

Nel programma di collaborazione con l'Università degli Studi di Brescia l'ASM è lieta di ospitare nella collana Quaderni di Sintesi le tesi di laurea segnalate dalle Facoltà come meritevoli di essere conosciute anche al di fuori dell'ambito strettamente accademico.

In questo lavoro la giovane Autrice sviluppa elementi nati dalla sua attività di implementazione del Sistema di Gestione Ambientale ISO 14001 al Termoutilizzatore di Brescia. La tesi evidenzia le ricadute pratiche positive del SGA sulla gestione dell'impianto, mirata alla ricerca di elevate prestazioni energetiche e ambientali mediante la conoscenza dei potenziali impatti derivanti dal suo esercizio. In particolare gli effetti positivi sono quantificati dall'analisi degli assetti di funzionamento dell'impianto, dal calcolo dei rendimenti energetici, dalla descrizione dei flussi di materiali, dalla stima delle emissioni evitate di CO₂ rispetto allo smaltimento in discarica e dalla valutazione del risparmio di combustibili fossili rispetto alla produzione separata della stessa quantità di energia elettrica e di energia termica ricavate dai rifiuti.

L'Editore

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA



FRANCESCA ZANELLI

Tesi di laurea

**IL TERMOUTILIZZATORE DI RIFIUTI SOLIDI
URBANI E ASSIMILABILI DELL'ASM BRESCIA
E L'IMPOSTAZIONE DEL SISTEMA DI
GESTIONE AMBIENTALE ISO 14001**

Relatore: prof. ing. Gian Paolo Beretta

Correlatori: ing. Donato Zambelli
p.i. Roberto Romano
p.i. Andrea Zaniboni

Anno Accademico 1998/99

Indice

1. Introduzione	1
2. Contesto energetico globale e locale	7
2.1 Sviluppo sostenibile e rinnovabilità delle risorse	9
2.2 Emergenza rifiuti	10
2.2.1 La produzione di rifiuti in Italia	10
2.2.2 Cultura della prevenzione	13
2.2.3 Il Decreto Ronchi	14
2.3 La realtà bresciana	16
2.3.1 L'emergenza rifiuti a Brescia	16
2.3.2 Il sistema integrato di gestione rifiuti a Brescia	16
2.3.3 La raccolta differenziata	17
2.4 Il progetto di termoutilizzazione dei rifiuti a Brescia	18
2.4.1 Il Termoutilizzatore	19
2.4.2 L'energia dai rifiuti	21
2.4.3 I residui	22
2.4.4 Tecnologia avanzata e protezione ambientale	22
2.5 Il "bianco": rilevamenti effettuati prima della realizzazione dell'impianto	24
3. Descrizione dell'impianto	27
3.1 La scelta del sito dell'impianto	27
3.2 Il percorso dei rifiuti nell'impianto	28
3.3 Descrizione tecnica delle parti principali dell'impianto	29
3.3.1 Ingresso	30
3.3.2 Controllo radioattività	30
3.3.3 Zona di scarico RSU	31
3.3.4 Il bunker di stoccaggio rifiuti	32
3.3.5 Cabine comando carroponte	33
3.3.6 Il combustore	34
3.3.7 La caldaia	36
3.3.8 La griglia Martin	38
3.3.9 Ciclo termico	49
3.3.10 Trattamento fumi	51
3.4 Caratteristiche innovative del Termoutilizzatore	58

4. Aspetti di funzionamento, rendimento energetico, produzione di CO₂, bilancio di massa	61
4.1 Introduzione	61
4.2 Rendimento energetico dell'impianto	62
4.3 Risparmio energetico	66
4.4 Stima del potere calorifico medio dei rifiuti bruciati nel primo anno di esercizio	67
4.5 Produzione specifica di CO ₂ in funzione del PCI dei rifiuti	69
4.6 Emissioni evitate di gas serra rispetto allo smaltimento in discarica	71
4.7 Aspetti di cogenerazione	75
4.7.1 Assetto A1: cogenerazione con due linee in funzione e massima portata acqua teleriscaldamento (6000 m ³ /h)	75
4.7.2 Assetto A2: cogenerazione con due linee in funzione e media portata acqua teleriscaldamento (4000 m ³ /h)	77
4.7.3 Assetto A3: cogenerazione con due linee in funzione e bassa portata acqua teleriscaldamento (2000 m ³ /h)	78
4.7.4 Assetto A4: cogenerazione con una sola linea in funzione	78
4.7.5 Assetto A5: assetto misto	79
4.8 Aspetti di produzione di sola energia elettrica	80
4.8.1 Assetto A6: assetto solo elettrico con due linee in funzione	80
4.8.2 Assetto A7: assetto solo elettrico con una sola linea in funzione	81
4.9 Assetto di produzione di sola energia termica	82
4.10 Bilancio di massa e di energia nel Termoutilizzatore	82
5. Il Sistema di Gestione Ambientale	87
5.1 Definizione di Sistema di Gestione Ambientale (SGA)	87
5.2 Le norme sul Sistema di Gestione Ambientale	90
5.2.1 Il Regolamento EMAS	90
5.2.2 La norma inglese BS 7750	93
5.2.3 La norma italiana UNI 10461	94
5.2.4 Le norme ISO della serie 14000	94
5.3 Cenni di confronto tra Regolamento EMAS e norma ISO 14001	97
5.3.1 Definizioni del SGA	102
5.3.2 Politica ambientale, obiettivi e traguardi	104
5.3.3 Il programma ambientale secondo la norma ISO 14001	108
5.3.4 Elementi innovativi introdotti dal Regolamento EMAS II	111
5.4 Perché SGA secondo la norma ISO 14001	113
6. Il Sistema di Gestione Ambientale applicato al Termoutilizzatore	115
6.1 Politica ambientale ASM	115
6.2 Organizzazione aziendale per la realizzazione del SGA	116
6.2.1 Collaborazione con il responsabile dell'esercizio e i capituono	117

6.3	Fasi del lavoro completate	118
6.3.1	Definizioni dei termini utilizzati nel gergo SGA ISO 14001	118
6.3.2	Analisi ambientale iniziale	120
6.3.3	Analisi del sito parte 1	121
6.3.4	Analisi del sito parte 2	128
6.3.5	Valutazione della significatività degli aspetti ambientali	132
6.4	Fasi da completare	137
6.4.1	Obiettivi, traguardi e programmi ambientali	137
6.4.2	Procedure	139
7.	Interazione tra SGA ed esercizio del Termoutilizzatore . . .	141
7.1	Limiti alle emissioni fissati dall'autorizzazione regionale	142
7.2	Esempi di interazione tra SGA e esercizio del Termoutilizzatore	144
7.3	AREA 2: Stoccaggio RSU e RSAU	145
7.3.1	Attività: Stoccaggio rifiuti	145
7.4	AREA 3: Locale caldaie	146
7.4.1	Attività: Gestione caldaia	146
7.4.2	Attività: Gestione trasporto ceneri caldaia	154
7.4.3	Attività: Gestione linee di trasporto metano	156
7.5	AREA 10: Depurazione fumi	157
7.5.1	Attività: Gestione depurazione fumi	157
7.5.2	Attività: Trasporto, stoccaggio e smaltimento polveri finali	166
7.6	AREA 11: Camino	167
7.6.1	Attività: Analisi fumi mediante campionamento	167
7.7	AREA 17: Serbatoi NH ₃	167
7.7.1	Attività: Scarico, stoccaggio e pompaggio NH ₃	167
7.8	AREA F1: Viabilità interna, strade e piazzali	168
7.8.1	Attività: Gestione acque piovane e tecnologiche	168
7.9	AREA F2: Manutenzione	169
7.9.1	Attività: Manutenzione meccanica	169
7.10	AREA E1: Esterna	169
7.10.1	Attività: Conferimento rifiuti, approvvigionamento rea- genti, smaltimento scorie, ferro e polveri	170
7.11	Nota conclusiva	170
8.	Conclusioni	171
	Bibliografia	175
	Elenco delle tabelle	177
	Elenco delle figure	178

Ringraziamenti

Ringrazio il prof. ing. G.P. Beretta per la partecipazione e l'attenta supervisione in tutte le fasi del lavoro e per il forte sostegno riservato alla mia richiesta di un piano di studi personale diverso e innovativo indirizzato alle tematiche ambientali energetiche. I capiturno p.i. A. Zaniboni e p.i. R. Romano per il prezioso contributo tecnico generosamente messo a disposizione, in ogni momento. Il sig. p.i. C. Zuanazzi, l'ing. M. Nenci, l'ing. D. Zambelli, l'Ufficio Qualità e l'Ufficio Ecologia e Ambiente. Il personale del Termoutilizzatore, in particolare i sigg. p.i. O. Vincenzi e p.i. M. Morandi. Infine la mia famiglia e René.

Introduzione

Il presente lavoro di tesi si articola intorno a tre grandi temi che si sviluppano nei vari capitoli:

- la descrizione minuziosa dell'impianto Termoutilizzatore;
- il Sistema di Gestione Ambientale;
- l'interazione tra il Sistema di Gestione Ambientale applicato al Termoutilizzatore e l'esercizio del Termoutilizzatore.

Nel Capitolo 2 si delinea il problema dell'emergenza ambientale su cui oggi si va focalizzando l'attenzione a tutti i livelli e che coinvolge direttamente il settore dell'energia, responsabile dell'impatto ambientale lungo le fasi della produzione, del trasporto, della trasformazione e dell'uso finale dei prodotti, tra i quali sono compresi anche i rifiuti.

I paesi che sono pressoché privi di fonti energetiche devono incentivare l'uso razionale dell'energia e la corretta gestione delle risorse, rivedere e pianificare la gestione delle zone urbane con particolare attenzione al trattamento e allo smaltimento dei rifiuti visti sotto il profilo energetico.

Il Termoutilizzatore di Brescia si candida come metodo alternativo nella produzione di energia perché utilizza un nuovo combustibile, i rifiuti, classificati come fonte energetica rinnovabile. Questi, se messi in discarica, andrebbero persi. Invece bruciati permettono di produrre energia elettrica ed energia termica ad alti rendimenti e basse emissioni di inquinanti.

La realizzazione di impianti come il Termoutilizzatore è auspicata anche dal Decreto Ronchi che opera un cambiamento radicale nel campo dello smaltimento dei rifiuti. Le discariche, nell'ottica di tale decreto, vengono utilizzate solo per lo smaltimento dei rifiuti inerti e dei residui del trattamento dei rifiuti.

Poiché il Termoutilizzatore è un impianto nuovo e dal funzionamento complesso, agli effetti della mia riflessione ho ritenuto necessaria la descrizione minuziosa e tecnica delle parti principali di esso nel Capitolo 3. Esse sono il bunker stoccaggio rifiuti, la griglia per la combustione dei rifiuti e la caldaia, il ciclo termico, il trattamento fumi. Conoscere l'impianto in modo così approfondito non è esplicitamente richiesto dal SGA ma diventa requisito primo per una gestione dell'impianto corretta e attenta agli impatti ambientali generati.

Spunti interessanti provengono dal Capitolo 4 dal quale sono già state estratte due pubblicazioni scientifiche ([21,22]). In esso si studiano gli assetti di funzionamento con riferimento ai risultati delle prove di collaudo effettuate nel primo anno di esercizio. Per ciascuno degli assetti analizzati si calcolano e si riportano la stima del potere calorifico dei rifiuti, l'indice energetico CIP 6/92, il rendimento relativo alla produzione di sola energia elettrica, i rendimenti energetici di primo e secondo principio, il rendimento di secondo principio della produzione separata delle stesse quantità di energia (in due casi, con rendimento di caldaia semplice dell'80% e del 95%), il risparmio di combustibili fossili rispetto alla produzione separata della stessa quantità di energia elettrica e termica ricavate dai rifiuti, la quantificazione delle emissioni di gas serra evitate rispetto allo smaltimento in discarica controllata di bassa, media e alta tecnologia.

Il bilancio di massa e di energia in ingresso e in uscita al Termoutilizzatore a chiusura del Capitolo 4 quantifica nel dettaglio il funzionamento tipico dell'impianto. Lo studio è significativo perché effettuato durante un mese di esercizio dell'impianto con le due linee funzionanti quasi sempre al pieno carico nominale (106 t/h di vapore per linea) e l'uso dei bruciatori ausiliari a metano accesi durante un'anomalia transitoria per la quale si è fermata la combustione dei rifiuti sulla griglia.

Il Capitolo 5 e il Capitolo 6 trattano il secondo dei tre temi della tesi, quello della presentazione del Sistema di Gestione Ambientale. La scelta da parte di un'organizzazione di dotarsi di un SGA la qualifica come azienda che si impegna ufficialmente nei confronti dell'ambiente, della sua protezione e salvaguardia, nell'ottica della prevenzione dell'inquinamento supportata dal concetto di miglioramento continuo. Nel Capitolo 5 si presenta il SGA e se ne dà un inquadramento normativo di riferimento. Si confrontano i requisiti richiesti dal Regolamento EMAS e dalla norma ISO 14001 per l'implementazione del SGA. Il Capitolo 6 ripercorre le tappe del lavoro svolto per l'implementazione del SGA applicato al Termoutilizzatore e descrive le diverse fasi completate fino allo stato attuale.

In particolare nell'analisi ambientale iniziale del sito si definisce la posizione dell'ASM in rapporto all'ambiente prima della costruzione dell'impianto. Si prende poi in esame la procedura relativa all'individuazione degli aspetti legati alle attività nel sito e degli impatti da esse provocati. Si evidenziano i criteri utilizzati per la valutazione della loro significatività.

L'attività di analisi del funzionamento del Termoutilizzatore in condizioni di normalità, anomalia ed emergenza è stata svolta in collaborazione continua con i capituono d'impianto e ha generato le schede SGA di cui si riportano alcuni esempi nel Capitolo 6. In esse si mettono in evidenza l'interazione tra attività e comparti ambientali, l'individuazione di aspetti e impatti correlati ad un'attività e la valutazione della significatività degli impatti ambientali. In particolare, sono state predisposte oltre 150 schede informative sulla valutazione della significatività degli impatti, una per ogni aspetto individuato e ciascuna contenente uno o più impatti, in cui si evidenziano la quantità e la

pericolosità dell'impatto e i trattamenti presenti per mitigarlo.

In chiusura al capitolo si ricordano le fasi da completare: l'individuazione degli obiettivi e dei traguardi ambientali sulla base degli aspetti significativi precedentemente analizzati e la definizione dei programmi in cui si specificano le scadenze temporali e le risorse che l'organizzazione stabilisce per raggiungere i traguardi e gli indicatori ambientali per mezzo dei quali è possibile quantificare i traguardi, controllarli e gestirli. Un accenno all'integrazione del SGA e delle procedure che ne derivano con le procedure di qualità, di emergenza e di sicurezza sull'ambiente di lavoro.

Nel Capitolo 7 si tratta il terzo importante filone di approfondimento della tesi, quello riguardante l'interazione tra Termoutilizzatore e il SGA applicato al Termoutilizzatore in cui si dà una dimostrazione dell'utilità pratica del SGA.

Il fatto che l'impianto sia dotato di un SGA produce delle conseguenze nominali e documentarie per la presenza di procedure che regolamentano le attività di rilevanza ambientale che si svolgono all'interno del sito, ma non solo. Le conseguenze più rilevanti da un punto di vista ambientale ed energetico ricadono sulla gestione dell'impianto, rivolta alla ricerca di elevate prestazioni energetiche e ambientali.

L'intero Capitolo 7 rappresenta il risultato reale a cui si giunge se si applicano le informazioni scaturite dall'implementazione del SGA alle modalità di conduzione dell'impianto. La presenza del SGA permette di approfondire la conoscenza delle conseguenze sull'ambiente causate dalla produzione di beni, servizi e prodotti dell'impianto. Gli impatti derivanti dall'interazione delle attività che si svolgono all'interno del sito industriale con l'ambiente possono costituire una alterazione dell'ecosistema, che può tradursi in mancato rispetto della legislazione ambientale vigente, in aumento di rischio di contaminazione della natura e dell'uomo e in riduzione delle risorse naturali.

Gli esempi proposti di interazione tra il documento SGA e l'esercizio dell'impianto sono stati scelti come i più rilevanti tra gli aspetti analizzati nella fase di valutazione della significatività degli impatti descritta nel Capitolo 6.

Si studiano gli andamenti delle emissioni in funzione del dosaggio di reagenti, delle temperature alle quali avvengono le reazioni, dei sistemi di automazione per ottimizzare la combustione, dei parametri necessari per mantenere i valori delle emissioni al di sotto dei limiti di legge. In particolare l'andamento delle emissioni di NO_x è presentato in funzione del dosaggio di ammoniaca in camera di combustione e in funzione della finestra di temperatura in cui avviene l'ottimizzazione della reazione di abbattimento. Il valore di CO si correla con il tenore di ossigeno residuo dopo la combustione. L'emissione di HCl dipende dal dosaggio di calce e il potere di abbattimento della calce su HCl è funzione dell'umidità relativa dei fumi. Dal dosaggio di calce dipende anche l'emissione di SO_2 .

Oltre a quelli qui accennati, si sono studiati altri impatti dovuti alla diffusione di fastidi per la comunità.

Il filo rosso che lega i temi di approfondimento della tesi è dunque qui individuato.

I risultati ottenuti dall'analisi degli aspetti e degli impatti ambientali, reali o potenziali, derivanti dalle attività che si svolgono presso il sito del Termoutilizzatore, costituiscono la prima importante fase della costruzione del SGA.

Nell'ottica del miglioramento continuo le fasi che restano da completare sono:

1. la pianificazione attraverso:

- la scelta degli obiettivi e delle strategie ambientali che coinvolgono l'azienda nel suo complesso in quanto organizzazione che si prefigge di avere prestazioni ambientali misurabili e certificabili anche a terzi;
- la definizione dei traguardi per raggiungere gli obiettivi che si stabiliranno sulla base degli aspetti significativi individuati;
- lo sviluppo di programmi ambientali coerenti con la logica della efficienza ambientale;

2. l'attivazione e il funzionamento del SGA attraverso:

- l'implementazione delle procedure operative e di sorveglianza correlate agli aspetti ambientali significativi e il manuale del SGA;
- il controllo della documentazione;
- la comunicazione e la formazione nei confronti del personale;

3. i controlli (audit) dei vari aspetti del sistema e le eventuali azioni correttive;

4. il riesame della direzione a conclusione del primo ciclo di funzionamento del sistema e la definizione delle basi per il ciclo successivo nell'ottica del miglioramento continuo;

e, infine, la certificazione ISO 14001.

IL lavoro di tesi qui presentato prende spunto dall'attività di borsa di studio svolta in ASM a partire dal mese di settembre 1998 fino al mese di novembre 1999. Nell'ambito del Progetto Giovani per laureati e laureandi interessati ad approfondire varie aree tematiche, tra le quali Ambiente e Energia, nell'aprile 1998 ricevo l'incarico di occuparmi dell'implementazione del Sistema di Gestione Ambientale per il Termoutilizzatore.

Dato l'interesse per l'argomento e grazie al fatto che il mio piano di studi lo consentiva, l'attività di borsista si amplifica divenendo anche attività di tesista. Nel mese di settembre 1998 entro nel vivo dell'incarico affiancata da un tutor aziendale, il Responsabile dell'Esercizio del Termoutilizzatore, e da un tutor universitario, il relatore della tesi.

Nella prima fase dell'attività di borsista si definisce la posizione del sito industriale in rapporto all'ambiente prima della costruzione dell'impianto.

Nella seconda fase si procede all'individuazione delle attività che si svolgono nell'impianto e che producono aspetti e impatti ambientali durante la quale subentra la collaborazione di tre capiturno di Centrale che, per la competenza tecnica e l'attività di gestori dell'esercizio dell'impianto, assumono un ruolo fondamentale nell'implementazione del sistema poiché conoscono tutti i risvolti delle attività. Questa fase richiede oltre un anno di lavoro e si conclude nel novembre 1999.

Contesto energetico globale e locale

Gli scenari energetici mondiali europei e nazionali indicano andamenti tendenziali dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra in continuo e consistente aumento.

I "gas serra" principali sono l'anidride carbonica e il metano, prodotti in larga parte dalla natura, con la fermentazione di biomasse vegetali e animali, dalle attività umane (industriali, residenziali e commerciali) che necessitano della combustione di ingenti quantità di carbone, petrolio e gas naturale e dalle discariche di rifiuti, tramite i processi di fermentazione aerobica e anaerobica.

La natura compensa la sua produzione di "gas serra" provvedendo ad assorbire l'anidride carbonica mediante il processo di fotosintesi col quale la trasforma nuovamente in biomassa; il ritmo naturale di riequilibrio è stato assecondato nel corso dei secoli dall'attività umana, finché è stata unicamente agricola; per millenni la concentrazione di gas serra si è mantenuta a valori costanti e compatibili con l'ecosistema. Attualmente le attività umane apportano nuovi e sempre maggiori contributi alla produzione di gas serra tramite i processi di combustione, alla base del sistema di sviluppo industriale e tramite l'esercizio di discariche per smaltire le quantità di rifiuti prodotti; l'assenza di attività di compensazione capaci di assecondare il giusto ritmo naturale ha notevolmente indebolito il meccanismo di bilancio naturale dell'ecosistema. Il risultato è stato il progressivo aumento delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera fino a livelli preoccupanti per il riscaldamento globale del pianeta.

Se questo aumento è necessario per i paesi in via di sviluppo, non lo è altrettanto per quelli industrializzati che continuano a consumare energia e risorse in modo decisamente non sostenibile. Le risorse energetiche tradizionali costituite dai combustibili fossili, quali petrolio, gas naturale e carbone, sono definiti "fonti energetiche non rinnovabili" poiché la loro quantità presente in natura è limitata e in via di esaurimento. L'approssimarsi dell'esaurimento delle risorse energetiche naturali e l'impatto sull'ambiente della loro combustione sono elementi che destano allarme per la vita del pianeta.

In tale scenario di emergenza ambientale si collocano le iniziative interna-

zionali di tutela dell'ambiente e di sfruttamento intelligente dell'energia destinate ad avere successo nei loro propositi positivi di salvaguardia ambientale se sostenuti da impegni concreti a livello mondiale da parte dei vari paesi del mondo.

Il protocollo di Kyoto, per quanto di importanza storica, rappresenta solo un piccolo passo nella direzione della sostenibilità dello sviluppo. Infatti, a livello mondiale le emissioni continueranno ad aumentare e nel 2010 ci si attende erroneamente che saranno cresciute solo del 30% invece che del reale 40% tendenziale, mentre l'obiettivo di fondo dovrebbe essere quello di ridurle consistentemente per assicurare la stabilizzazione del clima.

E' importante individuare delle modalità che inducano i paesi del terzo mondo a imboccare un percorso virtuoso verso lo sviluppo sostenibile. Occorre diffondere la consapevolezza che gli obiettivi di Kyoto sono del tutto insufficienti e che è necessario pensare fin da oggi a obiettivi più ambiziosi. Questo implica la volontà di innovare fortemente, anche attraverso la ricerca in tutti i settori dell'economia e della società. La volontà di innovare implica che l'economia debba continuare a lungo a crescere, anche se questo non deve significare un corrispondente aumento nel consumo di risorse non rinnovabili e di emissioni di inquinanti, a partire dai paesi industrializzati.

Già alla prossima conferenza negoziale è urgente perfezionare il protocollo di Kyoto, definendo più precisamente le obbligazioni dei vari paesi e stabilendo le corrispondenti penalizzazioni. Ciascuno stato membro, e l'Unione Europea nel suo complesso, si sono impegnati a Kyoto a ridurre le proprie emissioni, nel 2010, dell'8% rispetto al 1990. In seguito, in seno all'Unione, l'impegno è stato ridistribuito in modo diversificato per tenere conto delle situazioni dei vari stati membri. All'Italia, in questo ambito, è stata assegnata una riduzione del 6,5%. Va ricordato che se l'Unione Europea nel suo complesso non dovesse mantenere l'impegno di ridurre le sue emissioni dell'8%, questo stesso valore dovrebbe essere rispettato da ogni singolo paese incluso il nostro. Nell'ipotesi più favorevole che l'Europa mantenga l'obiettivo, resta comunque arduo per l'Italia realizzare il suo, tenendo conto del fatto che, anche con un'economia che cresce solo del 2% medio annuo, le emissioni tenderebbero, in assenza di azioni correttive, ad aumentare del 12% dal 1990 al 2010. Di qui l'importanza di un impegno forte e condiviso da parte di tutti gli interessati: governo, regioni ed enti locali, industria, imprese e loro associazioni, sindacati, associazioni ambientaliste e sistema educativo. Solo se l'Italia saprà essere fortemente innovativa, reggerà il passo con i criteri di qualità e gli standard ambientali definiti in ambito europeo.

E' necessario potenziare la ricerca e diffondere i risultati nel tessuto delle imprese, oltre che promuoverla a livello internazionale e parteciparvi come paese. E' necessario tenere presente che la ricerca oggi non riguarda solo alcune importanti innovazioni di punta, ma un insieme complesso di soluzioni che devono rispondere alle strutture specifiche del sistema produttivo e alle esigenze di uno sviluppo sostenibile. L'adeguamento eco-tecnologico del nostro paese richiede un insieme di interventi di varia natura. Tra questi può rientrare la

Carbon Tax, tenendo presente però che se è troppo pesante e non adottata a livello internazionale, può generare squilibri competitivi, mentre, se è ben calibrata, può diventare foriera di risultati positivi tanto maggiori quanto più le risorse saranno dedicate al perseguimento di validi obiettivi ambientali, stabiliti in base a studi e programmi precisi. La progettazione dei beni deve essere studiata in vista della eliminazione degli sprechi e della massimizzazione del riciclo delle risorse, particolarmente di quelle non rinnovabili. Nei paesi del nord europa si moltiplicano programmi e realizzazioni consistenti di utilizzo delle fonti rinnovabili, chiamate così a giocare un ruolo fondamentale nel sistema energetico, all'interno della giusta ottica di strategie temporali a lungo termine. Si renderà presto necessario adottare azioni esterne con l'utilizzo degli strumenti flessibili previsti da Kyoto. Tutti gli interventi interni ed esterni rappresentano un costo che può tradursi in opportunità di ammodernamento del paese, del suo sistema produttivo e delle sue infrastrutture. L'Italia può presentarsi sul mercato mondiale come fornitrice di tecnologie valide e competitive e il caso dell'esperienza del Termoutilizzatore di Brescia, nell'ottica della valorizzazione dei rifiuti, risorsa definita ormai rinnovabile, può fungere da modello di riferimento. La globalizzazione finanziaria può positivamente contribuire alla realizzazione dello sviluppo sostenibile nei paesi in via di sviluppo.

2.1 Sviluppo sostenibile e rinnovabilità delle risorse

L'Unione Europea ha preso coscienza della situazione attuale ed ha posto come obiettivo prioritario della collettività la promozione di uno sviluppo sostenibile e rispettoso dell'ambiente e ha introdotto il principio della sussidiarietà, intesa come coinvolgimento di tutti gli attori nel processo di miglioramento.

Indirizzarsi ad uno sviluppo sostenibile significa soddisfare le esigenze attuali senza compromettere la possibilità, per le generazioni future, di trovare risposta alle proprie esigenze. Ciò è realizzabile, da un lato, con politiche produttive basate su una prioritaria valutazione dell'impatto ambientale anche a lungo termine, dall'altro, con leggi conseguenti che, senza ignorare gli effetti economici delle misure scelte, favoriscano comportamenti rispettosi verso la natura ed indichino soluzioni compatibili con l'ambiente. Il concetto base di questo indirizzo dato dalla Comunità Europea è la rinnovabilità delle risorse, che può essere conseguita adottando un modello di economia rispettoso dei cicli della natura.

In quest'ottica si colloca lo sfruttamento intelligente di qualsiasi forma di energia rinnovabile per contribuire alla riduzione dell'incalzante produzione di gas serra, riducendo l'utilizzo delle fonti energetiche non rinnovabili e promuovendo le iniziative di sviluppo industriale che si basano su metodi alternativi di produzione dell'energia.

Il Termoutilizzatore dell'ASM Brescia rappresenta la realizzazione di uno

di questi metodi. Esso si pone all'avanguardia rispetto agli standard italiani ma in linea con quelli del nord europa più avanzati nel settore. L'utilizzo di rifiuti come combustibile rinnovabile in luogo del combustibile tradizionale non solo permette di eliminare quella parte di rifiuti che andrebbe depositata in discarica, accentuando così la concentrazione di gas serra in atmosfera per la produzione di CO₂ e metano, ma anche di recuperare l'energia che altrimenti andrebbe persa e di adottare un metodo di smaltimento dei rifiuti legato alla raccolta differenziata e teso alla loro riduzione spinta. Impianti come il Termoutilizzatore di Brescia possono fornire un contributo non trascurabile allo sforzo richiesto all'Italia nella conferenza di Kyoto. Tenendo presente che l'obiettivo stabilito per l'Italia di riduzione delle emissioni di gas serra per il 2002 è del 5%, il Termoutilizzatore può concorrere all'obiettivo di riduzione con l'8% del totale nazionale richiesto.

In questa sede ci si sofferma particolarmente sulla relazione tra effetto serra, problema della ingente produzione di rifiuti da smaltire e sfruttamento ragionato delle risorse rinnovabili, nell'ottica di uno sviluppo sostenibile, in Italia.

2.2 Emergenza rifiuti

Nella società industriale il miglioramento del tenore di vita, l'uso di materiali meno costosi come la plastica, la nascita di nuovi bisogni e l'evoluzione del gusto hanno cambiato il valore che si assegna all'oggetto in uso. Il valore dell'oggetto legato alla materia prima di cui è composto, alla tecnologia che lo ha prodotto, alla sua durata potenziale, è sostituito da altri valori che sono la sua funzione e il suo costo economico. Si analizzi il ciclo di vita di un prodotto qualsiasi: per fabbricarlo non solo è necessario utilizzare la materia prima di cui è composto, ma anche l'energia, la cui produzione può implicare un rischio di inquinamento dei comparti ambientali, vale a dire aria, acqua e suolo se effettuata senza le opportune misure di sicurezza ambientale; a ciò si aggiunge l'incremento del traffico per il trasporto del prodotto, l'uso inevitabile di imballaggi che devono essere prima fabbricati e poi eliminati; infine il trattamento e lo smaltimento dell'oggetto che deve essere eliminato. Si capisce quali siano i due grossi problemi da affrontare:

- il dispendio di energie, di materiali e di risorse del pianeta;
- la produzione di una notevole quantità di rifiuti da smaltire.

A questo riguardo è utile quantificare la produzione di rifiuti che si ha in Italia mediamente in un anno.

2.2.1 La produzione di rifiuti in Italia

La determinazione della quantità di rifiuti prodotti in Italia in un anno è difficile da stabilire a causa della natura oggettiva e soggettiva delle variabili che

influenzano l'approssimazione della stima, della rilevazione e del monitoraggio statistico. Nell'inquadrare il problema e nel metterne in luce le difficoltà si segue in questa sede l'impostazione dell'articolo [1].

A partire dai primi risultati delle indagini di Confindustria (che nel 1976 stimava una produzione di rifiuti industriali di 36 milioni di tonnellate annue) e del CNR-PFE 1 (Progetto Finalizzato Energetica 1, che nel 1981 stimava in 13 milioni di tonnellate la produzione di RSU) si è sviluppata tutta una serie di iniziative volte ad approfondire la conoscenza di questo fenomeno.

I risultati di tali ricerche sono oggi contraddittori; i criteri statistici spesso non vengono esplicitati con chiarezza e nella maggior parte dei casi i risultati su scala nazionale vengono ottenuti attraverso l'estrapolazione di dati rilevati su campioni molto limitati; solo recentemente si è definita la necessità di rilevazioni sistematiche dei flussi di rifiuti prodotti sia in ambito urbano che in ambito industriale.

A livello nazionale il Ministero dell'Ambiente ha attivato il Catasto Nazionale dei Rifiuti Speciali e a livello regionale gli Osservatori Regionali sui Rifiuti, grazie all'elaborazione normativa promossa attraverso le leggi 441/87 e 475/88.

Le prime elaborazioni compiute dal Ministero dell'Ambiente sulla base di rilevazioni dirette presso le aziende (le cosiddette "schede Ruffolo"), successivamente comparate con i dati contenuti nei piani regionali di smaltimento, hanno permesso di giungere alla determinazione delle quantità pubblicate nella "Relazione sullo stato dell'ambiente"; il risultato raggiunto per quanto riguarda la produzione di rifiuti industriali (senza considerare la frazione di rifiuti assimilabili agli urbani), 43 milioni t/anno, è coerente con il valore di 40-50 milioni t/anno su cui convergevano le stime più attendibili. Anche per quanto riguarda i rifiuti solidi urbani (RSU), il punto di riferimento è rappresentato dai dati divulgati dalla "Relazione sullo stato dell'ambiente", che rappresentano la conferma delle stime precedenti, generalmente basate, purtroppo, sulla valutazione della produzione media procapite più che sui rilievi diretti nelle diverse aree del paese. Notevole consenso assume la stima secondo cui l'Italia produce tra 16 e 18 milioni di tonnellate di RSU/anno; permangono incertezze sui valori della composizione media, con particolare riguardo alla frazione dei rifiuti urbani pericolosi (RUP). Gravi perplessità circa l'affidabilità dell'informazione esistente emergono per quanto concerne la quantificazione del flusso dei rifiuti speciali assimilabili agli urbani (RSAU).

Interessante sapere che la Lombardia, con le sue 9718 migliaia di tonnellate di rifiuti da smaltire, di cui 2384 di RSU, è la regione che annualmente produce la maggior quantità di rifiuti in Italia, seguita a distanza da Toscana e Veneto rispettivamente con 6204 migliaia di tonnellate (di cui 1367 di RSU) e 5978 migliaia di tonnellate (di cui 1160 di RSU). La regione che produce minor quantità di rifiuti è invece la Valle d'Aosta con 85 migliaia di tonnellate annue (di cui 34 di RSU), seguita dal Molise, con 279 migliaia di tonnellate (di cui 95 di RSU).

Appare inoltre ragionevole assumere un valore medio annuo di riferimento

del tasso di crescita della produzione di RSU non superiore al 2,5%, in termini di pianificazione a medio termine; si è persino registrata una stagnazione dei valori, sfiorando un loro decremento, negli anni dal 1993 al 1996, sintomo della crisi economica in atto.

L'Osservatorio sui rifiuti della sezione Nettezza Urbana dell'ASM Brescia fornisce un interessante dato che dà un'idea della quantità di rifiuti prodotti in Italia, all'anno: ogni persona produce, in media, in un anno, una quantità di rifiuti domestici pari a cinque volte il proprio peso e se si potessero accatastare tutti i rifiuti solidi urbani prodotti dagli italiani in un anno si otterrebbe un grattacielo di 2600 piani e 1 kmq di sezione di base.

Risulta molto interessante valutare l'incidenza delle raccolte differenziate, diffuse ormai su tutto il territorio nazionale, sulla quantità e qualità dei RSU raccolti. La Lombardia ha conseguito un valore medio di raccolta differenziata del 10% in peso nel 1994 cresciuto a 25% nel 1997, con l'esperienza di Milano, che dal 1995 a oggi è passata dal 15% al 25% e Brescia, che dal 1991 al 1999 è passata dal 6.3%, prima dell'attivazione del sistema integrato di rifiuti, a 38%. Le esperienze di Milano e di Brescia sono tra le più avanzate ed evolute nel settore e ad esse non corrisponde purtroppo la situazione media delle altre città d'Italia; rappresentano per questo un importante punto di riferimento e valido esempio da seguire per affrontare il problema rifiuti.

Per quanto riguarda i rifiuti speciali mancano lavori affidabili su scala nazionale; qui basti sapere che secondo un'indagine ISTAT del 1986, pubblicata nel 1989, i settori industriali a maggiore produzione di sostanze inquinanti sono il settore chimico (4424 kg/addetto per anno) e l'industria dell'estrazione e preparazione dei minerali metalliferi (1364 kg/addetto per anno).

Per concludere è necessario sottolineare che lo sforzo che si compie per la determinazione della quantità di rifiuti prodotti annualmente in Italia si dovrebbe inserire nell'ambito di una pianificazione organica e funzionale dello smaltimento dei rifiuti che attualmente manca in Italia e a cui dovrebbero seguire iniziative di intervento locale dove si registrano gli squilibri più gravi nella gestione di smaltimento dei rifiuti.

In sede comunitaria si confermano in ordine di importanza le seguenti linee di intervento:

- riduzione della quantità di rifiuti prodotti;
- riutilizzo dei prodotti alla fine del loro ciclo di vita e recupero dei materiali mediante la raccolta differenziata;
- recupero di energia;
- smaltimento in discariche controllate.

Il nostro paese, come la maggior parte dei paesi al mondo, non è attrezzato per trattare adeguatamente gli ingenti quantitativi di rifiuti urbani e, soprattutto, industriali prodotti annualmente. Si stima che non più di 3,5-4 Mt/a di rifiuti

solidi urbani vengano smaltiti correttamente e i rimanenti 12-14 Mt/a trovino destino nello scarico abusivo.

Lo scarico incontrollato nell'ambiente di molti dei rifiuti prodotti è stato ed è causa di gravi fenomeni di degrado delle acque e del suolo e di rischio per la salute degli uomini perché conduce alla grande emergenza degli anni '90, quella della bonifica di migliaia di aree contaminate.

Situazioni di mancato avviamento di impianti pubblici di trattamento completati da tempo, così come il non utilizzo di finanziamenti disponibili da anni a servizio di molte realtà territoriali accentuano il permanere dello stato di emergenza. Si valuta che l'insieme degli impianti inutilizzati esprima una capacità di trattamento di almeno 3.000 t di RSU/d, corrispondente ad un ventesimo del fabbisogno nazionale.

E' comunque necessario rilevare come lo stato di emergenza interessi in modi diversi ogni regione al mondo.

Quindi di centrale importanza è l'armonizzazione internazionale delle strategie, a partire dal livello comunitario, che faccia primariamente perno sulla necessità di bloccare l'uso di trasferire i rifiuti pericolosi verso le aree povere del mondo e sulla politica di cooperazione tra gli stati per uscire dall'emergenza ambientale.

L'autosufficienza di ogni paese, in termini di capacità di trattamento, è obiettivo ormai fondamentale dell'elaborazione comunitaria insieme a quello di una politica dei prezzi che miri a creare maggiore omogeneità tra i diversi paesi, per evitare i rischi gravi di inquinamento.

2.2.2 Cultura della prevenzione

Uscire dall'emergenza significa promuovere il passaggio dalla dissipazione alla conservazione delle risorse e cioè, nell'ottica della riconversione ecologica dell'economia, diffondere con forza nuovi modi di produrre in modo pulito prodotti puliti.

In tutto il mondo ci si è resi conto che, in materia di tecnologie ambientali, non è utile continuare ad affrontare i problemi solo a posteriori, con costi crescenti di impianti. Le tecnologie più pulite, dall'industria all'agricoltura, dai trasporti all'energia, rappresentano la frontiera della nuova competizione nel mercato globale, come dimostra l'evoluzione strategica in atto nelle maggiori compagnie transnazionali.

Cresce, inoltre, anche in Italia il fenomeno dei "consumatori verdi" che si orientano spontaneamente negli acquisti in funzione dell'immagine ambientale dei prodotti.

Vi sono rilevanti risorse finanziarie che numerose leggi rendono disponibili a quelle imprese che volessero riconvertire i propri cicli produttivi o i propri prodotti per renderli maggiormente compatibili con l'ambiente.

Analoga situazione si registra a proposito di scarso utilizzo di strumenti finanziari regionali a favore dell'innovazione tecnologica con finalità ambientali. La nuova percezione sociale e del mercato deve trovare supporto nella tem-

pesta introduzione in Italia dell'etichettatura ambientale dei prodotti, sulla scorta delle migliori esperienze internazionali e comunitarie e del regolamento sull'ecoaudit. Un ruolo importante nella promozione di nuovi comportamenti sociali favorevoli all'ambiente potrebbe essere giocato dalle ecotasse, che potrebbero, ad esempio, incidere sulle merci più pericolose così come sui rifiuti tossici, oltre alle fondamentali azioni di informazione ed educazione del grande pubblico, a partire dal mondo della scuola. In materia di ecotassazione, va però detto con chiarezza che solo misure coordinate internazionalmente, gradualmente, credibili, sostitutive di prelievi già in atto, possono avere qualche probabilità di successo.

La prevenzione, così intesa, diviene l'occasione per una crescita culturale della società verso modelli più maturi, efficienti e consapevoli e costituisce anche il terreno su cui superare le contrapposizioni arretrate tra lavoratori e ambientalisti, tra fabbrica e territorio. Deve farsi strada un nuovo settore dei servizi reali alle imprese che diffonda dall'ecodesign all'analisi del ciclo di vita dei prodotti, dall'etichettatura ambientale all'ecodiagnostica dei processi produttivi, in particolare verso le piccole e medie imprese e l'artigianato, che maggiormente ne soffrono la carenza attuale rispetto agli orientamenti della competizione di mercato.

2.2.3 Il Decreto Ronchi

Il parlamento italiano, negli ultimi anni, ha in gran parte colmato le gravi lacune legislative che caratterizzavano il nostro paese in materia di smaltimento dei rifiuti urbani e industriali.

Il corpo normativo italiano è perfettamente in sintonia con le migliori esperienze normative internazionali affermando quattro linee guida fondamentali:

- produrre meno rifiuti;
- produrre rifiuti meno pericolosi;
- programmare la raccolta, il trasporto e il trattamento dei rifiuti alla scala territoriale adeguata;
- promuovere il recupero di materia ed energia dai rifiuti.

Subito dopo quella di prevenzione deve perciò porsi enfasi alla nozione di pianificazione come strumento fondamentale di uscita razionale dall'emergenza.

In quest'ottica si pone il Decreto Ronchi [2] che disciplina la gestione dei rifiuti, dei rifiuti pericolosi, degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggi, definendole attività di pubblico interesse essendo rivolte ad un'elevata protezione ambientale tramite controlli efficaci. Si stabilisce la necessità di recuperare e smaltire i rifiuti senza pericolo per l'uomo né per l'acqua, l'aria, il suolo, la fauna, senza causare inconvenienti da rumori e odori e senza danneggiare il paesaggio. Si esplicita la necessaria collaborazione che deve esserci tra tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione e nell'utilizzo di beni che

originano rifiuti, in nome dei principi di responsabilizzazione e cooperazione in modo conforme all'ordinamento comunitario.

La prevenzione e la riduzione della produzione di rifiuti e della loro pericolosità si concretizza attraverso le seguenti fasi salienti:

- sviluppo di tecnologie pulite che consentono un risparmio di risorse naturali; in questo si legge un esplicito riferimento all'uso di tutte le risorse rinnovabili come combustibili nel trattamento di smaltimento ad esempio attraverso la termoutilizzazione, tra cui le biomasse vegetali che possono essere impiegate in impianti *waste to energy* (WTE) ossia impianti che recuperano energia dai rifiuti che, come si spiega nell'articolo [3], sono sinonimo di alta efficienza energetica e limitate emissioni, esattamente come il Termoutilizzatore di Brescia;
- promozione di strumenti economici, ecobilanci, sistemi di ecoaudit, analisi del ciclo di vita dei prodotti e azioni di informazione dei consumatori per valutare correttamente l'impatto di un prodotto sull'ambiente durante il suo ciclo di vita; si legge un implicito riferimento alle implementazioni di appropriati Sistemi di Gestione Ambientale che costituiscono un mezzo per la valutazione critica degli impatti di attività che interagiscono con l'ambiente;
- immissione sul mercato di prodotti concepiti nell'ottica della minimizzazione dell'inquinamento e della pericolosità dei rifiuti che ne derivano;
- la promozione di accordi e contratti e determinazione di condizioni di appalto che valorizzino le competenze tecniche in materia di prevenzione di riduzione dei rifiuti.

La riduzione dello smaltimento finale si effettua attraverso il recupero dai rifiuti ossia:

- il reimpiego e il riciclaggio e le forme di recupero delle materie prime dai rifiuti;
- l'adozione di misure economiche che favoriscano il mercato dei materiali recuperati dai rifiuti;
- l'uso del rifiuto come combustibile e mezzo per la produzione di energia.

Lo smaltimento dei rifiuti diventa solo la fase terminale della gestione dei rifiuti. Si smaltiscono rifiuti che hanno già subito un trattamento di riutilizzo, recupero e riciclaggio e l'operazione di smaltimento avviene con tecnologie che garantiscano un alto grado di protezione dell'ambiente e della salute pubblica. Interessante è l'informazione secondo cui a partire dal 1° gennaio del 2000 è consentito smaltire in discarica solo rifiuti inerti e rifiuti che residuano da particolari attività specificate nell'Appendice B del Decreto Ronchi.[2, Appendice B]

2.3 La realtà bresciana

Nell'ottica dello sviluppo sostenibile e nell'ambito di un sistema organizzato di gestione, i rifiuti sono considerati delle risorse da riutilizzare e recuperare nel rispetto dell'ambiente anziché semplici prodotti da smaltire. La presa di coscienza da parte dell'Unione Europea dello stato attuale di limitata riserva di risorse naturali è divenuto nella città di Brescia elemento cardine della politica comunale che ha affidato all'ASM Brescia il compito di realizzare e gestire i sistemi di controllo, recupero, valorizzazione e smaltimento dei rifiuti.

L'obiettivo prioritario della collettività di una crescita sostenibile e rispettosa per l'ambiente che ha introdotto il principio della sussidiarietà, inteso come coinvolgimento di tutti gli attori nel processo di miglioramento, è stato fatto proprio dall'ASM con l'istituzione del Sistema Integrato dei rifiuti.

Esso costituisce una risposta strategica, innovativa e globale al problema esistente nella realtà bresciana.

2.3.1 L'emergenza rifiuti a Brescia

Negli ultimi vent'anni la quantità di rifiuti affluiti nelle discariche ASM da tutta la provincia di Brescia è aumentata in modo esponenziale passando da 60.000 tonnellate nel 1973 a 384.000 nel 1997, come riportato nell'articolo [4]. L'incremento vertiginoso è dovuto non soltanto a una crescita fisiologica dei rifiuti prodotti, ma anche alla progressiva eliminazione delle discariche abusive.

Sono state proprio la forza di queste cifre e la competenza acquisita nella gestione dei problemi connessi ai rifiuti a spingere l'ASM di Brescia ad elaborare il progetto per una soluzione globale.

