collegano le linee di equilibramento del pozzo caldo e del serbatoio di raccolta drenaggi e la linea di bypass del vapore, per la quale è previsto l'alloggiamento del " dump tube".

Sulla tubazione è installata anche la valvola di sicurezza, dimensionata per la massima portata in condizione di by-pass turbina, la quale garantisce che la pressione all'interno del condensatore non superi il valore di 0.49 bar g, equivalente a circa 120 °C, in modo da poter esonerare le apparecchiature dai collaudi PED (ISPESL).

La valvola è del tipo a tenuta con liquido, per evitare ingressi di aria, flangiata alla tubazione di scarico, disposta in una posizione facilmente accessibile per l'ispezione e la manutenzione.

Tutta la tubazione è in acciaio al carbonio, con giunzioni saldate al fine di evitare infiltrazioni d'aria.

Il sistema di distribuzione del condensato, essenzialmente costituito da tubazioni e valvole, collega il condensatore di vapore al pozzo caldo, tramite opportuna guardia idraulica, ed il pozzo caldo al degasatore.

Tutte le valvole di controllo, e relative eventuali valvole del gruppo, sono facilmente accessibili da un piano di lavoro ( piano pavimentazione, piattaforme, solai di strutture etc.).

## CAPITOLO 5

### Il sistema depurazione fumi

Il sistema di depurazione fumi ha lo scopo di rimuovere le sostanze inquinanti contenute nei fumi prodotti durante la combustione dei rifiuti che sono essenzialmente costituite da:

- ossidi di azoto;
- polveri;
- inquinanti acidi;
- microinquinanti (metalli pesanti e microinquinanti organici).

La rimozione di tali sostanze avviene mediante i seguenti meccanismi:

- trasformazione delle sostanze inquinanti in composti non nocivi mediante delle reazioni chimiche;
- trasferimento delle sostanze inquinanti mediante processi fisici di assorbimento/adsorbimento dalla corrente gassosa in correnti liquide/solide, di minore quantità; i residui possono essere successivamente trattati per poi essere inviati a smaltimento.

In ingresso al sistema di trattamento fumi è posizionata una serranda di regolazione. Tale serranda regola la pressione in caldaia mantenendola ad un valore prefissato.

Il funzionamento della serranda è accordato con il funzionamento del ventilatore di estrazione fumi. Il ventilatore viene regolato sulla base della pressione a valle della serranda di regolazione, mantenendo un prefissato valore per questa. In questo modo la

pressione in camera di combustione viene regolata mediante l'intervento della serranda, che risulta essere più veloce rispetto alla regolazione effettuata mediante la variazione di giri del ventilatore.

Il sistema di depurazione dei fumi è essenzialmente costituito da:

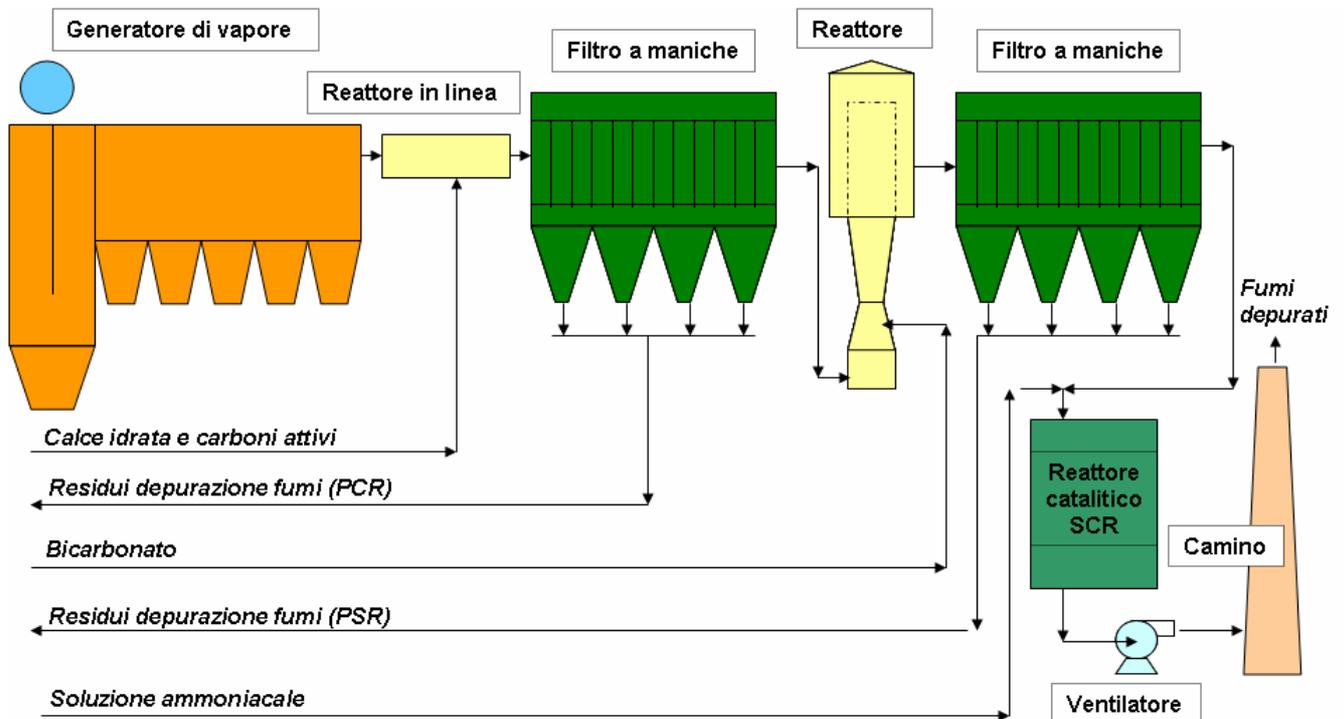
- sezione di riduzione non catalitica degli ossidi di azoto (SNCR);
- reattore a secco per la reazione chimico-fisica con calce e carboni attivi;
- filtro a maniche per la filtrazione primaria;
- reattore a secco per la reazione chimico-fisica con bicarbonato;
- filtro a maniche per la filtrazione secondaria;
- sezione di riduzione catalitica degli ossidi di azoto (SCR).

L'iniezione della soluzione ammoniacale nella sezione di riduzione non catalitica degli ossidi di azoto (SNCR) avviene attraverso lance di nebulizzazione, posizionate su più livelli, che introducono il reagente in camera di post-combustione.

Le lance suddette sono in materiale idoneo ed equipaggiate di ugelli atomizzatori (liquido/aria) adatti a garantire le portate richieste; tali lance sono inoltre dotate di opportuno sistema di raffreddamento.

Nonostante il progetto preveda la realizzazione di un sistema di riduzione catalitico (SCR) si preferisce mantenere anche la sezione non catalitica perché, utilizzando lo stesso reagente (soluzione ammoniacale), è possibile alimentare i due diversi dispositivi, consentendo una maggior flessibilità nella gestione dell'impianto.

I fumi uscendo dal Generatore di Vapore a Griglia (GVG) entrano nella linea nominata Sistema Depurazione Fumi (SdF).



La linea prevede le seguenti unità:

- Iniezione a secco di calce idrata (per riduzione degli inquinanti acidi) e carbone attivo (per riduzione dei microinquinanti diossine, Hg, Cd,..) e primo stadio di filtrazione su filtro a maniche;
- Iniezione a secco di bicarbonato di sodio (per riduzione degli inquinanti acidi), con possibilità di iniezione di carbone attivo (per riduzione dei microinquinanti diossine, Hg, Cd,..) e secondo stadio di filtrazione su filtro a maniche;
- Preriscaldamento dei fumi mediante scambiatore di calore a vapore, fino al raggiungimento della temperatura di esercizio del reattore catalitico selettivo;
- Riduzione di Ossidi di Azoto mediante iniezione di ammoniaca e reattore catalitico selettivo (SCR) a bassa temperatura (180°C); il catalizzatore funziona anche come presidio finale per l'abbattimento delle diossine residue nei fumi.

o Aspirazione dei fumi e loro convogliamento a camino mediante un ventilatore di tiraggio indotto (Id-fan)

Sono forniti inoltre i sistemi di stoccaggio dosaggio e trasporto dei reagenti, sistemi di estrazione, trasporto e stoccaggio dei residui prodotti.

### 5.1 Risultati attesi

L'Impianto di Depurazione fumi, ha lo scopo di ridurre l'impatto ambientale e di adeguarlo alle vigenti normative di legge e/o alle prescrizioni contrattuali, secondo il tabulato e le informative riportate nel riquadro sottostante.

I limiti alle emissioni al camino, garantiti in tutte le condizioni di funzionamento dell'impianto, sono riportati nella seguente tabella (in accordo con quanto disposto dal Dlg 11 maggio 2005 n.133 in attuazione della Direttiva Europea n. 2000/76/EC)

Concentrazioni (@11% di O <sub>2</sub> gas secco)		Media semioraria	Media giornaliera	Media mensile
Polvere	mg/Nm <sup>3</sup>	10	1	1
Sostanze organiche volatili (COT)	mg/Nm <sup>3</sup>	10	4	1.5
Acido Cloridrico (HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	30	8	5
Acido Fluoridrico (HF)	mg/Nm <sup>3</sup>	2	0,5	0,1
Anidride Solforosa (SO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	100	10	5
Ossidi di Azoto (NO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	100	70	50
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	5 <sup>(1)</sup>	8 <sup>(1)</sup>	15 <sup>(1)</sup>
		Media oraria	Media su 8 ore	Media mensile
Cd + TI	mg/Nm <sup>3</sup>	0,03	-	0,002

Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,03	-	0,004
Somma 10 metalli	mg/Nm <sup>3</sup>	0,05	-	0,04
IPA	mg/Nm <sup>3</sup>	-	0,005	0,00002
PCDD/PCDF	ng/Nm <sup>3</sup>	-	0,05	0,01
<sup>(1)</sup> Per Accettazione Provvisoria: 1 mg/Nm <sup>3</sup> fino a 4000 h, curve di correzione dopo 4000 h;				
<sup>(1)</sup> per Accettazione Definitiva: 3.5 mg/Nm <sup>3</sup> fino a 20000 h, curve di correzione dopo 20000 h				

Le caratteristiche dei fumi in ingresso alla linea di trattamento da trattare sono stati presi in considerazione per i due casi di funzionamento dell'impianto (Nominale e Design).

Di seguito si riportano i dati di partenza relativi ai fumi:

	U/M	Nominale (CMC) <sup>(1)</sup>	Design (valori massimi)
Portata fumi ingresso SDF	Nm <sup>3</sup> /h	110'000	120'000
Temperatura	°C	180 <sup>(2)</sup>	190
Temperatura massima uscita GVG	°C	< 240	
Pressione	mm c.a.	-50	-50
Ossigeno (O <sub>2</sub> )	Vol %	8	(7-10)
Acqua (H <sub>2</sub> O)	Vol %	12	(8-15)
Anidride Carbonica (CO <sub>2</sub> )	Vol %	8,5	(6-9)
Azoto (N <sub>2</sub> )	Vol %	71,5	(resto)
Concentrazioni (@11% di O <sub>2</sub> gas secco)			
Polvere	mg/Nm <sup>3</sup>	3000	7000
Sostanze organiche volatili (COT)	mg/Nm <sup>3</sup>	10	15
Acido Cloridrico (HCl)	mg/Nm <sup>3</sup>	800	3000
Acido Fluoridrico (HF)	mg/Nm <sup>3</sup>	10	50
Anidride Solforosa (SO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	200	1000
Ossidi di Azoto (NO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	350	500

Cd + TI	mg/Nm <sup>3</sup>	1	2
Hg	mg/Nm <sup>3</sup>	0,3	1
Somma 10 metalli	mg/Nm <sup>3</sup>	100	200
IPA	mg/Nm <sup>3</sup>	0,3	0,5
PCDD/PCDF	ng/Nm <sup>3</sup>	5	10
<sup>(1)</sup> (CMC) Carico Massimo Continuo			
<sup>(2)</sup> La temperatura fumi ingresso SDF può variare di ± 10°C rispetto alla T nominale			

Le condizioni di Design possono verificarsi come condizioni di sovraccarico ed avere una durata massima di 2 ore.