Da oltre vent'anni l'azienda cura la raccolta differenziata, sostenendola con campagne informative di sensibilizzazione della cittadinanza. I cittadini informati e coinvolti direttamente nella risoluzione del problema sono divenuti protagonisti del processo di separazione e recupero, mentre sono maturate le condizioni per un salto di qualità: il progetto del sistema integrato per la gestione dei rifiuti solidi urbani, approvato dal Consiglio Comunale di Brescia nella seduta del 28 luglio 1992.

2.3.2 Il sistema integrato di gestione rifiuti a Brescia

Come ribadito nell'articolo [5], i concetti cardine del "Sistema Integrato Brescia", sono "ridurre la produzione dei rifiuti e dove ciò non sia possibile separarli, riciclarli, recuperarne il contenuto energetico e alla fine smaltirne correttamente i residui".

L'applicazione sistematica di tali principi permette l'attuazione delle linee guida della Comunità Europea, espresse anche nella legislazione italiana con il decreto Ronchi [2].

Il progetto ASM è stato messo a punto da una Commissione tecnico scien-

tifica nominata dall'Amministrazione comunale di Brescia nell'estate del 1991, nella quale confluirono competenze tecniche, sociali e ambientali.

L'incontro di esigenze diverse ha dato origine ad un preciso orientamento nella gestione dei rifiuti e a una strategia unitaria che procede su strade parallele: da un lato, promuovendo con la collaborazione consapevole di cittadini e di aziende una minore produzione di rifiuti, la loro separazione e il riciclaggio; dall'altro sviluppando risposte tecnologiche efficaci per recuperare l'energia dai rifiuti non utilmente riciclabili e per trasformare in fertilizzante la loro parte organica.

La discarica dovrà restare ultima destinazione solamente per i materiali inerti, tra i quali i residui non riciclabili della termoutilizzazione.

Un processo impegnativo, dunque, a supporto del quale presso l'ASM è stato attivato nel 1992 uno specifico "Osservatorio dei rifiuti", con il compito di analizzare e coordinare le iniziative per incrementare il recupero dei rifiuti e rilevarne origine, composizione ed entità. E' suo compito inoltre controllare i processi di recupero attraverso la raccolta differenziata e valutare l'efficacia di ogni iniziativa sotto il profilo ambientale, energetico ed economico.

2.3.3 La raccolta differenziata

Raccolta differenziata e riciclaggio sono un titolo di merito della città di Brescia, con quantità sempre crescenti di rifiuti recuperati, grazie anche ai programmi ASM di informazione diretta ai cittadini e di sostegno alle iniziative convergenti di gruppi e associazioni. Nel 1998 in città sono state raccolte in modo differenziato 40 000 t di rifiuti, pari al 30,8% del totale, nel 1999 quasi 50 000 t, pari al 38%; nel 1991, prima dell'avvio del Sistema Integrato, erano state raccolte 5.750 tonnellate, pari al 6,3%.

Si è giunti ormai a risultati di assoluto rilievo tra le città italiane, ma ancora non è sufficiente. Il Sistema Integrato si pone come obiettivo una percentuale del 36% di rifiuti riciclati, che corrisponde agli standard più avanzati. A Brescia nel 1999 è già stato raggiunto nel comune, ma non nella provincia.

Così sui territori della II, V, VI e VII Circoscrizione cittadina (un bacino di circa 55 mila persone), grazie al contributo attivo dei residenti, è stata avviata la raccolta differenziata anche dei residui alimentari e scarti di giardino, successivamente trattati per produrre il compost. Il programma prevede la progressiva estensione di questa iniziativa a tutta la città.

In previsione dei grandi quantitativi che saranno raccolti e in considerazione della scarsità di impianti di trasformazione per compost esistenti nel bresciano, è stato approntato dall'ASM il progetto di un nuovo impianto di compostaggio in fase di costruzione nel Comune di San Gervasio dove si potranno trattare fino a 15 mila tonnellate l'anno di rifiuti cellulosici (quelli a prevalente contenuto legnoso) e scarti di mense, mercati, agroindustria, o sostanze organiche di origine domestica. Attraverso processi naturali controllati di trasformazione biologica dei componenti organici, si otterrà compost di qualità per orticoltura e floricoltura.

Inoltre l'ASM ha da qualche tempo iniziato la diffusione a prezzo promozionale dei "composta", speciali contenitori con i quali è possibile autoprodurre in casa terriccio fertile per orti e giardini, riciclando gli scarti alimentari, l'erba falciata e il fogliame. Vengono ritirati a domicilio i rifiuti domestici ingombranti e, presso le aziende commerciali, gli imballaggi (anche attraverso cooperative specializzate convenzionate con l'ASM); è stato inoltre aumentato il numero dei contenitori per la raccolta differenziata di carta, vetro e lattine (ora sono per tipologia uno ogni 400 abitanti corrispondente al livello dei migliori standard europei).

E' inoltre in atto la raccolta a domicilio degli scarti alimentari presso ristoranti e pizzerie. Infine, sono stati realizzati cinque "Centri multiraccolta presidiati" (e altri sono in fase di realizzazione) nei quali i cittadini possono portare i rifiuti ingombranti assimilabili agli urbani e i rifiuti domestici pericolosi (medicinali, pile, batterie, lampade fluorescenti, ecc.).

Si tratta di una azione costante di miglioramento, condotta in stretto rapporto con l'amministrazione pubblica. I risultati di ogni fase del programma, resi pubblici dopo la loro elaborazione da parte dell'Osservatorio dei rifiuti, costituiscono la base sulla quale il Consiglio Comunale decide gli ulteriori sviluppi. Naturalmente i soli sforzi dell'ASM non riuscirebbero a produrre risultati senza la collaborazione dei cittadini, chiamati a tradurre in pratica i concetti di "solidarietà ambientale" su due fronti: acquistando e utilizzando con sensibilità ecologica i prodotti loro necessari e separando per tipologia i rifiuti che producono.

2.4 Il progetto di termoutilizzazione dei rifiuti a Brescia

All'inizio degli anni settanta l'ASM realizza il teleriscaldamento ed inizia a considerare la possibilità di recuperare energia dai rifiuti.

Contributi qualificati al progetto originario dell'ASM sono venuti dalla Commissione tecnico scientifica istituita dal Comune di Brescia nell'estate dei 1991 e composta da esperti nazionali in campo energetico-ambientale, da docenti della Facoltà di Medicina di Brescia, da rappresentanti tecnici degli enti locali (Comune, Provincia, Regione, USSL) e dei movimenti ambientalisti.

Le indicazioni della Commissione sono poi state accolte dal Consiglio Comunale che il 28 luglio 1992 ha deliberato la realizzazione dell'impianto come strumento indispensabile nel Sistema Integrato. Nell'agosto 1993, infine, la Regione Lombardia[6] ha concesso l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio dell'impianto, con delibera n.40001/93.

Nel frattempo numerose sono state le iniziative di comunicazione e le occasioni di dibattito sul tema. Oltre ad assemblee pubbliche e interventi su giornali ed emittenti radiotelevisive, si sono tenuti a Brescia anche tre convegni scientifici internazionali. Il primo, "L'energia dai rifiuti. Una soluzione integrata per Brescia", nel 1991, durante il quale si è presentato al pubbli-

co bresciano il progetto ASM del Termoutilizzatore; il secondo, "Verso nuove solidarietà ambientali", nel 1993, in cui si è esposto il Sistema Integrato dei rifiuti bresciano, confrontandolo con avanzate esperienze europee di gestione e riciclaggio dei rifiuti; il terzo, "Energia dai rifiuti. Un passo verso l'energia rinnovabile", nel 1998, volto all'approfondimento e all'illustrazione delle esperienze in atto nei paesi ad economia avanzata per la ricerca delle possibili sinergie tra gestione dei rifiuti, produzione di energia e protezione dell'ambiente. Il confronto con le esperienze estere più all'avanguardia ha confermato il Sistema Integrato come la soluzione più adeguata per la realtà bresciana.

2.4.1 Il Termoutilizzatore

Il Termoutilizzatore ha per obiettivo il trattamento ed il recupero, per la produzione di energia, dei rifiuti non utilmente riciclabili come materiali.

L'impianto è composto da due unità di combustione collegate ad una turbina a vapore in comune. Esso è inoltre predisposto per l'inserimento, qualora necessario, di una terza linea uguale alle prime due.

Il progetto presta la massima attenzione al rispetto dell'ambiente. E' concepito sulla base di tecnologie ed esperienze largamente sperimentate nel mondo e garantisce emissioni ad un livello molto inferiore a quanto stabilito dalle normative vigenti in materia. A parità di energia elettrica e termica generata, le emissioni del Termoutilizzatore sono infatti minori che nelle Centrali elettriche e termiche alimentate con combustibili tradizionali quali carbone, olio combustibile o metano.

L'impiego dei rifiuti urbani come combustibile alternativo contribuisce anche alla riduzione dell'impatto ambientale causato dal ciclo di approvvigionamento dei combustibili fossili tradizionali, comprendente le fasi di estrazione, raffinazione e trasporto.

L'attenzione per la salvaguardia dell'ambiente è confermata dal fatto che, come già avvenuto per la Centrale Lamarmora del teleriscaldamento, il 50% dell'investimento globale per la realizzazione dell'impianto è destinato ai sistemi di depurazione dei gas di combustione e a quelli di protezione ambientale.

Ulteriori vantaggi di economia e sicurezza vengono poi dalle caratteristiche stesse del "combustibile" utilizzato; i rifiuti costituiscono infatti una fonte di energia "indigena" rinnovabile, prodotta localmente e non soggetta a tensioni di mercato che ne possano condizionare la disponibilità ed il prezzo.

Nella Tabella 2.1 sono riportate le concentrazioni di inquinanti misurate nelle emissioni al camino dell'impianto, il confronto con i limiti fissati dall'autorizzazione regionale 40001/93,[6] dal DM 503/97[7] per i nuovi impianti e i valori di progetto adottati da ASM.¹ Si nota quanto questi siano ampiamente rispettati.

Come già detto, i rifiuti combustibili sono in massima parte composti da prodotti di origine vegetale (materiali cellulosici), ovvero costituiscono una

¹ Per i limiti imposti dall'autorizzazione regionale alla costruzione e all'esercizio del Termoutilizzatore si veda anche la discussione nel Paragrafo 7.1 a pag. 142.

Tabella 2.1: Confronto fra concentrazioni misurate al camino e limiti di legge sulle massime concentrazioni (medie giornaliere) delle emissioni al camino. Valori in mg/Nm³ (salvo per diossine e furani, in ng/Nm³).

	Limiti Autorizz. Regione 40001/93	Decreto Min.Amb. 503/97 nuovi imp.	Valori di progetto ASM	Valori misurati al camino (nov.1999) Istituto M.Negri	
				linea 1	linea 2
Composti monitorati in continuo					
Polveri totali	10	10	5	0.14	0.10
Ossidi di zolfo (SO ₂ eq)	150	100	100	7.06	5.6
Ossidi di azoto NO _x	200	200	< 100	72.2	73.7
Cloruri (HCl eq)	30	20	20	5.52	3.77
Ossido di carbonio (CO)	100	50	50	23.6	13.6
Sostanze organiche volatili (SOV)	10	10	10	0.39	0.21
Composti monitorati periodicamente					
Bromuri e fluoruri (HBr+HF)	1	1	1	< 0.10	< 0.10
Cianuri (HCN)	0.5	–	0.05	< 0.01	< 0.01
Fosfati (P ₂ O ₅)	5	–	5	< 0.02	< 0.02
Mercurio (Hg)	0.1	0.05	0.05	< 0.001	< 0.001
Cadmio (Cd)	0.1	0.05	0.05	< 0.001	< 0.001
Metalli pesanti totali	2	0.5	0.5	0.0029	0.0020
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	0.05	0.01	0.01	< 0.001	< 0.001
Policlorobifenili (PCB)	0.1	–	0.1	< 0.001	< 0.001
Diossine/Furani (TCDD eq) ng/Nm ³	0.1	0.1	0.1	< 0.01	0.008

risorsa "rinnovabile" che verrebbe totalmente dispersa con la collocazione in discarica. Il loro utilizzo per la produzione di energia consente anche una riduzione di oltre il 50% delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra rispetto all'impiego di combustibili fossili e allo smaltimento dei rifiuti in discarica,²

² Come mostrato più avanti in questa tesi nel Paragrafo 4.6 a pag. 71, lo smaltimento di una tonnellata di rifiuti nel Termoutilizzatore produce 1,10 t di CO₂ dovute alla combustione. I gas serra rilasciati dallo smaltimento di una tonnellata di rifiuti in una discarica controllata di alto livello tecnologico (con recupero energetico mediante combustione del biogas) ammontano invece a 0,93 t di "CO₂ equivalente", pari a 0,43 t di CO₂ prodotta dalla fermentazione aerobica e anaerobica, più 0,50 t di CO₂ equivalente all'effetto serra prodotto da quella parte di biogas che, non potendo essere recuperato ai fini energetici, viene in parte bruciato in torcia e in parte sfugge in atmosfera. Inoltre, poiché l'energia recuperata in discarica è molto inferiore a quella recuperata nel Termoutilizzatore, alla produzione di CO₂ in discarica occorre aggiungere mediamente 0,42 t di emissioni di CO₂ in caldaia dovuta al maggiore consumo di combustibili fossili necessario (nella centrale Lammora) per pareggiare il bilancio energetico. Complessivamente dunque il Termoutilizzatore, a parità di energia prodotta, consente una riduzione di almeno il 19% (da 1,35 t a 1,10 t) delle emissioni di CO₂ equivalente rispetto allo smaltimento in discarica e all'impiego di combustibili fossili. Il valore 0,42 t di emissioni evitate grazie al minor consumo di combustibili fossili si riferisce al risparmio medio ottenuto nel primo anno di funzionamento, in cui per vari motivi tecnici fra i quali le necessarie prove di collaudo, l'impianto non ha sempre operato nell'assetto cogenerativo che è quello che consente il maggior risparmio energetico.

così che il Termoutilizzatore, insieme al teleriscaldamento, consentirà a Brescia di raggiungere con largo margine gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra proposti, entro il 2010 dalla Comunità Internazionale.

Come risulta dalla Tabella 2.1, grazie all'impostazione di minimizzazione delle emissioni seguita in fase di progetto, il Termoutilizzatore risulta inoltre già conforme anche ai nuovi limiti di emissione, sia per gli impianti già autorizzati sia per gli impianti futuri, introdotti in Italia con il DM 503/97, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 29.1.1998.

In conclusione, si può affermare che il livello della sperimentazione ormai consolidata su scala internazionale e i risultati raggiunti presso i più avanzati impianti analoghi assicurano al progetto la piena rispondenza agli indirizzi dell'Unione Europea.

Vengono così assicurati: la massima protezione ambientale, un elevato recupero energetico, l'affidabilità dell'impianto e la sua sicurezza di funzionamento, la compatibilità e la sinergia tecnica ed economica con il sistema di teleriscaldamento già in funzione da più di vent'anni.

2.4.2 L'energia dai rifiuti

Il Termoutilizzatore è stato concepito all'interno di una strategia di gestione integrata ed ecologica di rifiuti, energia e territorio.

L'impianto è già diventato una preziosa fonte di energia per la città di Brescia; grazie alla presenza della rete di teleriscaldamento, infatti, è possibile produrre non solo energia elettrica ma anche recuperare energia termica in quantità rilevanti, convogliando il calore, generato dalla condensazione del vapore in uscita dalla turbina, nella rete del teleriscaldamento fino alle abitazioni dei singoli utenti.

Qualche cifra può evidenziare l'importanza di questo processo. Immaginando l'impianto funzionante al pieno della sua potenzialità iniziale,³ è possibile ricavare 270 milioni di chilowattora l'anno di elettricità e 290 milioni di chilowattora l'anno di calore, con un risparmio annuale di 70.000 tep (tonnellate equivalenti di petrolio), quantità che corrispondono a circa il 18% dell'energia elettrica e il 26% dell'energia termica immesse in rete a Brescia nell'intero 1999.

Qualora divenisse necessario cessare completamente lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani nelle discariche e riservare queste ai soli materiali inerti, sarà possibile far fronte al problema mediante la realizzazione di una terza linea di combustione, per ora solo prevista a livello di progetto. In questo caso

Nell'assetto cogenerativo le valutazioni riportate nel Paragrafo 4.6 mostrano che le emissioni evitate sono di 0,81 t e pertanto la riduzione rispetto alla discarica è del 37% (da 1,74 t a 1,10 t). Se il confronto fosse poi fatto rispetto a una discarica non controllata in cui tutto il biogas sfugge in atmosfera, il valore 0,50 t salirebbe a 2,86 t e nell'assetto cogenerativo la riduzione salirebbe al 73% (da 4,10 t a 1,10 t).

³ Prevedendo comunque un fattore di disponibilità dell'impianto del 67%, giustificato dalla necessità di frequenti fermate per manutenzioni programmate e straordinarie.

il recupero elettrico salirebbe a 400 milioni di chilowattora l'anno e quello termico a 430 milioni, mentre il risparmio annuale sarebbe addirittura di 105.000 tonnellate equivalenti di petrolio.

2.4.3 I residui

Il Termoutilizzatore è a tutti gli effetti un "depuratore dei rifiuti", in quanto elimina le componenti organiche, lascia scorie pulite grazie alla elevata temperatura di combustione e concentra in una piccola quantità di residui le sostanze metalliche che il processo di combustione non può distruggere.

Nella fase di progettazione, una particolare attenzione è stata posta anche al problema del trattamento dei residui della combustione; ogni linea dell'impianto è dotata di un proprio sistema a tenuta ermetica per la rimozione delle scorie e l'asportazione delle polveri dalla caldaia e dai filtri. L'area di carico delle stesse è inoltre fisicamente separata dall'area di movimentazione dei rifiuti.

I residui della termoutilizzazione sono pari a circa il 12% in volume (28% in peso) dei rifiuti trattati. Le scorie di combustione inertizzate sono trasferite in discariche autorizzate, mentre le polveri raccolte dai filtri vengono convogliate in appositi silos di stoccaggio per poi essere inertizzate, mediante un processo che ne assicuri l'innocuità ecologica, e quindi avviate alla collocazione finale.

2.4.4 Tecnologia avanzata e protezione ambientale

Gli obiettivi del progetto Termoutilizzatore sono stati il conseguimento di un'elevata efficienza netta di recupero energetico, di un elevato livello di protezione ambientale, un'alta affidabilità, sicurezza e continuità di servizio.

L'efficienza netta di recupero energetico viene massimizzata mediante:

- bassi eccessi di aria di combustione;
- alto raffreddamento utile dei gas: da circa 1100°C a 125°C;
- preriscaldamento aria comburente da spillamenti turbina;
- basso autoconsumo di energia per ausiliari: ogni kWh consumato dagli ausiliari equivale ad un kWh non prodotto;
- semplicità del processo ove possibile ed in coerenza con i citati obiettivi guida;
- adozione di macchinari ad alto rendimento nelle condizioni reali di esercizio, ad esempio azionamento motori a frequenza variabile;
- elevata efficienza del ciclo termodinamico: parametri elevati di pressione e temperatura del vapore, vale a dire rispettivamente 60 bar e 450°C (garantendo al contempo l'affidabilità);

- turbina e ciclo termico di tipo rigenerativo, progettati ad hoc;
- cogenerazione di energia elettrica e calore (per la rete di teleriscaldamento).

Le principali soluzioni adottate per la protezione ambientale sono:

- adozione di locali chiusi e tenuti in depressione (compreso il locale di movimentazione e scarico automezzi);
- combustione ottimizzata per minimizzare gli incombusti e gli ossidi di azoto;
- sistema completamente automatico di regolazione dell'immissione, avanzamento e combustione rifiuti mediante sistema "esperto" guidato da telecamera a raggi infrarossi situato sul cielo della camera di combustione;
- dosaggio aria di combustione automatico e indipendente per ciascuno dei 30 compartimenti in cui è suddivisa la griglia;
- sistema di ricircolo dei fumi depurati in camera di combustione;
- adozione di sistema di depurazione a secco con impiego di idrato di calce e carboni attivi per abbattimento spinto dei microinquinanti (metalli pesanti e clorurati);
- ottimizzazione automatica con regolazione accurata (circa 10°C) della temperatura fumi prima della depurazione filtro a maniche ad elevate prestazioni, composto da 6 sezioni indipendenti, singolarmente intercettabili, con possibilità di ispezione e sostituzione degli elementi filtranti di una sezione mantenendo in servizio l'impianto sulle altre 5;
- sistema sili e dosaggio reagenti completamente duplicato;
- sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni di tipo avanzato e ridondante (misure separate per la regolazione e per la supervisione);
- bassissimo consumo di acqua ed assenza di scarichi liquidi;
- adozione di componenti con basse emissioni acustiche e di sistemi accurati di insonorizzazione.

Affidabilità e sicurezza di esercizio sono assicurate tramite:

- adozione di tecnologie sperimentate e di componenti di qualità e referenziati;
- duplicazione e ridondanza dei sistemi più critici;
- elevato livello di monitoraggio e automazione dell'impianto (15.000 parametri rilevati e riportati in sala controllo);

- sistema di controllo di tipo "distribuito" (i livelli gerarchici sottostanti possono funzionare anche in caso di guasto del livello superiore);
- misuratori finalizzati alla regolazione ridondanti.

2.5 Il "bianco": rilevamenti effettuati prima della realizzazione dell'impianto

La commissione tecnico scientifica incaricata dall'amministrazione comunale di Brescia di verificare e guidare la messa a punto del progetto dell'ASM per il Termoutilizzatore ha richiesto nella relazione di compatibilità ambientale del 1992 l'effettuazione di una campagna di ricerca nell'ambito di un piano di sorveglianza, colto a misurare il "fondo" esistente e la sua evoluzione nel tempo, auspicando che parte dell'analisi venisse attuata prima della messa in esercizio dell'impianto.

Il programma di monitoraggio si è articolato in due fasi distinte. La prima iniziata e terminata prima della costruzione del Termoutilizzatore, la seconda dopo l'attivazione dell'impianto. Entrambe le fasi prevedono delle indagini analitiche su matrici ambientali campionate su un ampio raggio del territorio secondo modalità e tempi predeterminati, per la ricerca qualitativa e quantitativa dei microinquinanti organici, inorganici e radioattivi emessi dalle diverse fonti di inquinamento ambientale esistenti. Gli scopi sono tre:

- acquisire le informazioni sull'entità e distribuzione della contaminazione ambientale provocata dai microinquinanti emessi dagli inizi degli anni Sessanta ad oggi mediante il prelievo e l'analisi di campioni di terreno, di polvere superficiale e di acque profonde;
- verificare i contributi attuali provenienti dalle fonti di inquinamento esistenti mediante campionamenti di aria e acqua superficiali;
- monitorare la qualità e la quantità delle emissioni gassose e particolate al camino, liquide (scarichi idrici) e solide (ceneri e residui da smaltire) provenienti dall'impianto.

I campionamenti fatti fino ad ora sono tre, nel 1994, nel 1996 e nel 1997, in 70 punti all'interno del territorio comunale e dei comuni di Calcinato e Castenedolo. E' prevista un'ulteriore indagine sui terreni già sottoposti ad indagine nelle tre precedenti tornate con ricerca nei terreni raccolti dei metalli pesanti, radioattività e composti organici clorurati.

Nella prima fase di avviamento dell'impianto terminata nel giugno 1998 si è verificato che fossero in funzione gli strumenti di rilevazione in continuo dei parametri prestabiliti vale a dire CO, HCl, NO_x, polveri, SO_x e SOV. Data la non completa disponibilità dei dati per le fermate dell'impianto nel periodo sperimentale si sono raccolti i dati con il sistema della centralina mobile.

Le indagini sono state effettuate dall'Azienda Sanitari Locale di Brescia e dal Presidio Multizonale di Igiene e Prevenzione (PMIP). I risultati delle indagini sono riportati nelle relazioni ufficiali dell'ASL al Sindaco [8, 9].

Descrizione dell'impianto

Il Termoutilizzatore è un impianto di grandi dimensioni e di notevole complessità. Si pensi che in alcune fasi della realizzazione il cantiere contava la contemporanea presenza di quasi 600 addetti di più di 20 ditte diverse.

In questo capitolo e nel successivo vengono sintetizzati gli aspetti principali del funzionamento dell'impianto e l'entità dei flussi energetici e di materiali che avvengono al suo interno.

3.1 La scelta del sito dell'impianto

L'individuazione del sito del Termoutilizzatore è stata una delle fasi più importanti dell'intero progetto per la costruzione dell'impianto, come ampiamente spiegato nella relazione di Compatibilità Ambientale [10].

Si è pervenuti ad essa tramite una sistematica procedura di selezione all'interno dell'intero territorio comunale dato che la legge regionale 37/88 aveva stabilito la localizzazione dell'impianto nel territorio del Comune di Brescia.

A tale proposito è stato ritenuto determinante il parere espresso dalla Commissione tecnico-scientifica istituita dall'amministrazione comunale per l'esame e la valutazione della proposta di realizzazione dell'impianto di termoutilizzazione di rifiuti. La scelta del sito ha impegnato la Commissione per otto sedute dal 28/11/91 al 26/3/92. Si è definito uno schema di analisi e valutazione delle caratteristiche dei siti in base al metodo di confronto "domanda-offerta" secondo il quale si è tenuto conto dei requisiti che l'area doveva avere, in rapporto alle modalità di funzionamento dell'impianto e all'inserimento dell'impianto nel contesto ambientale, e ai requisiti dell'offerta, vale a dire le caratteristiche territoriali e urbanistiche programmate per la zona. Valutati i luoghi di possibile localizzazione dell'impianto si sono individuati circa trenta siti nella zona sud e sud ovest di Brescia, ridotti dapprima a undici e poi a tre con l'applicazione dei seguenti criteri guida per la scelta: la disponibilità dell'area in relazione agli usi attuali e potenziali, la non interferenza con i piani urbanistici di altri Comuni, l'assenza di valori paesaggistici, la possibilità di riqualificazione urbanistica, l'accessibilità stradale e ferroviaria, la possibilità di collegamento alla rete di teleriscaldamento presente nella città di Brescia,

la possibilità di collegamento alla rete elettrica e alla rete gas. Sui tre siti rimasti, "sito2b" "sito4" e "sito 6adb", si è effettuata un'analisi comparativa relativa ai volumi di traffico causati dal trasporto dei rifiuti nel caso di costruzione dell'impianto. Ritenuti idonei il "sito 2b" e il "sito 4", si è proceduto a confrontarli sulla base di quattro criteri principali. Per i criteri di "non interferenza del sito con gli usi attuali e futuri dell'area" e di "riqualificazione dell'area", entrambi i siti possedevano elementi favorevoli; per il criterio relativo alla "possibilità di collegamento con le reti tecnologiche" e per il criterio di "valutazione economica della localizzazione", il sito 4 è risultato più favorevole perché consente la realizzazione di un impianto con rendimento elettrico superiore per la possibilità di collegarsi al ciclo termico della Centrale Lamar-mora; la maggior produzione elettrica è stimata intorno al 3% e il beneficio che ne deriva è anche ambientale grazie alla quantità di emissioni evitate dagli impianti che dovrebbero produrre la stessa maggiore quantità di energia.

Si è giunti così alla definitiva individuazione del luogo idoneo dove attualmente sorge il Termoutilizzatore, in linea con gli obiettivi del progetto e con la possibilità di una parallela rivalutazione dell'ambiente.

Il progetto architettonico dell'impianto e il suo inserimento nel paesaggio sono stati sviluppati congiuntamente fin dalle fasi iniziali, affinché gli edifici tenessero conto dell'ambiente esterno nel quale sarebbero venuti a collocarsi. L'idea di fondo è stata quella di conseguire un armonico inserimento nel contesto ambientale: da qui una particolare cura per gli aspetti architettonici, le forme e i colori.

3.2 Il percorso dei rifiuti nell'impianto

Il Termoutilizzatore dell'ASM di Brescia è un impianto di produzione combinata di energia elettrica e di energia termica per il teleriscaldamento che utilizza come combustibile rifiuti solidi urbani, rifiuti solidi assimilabili agli urbani e fanghi disidratati provenienti da impianti di depurazione delle acque reflue.

Le principali parti che lo costituiscono sono:

- le opere civili;
- il sistema di ricezione rifiuti urbani e rifiuti assimilabili agli urbani, con sistema di pesatura;
- un bunker di stoccaggio rifiuti con un volume utile di 30000 m³ e adiacente locale di scarico;
- due generatori di vapore che vengono alimentati dai rifiuti provenienti dal bunker;
- il ciclo termico, la turbina a vapore e l'alternatore comune alle due linee;

- un condensatore ad aria in grado di condensare il vapore scaricato dalla turbina ma dimensionato per funzionare anche con turbina esclusa per avaria o manutenzione;
- un gruppo di tre scambiatori di calore vapore/acqua teleriscaldamento (di cui solo due normalmente in funzione) che utilizzando tre spillamenti di vapore parzialmente espanso in turbina permettono di aumentare il rendimento complessivo dell'impianto;
- due sistemi di trattamento fumi con annesso sistema di stoccaggio e scarico;
- un sistema di inertizzazione ceneri che utilizza silicato di sodio e cemento;
- un bunker di stoccaggio scorie di combustione con annesso sistema di caricamento autocarri per l'evacuazione;
- l'impianto elettrico;
- il sistema di strumentazione, automazione e supervisione;
- il sistema di controllo in continuo delle emissioni;
- un laboratorio chimico;
- i gruppi elettrogeni di emergenza;
- un camino in cemento armato alto 120 m contenente tre linee di evacuazione fumi;
- tutti quei sistemi ausiliari che permettono il normale funzionamento di un impianto industriale.

L'impianto è predisposto per ospitare un terzo gruppo generatore di vapore analogo ai due già installati (gli spazi del bunker e dell'impianto tengono già conto di questa eventualità) ed anche la turbina risulta dimensionata per assumere un carico maggiore di quello relativo a due gruppi in esercizio.

3.3 Descrizione tecnica delle parti principali dell'impianto

Per passare alla descrizione tecnica dettagliata delle principali parti d'impianto è utile seguire il semplice schema di principio in Figura 3.1 in cui è possibile identificare i principali flussi di materia e di energia che caratterizzano l'impianto.

Inizialmente ci si limita ad una descrizione qualitativa fornendo dati tecnici sugli impianti e successivamente verrà analizzato il processo dal punto di vista quantitativo nel paragrafo dedicato al bilancio di massa e di energia.

Questo schema, semplice e immediato, sintetizza il percorso dei rifiuti nell'impianto dall'ingresso fino al trattamento fumi. E l'analisi fa altrettanto.

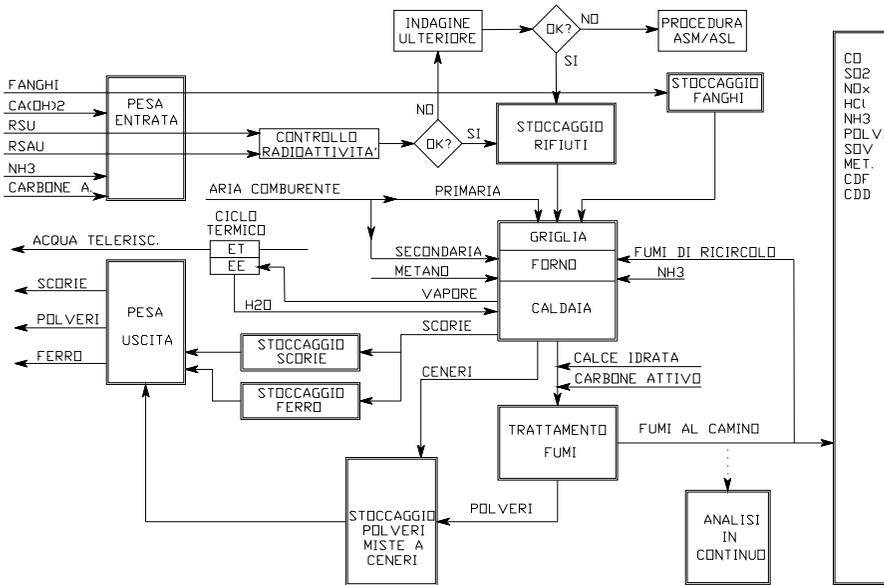


Figura 3.1: Diagramma di flusso di materiali ed energia nell'area del Termoutilizzatore.

3.3.1 Ingresso

L'automezzo che trasporta i rifiuti arriva all'area Pesa del Termoutilizzatore, edificio 8, dove viene sottoposto all'attività di pesatura e di riconoscimento del veicolo tramite il codice identificativo del mezzo e del tipo di rifiuto. Vi sono tre pese per i veicoli in ingresso e due pese per i veicoli in uscita. La lunghezza massima è di 24 metri e la portata di 60 tonnellate. La posizione delle pese è stata scelta in modo da permettere un flusso scorrevole dei veicoli. La pesatura riguarda anche tutti i materiali che entrano ed escono dall'impianto, vale a dire, oltre ai rifiuti e ai fanghi disidratati derivanti da impianti di depurazione delle acque reflue, reagenti, scorie, ferro, ceneri, materiali recuperati e materiali da inviare in discarica. I tempi medi di pesatura in ingresso sono di 2 minuti e quelli di uscita di 30 secondi.

3.3.2 Controllo radioattività

Oltrepassata l'area della pesa, in corrispondenza dei portali per il controllo della radioattività, l'automezzo rallenta la sua corsa per permettere il monitoraggio dei rifiuti trasportati.

Nel caso di esito positivo, prosegue verso l'edificio 1, denominato Locale Scarico Rifiuti. Se i portali rilevano presenza di materiale radioattivo il camion viene isolato e sottoposto a controlli più approfonditi per determinare la fonte di radioattività e, a seconda del tipo di isotopo individuato, viene sottoposto a trattamento di localizzazione della fonte prescritto da apposite procedure dopo aver lasciato trascorrere il tempo necessario per il decadimento delle radiazioni e dopo averlo svuotato dei rifiuti che possono essere bruciati.

I rivelatori utilizzati sono del tipo a stato solido. Con questo termine si indicano certi tipi di sostanze cristalline in cui l'esposizione alla radiazione ionizzante dà luogo ad effetti misurabili.

Quelli installati al Termoutilizzatore sono a scintillazione e utilizzano cristalli plastici. Il principio su cui si basano è quello della rivelazione della luce di fluorescenza che viene emessa quando un elettrone ritorna dalla banda di eccitazione a quella di valenza. L'impulso luminoso viene rivelato mediante un fotomoltiplicatore che lo converte in impulso elettrico il quale viene poi amplificato.

Questi rivelatori non sono in grado di differenziare il radionuclide, non importante in questa fase, ma solo la presenza di energia radiante.

Il sistema di rivelazione è asservito ad un sistema computerizzato il cui software gestisce le misure cercando di limitare al massimo i falsi allarmi, monitorando costantemente la radiazione di fondo e riferendo ad essa le misure.

Il sistema ha dimostrato finora di funzionare egregiamente.

In più di un anno di funzionamento gli allarmi intervenuti sono tutti riferibili a traccianti radioattivi utilizzati per indagini strumentali mediche come la scintigrafia ossea, la cui carica energetica, già bassa, si dimezza in tempi molto brevi. Tali traccianti vengono eliminati dal nostro organismo attraverso le mucose, il sudore e le urine andando a "contaminare" gli oggetti di uso comune che possono finire nel cassonetto. E' capitato così che un camion venisse svuotato per indagare le ragioni dell'intervenuto allarme, e la ricerca manuale con strumento portatile portasse ad individuare come "fonte radiante" un paio di ciabatte da donna del tipo utilizzato in ospedale, in un altro caso venne trovato un pannolino, e in un altro ancora una garza con piccola macchia di sangue utilizzata probabilmente per tamponare l'estrazione di un ago dalla vena.

I ritrovamenti effettuati sono compatibili con un giudizio di buona efficienza del sistema e di un basso rischio di contaminazione proveniente dai rifiuti.

3.3.3 Zona di scarico RSU

Nell'edificio 1 gli automezzi effettuano le manovre di scarico all'interno della zona di stoccaggio, denominata bunker o edificio 2. La Figura 3.2 mostra una sezione della zona di scarico RSU e del bunker di stoccaggio.

Situata a quota +7 m, la zona di scarico si sviluppa per tutta la lunghezza del bunker, nel quale sono state ricavate 17 bocche di scarico.

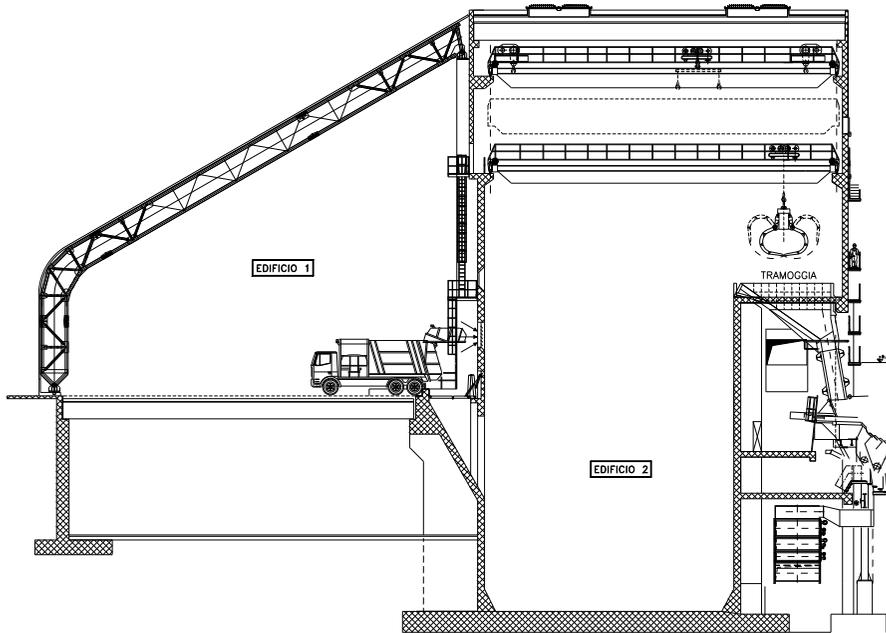


Figura 3.2: Sezione della zona di scarico RSU e del bunker di stoccaggio.

Esiste un'altra bocca, più grande delle altre, munita di portellone ribaltabile utilizzabile per esigenze particolari di movimentazione dei rifiuti.

Le 17 bocche sono munite di un sistema di chiusura a fisarmonica comandato da un pistone oleodinamico. L'operatore al carroponte decide quali bocche abilitare allo scarico ed un sistema automatico di semaforizzazione gestisce il traffico dei camion in entrata autorizzando lo scarico nelle corsie disponibili.

Gli automezzi entrano a scaricare nell'ingresso ovest e lasciano l'edificio da quello est in modo che gli intralci al traffico nell'edificio siano limitati.

A questa quota è stata anche ricavata la zona di scarico fanghi biologici, stoccati in due sili di 300 m³ al piano inferiore.

A quota -3 m, nel lato ovest, è stato ricavato lo spazio per lo stoccaggio dei fanghi biologici di depurazione delle acque di fognatura e del relativo sistema di spinta.

3.3.4 Il bunker di stoccaggio rifiuti

Il bunker di stoccaggio rifiuti (Figura 3.2) è stato generosamente dimensionato per far fronte alle esigenze di alimentazione di tre generatori di vapore (due costruiti e uno possibile in futuro).

La zona utilizzabile per lo stoccaggio dei rifiuti ha uno sviluppo in lun-

ghezza di circa 95 m, una larghezza di 18 m e uno sviluppo in altezza di 24 m considerando il filo della tramoggia (da quota -9 m a quota +15.1 m). Il volume netto disponibile corrisponde a più di 41 000 m³, naturalmente non tutti utilizzabili per lo stoccaggio visto che il piano di scarico rifiuti è posto a quota +7 m. Se si usa l'accorgimento di chiudere alcune bocche di scarico e di accumulare di fronte ad esse, tramite la benna, i rifiuti scaricati nelle bocche lasciate aperte, è possibile considerare come circa 30 000 m³ il volume disponibile per lo stoccaggio. Questo volume fornisce il sistema di una notevole inerzia di funzionamento, consentendo una gestione più tranquilla dell'esercizio sia nel caso di funzionamento a carichi ridotti, e quindi con velocità di conferimento di rifiuti più elevate di quella di smaltimento, sia nel caso in cui, per qualsiasi motivo, il conferimento dei rifiuti debba cessare per qualche giorno (scioperi, festività ecc.).

A quota tramoggia +14.1 m (il filo tramoggia è un metro più alto) il bunker si allarga a circa 26 m e in questa striscia di circa 8 m sono sistemate le tramogge e una delle due cabine di comando.

Lo scartamento delle vie di corsa dei carriponte è di 25 m e queste sono poste ad una quota di +22 m (6 m al di sopra del filo tramoggia).

I carriponte per la movimentazione rifiuti sono due e sono muniti di benna a polipo a sei valve di tipo semi aperto, del peso di 5 930 kg. Progettata per una densità massima del rifiuto di 1 t/m³, la benna ha un volume di carico di circa 10 m³; il funzionamento è oleodinamico ed ha un ingombro di 3.85 m chiusa e di 5.19 m aperta.

Un terzo carroponte è posto nella zona iniziale del bunker, zona con una altezza maggiore, ed è un carroponte utilizzato per la manutenzione degli altri due. In particolare permette lo scavalco di un carroponte di esercizio sull'altro per portarlo in zona manutenzione.

Sui due lati corti del bunker sono ricavate aree per il posizionamento benna e sono posizionati portelloni scorrevoli che permettono di calare la benna all'esterno per le esigenze di manutenzione.

Il bunker viene mantenuto costantemente in leggera depressione dall'aspirazione di aria comburente delle caldaie tramite apposite bocche ricavate nella parte alta.

Un sistema di antincendio ad acqua, con quattro cannoncini antincendio motorizzati comandabili dalla cabina bennista e sei manuali comandabili dall'esterno, permette di eseguire un tempestivo intervento in caso di incendio dei rifiuti.

Un sistema automatico sprinkler protegge i carriponte da surriscaldamenti in caso di incendio.

3.3.5 Cabine comando carroponte

Le cabine sono due, munite entrambe di due postazioni identiche di comando. Sono costruite in profilato di acciaio su cui sono state montate ampie vetrate che permettono un completo controllo della zona di scarico rifiuti e delle tra-

mogge di caldaia. L'ambiente viene mantenuto in leggera pressione e questo garantisce che non ci possano essere rientranze d'aria dal bunker.

I bennisti hanno il controllo dell'impianto semaforico esterno e dalla loro postazione possono abilitare o disabilitare le diciassette bocche di scarico. Quattro monitor, su cui è possibile selezionare le varie telecamere dell'impianto, vengono utilizzati per controllare la zona di scarico e le tramogge di carico caldaia.

Un PC interfacciato con il sistema di supervisione permette agli operatori di controllare direttamente il "trend" di una serie di parametri di caldaia e dei fumi.

Fra questi, carico caldaia, concentrazione di HCl in caldaia e temperatura camera di combustione, sono quelli che in modo più immediato possono fornire informazioni sulla qualità del combustibile e sulla sua omogeneità.

La fase di caricamento tramoggia è infatti un'operazione delicata e la sua preparazione attraverso l'adeguata omogeneizzazione dei rifiuti è molto importante al fine di stabilizzare la regolazione di carico e di abbattimento degli inquinanti. Il sistema, dotato di grande inerzia e di basse velocità di intervento della regolazione rispetto a generatori di vapore tradizionali, mal sopporta brusche variazioni di composizione del combustibile che si traducono in altrettante brusche variazioni sul carico di caldaia e sulla produzione di HCl (brusche variazioni del potere calorifico sono quasi sempre imputabili alla presenza di concentrazioni di plastiche e il PVC è il principale responsabile della produzione di HCl in camera di combustione).

Compito principale degli operatori al carroponte è quindi quello di alimentare le caldaie con un combustibile il più omogeneo possibile. Il livello di conferimento, basso se rapportato allo sviluppo in altezza del bunker, obbliga, per liberare le bocche di scarico, ad un primo spostamento e rimescolamento del rifiuto; successivamente nei tempi morti l'operatore si deve occupare di perfezionare l'operazione di omogeneizzazione rifiuti prima della loro introduzione in caldaia.

Nella cabina è installato anche il sistema di pesatura dei rifiuti introdotti nelle due camere di combustione. Sui carrelli del carroponte sono montate delle celle di carico che acquisiscono il peso del rifiuto in automatico quando la benna si trova sulla tramoggia di caldaia e, sempre automaticamente, lo comunicano al sistema di supervisione in sala controllo. Nella cabina resta comunque la registrazione cartacea delle operazioni.

3.3.6 Il combustore

La camera di combustione (vedi Figura 3.3) è completamente schermata da pareti membranate costituite da tubi d'acqua tra loro saldati in modo da realizzare una completa tenuta di gas.

Le pareti laterali, la parete frontale, la parete posteriore e il cielo della camera di combustione sono completamente rivestiti all'interno con refrattario progettato per resistere a temperature dei gas di oltre 1100°C.

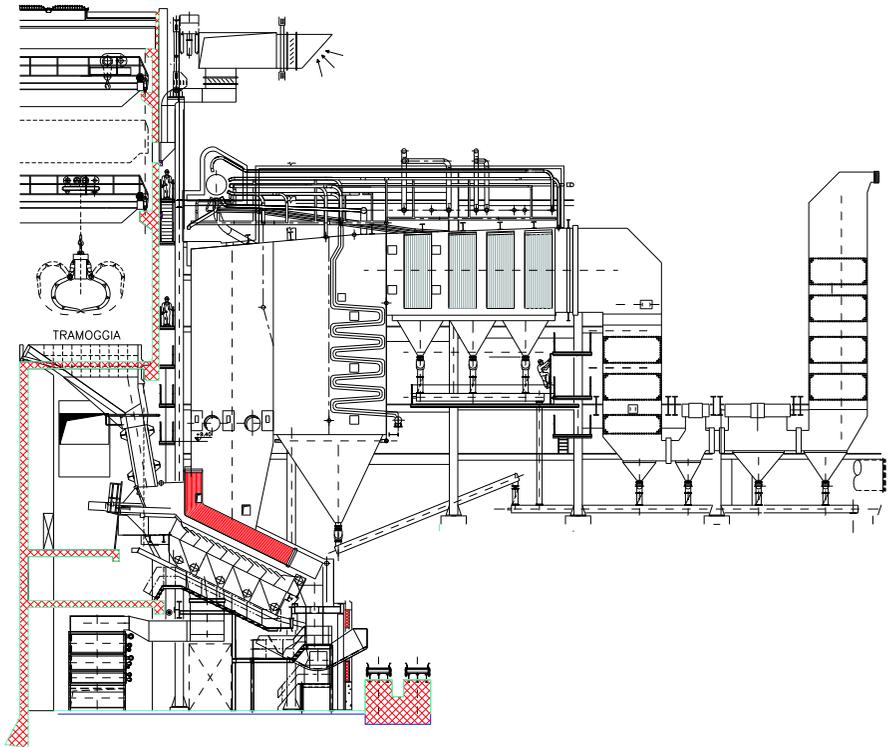


Figura 3.3: Sezione della griglia, della camera di combustione, e della caldaia.

Questo per ridurre i problemi di sporco e di corrosione dei tubi di parete.

Nella zona del forno dove la combustione raggiunge le temperature più elevate, sulla parete frontale e sulla parete posteriore sono presenti una doppia fila di ugelli per l'aria di postcombustione e per il ricircolo fumi. Questo sistema evita la stratificazione di sostanze incombuste e assicura la massima efficienza di combustione.

I volumi della camera di combustione sono:

Volume (primo passaggio fumi)	1101 m ³
Volume camera di postcombustione	460 m ³

Nelle pareti laterali a quota +9.4 m, sono installati due bruciatori in grado di funzionare a metano o ad olio combustibile denso. Vengono utilizzati in fase di avviamento o di fermata ed intervengono in automatico nel caso che la temperatura di camera di combustione scenda al di sotto della temperatura minima di funzionamento.

A circa 15 m sopra la griglia sono ricavati gli alloggiamenti per le lance del sistema di iniezione ammoniacca in soluzione acquosa al 25% per la riduzione degli ossidi di azoto.

3.3.7 La caldaia

I generatori di vapore dell'impianto sono del tipo a radiazione, a tubi d'acqua verticali con un corpo cilindrico, a circolazione naturale bilanciata.

Configurazione di caldaia, velocità di flusso, progetto e disposizione delle superfici riscaldanti sono dirette a raggiungere e mantenere temperature dei fumi minori di 650°C all'entrata dei banchi dei surriscaldatori e ad assicurare un adeguato tempo di residenza ai prodotti di combustione.

Le ricerche hanno dimostrato che corrosione e sporco sono controllati quando la temperatura dei fumi all'entrata del surriscaldatore è inferiore alla temperatura di rammollimento delle ceneri che è pari a circa 650°C.

Le velocità in caldaia sono minori di:

- 6 m/s nell'economizzatore, nelle zone radianti e nell'evaporatore;
- 5 m/s nei surriscaldatori;
- 4,5 m/s nella camera di combustione e di post combustione.

Qualche dato tecnico:

- Corpo cilindrico

Pressione di progetto	74 bar
Diametro interno	1100 mm
Lunghezza parte cilindrica	14000 mm
Spessore minimo	30 mm
Volume totale	14 m ³

- Pareti schermanti / banco evaporatore

		1° pass.	2° pass.	3° pass.	banco
		rad.	rad.	rad.	evap.
Superficie di scambio	m ²	622	451	127	748
Diametro esterno tubi	mm	57	57	57	60.3
Disposizione dei tubi		parete membr.	parete membr.	parete membr.	in linea

Anche le pareti schermanti dei passaggi fumi due e tre sono realizzate con pannelli a tubi saldati secondo il procedimento di membranatura per formare un involucro a tenuta di gas. Il procedimento di membranatura consiste nella saldatura continua dei tubi adiacenti mediante l'interposizione di alette di adeguato spessore.

Il banco evaporatore è a convezione, di tipo orizzontale, e ha il flusso del vapore in equicorrente rispetto ai fumi. È costituito da 43 spire multiple saldate con passo trasversale di 300 mm e passo longitudinale di 145 mm

- Surriscaldatori

		1° banco surrisc.	2° banco surrisc.	3° banco surrisc.
Superficie di scambio	m ²	1784	873	853
Diametro esterno tubi	mm	42.4	42.4	42.4
Disposizione dei tubi		in linea	in linea	in linea

Il sistema di surriscaldamento è costituito da tre sezioni, tutte e tre di tipo verticale a convezione. Il primo, suddiviso in due banchi, e il secondo hanno il flusso del vapore in controcorrente rispetto a quello dei fumi, mentre il terzo è in equicorrente.

Il controllo della temperatura vapore avviene tramite un doppio stadio di attemperamento intermedio con iniezione d'acqua. Il primo stadio è sistemato tra il primo e il secondo banco di surriscaldamento e l'altro tra il secondo e il terzo.

Ogni stadio è poi costituito da due desurriscaldatori in parallelo.

- Economizzatore

Superficie di scambio	6056 m ²
Diametro dei tubi	51 mm
Disposizione tubi	in linea

E' del tipo a tubi lisci orizzontali in controcorrente rispetto al flusso dei fumi e suddiviso in sette banchi.

La tramoggia rifiuti è il punto di comunicazione tra bunker e griglia di combustione. Da questa, tramite il canale di carico, viene introdotto un flusso continuo di rifiuti nel combustore.

La progettazione è stata mirata a ridurre al minimo la possibilità di ostruzioni e la formazione di ponti. La lunghezza del canale, più di 4.5 m, è sufficiente ad assicurare, tramite lo strato di rifiuti, un'adeguata tenuta d'aria durante l'esercizio (la caldaia è in tiraggio bilanciato e gestita in depressione) e un'adeguata pressione di alimentazione di rifiuti.

Anche questo è infatti un parametro importante nella regolazione del carico del combustore che è fatto da continue introduzioni di quantità discrete di rifiuti.

Se la densità dei rifiuti è costante risulterà costante, nell'ambito della capacità di omogeneizzazione del sistema, anche la quantità di energia introdotta nell'unità di tempo e quindi anche il carico del combustore.

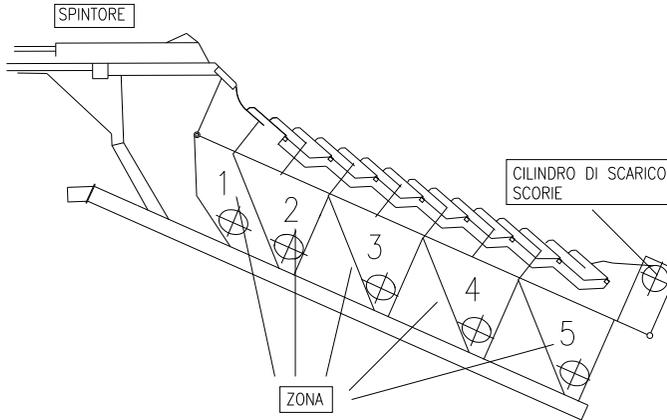


Figura 3.4: Griglia Martin. In evidenza il sistema di compartimentazione dell'aria primaria e la trave che movimentata i gradini.

Ogni tramoggia è dotata di un sistema meccanico ausiliario costituito da una gru a braccio per rompere i ponti e liberare lo scivolo da eventuali ostruzioni.

Sul canale di alimentazione è presente un sistema di chiusura meccanica a serrande per impedire l'ingresso d'aria quando, in avviamento o in fermata, la caldaia è gestita a metano.

Le tramogge di carico e i canali sono costruiti senza parti sporgenti verso l'interno e sono in grado di resistere alle sollecitazioni imposte dallo scarico dei rifiuti dalla benna e ad eventuali calate della benna nella tramoggia. Le zone dei canali soggette a riscaldamento sono protette tramite camicia d'acqua. Tutte le tramogge, portelli e aperture sono a tenuta d'aria.

Attraverso il canale di carico a sezione rettangolare il rifiuto raggiunge quindi la zona di caricamento dove, grazie all'azione di sei spintori, viene gettato sulla griglia.

3.3.8 La griglia Martin

Il sistema di combustione a griglia realizzato dalla Martin ed utilizzato nei combustori dell'ASM di Brescia rappresenta sicuramente un punto di forza dell'impianto, sia per quanto riguarda l'affidabilità e l'elasticità di esercizio, sia per quanto riguarda la precisione di regolazione del carico e delle temperature. La Figura 3.4 mette in evidenza il sistema di compartimentazione dell'aria primaria e la trave che movimentata i gradini.

La progettazione ha tenuto conto di un suo utilizzo in un campo di variabilità elevata del PCI dei rifiuti da bruciare compreso tra le 1500 e 3300 kcal/kg. Il raggiungimento del massimo carico di caldaia è garantito comunque da un

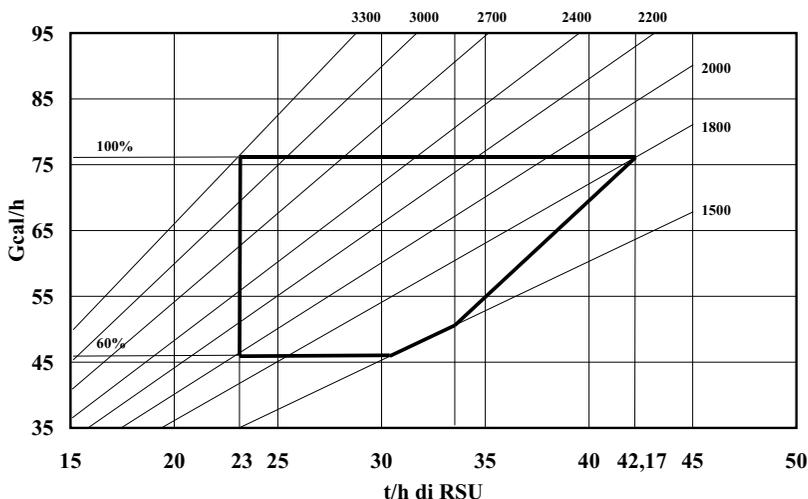


Figura 3.5: Resa termica della griglia Martin in funzione del carico di rifiuti e del loro PCI. I punti di funzionamento sono delimitati dal contorno trapezoidale evidenziato nel diagramma.

PCI minimo di 1800 kcal/kg. In questo punto di funzionamento si raggiungono infatti i limiti del dimensionamento meccanico della griglia, corrispondente ad una portata di rifiuti di 42.17 t/h. Con il PCI massimo di 3300 kcal/kg il massimo carico di caldaia è raggiunto con una portata di 23 t/h di RSU.

La Figura 3.5 mette in evidenza i punti di funzionamento della griglia ai vari carichi con differente PCI dei rifiuti. Il punto di funzionamento della griglia deve ricadere all'interno dell'area trapezoidale evidenziata nel diagramma.

La griglia risulta costituita da un sistema di sei corsie di quindici gradini di ghisa al cromo alternativamente fissi e mobili e che scorrono l'uno sull'altro.

I gradini pari sono appoggiati sulla struttura fissa della griglia mentre quelli dispari, che sono mobili, appoggiano nella parte inferiore su un telaio costituito da traversine collegate alle due barre di movimento laterali, mosse da un pistone idraulico tramite un bilanciere, e strisciano sul gradino fisso per la parte superiore.

L'azione della griglia è determinata dal movimento delle sei corsie che è alternato ossia mentre una si alza l'altra si abbassa, partendo però sempre nello stesso istante (ogni volta si attende che tutte le corsie siano giunte al fine corsa di massimo arretramento o massimo avanzamento prima di consentire nuovamente lo start).

Inclinata di 26°, larga 12.8 m e lunga 7515 m, la griglia offre alla combustione dei rifiuti una superficie utile di 103.04 m² che garantisce un tempo

medio di permanenza del materiale di combustione di circa 60 minuti.

In questo tempo i rifiuti spinti sulla griglia per mezzo dei sei spintori orizzontali che si trovano sotto il canale di carico subiscono un'azione continua di ribaltamento per effetto della composizione delle forze a cui sono soggetti (vedi Figura 3.6), quella verso il basso dovuta alla gravità, e quella verso l'alto dell'azione della griglia.

L'aria comburente che sostiene la combustione, normalmente a temperature intorno ai 130°C, viene insufflata da sotto la griglia in 5 settori indipendenti per ciascuna corsia e la attraversa grazie alle feritoie di circa 2 mm praticate nella zona superiore tra i barrotti. L'aria è regolata singolarmente in ognuno dei 30 settori in cui è divisa la griglia in modo che si mantenga in ogni punto una temperatura di fiamma inferiore a 1100°C, valore ottimale per ottenere una buona combustione senza eccessiva produzione di ossidi di azoto e di ossidi di carbonio.

I cinque settori di compartimentazione della griglia corrispondono ad altrettanti momenti del processo di combustione: nella prima zona avviene l'essiccamento del rifiuto, nella seconda avviene la maggior parte della combustione, nella terza e nella quarta si ha il completamento della combustione di quei rifiuti che hanno un basso potere calorifico o una densità tale da richiedere tempi più elevati per completare la combustione, nella quinta infine avviene il raffreddamento degli inerti.

Per regolare la portata dell'aria in ogni zona c'è una serranda azionata da un attuatore idraulico. Fanno eccezione le serrande della prima e della quinta zona che hanno invece un attuatore comune a tre corsie.

Terminata la combustione le scorie di combustione vengono scaricate in due guardie idrauliche tramite due rulli ad azionamento oelodinamico. Le guardie idrauliche hanno il duplice scopo di raffreddare le scorie e di evitare indesiderati rientri d'aria in camera di combustione con conseguente irregolarità nella regolazione della combustione. Per mezzo di questi due rulli è anche possibile regolare l'altezza delle scorie nella quinta zona in modo da favorire il raffreddamento di queste prima del loro scarico. Sul fondo della guardia idraulica scorre un pistone azionato da un cilindro idraulico con funzione d'estrattore.

Le scorie, per mezzo di trasportatori vibranti, vengono poi inviate al relativo edificio di stoccaggio dopo che un deferizzatore magnetico le ha separate dai residui ferrosi, pronte per essere smaltite come materiale inerte in discarica.

I sistemi di movimentazione e di regolazione della griglia Martin sono idraulici. La regolazione è eseguita da elettrovalvole poste negli armadi nella zona sotto tramoggia e l'olio di potenza è fornito da un package dotato di serbatoio per l'olio, due scambiatori di raffreddamento olio/ciclo chiuso, da 3 pompe di cui due in funzione ed una in *stand by* e dalla strumentazione di comando e controllo.

Un sistema ausiliario molto importante per il funzionamento dell'impianto è quello della pulizia sotto griglia. Dalle fessure tra ciascun barrotto cade la parte più pesante della cenere che non riesce ad essere sostenuta dall'aria primaria e si raccoglie nella tramoggia sotto griglia e da qui, periodicamente ogni 20

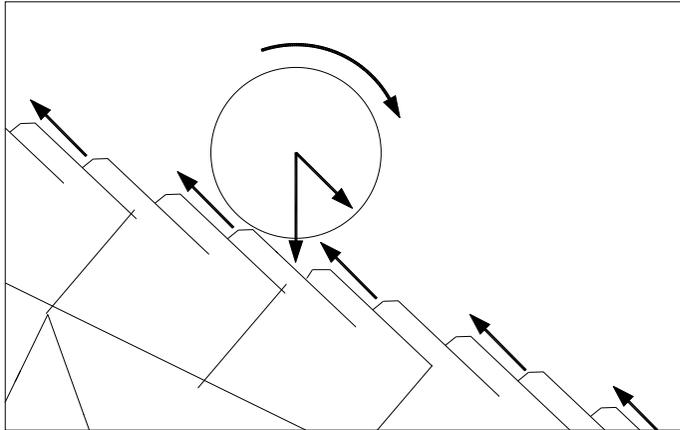


Figura 3.6: Azione della griglia sulla massa di rifiuti in combustione.

o 30 minuti, viene scaricata ed inviata nella guardia idraulica di spegnimento scorie tramite un sistema di soffiatura ad aria. Questo sistema comprende ciascuna delle tramogge sotto griglia più un'ulteriore tramoggia posta sotto la tavola dello spintore che raccoglie l'eventuale particolato che la tavola potrebbe trascinare con sé nella fase d'arretramento.

Il controllo del carico della caldaia e la regolazione della combustione è ottenuto in modo piuttosto complesso controllando contemporaneamente più parametri:

- la velocità di azionamento della griglia;
- il rapporto tra tempo di funzionamento e il tempo di fermata della griglia (tempo di *on*);
- la corsa, la velocità e la sequenza di spinta degli spintori;
- la percentuale di ossigeno residuo all'uscita di caldaia;
- la temperatura della camera di combustione;
- la temperatura fumi ingresso secondo passaggio rilevata con pirometro a infrarossi;
- la distribuzione aria primaria sotto griglia e la sua temperatura;
- la distribuzione e la portata di aria secondaria e fumi ricircolati;
- il controllo della temperatura griglia nelle zone di combustione con termocamera ad infrarossi;
- il controllo dello spessore del letto di combustione;

- il delta tra set portata vapore e variabile misurata.

Sulla griglia di combustione vengono anche bruciati i fanghi biologici provenienti dalla depurazione delle acque di fognatura. Sui due lati della caldaia, un metro circa più in alto rispetto al piano spintori, sono montate le due macchine distributrici di fanghi. Queste, alimentate da gruppi di spinta oleodinamici realizzati sotto i serbatoi di stoccaggio alla quota più bassa dell'edificio 1, sono in grado di distribuire i fanghi sulla superficie della zona 1 e 2 della griglia con portate variabili da 0.6 a 3 m³/h. Anche per queste macchine il sistema motore è di tipo oleodinamico.

La natura molto umida di tale prodotto esige che la temperatura dell'aria primaria di combustione venga innalzata dai normali 130°C fino a 160°C per garantirne una combustione efficace.

3.3.8.1 Gestione della combustione per minimizzare le emissioni

Il sistema di controllo e di abbattimento delle emissioni di un moderno generatore di vapore non può sicuramente prescindere da un progetto che sia attento alla distribuzione dei flussi, al controllo delle temperature e ai tempi di permanenza, e da un accurato controllo della combustione.

Gli inquinanti emessi in atmosfera sono, da una parte, intimamente connessi con la natura del combustibile e del comburente e, dall'altra, con le modalità di combustione.

Questo discorso, che è valido in generale, è tanto più importante per quegli inquinanti su cui non è possibile intervenire per ridurne l'emissione in una fase successiva a quella di combustione.

È il caso dell'ossido di carbonio sul quale è possibile intervenire solo evitando che si formi, controllando le temperature di fiamma (inferiori ai 1100°C), dosando accuratamente l'aria comburente e garantendone la necessaria turbolenza.

Discorso analogo può essere fatto per gli ossidi di azoto, gas tossici che, è noto, causano piogge acide e smog fotochimico. Anche se su questi è possibile intervenire dosando ammoniaca in camera di combustione, è evidente che il sistema migliore per limitare l'inquinamento è quello di non produrli.

Sono due le principali vie di formazione di NO_x nella combustione[11]:

- attivazione termica di azoto N₂ contenuto nell'aria;
- ossidazione di azoto N legato nel combustibile.

Il tasso di azoto nei rifiuti ha una fluttuazione stagionale, stimata tra 1.1% e 1.8%, e, nel caso specifico della combustione di RSU, sembra contribuisca per il 75-80% agli NO_x totali prodotti.

Le possibilità di intervento preventivo passano attraverso l'integrazione delle esperienze fatte sulle caldaie tradizionali:

- bassi eccessi d'aria;

- combustione substechiometrica con introduzione a stadi dell'aria necessaria;
- ricircolo dei gas di scarico;
- limitazione di O_2 nelle zone critiche per la formazione di NO_x ;
- livellamento delle temperature per eliminazione dei punti caldi.

Importante per minimizzare gli impatti, in generale, è l'atteggiamento gestionale teso al miglioramento continuo. Raccogliere dati, sperimentare assetti, e riverificarli nuovamente in campo tramite il monitoraggio continuo al fine di capire quali variabili operative contribuiscono maggiormente alla formazione degli inquinanti deve essere la base di questo processo circolare che è la ricerca del migliore assetto possibile.

Un altro inquinante, diventato tristemente famoso dopo l'incidente di Seveso, e che è il principale spauracchio per le popolazioni dove gli impianti di combustione dei rifiuti vengono installati, è la diossina.

Dietro questo nome si nascondono una serie di composti organici formati da anelli benzenici, le policlorodibenzo-p-diossine (PCDD) e i policlorodibenzo-p-furani (PCDF) la più famosa di questi composti è la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (TCDD) composta da due anelli benzenici con 4 molecole di cloro e due di ossigeno.

Si conoscono tre meccanismi che generalmente producono l'emissione di PCDD/PCDF da un sistema di combustione:

- presenza di PCDD/PCDF nel combustibile e incompleta distruzione durante la combustione;
- formazione nella combustione a causa della presenza di "precursori" nel combustibile;
- bassa temperatura a valle del processo di combustione.

3.3.8.2 Presenza di PCDD/PCDF nel combustibile e incompleta distruzione durante la combustione

In diverse sostanze sono stati rilevati composti di PCDD/PCDF. Se, per qualche motivo, il processo di combustione risulta inefficiente e non viene fornita l'energia e la temperatura adeguata per rompere i legami delle molecole, una porzione di queste sostanze può sfuggire dal sistema e venire immesso in atmosfera.

Il processo di controllo e di ottimizzazione della combustione attraverso la regolazione della miscelazione aria combustibile e della temperatura è comunque sufficiente a distruggere la maggior parte di composti PCDD/PCDF che possono essere contenuti nei materiali originali.

Il contributo all'emissione di diossina in atmosfera di questo tipo di processo, funzione della caratteristica del combustore e del combustibile, è comunque percentualmente piccolo rispetto agli altri due meccanismi di formazione

3.3.8.3 Formazione di PCDD/PCDF nel processo di combustione

Durante il processo di combustione si formano, come prodotti intermedi di reazione, vari anelli di idrocarburi. L'eventuale presenza di cloro in questa fase potrebbe portare alla formazione di PCDD/PCDF. I precursori più frequentemente individuati nel combustibile sono il clorobenzene, il clorofenolo e il policlorobifenile (PCB).

Molti studi hanno dimostrato una forte correlazione tra le sostanze che contengono il cloro e l'emissione di PCDD/PCDF ma la formazione a questo livello è soprattutto da mettere in relazione con la tipologia di combustione.

Diossine e furani vengono generalmente prodotti in grandi quantità durante disturbi della combustione o quando la miscela aria/combustibile risulta essere in difetto d'ossigeno, quando cioè si verificano le condizioni di produzione di alte concentrazioni di composti organici parzialmente combustibili.

Esiste anche una buona correlazione tra CO e PCDD/PCDF quando le emissioni di CO sono alte, fatto che generalmente indica combustione in difetto di ossigeno.

Anche l'insufficiente miscelazione tra aria comburente, combustibile e prodotti della combustione è stata individuata come causa di aumento della produzione di diossine e furani.

Questo sta ad indicare che la potenzialità di emissione di PCDD/PCDF dalla camera di combustione è minimizzabile agendo sulla combustione in modo da ottenere bassi livelli di emissione di CO.

3.3.8.4 Bassa temperatura a valle del processo di combustione

Studi recenti sembrano indicare che la formazione di PCDD/PCDF sia possibile anche a valle del processo di combustione, nei condotti fumi o nei dispositivi utilizzati per abbattere gli inquinanti prima dell'emissione al camino. I dati disponibili sembrano indicare che l'associazione tra strutture aromatiche e il carbonio contenuto nel *fly ash* può produrre PCDD/PCDF reagendo con il cloro inorganico. Questo processo è conosciuto come "de novo synthesis".

La formazione di PCDD/PCDF attraverso la "de novo synthesis" avviene in un range di temperature compreso tra 200°C e 500°C, con la massima velocità di formazione intorno ai 300°C.

3.3.8.5 Tecniche di controllo delle emissioni e applicabilità nel Termoutilizzatore

Da quanto detto appare evidente che in un impianto di combustione in generale ci si deve muovere su tre fronti per controllare le emissioni di diossine e furani:

- ottimizzazione della combustione;
- minimizzazione del trasporto di particolato nei fumi;
- minimizzazione del fenomeno della formazione secondaria a bassa temperatura di PCDD/PCDF.

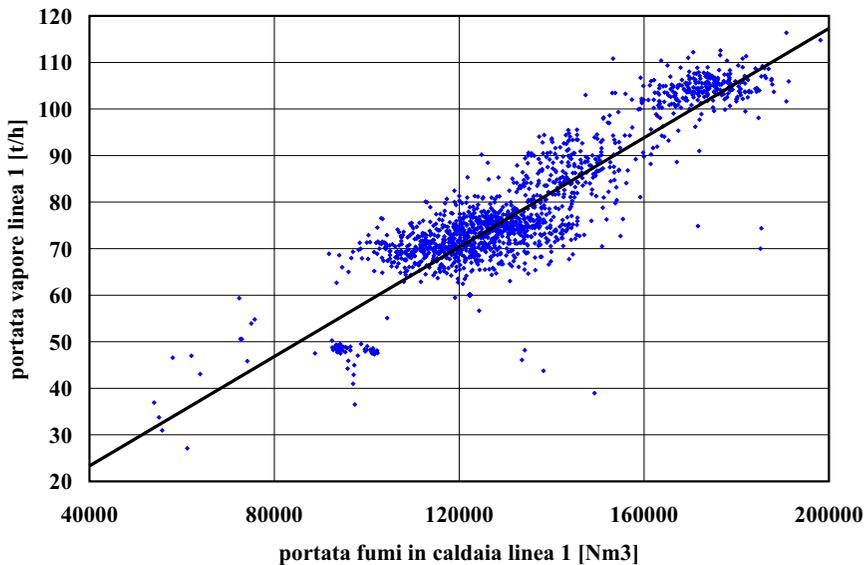


Figura 3.7: Rapporto tra portata vapore prodotto e portata fumi di caldaia.

La minimizzazione della produzione di diossine in camera di combustione è ottenuta, anche nell'impianto di Brescia, controllando e ottimizzando le procedure di alimentazione dei rifiuti, mantenendo le adeguate temperature di combustione, regolando adeguatamente la quantità e la distribuzione dell'aria comburente primaria, secondaria e del ricircolo fumi e la loro miscelazione ai fini di mantenere adeguate turbolenze e per evitare che la combustione si possa interrompere bruscamente sulle pareti del forno.

Seguendo questi accorgimenti è possibile ottenere la completa combustione dei rifiuti e la quasi totale distruzione dei composti organici e di PCDD/PCDF.

I composti organici, compresi PCDD/PCDF, possono esistere anche in fase vapore e possono essere condensati o assorbiti dal particolato leggero quindi la minimizzazione del trasporto delle ceneri nei fumi contribuisce a ridurre l'emissione di PCDD/PCDF. La minimizzazione del trascinarsi di ceneri nei fumi si può ottenere mantenendo carichi appropriati e agendo sulle portate di aria e sulla loro distribuzione.

Per un determinato combustore il flusso totale di aria è direttamente correlato al carico di funzionamento, come ben evidenziato nel grafico in Figura 3.7 relativo ad un mese di esercizio di un gruppo del Termoutilizzatore.

Operando a carichi vicini a quelli limite di progetto anche la portata fumi aumenta proporzionalmente e così pure il potenziale di trasporto di ceneri nei fumi. Quindi una gestione che nei limiti del possibile eviti un esercizio

al carico massimo dei gruppi aiuta sicuramente a minimizzare l'emissione di PCDD/PCDF.

La formazione secondaria di PCDD/PCDF avviene in presenza di eccesso d'aria in un ampio range di temperature, con massima intensità intorno ai 300°C. A temperature maggiori inizia la degradazione termica del PCDD/PCDF, a temperature minori la velocità di formazione diminuisce.

Nel punto di filtraggio del particolato, a temperature fumi comprese tra 150°C e 300°C, la concentrazione di PCDD/PCDF si dimezza ad ogni diminuzione di temperatura di 30°C. Ridurre le temperature al livello minimo possibile compatibile con la gestione dell'impianto riduce la formazione di composti PCDD/PCDF.

Recenti esperienze hanno evidenziato come il dosaggio di carbone attivo nei fumi contribuisca sensibilmente alla captazione dei composti PCDD/PCDF residui.[12]

3.3.8.6 Sistema di iniezione di ammoniacca

Gli interventi sull'ottimizzazione della combustione non riescono comunque ad abbattere il tenore di produzione degli ossidi di azoto al di sotto dei 300 - 400 mg/Nm³. Per abbassare sensibilmente questo livello di emissione, al di sotto dei 100 mg/Nm³, l'impianto utilizza un sistema di riduzione SNCR che impiega una soluzione acquosa al 25% di ammoniacca.

La scelta privilegia una soluzione impiantistica meno impegnativa, rispetto a quella catalitica, a fronte di qualche svantaggio derivante per lo più dalla manipolazione e stoccaggio dell'ammoniacca.

Il sistema, semplice ed efficace, richiede nella sua gestione poche ma importanti attenzioni.

1. Controllo attento del range di temperatura in cui effettuare l'iniezione di NH₃.

La "finestra" di temperatura ottimale entro la quale l'ammoniacca deve essere iniettata per reagire correttamente è compresa tra 850°C e 950°C. Temperature più alte comportano l'ossidazione dell'ammoniacca e quindi l'incremento della produzione di NO_x, temperature più basse impediscono invece all'ammoniacca di reagire con effetto di trascinamento di NH₃ libera nei fumi.

Il grafico in Figura 3.8, ottenuto dai dati dell'impianto, evidenzia questa tendenza.

Per potersi trovare in questo campo di lavoro a tutti i carichi di caldaia è stato studiato un sistema di dosaggio nella camera di combustione a due livelli (un terzo livello è previsto solo come predisposizione impiantistica ma non utilizzato). Quello più basso risulta interbloccato da due rilevatori di fiamma che, se la rilevano, deviano tramite delle elettrovalvole tutto il flusso di ammoniacca sul livello superiore.

Il sistema dei bruciatori ausiliari si occupa di evitare il problema opposto.

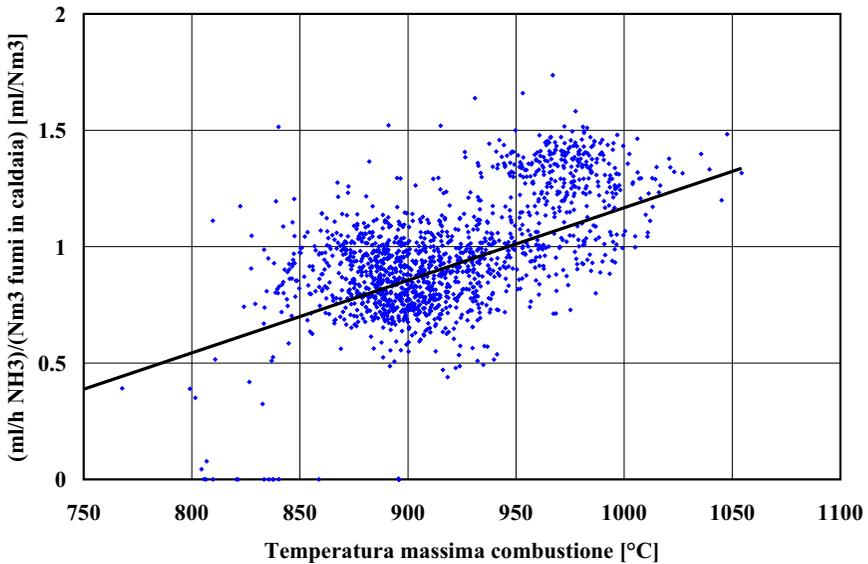


Figura 3.8: Rapporto tra NH_3 residua e temperatura in camera di combustione.

2. Controllo della qualità e dell'uniformità della miscelazione.

Il controllo continuo dei dati sulle emissioni permette di capire se è in atto un deterioramento dell'impianto; portate di ammoniaca in aumento con assetti di combustione costanti e aumenti dell'ammoniaca residua all'uscita di caldaia (vale a dire l'ammoniaca che non ha partecipato alla reazione di riduzione degli NO_x) sono chiari indicatori di malfunzionamento.

Piccoli interventi settimanali di manutenzione preventiva e controlli regolari sulla distribuzione delle portate sono i semplici accorgimenti che evitano il verificarsi di anomalie del sistema.

I grafici successivi sembrano indicare il buon funzionamento del sistema. Il grafico in Figura 3.9 indica chiaramente la tendenza alla diminuzione del tenore di NO_x all'aumentare dei dosaggi di ammoniaca.

Considerare solo questi dati potrebbe però indurre in errore, visto che ci si potrebbe trovare a ridurre il tenore di NO_x a valori molto bassi al prezzo di fughe elevate di NH_3 al camino. Il grafico in Figura 3.10 può aiutarci a verificare questo dubbio.

Pur evidenziando una lieve tendenza in salita, come prevedibile del resto, l'ammoniaca residua non sembra essere particolarmente dipendente dal livello di dosaggio di NH_3 ; questo sta ad indicare che le richieste in aumento del-

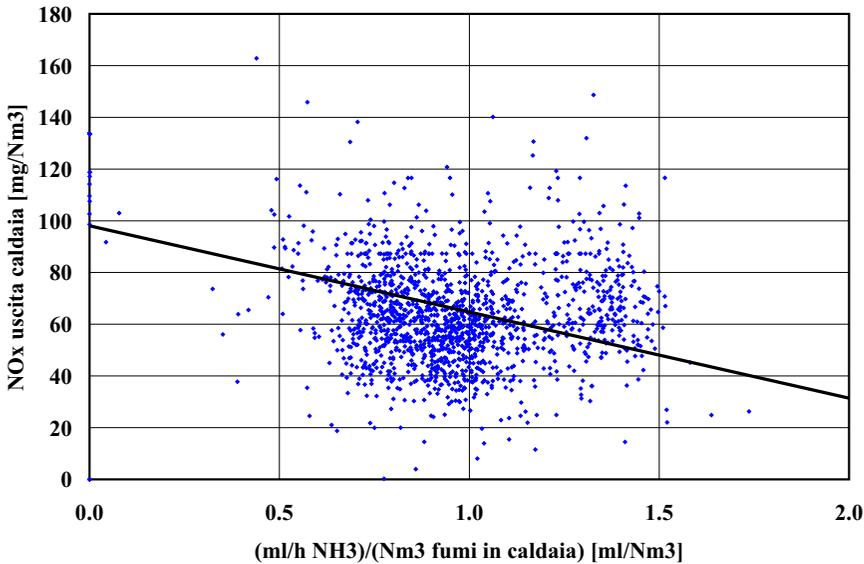


Figura 3.9: NO_x uscita impianto in rapporto con il dosaggio di NH_3 in caldaia.

le portate di NH_3 sono assorbite completamente dalla reazione con gli NO_x dimostrando un buon grado di affidabilità del sistema.

Il sistema di dosaggio NH_3 , uno per ogni caldaia, è costituito da tre pompe volumetriche comandate da un variatore di frequenza; due di queste sono normalmente in funzione e alimentano una la parte destra e l'altra la parte sinistra della caldaia; la terza, normalmente ferma in *stand-by*, parte per il fuori servizio di una delle altre due.

Per atomizzare correttamente l'ammoniaca anche quando è a basse portate, viene utilizzata dell'acqua addolcita mantenuta a pressione costante da due pompe centrifughe (una in funzione e la seconda in *stand-by*) e da una valvola di sfioro. L'acqua svolge anche il compito di raffreddamento degli ugelli di iniezione.

La portata di ammoniaca viene regolata agendo sulla frequenza del motore elettrico accoppiato alle pompe. La differenza di misura tra il valore di emissione degli NO_x e il valore desiderato impostato come *set*, genera un segnale di comando sul variatore di frequenza e quindi una variazione di portata di ammoniaca. Il sistema è però limitato dal controllo dell'ammoniaca residua all'uscita di caldaia per evitare sovradosaggi quando, per mancanza di condizioni ottimali di reazione, la riduzione degli ossidi di azoto non risulta efficace.

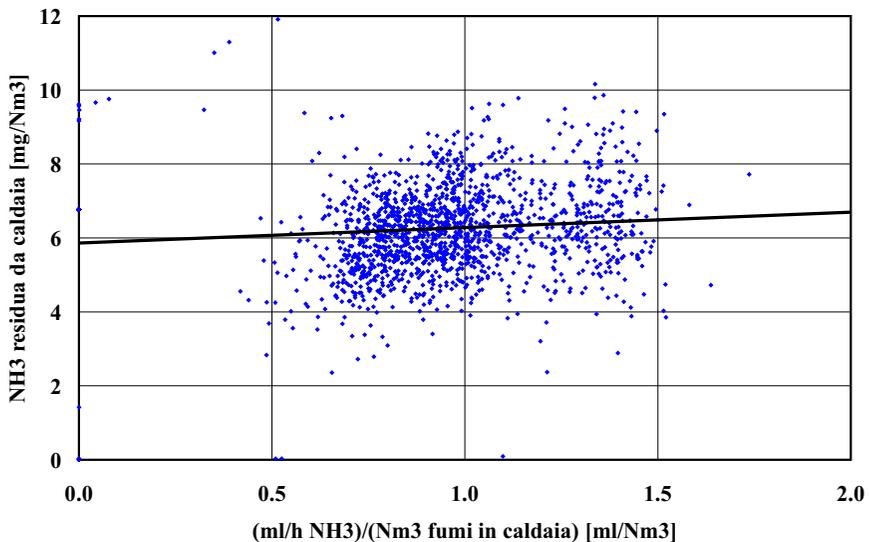


Figura 3.10: NH_3 residua nei fumi in uscita dalla caldaia in rapporto con il dosaggio di NH_3 in caldaia.

3.3.9 Ciclo termico

L'impianto per l'utilizzo dell'energia termica prodotta dalla combustione dei rifiuti è stato realizzato dall'Ansaldo. È costituito essenzialmente, oltre che dai combustori con surriscaldatori ed economizzatori integrati, da una turbina, da tre scambiatori condensatori funzionanti ad acqua telerscaldamento e dal condensatore ad aria.

Lo schema semplificato dell'impianto viene rappresentato nella Figura 3.11.

Il vapore che viene prodotto dalle due caldaie, 106 t/h per gruppo a 450°C e 60 bar di pressione, viene fatto espandere in una turbina Ansaldo del tipo a doppio corpo, a singolo flusso, con scarico al condensatore, con quattro spillamenti di cui solo il primo non è direttamente utilizzabile per il telerscaldamento.

La turbina, del tipo ad azione, è composta da due sezioni corrispondenti rispettivamente ai 17 stadi di alta pressione (AP) ed ai 2 stadi di bassa pressione (BP). Le due casse sono tra loro collegate mediante una tubazione di grande diametro in cui è inserita una valvola di *cross-over* la cui chiusura serve a forzare vapore negli spillamenti. Il vapore è ammesso in turbina tramite una valvola di emergenza e, tramite due rami di tubazione, perviene alle otto valvole di regolazione parzializzatrici. La turbina è inoltre fornita di una valvola che permette un *overload* del 135%.

I dati di progetto della turbina sono:

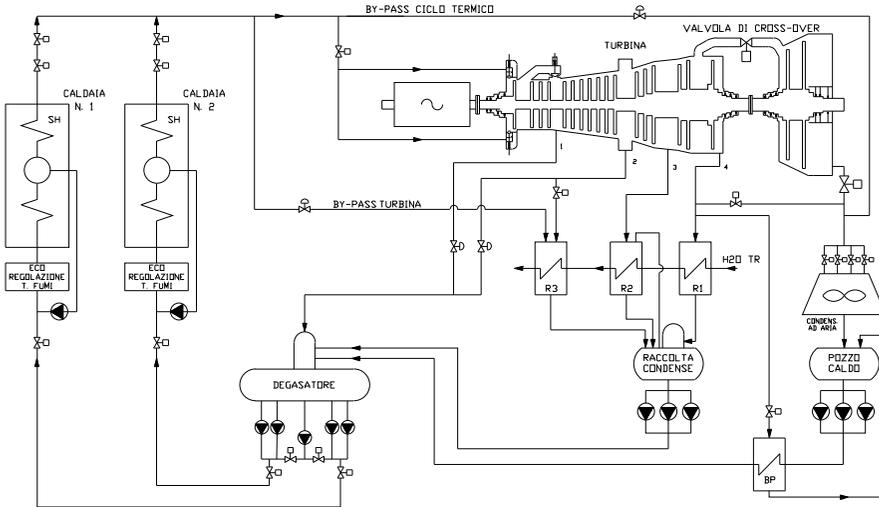


Figura 3.11: Schema semplificato del ciclo termico dell'impianto.

Potenza massima	84 440 kW
Pressione massima vapore ammissione	73.4 bar
Pressione allo scarico	0.17 bar
Numero giri al minuto	3000
Numero degli stadi	19

La turbina è accoppiata ad un alternatore da 95 000 kVA con $\cos \phi = 0.8$.

Lo scarico di macchina viene effettuato su di un condensatore ad aria di marca GEA, costituito da 4 sezioni di scambiatori raffreddati da un flusso di aria forzata da 4 ventilatori per sezione azionati da variatori di frequenza. La condensa viene raccolta in un pozzo caldo di 35 m³ e da qui, attraverso il preriscaldatore di bassa pressione (BP) alimentato dal 4° spillamento, rilanciata al degasatore. Sul pozzo caldo è installato anche il sistema di estrazione degli incondensabili e l'eiettore di avviamento.

Nel caso di fuori servizio della turbina al condensatore possono arrivare direttamente, tramite valvole di riduzione con attemperamento, i flussi di vapore dalle due caldaie.

I dati di progetto del condensatore sono:

Temperatura di riferimento	20° C
Pressione barometrica	1013 mbar
Portata del vapore	170 t/h
Titolo del vapore	88.1
Duty	86 Gcal/h
Pressione del vapore	95 mbar

Al secondo, terzo, e quarto spillamento di turbina sono collegati tre scambiatori di calore con il teleriscaldamento. Gli scambiatori R1 e R2, collegati rispettivamente al 4° e al 3° spillamento sono sempre in scambio, mentre lo scambiatore R3, in collegamento con il 2° spillamento, viene normalmente escluso ma consente, in caso di necessità, di far fronte a richieste di picco di energia termica. È inoltre possibile il *by-pass* completo della turbina inviando direttamente il vapore di caldaia allo scambiatore.

Gli scambiatori R1 e R2 sono uguali, hanno una potenzialità di 79 MW e una superficie di scambio di 4037 m². Lo scambiatore R3 ha una potenzialità di 203 MW. Le condense di questi scambiatori vengono raccolte in un pozzo caldo degasante da 50 m³ e da questo inviate al degasatore.

Il degasatore, alimentato dal 1° e 2° spillamento, raccoglie le condense di centrale nel suo serbatoio da 187 m³ e da qui le pompe di alimento le rilanciano alle caldaie.

Ogni caldaia è alimentata da due pompe di alimento di cui una normalmente in servizio e una in *stand-by*. Una quinta pompa, accoppiata ad una turbina a vapore, serve a gestire l'emergenza del fuori servizio di un intero gruppo di pompaggio. La pressione di alimento era intorno a 90 bar (anche durante le prove di collaudo) ma una recente modifica l'ha ridotta a 70 bar.

La regolazione del sistema è relativamente semplice. La turbina tiene costante la pressione delle caldaie parzializzando le valvole di ammissione ed effettuando uno sfioro sul vapore. La regolazione della temperatura del teleriscaldamento è ottenuta parzializzando il *cross-over* mentre la pressione di scarico turbina è regolata, secondo una curva funzione del carico caldaia, dalla variazione di velocità dei ventilatori del condensatore ad aria. Nel caso di *cross-over* completamente chiuso e di temperature esterne basse è prevista l'esclusione progressiva delle sezioni del condensatore ad aria.

3.3.10 Trattamento fumi

Anche in questo caso è utile fare precedere la descrizione dell'impianto da un semplice schema di principio che schematizzi il sistema.

Per interpretare correttamente la Figura 3.12 è necessario tenere presente che tutte le parti di impianto indicate sono "in doppio", una per ogni linea, ad eccezione dei sistemi delle scorie di fondo caldaia, di deferrizzazione, e di stoccaggio, trattamento e scarico polveri del filtro a maniche che sono condivisi dalle due linee.

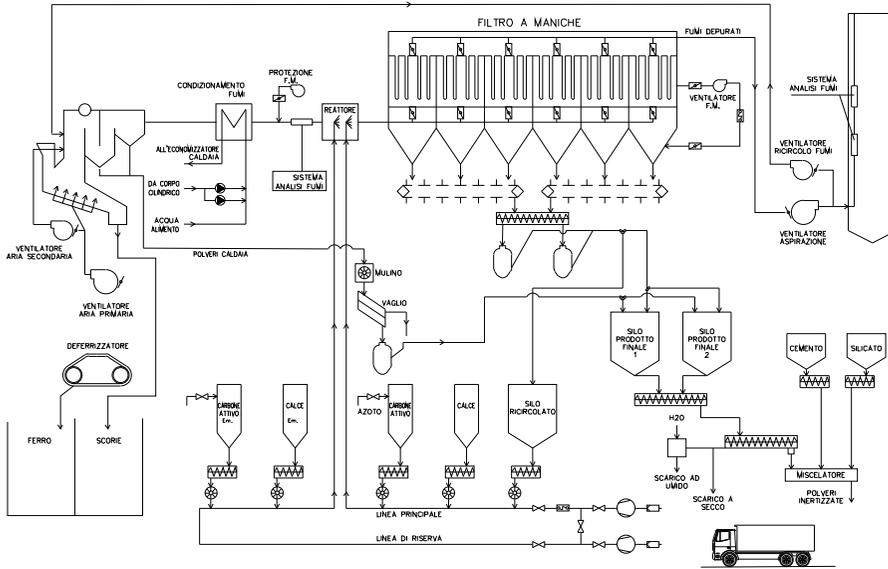


Figura 3.12: Schema semplificato del trattamento fumi.

Il sistema di trattamento fumi a secco, basato sull'introduzione di calce idrata e carbone attivo a monte del filtro a maniche, si è dimostrato dotato di un'elevatissima efficacia nel trattenere le polveri provenienti dalla combustione.