Tali dati sono stati utilizzati in fase di progettazione per il dimensionamento dell'Impianto e hanno costituito il riferimento su cui basare la messa a punto e la calibrazione dei parametri d'Impianto in fase di avviamento / commissioning.

Per l'abbattimento degli inquinanti sono previsti dei requisiti qualitativi ed i consumi garantiti dei reagenti utilizzati nel processo di trattamento dell'effluente gassoso.

#### Requisiti di processo della Calce idrata

La calce idrata (formula chimica: Ca(OH)<sub>2</sub>) viene iniettata a secco nel reattore dedicato, immediatamente a monte del Filtro a Maniche, tramite un lancia di iniezione reagenti, unitamente ai carboni attivi

Essa consente la rimozione dei gas acidi presenti nell'effluente gassoso dando luogo alle reazioni di deacidificazione che hanno inizio nel reattore e si completano sulla superficie delle maniche filtranti.

I requisiti minimi di purezza richiesti per la calce idrata sono riportati nel tabulato sottostante.

Tipo		Calce idrata
------	--	--------------

Numero CAS		1305-62-0
Formula chimica		Ca(OH) <sub>2</sub>
PM	g/mole	74
Purezza	%	95
Densità a mucchio	kg/m <sup>3</sup>	500 - 600
Superficie BET	m <sup>2</sup> /g	> 20
D90	mm	< 50
Umidità <sup>(1)</sup>	%	<1%
Temperatura combustione	di °C	N.A.

(1) considerata parte degli inerti

#### Requisiti di processo del Carbone attivo

Il carbone attivo viene iniettato nel rettore calce immediatamente a monte del Filtro a Maniche, tramite un lancia di iniezione reagenti, unitamente alla calce idrata. È prevista la possibilità di iniettare il carbone attivo anche nel reattore verticale dedicato alle reazioni con bicarbonato di sodio.

Il carbone attivo consente la rimozione dei metalli pesanti e dei micro-inquinanti organo clorurati presenti nell'effluente gassoso.

I requisiti minimi di purezza richiesti per il carbone attivo sono riportati nel tabulato sottostante.

Tipo		Carbone attivo
Numero CAS		7440-44-0
Formula chimica		C
PM	g/mole	12
Purezza	%	100 ca
Densità	kg/m <sup>3</sup>	490
Superficie BET	m <sup>2</sup> /g	> 900
D95	mm	< 100

Le informazioni di sicurezza relative all'utilizzo di questo tipo di prodotto compaiono nella scheda allegata di cui alla sezione

### Requisiti di processo del Bicarbonato di Sodio

Il bicarbonato di Sodio (formula chimica:  $\text{NaHCO}_3$ ) viene iniettato a secco nel reattore verticale dedicato, immediatamente a monte del Filtro a Maniche, tramite un lancia di iniezione reagenti

Essa consente la rimozione dei gas acidi presenti nell'effluente gassoso dando luogo alle reazioni di deacidificazione che hanno inizio nel reattore e si completano sulla superficie delle maniche filtranti.

I requisiti minimi di purezza richiesti per il bicarbonato di sodio sono riportati nel tabulato sottostante.

Tipo		Bicarbonato
Numero CAS		144-55-8
Formula chimica		$\text{NaHCO}_3$
PM	g/mole	84
pH (5g/100ml soluzione)		<8.6
Purezza	%	>98
Densità a mucchio	$\text{kg/m}^3$	800 - 1300
Densità specifica granuli	$\text{kg/m}^3$	2218
Granulometria prodotto tal quale		
D90	mm	<500
D10	mm	>160
Granulometria prodotto macinato		
D90	mm	< 35
D50	mm	< 20

Le informazioni di sicurezza relative all'utilizzo di questo tipo di prodotto compaiono nella scheda allegata di cui alla sezione

### Requisiti di processo dell'Ammoniaca

L'ammoniaca viene iniettata nel miscelatore immediatamente a monte del Reattore catalitico, tramite lance di iniezione.

L'ammoniaca consente l'ossidazione tramite reazione catalitica degli ossidi di azoto presenti nell'effluente gassoso.

I requisiti minimi di purezza richiesti per l'ammoniaca sono riportati nel tabulato sottostante.

Tipo		Ammoniaca
Numero CAS		1336-21-6
Formula chimica		NH <sub>3</sub>
PM (ammoniaca anidra)	g/mole	17
Titolo	%	> 24
Densità	kg/m <sup>3</sup>	890
Tensione di vapore a 20°C	Pa	48300
pH		13
Temperatura di ebollizione	°C	37
Temperatura di fusione	°C	-57

#### **5.1.1 Il sistema ABB**

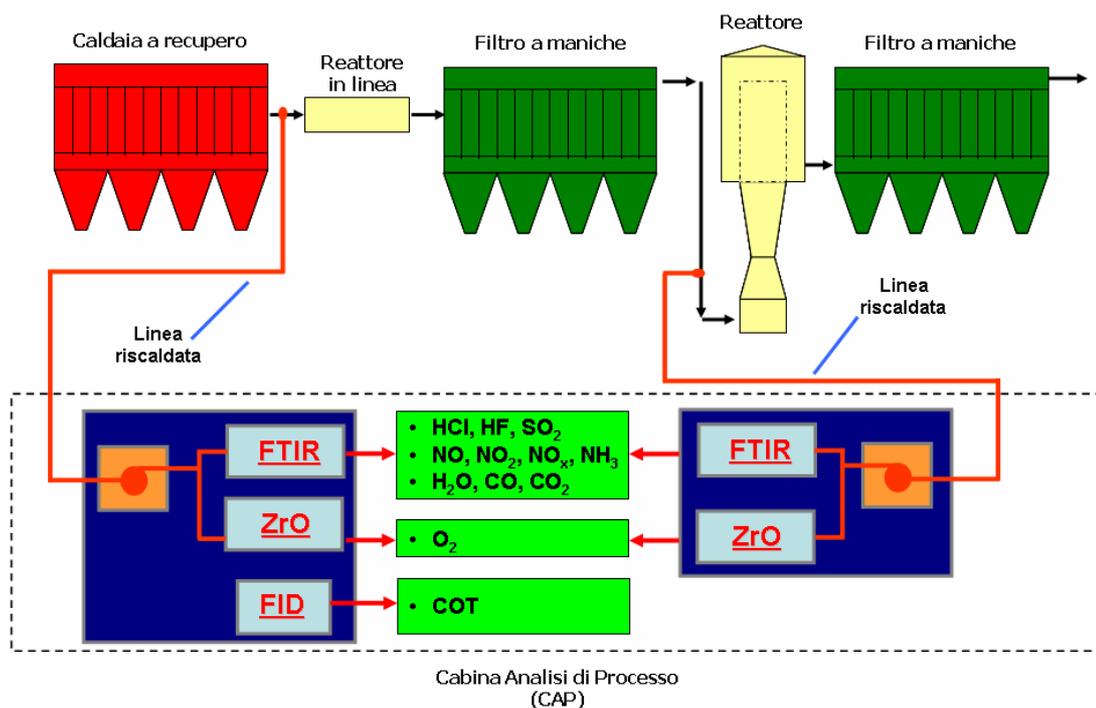
Per un corretto controllo del processo di depurazione, l'impianto è stato dotato di un sistema di monitoraggio (denominato SM), suddiviso in una parte di analisi di processo ed una di analisi al camino.

Il Sistema di Monitoraggio di Processo (denominato SMP) è in grado di analizzare, in modo continuo, i fumi

derivanti dalla combustione dei rifiuti nelle sezioni del processo di termovalorizzazione. I dati rilevati sono acquisiti dal DCS di impianto.

Il Sistema di Monitoraggio Emissioni (denominato SME) è in grado di analizzare in modo continuo al camino i fumi derivanti dall'intero processo di combustione dei rifiuti e depurazione dei fumi, per la verifica del rispetto dei parametri previsti dalla normativa vigente e richiesti a progetto. I dati rilevati sono acquisiti da un Sistema di Acquisizione Dati di Emissione (SADE) per la validazione e l'elaborazione.

### Sistema di Monitoraggio di Processo



Il SMP si compone della cabina analisi CAP e della strumentazione di analisi, per ciascuna linea di termovalorizzazione, che è di tipo estrattivo senza diluizione, in due diverse sezioni del processo.

Ciascuna sezione ha:

un unico punto di campionamento fumi per tutti gli analizzatori della sezione;

un'unica linea di trasporto dei fumi campionati, fino alla cabina analisi CAP;

analizzatori specifici per sezione, posti in cabina CAP.

I parametri rilevati vengono acquisiti dal DCS di impianto e sono utilizzati per la regolazione del processo di depurazione dei fumi.

*Prima sezione - Sistema di analisi fumi di processo in uscita dal GVG*

In questa sezione la fornitura comprende i seguenti elementi:

- a) Sistema di prelievo e trasporto fumi da analizzare, costituito da:
  - Sonda di prelievo, con filtro ceramico, riscaldata e termostata;
  - Linea di trasporto riscaldata e termostata.
- b) Analizzatore con tecnologia FTIR (Fourier Transformer Infra Red), installato in cabina CAP, completo di unità di controllo e gestione per la misura in continuo dei seguenti parametri: CO; CO<sub>2</sub>; HCl; HF; H<sub>2</sub>O; NH<sub>3</sub>; NO; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>.
- c) Analizzatore per la misura del O<sub>2</sub>, installato all'interno dell'armadio FTIR.
- d) Analizzatore per la misura del TOC, installato all'interno dell'armadio FTIR.
- e) Sistemi ausiliari e accessori.

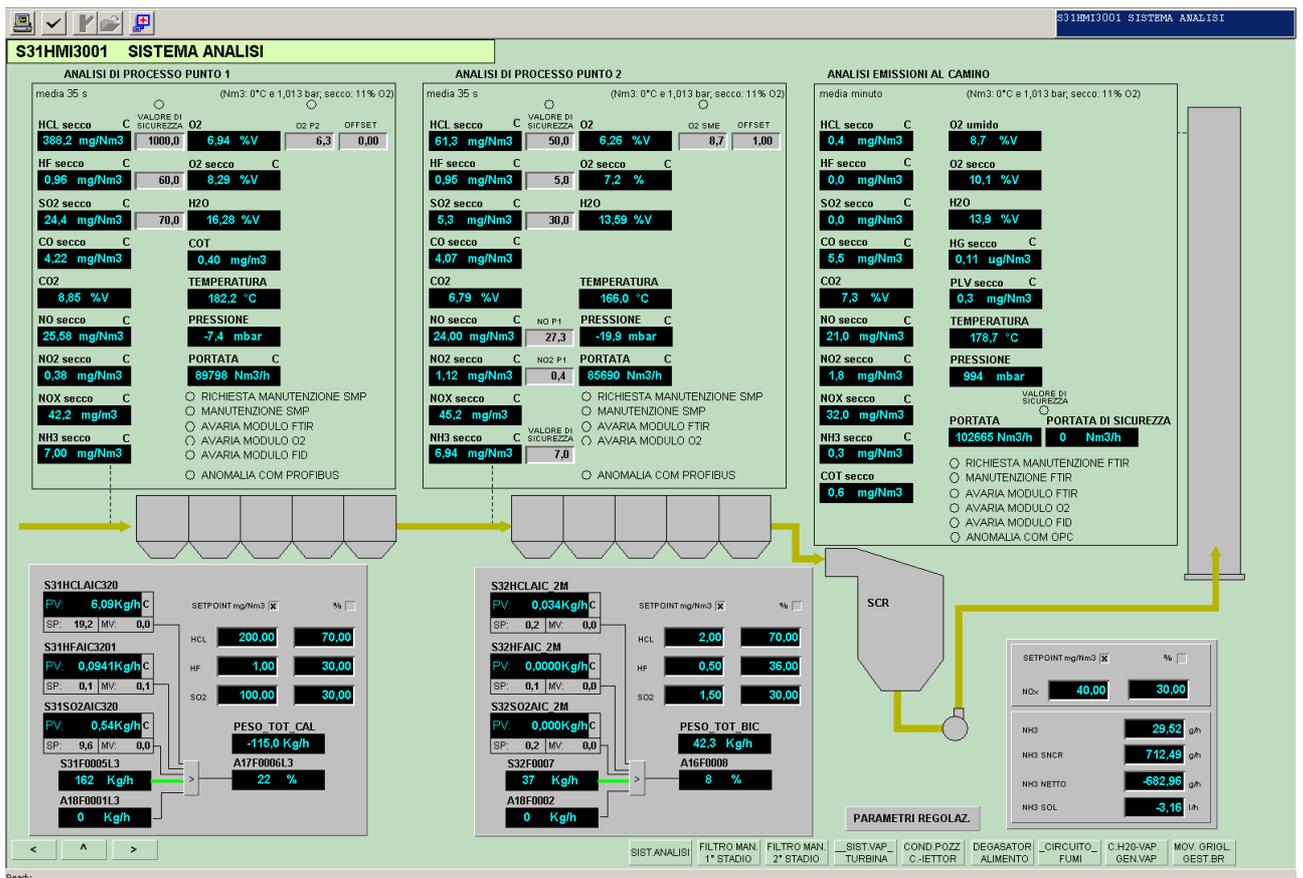
*Seconda sezione - Sistema di analisi fumi di processo in uscita dal 1° stadio di depurazione fumi*

In questa sezione la fornitura comprende i seguenti elementi:

- a) Sistema di prelievo e trasporto fumi da analizzare, costituito da:
  - Sonda di prelievo, con filtro ceramico, riscaldata e termostata;
  - Linea di trasporto riscaldata e termostata.

- b) Analizzatore con tecnologia FTIR (Fourier Transformer Infra Red), installato in apposita cabina CAP, completo di unità di controllo e gestione per la misura in continuo dei seguenti parametri: CO; CO<sub>2</sub>; HCl; HF; H<sub>2</sub>O; NH<sub>3</sub>; NO; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>.
- c) Analizzatore per la misura del O<sub>2</sub>, installato all'interno dell'armadio FTIR.
- d) Sistemi ausiliari e accessori.

Il dosaggio dei reagenti chimici necessari avviene sulla base delle analisi effettuate nei vari stadi dal sistema di monitoraggio delle emissioni ABB.



### Sistema di prelievo e trasporto dei fumi da analizzare

Il sistema di campionamento può essere così schematizzato:

- A. SONDA di Prelievo
- B. Tubo di prelievo
- C. Linea riscaldata
- D. Sistema di aspirazione SC\_Block
- E. Cella di Misura
- F. Sistema di campionamento Multi\_FID 14
- G. Termoregolatori

I fumi da analizzare sono prelevati dal condotto attraverso un sistema costituito da una sonda di prelievo e da una linea di trasporto, entrambe riscaldate e termostatate al fine di non alterare le condizioni dei fumi stessi.

Sistema di aspirazione SC\_Block, è il "cuore" del sistema di campionamento

\_ Il sistema è costituito da un pompa\_eiettore ad aria (1200/1500 l/h) termoregolato a 180°C

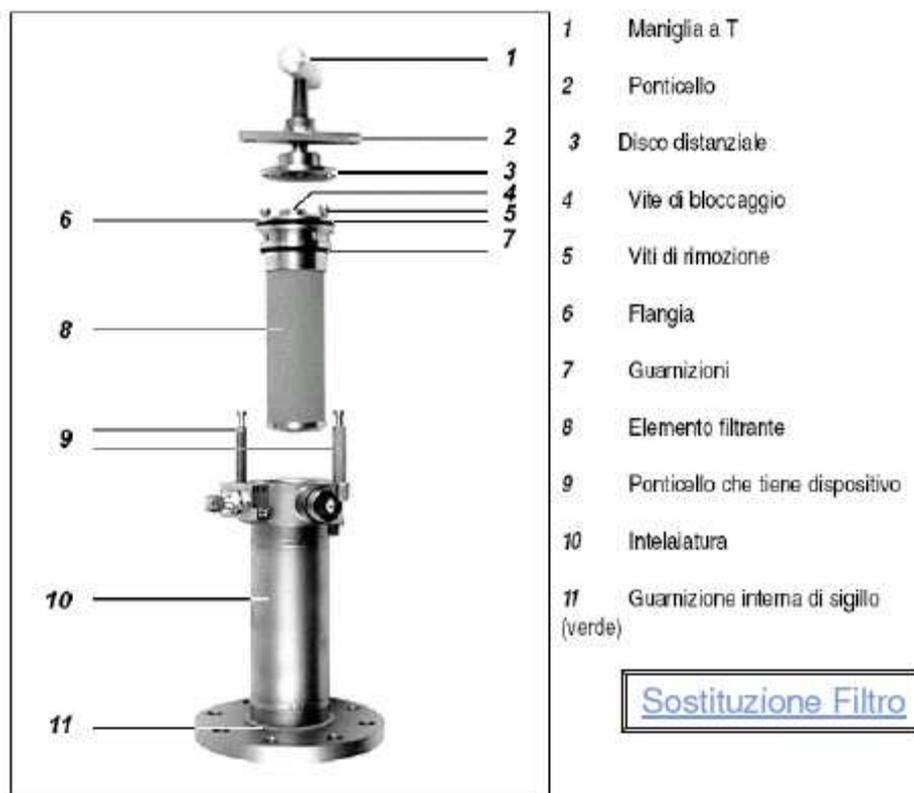
\_ E' presente un filtro in acciaio sinterizzato da 1 micron.

\_ Montato direttamente su SC\_Block è presente la sonda all'ossido di Zirconio per la misura di O<sub>2</sub>

Il filtro sinterizzato richiede periodicamente una pulizia che va dalla semplice soffiatura ad un lavaggio con "bagno ad ultrasuoni".

\_ Ogni qual volta viene pulito e/o sostituito il filtro dovranno essere sostituiti anche i relativi o-rings (P/N 990025)

La sonda di prelievo è isolata termicamente e mantenuta alla temperatura richiesta, tramite opportune resistenze elettriche, in qualsiasi condizione, anche in caso di fermo impianto



La linea di trasporto è costituita da una guaina esterna e da due o più tubazioni interne, per il trasporto dei fumi, per le prove di tenuta e per riserva. La guaina esterna assicura una protezione meccanica ed un isolamento termico adeguati (la temperatura all'esterno della guaina non deve superare i 50°C). Internamente alla guaina sono poste le resistenze elettriche, che assicurano sempre, anche in caso di fermo impianto, il mantenimento della temperatura richiesta, con una distribuzione del calore uniforme.

La sonda di prelievo e la linea di trasporto sono in grado di funzionare con una temperatura dei fumi fino a 250 °C. Inoltre sono predisposte per la verifica, in modo manuale, della tenuta del sistema da possibili infiltrazioni di aria dall'esterno e predisposte per la pulizia della linea e della sonda con aria compressa.

#### Sistema di analisi multiparametrico FTIR

La struttura generale del sistema è costituita da:

- \_ Sistema di condizionamento Campione
- \_ FTIR-Spettrometro
- \_ Moduli di Analisi aggiuntivi -Multi FID14, ZrO2-Probe-
- \_ Sistema di controllo (AO Syscon board)
- \_ I / O-Boards
- \_ FTIR-Controller (PC)

#### *Multi\_FID 14*

Il sistema di aspirazione del MultiFid 14 è gestito da un'elettronica indipendente dal sistema SC\_Block ed è costituito da una pompa-eiettore ad aria (consumo 1200/1500 l/h, portata 60 l/h) che aspira il campione direttamente da una derivazione de SC Block. Il gas mantenuto caldo attraverso il Sample Connection FID così aspirato viene miscelato con Idrogeno e Aria comburente per la misura (Ionizzazione di Fiamma) di COT.

Il sistema è fornito inoltre di un coppia di elettrovalvole per la calibrazione in automatico.

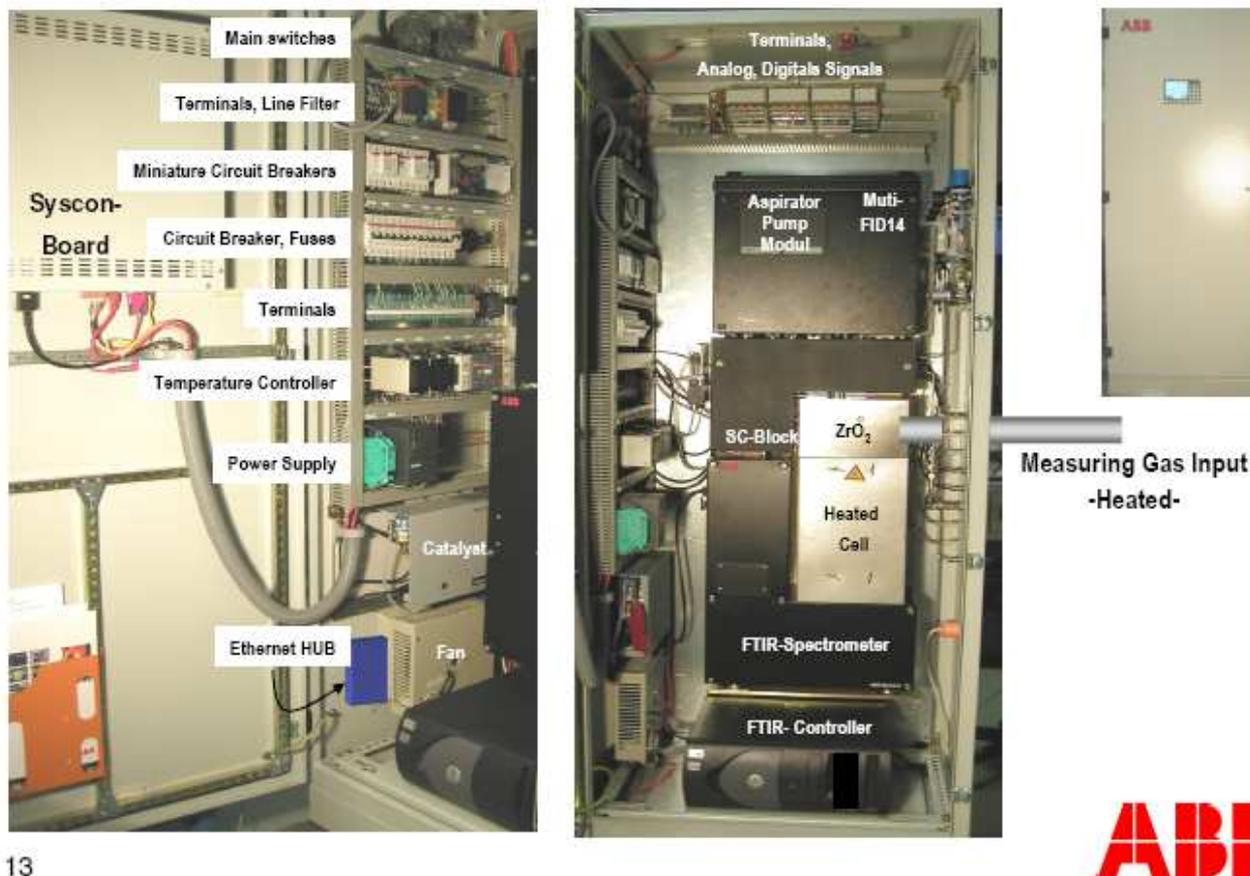
#### *FTIR Spettrometro*

L'analizzatore FTIR è costituito essenzialmente da 2 parti:

\_ Elettronica: comprende una scheda di controllo, un interferometro, una sorgente IR, un detector e una scheda di rete per l'interfacciamento. Il tutto rinchiuso in un case purgato con aria di zero.

\_ Cella di Misura: costituita da un banco ottico in cui la radiazione IR viene riflessa per un percorso totale di 6.4m. La cella è termoregolata a 180° C

Importante: il corretto funzionamento dello spettrometro è segnalato con led power acceso e led data lampeggiante.



13

Lo spettrofotometro multiparametrico ad infrarossi a trasformata di Fourier (FTIR) misura i seguenti parametri: CO; CO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>; NO; NO<sub>2</sub>; HCl; H<sub>2</sub>O; HF; NH<sub>3</sub>.

Lo spettrofotometro FTIR dispone di una camera di misura riscaldata, con percorso ottico a multiriflessione di adeguata lunghezza, al fine di ottimizzare il campo di misura, ed è in grado di eseguire in continuo e contemporaneamente le misure richieste.

Il PC di controllo esterno è comune per tutti gli FTIR presenti. In ogni caso eventuali indisponibilità del PC di controllo esterno non interferiscono con l'operatività degli analizzatori FTIR.