I fumi di caldaia, che dopo aver attraversato i banchi dell'economizzatore di caldaia hanno una temperatura intorno ai 180-200°C, vengono diretti verso un altro sistema economizzatore, il Fläkt, composto da sei banchi di tubi lisci, di cui l'inferiore può essere bypassato attraverso valvole manuali. Corredato di un sistema di pulizia a sfere di acciaio che garantisce che l'accumulo delle ceneri sulle pareti dei tubi sia minimo per mantenere alta l'efficienza del recupero termico, esso permette di regolare la temperatura dei fumi in ingresso al filtro a maniche per mezzo di un gruppo di due pompe di ricircolo che aspirano acqua dai tubi di caduta principali del corpo cilindrico. Le pompe vengono azionate da un variatore di frequenza il cui *set* di velocità è impostato dal sistema di misura dell'umidità relativa dei fumi in ingresso al filtro a maniche, che lo converte in un *set* di temperatura dei fumi.

Affinché la reazione di riduzione degli acidi sviluppatasi in camera di combustione avvenga con una buona efficienza, è necessario mantenere un certo livello di umidità nei fumi. Livello che però non può essere spinto oltre certi limiti se si vogliono evitare i fenomeni di formazione di polveri appiccicose dovuti all'igroscopicità di sali come il cloruro di ammonio, il cloruro di calcio e

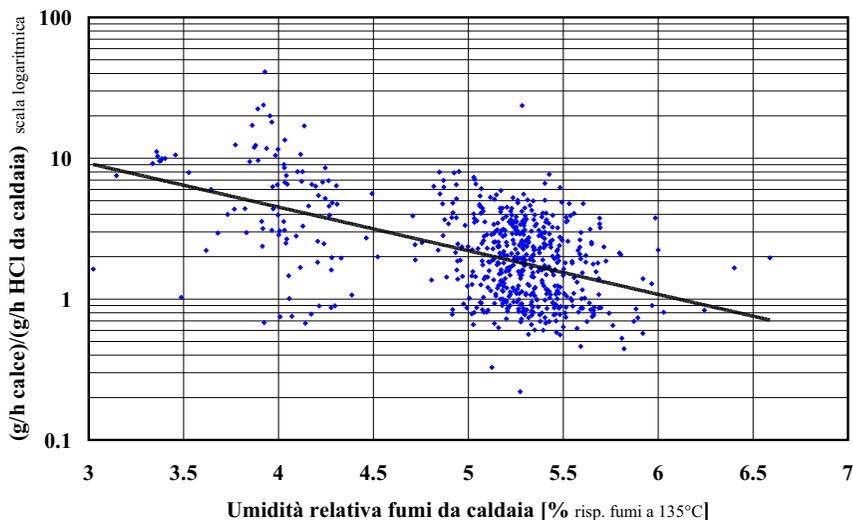


Figura 3.13: Rapporto fra consumo di calce e concentrazione di HCl nei fumi trattati in funzione dell'umidità relativa dei fumi in ingresso al trattamento (a 135°C).

il solfato di calcio, che potrebbero intasare le maniche e creare grossi problemi nei sistemi di trasporto e stoccaggio polveri.

In fase di progetto e successivamente con verifiche in campo, si è evidenziato che mantenere un'umidità relativa intorno al 5% rappresenta un buon compromesso tra le due opposte esigenze. È utile a tale proposito osservare il grafico in Figura 3.13.

I dati, desunti in un mese di esercizio con campionamenti ogni mezzora, evidenziano chiaramente che spostarsi verso livelli di umidità relativa elevati significa ottenere consumi di calce minori per ogni unità di HCl prodotta.

I fumi lasciano l'economizzatore ad una temperatura intorno ai 135°C e prima di immettersi nel filtro a maniche vengono addizionati di calce idrata e carboni attivi in un apposito reattore.

Il reattore è composto da un ciclone e da due ugelli d'iniezione, è inserito sul condotto fumi poco prima del filtro a maniche e serve per miscelare i reagenti in modo uniforme nei gas, evitando la formazione di depositi all'interno del condotto fumi.

Due soffianti (una di riserva all'altra) e due linee separate di trasporto, una normale ed una di emergenza, interconnesse tra loro in modo che ogni soffiante possa operare su entrambe le linee, si occupano dell'introduzione dei reagenti nel circuito.

La linea principale è munita di un sistema di riscaldamento che mantiene

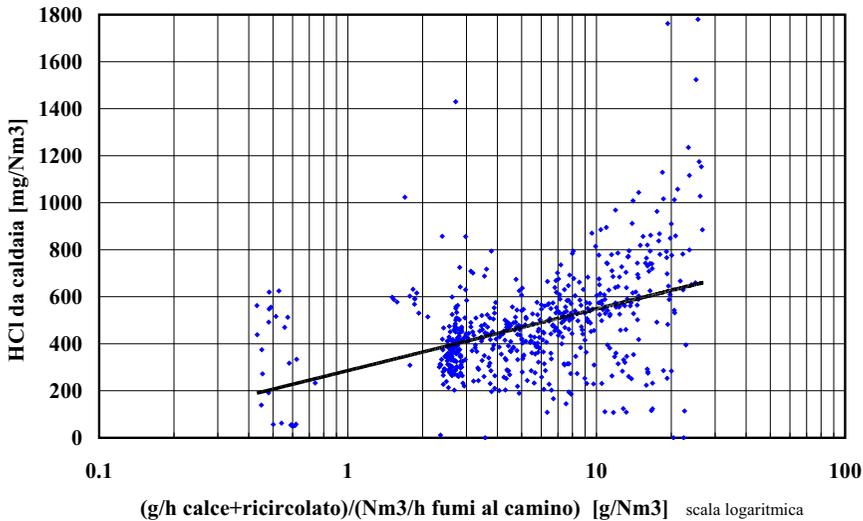


Figura 3.14: Dosaggio di calce più ricircolato in funzione della concentrazione di HCl dalla caldaia.

la temperatura oltre i 60°C per evitare problemi d'impaccamento dovuti alle caratteristiche igroscopiche del CaCl_2 (cloruro di calcio) presente nel prodotto ricircolato. Nel reattore viene infatti introdotto anche una parte di prodotto proveniente dal filtro a maniche. Infatti la calce idrata viene dosata in quantità ponderali maggiori di quelle stechiometriche teoricamente richieste dagli acidi presenti nei fumi, quindi il prodotto del filtro a maniche contiene ancora buone quantità di calce che non ha reagito nella reazione di abbattimento.

La portata del ricircolato introdotta è proporzionale alla portata della calce, che a sua volta è funzione della misura di HCl al camino. Si veda a questo riguardo il grafico in Figura 3.14.

Normalmente calce e ricircolato sono nel rapporto di 1 a 5. Questo permette anche di fornire il sistema di un'inerzia elevata, rendendolo in grado di assorbire e di limitare i picchi di emissione al camino quando tali picchi si verificano in caldaia.

Sulla linea d'emergenza non è previsto alcun riscaldamento in quanto su di essa non viene utilizzato prodotto ricircolato ma solo calce e carboni attivi.

Dopo il passaggio nel reattore i fumi entrano nelle sei sezioni del filtro a maniche dove rallentano la loro velocità al di sotto di 1 m/s e, attraversando le maniche dall'esterno verso l'interno, vi lasciano la maggior parte delle polveri che sono in essi contenute.

È utile ricordare che il contenuto di polveri passa da picchi di 11 000 mg/Nm³ nei fumi provenienti dalla caldaia a concentrazioni al camino intorno a 0.7

mg/Nm³, riduzione notevolissima a cui è legata l'efficienza dell'intero sistema.

Le maniche del filtro, costituite da un feltro di fibre sintetiche (Rayton) su tessuto di fibre di vetro con supporto di teflon (Rastex), sono progettate per temperature massime di 180°C; sono lunghe 7 metri, hanno un diametro di 13 centimetri e sono calzate su intelaiature metalliche. Su ogni sezione del filtro sono sistemate 18 file di 18 maniche. Ogni filtro ha in definitiva 1944 maniche (324 per 6 sezioni) e la superficie filtrante totale è pari a 5400 m².

Ogni fila di maniche è asservita ad una valvola dell'aria compressa ed un collettore con 18 ugelli scarica periodicamente quando la differenza di pressione tra ingresso e uscita filtro supera il *set* di 15 mbar, un notevole volume di aria compressa. Si crea così un'onda d'urto all'interno delle maniche che provoca il distacco e la caduta della polvere depositata sulla parete esterna della manica nella tramoggia della sezione relativa.

Importante per l'efficacia della filtrazione è che sulla manica rimanga sempre uno strato di polvere e di reagenti. Questo aumenta l'azione meccanica di filtrazione e permette la reazione chimica degli acidi con la calce e quella di adsorbimento dei metalli pesanti e delle diossine da parte del carbone attivo. L'onda d'urto generata dall'aria di "sparo" sulle maniche deve perciò essere calcolata adeguatamente per evitare che scossoni troppo energici privino la manica del necessario strato di lavoro.

Il *by-pass* del filtro a maniche, previsto dal progetto, è in realtà saldato e non è possibile usarlo. La scelta è stata fatta per una garanzia completa sul livello di emissioni

Il sistema di scarico trasferisce le polveri dalle tramogge del filtro a maniche ai sili.

Dalle sezioni del filtro a maniche le polveri vengono trasportate tramite nastri raschianti dalle tramogge alla coclea reversibile e da questa a due trasmettitori pneumatici (da 1250 litri) che la inviano, mediante valvole a tre vie, ai sili del prodotto finale o al silo del prodotto ricircolato.

Le ceneri che provengono dalle tramogge sotto caldaia e dall'economizzatore arrivano ad un mulino che le macina riducendole ad una pezzatura di circa 2 mm e poi, tramite un trasmettitore pneumatico da 90 litri, vengono anch'esse inviate al silo del prodotto finale.

Ogni gruppo è fornito di cinque sili per lo stoccaggio dei reagenti:

1. silo carboni attivi;
2. silo calce;
3. silo ricircolato;
4. silo emergenza carboni attivi;
5. silo emergenza calce.

I sili hanno capacità variabili dai 20 ai 400 m³ a seconda del reagente che contengono e sono costituiti da una parte cilindrica e da una conica (tramoggia).

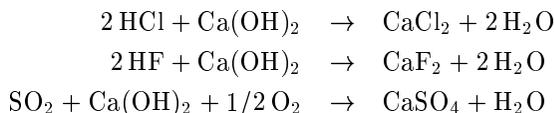
Nella zona del trattamento fumi è installato anche il ventilatore estrazione fumi (IDF). Il ventilatore, a girante inversa, è installato a valle del trattamento fumi per compensare le perdite di carico e garantire le condizioni ottimali di depressione in camera di combustione. L'IDF è calettato direttamente ad un motore a frequenza variabile da 1350 kW controllato da inverter. In caso di *black out* l'IDF può essere azionato da un secondo motore da 90 kW munito di riduttore con dispositivo a ruota libera e alimentato dai gruppi elettrogeni di emergenza per garantire una portata di almeno 50 000 Nm³/h. In caso di disservizio dell'inverter (motore su *by-pass* inverter) la regolazione del sistema è in grado di funzionare agendo sulla serranda di aspirazione dell'IDF.

3.3.10.1 Reazioni chimiche

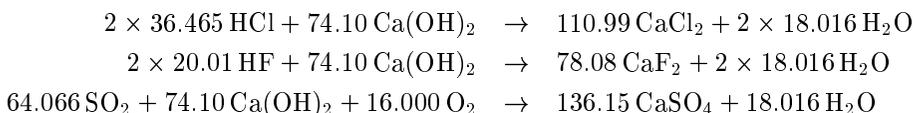
Il reattivo neutralizzante delle componenti acide contenute nei fumi di combustione del Termoutilizzatore è la calce idrata (idrossido di calcio) utilizzato in polvere secca.

Formula chimica, peso molecolare e peso equivalente sono rispettivamente Ca(OH)₂, PM = 74.10 kg/kmol e PE = 37.05.

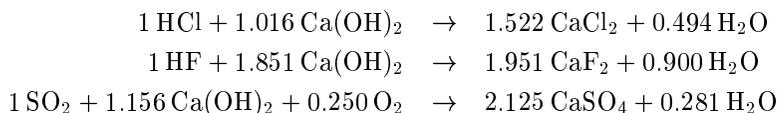
Per la neutralizzazione dei più comuni inquinanti acidi riportiamo le reazioni:



i consumi stechiometrici espressi in kg:



e le quantità riportate a 1 kg di acido da neutralizzare:



Una tonnellata di rifiuti inceneriti genera circa 8.2 kg di composti acidi, così suddivisi: 6-7 kg di HCl, 1.5-2 kg di SO₂, 0.02 kg di HF.

La quantità di acido è naturalmente funzione del tipo di rifiuto e potrebbe essere significativamente superiore in quegli impianti che bruciano anche rifiuti speciali, ospedalieri o assimilati.

Da un punto di vista chimico sarebbero sufficienti 8.7 kg di calce idrata pura per neutralizzare 8.2 kg di prodotti acidi. Praticamente però, per le esigenze del processo, i dosaggi sono sempre maggiori rispetto a quelli stechiometrici e sono funzione della tipologia di impianto.

I metalli pesanti presenti nei fumi sotto forma di sali si fissano sulla parte più grossolana delle polveri dalle quali vengono inglobati (ciò è applicabile specialmente per le particelle più piccole poiché la superficie specifica di queste è grande se comparata alle particelle più grossolane).

Le particelle di polvere che hanno inglobato i metalli pesanti verranno trattenute dai filtri a maniche.

Nei gas di scarico il mercurio è inoltre presente sotto forma metallica, gassosa e come ossidi, principalmente come HgO e HgCl_2 ; la maggior parte di HgO e buona parte del mercurio in forma metallica sono inglobati dalle particelle di polvere allo stesso modo degli altri metalli pesanti, mentre l' HgCl_2 e il mercurio, in forma gassosa che non sono inglobati in questo modo, verranno adsorbiti dai carboni attivi o dalle ceneri da carbone (*fly ash*) che rimuoveranno contemporaneamente anche i prodotti organici presenti (diossine).

A completamento dell'impianto di trattamento fumi, è stato realizzato tutto il sistema di stoccaggio e di scarico polveri da depurazione.

Tre sono i sistemi previsti a questo fine:

- scarico a secco, con idonei sistemi a tenuta in automezzi sigillati;
- scarico a umido con miscelazione di H_2O per rendere trasportabili le polveri in modo più semplice;
- scarico dopo inertizzazione delle ceneri con cemento e silicato di sodio al fine di ottenere un prodotto più stabile dal punto di vista del rischio di rilascio nell'ambiente di sostanze nocive.

Lo smaltimento è effettuato in discarica autorizzata.

3.3.10.2 Sistema di analisi fumi

Il sistema di controllo emissioni ha installato per ogni gruppo un analizzatore in continuo all'uscita di caldaia e due analizzatori in continuo all'uscita dalle linee di trattamento emissioni al camino, uno per la supervisione ed uno per la regolazione.

Gli analizzatori di O_2 , CO , SO_2 , NO-NO_2 , HCl , NH_3 , H_2O , sono di tipo multiparametrico con tecnica FTIR, basato sulla rivelazione dell'assorbimento infrarosso e calcolo della concentrazione attraverso il metodo matematico della trasformata di Fourier.

Gli analizzatori delle polveri sono di due tipi. Quello all'uscita di caldaia usa la tecnica dei due fasci di luce alternati secondo il principio dell'autocolimazione: il fascio attraversa due volte la sezione di misura e lo strumento rileva l'attenuazione del segnale luminoso provocato dalle polveri nella sezione di misura. Un diaframma rotante comandato elettromagneticamente effettua la commutazione tra il fascio di misura e un fascio luminoso di riferimento. La differenza di misura dei segnali viene trasformata in un valore di concentrazione secondo una funzione derivata dai dati ottenuti nella campagna di caratterizzazione effettuata in fase di taratura con impianto in esercizio.

Lo strumento che misura le polveri al camino utilizza invece la tecnica della luce diffusa. La luce modulata di una lampada alogena sotto forma di cono illumina le particelle di polvere nel condotto fumi. La luce riflessa dalle particelle viene rilevata da un sensore ottico che converte questo segnale in un valore di corrente proporzionale all'energia che lo ha investito, a sua volta proporzionale alla concentrazione di polvere nel volume di misura.

Per ogni gruppo sono inoltre presenti un analizzatore di SOV funzionante sul principio della ionizzazione di fiamma (FID) a caldo.

Per le misure di Hg è utilizzato un sistema basato su un unico strumento con commutazione automatica sulle due linee con intervallo prefissato.

Il sistema è completato da un sistema di supervisione che si occupa di gestire i calcoli di normalizzazione e di archiviazione dei dati con preparazione delle tabelle di legge e dei dati storici dell'impianto.

3.4 Caratteristiche innovative del Termoutilizzatore

Se con una parola si dovesse caratterizzare la realizzazione di un impianto complesso ed importante come il Termoutilizzatore dell'ASM Brescia questa potrebbe essere "sicurezza".

Le linee guida in cui questa tensione di ricerca della sicurezza si è concretizzata sono:

- ridondanza;
- semplicità;
- automazione spinta;
- attenzione all'ambiente.

In tutto il progetto dell'impianto si avverte l'adesione a questo intento progettuale.

Ridondanza. I punti critici dell'impianto sono stati studiati accuratamente e per ognuno di essi è stato previsto un adeguato sistema di riserva.

I macchinari più importanti hanno una riserva del 100% e, dove non è stato possibile prevedere la riserva, è stato previsto un sistema di emergenza.

Il sistema elettrico è sicuramente emblematico da questo punto di vista con la sua possibilità di più alimentazioni esterne alternative e con i macchinari chiave con alimentazione possibile anche da gruppi elettrogeni di emergenza.

Semplicità. Da non intendersi come termine riduttivo ma come capacità di scegliere la tecnologia che a parità di risultati garantisce la minor complicazione impiantistica possibile.

È il caso del trattamento fumi a secco, che, a fronte di risultati di emissioni che sono sicuramente ottimi, evita le complicazioni impiantistiche di un trattamento ad umido.

Automazione spinta. Si traduce in sicurezza sul personale, meno costretto alle operazioni manuali negli ambienti a rischio, e in sicurezza e affidabilità dell'impianto.

Le 15 000 variabili monitorate in continuo e controllate da un sistema software e hardware, anch'esso completamente "in doppio", permettono una precoce diagnosi delle anomalie e un tempestivo intervento per la loro soluzione.

Attenzione all'ambiente. Attenzione che si è concretizzata nella progettazione, nella realizzazione dell'impianto e nella sua gestione. L'implementazione del SGA testimonia l'attenzione che l'ASM ha messo nella sua politica aziendale.

Assetti di funzionamento, rendimento energetico, produzione di CO₂, bilancio di massa

4.1 Introduzione

Il ciclo termico del Termoutilizzatore è stato appositamente progettato e realizzato per soddisfare molteplici esigenze di produzione di energia elettrica ed energia termica essendo l'impianto "collegato" ad una rete elettrica e ad rete di teleriscaldamento per la distribuzione di calore. La sua versatilità permette in ogni periodo dell'anno di ottimizzare la resa oppure di privilegiare la produzione dell'una o dell'altra forma di energia.

Di seguito si analizzano i vari assetti dell'impianto e si forniscono i dati tipici di funzionamento nelle condizioni di esercizio più usuali. I dati si riferiscono alle prove di collaudo effettuate nell'inverno 1998 per sette assetti diversi, contrassegnati dalla lettera A accompagnata dal numero. I primi quattro, A1 A2 A3 e A4, sono casi di cogenerazione con massimizzazione della produzione di energia termica, di cui i primi tre con due linee in funzione a potenza nominale e diverse portate dell'acqua teleriscaldamento, e il quarto con una sola linea in funzione alla potenza nominale.

Il caso A5 analizza l'assetto misto con due linee in funzione e volto alla massimizzazione di energia elettrica prodotta con portata di acqua teleriscaldamento a 3000 m³/h, quindi con minima produzione di energia termica.

Gli ultimi due casi, A6 e A7, rappresentano l'assetto elettrico volto alla massimizzazione di energia elettrica con portata nulla dell'acqua teleriscaldamento, rispettivamente con due linee in funzione a carico nominale e con una sola linea in funzione a carico nominale.

Inoltre ciascuna delle sette prove è stata ripetuta al carico di punta (detto

anche di sovraccarico), pari al 115% del carico nominale, che l'impianto può sostenere per un massimo di tre ore al giorno.

4.2 Rendimento energetico dell'impianto

Il rendimento energetico di una centrale termoelettrica è normalmente definito come il rapporto fra l'energia elettrica netta immessa in rete, al netto dei consumi interni degli ausiliari dell'impianto, e l'energia termica prodotta dalla reazione esotermica di ossidazione del combustibile utilizzato, pari al potere calorifico inferiore specifico (PCI) del combustibile moltiplicato per la quantità di combustibile consumato.

Nell'assetto di sola produzione di energia elettrica il rendimento energetico del Termoutilizzatore risulta quindi dato da

$$\eta' = \frac{W_{e, \text{netta}}}{m_{\text{RSU}} \text{PCI}_{\text{RSU}}}$$

Negli assetti cogenerativi invece la definizione di rendimento energetico è più complessa e costituisce un capitolo importante della termodinamica applicata. La complessità nasce dal fatto che l'impianto produce due forme di energia (elettricità e calore a bassa temperatura) che hanno diverso valore, non solo in termini economici, ma anche e soprattutto in termini fisici.

La termodinamica[13] ci insegna, ad esempio, che con 1 kWh di calore alla temperatura T_Q nessuna macchina può produrre più di $(1 - T_a/T_Q)$ kWh di energia elettrica, dove T_a è la temperatura dell'ambiente esterno in cui la macchina si trova ad operare. Esiste cioè un limite fisico che non consente di trasformare tutto il calore in energia elettrica o meccanica.

L'impossibilità è legata al fatto che il calore, oltre a fornire energia, fornisce anche entropia, in quantità tanto più elevata quanto più bassa è la temperatura assoluta alla quale avviene il trasferimento. Se indichiamo con T_Q la temperatura assoluta (espressa cioè in kelvin) e con Q il calore, l'entropia che accompagna il trasferimento di energia è pari a Q/T_Q .

Niente in natura può distruggere entropia, mentre praticamente ogni evento ne crea di nuova. Dunque se anche una macchina è così perfetta da non creare nuova entropia, comunque deve smaltire almeno quella che riceve insieme al calore. La macchina che riceve il calore Q e quindi anche l'entropia Q/T_Q , deve smaltire l'entropia ricevuta cedendola all'ambiente in cui opera. Se l'ambiente è a temperatura T_a , esso può ricevere una quantità di entropia S_a solo se questa è accompagnata da una quantità di energia Q_a almeno pari a $T_a S_a$. Dunque, per smaltire l'entropia Q/T_Q ricevuta, la macchina deve cedere all'ambiente una quantità di energia almeno pari a $T_a Q/T_Q$ e quindi, dell'energia Q ricevuta, la macchina non può trasformare in energia elettrica più di $Q - T_a Q/T_Q$. In altri termini, è fisicamente impossibile che una macchina che riceve il calore Q alla temperatura T_Q ed opera (stazionariamente o ciclicamente) in un ambiente alla temperatura T_a produca una quantità di

energia elettrica maggiore di

$$W_Q = Q \left(1 - \frac{T_a}{T_Q} \right)$$

L'energia W_Q rappresenta l'equivalente elettrico del calore Q alla temperatura T_Q in un ambiente alla temperatura T_a .

Se un impianto di cogenerazione consuma una portata \dot{m}_{RSU} di combustibile con potere calorifico PCI per produrre in modo combinato potenza elettrica \dot{W}_e e termica \dot{Q} alla temperatura T_Q , sarebbe sbagliato allocare il consumo di combustibile fra i due diversi prodotti dell'impianto in base al loro contenuto di energia, poiché elettricità e calore hanno diverso valore nel senso appena visto. L'allocazione in base ai valori \dot{W}_e e \dot{W}_Q è invece corretta perché confronta l'elettricità prodotta direttamente con la massima quantità di elettricità producibile con il calore prodotto.

Analogamente, se si deve rappresentare l'efficienza energetica di utilizzo del combustibile nell'impianto di cogenerazione, il cosiddetto rendimento di primo principio definito in base al contenuto di energia dei due prodotti

$$\eta' = \frac{\dot{W}_{e,\text{netta}} + \dot{Q}}{\dot{m}_{\text{RSU}} \text{PCI}_{\text{RSU}}}$$

è meno indicato del cosiddetto rendimento di secondo principio definito in base all'equivalente meccanico dei due prodotti

$$\eta'' = \frac{\dot{W}_{e,\text{netta}} + \dot{W}_Q}{\dot{m}_{\text{RSU}} \text{PCI}_{\text{RSU}}}$$

Nel caso del Termoutilizzatore un'ulteriore complicazione è dovuta al fatto che il calore prodotto in cogenerazione non è ad un'unica temperatura T_Q . Infatti l'acqua del teleriscaldamento riceve calore a tutte le temperature comprese fra T_{rit} a T_{man} . Nel tratto in cui l'acqua si riscalda da T_Q a $T_Q + dT_Q$ la potenza termica ricevuta è

$$d\dot{Q} = \dot{M} c dT_Q$$

(dove \dot{M} è la portata acqua teleriscaldamento e c il calore specifico dell'acqua) e l'entropia ricevuta è $d\dot{Q}/T_Q$. Ne consegue che se l'ambiente esterno è a T_a l'equivalente elettrico del calore ricevuto in questo tratto di riscaldamento è

$$d\dot{W}_Q = \dot{M} c dT_Q \left(1 - \frac{T_a}{T_Q} \right)$$

Integrando con T_Q che varia da T_{rit} a T_{man} si ricava che

$$\dot{Q} = \dot{M} c (T_{\text{man}} - T_{\text{rit}})$$

e

$$\dot{W}_Q = \dot{M} c \left(T_{\text{man}} - T_{\text{rit}} - T_a \ln \frac{T_{\text{man}}}{T_{\text{rit}}} \right)$$

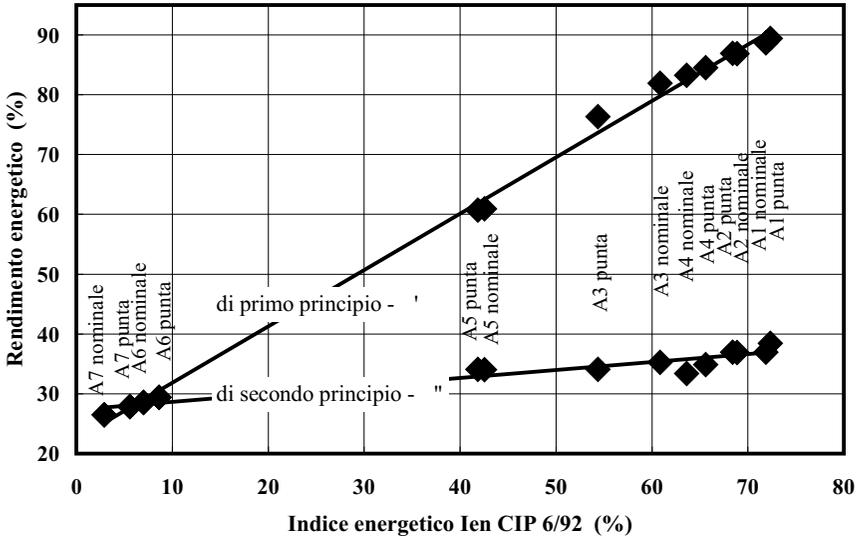


Figura 4.1: Rendimenti η' di primo principio e η'' di secondo principio in funzione dell'indice energetico I_{en} per gli assetti di collaudo.

Quindi l'equivalente elettrico del calore \dot{Q} ricevuto dall'acqua teleriscaldamento è

$$\dot{W}_Q = \dot{Q} \left(1 - T_a \frac{\ln(T_{man}/T_{rit})}{T_{man} - T_{rit}} \right)$$

Pertanto il rendimento di secondo principio per il Termoutilizzatore è

$$\eta'' = \frac{\dot{W}_{e,netta} + \dot{Q} \left(1 - T_a \frac{\ln(T_{man}/T_{rit})}{T_{man} - T_{rit}} \right)}{\dot{m}_{RSU} PCI_{RSU}}$$

Nella Tabella 4.1 sono riportati i valori dei rendimenti di primo e secondo principio calcolati, secondo le definizioni di η' e η'' appena discusse, in base alla potenze elettriche e termiche e alle temperature acqua teleriscaldamento e esterna misurate nelle prove di collaudo, e i valori dell'indice energetico calcolato secondo il Provvedimento 6 del 29/4/92 del Comitato Interministeriale dei Prezzi (CIP 6/92) in base alla relazione

$$I_{en} = \frac{\dot{W}_{e,netta}}{0.51 \dot{m}_{RSU} PCI_{RSU}} + \frac{\dot{Q}}{0.9 \dot{m}_{RSU} PCI_{RSU}} - 0.49$$

I grafici in Figura 4.1 riportano rispettivamente il rendimento η' di primo principio e il rendimento η'' di secondo principio in funzione dell'indice energetico I_{en} per tutti gli assetti di collaudo.

Assetto		A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7					
		cogenerazione																misto	
Linee in servizio		2 linee		2 linee		2 linee		1 linea		2 linee		2 linee		1 linea					
Condizione di carico		nomi	punta	nomi	punta	nomi	punta	nomi	punta	nomi	punta	nomi	punta	nomi	punta				
Portata Rifiuti	t _{RSU} /h	66.4	86.2	66.5	82.7	65.2	76.3	38.6	43.8	65.8	86.3	71.0	74.4	37.6	46.5				
Potere Calorifico Inferiore	kcal/kg	2308	2096	2297	2148	2373	2385	2071	2088	2314	2122	2116	2403	2182	1973				
Potenza Termica da Combustione Rifiuti	MW	178.3	210.1	177.7	206.5	180.1	211.7	92.9	106.5	177.1	213.1	174.7	207.8	95.4	106.8				
Potenza Termica al Ciclo Vapore Turbina	MW	163.1	194.3	162.6	190.8	166.4	198.3	77.6	96.6	162.6	195.3	161.3	194.3	75.8	96.2				
Frazione dell'Energia da Rifiuti al Ciclo Vapore Turbina	%	91.5	92.5	91.5	92.4	92.4	93.6	83.6	90.8	91.8	91.7	92.3	93.5	79.4	90.1				
Vapore alla Turbina	Portata	t/h	209.9	250.2	208.9	245.6	213.4	255.4	99.8	124.3	209.0	251.4	207.2	250.2	97.4	123.7			
	Pressione	ata	58.5	59.9	58.5	59.7	58.6	59.9	59.3	59.9	58.6	59.9	58.5	59.8	58.6	59.9			
	Temperatura	°C	446.6	447.5	448.4	447.7	447.7	448.1	447.3	447.2	448.4	448.0	447.8	447.5	448.3	447.8			
Potenza Elettrica Netta (alta tensione)	MW	46.9	54.3	44.6	50.6	39.8	46.2	22.0	25.9	49.7	58.8	51.3	59.3	25.3	29.7				
Potenza Termica Netta (al telerscaldamento)	MW	111.1	133.5	109.8	129.0	107.7	115.5	55.3	64.1	58.2	70.6	0.0	0.0	0.0	0.0				
Acqua al telerscaldamento	Portata	t/h	5918	5916	3987	4228	1843	1820	3018	2983	2973	2948	0	0	0	0			
	Temperatura Ritorno	°C	54.9	54.9	59.1	58.6	59.3	60.2	54.5	54.2	54.4	55.0	*	*	*	*			
	Temperatura Mandata	°C	70.9	74.2	82.6	84.7	109.4	114.6	70.1	72.6	71.1	75.4	*	*	*	*			
Temperatura Ambiente Esterna	°C	5.4	-2.6	5.1	2.6	5.3	5.7	7.7	4.3	1.8	-1.6	6.1	10.6	7.9	6.3				
Indice Energetico I _{en} CIP6/92	%	71.9	72.3	68.9	68.4	60.8	54.4	63.6	65.6	42.5	41.9	8.6	7.0	2.9	5.6				
Rendimento Solo Elettrico	%	26.3	25.9	25.1	24.5	22.1	21.8	23.7	24.3	28.1	27.6	29.4	28.6	26.5	27.8				
Rendimento Primo Principio	%	88.7	89.4	86.9	87.0	82.0	76.4	83.3	84.5	60.9	60.7	29.4	28.6	26.5	27.8				
Rendimento Secondo Principio	%	37.0	38.5	36.9	37.0	35.3	34.1	33.4	34.9	34.0	34.1	29.4	28.6	26.5	27.8				
Rendimento Secondo Principio di Produz. Separata η _E =0.40/η _Q =0.80	%	25.7	26.7	26.4	26.6	27.1	27.8	25.0	25.6	30.6	30.9	40.0	40.0	40.0	40.0				
Rendimento Secondo Principio di Produz. Separata η _E =0.40/η _Q =0.95	%	28.1	29.2	28.9	29.1	29.8	30.5	27.4	28.1	32.5	32.9	40.0	40.0	40.0	40.0				
Risparmio Combustibile rispetto a	Produzione Separata con η _E =0.40 η _Q =0.80	tep/h	22.0	26.0	21.4	24.7	20.1	22.3	10.7	12.5	16.9	20.2	11.0	12.8	5.4	6.4			
	Produzione Separata con η _E =0.40 η _Q =0.95	tep/h	20.1	23.8	19.5	22.5	18.3	20.4	9.7	11.4	16.0	19.0	11.0	12.8	5.4	6.4			
	Produzione in Centrale Lamarmora	tep/h	15.0	17.7	14.5	16.8	13.7	15.2	7.3	8.5	11.5	13.8	7.5	8.7	3.7	4.3			
Risparmio Combustibile per ton RSU con PCI 2200 rispetto a	Produzione Separata con η _E =0.40 η _Q =0.80	tep/t _{RSU200}	0.316	0.317	0.308	0.306	0.286	0.270	0.294	0.299	0.245	0.243	0.162	0.157	0.146	0.153			
	Produzione Separata con η _E =0.40 η _Q =0.95	tep/t _{RSU200}	0.289	0.289	0.281	0.279	0.260	0.246	0.268	0.273	0.230	0.228	0.162	0.157	0.146	0.153			
	Produzione in Centrale Lamarmora	tep/t _{RSU200}	0.215	0.216	0.209	0.208	0.195	0.184	0.200	0.204	0.166	0.165	0.110	0.107	0.099	0.104			
Emissioni Evitate di CO ₂ Equivalente Non Rinnovabile per ton RSU con PCI 2200 rispetto a	Discarica Alta Tecnologia e Prod.Sep. η _E =0.40/η _Q =0.80	tc02/RSU200	0.73	0.72	0.70	0.69	0.63	0.59	0.66	0.68	0.56	0.56	0.37	0.36	0.32	0.34			
	Discarica Alta Tecnologia e Prod.Sep. η _E =0.40/η _Q =0.95	tc02/RSU200	0.66	0.66	0.64	0.63	0.57	0.54	0.60	0.61	0.53	0.52	0.37	0.36	0.32	0.34			
	Discarica Alta Tecnologia e Prod.in C.le Lamarmora	tc02/RSU200	0.64	0.64	0.62	0.61	0.56	0.52	0.58	0.60	0.50	0.49	0.32	0.31	0.27	0.30			
	Discarica Media Tecnologia e Prod.Sep. η _E =0.40/η _Q =0.80	tc02/RSU200	1.01	1.01	0.99	0.98	0.92	0.88	0.94	0.96	0.85	0.84	0.66	0.64	0.60	0.63			
	Discarica Media Tecnologia e Prod.Sep. η _E =0.40/η _Q =0.95	tc02/RSU200	0.95	0.94	0.92	0.91	0.86	0.82	0.88	0.90	0.82	0.81	0.66	0.64	0.60	0.63			
	Discarica Media Tecnologia e Prod.in C.le Lamarmora	tc02/RSU200	0.93	0.93	0.91	0.90	0.84	0.81	0.87	0.88	0.78	0.78	0.61	0.59	0.56	0.58			
	Discarica Bassa Tecnologia e Prod.Sep. η _E =0.40/η _Q =0.80	tc02/RSU200	3.09	3.09	3.06	3.05	2.99	2.95	3.02	3.04	2.93	2.92	2.73	2.72	2.68	2.70			
	Discarica Bassa Tecnologia e Prod.Sep. η _E =0.40/η _Q =0.95	tc02/RSU200	3.02	3.02	3.00	2.99	2.93	2.90	2.96	2.97	2.89	2.88	2.73	2.72	2.68	2.70			
	Discarica Bassa Tecnologia e Prod.in C.le Lamarmora	tc02/RSU200	3.01	3.01	2.98	2.98	2.92	2.88	2.95	2.96	2.86	2.85	2.68	2.67	2.64	2.66			

Tabella 4.1: Dati relativi agli assetti di collaudo del Termoutilizzatore.

La Tabella 4.1 riporta anche il rendimento solo elettrico definito come

$$\eta_{ee} = \frac{\dot{W}_{e,netta}}{\dot{m}_{RSU} \text{ PCI}_{RSU}}$$

e la frazione dell'energia ottenuta dalla combustione dei rifiuti che giunge al ciclo termico, definita secondo il rapporto

$$f_v = \frac{\dot{m}_v (h_{\text{vapore ingresso turbina}} - h_{\text{acqua ingresso economizzatore}})}{\dot{m}_{RSU} \text{ PCI}_{RSU}}$$

dove i valori dell'entalpia h del vapore in ingresso in turbina e dell'acqua di alimento dell'economizzatore sono misurati nelle prove di collaudo.

I valori del potere calorifico riportati in tabella sono stati ricavati mediante elaborazioni della ditta Martin sulla base delle misure effettuate in ciascuna prova di collaudo.

4.3 Risparmio energetico

E' importante ricordare che l'assetto di cogenerazione è più efficiente della produzione separata dello stesso calore \dot{Q} in una caldaia semplice con rendimento η_C definito come

$$\eta_C = \frac{\dot{Q}}{(\dot{m}_c \text{ PCI})_{\text{caldaia semplice}}}$$

e della stessa energia elettrica \dot{W}_e in una centrale termoelettrica convenzionale con rendimento η_E definito come

$$\eta_E = \frac{\dot{W}_{e,netta}}{(\dot{m}_c \text{ PCI})_{\text{centrale termoelettrica}}}$$

Infatti, il rendimento di secondo principio nel caso di produzione separata della stessa potenza termica \dot{Q} e della stessa potenza elettrica $\dot{W}_{e,netta}$ è dato da

$$\eta''_{\text{produzione separata}} = \frac{\dot{W}_{e,netta} + \dot{Q} \left(1 - T_a \frac{\ln(T_{\text{man}}/T_{\text{rit}})}{T_{\text{man}} - T_{\text{rit}}} \right)}{\dot{W}_{e,netta}/\eta_E + \dot{Q}/\eta_Q}$$

La Tabella 4.1 riporta anche i valori di questo rendimento di confronto per tutti gli assetti, assumendo il valore $\eta_Q = 95\%$ come valore tipico del rendimento (di primo principio) di caldaia semplice (centralizzata e ad alta efficienza; scenderebbe al 75-85% nel caso di caldaia monoutente) e il valore $\eta_E = 40\%$ come rendimento medio di produzione elettrica netta in centrale termoelettrica convenzionale.

Rispetto alla produzione separata mediante utilizzo di combustibili fossili, il recupero del potere calorifico dei rifiuti nel Termoutilizzatore consente un risparmio di fonti non rinnovabili pari a

$$(\dot{m}_{\text{petrolio}})_{\text{risp}} = \frac{\dot{W}_{E,netta}/\eta_E + \dot{Q}/\eta_Q}{10\,000 \text{ kcal/kg}}$$

dove 10000 kcal/kg è il PCI del petrolio. Nella Tabella 4.1 il risparmio di combustibili fossili è calcolato per tutti gli assetti, espresso in tep/h, tonnellate di petrolio equivalente all'ora.

La tabella riporta anche il risparmio specifico in tep/t_{RSU2200} (tep per tonnellata di RSU con potere calorifico di 2200 kcal/kg), calcolato mediante la relazione

$$\frac{(\dot{m}_{\text{petrolio}})_{\text{risp}}}{\dot{m}_{\text{RSU2200}}} = \frac{\dot{W}_{E, \text{netta}}/\eta_E + \dot{Q}/\eta_Q}{\dot{m}_{\text{RSU}} \text{ 10 000 kcal/kg}} \frac{2200 \text{ kcal/kg}}{\text{PCI}_{\text{RSU}}}$$

Poiché il Termoutilizzatore fa parte di un sistema più complesso che comprende la Centrale Lamarmora di cogenerazione dotata di tre caldaie (due a metano e OCD, una a metano, OCD e carbone, detta policombustibile), oltre al confronto con la produzione separata è importante valutare il risparmio di combustibile rispetto alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora della stessa potenza elettrica $\dot{W}_{E, \text{netta}}$ e termica \dot{Q} prodotte dal Termoutilizzatore.

Da un'analisi basata sui dati 1997 e 1998 della Centrale Lamarmora, nell'ipotesi di allocare il consumo combustibile alla produzione di elettricità e calore sulla base dei seguenti rapporti

$$\frac{\frac{\text{GWh}_E}{0.40}}{\frac{\text{GWh}_E}{0.40} + \frac{\text{GWh}_Q}{0.80}} \quad \text{e} \quad \frac{\frac{\text{GWh}_Q}{0.80}}{\frac{\text{GWh}_E}{0.40} + \frac{\text{GWh}_Q}{0.80}}$$

si ricava che il risparmio rispetto alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora è dato dalla stessa relazione per la produzione separata appena vista ponendo $\eta_E = 0.588$ e $\eta_Q = 1.176$.

Il grafico di Figura 4.2 riporta i valori delle tonnellate di petrolio equivalente risparmiate per tonnellata di rifiuti con potere calorifico di 2200 kcal/kg, in funzione dell'indice energetico I_{en} per tutti gli assetti di collaudo, rispetto alla produzione separata e alla cogenerazione.

4.4 Stima del potere calorifico medio dei rifiuti bruciati nel primo anno di esercizio

La Figura 4.3 riporta i dati della produzione complessiva giornaliera di vapore inviato al ciclo termico nel primo anno di esercizio. Si nota che la linea 2 è entrata in funzione dopo tre mesi e che nei primi sei mesi le due linee non hanno quasi mai funzionato contemporaneamente. Da questi dati e da quelli ottenuti al collaudo è possibile ricavare una stima del potere calorifico medio dei rifiuti trattati nel primo anno di esercizio, nell'ipotesi che il potere calorifico residuo di scorie, ceneri di caldaia e polveri sia trascurabile.

Dai dati di Tabella 4.1 si può ricavare che negli assetti A4 e A7 con una sola linea in funzione la frazione di energia ricavata dall'incenerimento dei rifiuti che raggiunge il ciclo termico tramite il vapore inviato in turbina nelle condizioni nominali è rispettivamente l'83.6% e il 79.4%. Ai fini della presente stima

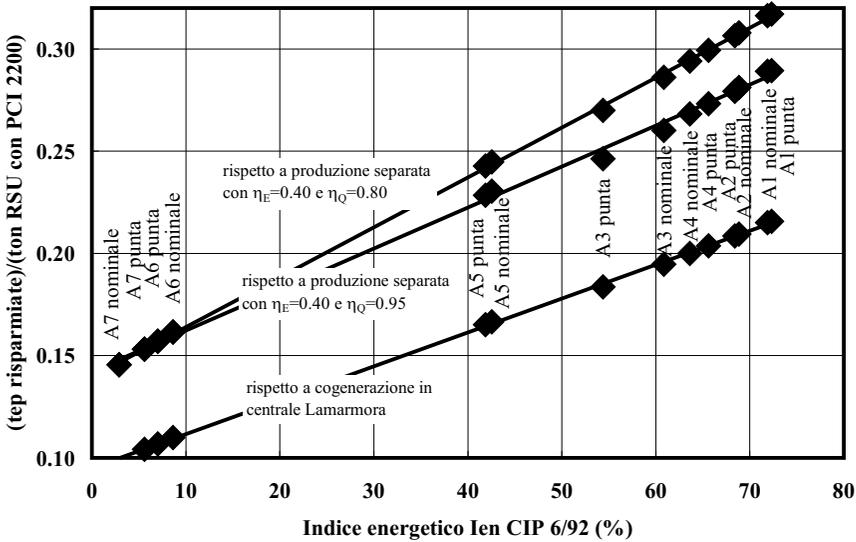


Figura 4.2: Stima del risparmio di combustibili fossili rispetto alla produzione separata e alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora delle stesse quantità di elettricità e calore, in termini di tonnellate di petrolio equivalente per tonnellata di rifiuti con potere calorifico di 2200 kcal/kg, in funzione dell'indice energetico I_{en} per gli assetti di collaudo.

adottiamo il valore medio 81.5% per gli assetti con una sola linea. L'energia del vapore prodotto negli assetti con una sola linea in funzione nel primo anno ammonta a 327.7 GWh, da cui è possibile dedurre che la corrispondente energia ricavata dai rifiuti è pari a $327.7/0.815 = 402.0$ GWh.

Negli assetti A1, A2, A3, A5 e A6 con due linee in funzione la frazione di energia ricavata dall'incenerimento dei rifiuti che raggiunge il ciclo termico tramite il vapore inviato in turbina nelle condizioni nominali è rispettivamente 91.5%, 91.5%, 92.4%, 91.8% e 92.3%. Ai fini della presente stima adottiamo il valore medio 91.9% per gli assetti con due linee. L'energia del vapore prodotto negli assetti con due linee in funzione nel primo anno ammonta a 295.6 GWh, da cui è possibile dedurre che la corrispondente energia ricavata dai rifiuti è pari a $295.6/0.919 = 321.7$ GWh.

Complessivamente dunque l'energia ricavata nel primo anno di funzionamento dell'impianto è pari a $402.0 + 321.7 = 723.7$ GWh. Una parte di questa energia, pari a circa 52 GWh, è stata però ottenuta dalla combustione di metano nelle operazioni di avviamento, fermata, soffaggio e manutenzione, perciò l'energia ottenuta dai rifiuti è pari a $723.7 - 52 = 671.7$ GWh.