Gli FTIR sono predisposti per la taratura con bombole di calibrazione certificate. La verifica per l'autodiagnosi dello strumento avviene senza l'ausilio bombole di taratura, ma comparando le misure rilevate con un confronto fisso precedentemente memorizzato.

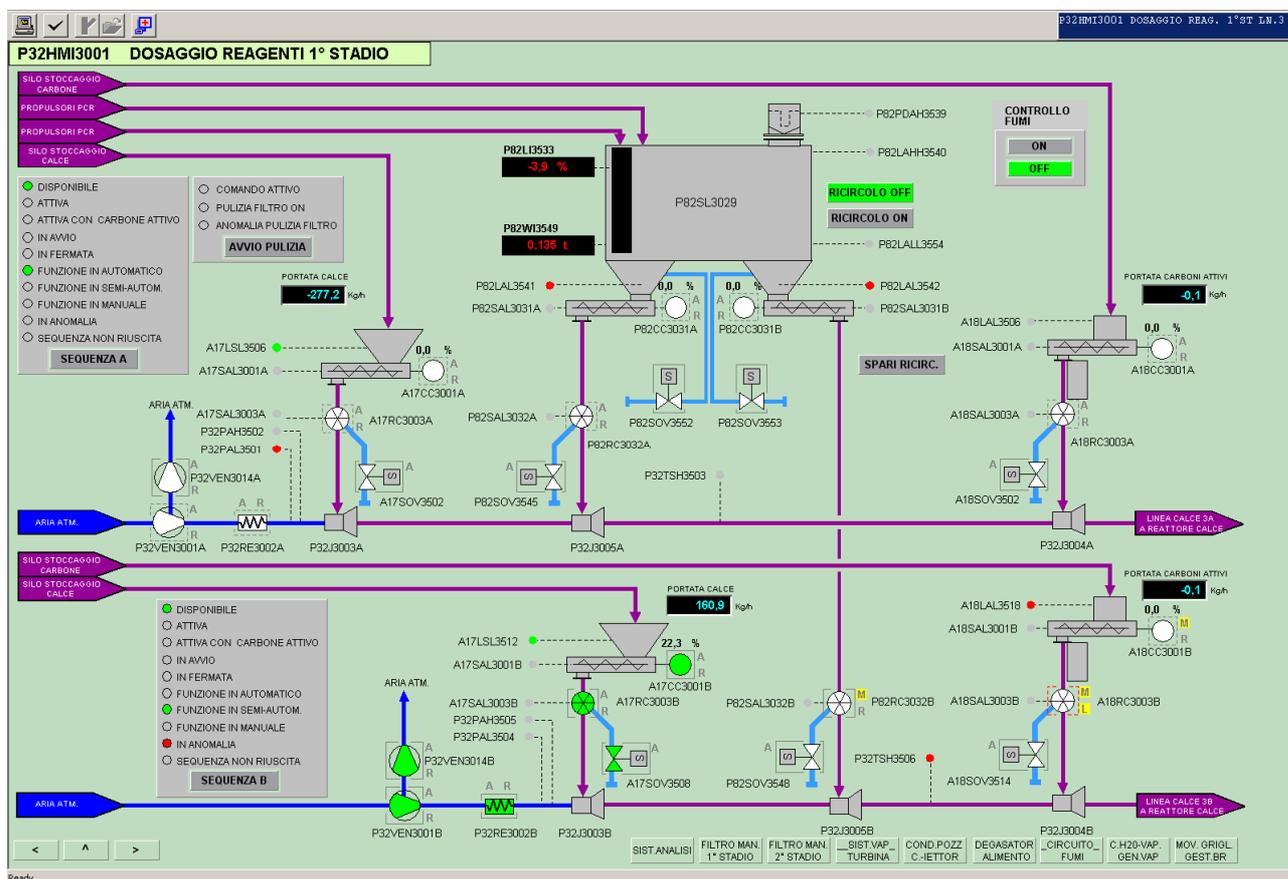
Per compensare eventuali sporcamenti e/o invecchiamenti della sorgente IR lo strumento verifica quotidianamente ed automaticamente lo zero con aria strumenti. Il sistema di Analisi è infatti predisposto per la calibrazione di Span/Zero automatica di O<sub>2</sub> e COT, mentre per le restanti misure, effettuate dallo spettrometro FTIR (es. CO, NO, SO<sub>2</sub> ecc) è prevista la sola calibrazione automatica di Zero ogni 12 ore, la calibrazione di span, prevista semestralmente, è a cura di personale specializzato ABB.

Tutti gli accessori in contatto con il gas campione da analizzare sono riscaldati per mantenere la temperatura di lavoro (con una variazione di +/- 0,5° C), con soglia di allarme per eventuali malfunzionamenti.

L'aria strumenti, trattata da un ulteriore sistema di purificazione di aria, idoneo per il funzionamento degli analizzatori è resa disponibile dall'impianto.

### 5.1.2 Il dosaggio dei reagenti

#### Dosaggio calce idrata



Il sistema di dosaggio calce è costituito, nei suoi elementi principali dalle seguenti apparecchiature:

- n° 2 coclee di dosaggio, una di riserva all'altra, che si occupano di dosare il reagente sulle linee di trasporto;
- n° 2 rotocelle di tenuta, per segregare la linea di dosaggio dalle coclee dosatrici.

Il materiale viene dosato alla linea di trasporto attraverso due rotocelle: il funzionamento di queste rotocelle è interbloccato con il funzionamento delle coclee relative.

Qualora si verificasse un'anomalia tale da comportare la non disponibilità di una qualunque delle due linee di dosaggio, questa verrà segnalata come "In Anomalia"

e potrà essere avviato il funzionamento dell'altra linea di trasporto. Verrà pertanto avviata automaticamente la coclea di dosaggio di riserva che, tramite i propri livelli, avvierà la rispettiva coclea estrattrice.

La regolazione della portata di calce da dosare avviene sulla base della misura delle concentrazioni di HCl e SO<sub>2</sub> e portata fumi in ingresso all'SDF e a camino; tale logica varia automaticamente la velocità di rotazione della coclea dosatrice. E' tuttavia possibile una regolazione manuale di tale velocità.

Il dosaggio è funzione delle concentrazioni in ingresso su cui viene calcolato; viene quindi utilizzata una retroazione delle concentrazioni rilevate a camino per correggere la portata dosata al fine di rientrare nei limiti fissati.

#### Dosaggio carbone attivo

Il sistema di dosaggio del carbone attivo è costituito nei suoi elementi principali dalle seguenti apparecchiature:

- n° 3 coclee di dosaggio (2 coclee per il dosaggio sulle linee di trasporto reagenti calce a e b, 1 coclea per il dosaggio sulle linee bicarbonato a e b);
- n° 4 rotocelle di tenuta, per segregare la linea di dosaggio dalle coclee dosatrici, asservite ognuna alle coclee sopra descritte.

Le coclee che dovranno dosare sulle linee calce saranno dedicate ciascuna ad una linea di dosaggio. La portata di carbone attivo da dosare, che dipende dalla velocità di rotazione della coclea dosatrice, è fissata a un valore di "set point" stabilito in fase di Commissioning. Nel caso in cui la regolazione della coclea dosatrice sia in automatico, la portata è dosata in funzione della portata fumi, regolando la

concentrazione desiderata. E' tuttavia possibile la regolazione manuale di tale velocità.

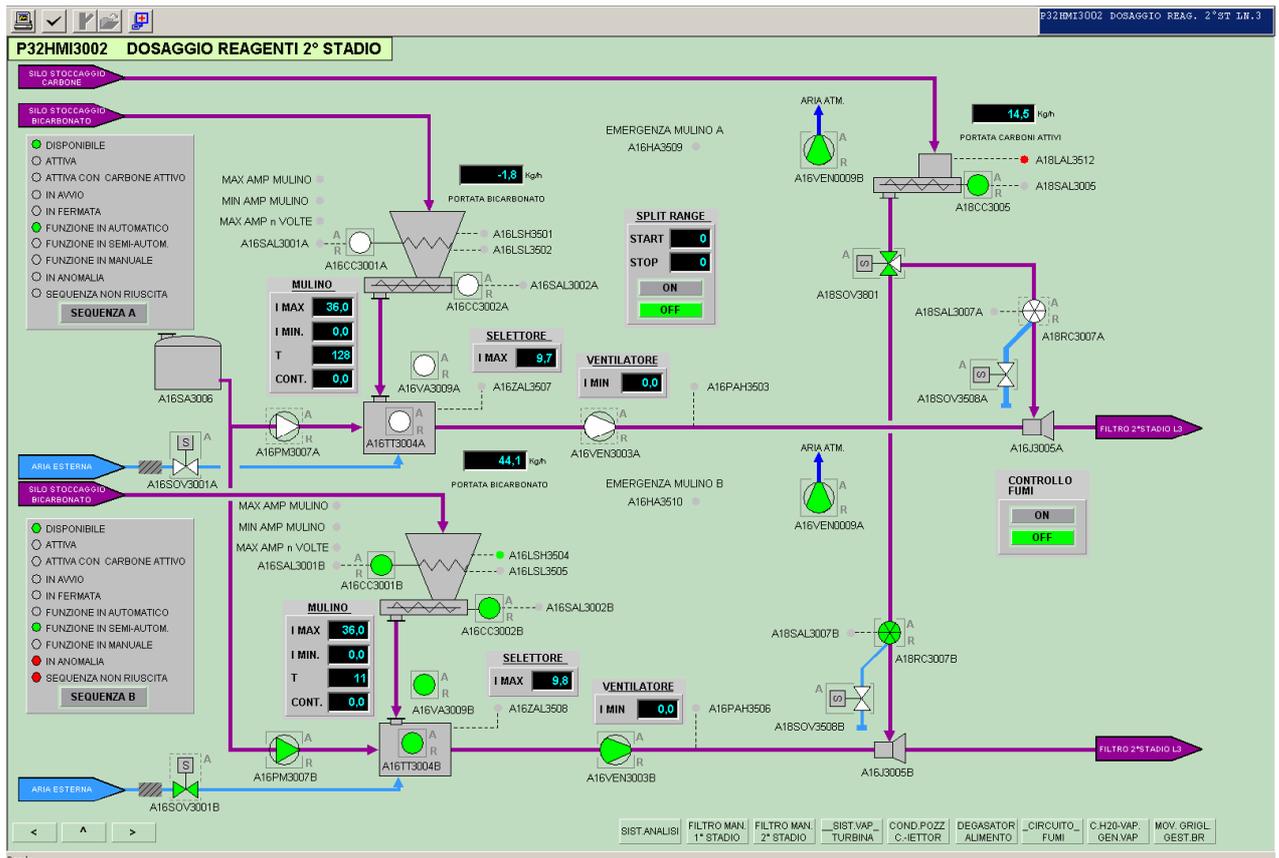
Le coclee che dovranno dosare sulle linee bicarbonato saranno una per ogni linea di trattamento: queste coclee serviranno sia la linea di dosaggio principale che la riserva attraverso un deviatore.

Onde evitare il pericolo di innesco di incendio è necessario controllare periodicamente ed eventualmente pulire le zone in prossimità del silo e del dosaggio carbone attivo.

### Dosaggio bicarbonato di sodio

Il sistema di macinazione e dosaggio del bicarbonato di sodio è costituito nei suoi elementi principali dalle seguenti apparecchiature:

- n°2 rotocelle di estrazione;
- n°2 coclee di dosaggio; le coclee sono dotate di tramogge onde avere un funzionamento di tipo continuo.



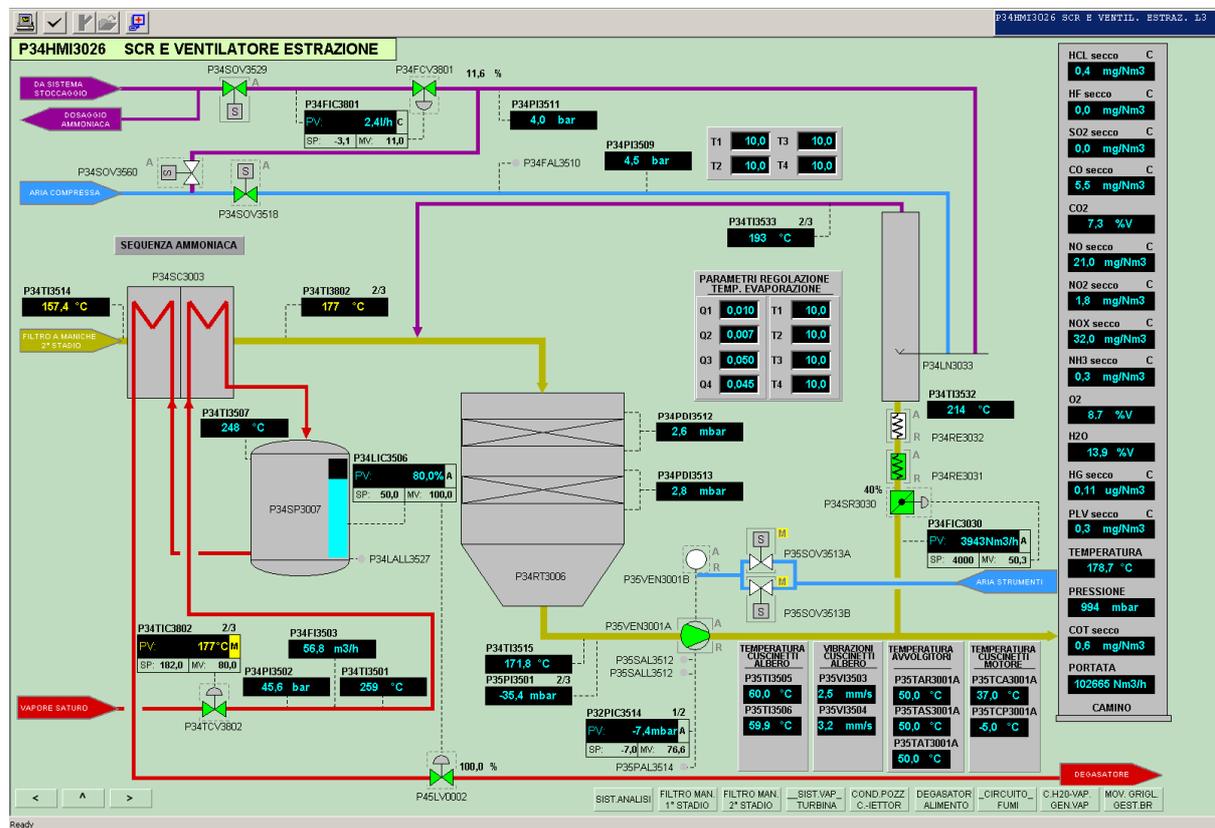
In normale funzionamento il reagente viene caricato alle tramogge asservite alle coclee di dosaggio attraverso il funzionamento delle rotocelle di carico. L'avviamento e lo spegnimento di queste rotocelle è comandato dai segnali di livello installati sulle tramogge delle coclee dosatrici.

La regolazione della portata di bicarbonato di sodio da dosare avviene sulla base:

- delle concentrazioni attese di HCl e SO<sub>2</sub> e della portata fumi in ingresso al secondo filtro a maniche
- della misura delle concentrazioni di HCl e SO<sub>2</sub> e portata fumi a camino.

Tale logica varia automaticamente la velocità di rotazione della coclea dosatrice. E' tuttavia possibile una regolazione manuale di tale velocità.

### Dosaggio ammoniaca



Il sistema di denitrificazione catalitica, è composto da:

- Sistema di iniezione della soluzione di ammoniaca, miscelatore statico (su lato fumi).

L'ammoniaca (soluzione acquosa al 24%) è iniettata direttamente nei fumi mediante ugelli di nebulizzazione bifasici ad aria compressa. A valle dell'iniezione dell'ammoniaca, è previsto un miscelatore statico, finalizzato a migliorare la dispersione dell'ammoniaca nei fumi.

La portata di soluzione di ammoniaca da dosare è regolata, mediante valvola regolatrice, sulla base:

della misura della concentrazione di NO<sub>x</sub> nei fumi in ingresso all'SDF, della portata dei fumi e del "set point", corrispondente alla concentrazione che si vuole ottenere a camino (calcolo della portata teorica di ammoniaca richiesta).

della misura della concentrazione di NO<sub>x</sub> a camino, rispetto al "set point" prefissato, (determina l'ulteriore apertura o chiusura della valvola regolatrice di portata).

Al camino verrà misurata anche la concentrazione di NH<sub>3</sub> residua: la misura dello slip del reagente verrà utilizzata per generare un soglia di allarme. Questo dato indicherà lo stato di efficienza del catalizzatore nonché la necessità di un'eventuale rigenerazione dei moduli che lo costituiscono.

- Reattore di denitrificazione catalitica SCR (Selective Catalytic Reduction - Riduzione Catalitica Selettiva).

Sono previsti due strati di catalizzatore (nonché la predisposizione per un terzo strato) del tipo a nido d'ape con temperatura di esercizio pari a 180°C e flusso dei fumi verticale discendente.

Pur essendo un reattore posizionato "tail end" con bassa probabilità di intasamento dei pori dovuto alla deposizione di polveri, viene tuttavia controllata la pressione differenziale a monte e a valle di ogni strato di catalizzatore. A valle del reattore è misurata la temperatura dei fumi per assicurare che, in fase di avviamento, la soluzione ammoniacale sia iniettata dopo che la temperatura dei fumi abbia raggiunto la temperatura di esercizio del catalizzatore (180°C).

A causa della bassa temperatura di esercizio, potrebbe avvenire la deposizione di ammonio bisolfato,  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ , sugli strati del catalizzatore, un sale che può formarsi a causa della presenza di  $\text{SO}_3$  nei fumi da trattare, reagendo con l'ammoniaca iniettata: in ogni caso i due stadi di assorbimento/filtrazione a monte dell'SCR consentono di limitare la concentrazione di SOX in ingresso al reattore stesso.

#### Consumo di reagenti chimici previsto

I reagenti chimici utilizzati nel processo di trattamento dell'effluente gassoso sono calce idrata, carboni attivi, bicarbonato di sodio e ammoniaca; per maggiori dettagli sull'utilizzo di tali reagenti nell'ambito del processo di depurazione applicato all'Impianto in oggetto.

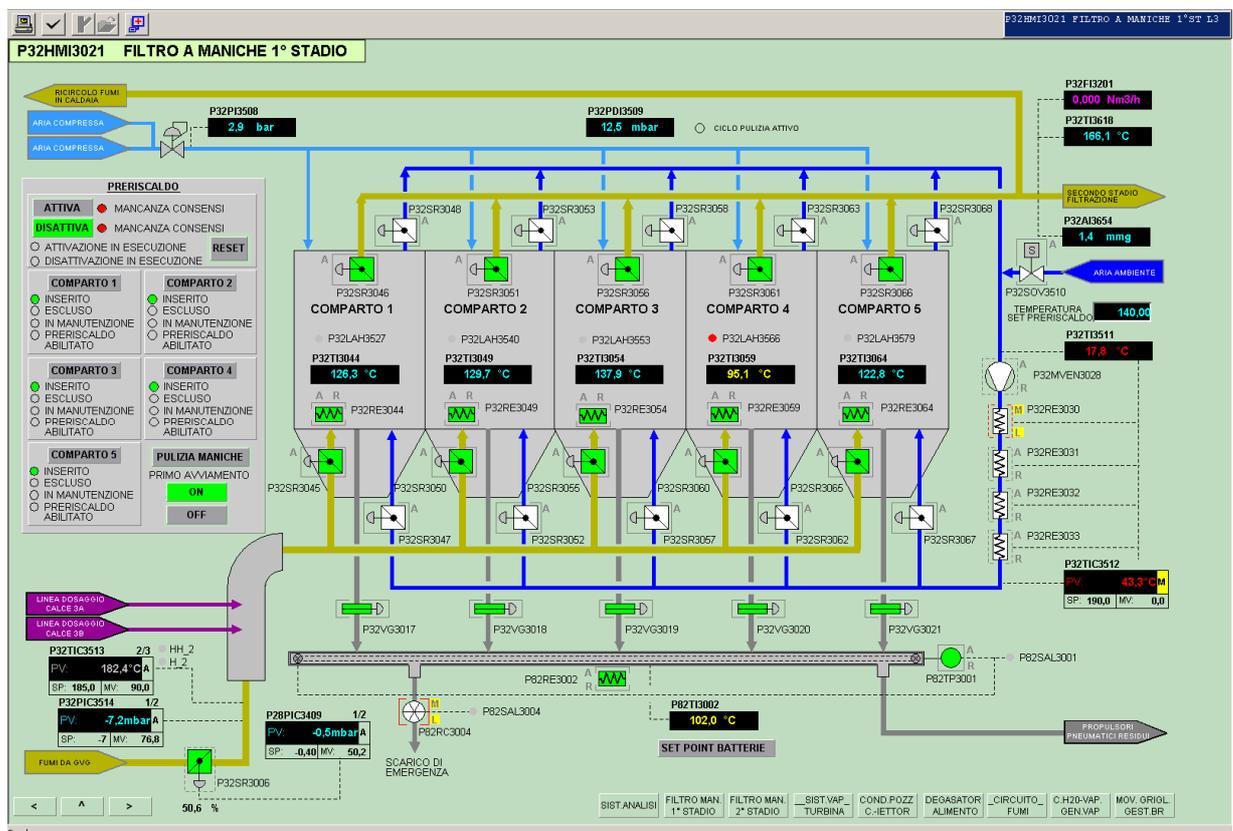
Nella tabella sottostante sono riportati i valori di consumo di riferimento e di picco per i diversi reagenti.

Descrizione	Valore di riferimento	Valore di picco
Calce - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , kg/h	260	1700
Carbone attivo, kg/h	16	20

Bicarbonato NaHCO <sub>3</sub> , kg/h	-	150	680
Ammoniaca al 25%, kg/h	- NH <sub>3</sub>	65	100

### 5.1.3 Stoccaggio, dosaggio e trasporto del prodotto finale

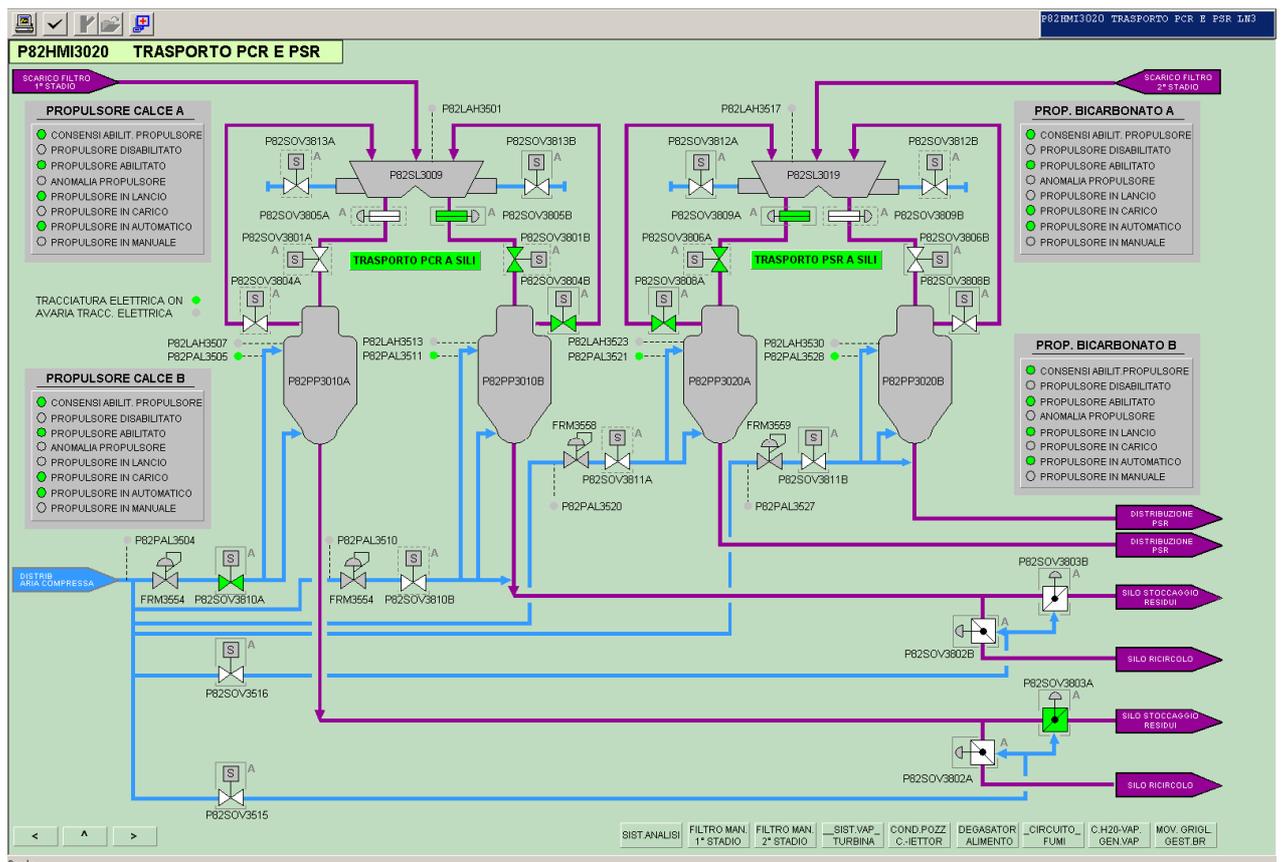
I gas di combustione, entrando nel filtro, si distribuiscono in modo uniforme ed investono le maniche attraversandole dall'esterno verso l'interno, depositando così sulle superfici esterne le impurità polveriformi ed i prodotti di reazione.