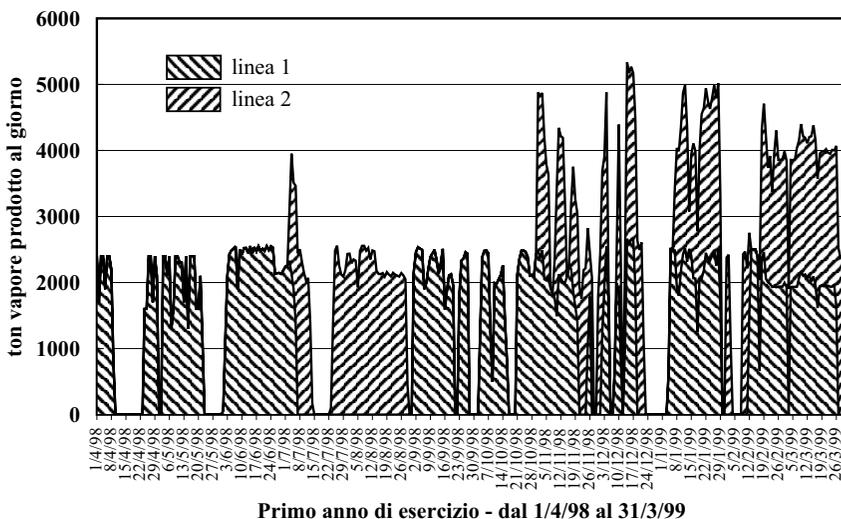


Figura 4.3: Produzione giornaliera di vapore inviato al ciclo termico nel primo anno di esercizio del Termoutilizzatore.

Poiché la quantità di rifiuti trattata nel primo anno è stata di 265 000 ton, si ricava che il potere calorifico medio dei rifiuti trattati nel primo anno è pari a $671\,700\,000/265\,000 = 2535$ kWh/ton ovvero, convertendo le unità e arrotondando, 2200 kcal/kg.

4.5 Produzione specifica di CO₂ in funzione del PCI dei rifiuti

Da dati forniti dalla Martin in sede di dimensionamento della griglia di combustione per rifiuti con potere calorifico inferiore PCI compreso fra 1500 e 3300 kcal/kg e in sede di analisi delle prove di collaudo risultano i grafici riportati in Figura 4.4.

Si nota una netta correlazione fra PCI e quantità di CO₂ prodotta per unità di quantità di RSU trattati, esprimibile dalla relazione lineare

$$\frac{\text{ton}_{\text{CO}_2}}{\text{ton}_{\text{RSU}}} = \frac{\text{PCI}(\text{in kcal/kg})}{1720} - 0.201$$

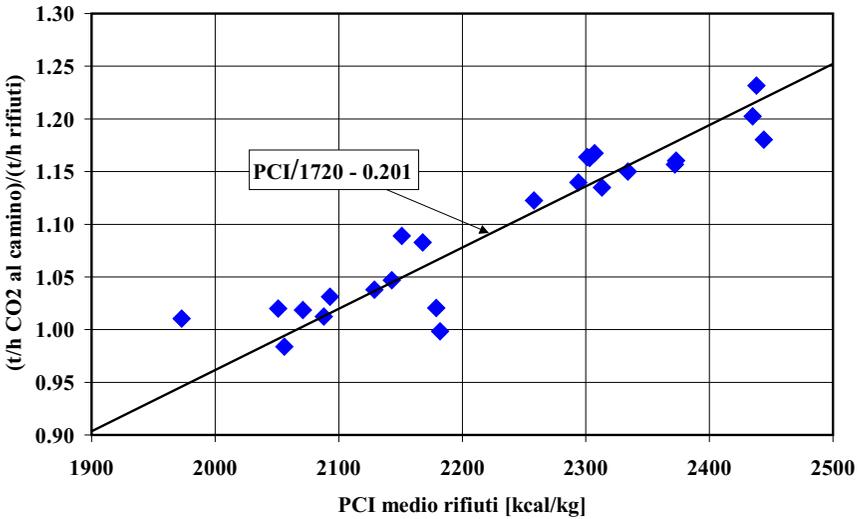
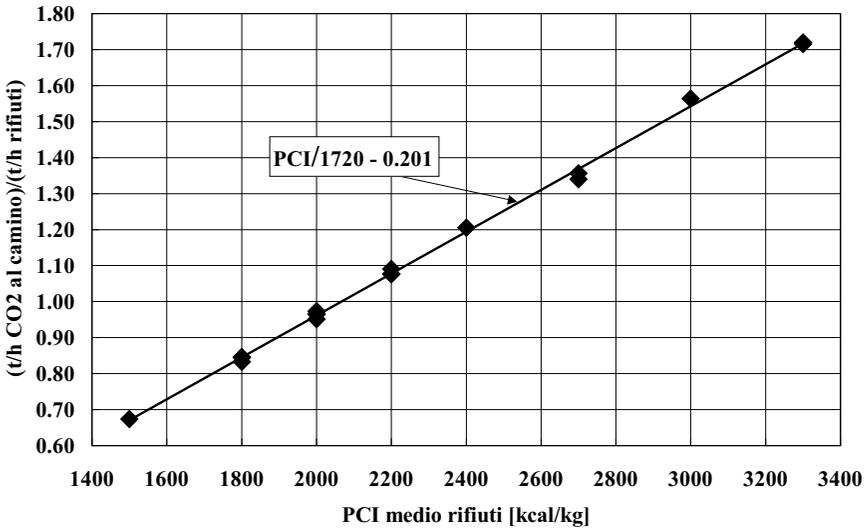


Figura 4.4: Correlazione fra produzione di CO₂ e potere calorifico inferiore dei rifiuti secondo la Martin, relativa all'intervallo completo di funzionamento della griglia e relativa alle prove di collaudo del Termoutilizzatore.

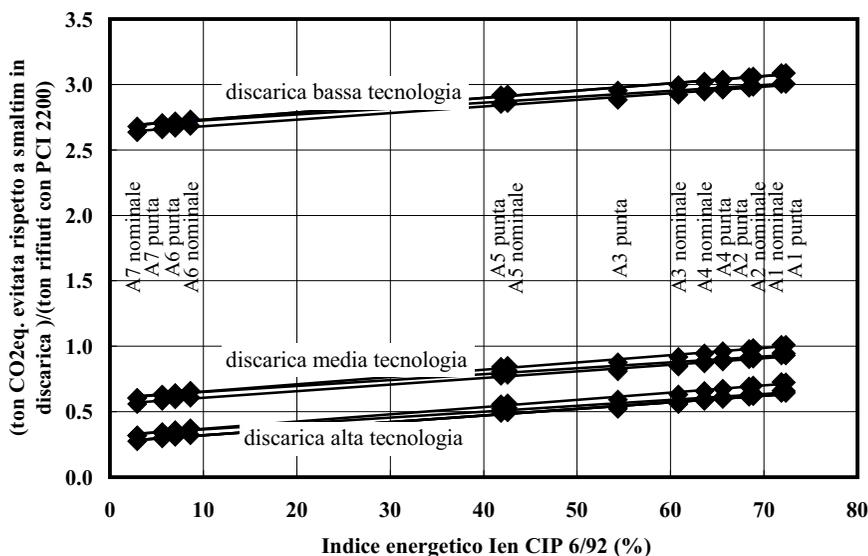


Figura 4.5: Stima delle emissioni di gas serra evitate mediante il Termoutilizzatore rispetto allo smaltimento in una discarica controllata di vario livello tecnologico, in funzione dell'indice energetico I_{en} , per i diversi assetti di collaudo del Termoutilizzatore. Le emissioni evitate dovute al risparmio di combustibili fossili sono valutate rispetto a due livelli di produzione separata di calore e elettricità e rispetto alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora, tuttavia le differenze sono piccole rispetto a quelle dovute ai diversi livelli di recupero del biogas in discarica.

4.6 Emissioni evitate di gas serra rispetto allo smaltimento in discarica

La Tabella 4.1 riporta infine anche le stime della riduzione di emissioni di gas serra conseguita con lo smaltimento dei rifiuti nel Termoutilizzatore anziché in discariche controllate di vario livello tecnologico. Le emissioni di gas serra evitate sono espresse in termini di tonnellate di CO_2 equivalenti (ai fini dell'effetto serra) per tonnellata di rifiuti. Lo schema di calcolo è riassunto nella Tabella 4.2. I valori che ne risultano sono riportati nel grafico di Figura 4.5 in funzione dell'indice energetico I_{en} per tutti gli assetti di collaudo.¹

La stima è basata sulle seguenti ipotesi, con riferimento a 1 ton di rifiuti con potere calorifico di 2200 kcal/kg:

¹ Si veda anche la Nota a pag. 20.

Tabella 4.2: Confronto fra produzione di gas serra nel Termoutilizzatore e in discarica controllata con diversi livelli di recupero del biogas.

Produzione di gas serra, t_{CO_2} equiv./$t_{RSU 2200}$			
Discarica			
	Livello di recupero del biogas		
	alto	medio	basso
CO ₂ da processi aerobici e anaerobici	0.431	0.431	0.431
CO ₂ da combustione metano recuperato	0.216	0.216	0
CO ₂ da combustione metano in torcia	0.172	0.129	0.065
CO ₂ equiv. da biogas sfuggito	0.329	0.659	2.799
CO ₂ evitata da recupero energia metano	-0.216	-0.216	0
CO ₂ riassorbita da fotosintesi	-0.862		
Totale CO ₂ non rinnovabile da discarica	0.071	0.357	2.433
Termoutilizzatore			
	Risparmio energetico rispetto alla		
	produzione separata	cogeneraz.	
	$\eta_E = 0.40$	$\eta_E = 0.40$	in Centrale
	$\eta_Q = 0.80$	$\eta_Q = 0.95$	Lamarmora
CO ₂ evitata per produz. energia elettrica	-0.714 <i>E</i>	-0.714 <i>E</i>	-0.649 <i>E</i>
CO ₂ evitata per produz. energia termica	-0.257 <i>Q</i>	-0.217 <i>Q</i>	-0.234 <i>Q</i>
CO ₂ da combustione rifiuti e metano	1.100		
CO ₂ riassorbita da fotosintesi	-0.862		
	0.237	0.237	0.237
Totale CO ₂ non rinnovabile dal Termoutilizzatore	-0.714 <i>E</i>	-0.714 <i>E</i>	-0.649 <i>E</i>
	-0.257 <i>Q</i>	-0.217 <i>Q</i>	-0.234 <i>Q</i>
Differenza Termoutilizzatore – Discarica			
	Livello di recupero del biogas		
	alto	medio	basso
Rispetto alla produzione separata con $\eta_E = 0.40$ e $\eta_Q = 0.80$	0.167	-0.119	-2.195
	-0.714 <i>E</i>	-0.714 <i>E</i>	-0.714 <i>E</i>
	-0.257 <i>Q</i>	-0.257 <i>Q</i>	-0.257 <i>Q</i>
Rispetto alla produzione separata con $\eta_E = 0.40$ e $\eta_Q = 0.95$	0.167	-0.119	-2.195
	-0.714 <i>E</i>	-0.714 <i>E</i>	-0.714 <i>E</i>
	-0.217 <i>Q</i>	-0.217 <i>Q</i>	-0.217 <i>Q</i>
Rispetto alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora	0.167	-0.119	-2.195
	-0.649 <i>E</i>	-0.649 <i>E</i>	-0.649 <i>E</i>
	-0.234 <i>Q</i>	-0.234 <i>Q</i>	-0.234 <i>Q</i>

- il contenuto di carbonio nei rifiuti è di $0.294 \text{ t}_C/\text{t}_{\text{RSU}}$; questo valore risulta dalle stime dell'emissione di CO_2 al camino discusse nel Paragrafo 4.5;
- la produzione di CO_2 per fermentazione aerobica e anaerobica in discarica è di $0.431 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;
- la produzione di CH_4 in discarica è di $0.157 \text{ t}_{\text{CH}_4}/\text{t}_{\text{RSU}}$ di cui, se la discarica controllata è di elevato livello tecnologico:
 - il 50% viene recuperato e sfruttato per produrre energia, producendo $0.216 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$, tuttavia l'energia così recuperata consente di evitare un consumo di combustibili fossili, in genere proprio metano, evitando quindi la produzione della stessa quantità di CO_2 ;
 - il 40% viene raccolto dalle canalizzazioni della discarica e bruciato in torcia, senza recupero di energia, producendo $0.172 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;
 - il 10% sfugge in atmosfera, creando un danno dal punto di vista dell'effetto serra pari a $0.329 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;

se la discarica controllata è di buon livello tecnologico:

- il 50% viene recuperato e sfruttato per produrre energia, producendo $0.216 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;
- il 30% viene raccolto dalle canalizzazioni della discarica e bruciato in torcia, senza recupero di energia, producendo $0.129 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;
- il 20% sfugge in atmosfera, creando un danno dal punto di vista dell'effetto serra pari a $0.659 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;

se la discarica è di basso livello tecnologico o addirittura non è controllata (in Italia vi sono ancora moltissime discariche non controllate, spesso illegali):

- il 15% viene raccolto dalle canalizzazioni della discarica e bruciato in torcia, senza recupero di energia, producendo $0.065 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;
- l'80% sfugge in atmosfera, creando un danno dal punto di vista dell'effetto serra pari a $2.799 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;
- poiché l'80% del carbonio contenuto nei rifiuti è di origine vegetale, si può assumere che $0.862 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$ verranno riassorbite dall'ecosistema mediante il processo di fotosintesi andando a ricostituire materia vegetale (in questo senso i rifiuti costituiscono una fonte per l'80% rinnovabile di energia);
- nel Termoutilizzatore l'incenerimento dei rifiuti produce $1.078 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;
- in aggiunta, la combustione di metano nelle operazioni di accensione, fermata e manutenzione produce $0.022 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{t}_{\text{RSU}}$;

- indicando con le variabili

$$E = \frac{\dot{W}_{E,netta}}{\dot{m}_{RSU}} \frac{2200 \text{ kcal/kg}}{PCI_{RSU}}$$

$$Q = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_{RSU}} \frac{2200 \text{ kcal/kg}}{PCI_{RSU}}$$

le quantità di energia elettrica e termica ottenute nel Termoutilizzatore (esprese in MWh/t_{RSU2200}), le corrispondenti emissioni evitate di CO₂ sono date nella Tabella 4.2 in funzione di E e Q rispetto alla produzione separata di elettricità con $\eta_E = 40\%$ e calore con $\eta_Q = 80\%$ (oppure $\eta_Q = 95\%$) e rispetto alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora dove si ipotizza di allocare la produzione di CO₂ fra le produzioni di energia elettrica e termica secondo i rapporti

$$\frac{\frac{0.286}{0.40}}{\frac{0.286}{0.40} + \frac{0.206}{0.80}} \text{ e } \frac{\frac{0.206}{0.80}}{\frac{0.286}{0.40} + \frac{0.206}{0.80}} \left(\text{oppure } \frac{\frac{0.286}{0.40}}{\frac{0.286}{0.40} + \frac{0.206}{0.95}} \text{ e } \frac{\frac{0.206}{0.95}}{\frac{0.286}{0.40} + \frac{0.206}{0.95}} \right)$$

dove 0.286 kgCO₂/kWh_{OCD} e 0.206 kgCO₂/kWh_{CH₄} sono le quantità di CO₂ prodotte per unità di energia termica ricavate rispettivamente dalla combustione di OCD e metano.

Le stime del contributo del Termoutilizzatore alla riduzione delle emissioni di gas serra rispetto allo smaltimento dei rifiuti in discarica mostra (Tabella 4.1) che, rispetto a discariche controllate di ultima generazione e alla produzione nella centrale Lamarmora, la riduzione è compresa fra 0.27 e 0.64 tonnellate di CO₂ equivalente per tonnellata di rifiuti a seconda dell'assetto di funzionamento (il valore medio per il primo anno di esercizio è di 0.42). La riduzione è molto maggiore ed è compresa fra 2.64 e 3.01 ton CO₂ equiv. per ton di rifiuti (valore medio per il primo anno di 2.78) se il confronto è fatto con discariche con recupero minimo di biogas.

Nel primo anno di esercizio il Termoutilizzatore ha bruciato 265 000 ton di rifiuti con potere calorifico medio di 2200 kcal/kg (oltre a metano per circa 52 GWh) producendo 178 GWh di energia elettrica netta e 190 GWh di energia termica netta fornita al teleriscaldamento. Il risparmio di combustibile rispetto alla produzione separata dell'elettricità con $\eta_E = 40\%$ e del calore con $\eta_Q = 80\%$ ammonta a circa 59 000 tep (55 000 se $\eta_Q = 95\%$). Il risparmio rispetto alla cogenerazione delle stesse quantità nelle centrale Lamarmora ammonta a circa 46 000 tep.

Le stime delle emissioni evitate di gas serra realizzate nel primo anno di esercizio del Termoutilizzatore rispetto allo smaltimento in discarica della stessa quantità di rifiuti trattata e alla produzione delle stesse quantità di energia e calore prodotte sono mostrate nella Tabella 4.3. Queste quantità di emissioni evitate sono significative essendo comprese fra lo 0.5% e il 3.7% dell'impegno complessivo italiano per il 2012 rispetto al protocollo di Kyoto, e fra il 2% e il 14.8% dell'impegno per il 2002.

Tabella 4.3: Stime dell'emissione evitata di gas serra realizzata nel primo anno di esercizio del Termoutilizzatore rispetto allo smaltimento in discarica della stessa quantità di rifiuti trattata e alla produzione delle stesse quantità di energia e calore prodotte.

Stime della CO₂ evitata nel primo anno di esercizio del Termoutilizzatore			
ton_{CO₂} equiv./265 000 ton_{RSU}	Rispetto a discariche con alto medio basso livello di recupero del biogas		
Rispetto alla produzione separata con $\eta_E = 0.40$ e $\eta_Q = 0.80$	127 000	203 000	753 000
Rispetto alla produzione separata con $\eta_E = 0.40$ e $\eta_Q = 0.95$	119 000	195 000	745 000
Rispetto alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora	111 000	187 000	737 000

4.7 Assetti di cogenerazione

Le condizioni di cogenerazione possono cambiare a seconda delle esigenze, modificando l'apertura della valvola di *cross-over* o la portata di acqua teleriscaldamento negli scambiatori per favorire la produzione di potenza elettrica o di potenza termica.

Per ciascun assetto sono riportati i dati misurati durante le prove di collaudo nel dicembre 1998 effettuate sia al carico nominale sia al carico di punta. La Figura 4.6 mostra lo schema del ciclo termico.

Si nota in tutti i casi che il rendimento di secondo principio è più elevato negli assetti di cogenerazione che in quelli di sola produzione di energia elettrica. Infatti negli assetti cogenerativi si rinuncia all'espansione del vapore negli ultimi stadi della turbina, ma si recupera il calore che nel caso di sola produzione di energia elettrica viene smaltito nel condensatore ad aria per riportare il vapore allo stato liquido.

4.7.1 Assetto A1: cogenerazione con due linee in funzione e massima portata acqua teleriscaldamento (6000 m³/h)

L'assetto di funzionamento considerato prevede di massimizzare le potenze prodotte, sia quella elettrica sia quella termica, alla portata nominale di vapore con entrambe le caldaie in funzione al 100% del carico. Non tutto il vapore immesso in turbina, 209.94 t/h a 446.6°C e 58.5 ata al carico nominale (250.2 t/h a 447.5°C e 59.9 ata al carico di punta), serve per la produzione di energia

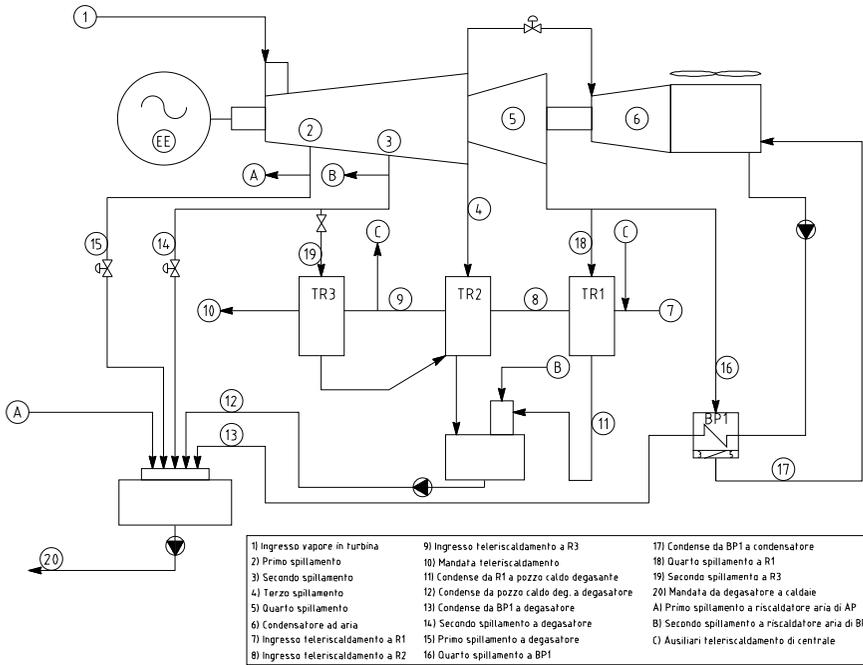


Figura 4.6: Diagramma di flusso del vapore nel ciclo termico del termoutilizzatore.

elettrica. Infatti, chiudendo completamente la valvola di *cross-over* e facendo transitare negli scambiatori R1, R2 e R3 la massima portata di acqua teleriscaldamento, 5918 m³/h (5916 m³/h nella prova al carico di punta), parte del vapore cede energia termica alla rete di teleriscaldamento tramite gli spillamenti. Le temperature in ingresso e in uscita dell'acqua teleriscaldamento sono rispettivamente 54.9°C e 70.9°C (54.9°C e 74.2°C al carico di punta). Si ha una produzione di energia elettrica pari a 51.4 MWe lordi e 46.9 MWe al netto del consumo degli ausiliari (59.7 MWe lordi e 54.3 MWe netti al carico di punta) accompagnata da una produzione di 111.1 MWt netti di potenza termica (133.5 MWt al carico di punta).

La potenza termica ricevuta tramite il vapore dal ciclo termico è 163.1 MWt, pari al 91.5% della potenza termica sviluppata dalla combustione dei rifiuti (194.3 MWt e 92.5% al carico di punta).

Il rendimento di primo principio è molto elevato, 88.7% (89.4% al carico di punta) poiché ovviamente quasi tutta l'energia giunta al ciclo termico viene utilizzata. Il rendimento di secondo principio, che esprime l'effettiva efficienza energetica di utilizzo del potere calorifico dei rifiuti valutando il calore prodotto in termini del suo equivalente elettrico, è pari a 37.0% con la temperatura

esterna di 5.4°C (38.5% al carico di punta con la temperatura esterna a -2.6°C).

La produzione separata della stessa potenza elettrica netta e della stessa potenza termica avrebbe un rendimento di secondo principio del 29.8% (30.9% al carico di punta). Dunque la cogenerazione in questo assetto è il 24.2% (37.0/29.8) più efficiente della produzione separata (24.6% al carico di punta).

Rispetto alla produzione separata mediante combustibili fossili, l'utilizzo dei rifiuti in questo assetto consente un risparmio di fonti non rinnovabili di 19.0 tep/h (22.5 tep/h al carico di punta). Riportato a rifiuti con potere calorifico di 2200 kcal/kg, questo risparmio corrisponde a 0.273 tep per ogni tonnellata di rifiuti. Come si vede dalla tabella, per tutti gli altri assetti il risparmio energetico espresso in questi termini è inferiore.

4.7.2 Assetto A2: cogenerazione con due linee in funzione e media portata acqua teleriscaldamento (4000 m³/h)

La prova è eseguita con una portata vapore in ingresso turbina di 208.9 t/h, alla temperatura di 448.4°C e alla pressione di 58.5 ata (245.6 t/h a 447.7°C e 59.7 ata al carico di punta) e portata di acqua teleriscaldamento pari a 3987 m³/h (4228 m³/h al carico di punta), minore rispetto al caso A1, in cui era posta pari al valore massimo. Le temperature in ingresso e in uscita dell'acqua teleriscaldamento sono rispettivamente 59.1°C e 82.6°C (58.6°C e 84.7°C al carico di punta). L'innalzamento della temperatura di uscita dell'acqua del teleriscaldamento dallo scambiatore R2 penalizza parzialmente sia la potenza elettrica netta sia la potenza termica netta, pari rispettivamente a 44.6 MWe e 109.8 MWt (50.6 MWe e 129.0 MWt al carico di punta), che diminuiscono entrambe di circa 2 MW (4 MW al carico di punta) rispetto al caso A1.

La diminuzione del rendimento elettrico è dovuto all'aumento della pressione di scarico del vapore dal terzo e dal quarto spillamento rispettivamente verso gli scambiatori R2 e R1.

La potenza termica ricevuta tramite il vapore dal ciclo termico è 162.6 MWt pari al 91.5% della potenza termica sviluppata dalla combustione dei rifiuti (190.8 MWt e 92.4% al carico di punta).

Il rendimento di primo principio è ancora elevato, 86.9% (87.0% al carico di punta) poiché quasi tutta l'energia giunta al ciclo termico viene utilizzata. Il rendimento di secondo principio, che esprime l'effettiva efficienza energetica di utilizzo del potere calorifico dei rifiuti valutando il calore prodotto in termini del suo equivalente elettrico, è pari a 36.9% con la temperatura esterna di 5.1°C (37.0% al carico di punta con la temperatura esterna a $+2.6^{\circ}\text{C}$; si noti che circa 0.9 punti percentuali di differenza sono dovuti alla differenza di 5.2°C nella temperatura esterna rispetto alla prova A1 al carico di punta).

La produzione separata della stessa potenza elettrica netta e della stessa potenza termica avrebbe un rendimento di secondo principio del 30.5% (30.8% al carico di punta). Dunque la cogenerazione in questo assetto è il 21.0% (36.9/30.5) più efficiente della produzione separata (20.1% al carico di punta).

Rispetto alla produzione separata mediante combustibili fossili, l'utilizzo dei rifiuti in questo assetto consente un risparmio di fonti non rinnovabili di 18.5 tep/h (21.3 tep/h al carico di punta).

4.7.3 Assetto A3: cogenerazione con due linee in funzione e bassa portata acqua teleriscaldamento (2000 m³/h)

La prova è finalizzata alla massimizzazione di energia termica con il valore più alto possibile della temperatura di uscita dell'acqua teleriscaldamento, pari a 109.4°C, rispetto ad un valore in ingresso pari a 59.3°C (114.6°C e 60.2°C al carico di punta). La portata di acqua teleriscaldamento è ridotta a 1844 m³/h (1820 m³/h al carico di punta) ed è inserito lo scambiatore R3 tramite il secondo spillamento. La portata vapore è 213.4 t/h con temperatura pari a 447.7°C e pressione pari a 58.6 ata (255.4 t/h a 448.1°C e 59.9 ata al carico di punta). L'energia elettrica netta prodotta è 39.8 MWe e quella termica è 107.7 MWt (46.2 MWe e 115.5 MWt al carico di punta). Anche in questo caso si ottiene una modesta diminuzione della produzione di potenza termica rispetto al caso A1, dell'ordine di 3 MWt (più significativa, 18 MWt, al carico di punta), e una rilevante diminuzione di potenza elettrica dell'ordine di 7 MWe (8 MWe al carico di punta), dovuta anche all'utilizzo del secondo spillamento verso lo scambiatore R3.

La potenza termica ricevuta tramite il vapore dal ciclo termico è 166.4 MWt, pari al 92.4% della potenza termica sviluppata dalla combustione dei rifiuti (198.3 MWt e 93.7% al carico di punta).

Il rendimento di primo principio è 82.0% (76.4% al carico di punta). Il rendimento di secondo principio è pari a 35.3%, con la temperatura esterna di 5.3°C (33.8% al carico di punta con la temperatura esterna a 5.7°C) ed è il più elevato fra gli assetti cogenerativi.

La produzione separata della stessa potenza elettrica netta e della stessa potenza termica avrebbe un rendimento di secondo principio del 31.5% (31.9% al carico di punta). Dunque la cogenerazione in questo assetto è il 12.0% (35.3/31.5) più efficiente della produzione separata (6.0% al carico di punta). Rispetto alla produzione separata mediante combustibili fossili, l'utilizzo dei rifiuti in questo assetto consente un risparmio di fonti non rinnovabili di 17.4 tep/h (19.3 tep/h al carico di punta).

4.7.4 Assetto A4: cogenerazione con una sola linea in funzione

Il caso A4 è un assetto di cogenerazione con una sola linea funzionante. La portata di vapore in ingresso turbina è penalizzata maggiormente dall'incidenza degli ausiliari rispetto al caso A1. Infatti, la potenza termica ricevuta tramite il vapore dal ciclo termico è 77.7 MWt, pari a solo l'83.6% della po-

tenza termica sviluppata dalla combustione dei rifiuti (96.6 MWt e 90.8% al carico di punta).

Durante la prova, la portata di acqua teleriscaldamento transitante negli scambiatori R1 e R2 è pari a 3018 m³/h (2983 m³/h al carico di punta), la temperatura di ingresso è 54.5°C e quella di uscita è 70.1°C (54.2°C e 72.6°C al carico di punta). La portata vapore è 99.8 t/h, con temperatura pari a 447.3°C e pressione 59.2 ata (124.3 t/h a 447.2°C e 59.9 ata al carico di punta). La potenza termica è di 55.3 MWt e la potenza elettrica netta di 22.0 MWe (64.1 MWt e 25.9 MWe al carico di punta). Anche l'incidenza degli ausiliari elettrici in questo caso di funzionamento di una sola linea è più rilevante rispetto al caso di funzionamento di due linee, poiché molti consumi ci sono comunque per le parti comuni alle due linee.

Il rendimento di primo principio è comunque ancora elevato, 83.3% (84.5% al carico di punta) poiché quasi tutta l'energia giunta al ciclo termico viene utilizzata. Il rendimento di secondo principio è pari a 33.4% con la temperatura esterna di 7.1°C (34.9% al carico di punta con la temperatura esterna a 4.3°C).

La produzione separata della stessa potenza elettrica netta e della stessa potenza termica avrebbe un rendimento di secondo principio del 28.9% (29.7% al carico di punta). Dunque la cogenerazione in questo assetto è il 15.6% (33.4/28.9) più efficiente della produzione separata (17.5% al carico di punta). Rispetto alla produzione separata mediante combustibili fossili, l'utilizzo dei rifiuti in questo assetto consente un risparmio di fonti non rinnovabili di 9.2 tep/h (10.8 tep/h al carico di punta).

4.7.5 Assetto A5: assetto misto

La prova in assetto misto ha lo scopo di fornire le prestazioni che si ottengono dall'impianto massimizzando la produzione di energia elettrica, pur avendo un transito di acqua teleriscaldamento negli scambiatori R1 e R2 e quindi anche una produzione di energia termica, seppur minima. La portata di vapore in turbina è comunque 209.0 t/h, pari al valore prodotto dalle due linee al carico nominale, con temperatura di 448.4°C e pressione di 58.6 ata (251.4 t/h, 448.0°C e 59.9 ata al carico di punta). La portata di acqua al teleriscaldamento è 2973 m³/h (2948 m³/h al carico di punta) con temperature di ingresso e di uscita rispettivamente pari a 54.4°C e 71.7°C (55.0°C e 75.4°C al carico di punta). La potenza termica è di 58.2 MWt e la potenza elettrica netta di 49.7 MWe (70.6 MWt e 58.8 MWe al carico di punta).

Il rendimento di primo principio è relativamente basso, 60.9% (60.7% al carico di punta) poiché una buona parte dell'energia giunta al ciclo termico viene ceduta all'aria esterna per condensare il vapore, circa il 46.5%, che tramite la valvola di *cross-over* prosegue l'espansione fino alla pressione di 0.0676 ata e 38.6°C (0.0673 ata e 38.5°C al carico di punta). Il rendimento di secondo principio è pari a 34.0% con la temperatura esterna di 1.8°C (34.1% al carico di punta con la temperatura esterna a -1.6°C).

La produzione separata della stessa potenza elettrica netta e della stessa

potenza termica avrebbe un rendimento di secondo principio del 35.1% (35.5% al carico di punta). Questo valore è più elevato rispetto agli assetti precedenti in quanto è più elevato il rapporto elettricità/calore e, nella produzione solo elettrica, l'efficienza del Termoutilizzatore è di molto inferiore (max 29.4%, vedi assetti A6 e A7) a quella di una centrale termoelettrica convenzionale (45%). Il beneficio della cogenerazione non è sufficiente ad invertire il fatto appena ricordato, così che questo assetto è il 3.1% (1-34.0/35.1) meno efficiente della produzione separata (4.0% al carico di punta). Rispetto alla produzione separata mediante combustibili fossili, l'utilizzo dei rifiuti in questo assetto consente un risparmio di fonti non rinnovabili di 14.8 tep/h (17.6 tep/h al carico di punta).

4.8 Assetti di produzione di sola energia elettrica

Tutto il vapore prodotto dalle due caldaie viene fatto espandere in turbina prima attraverso gli stadi di alta pressione e poi attraverso i due stadi di bassa pressione, con la valvola di *cross-over* completamente aperta. In questo caso il transito di acqua per il teleriscaldamento negli scambiatori R1, R2 e R3 è nullo.

Le condizioni di produzione di sola energia elettrica sono meno efficienti di quelle di cogenerazione. Il massimo rendimento solo elettrico del Termoutilizzatore è del 29.4%, di molto (il 34%) inferiore a quella di una centrale termoelettrica convenzionale (45%). I rendimenti di primo e secondo principio hanno esattamente lo stesso valore, non essendovi alcuna produzione di calore. Tutto il vapore viene convogliato dalla valvola di *cross-over* agli stadi di bassa pressione e tutto deve essere condensato con cessione di calore all'aria esterna. Ma il dimensionamento della turbina è stato condizionato dalla scelta del condensatore ad aria a secco che non consente la condensazione della piena portata vapore, con due linee a pieno carico, al di sotto di una temperatura di almeno 37°C superiore alla temperatura esterna (28°C con una sola linea a pieno carico). Questo spiega la forte differenza di rendimento solo elettrico rispetto alle centrali convenzionali.

Le esigenze che portano ad esercire l'impianto in queste condizioni dipendono dalla richiesta delle utenze esterne, sia quelle collegate alla rete elettrica sia quelle collegate alla rete termica. Ad esempio si può verificare una massimizzazione di richiesta della produzione elettrica o una totale assenza di richiesta di potenza termica da parte della rete di teleriscaldamento.

4.8.1 Assetto A6: assetto solo elettrico con due linee in funzione

La quantità di vapore in ingresso turbina, al netto degli ausiliari, con le due linee in funzione, alla potenza nominale di esercizio, è di 207.2 t/h a 447.8°C

e 58.5 ata (250.2 t/h, 447.5°C e 59.8 ata al carico di punta).

La potenza elettrica lorda ai morsetti di macchina è di 56.7 MWe, con un consumo interno per gli ausiliari di 5.4 MWe. Quindi, la potenza elettrica netta è di 51.3 MWe. Al carico di punta la potenza lorda è 66.2 MWe, il consumo degli ausiliari 6.9 MWe e la potenza netta 59.3 MWe.

Per massimizzare il rendimento, i parametri di temperatura scarico turbina e di pressione al condensatore sono mantenuti a valori ottimali, rispettivamente 44.1°C e 0.0902 ata, con temperatura esterna di 6.1°C (48.1°C e 0.111 ata con temperatura esterna di 10.6°C al carico di punta).

I rendimenti di primo e secondo principio sono uguali e pari a 29.4% al carico nominale e 28.6% al carico di punta, ben inferiori al tipico rendimento di produzione in centrale termoelettrica convenzionale.

Rispetto alla produzione in centrale termoelettrica convenzionale, l'utilizzo dei rifiuti in questo assetto consente un risparmio di fonti non rinnovabili di 9.8 tep/h (11.3 tep/h al carico di punta).

4.8.2 Assetto A7: assetto solo elettrico con una sola linea in funzione

L'assetto di produzione di energia elettrica con una sola caldaia in funzione a carico nominale e portata nulla di acqua teleriscaldamento evidenzia, come il caso A4, la maggior incidenza degli ausiliari termici ed elettrici sul rendimento dell'impianto rispetto al caso di funzionamento di due caldaie. Infatti si producono 25.3 MWe (29.7 MWe al carico di punta) con portata vapore in ingresso turbina di 97.4 m³/h, a temperatura di 448.3°C e pressione di 58.6 ata (123.7 t/h, 447.8°C e 59.9 ata al carico di punta).

I parametri di temperatura scarico turbina e di pressione al condensatore, rispettivamente 36.1°C e 0.0588 ata con temperatura esterna di 7.9°C (37.2°C e 0.0628 ata con temperatura esterna di 6.3°C al carico di punta), sono migliori rispetto al caso con due caldaie in funzione perché la minore potenza termica da cedere all'ambiente esterno per condensare il vapore riduce il salto termico fra vapore in condensazione e aria esterna.

I rendimenti di primo e secondo principio sono uguali e pari a 26.5% al carico nominale e 27.8% al carico di punta, comunque inferiori al caso A6 con entrambe le caldaie in funzione, a causa della maggiore incidenza degli ausiliari elettrici e termici comuni alle due linee, che in questo caso sono tutti a carico dell'unica linea in funzione.

Rispetto alla produzione in centrale termoelettrica convenzionale, l'utilizzo dei rifiuti in questo assetto consente un risparmio di fonti non rinnovabili di 4.8 tep/h (5.7 tep/h al carico di punta).

Tabella 4.4: Energia elettrica e termica prodotte nel periodo 15/11-15/12/1999.

Energia e acqua teleriscaldamento			
		Totale Mese	Media Giorno
Energia elettrica	MWh	34 224	1104
Energia termica	MWh	26 405	852
Quantità acqua telerisc.	kg	1 767 515 000	57 017 000
Portata media acqua telerisc.	kg/h	2 376 000	

4.9 Assetto di produzione di sola energia termica

Può essere necessario produrre solo energia termica e non energia elettrica per esigenze di distribuzione o per momentanea indisponibilità della turbina, ferma per lavori programmati di manutenzione o interventi specifici per anomalie impreviste. In questo caso tutta la portata di vapore prodotta può essere utilizzata per riscaldare l'acqua del teleriscaldamento. Tramite una valvola riduttrice posta sul collettore comune del vapore, prima dell'immissione in turbina, il vapore viene convogliato ad uno scambiatore a fascio tubiero alla pressione massima di 4 bar limitata da un regolatore. In questo modo il calore del vapore è ceduto interamente alla rete di teleriscaldamento. Il vapore condensato dopo lo scambio termico viene raccolto in un apposito serbatoio denominato pozzo caldo degasante dove per mezzo delle pompe di alimento, viene inviato al degasatore e ripompato nuovamente in caldaia.

4.10 Bilancio di massa e di energia nel Termoutilizzatore

Per descrivere quantitativamente nel dettaglio una giornata media di funzionamento dell'impianto, è interessante analizzare i flussi di massa e i flussi di energia in ingresso e in uscita dal Termoutilizzatore. Per agevolare il confronto si sono espressi tutti i pesi in kg e le quantità di gas in Nm³.

Il periodo scelto per ricavare i dati relativi alla giornata media è quello di 31 giorni compreso fra il 15 novembre e il 15 Dicembre 1999. Questo periodo ben caratterizza le reali condizioni di funzionamento dell'impianto. Nel corso della prova le caldaie hanno funzionato quasi sempre con carichi vicino al 100%. Naturalmente in questo periodo, come accade durante il normale esercizio, si sono generate esigenze di intervento manutentivo che per brevi periodi di tempo hanno modificato gli assetti di funzionamento; ecco perché nelle tabelle

successive si potrà notare l'utilizzo di metano per la combustione. Il metano viene utilizzato solo per esigenze di avviamento e fermata o per brevi periodi di tempo quando è necessario ridurre temporaneamente al minimo le emissioni di polveri durante manutenzioni ai sistemi di trasporto delle stesse.

Complessivamente il funzionamento a metano o in combustione mista è stimabile in circa 80 ore, quasi tutte per la caldaia 1. Per questo motivo non si è ritenuto significativo, nelle tabelle che seguono, ripartire il consumo di metano sul periodo di 31 giorni per ottenere un ipotetico giorno medio di funzionamento, come invece è stato fatto per altri parametri.

L'assetto di funzionamento è stato di tipo misto, non riconducibile ad uno dei sette assetti previsti per i collaudi e analizzati nei Paragrafi 4.7 e 4.8, con portate del teleriscaldamento variabili da minimi notturni di $500 \text{ m}^3/\text{h}$ a massimi diurni di quasi $6000 \text{ m}^3/\text{h}$, come avviene in condizioni di normalità in un periodo freddo.

La Tabella 4.4 riporta la produzione di energia elettrica e termica nel periodo in esame.

Lo schema di Figura 3.1 a pag. 30 serve da guida per capire a quale dei flussi di materiali o di energia si riferiscono i dati forniti. Come per la descrizione dell'impianto, anche per questa analisi si ritiene utile seguire il percorso dei rifiuti all'interno dell'impianto, dal conferimento, alla combustione fino al camino.

Si parte dalla descrizione del traffico dei mezzi pesanti che in questo periodo ha interessato il Termoutilizzatore per il conferimento di rifiuti, la fornitura di reagenti e il trasporto di scorie e polveri.

Gli automezzi che sono transitati per l'area dell'impianto sono stati 5752 di cui 5283 per i rifiuti solidi urbani (RSU) e assimilabili (RSAU), 37 per i fanghi, 36 per i reagenti, 396 per movimenti in uscita di scorie, polveri e ferro.

La Tabella 4.5 riporta in dettaglio i pesi dei materiali che sono entrati e usciti per mezzo dei 5752 camion. I pesi medi, massimi e minimi dei camion di trasporto RSU o RSAU sono rispettivamente 7878 kg, 33000 kg e 320 kg.

Si noti che sia per gli RSU e RSAU sia per i fanghi e i reagenti l'impianto è dotato di ampi stoccaggi. Pertanto i Totali Mese e le Medie Giorno dei materiali in ingresso alla pesa possono non essere in fase con gli effettivi consumi dell'impianto. Questo risulta evidente se si confrontano i valori della tabella precedente con quella successiva che riporta i consumi. In particolare si nota che Totali Mese e Medie Giorno di ingressi e consumi sono quasi uguali per RSU/RSAU e ammoniaca ma non per calce idrata e carbone attivo.

Nella Tabella 4.6 si riassumono le quantità parziali e totali di tutte le sostanze che vengono introdotte in caldaia e nel trattamento fumi e si evidenzia anche la media giornaliera del periodo.

Per i fanghi, per mancanza di dati precisi, è stata fatta una semplificazione approssimando come bruciata in parti uguali nelle due linee tutta la quantità che nel periodo è stata conferita al Termoutilizzatore.

Anche le portate aria sono delle stime ottenute utilizzando le percentua-

Tabella 4.5: Camion e materiali in ingresso e in uscita nel periodo 15/11-15/12/1999.

	Totale Mese		Media Giorno	
	n°	kg	n°	kg
Ingresso				
RSU e RSAU	5283	41 622 000	170	1 343 000
Fanghi	37	284 100		9160
Ammoniaca (soluz. 25%)	12	289 900		9350
Calce idrata	22	519 100		16 700
Carbone attivo	2	20 300		655
Uscita				
Scorie non ferrose	263	8 264 000	8-9	266 600
Polveri e ceneri	80	1 902 000	2-3	61 400
Ferro	41	476 000	1-2	15 300
Altri camion	12			

li 'storiche' basate sulle quantità di fumi misurate al camino: aria primaria 61.6%, aria secondaria 8.4% (della portata fumi misurata al camino).

Le scorie di combustione e i residui del processo di depurazione fumi sono invece documentati nella Tabella 4.7.

Per interpretare correttamente i dati è necessaria una premessa. Il peso delle scorie, del ferro, delle ceneri di caldaia e delle polveri del trattamento fumi non è misurato puntualmente come avviene con il peso dei rifiuti. Le pesate sono effettuate sugli automezzi dello smaltimento in uscita dall'impianto, che non sono in fase con le produzioni di scorie, ferro, ceneri e polveri nell'impianto, data la presenza di generosi stoccaggi. Le differenze sono evidenti se si confrontano i dati delle Tabelle 4.7 e 4.5.

I valori riportati in Tabella 4.7 sono quindi delle stime ottenute utilizzando le percentuali 'storiche' basate sul peso dei rifiuti immessi in caldaia: scorie 22%, ferro 1,4%, ceneri di caldaia 1%, polveri da trattamento fumi 3,5% (del peso di rifiuti immessi in caldaia).

La Tabella 4.8 riporta le quantità di inquinanti che si liberano in atmosfera come misurate dagli strumenti di rilevazione in continuo presenti al camino.

La Tabella 4.9 riporta le concentrazioni medie su 24 ore relative alle sostanze per le quali non esiste strumentazione di misura in continuo al camino e le cui concentrazioni nei fumi sono verificate periodicamente da enti di controllo esterni dotati di idonea strumentazione. I valori indicati in tabella sono le medie su 24 ore delle concentrazioni risultate dalla campagna di misura effettuata dall'Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri di Milano fra il 10 e l'11 novembre 1999 sulle emissioni al camino della linea 1 funzionante al

Tabella 4.6: Consumi di materiali in caldaia e nel trattamento fumi nel periodo 15/11-15/12/1999. Per l'aria si tratta di stime basate su percentuali 'storiche' riferite alle portate di fumi misurate al camino.

Consumi Caldaia e Trattamento Fumi					
		Linea 1	Linea 2	Totale Mese	Media Giorno
Caldaia					
RSU e RSAU	kg	19 715 000	22 221 000	41 936 000	1 353 000
Fanghi biologici	kg	142 000	142 000	284 000	9160
Metano	kg	311.300	12 200	323 500	
Aria primaria	Nm ³	70 332 000	71 984 000	142 316 000	4 591 000
Aria secondaria	Nm ³	9 591 000	9 816 000	19 407 000	626 000
Aria totale	Nm ³	79 923 000	81 799 000	161 722 000	5 217 000
Ammoniaca (soluz.al 25%)	kg	127 500	153 100	280 600	9050
Trattamento fumi					
Calce idrata	kg	176 400	122 900	299 300	9660
Carbone attivo	kg	7390	7570	14 960	483

Tabella 4.7: Scorie, ceneri e polveri prodotte nel periodo 15/11-15/12/1999. Stime basate su percentuali 'storiche' riferite al peso dei rifiuti immessi in caldaia.

Uscite da Caldaia e Trattamento Fumi					
		Linea 1	Linea 2	Totale Mese	Media Giorno
Scorie non ferrose	kg	4 337 000	4 889 000	9 226 000	298 000
Ferro	kg	276 000	311 000	587 000	18 900
Ceneri di caldaia	kg	197 000	222 000	419 000	13 500
Polveri da tratt.fumi	kg	690 000	778 000	1 468 000	47 300

carico nominale e fra l'11 e il 12 novembre 1999 sulle emissioni al camino della linea 2 funzionante al carico nominale.

Tabella 4.8: Media giornaliera delle emissioni al camino per le sostanze misurate in continuo nel periodo 15/11-15/12/1999. La portata fumi è riferita a condizioni normali di temperatura e pressione; non è normalizzata all'11% di O₂ né al secco.

Emissioni al Camino		
		Media Giorno
Fumi	Nm ³	7 453 000
CO	kg	118
SO ₂	kg	92.6
NO _x	kg	532
HCl	kg	112
Polveri	kg	1.20
SOV	kg	6.2

Tabella 4.9: Concentrazioni medie sulle 24 ore misurate al camino dai tecnici dell'Istituto M. Negri fra il 10 e l'11 novembre 1999 sulla linea 1 e fra l'11 e il 12 novembre 1999 sulla linea 2, per le sostanze soggette a verifiche periodiche, per le quali non esiste strumentazione di misura in continuo al camino. Come risulta dal confronto riportato nella Tabella 2.1 a pag. 20 i valori sono ampiamente inferiori ai limiti imposti dall'autorizzazione regionale.

Emissioni al Camino			
		Linea 1	Linea 2
Polveri totali	mg/Nm ³	0.14	0.10
Bromuri e fluoruri	mg/Nm ³	<0.10	<0.10
Cianuri	mg/Nm ³	<0.01	<0.01
Fosfati	mg/Nm ³	<0.02	<0.02
Mercurio	mg/Nm ³	<0.001	<0.001
Cadmio	mg/Nm ³	<0.001	<0.001
Metalli pesanti totali (met.DRL)	mg/Nm ³	0.0029	0.002
Idrocarburi policiclici aromatici	mg/Nm ³	<0.001	<0.001
Diossine e furani	ng/Nm ³	<0.01	0.008

Il Sistema di Gestione Ambientale

5.1 Definizione di Sistema di Gestione Ambientale (SGA)

L'interesse nei confronti delle tematiche ambientali ha indotto l'International Standardisation Organisation (ISO) a definire le ISO serie 14000 che sono norme volontarie sui sistemi di gestione aziendale per l'ambiente. La sensibilità ambientale diffusa oggi supera l'atteggiamento di semplice considerazione dei fattori ambientali legati alle attività industriali e di interazione con l'ambiente che in passato era obbligato dalla politica del "*Command and Control*" in base alla quale chi è causa di inquinamento è soggetto a sanzioni penali e costretto a risarcire economicamente la società.

La diversa percezione delle problematiche ambientali da parte delle comunità ha spinto le istituzioni europee ad assumere un ruolo differente nei confronti delle imprese per divenire stimolo al miglioramento delle loro prestazioni ambientali, attraverso la definizione di norme in materia di tutela ambientale a cui le imprese possono aderire volontariamente e con atteggiamento attivo.

Le ISO 14000, come già il regolamento EMAS (CEE 1836/93), emesso dalla Comunità Europea sulle stesse tematiche, si basano su un importante strumento di controllo costituito dalle verifiche ispettive (audit)[14] che devono essere esaurienti e condotte con efficacia e puntualità. Il concetto di Sistema di Gestione Ambientale (SGA o EMS da "*Environmental Management System*") e la pratica di audit ambientale ad esso associata costituiscono un metodo che l'organizzazione ha per dimostrare la propria assunzione di responsabilità nei confronti dell'ambiente. Lo scopo di tali sistemi è di sostenere le aziende che utilizzano un SGA a realizzare e mantenere le politiche, le norme e altri requisiti relativi all'ambiente.

L'adesione a tali norme non indebolisce in alcun modo l'obbligo al rispetto della legislazione ambientale vigente, che risulta al contrario un prerequisito per l'implementazione dei Sistemi di Gestione Ambientale. Le aziende sono

senz'altro tenute a garantire la conformità con i requisiti ambientali imposti dalle leggi. L'elemento nuovo è l'obiettivo di miglioramento continuo in campo ambientale che trova forza nell'ottica della prevenzione e del controllo delle attività.

Un Sistema di Gestione Ambientale può essere definito come la parte di un sistema di gestione generale di un'azienda che ne comprende la struttura organizzativa con lo scopo di aiutare e proteggere la salute dell'uomo e l'ambiente dalle possibili conseguenze delle proprie attività, dei propri prodotti e servizi e di contribuire a mantenere e migliorare la qualità dell'ambiente; i principi su cui si basa sono: impegno e politica ambientale, pianificazione, attuazione, misurazione, valutazione, riesame e miglioramento delle prestazioni ambientali.

La definizione di SGA è funzione della norma a cui si fa riferimento. Il Regolamento EMAS e le norme ISO 14000 definiscono il SGA in modo leggermente diverso come discusso nel Paragrafo 5.3 a pag. 97.

I principi fondamentali a cui si ispira il nuovo approccio di protezione ambientale sono:

- applicare logiche di mercato agli "aspetti ambientali" relativi alle attività di un'azienda;
- incentivare le imprese ad assumere un atteggiamento creativo e responsabile nell'organizzazione aziendale, finalizzato ad individuare soluzioni che determinino un miglioramento delle proprie *performance* ambientali sulla base delle loro peculiari condizioni ed esigenze;
- promuovere un dialogo costruttivo tra impresa e componente pubblica e sociale coinvolta dalle attività aziendali direttamente o indirettamente.

L'investimento di risorse in campo economico, professionale e tecnologico non è trascurabile ma numerosi e accattivanti sono i risultati positivi che ne derivano.[15]

A livello strategico:

- maggior competitività;
- migliori rapporti interni e con le istituzioni;
- acquisizione di un'immagine di trasparenza ed affidabilità verso interlocutori esterni e riduzione della situazioni di conflittualità tra l'azienda e l'esterno.

A livello gestionale:

- controllo delle *performance* produttive che hanno aspetti ambientali rilevanti;
- coinvolgimento e responsabilizzazione di tutte le figure professionali presenti in azienda.

A livello legale:

- garanzia di conformità alle normative ambientali;
- riduzione dei rischi di sanzioni;
- chiara definizione di ruoli e responsabilità;
- semplificazione nell'ottenimento di permessi ed autorizzazioni.

A livello economico:

- maggiore valore dei beni e servizi prodotti e aumento delle quote di mercato;
- riduzione dei costi relativi al consumo di materie prime e di energia e allo smaltimento dei prodotti finali, dei residui e dei rifiuti di produzione;
- minori spese relative a contenziosi, multe, indennizzi;
- riduzione dei premi assicurativi.

A livello finanziario:

- maggior fiducia degli azionisti;
- accesso facilitato a crediti e finanziamenti pubblici.

Dal punto di vista storico, è nel gennaio del 1992 che sulla scia di positive esperienze statunitensi nasce in sede comunitaria la proposta di un Regolamento CEE *"sull'adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un sistema comunitario di audit ambientale"* che successivamente diventerà il Regolamento 1836/93 *"Environmental Management and Audit Scheme"*, EMAS, emanato nel giugno del 1993.

Tale Regolamento definisce un percorso completo ed impegnativo che le imprese possono volontariamente seguire per attuare il proposito di una migliore gestione degli effetti ambientali connessi alle attività aziendali.

L'esposizione dei suoi elementi principali è contenuta nel Paragrafo 5.2.1; qui basti precisare che i requisiti posti dal Regolamento, ufficialmente riferibile solo a imprese o a siti industriali facenti parte di uno degli stati membri della Comunità Europea, risultano piuttosto restrittivi.

In particolare la prevista Dichiarazione Ambientale, che deve contenere anche dati quantitativi riguardanti gli aspetti ambientali, rappresenta un efficace strumento di comunicazione e trasparenza pubbliche e pone l'azienda che voglia aderire al Regolamento in una situazione che richiede il massimo impegno nel dimostrare a terzi anche quantitativamente la propria adesione ai principi suddetti.

Un accettabile compromesso per un'azienda che intenda attuare un Sistema di Gestione Ambientale, garantendo una maggior attenzione e una miglior gestione degli aspetti ambientali derivanti dalle proprie attività, ma che non

si consideri ancora pronta o disposta a fornire una Dichiarazione Ambientale secondo i requisiti regolamentari, è fornito dalla normativa internazionale ISO.

Con l'emanazione della serie ISO 14000 si è introdotto a livello internazionale uno schema per l'attuazione ed il mantenimento di un SGA aziendale che risulta analogo a quello richiesto dal Regolamento con delle differenze. L'ISO prevede requisiti meno restrittivi, relativamente al merito dei contenuti delle informazioni rese al pubblico, e più liberi, perché definisce "cosa è necessario fare", lasciando alle singole imprese le decisioni in merito al "come fare"; in questo modo le imprese possono adattare la struttura del sistema di gestione alle proprie condizioni aziendali.

Il Regolamento comunitario tende invece a limitare l'ambito di discrezionalità delle imprese riguardo le modalità d'azione e di implementazione del SGA.

Sicuramente anche le norme ISO rappresentano un efficace strumento di controllo e miglioramento delle prestazioni ambientali dell'impresa e impongono requisiti specificamente ambientali rigidi come quelli del Regolamento.

Entrambe le normative quindi, Regolamento ed in particolare, del gruppo delle ISO 14000, la UNI EN ISO 14001, costituiscono una valida base di lavoro e conducono a risultati comparabili, in termini di impegno da parte dell'azienda a garantire un miglioramento continuo delle proprie prestazioni ambientali poiché in entrambi i casi quelli ambientali sono gli aspetti normalmente valutati nella definizione delle strategie aziendali.

Soltanto, le condizioni più restrittive poste dal Regolamento fanno presupporre che l'adozione di questo sistema fornisca maggiori garanzie riguardo ai risultati ambientali, considerati in termini sia qualitativi sia quantitativi.

Un elemento di primaria importanza da evidenziare è che tanto il Regolamento quanto le norme ISO permettono di considerare le caratteristiche condizioni e le specifiche esigenze di ogni impresa, consentendo nel modo più opportuno le azioni previste dalle norme e permettendo di massimizzare i risultati positivi che scaturiscono dalla loro adozione.

5.2 Le norme sul Sistema di Gestione Ambientale

Si introducono le norme della serie riguardanti il Sistema di Gestione Ambientale: il Regolamento Emas, la norma BS 7750, la norma UNI 10461 e le norme della serie ISO 14000.

5.2.1 Il Regolamento EMAS

Il Regolamento EMAS [16] rappresenta il primo tentativo di proporre a livello normativo un metodo che coinvolga il sistema di gestione aziendale nella sua globalità e che sia mirato ad inserire la variabile ambientale tra i classici *target* aziendali per gestirla in modo strategico ed integrato.

Nel gennaio 1992 nasce in sede comunitaria la proposta di un Regolamento sull'adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un sistema comunitario di audit ambientale: in questa prima stesura si dava molto risalto alla fase dell'audit, considerato lo strumento ottimale con cui garantire l'informazione e la partecipazione del pubblico, vale a dire le diverse parti interessate, dai lavoratori, alle comunità locali, alle istituzioni pubbliche, riguardo alle attività delle imprese ed ai loro aspetti ambientali. Le proposte per uno schema volontario di audit ambientale furono pubblicate nello "*European Journal*" nello stesso anno.

Nel dicembre 1992 si opera la prima modifica; il nuovo testo approvato prevede un ridimensionamento del ruolo dell'audit ambientale a elemento di complemento di un più ampio Sistema di Gestione Ambientale, funzionale ad esigenze di verifica interna per garantire il soddisfacimento dei requisiti normativi non solo nel presente ma anche nel futuro. Per contro, l'esame esterno diventa competenza del verificatore autorizzato. L'altra modifica importante è rappresentata dall'esplicito riferimento alle migliori tecnologie disponibili, note come BAT, *Best Available Technologies*, cui fare riferimento quale criterio di valutazione delle prestazioni ambientali dell'impresa; il principio delle BAT successivamente viene sostituito da quello delle migliori tecnologie disponibili economicamente praticabili, anche se, non essendo stati definiti i criteri oggettivi con cui stabilire la praticabilità economica, questo resta un punto delicato nella fase di verifica poiché non delimita l'ambito di discrezionalità nella formulazione del giudizio dei verificatori ambientali.

La versione definitiva viene approvata nel marzo 1993 e costituisce il testo del Regolamento CEE n.1836/93 del 29 giugno 1993 [16] sull'adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un Sistema Comunitario di Ecogestione e Audit, noto come Regolamento EMAS (*Environmental Management and Audit Scheme*), l'entrata in vigore è stata nell'aprile 1995 nella maggioranza dei paesi europei mentre in Italia è stato reso esecutivo nel 1997; la prima revisione era prevista nel 1998 cinque anni dopo l'entrata in vigore.

Nel 1997 si è avviata la stesura di un nuovo regolamento, EMAS II, che alla fine del 1998 è stato proposto come revisione dell'attuale Regolamento 1836/93. Nel gennaio 1998 il nuovo regolamento ha iniziato il suo iter di approvazione formale da parte del Consiglio dei Ministri della UE dopo l'acquisizione del parere da parte del Parlamento Europeo. L'approvazione definitiva e la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale Europea dovrebbe avvenire entro il 2000 o i primi mesi del 2001.

Gli elementi innovativi del nuovo Regolamento EMAS II rispetto all'attuale sono evidenziati nel paragrafo 5.3.4 a pag. 111.

Le attività industriali oggi comprese dallo schema (basato sulla classificazione delle attività economiche nella Comunità Europea - Reg. CEE n.3037/90) sono:

Sezione C: miniere e cave

Sezione D: industria manifatturiera

Sezione E: fornitura di elettricità, gas e acqua

oltre a riciclaggio, trattamento, distruzione o avvio a discarica dei rifiuti solidi e liquidi. [16, art.2 punto (i)]

L'articolo 14 del Regolamento in realtà include altri settori, diversi da quello industriale, ad esempio il commercio e i servizi pubblici, nei quali le imprese possono sperimentare disposizioni analoghe a quelle previste dal sistema di Ecogestione e Audit.

Lo schema del Regolamento EMAS rappresenta un nuovo approccio alla regolamentazione ambientale attraverso:

- l'attuazione di un sistema di gestione ambientale all'interno di un sito;
- la stesura, da parte del management dei siti, di dichiarazioni ambientali disponibili per il pubblico;
- la verifica indipendente;
- l'istituzione di un sistema di accreditamento, da parte di organismi competenti nazionali, dei verificatori indipendenti.

La Commissione Europea è l'organo legislativo della Unione Europea e il suo ruolo principale è l'armonizzazione tra le legislazioni degli stati membri. Produce direttive e regolamenti che devono essere recepiti nelle leggi e regolamenti degli stati membri in un tempo prefissato.

Benché EMAS sia un Regolamento comunitario, i singoli governi degli stati membri avrebbero dovuto creare le condizioni per la sua operatività (il sistema di accreditamento) entro un limite fissato all'aprile del 1995.

I requisiti del Regolamento sono specificati in 21 articoli nel corpo del testo del regolamento; sono presenti poi degli allegati dove vengono forniti dettagli sull'attuazione.

Si richiamano di seguito i principi di base del Regolamento mettendone in luce le finalità e i contenuti.

Finalità. Gli obiettivi sono:

- la promozione del miglioramento continuo nelle prestazioni ambientali delle attività industriali attraverso l'introduzione di politiche ambientali, programmi e sistemi di gestione specifici per il sito industriale;
- la valutazione periodica delle prestazioni;
- la produzione di una dichiarazione ambientale per l'informazione al pubblico.

Notiamo che il Regolamento è stato indirizzato con riferimento specifico al sito industriale con una forte connotazione locale.

Contenuti. Il Regolamento EMAS richiede all'organizzazione di condurre un riesame ambientale del sito sulla base del quale sviluppare una politica ambientale con l'impegno al miglioramento continuo. Sono richiesti, per questo scopo:

- un Sistema di Gestione Ambientale applicabile a tutte le attività del sito e in grado di tenerle sotto controllo;
- una Politica Ambientale che comprenda obiettivi e principi d'azione in conformità con le leggi, l'impegno a ridurre le incidenze ambientali fino a livelli che non oltrepassino quelli raggiunti dalle migliori tecnologie disponibili (*Best Available Technologies* – BAT);
- obiettivi fissati al più alto livello aziendale;
- un Programma Ambientale che descriva attività ed obiettivi specifici in tema di migliore protezione dell'ambiente (incluse eventuali misure adottate o previste e scadenze temporali, se del caso);
- una (o più di una) Dichiarazione Ambientale preparata per ogni sito.

In sede di convalida della Dichiarazione Ambientale vengono esaminate, da parte del verificatore ambientale accreditato

- la politica;
- i programmi;
- i sistemi di gestione;
- la conformità dell'attività di analisi ed audit;
- l'attendibilità dei dati e delle informazioni contenute nelle dichiarazioni ambientali;

per verificare che soddisfino tutti i requisiti rilevanti del Regolamento.

Infine, la Dichiarazione Ambientale deve essere validata e presentata all'organismo competente per la registrazione del sito e l'aggiornamento dell'elenco dei siti registrati dello Stato Membro e resa disponibile al pubblico.

L'approccio sopra schematizzato è proprio anche delle normative nazionali relative ai Sistemi di Gestione Ambientale, la BS 7750 e la UNI 10461, e della norma internazionale ISO 14001.

5.2.2 La norma inglese BS 7750

E' una norma nazionale emessa dall'organizzazione inglese di normazione BSI, pubblicata per la prima volta nel 1992, poi revisionata nel 1994, a seguito di esperienze pilota svolte nel Regno Unito e con l'esplicita intenzione di essere conforme ai requisiti posti dal Regolamento comunitario 1836/93, emanato a

cavallo tra la prima e la seconda edizione. Sono evidenti anche alcuni parallelismi con la serie ISO 9000 sui Sistemi di Qualità. Nel 1997 la norma è stata ritirata a seguito del recepimento della BS EN ISO 14001 e il suo valore oggi è solo storico.

Questa norma era applicabile a organizzazioni che svolgessero una vasta gamma di attività. La norma specificava gli elementi del sistema di gestione mentre le linee guida per l'attuazione e la valutazione si trovavano in appendice.

Fino al settembre del 1996 è stata la norma di certificazione di SGA più diffusa nel mondo; infatti nel momento dell'emissione della ISO 14001 diversi siti erano già certificati BS 7750.

Rispetto alle norme della serie ISO 14000, la BS 7750 aveva un approccio più rigoroso, per certi versi vicino al Regolamento EMAS. Prevedeva infatti:

- la disponibilità al pubblico del registro degli impatti e del registro dei regolamenti;
- l'uso della Miglior Tecnologia Disponibile;
- una elencazione degli elementi da sottoporre al miglioramento continuo;
- la redazione del Manuale Ambientale;
- l'indagine della performance ambientale durante le visite di verifica.

5.2.3 La norma italiana UNI 10461

La UNI 10461 è una norma italiana a valenza nazionale preparata sotto la direzione della Commissione "Ambiente" dell'UNI, l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

Tale norma definisce il percorso per l'implementazione di un SGA che rispetti i requisiti del Regolamento EMAS. A partire dal novembre 1996 la UNI 10461 è stata sostituita dalla UNI EN ISO 14001 che presenta stretti parallelismi con le norme ISO 9000 che regolamentano i Sistemi di Qualità.

5.2.4 Le norme ISO della serie 14000

L'International Organisation for Standardisation (ISO) è una organizzazione non governativa, con sede a Ginevra, cui aderiscono oggi 110 paesi. Lo scopo dell'ISO è di promuovere normative armonizzate in ambito internazionale. Tutte le norme sviluppate sono volontarie, elaborate in risposta ad esigenze del mercato e basate sul consenso delle parti interessate.

In ambito ISO un comitato tecnico, il TC207, si occupa della stesura delle norme armonizzate in materia ambientale. Ne fanno parte una quarantina di paesi con diverse organizzazioni. Per ogni comparto della "Gestione Ambientale" un paese è stato nominato leader del progetto di sviluppo.

La Serie ISO 14000, emanata a partire dal settembre 1994, comprende:

- ISO 14000 per SGA: linee guida su principi, sistemi, tecniche di supporto (sett.'94); tale norma è stata aggiornata e riemessa come ISO 14004 nel 1996.
- ISO 14001 per SGA: prescrizioni e indicazioni per l'uso (dic.'94). Tale norma è stata aggiornata e riemessa nella versione comunitaria, nel settembre 1996, come EN ISO 14001. L'edizione ufficiale italiana è del novembre 1996 ed è la UNI EN ISO 14001, che definisce un SGA le cui caratteristiche rispettano i requisiti del Regolamento EMAS.
- ISO 14010: Linee guida per l'audit ambientale. Principi generali (1996).
- ISO 14011: Linee guida per audit ambientale. Procedure di audit. Audit dei SGA (1996).
- ISO 14012: Linee guida per l'audit ambientale. Criteri di qualificazione per gli auditor ambientali (1996).

Riassumendo, le norme pubblicate oggi sono:

- ISO 14001: Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso.
- ISO 14004: Linee guida generali sui principi, sistemi e tecniche di supporto.
- ISO 14010: Audit Ambientali. Principi generali.
- ISO 14011: Audit Ambientali. Criteri per la conduzione dell'audit.
- ISO 14012: Audit Ambientali. Criteri per la qualifica degli auditor ambientali.

Sono invece ancora allo stato di bozza (*Draft International Standard* - DIS) le seguenti linee guida:

- ISO DIS 14021: Environmental labels and declarations - Self Declaration environmental claims - Guidelines and definitions and usage of terms.
- ISO DIS 14040: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework.
- ISO DIS 14050: Environmental Management - Vocabulary.
- ISO DIS 14060: Inclusion of Environmental Aspects into Product Specifications.

5.2.4.1 Le norme ISO 14001 e ISO 14004

Le ISO 14001 e ISO 14004 contengono rispettivamente le specifiche per la certificazione e le linee guida per l'attuazione del sistema e, insieme, raccolgono i contenuti dell'Regolamento EMAS. All'interno delle ISO 14000 c'è una forte differenziazione tra gli elementi del sistema da sviluppare per la corretta attuazione di un sistema di gestione ambientale e organizzazione interna e quelli richiesti per la certificazione.

La ISO 14001 contiene i requisiti che possono essere sottoposti ad audit per scopi certificativi in quanto è previsto che la loro applicazione possa essere dimostrata mediante evidenze oggettive. La ISO 14004 fornisce ad una organizzazione i principi guida per l'impostazione del proprio SGA ma non prevede la necessità di dare dimostrazione dei suoi aspetti di definizione e applicazione.

La norma 14001 enfatizza *"la differenza fra questa norma che descrive i requisiti per la certificazione/registrazione e/o dichiarazione di conformità del SGA di una organizzazione e una linea guida non certificabile, atta a fornire un'assistenza generica a un'organizzazione per l'attuazione o il miglioramento di un SGA"*, quale la ISO 14004.

Sul sommario della ISO 14004 si legge: *"La norma fornisce delle linee guida per stabilire e sviluppare sistemi e principi di gestione ambientale e coordinarli con altri sistemi di gestione"*.

La norma ISO 14001, derivata dalla BS 7750, specifica i principi cardine di un sistema di gestione strutturato e integrato con il sistema di gestione complessivo e che si indirizza agli impatti ambientali significativi. Nel sommario della norma si legge:

"La norma specifica i requisiti di un Sistema di Gestione Ambientale che consente a un'organizzazione di formulare una politica ambientale e stabilire degli obiettivi, tenendo conto degli aspetti legislativi e delle informazioni riguardanti gli impatti ambientali significativi".

La norma è stata sviluppata *"per essere applicabile a organizzazioni di tutti i tipi e di tutte le dimensioni e per adattarsi a diverse condizioni geografiche, culturali e sociali"*, predisponendo al miglioramento continuo attraverso un programma *"interattivo"*.

Questo programma prende avvio dalla definizione di una politica ambientale, con obiettivi e traguardi, seguita da:

- pianificazione, nel rispetto di leggi e altri regolamenti;
- attuazione e controllo operativo;
- monitoraggio e azioni correttive e preventive.

Tutto ciò è sottoposto al riesame della direzione in modo che la politica ambientale possa essere aggiornata, corretta o ristrutturata perché si perseguano il miglioramento continuo, la prevenzione dell'inquinamento e la rispondenza dei fini di politica in generale dell'organizzazione.

Nell'introduzione della norma si sottolinea che *"questa norma non definisce requisiti in senso assoluto per il comportamento in campo ambientale al di là dell'impegno, manifestato nella politica, di conformarsi alla legislazione e alle regole tecniche applicabili e di operare per il miglioramento continuo. Pertanto, due diverse organizzazioni che eseguano attività simili e che abbiano performance differenti in campo ambientale possono entrambe essere conformi alla presente norma"*.

Rispetto alla BS 7750 è una norma meno dettagliata negli elementi di controllo che devono essere riconosciuti. Un esempio è l'assenza di qualsiasi requisito specifico per l'istituzione e il mantenimento di un registro degli effetti ambientali, limitandosi a richiedere di *"mantenere l'informazione aggiornata"*.

5.3 Cenni di confronto tra Regolamento EMAS e norma ISO 14001

Entrambe le norme appartengono alla categoria degli strumenti normativi cosiddetti "di mercato", che tendono cioè a sensibilizzare sia i produttori sia i consumatori verso l'uso responsabile delle risorse naturali e la riduzione degli inquinamenti, bilanciando gli interessi economici ed ambientali.

Si prevedono la responsabilizzazione e la partecipazione di tutti i soggetti interessati ai problemi ambientali allo scopo di collaborare per migliorare la protezione dell'ambiente. Il meccanismo con cui tali strumenti agiscono sulle imprese è quello della concorrenza; il risultato è lo stimolo per l'azienda di porsi dei traguardi ambientali che vanno oltre le prescrizioni di legge, strutturando un SGA flessibile, trasparente, fruibile e controllato dall'azienda.

Si focalizza ora l'attenzione su alcuni elementi per il confronto tra il Regolamento EMAS e la norma ISO 14001.

Un primo confronto è facilmente delineabile:

- Regolamento EMAS;
 - ha una valenza europea;
 - si rivolge ad un sito industriale.
- ISO 14001;
 - è uno standard internazionale;
 - è adattabile a qualunque organizzazione.

Il Regolamento EMAS si rivela particolarmente impegnativo per i siti; sono critiche l'analisi ambientale e la convalida della Dichiarazione Ambientale.

A differenza del Regolamento EMAS, la norma ISO 14001 non prescrive l'analisi iniziale ma afferma che: *"l'organizzazione deve stabilire e mantenere attiva una procedura (o procedure) per individuare gli aspetti ambientali delle proprie attività, prodotti o servizi che può tenere sotto controllo e su cui si può"*

attendere che abbia influenza, al fine di determinare quelli che hanno o possono avere impatti significativi sull'ambiente. L'organizzazione deve assicurarsi che gli aspetti relativi a questi impatti significativi siano presi in considerazione nello stabilire i propri obiettivi ambientali" (4.3.1).

Non è richiesta dalla norma la stesura di una dichiarazione ambientale che renda disponibili al pubblico i dati relativi alla performance ambientale di un'impresa, ma: *"l'organizzazione deve stabilire e mantenere attive procedure per ricevere, documentare e rispondere alle richieste provenienti dalle parti interessate esterne..."* e *"prendere in considerazione i procedimenti di comunicazione esterna riguardante gli aspetti ambientali significativi..."* (4.3.3).

A differenza del Regolamento EMAS, la norma ISO 14001 non prescrive né con quale intervallo devono essere svolti gli audit, né quali problematiche ambientali devono essere necessariamente considerate all'interno del programma di gestione ambientale del sito.

D'altra parte il Regolamento EMAS è meno specifico sugli elementi organizzativi e di sistema rispetto alla ISO 14001. I requisiti per i seguenti controlli non sono trattati così dettagliatamente nel Regolamento EMAS:

- documentazione del SGA (4.4.4);
- controllo operativo (4.4.6);
- sorveglianza e misurazioni (4.5.1);
- non conformità, azioni correttive e preventive (4.5.2).

Per trovare una corrispondenza maggiore con la ISO 14001 si deve far riferimento all'allegato I del Regolamento EMAS.

La Tabella 5.1 riporta le corrispondenze tra i requisiti della norma ISO 14001 e quelli del Regolamento EMAS.

Di seguito sono elencate le caratteristiche delle due norme ed in particolare, per ogni elemento considerato, si evidenziano gli aspetti specifici di ognuna.

- Entrambe le norme fissano i seguenti principi: proteggere l'ambiente, prevenire, ridurre e, quando possibile, eliminare l'inquinamento, alla fonte; garantire una buona gestione delle risorse, promuovendo l'uso delle migliori tecnologie disponibili ed economicamente praticabili; promuovere lo sviluppo sostenibile.
Secondo la norma ISO 14001 obiettivi e principi vanno intesi coerentemente al contesto socioeconomico in cui opera l'impresa.
- Mettono in evidenza il ruolo e le responsabilità delle imprese, sempre più interessate a dimostrare alle varie parti interessate un buon comportamento nei confronti dell'ambiente, recependo lo stimolo delle legislazioni ad un approccio attivo e volontario;

Tabella 5.1: Corrispondenza tra i requisiti della norma ISO 14001 e quelli del Regolamento EMAS

Requisiti	Punti ISO 14001	Articoli EMAS
Sistema di gestione ambientale	4.1	3.c
Politica per l'ambiente	4.2	3.a
Organizzazione e personale	4.4.1	(allegato I, B.2)
Formazione	4.4.2	(allegato I, B.2)
Analisi ambientale iniziale		3.b
Aspetti ambientali/Effetti ambientali e loro registrazione	4.3.1	(allegato I, B.3)
Obiettivi e traguardi	4.3.3	3.e
Programma di gestione ambientale	4.3.4	3.c/e
Comunicazione	4.4.3	3.f/g/h.5
Documentazione del SGA e suo controllo	4.4.4/5	(allegato I, B.5)
Controllo operativo	4.4.6	(allegato I, B.4)
Verifica/misura/test	4.5.1	
Non conformità e azioni correttive e preventive	4.5.2	
Preparazione e risposta all'emergenza	4.4.7	(allegato I, C.9/10)
Registrazioni	4.5.3	
Audit del SGA	4.5.4	3.d/4.1
Riesame del sistema	4.6	3.g/4.3

- Esprimono l'esigenza di introdurre ed attuare politiche, obiettivi e programmi ambientali, coordinati entro un sistema di gestione ambientale che garantisca la conformità presente e futura alle norme ed il continuo miglioramento dell'efficienza ambientale.

La norma ISO 14001 propone l'adesione come opportunità per migliorare la gestione globale e il Regolamento EMAS pone in risalto le responsabilità delle imprese nei confronti dell'ambiente.

- Si applicano ad aziende di ogni dimensione, adattandosi alle particolari situazioni geografiche, culturali e sociali; in particolare, ISO 14001:
 - prevede l'immediata applicazione ad ogni tipo di impresa;
 - non pone requisiti assoluti in materia di prestazione ambientale, oltre all'impegno a rispettare le leggi e a garantire un continuo miglioramento;

- non prende in esame alcun criterio specifico di prestazione ambientale;
- prevede che le norme nazionali in contrasto siano ritirate (doveva avvenire entro il marzo 1997).

Regolamento EMAS:

- prevede un’iniziale applicazione al settore industriale perché già avvezzo a sistemi di gestione e a procedure di audit, proponendo un’espansione progressiva a settori diversi;
 - si applica ad un sito specifico e non all’organizzazione in senso lato;
 - entra nel merito degli obiettivi fissati in termini di prestazione ambientale che divengono oggetto di verifica.
- Richiedono il coinvolgimento di tutti i livelli e le funzioni aziendali; la definizione delle procedure di audit, perché la direzione possa valutare la conformità con il sistema e l’efficacia dell’applicazione della politica ambientale; la volontarietà dell’adesione sulla base di requisiti, norme e procedure omogenei in tutti gli Stati; la figura del verificatore indipendente ed obiettivo, che sia accreditato da un ente neutrale.
 - Prevedono che vi sia consapevolezza e formazione dei lavoratori e tengono in grande considerazione le varie parti interessate.
Per la norma ISO le informazioni da fornire alle parti interessate possono essere anche solo di tipo qualitativo; per il Regolamento EMAS le informazioni devono essere qualitative e quantitative, sono oggetto di verifica esterna e sono raccolte nella Dichiarazione Ambientale.
 - Programmano la predisposizione di procedure per definire la politica ambientale e gli obiettivi di un’impresa;
 - Regolano le caratteristiche del sistema perché si possa verificarne l’efficacia nel conseguire gli obiettivi fissati e dimostrarne a terzi la conformità con le norme di riferimento.
In particolare il Regolamento EMAS necessita della creazione di organismi statali competenti per le diverse funzioni amministrative e di controllo individuate; in particolare richiede l’istituzione di un organismo competente per il registro dei siti aderenti al Regolamento e l’organizzazione di un sistema di accreditamento dei verificatori ambientali; prevede inoltre che gli Stati introducano strutture e sistemi per assistere le imprese che vogliano aderire al Regolamento, in particolare per le piccole e medie imprese.

La Figura 5.1 illustra gli elementi comuni e le differenze fra Regolamento EMAS e norma ISO 14001.

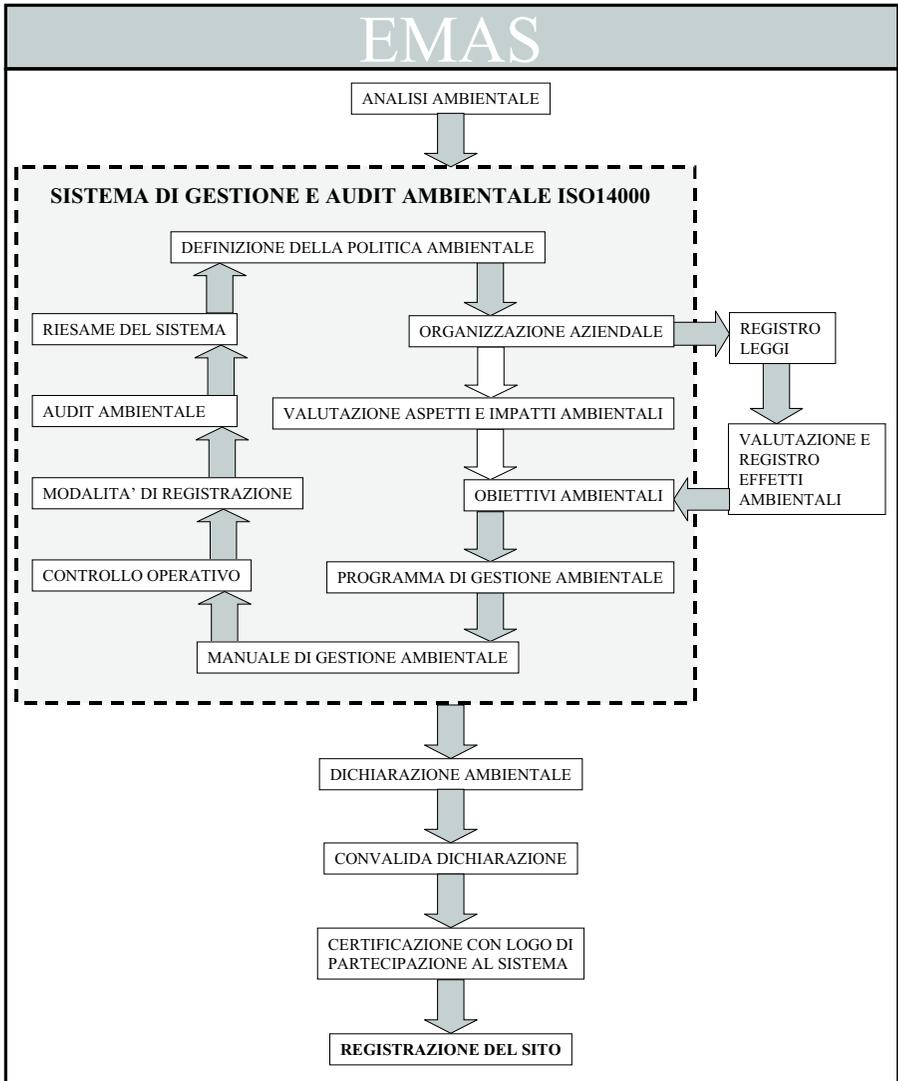


Figura 5.1: Elementi comuni e differenze tra Regolamento EMAS e norma ISO 14001.

5.3.1 Definizioni del SGA

Nelle definizioni riportate nella norma ISO 14001 e nel Regolamento EMAS si trovano gli elementi che costituiscono un SGA conforme ai requisiti di ciascuna delle norme. Analizziamoli:

- La politica ambientale
 - è fissata dall'alta direzione;
 - deve essere appropriata alla natura, alle dimensioni ed agli impatti dell'azienda;
 - contiene gli obiettivi ed i principi d'azione riguardo all'ambiente;
 - è documentata, periodicamente riesaminata e corretta dalla direzione;
 - è comunicata al personale e disponibile al pubblico;
 - prevede esplicitamente l'impegno al rispetto delle leggi vigenti ed al continuo miglioramento delle prestazioni ambientali;
 - si deve basare su principi di prevenzione, responsabilizzazione e trasparenza.
- Gli obiettivi ambientali:
 - devono essere espressi in termini di efficienza ambientale;
 - devono risultare coerenti con la politica ambientale;
 - devono essere quantificati ove possibile;
 - devono essere specificati per tutti i livelli aziendali coinvolti.

Nella norma ISO agli obiettivi ambientali si affiancano i traguardi ambientali che costituiscono una dettagliata richiesta di prestazione, possibilmente quantificata, derivante dagli obiettivi fissati, anche riferibili solo ad una parte dell'organizzazione complessiva.

- Il programma ambientale:
 - descrive gli obiettivi specifici per la tutela dell'ambiente;
 - descrive le misure adottate, le scadenze previste, le responsabilità per ogni funzione, gli strumenti da utilizzare;
 - deve essere documentato;
 - si possono definire programmi separati per modifiche o sviluppi di situazioni già esistenti.
- il Sistema di Gestione Ambientale:
 - è costituito dalla definizione di struttura, responsabilità, prassi, procedure, processi e risorse necessarie per definire e attuare la politica ambientale;

- deve essere concepito, attuato e mantenuto in modo da garantire:
 - * il periodico riesame di politica, obiettivi e programma;
 - * la documentazione di responsabilità ed interrelazioni del personale;
 - * la nomina del Rappresentante della direzione;
 - * l'adeguata formazione e consapevolezza del personale;
 - * la comunicazione interna ed esterna;
 - * l'esame, la valutazione e la registrazione degli effetti ambientali;
 - * l'individuazione e la stesura di procedure per le attività con impatto significativo;
 - * la sorveglianza della conformità e le conseguenti valutazioni di non-conformità e definizioni di azioni correttive e preventive;
 - * l'attuazione degli audit.
- l'analisi ambientale:
 - è un'analisi iniziale dei problemi, degli effetti e dell'efficienza ambientali delle attività aziendali.
- l'audit ambientale:
 - deve fornire una valutazione sistematica, documentata, periodica e obiettiva dell'efficienza ambientale;
 - deve essere condotto secondo la norma ISO 14011;
 - deve valutare il SGA e la conformità a politica, programma e leggi vigenti;
 - deve essere eseguito da professionisti competenti nei settori sottoposti all'audit ed indipendenti;
 - deve essere pianificato per garantire le risorse adeguate e per definire ruoli e responsabilità;
 - deve comprendere le discussioni con il personale, l'esame degli impianti, l'esame dei registri, l'esame delle procedure e della documentazione;
 - deve terminare con una relazione alla direzione con conclusioni, critiche e suggerimenti;
 - deve essere seguito da azioni correttive;
 - deve essere effettuato con una periodicità non superiore ai tre anni, in funzione del tipo di attività, di impatti, di problemi riscontrati.

Una delle principali differenze tra Regolamento EMAS e norma ISO 14001 è la presenza, nel primo, della Dichiarazione Ambientale, la quale deve avere le seguenti caratteristiche:

- deve essere redatta dall'impresa per ogni sito soggetto al Regolamento, al termine di ogni audit;
 - deve essere stesa in forma concisa e comprensibile al pubblico;
 - deve comprendere una descrizione delle attività, la valutazione dei problemi ambientali rilevanti, i dati quantitativi sulle emissioni, i consumi, il rumore e altri aspetti ambientali rilevanti, i fattori relativi all'efficienza ambientale, la Politica, il programma ed il SGA applicati, la scadenza per la successiva dichiarazione, il nome del verificatore accreditato;
 - deve evidenziare le variazioni rispetto alle dichiarazioni precedenti;
 - deve essere affiancata da una dichiarazione annuale semplificata che riporti i dati quantitativi (tranne che per situazioni trascurabili e con minime variazioni).
- il verificatore accreditato:
 - è un individuo o un gruppo indipendente dall'impresa sotto controllo, accreditato dagli organismi statali competenti i quali ne controllano le attività e ne garantiscono l'indipendenza e l'imparzialità, in base a criteri omogenei per tutti gli Stati comunitari;
 - ha il compito di verificare l'esistenza e la conformità della politica ambientale, l'esistenza, l'operatività, la conformità del SGA e del programma ambientale, l'adeguatezza delle procedure di svolgimento dell'audit ambientale, l'attendibilità e la completezza dei contenuti della dichiarazione;
 - deve essere iscritto all'albo dei verificatori ambientali accreditati.

Un'altra fondamentale differenza tra le due norme relative al SGA è che nel Regolamento si entra nel merito delle scelte da cui sono scaturiti gli obiettivi ambientali, che vengono così sottoposti ad una valutazione di adeguatezza; la norma ISO, al contrario, prevede esplicitamente di non fissare i criteri di valutazione delle *performance* ambientali.

Altre due definizioni di basilare importanza sono:

- aspetto ambientale: elemento dell'attività aziendale che può interagire con l'ambiente;
- impatto ambientale: modificazione dell'ambiente, negativa o benefica, dovuta alle attività aziendali.

5.3.2 Politica ambientale, obiettivi e traguardi

La politica ambientale contiene l'impegno della direzione verso le principali problematiche ambientali e costituisce una "guida" al sistema con cui si può

stabilire la "responsabilità ultima". Gli obiettivi e traguardi del SGA diventano una "legge auto imposta", traducendo la riduzione od eliminazione degli impatti ambientali potenziali di una organizzazione in obiettivo tangibile di miglioramento continuo. Benché presentati come elementi separati nella ISO 14001, politica, obiettivi e traguardi tendono a rappresentare un continuo. Di fatto molte politiche ambientali contengono specifici obiettivi tecnici.

5.3.2.1 Politica ambientale

La definizione data dalla ISO 14001 (3.9) è la seguente: "Dichiarazione fatta da un'organizzazione delle sue intenzioni e dei suoi principi in relazione alla sua globale prestazione ambientale, che fornisce uno schema di riferimento per le attività e per la definizione degli obiettivi e dei traguardi in campo ambientale."

Invece il Regolamento EMAS (art.2, punto (a)) precisa: "gli obiettivi e i principi di azione dell'impresa riguardo all'ambiente ivi compresa la conformità alle pertinenti disposizioni regolamentari in materia ambientale".

La politica è forse il più importante passo per l'attuazione di un efficiente SGA. La politica è una dichiarazione pubblica che indica l'impegno dell'organizzazione e gli intenti che riguardano le problematiche di natura ambientale. E' inoltre il riferimento per l'insieme degli obiettivi e traguardi e per la loro attuazione.

Organo che definisce la politica ambientale. Deve essere definita e documentata dalla "alta direzione": per alta direzione si può intendere la persona o il gruppo di persone che hanno la responsabilità esecutiva delle organizzazioni, ovvero essa può essere identificata con i dirigenti che hanno l'autorità di allocare appropriate risorse finanziarie e umane per il controllo ambientale e il miglioramento.

Inoltre "dovrebbe essere periodicamente riesaminata e revisionata per tenere conto del cambiamento delle circostanze e delle conoscenze" (ISO 14001 A.4.2.).

La politica ambientale di un'organizzazione, che può essere definita come un singolo sito, deve essere inserita nel contesto di ogni altra più ampia politica aziendale dell'organizzazione. E' importante che si possa dimostrare che gli obiettivi, i traguardi, il programma e il SGA dei singoli siti siano in relazione con le politiche del gruppo societario nel suo complesso. Qualora necessario, possono essere definiti politiche, obiettivi e traguardi più dettagliati e specializzati, coerenti con la politica globale.

Criteri di politica ambientale. E' necessario che la politica

- "sia appropriata alla natura, estensione e impatto ambientale delle sue attività, prodotti o servizi;

- includa un impegno al miglioramento continuo e alla prevenzione dell'inquinamento;
- includa un impegno ad essere conforme alla relativa legislazione e regolamentazione ambientale applicabile e agli altri requisiti sottoscritti dall'organizzazione;
- fornisca il quadro di riferimento per stabilire e riesaminare gli obiettivi e traguardi ambientali;
- sia documentata, resa operante, mantenuta attiva e diffusa a tutto il personale;
- sia disponibile al pubblico.” (ISO 14001 4.2)

I criteri per la politica ambientale conforme allo schema EMAS sono indicati nell'art.3 punto (a) e nell'allegato I punti (a) e (d). Il testo principale, riportato nell'art.3 punto (a) afferma che l'impresa deve:

”adottare una politica ambientale aziendale conformemente ai pertinenti requisiti dell'allegato I che, oltre a provvedere affinché tutte le pertinenti disposizioni regolamentari in materia ambientale siano rispettate, includa impegni finalizzati ad un ragionevole costante miglioramento dell'efficienza ambientale in vista delle riduzioni delle incidenze ambientali a livelli che non oltrepassino quelli che corrispondono all'applicazione economicamente praticabile della miglior tecnologia disponibile”.

Il legame tra politica ambientale e gli aspetti ambientali. E' chiaro che la politica ambientale è strettamente collegata con gli aspetti ambientali dell'organizzazione. Poiché la politica deve essere rilevante per attività, prodotti e servizi dell'organizzazione e loro impatti, essa può essere definita dopo che sono stati individuati gli impatti significativi. Tuttavia questo non è sempre il caso di un SGA di nuova progettazione, per il quale spesso la politica è stabilita prima, in assenza di qualsiasi processo di identificazione e valutazione degli aspetti ambientali.