I prodotti trattenuti sulla superficie filtrante sono separati ed evacuati dal filtro a maniche, in quanto, il raggiungimento di una prestabilita differenza di pressione, tra monte e valle del filtro

a maniche, comanda una sequenza di pulizia tramite aria compressa, in controcorrente al flusso dei fumi di combustione. L'azione dell'aria compressa provoca la caduta dei prodotti, trattenuti dalle maniche, all'interno dell'involucro dell'apparecchio ove sono poste delle tramogge di raccolta, provviste di serrande di tenuta; tali tramogge alimentano dei trasportatori che convogliano i prodotti al rispettivo stoccaggio.

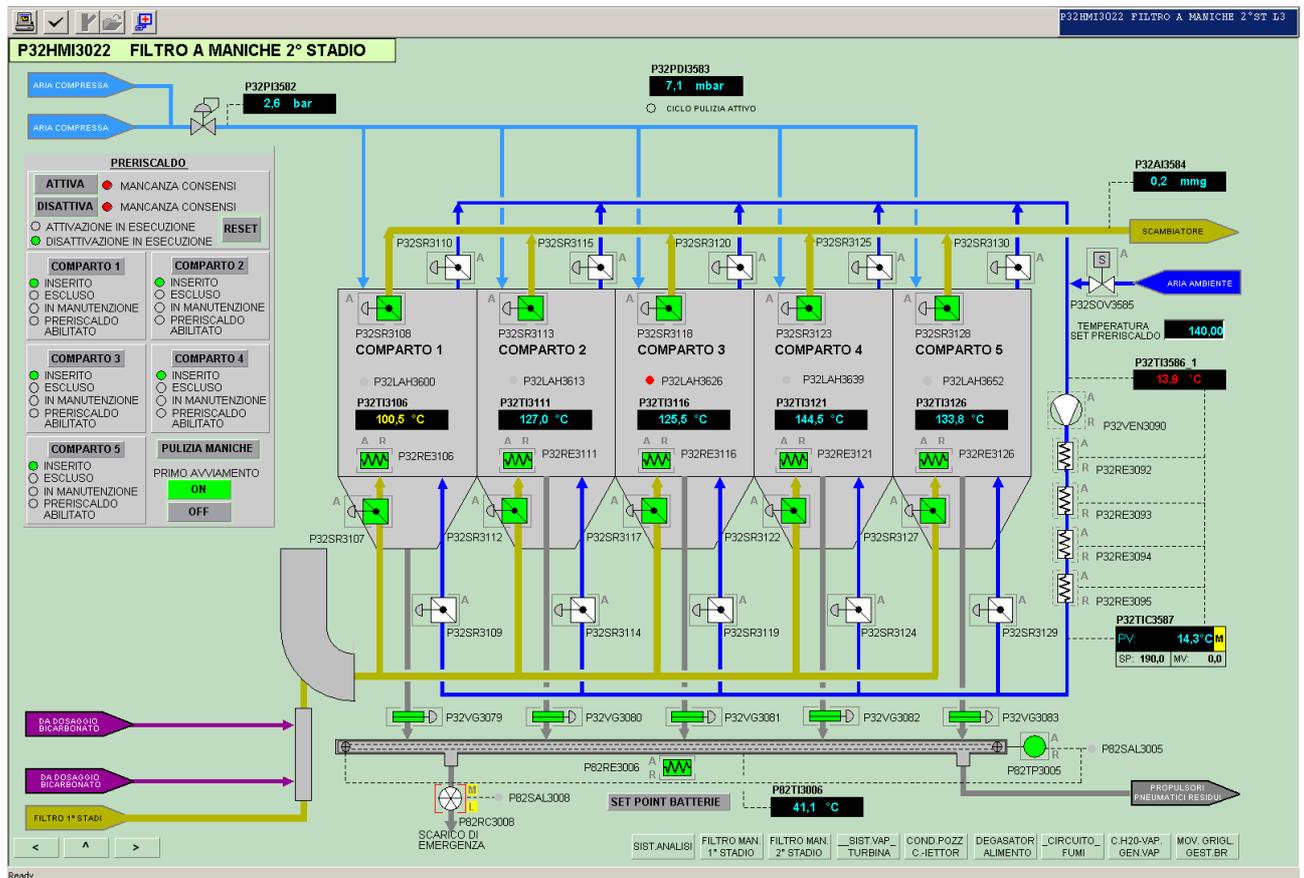
I prodotti separati dal primo stadio di depurazione sono costituiti essenzialmente da ceneri volanti, sali di calcio e carboni attivi esausti (PCR) che sono convogliati, insieme ai residui derivanti dalla caldaia, a 2 silos di stoccaggio da 80 m<sup>3</sup> ciascuno.



Un sistema di sicurezza, comandato da un trasmettitore di temperatura, che permette l'immissione di aria a monte del filtro per raffreddare il gas, per diluizione, in caso di superamento della temperatura massima di lavoro

prevista, consente anche la protezione del filtro a maniche.

I fumi, uscenti dal primo filtro a maniche, entrano in un reattore a secco nel quale è iniettato il bicarbonato di sodio allo scopo di completare le reazioni di neutralizzazione degli inquinanti acidi.



I fumi uscenti dal reattore secondario, entrano poi in un secondo filtro a maniche che permette la separazione dei prodotti di reazione. In questo caso i prodotti separati sono costituiti da sali di sodio (PSR) che sono convogliati ad un opportuno sistema di stoccaggio mediante dei trasportatori meccanici e pneumatici. I prodotti così ottenuti possono essere inviati al recupero mediante pretrattamento in impianti dedicati.

Ceneri residue e prodotti residui del primo stadio di filtrazione

I prodotti residui, separati dal primo stadio di filtrazione della depurazione fumi, sono essenzialmente costituiti da:

- ceneri volanti residue trascinate dai fumi uscenti dal generatore di vapore;
- prodotti di reazione ottenuti dalla reazione degli inquinanti con calce e carbone attivo che sono essenzialmente costituiti da sali di calcio e carboni attivi esausti (PCR).

Questi residui sono classificati, ai sensi del D.M 22 del 05/02/97, come rifiuti pericolosi e vengono quindi inviati allo smaltimento, eseguito in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente.

I residui in oggetto sono raccolti nelle tramogge di fondo della caldaia e nelle tramogge di raccolta del filtro a maniche del primo stadio di filtrazione della depurazione fumi.

Per le ceneri volanti si evidenziano le seguenti operazioni elementari:

- trasporto delle ceneri volanti dal generatore di vapore mediante trasportatori redler fino ad un serbatoio di stoccaggio polmone;
- trasporto dal serbatoio di stoccaggio polmone mediante coclea delle ceneri volanti fino ad un propulsore pneumatico. La coclea può scaricare sia su un propulsore pneumatico di riserva sia, in caso di emergenza, all'interno di un big-bag;
- trasporto pneumatico delle ceneri volanti fino ad uno dei due sili di stoccaggio.

Il trasporto dei residui del primo stadio di filtrazione è realizzato analogamente al trasporto delle ceneri volanti di caldaia.

Dai sili di stoccaggio le ceneri volanti e i PCR sono scaricati, per mezzo di opportuni dispositivi, in autocisterna e inviati ad impianto esterno per il loro smaltimento.

Il sistema è nel complesso costituito da:

- due sezioni di trasporto (una per le ceneri volanti di caldaia ed una per i residui del primo stadio di filtrazione) ciascuna di esse costituita da:
  - trasportatori meccanici;
  - sili di stoccaggio polmone;
  - trasportatore a coclea di caricamento dei propulsori;
- due linee di trasporto pneumatico (una di riserva) ciascuna delle quali costituita da:
  - ✓ propulsore pneumatico;
  - ✓ tubazioni di trasporto;
  - ✓ organi di distribuzione del materiale allo stoccaggio;

sezione di stoccaggio dei residui comune, costituita da due sili da 80 m<sup>3</sup>.

Prodotti residui del secondo stadio di filtrazione

I prodotti solidi del secondo stadio di filtrazione sono i residui derivanti dalle reazioni chimico-fisiche di neutralizzazione e di adsorbimento degli inquinanti con il bicarbonato e sono essenzialmente costituiti da sali di sodio; tali residui sono denominati prodotti sodici residui (PSR).

I PSR sono trasportati in sili di stoccaggio dai quali il residuo viene poi scaricato su autocisterna ed inviato all'impianto di recupero.

I PSR sono classificati, ai sensi del D.M 22 del 05/02/97, come rifiuti pericolosi. Il loro recupero, sebbene parziale, ha pertanto un elevato valore in campo ambientale, riducendo le quantità di tale materiale da inviare a discarica.

Il rendimento di recupero ottenibile è variabile in funzione della composizione dei residui a base sodica. In particolare è possibile avere rendimenti variabili da 85% fino a valori del 99%.

Il processo di trasporto dei PSR risulta uguale al processo di trasporto delle ceneri volanti e dei residui del primo stadio di filtrazione. Dai due sili di stoccaggio i PSR sono scaricati, per mezzo di opportuni dispositivi, in autocisterna e inviati all'impianto di recupero.

Il sistema in oggetto è quindi essenzialmente costituito da:

- trasportatori meccanici;
- sili di stoccaggio polmone;
- trasportatore a coclea di caricamento dei propulsori;

due linee di trasporto pneumatico (una di riserva) ciascuna delle quali costituita da:

- ✓ propulsore pneumatico;
- ✓ tubazioni di trasporto;
- ✓ organi di distribuzione del materiale allo stoccaggio.

sezione di stoccaggio costituita da due sili.

Si considerano di seguito più nel dettaglio i principali componenti del sistema di raccolta, stoccaggio e trasporto dei polverini.

*Trasportatori meccanici*

I trasportatori meccanici in oggetto sono essenzialmente di due tipi:

- trasportatori redler a catena raschiante;
- trasportatori a coclea.

I trasportatori redler a catena raschiante possono avere le seguenti configurazioni geometriche:

- orizzontale;
- inclinata;
- orizzontale/inclinata.

Per i trasportatori a configurazione orizzontale/inclinata, le eventuali curve di raccordo fra tratti orizzontali e tratti inclinati, sono dotate di una portella di ispezione.

#### *Sili polmone*

I sili polmone hanno capacità pari a 10 m<sup>3</sup>. Sono costruiti con lamiera in AISI 304 con opportuni rinforzi e nervature e di spessore adeguato.

La parte terminale dei sili è conformata a becco di flauto.

Allo scopo di evitare fenomeni di impaccamento del materiale la tramoggia è fluidificata con aria compressa, tracciata elettricamente e coibentata esternamente.

Ciascuno dei sili è dotato di un dispositivo di sfiato con filtro a maniche per evitare la fuoriuscita di polveri all'esterno.

#### *Linee di trasporto*

Le tubazioni di trasporto presentano un'elevata resistenza all'abrasione. Il materiale impiegato per le tubazione è di tipo AISI 304.

Il tracciato delle tubazioni, presenta un'inclinazione di almeno  $6^\circ$  sull'orizzontale, con curve di largo raggio al fine di evitare l'usura per abrasione.

Ogni linea di trasporto è completa di supporti e dotata di un distributore, che permette di inviare il materiale nei due silos di stoccaggio corrispondenti. Il distributore consente, attraverso un comando, di scegliere il silos in cui si intende convogliare le polveri della linea.

Attivatori di linea completi di valvole di regolazione del flusso sono previsti allo scopo di eseguire la fluidificazione delle linee.

L'aria compressa, infine, è distribuita con tubazioni in acciaio zincato.

#### *Sili di stoccaggio*

Ciascun silos di stoccaggio dei residui della depurazione fumi ha capacità pari a  $80 \text{ m}^3$ .

I silos sono realizzati con virole flangiate in AISI 304, con opportuni rinforzi e nervature.

Allo scopo di evitare impaccamenti del materiale sono utilizzati i seguenti accorgimenti:

- parte terminale conformata a becco di flauto;
- fondo del tipo vibrante per favorire il deflusso delle polveri da scaricare;
- sistema di fluidificazione ad aria compressa;
- tramoggia del silos tracciata elettricamente e coibentata esternamente.

Il fondo vibrante è realizzato con controcono interno, azionato da due motovibratori a masse eccentriche regolabili. La connessione con il silos avviene con materiale flessibile, mentre la sospensione dello stesso è costituita da tiranti regolabili.

Ciascun silos è dotato di un dispositivo di sfiato con filtro a maniche (superficie minima di 20 m<sup>2</sup>) per evitare la fuoriuscita di polveri all'esterno, aspiratore e valvola di sicurezza. Le maniche del filtro sono in teflon, con membrana superficiale in gore-tex. Per evitare dispersioni di polvere nell'ambiente l'uscita dell'aspiratore è collegata con il sistema di depurazione fumi; non si hanno pertanto in corrispondenza dei sili punti di emissione diretta in atmosfera.

Ciascun silos è completo di scala di accesso al tetto con gabbia di protezione e ballatoio intermedio rompitratta. È inoltre previsto un parapetto circolare regolamentare di protezione della zona del tetto.

#### *Scaricatori telescopici*

Lo scarico del materiale sugli automezzi avviene tramite degli scaricatori telescopici installati sulla parte inferiore dei sili di stoccaggio.

#### Produzione attesa:

La tabella seguente riporta la produzione attesa dei composti di risulta:

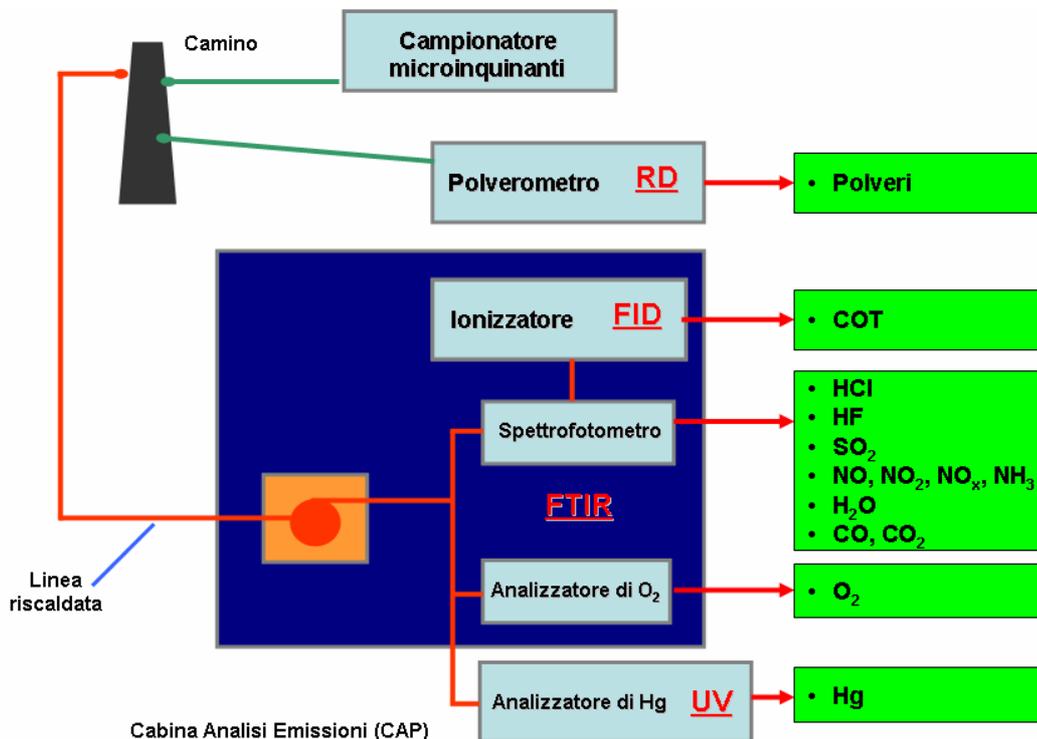
Descrizione	Valore di riferimento	Valore di picco
Prodotti calcici residui (PCR), kg/h	720	3100
Prodotti sodici residui (PSR), kg/h	110	500
Portata ceneri volanti	350	350

di caldaia (CV), kg/h

#### 5.1.4 Il sistema monitoraggio emissioni al camino

Il sistema installato al camino comprende la Cabina Analisi Emissioni (CAE) e tutta la strumentazione necessaria per eseguire le analisi nei punti indicati nello schema seguente.

Lo SME si compone di strumentazione di misura al camino, di linee di campionamento dei fumi dal camino alla cabina analisi, analizzatori dei fumi campionati in cabina analisi e di un Sistema per l'Acquisizione, la Validazione e l'Elaborazione (SADE) dei dati rilevati.



La strumentazione al camino rileva, in modo continuo, i dati relativi allo stato dei fumi di combustione, quali temperatura, pressione assoluta e portata. Inoltre, sempre al camino, è installata la

strumentazione in continuo per l'analisi in situ delle polveri presenti nei fumi.

L'analisi degli altri parametri oggetto di controllo è di tipo estrattivo senza diluizione ed effettuata da analizzatori posti all'interno della cabina analisi. Il SME ha un unico punto di prelievo dei fumi al camino per l'analisi di tutti i componenti gassosi ed una unica linea di adduzione fumi agli analizzatori posti in cabina analisi.

Il SADE è costituito da due Personal Computer in grado di acquisire le misure dei parametri rilevati da tutta la strumentazione installata, elaborare i dati acquisiti, archivarli e renderli disponibili, sia in forma tabellare sia in forma grafica. Inoltre il SADE evidenzia, con allarmi sonori e visivi, eventuali superamenti delle soglie impostate, eventualmente modificabili dall'utente.

Sono presenti i seguenti sistemi ed analizzatori dei fumi di combustione:

- a) Strumentazione per la misura diretta al camino dei seguenti parametri:
  - Portata;
  - Temperatura;
  - Pressione assoluta;
  - Polveri.
- b) Sistema di prelievo e trasporto fumi da analizzare, costituito da:
  - Sonda di prelievo, con filtro ceramico, riscaldata e termostata;
  - Linea di trasporto riscaldata e termostata.
- c) Due analizzatori con tecnologia FTIR (Fourier Transformer Infra Red), uno di scorta all'altro, installati in apposita cabina CAE, completi di unità di controllo e gestione per la misura in continuo dei seguenti parametri: CO; CO<sub>2</sub>; HCl; HF; H<sub>2</sub>O; NH<sub>3</sub>; NO; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>.

- d) Analizzatore per la misura del O<sub>2</sub>, installato in cabina CAE.
- e) Analizzatore per la misura del TOC, installato in cabina CAE.
- f) Analizzatore per la misura del Mercurio (Hg) modello HM1400TR, installato in cabina CAE.
- g) Sistema di campionamento automatico in continuo dei fumi per l'analisi dei microinquinanti, sonde di campionamento raffreddate installate sui camini delle linee 2 e 3 ed unità centrale di controllo dei campionamenti comune alle due linee, quest'ultima installata in cabina CAE.
- h) Sistema di acquisizione, validazione ed elaborazione (SADE) dei dati di emissione analizzati.
- i) Sistemi ausiliari e accessori.

La cabina CAE è posizionata in quota, in prossimità dei punti di prelievo al camino, ed è climatizzata, ad una temperatura compresa tra i 20 e i 27 °C, per garantire il corretto funzionamento delle apparecchiature in essa installate.

Gli analizzatori sono idonei ad un uso continuativo nelle condizioni di installazione.

Nella tabella sono riportate le caratteristiche tecniche ed i principi di misura della strumentazione costituente il sistema analisi principale.

Parametro	Analizzatore		Produttore	Principio di misura	Range di misura	
HCl	ACF-NT di ABB	FTIR modello MB 9200	ABB	FTIR	0-90	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>					0-300	mg/Nm <sup>3</sup>
CO					0-300	mg/Nm <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>					0-20	% (v/v)
NO					0-400	mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>					0-40	mg/Nm <sup>3</sup>
HF					0-15	mg/Nm <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O					0-40	%

O <sub>2</sub>		modello RGM 11	ABB	Ossido di Zirconio	0-25	% (v/v)
COT		modello MULTIFID	ABB	FID	0-30	mg/Nm <sup>3</sup>
Portata fumi (sensore)	modello DFL 100		Durag	Annubar	0 - 200.000	Pa <sup>3</sup> /h
Portata fumi (trasmettitore)	modello ASA800		ABB	Trasmettitore di pressione differenziale	---	
Pressione fumi	ASD800 SMART		ABB - H&B	Sensore per la misura della	---	Mbar
Temperatura fumi	Sensore Pt100 modello TR		H&B	Termoresistenza Pt100	---	°C
Polveri	DR 300-40		Durag	Diffrazione luminosa	0 - 100	%Est

Nel punto di prelievo i fumi sono caratterizzati da polverosità bassa e bassa concentrazione di acidi. Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche chimico-fisiche tipiche dei fumi riscontrabili al camino degli impianti di termovalorizzazione rifiuti.

Parametri da analizzare	Condizioni al camino	Unità di misura
Temperatura	150÷180	°C
Portata	50.000÷130.000	Nm <sup>3</sup> /h
Velocità	<25	m/s
Pressione	2÷10	mbar
Polveri	<2	mg/Nm <sup>3</sup>
TOC	1÷5	mg/Nm <sup>3</sup>
HF	<0,2	mg/Nm <sup>3</sup>
HCl	2÷5	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	1÷5	mg/Nm <sup>3</sup>
CO	10÷20	mg/Nm <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	6÷8	% Volume
NO	20÷40	mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	1÷5	mg/Nm <sup>3</sup>
O <sub>2</sub>	10÷13	% Volume

Parametri da analizzare	Condizioni al camino	Unità di misura
H <sub>2</sub> O	10÷18	% Volume
NH <sub>3</sub>	2÷10	mg/Nm <sup>3</sup>
Hg	<0,02	mg/Nm <sup>3</sup>
PCDD + PCDF	<0,05	ng/Nm <sup>3</sup>

## 5.2 Risultati ottenuti

L'impianto è stato avviato a metano il 23 luglio 2008 e a rifiuto il 6 agosto 2008, le ore di funzionamento da allora sono circa 8200, vi sono stati fermi impianto per manutenzioni straordinarie, ma la vera fermata programmata è stata effettuata a settembre 2009 dopo più di anno di marcia dell'impianto.

La visita preliminare prima dell'inizio delle attività manutentive programmate ha dimostrato un ottimo stato dell'impianto.