5.3.2.2 Obiettivi e traguardi

La ISO 14001 assegna all'organizzazione le responsabilità della definizione di obiettivi e traguardi. EMAS precisa che deve essere al più elevato livello appropriato di direzione. La ISO 14001 richiede che l'alta direzione sia consapevole di obiettivi e traguardi, essendo collegati alla politica e al riesame direzionale, ma non richiede il loro diretto coinvolgimento nella definizione degli stessi.

Gli obiettivi ambientali sono tipicamente definiti nelle aree dove è stato identificato un impatto ambientale significativo. Benché non sia obbligatorio per la ISO 14001, è consigliabile stabilire obiettivi e traguardi nelle aree che presentano rischio più elevato e rispetto alle quali l'organizzazione è più vulnerabile.

Obiettivi e traguardi devono prendere in considerazione i dettagli degli impatti ambientali inclusi aspetti diretti/indiretti e condizioni operative di normalità, anomalia ed emergenza.

Devono essere soddisfatti i seguenti requisiti minimi:

- obiettivi e traguardi sono stabiliti nell'ambito fornito dalla politica ambientale;
- obiettivi e traguardi sono consistenti con la politica ambientale e includono l'impegno al miglioramento continuo delle prestazioni e la prevenzione dell'inquinamento;
- obiettivi e traguardi sono basati sugli aspetti ambientali significativi dell'organizzazione;
- è assicurata la conformità con i requisiti di legge;
- i requisiti economici, finanziari, operativi e commerciali dell'organizzazione sono stati considerati;
- devono essere incorporati nel processo di definizione degli obiettivi e traguardi i punti di vista delle parti interessate;
- obiettivi e traguardi sono utilizzati come base per monitorare e misurare le caratteristiche chiave delle operazioni e delle attività che possono avere un impatto significativo sull'ambiente;
- obiettivi e traguardi sono quantificati dove possibile.

Inizialmente gli obiettivi e i traguardi devono essere stabiliti per le aree a maggior rischio o più vulnerabili dell'organizzazione.

Il requisito per l'accettazione di obiettivi e traguardi è il rispetto dei principi di politica, quali la conformità con la legge, la prevenzione dell'inquinamento e altri sottoscritti dall'organizzazione. Spesso i requisiti minimi sono già previsti per obbligo di legge; costituiscono quindi già un punto di partenza. Se già i requisiti di legge prevedono l'utilizzo della miglior tecnologia disponibile spesso non sono prevedibili ulteriori miglioramenti al di là del requisito di legge stesso.

Miglioramento continuo delle prestazioni rispetto a obiettivi e traguardi. Il miglioramento continuo delle prestazioni deve essere intrinseco agli obiettivi stabiliti dall'organizzazione. Questo indica che le aree che devono essere indirizzate per prime al miglioramento sono quelle che hanno un maggior impatto sull'ambiente.

Tuttavia questo non significa che tutte le aree debbano migliorare contemporaneamente. Quindi il miglioramento dovrebbe iniziare dalle aree con rischio significativo che può essere ridotto o che possono avere il maggiore impatto positivo.

Il grado di miglioramento varia in funzione di considerazioni economiche e di impatto ambientale e del rischio posto dall'aspetto selezionato per il miglioramento.

5.3.3 Il programma ambientale secondo la norma ISO 14001

I programmi ambientali sono strumenti di gestione utilizzati dall'organizzazione per tradurre in atti pratici l'intento di raggiungere obiettivi e traguardi. Essi devono essere coerenti con gli elementi del SGA; prima di esaminare in dettaglio la pianificazione e messa in atto dei programmi, quindi, si devono esaminare più attentamente i principi alla base delle norme.

Come precisato nell'introduzione alla ISO 14001 *"Le norme internazionali di gestione ambientale hanno lo scopo di fornire alle organizzazioni i fondamenti di un sistema efficace di gestione ambientale che, integrati con le altre esigenze di gestione, aiutino le organizzazioni a raggiungere i loro obiettivi ambientali ed economici. Queste norme, come tutte le altre norme internazionali, non sono orientate a generare ostacoli tariffari agli scambi commerciali e neppure ad accrescere o modificare gli obblighi legali di un'organizzazione"*.

La norma ISO 14001 è stata scritta:

- per essere applicabile ad organizzazioni di tutti i tipi e dimensioni: questa importante caratteristica distingue fortemente la norma ISO 14001 dal Regolamento EMAS, applicabile al sito industriale;
- per adattarsi a diverse condizioni geografiche, culturali e sociali: anche qui ISO 14001 spicca per il suo carattere internazionale. Il Regolamento EMAS, come sappiamo, è un regolamento del Consiglio della UE e si applica nei paesi membri.

La norma richiede che vi sia, nella politica, l'impegno a:

- conformarsi alla legislazione e alle regole tecniche applicabili;
- operare per il miglioramento continuo.

La norma non definisce requisiti assoluti in materia di prestazione ambientale; può sembrare a prima vista strano che due organizzazioni operanti nello stesso settore, ma con prestazioni differenti in campo ambientale, possano entrambe essere certificate come conformi ai requisiti della norma.

In realtà non vi è contraddizione; il SGA di una grande impresa, con risorse e strutture imponenti, avrà una struttura diversa da quello di una Piccola/Media Impresa (PMI).

Il modello di SGA segue il principio di Deming: pianifica, attua, controlla e agisci (PDCA: *plan, do, check, act*). Il SGA è un sistema organizzativo che deve essere continuamente sorvegliato e periodicamente revisionato. L'attuazione del sistema dovrebbe contribuire alla protezione dell'ambiente e alla prevenzione dell'inquinamento, coerentemente con le necessità del contesto socioeconomico. La dinamica ciclica del SGA specificata in ISO 14001 conduce al miglioramento continuo (vedi Figura 5.2), fornisce un indirizzo alle attività dell'organizzazione e dà una risposta al variare dei fattori interni ed esterni.

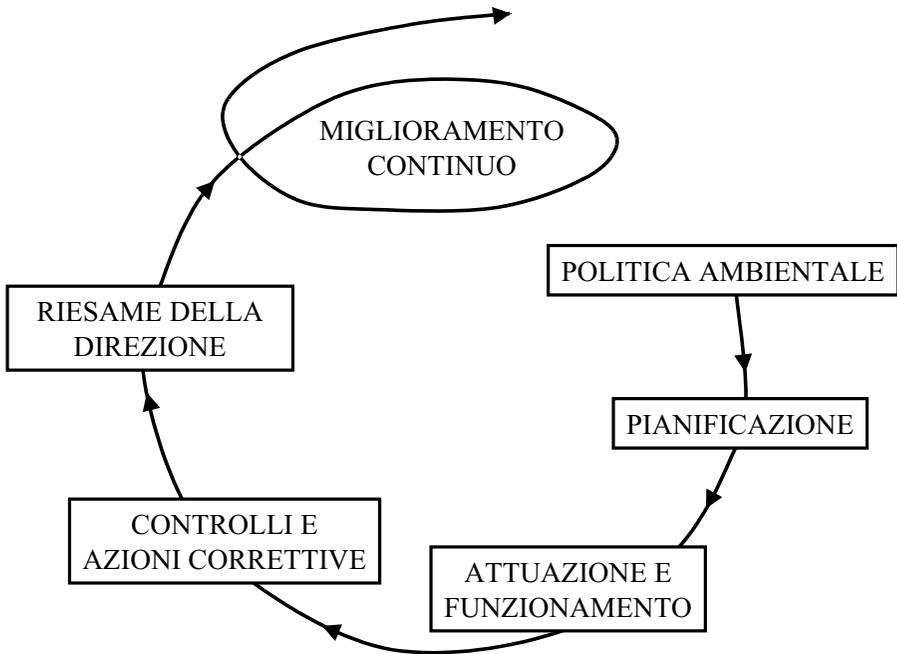


Figura 5.2: Struttura ciclica della norma ISO 14001.

La ISO 14001 comprende una serie di elementi di sistema che possono essere soggetti a verifica (a cui aggiunge il riesame della direzione).

Questi elementi possono essere associati alle diverse fasi del processo; la prima è relativa alla pianificazione e include la definizione di:

- aspetti ambientali;
- prescrizioni legali e di altro tipo sottoscritte dall'organizzazione;
- obiettivi e traguardi;
- programmi di gestione ambientale.

La successiva è l'attuazione e include:

- struttura e responsabilità;
- formazione, sensibilizzazione e competenze;
- comunicazione;
- documentazione;
- controllo della documentazione;

- controllo operativo;
- preparazione e risposta all'emergenza.

Inoltre vi sono i requisiti di controllo e le azioni correttive:

- sorveglianza e misurazione;
- non conformità e azioni correttive e preventive;
- audit del SGA.

Il riesame della direzione stabilisce le basi per il successivo ciclo. Il successo di un sistema basato su ISO 14001 dipende dall'impegno di tutti i livelli e funzioni, ma in particolare dell'alta direzione.

Un'organizzazione che ha individuato la propria meta attraverso il processo di cui sopra, avrà bisogno di sviluppare una serie di programmi per raggiungerla. I programmi non sono altro che un metodo organizzato e pianificato per raggiungere gli obiettivi.

Tipicamente, all'interno di una organizzazione, saranno messi in pratica più programmi per raggiungere specifici obiettivi e traguardi.

Ciascuno può avere:

- i propri limiti temporali;
- risorse umane/persone coinvolte;
- struttura di controllo;
- risorse economiche; ecc...

"Per raggiungere i suoi obiettivi e i suoi traguardi, una organizzazione deve stabilire e mantenere uno o più programmi, che devono contenere:

- *per ogni rilevante funzione e livello dell'organizzazione, l'indicazione delle responsabilità per il raggiungimento degli obiettivi e dei traguardi;*
- *i tempi ed i mezzi con i quali devono essere raggiunti.*

Se un progetto riguarda nuovi sviluppi, oppure attività, prodotti o servizi nuovi o modificati i programmi devono essere rivisti, ove è necessario, per garantire che ad essi si applichi un corretto sistema di gestione ambientale" (ISO 14001 4.3.4).

Nell'ambito della pianificazione del SGA un programma identifica azioni specifiche in una sequenza di priorità all'interno dell'organizzazione. Queste azioni possono essere relative a singoli

- processi,
- progetti,

- prodotti,
- servizi,
- siti,
- impianti,

all'interno dell'organizzazione.

Le azioni del programma devono almeno contenere delle attività di controllo sulle fasi operative associate agli aspetti significativi individuati. Ciò potrà essere fatto utilizzando "indicatori ambientali" stabiliti per valutare le prestazioni rispetto a obiettivi e traguardi.

I programmi di gestione ambientale permettono all'organizzazione di migliorare le proprie prestazioni ambientali. I programmi devono essere revisionati regolarmente per evolversi seguendo i cambiamenti di obiettivi e traguardi.

Alcune tematiche da considerare per esempio durante gli audit dei programmi di gestione ambientale sono:

- quale logica l'organizzazione segue nello sviluppo dei programmi di gestione ambientale;
- le parti responsabili coinvolte nel processo di pianificazione della gestione ambientale;
- riesame periodico, sorveglianza e revisione dei singoli programmi;
- risorse (umane, materiali, finanziarie), responsabilità, scadenze e priorità;
- coerenza del programma rispetto alla politica ambientale e alle altre attività di pianificazione.

Benché corrispondano alla fase "*attuazione e funzionamento*" della ISO 14001, gli elementi di "*struttura e responsabilità*" (4.4.1) devono essere definiti prima di avviare qualsiasi programma.

5.3.4 Elementi innovativi introdotti dal Regolamento EMAS II

Si riportano di seguito gli elementi innovativi del nuovo Regolamento EMAS II rispetto all'attuale Regolamento:

- estensione della registrazione EMAS a tutti i settori, anche quelli non industriali, in particolare ai servizi. L'attuale regolamento prevede questa possibilità a titolo sperimentale ma per esso è il concetto di sito industriale il punto cardine; alla base del nuovo Regolamento è stato assunto quello di organizzazione, per tenere conto di situazioni dove non esiste un sito specifico;

- promozione dell'adesione ad EMAS delle piccole imprese e delle imprese artigiane;
- invito rivolto agli stati membri di tenere conto della registrazione EMAS nell'elaborazione della legislazione ambientale e nei relativi controlli, poiché la diffusione e il successo di EMAS è strettamente legato ad un suo riconoscimento da parte delle autorità nazionali preposte al controllo dell'ambiente. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno convenuto sul fatto che, pur essendo imprescindibile il rispetto e l'osservanza delle leggi e degli obblighi da esse derivanti in materia ambientale, le stesse leggi dovessero tenere conto del comportamento ambientalmente esemplare di un'impresa registrata secondo EMAS e che dovessero essere previste, a suo favore, tutti le possibili semplificazioni e facilitazioni di natura procedurale. Rientra ad esempio in questa categoria la possibilità per l'autorità di controllo ambientale di considerare valida in prima istanza la documentazione prodotta dall'impresa per la sua adesione ad EMAS, riservandosi, l'autorità stessa, solo il diritto di chiedere interazioni e informazioni aggiuntive quando ciò fosse motivatamente ritenuto necessario. Un'altra facilitazione che dovrebbe essere riconosciuta alle imprese EMAS è la possibilità di concordare, con le autorità di controllo, tempi e modi di superamento di eventuali non conformità ambientali che fossero emerse durante l'analisi ambientale iniziale e che l'impresa onestamente ponga in evidenza;
- adozione di un logo EMAS che possa essere utilizzato dalle imprese per far conoscere al pubblico il riconoscimento EMAS ottenuto;
- attuazione di una campagna informativa e promozionale di EMAS a livello comunitario;
- azione di coinvolgimento dei dipendenti dell'impresa che richiede la registrazione EMAS in tutte le fasi previste dal sistema;
- necessità di incontri periodici tra gli organismi competenti e gli organismi di accreditamento operanti nei vari paesi per superare la disuniformità che si è registrata nell'applicazione di EMAS tra i vari paesi europei;
- l'obbligo posto a carico delle organizzazioni di considerare non solo gli effetti ambientali diretti associati alla loro attività, ma anche gli effetti ambientali indiretti, quelli cioè associati all'utilizzo, da parte di soggetti esterni all'impresa dei prodotti, attività e servizi offerti dall'organizzazione e che quindi si svolgono fuori dalla sua responsabilità diretta;
- cadenza annuale della verifica della dichiarazione ambientale, oggi triennale.

Inoltre il nuovo Regolamento EMAS II supera in parte le differenze esistenti tra il Regolamento EMAS attuale e la norma ISO 14001 ed incorpora al suo interno in maniera integrale la procedura ISO per ciò che riguarda il Sistema di Gestione Ambientale inteso come sistema aziendale di miglioramento ambientale e di gestione interna vale a dire procedure, organizzazione, prassi e sistemi di controllo interni.

Sono accentuate invece le differenze relative all'impegno pubblico che l'impresa assume nei confronti dell'esterno attraverso la Dichiarazione Ambientale e al processo di verifica che nel Regolamento EMAS II è garantito da un sistema di accreditamento pubblico a livello europeo.

5.4 Perché SGA secondo la norma ISO 14001

In seguito agli sviluppi normativi descritti nasce nel 1996 la volontà dell'Azienda dei Servizi Municipalizzati di Brescia (ASM) di sperimentare l'attivazione di un SGA, nella prospettiva di aderire alle norme sopra citate confermando la posizione dell'ASM quale azienda da sempre attenta alle problematiche ambientali.

L'iniziale sperimentazione di un SGA è stata riferita alla Centrale di cogenerazione Lamarmora, che già riveste un importante ruolo nella salvaguardia dell'ambiente per gli aspetti connessi alla cogenerazione e al teleriscaldamento.

Il SGA della Centrale è stato definito basandosi sulla norma UNI EN ISO 14001 proprio perché meno restrittiva del Regolamento EMAS e quindi di più facile approccio per un'azienda che si appresta per la prima volta ad intraprendere il cammino della "gestione ambientale" nell'ottica del miglioramento continuo.

E' fondamentale far notare che il SGA è certificabile sia secondo la norma ISO 14001 sia in base al Regolamento EMAS 1836/93.

Infatti il cammino che si è proposta l'ASM è stato quello di attivare il SGA della Centrale Lamarmora secondo la norma ISO 14001 per ottenerne la certificazione in prospettiva di un successivo adeguamento ai più restrittivi requisiti del Regolamento EMAS e di una certificazione sulla base di quest'ultimo. La certificazione ISO 14001 è stata ottenuta nel maggio 1998 e nello stesso anno si è stabilito il progetto dell'estensione dell'implementazione del SGA ad altri impianti gestiti dall'ASM, vale a dire il Depuratore di reflui urbani di Verziano e il "giovane" Termoutilizzatore, entrato in funzione nella primavera del 1998, attualmente in fase di esercizio sperimentale e relativamente al quale si è sviluppato questo lavoro di tesi.

Il Sistema di Gestione Ambientale applicato al Termoutilizzatore

Il Sistema di Gestione Ambientale dell'ASM Brescia applicato al Termoutilizzatore viene implementato seguendo i principi esplicitati nella norma ISO 14001, il cui fine ultimo è di contribuire alla protezione dell'ambiente e alla prevenzione dell'inquinamento in modo coerente con le necessità del contesto socioeconomico.

Si tenga presente che la norma suddetta non stabilisce requisiti assoluti in materia di protezione ambientale al di fuori dell'impegno, nella politica, di essere conformi alla legislazione e ai regolamenti applicabili al principio del miglioramento continuo

6.1 Politica ambientale ASM

La politica ambientale dell'ASM Brescia è riportata di seguito.

”Uno dei valori aziendali è agire in modo coerente con la sicurezza e la salvaguardia ambientale; di conseguenza l'ASM Brescia SpA, con la consapevolezza che l'ambiente nella sua globalità è una risorsa irrinunciabile, da salvaguardare, è impegnata ad attuare sui propri impianti e nella gestione delle proprie attività ogni iniziativa atta a migliorare la Qualità dell'ambiente. In particolare l'ASM Brescia SpA si impegna a rispettare la legislazione vigente e a conseguire il miglioramento continuo delle proprie prestazioni ambientali. L'approccio di ASM Brescia SpA nei confronti dell'ambiente può essere sintetizzato nei seguenti punti:

- 1. la Società è impegnata ad assumere un ruolo attivo di tutela dell'ambiente nello svolgimento delle proprie attività di servizio pubblico utilizzando tutte le misure atte alla prevenzione dell'inquinamento;*
- 2. la Società, applicando l'approccio del miglioramento continuo, effettua*

analisi periodiche delle interazioni con l'ambiente prodotte dal proprio operare e definisce ogni anno gli aspetti sui quali concentrare i propri sforzi; le azioni da intraprendere al fine del miglioramento entrano a fare parte della pianificazione ambientale;

- 3. la Società provvede alla formazione/informazione del personale con l'obiettivo di rendere ciascuno consapevole delle conseguenze che lo svolgimento della propria attività lavorativa può produrre sull'ambiente. L'obiettivo è quello di favorire e stimolare la presentazione di proposte finalizzate all'eliminazione e/o al contenimento degli effetti negativi delle attività stesse;*
- 4. il miglioramento delle prestazioni ambientali deve essere perseguito anche con la collaborazione dei fornitori che pertanto devono essere coinvolti in tale processo di miglioramento;*
- 5. la Società si impegna a scegliere tecnologie che contribuiscano a migliorare le interazioni con l'ambiente, ottimizzando l'utilizzo delle risorse energetiche, riducendo gli sprechi e favorendo il riutilizzo e il riciclo dei residui dei processi produttivi;*
- 6. è preciso impegno della Società sensibilizzare i cittadini, specie gli studenti, alle tematiche di salvaguardia dell'ecosistema, per favorire comportamenti rispettosi dell'ambiente, con particolare riferimento al riciclo dei materiali ed al recupero energetico;*
- 7. la Società promuove inoltre la comunicazione con enti esterni specializzati in materia ambientale come enti di ricerca, ma anche confronti con altre aziende al fine di apprendere le pratiche migliori; allo stesso tempo promuove i contatti con le associazioni ambientali e le comunità locali, in modo tale da recepire eventuali esigenze della comunità e fornire dati sulle implicazioni ambientali delle attività svolte dalla Società.*

6.2 Organizzazione aziendale per la realizzazione del SGA

L'ASM ha definito una struttura organizzativa funzionale dedicata alla gestione del SGA costituita da due comitati, il Comitato Direzionale Qualità e Ambiente (CDQA) e il Comitato di Coordinamento per il SGA del Termoutilizzatore (CCSGATU).

Il primo (CDQA) è composto da Direttori e Dirigenti, definisce le strategie di base e la politica ambientale, approva obiettivi, traguardi e azioni di miglioramento proposte dal CCSGATU, assicura sufficienti risorse umane, tecnologiche ed economiche per il funzionamento del SGA ed analizza e ratifica i programmi ambientali proposti dal Comitato di Coordinamento. Si

riunisce per effettuare il riesame del funzionamento del SGA e ogni riunione è verbalizzata.

Il secondo (CCSGATU) è costituito dalle seguenti figure professionali:

- Responsabile Divisione Produzione;
- Responsabile Reparto Esercizio;
- Responsabile Reparto Manutenzione;
- Responsabile Laboratorio Chimico;
- Referente dell'Ufficio Ecologia e Ambiente;
- Referente dell'Ufficio Qualità.

Nei primi sei mesi di lavoro, in corrispondenza della stesura del documento *"Analisi ambientale iniziale del sito"* (discussa nel Paragrafo 6.3.3 a pag. 121) e *"Individuazione delle aree, delle attività, degli aspetti e degli impatti ambientali"* (discussa nel Paragrafo 6.3.4 a pag. 128) si è svolta una riunione al mese. Nei successivi mesi, quando è iniziata la fase relativa alla valutazione della significatività degli impatti ambientali (discussa nel Paragrafo 6.3.5 a pag. 132), le riunioni hanno avuto una cadenza più lunga.

6.2.1 Collaborazione con il responsabile dell'esercizio e i capituono

La mia attività di borsista al Termoutilizzatore è iniziata nel mese di settembre 1998. Al mio arrivo il tutor aziendale, l'ing. Donato Zambelli, in qualità di responsabile dell'esercizio dell'impianto, mi ha presentato al personale dell'impianto con cui sarei stata a diretto contatto per i mesi a venire e con cui avrei instaurato rapporti di lavoro. Ho subito effettuato una ricognizione guidata sull'impianto per conoscerne dal vivo la tipologia innovativa e i principi del funzionamento; mi ha messo quindi a disposizione gli strumenti necessari per iniziare lo svolgimento dell'incarico assegnatomi spiegandomi dove reperire la documentazione del SGA presente in ASM per la Centrale Lamarmora da utilizzare come riferimento per l'implementazione del SGA del Termoutilizzatore. Mi ha accompagnato nei vari reparti dell'azienda dove poter attingere le informazioni necessarie e mi ha presentato le figure professionali competenti che avrei potuto interpellare per proseguire nella successiva compilazione del documento SGA. Ha seguito e supervisionato le fasi del lavoro consigliando l'impostazione iniziale e gli sviluppi da proporre di volta in volta al Comitato di Coordinamento, lasciandomi autonomia nella pianificazione e nell'organizzazione del lavoro e garantendo la sua presenza per le decisioni riguardanti le strategie da attuare.

Per la fase di individuazione delle attività, degli aspetti, degli impatti e per la valutazione della loro significatività, il Comitato di Coordinamento ha deciso di affiancare alla mia attività di borsista la presenza di capituono di centrale la

cui collaborazione era risultata necessaria per proseguire nell'implementazione del SGA dove era indispensabile la conoscenza approfondita e tecnica di tutte le parti di impianto e l'esperienza di gestione dell'esercizio dell'impianto.

Al progetto SGA, all'inizio del mese di ottobre 1998, sono quindi stati assegnati il capoturno p.i. Marcello Morandi e il capoturno p.i. Andrea Zaniboni con i quali, a metà ottobre, si è iniziata la delicata e fondamentale fase di analisi dell'impianto per individuare le attività presenti in ogni area d'impianto, e, in cascata, gli aspetti e gli impatti, terminata circa dodici mesi più tardi. A partire dal mese di maggio 1999 si è aggiunta la collaborazione del capoturno p.i. Roberto Romano.

6.3 Fasi del lavoro completate

6.3.1 Definizioni dei termini utilizzati nel gergo SGA ISO 14001

Nel corso del lavoro sono state concordate le definizioni dei termini tecnici appartenenti al gergo SGA di seguito riportate. Tra i termini tecnici adottati ve ne sono alcuni definiti esplicitamente dalla norma ed altri utilizzati nel corso dell'implementazione SGA al Termoutilizzatore.

Definizioni presenti nella norma ISO 14001:

miglioramento continuo: processo di accrescimento del sistema di gestione ambientale per ottenere miglioramenti della prestazione ambientale complessiva in accordo con la politica ambientale dell'organizzazione.

Nota: il processo non necessariamente deve essere applicato simultaneamente a tutte le aree di attività.[17, §3.1]

ambiente: contesto nel quale una organizzazione opera, comprendente l'aria, l'acqua, il terreno, le risorse naturali, la flora, la fauna, gli esseri umani e le loro interrelazioni.

Nota: in questo caso, il contesto si estende dall'interno di una organizzazione al sistema globale.[17, §3.2]

aspetto ambientale: elemento di un'attività, prodotto o servizio di un'organizzazione che può interagire con l'ambiente.

Nota: un aspetto ambientale significativo è un aspetto ambientale che ha un impatto ambientale significativo.[17, §3.3]

impatto ambientale: qualunque modificazione dell'ambiente, negativa o benefica, totale o parziale, conseguente ad attività, prodotti o servizi di un'organizzazione.[17, §3.4]

sistema di gestione ambientale (EMS = environmental management system): la parte del sistema di gestione generale che comprende la

struttura organizzativa, le attività di pianificazione, le responsabilità, le prassi, le procedure, i processi, le risorse per elaborare, mettere in atto, conseguire, riesaminare e mantenere attiva la politica ambientale.[17, §3.5]

obiettivo ambientale: il fine ultimo ambientale complessivo, derivato dalla politica ambientale, che un'organizzazione decide di perseguire e che è quantificato ove possibile.[17, §3.7]

prestazione ambientale: risultati misurabili del sistema di gestione ambientale, conseguenti al controllo esercitato dall'organizzazione sui propri aspetti ambientali, sulla base della sua politica ambientale, dei suoi obiettivi e dei suoi traguardi.[17, §3.8]

politica ambientale: dichiarazione, fatta da una organizzazione, delle sue intenzioni e dei suoi principi in relazione alla sua globale prestazione ambientale, che fornisce uno schema di riferimento per l'attività e per la definizione degli obiettivi e dei traguardi in campo ambientale.[17, §3.9]

traguardo ambientale: dettagliata richiesta di prestazione, possibilmente quantificata, riferita a una parte o all'insieme di una organizzazione, derivante dagli obiettivi ambientali e che bisogna fissare e realizzare per raggiungere questi obiettivi.[17, §3.10]

parte interessata: individuo o gruppo coinvolto o influenzato dalla prestazione ambientale di una organizzazione.[17, §3.11]

organizzazione: gruppo, società, azienda, impresa, ente o istituzione, ovvero loro parti o combinazioni, associata o meno, pubblica o privata, che abbia una propria struttura funzionale e amministrativa.

Nota: nelle organizzazioni costituite da più entità operative, una singola entità operativa può essere definita come un'organizzazione.[17, §3.12]

prevenzione dell'inquinamento: uso di processi (procedimenti), prassi, materiali o prodotti per evitare, ridurre o tenere sotto controllo l'inquinamento, compresi il riciclaggio, il trattamento, i cambiamenti di processo, i sistemi di controllo, l'utilizzazione efficiente delle risorse e la sostituzione di materiali.

Nota: I benefici potenziali della prevenzione dell'inquinamento comprendono la riduzione degli impatti ambientali negativi, l'incremento dell'efficienza e la riduzione dei costi.[17, §3.13]

Seguono i termini che non vengono esplicitamente definiti nella norma ISO 14001 al punto 3 "Definizioni" ma che sono stati utilizzati durante l'implementazione del SGA.

Analisi ambientale iniziale: studio geografico ambientale del sito e dello sviluppo storico cronologico di attività, impatti e opere di mitigazione antecedenti la costruzione dell'impianto.

Comparti: settori ambientali in cui avviene l'interazione tra le attività ambientali, gli aspetti e gli impatti, vale a dire aria, acqua, suolo, falda, rumore e vibrazioni, radiazioni, estetica, comunità, risorse naturali e materie prime, viabilità.

Attività: sono le attività svolte presso il sito che hanno rilevanza dal punto di vista ambientale.

Impatti diretti: impatti che sono la conseguenza dell'interazione diretta tra impianto e ambiente.

Impatti indiretti: impatti che sono la conseguenza dell'interazione indiretta tra impianto e ambiente.

Aree fisiche: settori fisici dell'impianto all'interno dei quali si identificano le attività.

Aree funzionali: settori d'impianto non corrispondenti a siti fisici in cui si svolgono attività trasversali e diffuse nelle varie aree fisiche.

Area esterna: insieme dell'area geografica limitrofa il sito in cui si individuano gli impatti diretti e di un'area più ampia collegata sul territorio in cui si individuano gli impatti indiretti.

6.3.2 Analisi ambientale iniziale

L'analisi ambientale iniziale non è un requisito del SGA implementato secondo la norma ISO 14001. Tuttavia l'organizzazione che si dota di un SGA ISO 14001 può scegliere di effettuarla per definire la propria situazione rispetto all'ambiente.

Come nel caso del SGA per la Centrale di cogenerazione Lamarmora, anche per il SGA del Termoutilizzatore l'ASM ha stabilito di effettuare l'analisi ambientale iniziale, che consta di due sezioni denominate, rispettivamente, analisi del sito parte 1 e parte 2. Nella prima l'ASM specifica la situazione di partenza attraverso uno studio geografico ambientale del sito dove è stato realizzato il Termoutilizzatore e dello sviluppo storico cronologico di attività, impatti e opere di mitigazione antecedenti la costruzione dell'impianto. Nel documento prodotto si analizza il contesto territoriale, urbanistico e ambientale del sito in cui è inserito l'impianto con riferimento ai diversi settori ambientali in cui l'impianto interagisce con l'ambiente; a ciò si aggiunge uno studio dello sviluppo nel tempo degli impianti installati e dismessi, delle attività originarie ancora presenti e delle attività abbandonate che hanno impatti ambientali residui. Nella seconda parte si individuano gli aspetti ambientali significativi come descritto più avanti nel paragrafo 6.3.4.

6.3.3 Analisi del sito parte 1

La stesura del documento di analisi del sito parte 1 è avvenuta nell'arco del primo mese dell'attività di borsista, vale a dire nel Settembre del 1998, e ha comportato la ricerca del materiale appropriato all'interno degli opportuni reparti competenti in azienda, oltre che il reperimento dell'analogo documento già esistente per il SGA della Centrale Lamarmora.

L'intero documento è costituito da quattro parti:

1. inquadramento del sito;
2. caratteristiche idrogeologiche e idrografiche del sito;
3. analisi dell'ambiente atmosferico;
4. descrizione dell'impianto.

6.3.3.1 Inquadramento del sito

Per l'inquadramento del sito si considerano gli aspetti territoriali, storico-ambientali, architettonici, strutturali ed urbanistici.

Aspetti territoriali. Gli aspetti territoriali salienti riguardano la localizzazione del sito all'interno di un'area compresa tra la strada comunale della Guzzetta, via S. Zeno, l'autostrada Milano Venezia e via Malta, circa a 3 km in linea d'aria dal centro storico della città di Brescia. L'area di proprietà ASM entro la quale è stato costruito l'impianto ha un'estensione di circa 400.000 m², una quota media di 120.5 m sul livello del mare ed è individuata catastalmente al foglio n. 232 del Nuovo Catasto Terreni Revisionato (NCTR) di Brescia dai mappali seguenti: 64, 133, 144, 62, 63, 84, 95, 94, 327, 328, 97, 98, 146, 101, 148, 243, 104 e 137. L'area su cui sorge l'impianto è compresa con buona approssimazione all'interno di un quadrilatero i cui vertici possono essere individuati dalle seguenti coordinate Gauss-Boaga:

- Vertice N-O: Lat. 94400 Long. 40810
- Vertice N-E: Lat. 94750 Long. 40565
- Vertice S-O: Lat. 94250 Long. 40480
- Vertice S-E: Lat. 94670 Long. 40340

Aspetti storico-ambientali. L'area occupata dall'attuale Termoutilizzatore è stata in precedenza interessata da una cava di terreno avente volumetria di scavo di circa 110.000 m³ con profondità massima di 9.5 m dal piano campagna. La cava fu utilizzata in passato dall'impresa Musicco Albani; nel 1995, nell'ambito della acquisizione dei terreni per la costruzione dell'impianto, l'ASM ha ottenuto dal sindaco di Brescia l'autorizzazione per l'attività di smaltimento di rifiuti inerti o derubricati mediante discarica controllata da ubicarsi

su parte dell'area in esame; la discarica si estendeva per 200.000 m² sull'area individuata dai mappali 95, 97 e 98 del foglio 232 del NCTR di Brescia.

L'ampia area che contiene il sito propriamente detto del Termoutilizzatore si trova a sud dell'autostrada A4; essa ha conservato fino agli anni Cinquanta la sua vocazione agricola, testimoniata, oggi, dalle numerose cascine dislocate sul territorio e dalle ville e dai palazzi signorili seicenteschi e settecenteschi. La prima realizzazione produttiva risale agli anni Trenta e fu la Centrale del Latte che si sviluppò più a nord, a ridosso del centro abitato. Negli anni Cinquanta iniziò l'urbanizzazione della zona con la realizzazione del quartiere Lamarmora; a fianco della Centrale del Latte sorsero i capannoni destinati ad ospitare le Officine Berardi, e di fronte, in direzione sud rispetto alla città, furono costruiti gli edifici originari dell'Azienda Municipalizzata. Le prime realizzazioni propriamente industriali sull'area circostante il sito sono quindi state realizzate dall'ASM. In particolare l'area della Centrale Lamarmora fu interessata negli anni Sessanta dalla costruzione di caldaie per il teleriscaldamento.

Aspetti architettonici. L'aspetto architettonico dell'impianto, pur presentando caratteristiche industriali, si integra con l'ambiente circostante dimostrando che il progetto di recupero dell'area, avvenuto con la bonifica della cava preesistente prima e con la costruzione dell'impianto poi, risulta conforme al piano regolatore vigente e in accordo con i criteri che hanno guidato la scelta del sito. La posizione dell'impianto non interferisce con gli strumenti urbanistici degli altri comuni, ha una adeguata accessibilità stradale e ferroviaria e si collega direttamente con la rete di teleriscaldamento esistente mediante tubature che sottopassano l'autostrada Milano Venezia e la tangenziale Sud. La collocazione dell'impianto e la dislocazione dei suoi settori all'interno del sito in esame risulta studiata in modo da posizionare la costruzione secondo la direzione nord sud come la vicina Centrale di cogenerazione Lamarmora e la Centrale Diesel situata a nord della città; inoltre, per ridurre l'impatto visivo, la torre contenente il camino di scarico fumi del Termoutilizzatore è stata allineata con i camini della Centrale Lamarmora (che sono anche quasi allineati con il Crystal Palace e il Duomo).

La progettazione dei colori dell'impianto ha cercato di interpretare l'intento del committente, vale a dire associare un'immagine di grande pulizia ad un'industria ad alta tecnologia per evidenziare le tecnologie impiegate a garanzia del trattamento dei fumi. L'aspetto estetico, che si sintonizza con il contesto urbano e rurale, è anche un segnale forte dell'aspetto funzionale dell'impianto; sono quattro i colori utilizzati: il verde della vegetazione, il blu del cielo, il giallo caldo e il rosso come colore segnaletico dominante. La vista principale dall'autostrada, in controluce, presenta una tonalità di grigio chiaro, come il cielo di Brescia; il lato verso la campagna è verde grigio volutamente più chiaro della vegetazione circostante per non dare all'operazione un'intenzione mimetica; gli uffici, separati dai capannoni, hanno un parapetto blu. Il segnale forte della presenza dell'impianto è il camino, alto 120 m a pianta quadrata di lato pari a 9.3 m; le pareti blu grigio del camino sono sfumate e variano di intensità,

una, dall'alto verso il basso, l'adiacente, dal basso verso l'alto, a produrre un effetto di torsione che, mutando con il punto di vista, riduce l'impatto visivo della costruzione denunciandone al tempo stesso il ruolo industriale.

Aspetti urbanistici. L'ubicazione dell'impianto oltrepassa il limite fisico della periferia sud della città rappresentato dalla Tangenziale Sud "De Gasperi" e dall'autostrada A4 "Serenissima". Tale area si stacca dalla fascia pedemontana e si colloca al margine settentrionale della pianura agricola padana di cui risente dei tipici fenomeni meteorologici.

Da un punto di vista urbanistico la localizzazione del Termoutilizzatore a 3 km in linea d'aria dal centro storico della città permette di tutelare le zone più delicate del territorio urbano, concentrando gli impianti e le infrastrutture in aree già sottoposte a impatto ambientale.

Il sito in esame si trova all'interno di una zona caratterizzata da insediamenti misti, prevalentemente industriali; il PRG 1980, così come modificato nel 1994 dalla "variante per zone industriali" e nel 1997 dalla "variante per zone per servizi pubblici, agricole, piste ciclabili e per la localizzazione di linea di metropolitana leggera", classifica l'area come destinata a Servizi Tecnologici (ST). Dal PRG si evince, inoltre, che a nord est del Termoutilizzatore è presente un'area residenziale di espansione (in parte già edificata), a sud della quale si trova una zona di consolidamento e completamento di industrie esistenti. Il PRG individua inoltre aree per servizi tecnologici in direzione sud e in direzione ovest rispetto al sito. Nelle immediate vicinanze a nord dell'impianto, oltre l'autostrada, sono ubicati alcuni edifici rurali e civili non più adibiti ad abitazione; infatti "Villa Paradiso", sul cui parco di conifere risulta dal 1944 un vincolo di "tutela paesistica - bellezza individua" ex L.n.1497/39, è disabitata e la cascina adiacente è stata trasformata in locale notturno. A nord di via Ziziola sono collocati la Centrale di Cogenerazione Lamarmora, il magazzino, le officine, l'autoparco e gli uffici ASM. Circa 180 metri a nord est dell'impianto (via San Zenò) si trova un'area di recente edificazione ad uso abitativo, mentre a nord ovest (via Malta) si trovano per lo più aree destinate a servizi tecnologici; fa eccezione il parco di "Villa Vergine", il cui edificio residenziale dista qualche centinaio di metri dalla Centrale ed è sottoposto a vincolo di "tutela delle cose di interesse storico artistico" ex L.n.1089/39, dal 1964. In direzione ovest si trovano gli edifici della Nettezza Urbana, con i magazzini di deposito mezzi.

Uguale attenzione è stata prestata all'esterno: un paesaggio di rilievi seminati ad erba e ricchi di piante, al fine di ripristinare un collegamento tra l'impianto e l'ambiente tipico padano, senza artificiose barriere visive.

L'intervento sul territorio non si limita alle immediate vicinanze dell'impianto, ma punta a valorizzare anche alcune aree circostanti oggi trascurate, come, ad esempio, la fascia compresa tra la tangenziale Sud e l'autostrada A4.

6.3.3.2 Caratteristiche idrogeologiche e idrografiche del sito

In relazione al pericolo idrogeologico, definito come "la possibilità che si verifichi una contaminazione delle acque sotterranee, in funzione della vulnerabilità naturale di un territorio" tenendo conto della Carta della Vulnerabilità della Pianura Bresciana che prevede quattro voci di valutazione, vale a dire mediamente bassa, mediamente alta, alta e molto alta, risulta corretto e sufficientemente cautelativo valutare come mediamente alta la vulnerabilità del sito del Termoutilizzatore. Il pericolo di inquinamento dovuto ad infiltrazione di percolato proveniente dal bunker di stoccaggio rifiuti è reso nullo dalle impermeabilizzazioni adottate e dal sistema di monitoraggio presente che controlla eventuali trafile in falda. Il rischio di contaminazione delle acque superficiali è limitato in quanto i tratti scoperti dei corsi d'acqua sono esigui, le sezioni e le portate sono modeste, le distanze dell'impianto dal ricettore principale dei vasi sono elevate ed esiste infine la possibilità di intercettare travasi tramite paratoie e chiaviche irrigue.

6.3.3.3 Caratterizzazione meteorologica

Per analizzare le problematiche di impatto sulla qualità dell'aria è stato necessario riferirsi alle caratteristiche meteorologiche prevalenti nella zona interessata dall'insediamento, con particolare riferimento ai parametri più direttamente collegati alla diffusione delle emissioni in atmosfera, vale a dire precipitazioni, nebbie e temperature. Le informazioni disponibili provengono dalle registrazioni effettuate nelle postazioni del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare di Brescia Ghedi e di Orio al Serio, integrate dai dati registrati dalla stazione di monitoraggio di Folzano, localizzata a Sud del Centro del Comune di Brescia e considerata particolarmente rappresentativa dell'area in esame per la sua vicinanza all'impianto (la sua distanza dall'impianto è meno di 1.5 km). In particolare per tale stazione è stato possibile analizzare una serie di dati, relativa a due anni completi di misure, a cui si riferiscono i risultati delle principali elaborazioni.

Precipitazioni. Nel trentennio compreso fra gli anni sessanta e gli anni ottanta risulta che la quantità giornaliera di pioggia è massima nel trimestre estivo, vale a dire dal mese di luglio al mese di settembre, ed è dovuta all'intensità e violenza delle attività temporalesche che interessano questa zona della Val Padana sul finire dell'estate e all'inizio dell'autunno. Negli anni novanta il picco estivo si attenua a favore dei trimestri primaverili e autunnali e si accentua il minimo invernale di Bergamo Orio al Serio e Brescia Ghedi. Il valore massimo delle precipitazioni mensili si verifica nei mesi della tarda estate, in concomitanza con le veloci ed umide correnti sciroccali.

Nebbie. I mesi più nebbiosi risultano essere Dicembre e Gennaio, durante i quali si verificano oltre 200 ore mensili di nebbia; in generale la zona in esame,

tipicamente pianeggiante, risente molto del fenomeno nebbioso.

Temperature. Nel periodo autunnale e invernale la provincia di Brescia è caratterizzata da un andamento climatico moderatamente rigido. E' evidente la persistenza del fenomeno nebbioso che, soprattutto nelle zone meno elevate, riduce la radiazione solare incidente sul terreno. Data la vicinanza ai rilievi montuosi la zona è caratterizzata da temperature minime basse, causate dalla discesa di aria fredda dalle valli alpine nelle ore notturne. Nel periodo primaverile le temperature massime sono contenute, mentre quelle minime risultano relativamente basse. Nel periodo estivo l'andamento delle temperature rispecchia quello primaverile, con valori più bassi per le temperature massime e minime rispetto a quelle dell'area padana posta a sud della provincia di Brescia. Infatti, il territorio considerato risulta influenzato dagli impulsi freddi convogliati dai rilievi verso la pianura ad opera delle brezze notturne.

Venti. Le direzioni predominanti dei venti su base annuale sono ovest, sud ovest e nord est. Inoltre in inverno tende a prevalere la direzione sud ovest, mentre in estate si registra una redistribuzione omogenea in quasi tutte le direzioni.

Lo stato attuale di qualità dell'aria nella città di Brescia Lo stato di qualità dell'aria è stato tenuto sotto controllo finora dalle stazioni di monitoraggio localizzate nelle diverse località del territorio di Brescia di seguito indicate.

La rete di Brescia, che ha una densità di una cabina ogni 18 km², è da considerarsi oggi sufficientemente fitta, se confrontata con altre realtà urbane. L'impostazione iniziale, operata verso la fine degli anni Ottanta, era connessa a un controllo di tipo più industriale che urbano ed era propedeutica all'attivazione della caldaia policombustibile della Centrale Lamarmora. Tutte le cabine sono collegate al calcolatore situato presso gli uffici del Settore Ecologia dell'Amministrazione Provinciale, ente che gestisce la rete di monitoraggio di Brescia e provincia dal 1993, anno in cui l'ASM ha terminato questo tipo di servizio. Le stazioni di monitoraggio operanti a tutto il 1997 nel Comune di Brescia sono state le seguenti:

- stazione n.1: Mompiano (in servizio dal 1986);
- stazione n.2: S. Polo (in servizio dal 1988);
- stazione n.3: Folzano (in servizio dal 1989);
- stazione n.4: via Milano (in servizio dal 1989).

A cura della Provincia di Brescia, una quinta stazione, denominata Broletto, è stata messa in servizio dopo un periodo di inattività nel centro storico del Comune.

Un progetto della Provincia ha visto la riorganizzazione delle stazioni esistenti e l'implementazione di altre due stazioni, una in zona nord ovest, in via Orzinuovi, l'altra a est del centro storico, in via Turati. Secondo la classificazione prevista dal DM 20/05/91, si hanno, quindi, in funzione stazioni di tipo "C" (zone ad elevato traffico), di tipo "B" (zone a elevata densità abitativa) e di tipo "D" (aree periferiche o suburbane), per una densità di una cabina ogni 12.5 km².

In seguito alla costruzione del Termoutilizzatore è stata, inoltre, installata da ASM un'altra cabina di controllo della qualità dell'aria in via Ziziola.

Le misure delle concentrazioni di inquinanti in aria eseguite nelle stazioni operanti sono di seguito presentate seguendo come criterio di riferimento le indicazioni contenute nella legislazione vigente:

- DPCM n.30 del 28/3/1983;
- DPR n.203 del 24/5/1988;
- DM 20/5/1991;
- DM 25/11/1994;
- DM n.163 21/4/1999;
- DM n.351 4/8/1999.

Tali decreti recepiscono, a livello nazionale, le indicazioni della Direttiva CEE n.80/779 che introduce in Europa un criterio di riferimento comune basato sulla definizione di Standard Qualità dell'Aria.

Le stazioni sono tutte dotate dei seguenti analizzatori automatici operanti in continuo:

- SO₂ (Anidride Solforosa);
- NO (Monossido d'Azoto);
- NO₂ (Biossido d'Azoto);
- NO_x (Ossidi di Azoto totali);
- PTS (Particolato Totale Sospeso).