Le prestazioni dell'impianto verificate in quest'anno di marcia sono state corrispondenti alle aspettative, si riporta di seguito un elenco di alcuni parametri caratteristici dalla messa a regime dello stesso:

TESI DI LAUREA SPECIALISTICA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER  
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

IL NUOVO TERMOVALORIZZATORE DI FORLI': IL SISTEMA DI TRATTAMENTO FUMI

Pagina 93 di 100

DATI RIASSUNTIVI FUNZIONAMENTO A REGIME IMPIANTO:

mese ==>	u.m.	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	totali
Ore funzionamento forno	ore	520,50	672,00	708,30	703,50	744,00	677,50	710,00	737,50	5473,3
Ore funzionamento parallelo	ore	501,60	670,00	715,30	699,00	744,00	677,50	699,50	744,00	5450,9
totale incenerito	ton	9.173,20	12.119,47	11.577,63	11.855,06	12.321,33	10.648,90	11.067,51	11.404,64	90167,74
sovvallo secco preselezione	ton	4.009,77	7.662,41	6.189,84	8.300,91	5.742,10	4.923,89	5.371,65	5.916,34	48116,91
Energia ceduta	MWh	3.260,33	5.206,21	5.887,53	5.989,30	5.998,18	5.497,10	5.230,70	5.219,93	42289,28
Energia prodotta	MWh	4.728,72	6.545,52	6.991,68	7.158,72	7.215,84	6.625,20	6.408,96	6.501,60	52176,24
Energia acquistata	MWh	345,35	86,84	99,91	97,07	85,02	131,85	159,28	101,29	1106,61
Energia autoconsumata	MWh	1.037,88	1.017,48	1.089,12	1.149,00	1.179,72	1.137,12	1.202,52	1.247,40	9060,24
Metano da correttore	Smc	30479	7060	9076	11932	5819	1797	12363	21676	100202
Acqua acquedotto	mc	2.075	3.303	2.448	1.831	2.242	2.376	3.112	2.461	19848
Reduktan 25 (Ammoniaca)	kg	36020	25870	26240	51170	52550	26220	26080	29670	27382
Bicarbonato di sodio	kg		51380	59460	59280	55370	29090	29940	17930	302450
Calce idrata ventilata	kg	80880	79070	109850	122930	100310	103540	184750	111140	892470
carbone attivo norit	kg		10160	8900	8960	10090	10140	9570	0	57820
Scorie	ton	824,74	2.829,96	2.602,36	2.876,40	2.474,92	2.473,00	2.269,00	2.442,18	18792,56
PCR	ton	369,69	476,57	429,84	444,90	477,56	388,00	460,00	364,69	3411,25
PSR	ton	16,50	30,00	42,32	51,97	9,32	23,36	18,12		191,59
soluzione acquose di lavaggio	ton	181,29	23,52	196,57	228,00	210,64	178,43	175,86		1194,31
sovvallo impianto di preselezione (sovvallo umido)	ton	410,14	669,12	856,32	1.114,53	1.039,15	1.276,69	1.099,64	1.216,80	7682,39

In particolare analizzando l'andamento dell'impianto considerandolo come una scatola chiusa si evidenzia che:

Parametro IN	U.M	Media	Progetto Esecutivo
• Incenerito totale annuo	t	90167	130000
• Potere calorifico medio del rifiuto	kcal/kg	2.200	2.500
• Consumo reagenti: calce idrata.	t/h	0,16	0,29
• Consumo reagenti: bicarbonato di sodio	t/h	0,06	0,14
• Consumo reagenti: carbone attivo	t/h	0,010	0,016
• Consumo reagenti: ammoniaca	t/h	0,05	0,06
• Consumo gas naturale	Sm <sup>3</sup> /h	18,3	-

Parametro OUT	U.M	Media	Progetto Esecutivo
• Produzione rifiuti: PSR	t/h	0,04	0,10
• Produzione rifiuti: PCR	t/h	0,62	1,08
• Produzione rifiuti: scorie	t/h	3,43	4,88
Produzione rifiuti: vasche chiuse	t/h	0,22	-

In particolare riferendo i dati ottenuti alla quantità di rifiuto incenerito si ha:

Parametro IN	U.M	Media	Progetto Esecutivo
• Scorie	kg/tRSU	208	305
• Residui della depurazione fumi	kg/tRSU	39,9	73
• Consumo reagenti: calce idrata	kg/tRSU	9,89	15
• Consumo reagenti: bicarbonato di sodio	kg/tRSU	3,35	5
• Consumo reagenti: carbone attivo	kg/tRSU	0,6	1
• Consumo reagenti: ammoniaca	kg/tRSU	3,04	3,7

L'impianto ha avuto quindi complessivamente un andamento che ha rispettato le attese, anzi le prestazioni in quanto a consumi e conseguente produzione rifiuti sono state migliori delle aspettative.

Dall'analisi sviluppata emerge quindi che il consumo dei reagenti è stato minore alle aspettative offrendo comunque delle prestazioni ottimali dell'impianto.

Nella seguente tabella sono riportati i valori misurati per i macroinquinanti.

			<b>Valore limite</b>	<b>Valore rilevato</b>
Polvere	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	2	0.5
Acido Cloridrico (HCl)	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	5	1.4
Acido Fluoridrico (HF)	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	0,1	0.0
Anidride Solforosa (SO <sub>2</sub> )	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	5	0.1
Ossidi di Azoto (NO <sub>x</sub> )	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	50	37.6
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	5	0.6
COT	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	1,5	0.3
CO	Media annuale	mg/Nm <sup>3</sup>	15	8.6

Il valore medio annuale fino ad ora calcolato da SME è stato confrontato con il valore limite.

Inoltre l'impianto ha un rendimento ( $\eta=0,225$ ) corrispondente a quello atteso.

## CAPITOLO 6

### Conclusioni

Come sinteticamente esposto nell'introduzione, obiettivo di questa tesi era valutare da un punto di vista ambientale l'utilizzo di un metodo di smaltimento rifiuti particolare . "il termovalorizzatore.

La fortuna ha voluto che io abbia potuto assistere nel corso della mia esperienza lavorativa presso HERA sia alla fase preliminare di avvio dell'impianto sia alla fase successiva di messa a regime e da ultimo anche alla sosta tecnica dello stesso dopo un anno di attività .

La circostanza particolarmente favorevole mi ha permesso di non focalizzarmi solo sui dati emersi da questo utilizzo ma anche sulla progettazione e creazione di un impianto di questi tipo.

Si è infatti tentato di presentare in questo elaborato:

- nella prima parte di stesura della tesi le principali normative di riferimento alle quali tali impianti devono sottostare, toccando gli elementi salienti inerenti alle emissioni
- per poi passare alla presentazione degli elementi d'impianto che grazie alla disponibilità di HERA ho potuto essere presente e conoscere e ho così potuto dedicare all'impianto la parte centrale del mio elaborato
- e nel capitolo successivo al funzionamento macroscopico dell'impianto stesso
- per giungere infine alla trattazione analitica delle parti di impianto inerenti al sistema depurazione fumi, mostrando anche le pagine grafiche della strumentazione a DCS

che permette la loro regolazione, osservazione e utilizzo il tutto per poter giungere da ultimo all'esame dei risultati concreti ottenuti dall'utilizzo di questo tipo di impianto.

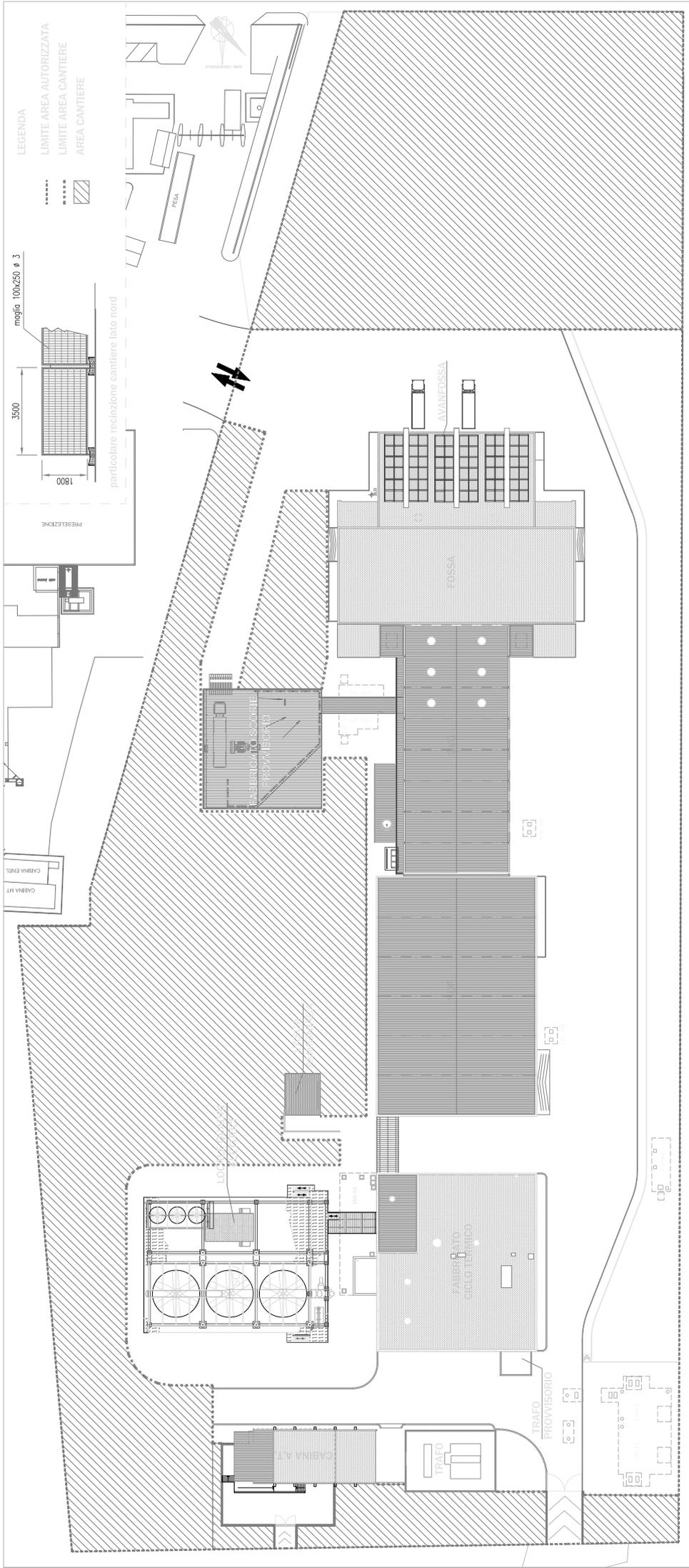
Alla luce di tutto posso così ritenere che dall'analisi sviluppata e dai risultati emersi dal sopralluogo dell'impianto a un anno dall'accensione si può apprezzare la bontà dell'opera.

In particolare sia dal punto di vista gestionale, infatti come è emerso i consumi dei reagenti e la conseguente produzione di rifiuti sono minori rispetto alle aspettative, con un rendimento di impianto corrispondente a quanto previsto da progetto, sia dal suo impatto ambientale per quanto riguarda le emissioni che sono sempre rientrate ampiamente nei limiti dell'autorizzazione ed inoltre l'impiego dell'energia termica prodotta che è attualmente utilizzata per soddisfare le richieste da parte dell'impianto e delle utilities ad esso asservite, ma in una seconda fase il progetto contempla la realizzazione di uno scambiatore a cui si prevede di connettere una rete di teleriscaldamento.

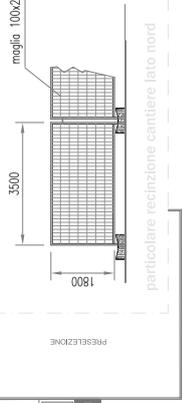
## CAPITOLO 7

Allegato:

planimetria generale impianto



mezzo 100x250 Ø 3



LEGENDA

- ..... LIMITE AREA AUTORIZZATA
- LIMITE AREA CANTIERE
- ////// AREA CANTIERE

## BIBLIOGRAFIA

Si è riportato di seguito l'elenco dei documenti utilizzati per la redazione della tesi:

- INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA redatto da Hera
- MANUALE OPERATIVO SISTEMA DEPURAZIONE FUMI redatto da Alstom
- DOCUMENTO TECNICO DI PRESENTAZIONE TERZA LINEA redatto da Hera
- RELAZIONE PERFORMANCE TEST redatto da Hera
- RELAZIONE RELATIVA ALLE FASI 1 E 2 DI ESERCIZIO DELL'IMPIANTO redatto da Hera
- RELAZIONE DLGS 133 DEL 2008 DELLA NUOVO TERMOVALORIZZATORE DI FORLI' redatta da Studio SMA
- FILE GESTIONALI di Hera: Parametri impianto L3 e Registro autocontrolli L3
- PAGINE GRAFICHE DCS realizzate da Yokogawa
- MANUALE SME redatto da ABB
- LA CONDUZIONE DEI GENERATORI DI VAPORE di Andreinii e Pierini