Il parametro SO₂ negli anni più recenti è venuto a mancare e non si è ritenuto necessario sostituire gli strumenti, dato il ridimensionarsi a Brescia del problema SO₂ legato alla scomparsa del riscaldamento individuale non a metano. Oltre a queste informazioni sulle concentrazioni di inquinanti atmosferici, le Stazioni 1 e 2 misurano anche alcuni parametri meteorologici.

La Stazione n.1 (Mompiano) misura:

- velocità e direzione del vento;
- temperatura;

- umidità relativa;
- pressione atmosferica;
- precipitazione.

La Stazione n.3 (Folzano) e la Stazione Ziziola misurano gli stessi parametri meteorologici della Stazione 1 (Mompiano) con l'aggiunta di:

- radiazione solare (globale e netta);
- acidità delle precipitazioni.

In particolare, data la maggiore completezza di dati e la relativa vicinanza (la distanza è minore di 1,5 km) al sito del Termoutilizzatore i dati meteorologici misurati dalla postazione di Folzano sono stati utilizzati sia per la caratterizzazione meteo-climatica del territorio, sia per la costruzione dell'input meteorologico utilizzato per le ricostruzioni modellistiche.

In questa sede si riporta la sintesi delle elaborazioni che si riferiscono ai dati registrati nelle annualità dal 1995 al 1999. La legge prevede infatti che per i dati SO₂ e particolato si consideri il periodo annuale che intercorre tra il 1° aprile e il 31 marzo dell'anno successivo, mentre per l'NO_x il periodo annuale coincide con l'anno solare.

Livelli di PTS:

- poiché i valori misurati risultano compresi tra 52 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ e 81 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, in nessuna delle quattro stazioni si registra il superamento del valore limite della media annua di 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$;
- anche per il 95mo percentile, essendo i valori misurati compresi tra 115 e 185 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, nessuna situazione supera il limite di 300 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$;
- inoltre, nessuna delle medie giornaliere ha mai raggiunto tale limite di 300 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Livelli di NO₂. I risultati delle elaborazioni dei livelli di concentrazione mostrano che il valore del 98mo percentile delle medie orarie è stato rispettato in tutte le quattro stazioni.

Livelli di SO₂:

- per tutte e quattro le stazioni i valori della mediana risultano essere nettamente inferiori al limite di 80 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$; esse infatti presentano valori attorno a 20-30 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$;
- il valore limite della mediana è stato superato solo in pochi giorni (da 2 a 15) rispetto ai 182 consentiti;

- il valore del 98mo percentile è stato in tutte le quattro stazioni decisamente inferiore al limite consentito dalla legge: si ha un valore da 48 a 103 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, da confrontare con il limite di 250;
- i livelli della mediana invernale sono sempre inferiori a 50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ e quindi anche il limite della mediana invernale, pari a 130 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, è ampiamente rispettato.

Si può concludere, quindi, che lo stato attuale della qualità dell'aria rientra ampiamente negli standard di legge e i presìdi adottati dal Termoutilizzatore per l'abbattimento delle emissioni in atmosfera garantiscono un'adeguata tutela ambientale.

6.3.3.4 Descrizione dell'impianto

La quarta parte è una descrizione generale dell'impianto ampiamente superata in dettagli da quella riportata nel Capitolo 3.

6.3.4 Analisi del sito parte 2

All'analisi del sito parte 1 segue la parte 2 nella quale si individuano gli aspetti ambientali significativi, vale a dire quelli che hanno o possono avere impatti ambientali significativi sull'ambiente. In essa si è proceduto all'analisi della planimetria dell'impianto, la suddivisione dello stesso in aree fisiche, l'identificazione delle aree funzionali, dell'area esterna e delle attività svolte in ogni area. Per ogni attività individuata si sono determinati gli aspetti ambientali e in apposite tabelle si sono visualizzati i possibili impatti ambientali associati. Di questi si è valutata la significatività compilando le schede informative sulla significatività degli impatti ambientali. Al termine del processo di valutazione si è prodotto un elenco di aspetti significativi sulla base dei quali si svilupperà il Programma Ambientale con la definizione di obiettivi e traguardi.

6.3.4.1 Suddivisione del Termoutilizzatore in aree e individuazione delle attività ambientali

Al fine di individuare attività, prodotti e servizi sviluppati sul sito a cui si associano gli aspetti ambientali e i possibili impatti ambientali, si è stabilito di analizzare l'impianto nelle singole aree che lo costituiscono.

Si sono prodotte quindi una planimetria per delineare i limiti geografici di applicazione del SGA e una planimetria nella quale sono individuate fisicamente le aree dell'impianto. La Figura 6.1 mostra una planimetria dell'impianto e l'elenco delle aree. Acquisita quindi la planimetria ufficiale degli edifici e la loro numerazione, alle diciotto aree ufficiali, dette "aree fisiche" in quanto corrispondenti a veri e propri siti fisici, se ne aggiungono tre, di cui due, dette "aree funzionali", comprendono attività trasversali e diffuse su tutto

l'impianto e una, detta "area esterna", comprende quelle attività che non vengono di norma svolte all'interno del sito Termoutilizzatore pur completandone l'esercizio.

Gli aspetti ambientali prodotti sono diretti e indiretti; quelli diretti si concretizzano nelle aree fisiche, nelle aree funzionali e nell'area esterna geografica e limitrofa il sito dove si considerano anche gli impatti dovuti alla contemporaneità degli eventi; quelli indiretti sono analizzati nell'area esterna più ampia e derivano dall'interazione dell'impianto, dei suoi prodotti e servizi con l'ecosistema e le sue risorse ambientali, territoriali ed economiche. Per ogni area le attività individuate sono elencate nella Tabella 6.1 e possono essere di due tipi:

1. attività di normale gestione dell'impianto che producono o possono produrre impatti ambientali quindi attività di esercizio, controllo e monitoraggio ordinario e attività di manutenzione di routine e programmate;
2. attività attuate per prevenire, controllare, limitare o eliminare gli impatti prodotti (o producibili) da attività di processo ordinarie quindi attività e manutenzione straordinarie e di emergenza, attività di controllo e monitoraggio specifici.

6.3.4.2 Individuazione degli aspetti ambientali

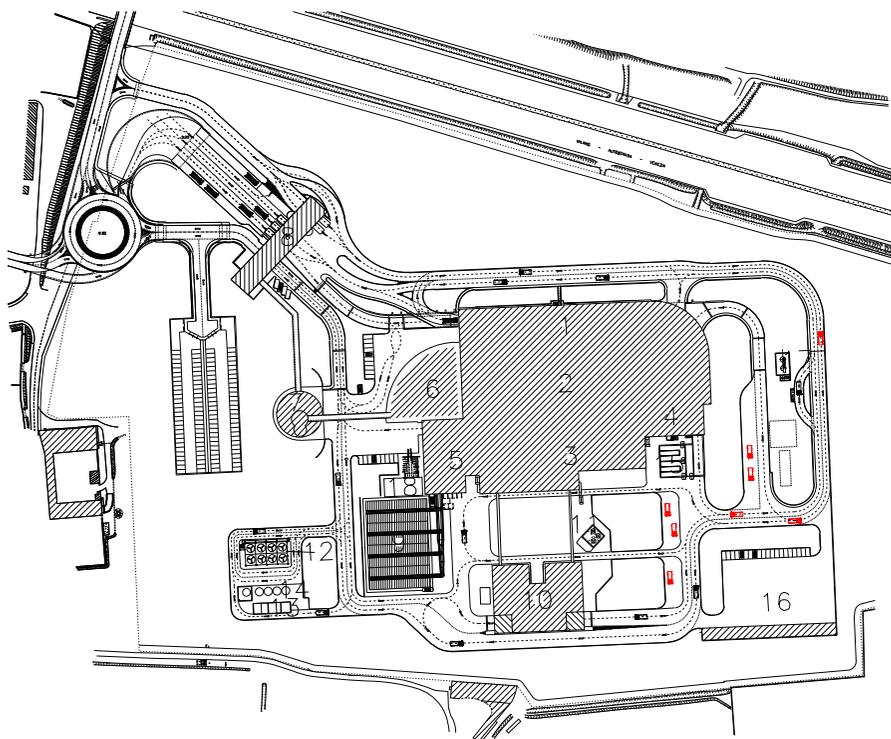
L'aspetto ambientale riguarda un elemento dell'attività, del prodotto o del servizio dell'organizzazione che può avere un impatto benefico o negativo sull'ambiente; è l'interazione dell'attività di rilevanza ambientale con l'ambiente che genera l'aspetto ambientale.

Gli aspetti si individuano in base al tipo di condizioni operative in cui funziona l'impianto, distinguendo tra:

- condizioni di normalità;
- condizioni di anomalia;
- condizioni di emergenza.

Nel caso dell'area esterna si analizzano soltanto le attività in condizioni di normalità in quanto in fase di assegnazione l'ASM fornisce sempre le specifiche sulle caratteristiche dei servizi affidati a terzi ma nella gestione degli stessi il suo controllo e la sua influenza sono limitati.

Le definizioni di condizione di anomalia e di condizione di emergenza a cui si è fatto riferimento nell'implementazione del SGA sono le seguenti. L'**anomalia** è l'evento che può produrre un impatto ambientale per la cui soluzione è sufficiente l'intervento della squadra operativa in condizioni normali e che non esclude che vi siano delle apposite procedure di operatività. L'**emergenza** è l'evento che può produrre un impatto ambientale per la cui soluzione non



- AREA 1: SCARICO RSU E RSA
- AREA 2: STOCCAGGIO RSU E RSA
- AREA 3: LOCALE CALDAIE
- AREA 4: STOCCAGGIO SCORIE
- AREA 5: CICLO TERMICO
- AREA 6: UFFICI E OFFICINE
- AREA 7: RICEZIONE VISITATORI
- AREA 8: PORTINERIA E PESA
- AREA 9: CONDENSATORE
- AREA 10: DEPURAZIONE FUMI
- AREA 11: CAMINO
- AREA 12: AEROTERMO CICLO CHIUSO
- AREA 13: LOCALE ANTINCENDIO
- AREA 14: PARCO SERBATOI
- AREA 15: LOCALE DIESEL DI EMERGENZA
- AREA 16: ATTREZZATURE IMPRESE
- AREA 17: SERBATOI NH3
- AREA 18: SOTTOSTAZIONE BLINDATA

Figura 6.1: Planimetria dell'impianto con elenco delle aree.

Tabella 6.1: Elenco (bozza) delle attività individuate per ogni area.

Codice	ATTIVITA'
	AREE FISICHE
1	SCARICO R.S.U. E R.S.A.
1.1	Rilevamento della radioattività
1.2	Scarico rifiuti
2	STOCCAGGIO R.S.U. E R.S.A.
2.1	Stoccaggio rifiuti
2.2	Movimentazione rifiuti per omogeneizzazione e per carico
3	LOCALE CALDAIE
3.1	Gestione caldaia 1
3.2	Gestione caldaia 2
3.3	Gestione trasporto scorie
3.4	Gestione trasporto ceneri caldaia 1
3.5	Gestione trasporto ceneri caldaia 2
3.6	Gestione cabina elettrica principale
3.7	Gestione impianto dosaggio NH ₃
3.8	Gestione linee trasporto metano
4	STOCCAGGIO SCORIE
4.1	Stoccaggio scorie
4.2	Movimentazione scorie
5	CICLO TERMICO
5.1	Produzione energia elettrica
5.2	Produzione energia termica
5.3	Stoccaggio e depurazione olio lubrificante e gestione sistema regolazione turbina
5.4	Riscaldamento o.c.d.
5.5	Gestione cabine elettriche secondarie
5.6	Produzione combinata di energia elettrica ed energia termica
6	UFFICIO OFFICINE
7	RICEZIONE VISITATORI
8	PORTINERIA E PESA
8.1	Pesatura rifiuti, reagenti, scorie, polveri e ferro
9	CONDENSATORE
9.1	Gestione condensatore
10	DEPURAZIONE FUMI
10.1	Gestione depurazione fumi linea 1
10.2	Gestione depurazione fumi linea 2
10.3	Gestione reagenti linea 1
10.4	Gestione reagenti linea 2
10.5	Trasporto, stoccaggio e smaltimento polveri finali
10.6	Aspirazione fumi
10.7	Gestione cabina elettrica secondaria
11	CAMINO
11.1	Analisi fumi mediante campionamento
12	AEROTERMO CICLO CHIUSO
12.1	Gestione aerotermi
13	LOCALE ANTINCENDIO
13.1	Gestione stoccaggio e pompaggio acqua anello antincendio
13.2	Gestione stoccaggio e pompaggio acqua demineralizzata
14	PARCO SERBATOI
14.1	Stoccaggio e pompaggio o.c.d.
15	LOCALE DIESEL DI EMERGENZA
15.1	Gestione Diesel di emergenza
15.2	Gestione quadri elettrici
17	SERBATOI NH ₃
17.1	Scarico, stoccaggio e pompaggio NH ₃
18	SOTTOSTAZIONE BLINDATA
18.1	Gestione sottostazione blindata
	AREE FUNZIONALI
F1	VIABILITA' INTERNA, STRADE E PIAZZALI
F1.1	Gestione circolazione e sosta degli automezzi
F1.2	Gestione acque piovane e tecnologiche
F2	MANUTENZIONE
F2.1	Manutenzione meccanica
F2.2	Manutenzione elettrica e manutenzione elettronica
	AREE ESTERNE
E1	AREA ESTERNA
E1.1	Conferimento rifiuti, approvvigionamento reagenti, smaltimento ferro scorie e prodotto finale
E1.2	Approvvigionamento acqua
E1.3	Approvvigionamento metano
E1.4	Erogazione energia elettrica
E1.5	Erogazione energia termica

è sempre sufficiente l'intervento della squadra operativa in condizioni normali; alcune situazioni di emergenza sono codificate nel piano di emergenza e richiedono vere e proprie attività di addestramento del personale dell'esercizio.

6.3.4.3 Individuazione degli impatti ambientali

Individuati gli aspetti ambientali si possono definire gli impatti relativi tenendo presente la relazione di causa ed effetto che esiste tra essi [18, 4.2.2]; si ha un impatto ambientale quando si produce un cambiamento nell'ambiente a causa di un aspetto ambientale; la modifica dell'ambiente dovuta all'aspetto ambientale costituisce proprio l'impatto ambientale.

Ad ogni aspetto si associano i possibili impatti ambientali, reali o potenziali, positivi o negativi, che si riflettono sui settori ambientali in cui avviene l'interazione, vale a dire acqua, suolo e falda, aria, rumore e vibrazioni, radiazioni, risorse naturali e materie prime, viabilità, estetica, comunità.

A titolo esemplificativo la Figura 6.2 evidenzia l'interazione tra attività e comparti ambientali. La Figura 6.3 mostra un esempio concreto di individuazione di aspetti ambientali legati ad un attività e a cui si associano i relativi impatti.

6.3.5 Valutazione della significatività degli aspetti ambientali

Completata l'individuazione degli impatti ambientali si passa alla definizione della loro significatività. Per l'analisi dell'**impatto ambientale diretto** la procedura si basa su uno schema logico che comprende i seguenti passi:

- analisi delle condizioni operative in cui si individua l'aspetto: condizioni di normalità, di anomalia e di emergenza;
- probabilità di accadimento dell'aspetto se rilevato in condizioni di anomalia e di emergenza;
- analisi di tutti i possibili impatti associati all'aspetto considerato;
- raccolta di informazioni per determinare la forma dell'impatto: dimensione dell'impatto quindi quantità e durata dell'impatto e/o pericolosità dell'impatto, ricavate da misure dirette, dati tratti dalla letteratura, limiti imposti da norme o standard ed esperienza;
- descrizione dei sistemi di trattamento presenti per ridurre l'impatto.

Per l'**impatto ambientale indiretto** si considerano solo le condizioni di normalità.

Il **giudizio di significatività** viene espresso dal Comitato di Coordinamento che si avvale dei seguenti criteri di priorità:

- rischio di non rispetto legislativo;

AREA 10												
DEPURAZIONE FUMI												
ATTIVITA' 10.1 : Gestione depurazione fumi linea 1												
Aspetto ambientale												
Tipo aspetto	codice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
		Acqu. Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats
Di Normalità	10.1.1		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Normalità	10.1.2		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Normalità	10.1.3		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Normalità	10.1.4		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Normalità	10.1.5		<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Di Anomalia	10.1.6		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Anomalia	10.1.7		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Anomalia	10.1.8		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Anomalia	10.1.9		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
Di Emergenza	10.1.10		<input checked="" type="checkbox"/>									<input checked="" type="checkbox"/>
ATTIVITA' 10.2 : Gestione depurazione fumi linea 2												
Aspetto ambientale												
Tipo aspetto	codice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
		Acqu. Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats
	10.2.2											
VALGONO LE STESSA CONSIDERAZIONI DELL'ATTIVITA' 10.1												
ATTIVITA' 10.3 : Gestione reagenti linea 1												
Aspetto ambientale												
Tipo aspetto	codice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
		Acqu. Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats
Di Normalità	10.3.1											
Di Anomalia	10.3.2			<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>
	10.3.3											
	10.3.4											
ATTIVITA' 10.4 : Gestione reagenti linea 2												
Aspetto ambientale												
Tipo aspetto	codice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
		Acqu. Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats
	10.4.4											
VALGONO LE STESSA CONSIDERAZIONI DELL'ATTIVITA' 10.3												
ATTIVITA' 10.5 : Trasporto, stoccaggio e smaltimento prodotto finale												
Aspetto ambientale												
Tipo aspetto	codice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
		Acqu. Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats
Di Normalità	10.5.1				<input checked="" type="checkbox"/>							
Di Normalità	10.5.2											<input checked="" type="checkbox"/>
Di Anomalia	10.5.3			<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>
Di Anomalia	10.5.4			<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>
ATTIVITA' 10.6 : Aspirazione fumi												
Aspetto ambientale												
Tipo aspetto	codice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
		Acqu. Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats	Subo e fald. Ats
Di Normalità	10.6.1				<input checked="" type="checkbox"/>							
Di Anomalia	10.6.2			<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 6.2: Una delle schede (bozza) che riportano la correlazione fra aspetti delle varie attività nelle diverse aree e i comparti ambientali interessati.

AREA 1 SCARICO R.S.U. E R.S.A.			
ATTIVITA' 1.2 : Scarico rifiuti			
codice aspetti	Aspetto ambientale	Tipo aspetto	codice impatto
1.2.1	Dispersione di particelle di polvere, di liquidi e di sostanze maleodoranti contenute nei rifiuti durante l'operazione di scarico.	N <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>	1.2.1 B Contaminazione suolo e falda nel caso di infiltrazione 1.2.1 C Aumento di polverosità e di sostanze maleodoranti in aria
1.2.2	Dispersione di particelle di polvere durante il lavaggio con acqua	N <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>	1.2.2 A Consumo della risorsa acqua 1.2.2 C Aumento della polverosità in aria
1.2.3	Propagazione di onde sonore nel locale scarico rifiuti per il transito e le manovre di scarico degli automezzi che trasportano rifiuti	N <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>	1.2.3 E Incremento della rumorosità
1.2.4	Versamento accidentale dei rifiuti a terra	N <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>	1.2.4 C Aumento di polverosità e di sostanze maleodoranti in aria.
1.2.5	Versamento dei rifiuti per individuazione principio di incendio e materiali non compatibili con l'impianto	N <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>	1.2.5 C Aumento di polverosità e di sostanze maleodoranti in aria
1.2.6	Propagazione delle polveri e degli odori per insufficienza o indisponibilità dell'impianto di aspirazione	N <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>	1.2.6 C Aumento di polverosità e di sostanze maleodoranti in aria
1.2.7	Versamento dei rifiuti all'interno del locale scarico rifiuti per la ricerca di materiale radioattivo	N <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/>	1.2.7 C Aumento di sostanze maleodoranti in aria 1.2.7 E Limitata diffusione di radioattività circoscritta alla zona in cui si effettua il versamento a terra dei rifiuti
1.2.8	Versamento di acqua inquinata verso l'esterno del locale di scarico dovuta alla pulizia con acqua del locale scarico	N <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>	1.2.8 B Contaminazione suolo e falda in caso di infiltrazione
1.2.9	Emissione di fumo per incendio automezzo	N <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/>	1.2.9 C Dispersione in aria dei fumi dell'incendio 1.2.9 H Visibilità fumo 1.2.9 I Preoccupazione per l'evento da parte della comunità

Per tipo aspetto: N= normalità A= anomalia E= emergenza

Figura 6.3: Una delle schede (bozza) che riportano aspetti e impatti relativi alle attività nelle diverse aree.

- rischio di contaminazione;
- necessità di controllo e sorveglianza del fenomeno considerato affinché non produca impatto rilevante;
- situazioni di fastidio interno ed esterno (ad esempio presenza di odore);
- consumo di risorse naturali;
- pericolosità delle sostanze;
- mancato rispetto della politica ambientale;
- costi delle risorse.

6.3.5.1 Giudizio del Comitato di Coordinamento sulla significatività dell'impatto

Per la formulazione del giudizio di significatività, ai criteri enunciati nel paragrafo 6.3.5, si aggiungono informazioni legate all'esperienza, alle competenze tecniche e scientifiche dei membri del Comitato di Coordinamento; in generale gli impatti soggetti a limiti di legge sono significativi.

Le informazioni in base alle quali vengono formulati i giudizi di significatività sono state riportate in apposite schede informative sulla valutazione della significatività degli impatti ambientali.

Se un impatto ambientale viene ritenuto significativo, l'aspetto dell'attività che lo genera risulta automaticamente significativo. Si predispone quindi un elenco degli aspetti ambientali significativi e delle attività correlate sulla base dei quali il Comitato di Coordinamento stabilisce gli obiettivi del programma ambientale.

Il diagramma di flusso riportato in Figura 6.4 illustra il procedimento sinora descritto per la individuazione degli impatti ambientali relativi ad ogni attività considerata, mettendo in evidenza la struttura ad albero che lega aree, attività, aspetti e impatti. In ogni area si individuano le attività di esercizio dell'impianto, ad ogni attività sono collegati vari aspetti ambientali, in quanto elementi o fasi di processo dell'attività, rilevati in condizioni di normalità, anomalia ed emergenza; un aspetto può generare vari impatti ambientali o nessun impatto; nel primo caso l'impatto può essere significativo o non significativo, a seconda del giudizio del Comitato di Coordinamento. Se è significativo fa diventare automaticamente significativo anche l'aspetto che lo genera, come indicato in figura dalla freccia che dall'impatto significativo ricade sull'aspetto, divenuto, per questo, significativo. Se l'aspetto non genera impatto, si dice che per l'attività considerata non si individua alcun aspetto ambientale, come evidenziato in figura dal tratteggio che circonda l'aspetto che non genera impatti.

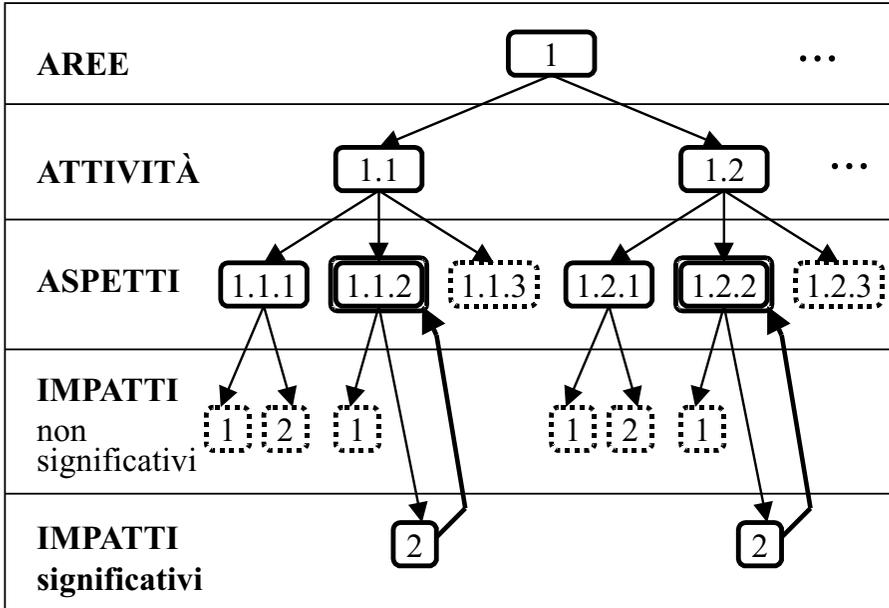


Figura 6.4: Struttura ad albero che lega aree, attività, aspetti, impatti significativi e non significativi.

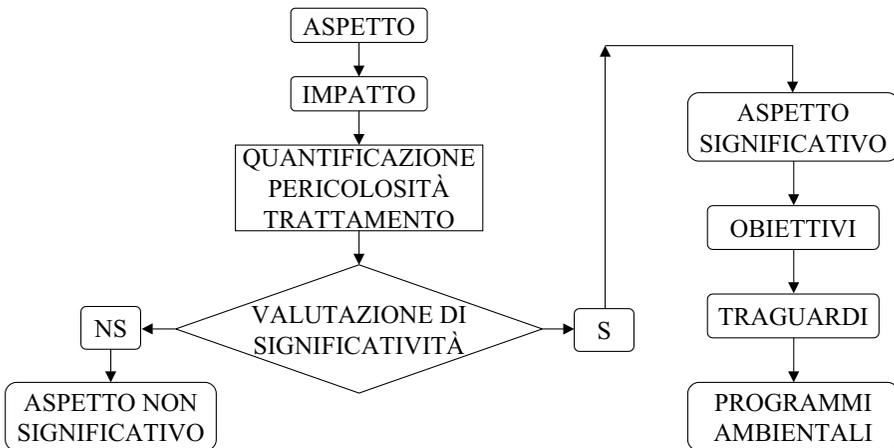


Figura 6.5: Procedimento usato per valutare la significatività dell’impatto e quindi dell’aspetto che lo genera e per determinare gli obiettivi e i traguardi del programma ambientale.

6.3.5.2 Schede informative

Si sono totalizzate oltre 150 schede informative sulla valutazione della significatività degli impatti, una per ogni aspetto individuato e ciascuna contenente uno o più impatti. Ogni scheda informativa riporta l'attività e l'aspetto considerati, gli impatti ambientali individuati e l'analisi della significatività di ciascun impatto, con le informazioni servite per quantificare l'impatto (tramite la misura della sua estensione e della sua durata) e la sua pericolosità e la possibilità presente nell'impianto di mitigarlo e eliminarlo. Segue la valutazione sulla significatività e il giudizio di significatività espresso dal Comitato di Coordinamento (CCSGATU).

Il diagramma di flusso in Figura 6.5 illustra la sequenza delle fasi che dall'aspetto ambientale, attraverso l'impatto generato, l'analisi delle sue quantificazioni, del suo grado di pericolosità e del trattamento presente nell'impianto per ridurlo, giunge alla valutazione della significatività in base ai criteri di priorità sopra enunciati e quindi al giudizio di significatività espresso dal CCSGATU. Sulla base degli impatti significativi e quindi degli aspetti significativi si formulano gli obiettivi e i traguardi per il programma ambientale.

La Figura 6.6 è un esempio concreto di scheda informativa sulla valutazione della significatività degli impatti ambientali.

Pur essendo già noti alcuni traguardi per migliorare l'efficienza dei sistemi di mitigazione o eliminazione degli aspetti significativi, si è preferito rimandare la loro stesura alla fase successiva nella quale, come precisato nel paragrafo seguente, si individueranno gli obiettivi e i relativi sistemi per raggiungerli.

6.4 Fasi da completare

6.4.1 Obiettivi, traguardi e programmi ambientali

Per portare a termine l'implementazione del SGA del Termoutilizzatore resta da completare la parte sulla scelta degli obiettivi ambientali che l'azienda si pone, in relazione ai risultati ottenuti dall'analisi degli aspetti e degli impatti ambientali, reali o potenziali, derivanti dalle attività che si svolgono presso il sito. La fase terminata è molto importante perché su di essa si basano l'intera costruzione del SGA, l'implementazione delle procedure, le scelte e le strategie ambientali che coinvolgono l'azienda nel suo complesso in quanto organizzazione che si prefigge di avere prestazioni ambientali misurabili e certificabili anche a terzi. Le tappe per raggiungere gli obiettivi che si stabiliranno sulla base degli aspetti significativi individuati costituiscono i traguardi.

I programmi ambientali individuano le risorse, le responsabilità e le scadenze temporali che l'azienda stabilisce per raggiungere i traguardi. Specificano inoltre gli indicatori ambientali che permettono di quantificare i traguardi, controllarli e gestirli coerentemente con la logica della efficienza ambientale e del miglioramento continuo.

AREA 10 DEPURAZIONE FUMI						
ATTIVITA' 10.1 : Gestione depurazione fumi linea 1						
Codice aspetto ambientale	Condizioni operative	Impatto	Signifi- castivo	Quantita'/Pericolosità	Trattamento	Valutazione
10.1.1 Emissione di SO2 nel fumi al camino	Condizioni di normalità	Contaminazione aria, attenuazione per l'evento da parte della comunità	<input type="checkbox"/>	L'emissione di SO2 è molto inferiore al valore di progetto adottato da A.S.M. di 100 mg/Nm3. La quantità di calce idrata dosata con cui si riduce l'emissione di SO2 è regolata in base alla concentrazione di HCl presente nei fumi all'uscita caldaia essendo la concentrazione di HCl maggiore di quella di SO2 in condizioni di normalità; per questo la calce idrata dosata risulta sufficiente anche per abbattere l'SO2 presente.	Dosaggio di calce idrata e di polveri riciccolate contenenti calce che non ha reagito nella reazione di abbattimento.	Il trattamento è adeguato per entrambi gli impatti.
10.1.2 Emissione di HCl nel fumi al camino	Condizioni di normalità	Contaminazione aria, attenuazione per l'evento da parte della comunità	<input type="checkbox"/>	L'emissione di HCl è inferiore al limite di progetto adottato da A.S.M. di 20 mg/Nm3.	Dosaggio di calce idrata e di polveri riciccolate contenenti calce che non ha reagito nella reazione di abbattimento.	Il trattamento è adeguato per entrambi gli impatti.
10.1.3 Emissione di idrocarburi nel fumi al camino	Condizioni di normalità	Contaminazione aria, attenuazione per l'evento da parte della comunità	<input type="checkbox"/>	L'emissione è inferiore ai limiti di progetto adottati da A.S.M. riferiti ai limiti dell'autorizzazione regionale 40001/93. La quantità di macchinari emessa è proporzionale alla quantità di fumi uscenti al camino, dell'ordine di 160.000 Nm3/h al 100% del carico (per una sola linea).	Dosaggio di carbone attivo. Si effettua periodiche campagne di misura al camino mirate, specieamente al controllo e alla verifica di quelle concentrazioni di inquinanti che non possono essere misurate in continuo.	Il trattamento è adeguato per entrambi gli impatti.
10.1.4 Emissione di polveri nel fumi al camino	Condizioni di normalità	Aumento della polverosità in aria, attenuazione per l'evento da parte della comunità	<input type="checkbox"/>	La quantità di polveri emessa è inferiore al limite di progetto adottato da A.S.M. di 5 mg/Nm3 (inferiore a sua volta al limite dell'autorizzazione regionale 40001/95); la pericolosità è connessa alla natura del rifiuto bruciato.	I fumi transitano nel filtro a maniche per subire il trattamento di depurazione.	Il trattamento è adeguato per entrambi gli impatti.
10.1.5 Produzione e smaltimento di polveri (prodotto fine)	Condizioni di normalità	Aumento della quantità di rifiuti speciali pericolosi smaltiti, attenuazione per l'evento da parte della comunità	<input type="checkbox"/>	Con le due linee a pieno carico critici con PCI 2200 kcal/kg la produzione di polveri miste a cenere è di 90 t al giorno.	Le cenere vengono conferite in discarica IIB previa inertizzazione con silicato di sodio e cemento.	Il trattamento per ridurre la pericolosità del rifiuto è adeguato ed elimina il rischio di contaminazione.
10.1.6 Emissione di HCl superiore ai limiti dovuti a insufficiente dosaggio di calce idrata o a mal funzionamento della regolazione	Condizioni di anomalia Probabilità bassa	Contaminazione aria, attenuazione per l'evento da parte della comunità	<input checked="" type="checkbox"/>	L'emissione di HCl è superiore al limite di progetto adottato da A.S.M. di 20 mg/Nm3 come media giornaliera.	Si aumenta il dosaggio di calce idrata e di polveri riciccolate contenenti calce che non ha reagito nella reazione di abbattimento.	Il trattamento è adeguato ma l'aspetto è significativo per la presenza di limiti di legge e per la necessità di sorveglianza e controllo dell'emissione.
10.1.7 Emissione di SO2 superiore ai limiti dovuti a insufficiente dosaggio di calce idrata o a mal funzionamento della regolazione	Condizioni di anomalia Probabilità molto bassa	Contaminazione aria, preoccupazione per l'evento da parte della comunità	<input checked="" type="checkbox"/>	L'emissione di SO2 è superiore al limite di progetto adottato da A.S.M. di 100 mg/Nm3 come media giornaliera.	Si aumenta il dosaggio di calce idrata e di polveri riciccolate contenenti calce che non ha reagito nella reazione di abbattimento.	Il trattamento è adeguato ma l'aspetto è significativo per la presenza di limiti di legge per la necessità di sorveglianza e controllo dell'emissione.
10.1.8 Emissione di idrocarburi superiori ai limiti dovuti a mancato dosaggio di carboni attivi	Condizioni di anomalia Probabilità bassa	Contaminazione aria, preoccupazione per l'evento da parte della comunità	<input checked="" type="checkbox"/>	L'emissione è superiore ai limiti dell'autorizzazione regionale 40001/93. La quantità di macchinari emessa è proporzionale alla quantità di fumi al camino. La portata di fumi di un gruppo al 100% del carico è circa 160.000 Nm3/h.	I risultati ottenuti dalle campagne di misura periodiche non hanno evidenziato il superamento dei limiti di legge pertanto non si è effettuato alcun trattamento per ridurre l'emissione.	Il trattamento è adeguato ma l'aspetto è significativo per la presenza di limiti di legge, per la necessità di sorveglianza e controllo dell'emissione e per l'attenzione che l'azienda pone verso il contesto sociale e ambientale in cui è inserito l'impianto.
10.1.9 Emissione di polveri superiore ai limiti per rottura o incendio di una o più maniche del filtro	Condizioni di anomalia Probabilità bassa	Contaminazione aria, aumento della polverosità in aria, visibilità polveri critici per l'evento da parte della comunità	<input checked="" type="checkbox"/>	L'emissione è superiore ai limiti dell'autorizzazione regionale 40001/93 di 10 mg/Nm3. La quantità di polveri emessa è proporzionale alla quantità di fumi uscenti dal camino. La portata di fumi di un gruppo al 100% del carico è circa 160.000 Nm3/h.	Individualizzazione della sezione del filtro con manica rotta, esclusione e sostituzione della stessa.	Il trattamento è adeguato ma l'aspetto è significativo per la presenza di limiti di legge per la necessità di sorveglianza e controllo della gestione e per l'attenzione che l'azienda pone verso il contesto sociale e ambientale in cui è inserito l'impianto.

Figura 6.6: Una delle schede informative (bozza) che riportano la valutazione della significatività degli impatti ambientali relativi agli aspetti delle attività svolte nelle diverse aree, insieme alla quantificazione dell'impatto, alla descrizione della sua pericolosità e all'indicazione dei trattamenti esistenti.

Un esempio di traguardo potrebbe essere la riduzione dell'emissione di un dato inquinante al di sotto un determinato valore di concentrazione; il suo indicatore è la sua misura da parte del sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni in atmosfera.

6.4.2 Procedure

Le procedure del SGA andranno integrate con le altre procedure d'impianto, vale a dire le procedure operative, le procedure per la sicurezza, le procedure della qualità e le procedure d'emergenza. Attualmente al Termoutilizzatore è in corso d'opera la stesura di tali procedure dato che l'impianto è nuovo e non ha ancora terminato il periodo di esercizio sperimentale. Nel caso della Centrale Lamarmora invece l'implementazione delle procedure SGA è stata un'integrazione delle procedure d'impianto già esistenti dato che il progetto del SGA si è innestato su un impianto avviato e in condizioni di regime da diversi anni.

Interazione tra SGA ed esercizio del Termoutilizzatore

In questo capitolo si evidenzia la necessità dell'interazione che ci deve essere tra il Sistema di Gestione Ambientale e gli aspetti tecnici dell'esercizio dell'impianto.

Gli impatti ambientali generati dal funzionamento di un impianto, siano questi significativi o non significativi, devono essere conosciuti e valutati nella loro importanza da tutto il personale addetto all'esercizio e alla manutenzione.

L'azione di informazione dovrebbe portare, se integrata con formazione e aggiornamenti, ad una maggiore sensibilità e professionalità del personale che in ogni momento può meglio valutare le azioni, le decisioni e gli accorgimenti da adottare per garantire il corretto esercizio dell'impianto.

La presenza del SGA permette di approfondire la conoscenza delle conseguenze sull'ambiente causate dalla produzione di beni, servizi e prodotti dell'impianto. Gli impatti derivanti dall'interazione delle attività che si svolgono all'interno del sito industriale con l'ambiente costituiscono un'alterazione dell'ecosistema, che può tradursi in mancato rispetto della legislazione ambientale vigente, in aumento di rischio di contaminazione dei comparti ambientali e dell'uomo, in riduzione delle risorse naturali, in propagazione di disturbi quali rumori, odori e vibrazioni dentro e fuori l'area dell'impianto.

Non rispettare la politica ambientale dell'azienda, che è lo schema di riferimento per attività, obiettivi e traguardi dell'organizzazione a garanzia delle sue prestazioni ambientali, significa anche non sfruttare l'avanzato patrimonio tecnologico dell'impianto messo a disposizione dall'azienda per aumentare sia le rese energetiche sia la tutela ambientale, che, in impianti come il Termoutilizzatore di Brescia, sono strettamente legati.

Si tenga inoltre presente che l'utilità del SGA è anche quella di evidenziare le attività che hanno impatti positivi sull'ambiente. Infatti una consapevole fruizione del SGA a tutti i livelli del personale può tradursi in effetti positivi

attinenti la gestione dell'impianto e conduce ad una maggiore affidabilità proprio grazie al coinvolgimento diretto degli operatori nella ricerca e nel mantenimento dell'alto grado di protezione ambientale e della massima produttività dell'impianto.

L'importanza del SGA è ulteriormente percepibile se si considera il fatto che, oltre alla riduzione degli impatti verso l'ambiente, la buona conoscenza delle procedure e la loro corretta attuazione portano migliorie nella sicurezza e nell'igiene stessa del lavoratore impegnato nelle mansioni assegnate.

7.1 Limiti alle emissioni fissati dall'autorizzazione regionale

L'autorizzazione regionale n.40001 del 2/8/1993 intitolata "Approvazione di progetto ed autorizzazione alla Azienda Servizi Municipali di Brescia, con sede in via Lamarmora 230, per la costruzione dell'impianto di termoutilizzazione dei rifiuti solidi urbani e assimilabili da ubicarsi in Brescia" fissa i limiti alle emissioni del Termoutilizzatore.[6]

Le concentrazioni misurate al camino vanno riferite all'11% di ossigeno libero, condizioni normali (0°C e 1 atm) e gas secco. E' prescritta l'installazione di analizzatori in continuo delle emissioni con memorizzazione dei dati di portata fumi, temperatura, umidità, O₂ libero, HCl, NO_x (come NO₂), SO₂, polveri, CO, SOV.

Così riferite, le Concentrazioni Massime Ammesse (CMA) e i Valori Guida (VG) definiti dall'autorizzazione regionale sono riportati in Tabella 7.1 dove si sono separate le sostanze per le quali è prescritta la misura delle concentrazioni in continuo da quelle per le quali la misura in continuo non è prevista. Tutte le concentrazioni sono comunque soggette al controllo con periodicità semestrale (annuale per i microinquinanti organici) da parte degli Organi Competenti, come specificato nella stessa delibera di autorizzazione. I limiti vanno rispettati in tutte le condizioni di esercizio.

L'autorizzazione regionale specifica che i valori delle CMA vanno interpretati come segue:

- per le sostanze soggette a misura in continuo i valori limite si intendono rispettati se:
 - nessuna media mobile giornaliera delle concentrazioni misurate supera di oltre il 30% il valore della corrispondente CMA;
 - nessuna media mobile settimanale delle concentrazioni misurate supera il valore della corrispondente CMA;

per il calcolo delle medie mobili si prendono in considerazione i periodi di esercizio effettivo dell'impianto, comprese le fasi di avvio e di spegnimento dei forni. L'emissione di polveri dai silo di stoccaggio dei rea-

Tabella 7.1: Concentrazioni Massime Ammesse (CMA) e Valori Guida (VG) definiti dall'autorizzazione regionale alla costruzione e all'esercizio del Termoutilizzatore.

	VG	CMA
Sostanze misurate in continuo		
Polveri	mg/Nm ³	10
SO ₂	mg/Nm ³	150
NO _x (come NO ₂)	mg/Nm ³	200
CO	mg/Nm ³	100
HCl	mg/Nm ³	30
SOV	mg/Nm ³	5
Sostanze non misurate in continuo		
Metalli pesanti totali (Pb+Cr+Cu+Mn+Ni+As+Cd+Hg)	mg/Nm ³	2
Cd	mg/Nm ³	0,1
Hg	mg/Nm ³	0,1
HF+HBr	mg/Nm ³	1
HCN	mg/Nm ³	0,5
P ₂ O ₅	mg/Nm ³	5
IPA	mg/Nm ³	0,05
Microinquinanti organici totali PCDD+PCDF come 2,3,7,8 TCDD eq.	ng/Nm ³	0,1
PCB	mg/Nm ³	0,1
Polveri dai sili	mg/Nm ³	10

genti e delle polveri miste alle ceneri deve rispettare il limite imposto dall'autorizzazione regionale relativamente alla concentrazione di polveri.

- per le sostanze non soggette a misura in continuo i valori limite si intendono rispettati se:
 - nessuna media mobile oraria delle concentrazioni misurate supera il valore della corrispondente CMA.

I valori guida VG vanno interpretati come segue:

- per l'SO₂ la media delle medie orarie delle concentrazioni misurate lungo tutto l'arco dell'anno e riferite ai giorni di effettivo funzionamento dell'impianto non deve superare il corrispondente VG;
- per gli NO_x, per i primi due anni di esercizio, il sistema di iniezione dell'ammoniaca andava sperimentato per conseguire il valore guida. Come

si sa, ciò è avvenuto con esito positivo già nei primi otto mesi di funzionamento. Successivamente, visti i risultati raggiunti, la Regione fisserà un nuovo valore della CMA.

Nel caso in cui venisse riscontrato un superamento dei limiti l'impianto deve essere fermato e può riprendere il funzionamento solo una volta apportate le modifiche che lo mettano in grado di rispettare i limiti imposti.

7.2 Esempi di interazione tra SGA e esercizio del Termoutilizzatore

In questa sede interessa sviluppare l'interazione tra l'implementazione del SGA ambientale e il Termoutilizzatore nell'ottica della prevenzione e della protezione ambientale e dell'efficienza energetica da concretizzare proprio nello studio degli impatti individuati.

Gli esempi di interazione tra il SGA e l'esercizio dell'impianto di seguito proposti sono stati scelti come i più rilevanti tra gli aspetti analizzati nella fase di valutazione della significatività degli impatti descritta nel Capitolo 6, siano essi giudicati significativi o non significativi dal Comitato di Coordinamento (CCSGATU).

Non si effettua l'analisi degli impatti rilevati nei comparti "Estetica" e "Comunità" (si veda il Capitolo 6 per la definizione dei comparti) non perché di minore importanza ma perché di essi si tiene conto indirettamente nello studio degli impatti legati alla conduzione vera e propria dell'impianto, che hanno immediate ricadute positive nel rapporto tra impianto ed esterno e quindi tra impianto e contesto sociale in cui l'impianto opera.

Si prendono in considerazione sia gli aspetti delle aree interne all'impianto, vale a dire le diciotto aree fisiche e le due aree funzionali, sia gli aspetti dell'area esterna, dove si analizzano le attività che di norma non vengono svolte all'interno del sito ma che ne completano l'esercizio producendo impatti ambientali diretti e indiretti; i primi nell'area esterna e limitrofa al sito, dove si considera la contemporaneità degli eventi legati alle attività esterne all'impianto; i secondi individuati in un'area esterna più ampia, dove si analizzano gli effetti derivanti dall'interazione dell'impianto, dei prodotti e servizi con l'ecosistema e le sue risorse ambientali ed economiche. L'analisi che segue procede ricalcando lo sviluppo dell'analisi delle aree, delle attività, degli aspetti e impatti ambientali individuati per l'implementazione del SGA. Si ipotizzi quindi di effettuare nuovamente il percorso del rifiuto in arrivo al Termoutilizzatore e tutte le fasi di processo a cui è sottoposto all'interno dell'impianto, fino all'emissione dei fumi al camino e all'uscita dei residui dall'impianto.

Si precisa infine che i dati riportati nei numerosi grafici discussi nel resto di questo capitolo derivano direttamente dalle letture degli strumenti in linea e non sono stati corretti, ad esempio, per tener conto del tempo (non trascurabile) che i fumi impiegano nell'attraversamento a bassissima velocità del filtro

a maniche. Quindi alcune correlazioni fra le emissioni al camino e i dosaggi dei reagenti potrebbero essere meglio evidenziate adottando opportune correzioni che tengano conto del ritardo temporale fra le variazioni di dosaggio reagenti e il loro effetto sulle concentrazioni misurate al camino.

7.3 AREA 2: Stoccaggio RSU e RSAU

7.3.1 Attività: Stoccaggio rifiuti

Aspetto: Emissione di sostanze maleodoranti verso l'esterno del bunker dovuto al malfunzionamento dell'impianto di aspirazione. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento bassa.

L'impatto provocato è l'aumento di sostanze maleodoranti in aria e non è significativo anche se gli odori provenienti dal bunker si possono propagare all'esterno recando fastidi alle abitazioni limitrofe.

Il personale d'esercizio deve sempre garantire l'efficienza dei sistemi di aspirazione che permettono di mantenere in depressione il locale stoccaggio rifiuti. Particolare attenzione si deve porre alla pulizia programmata e periodica dei filtri collocati a monte delle serrande che mettono in comunicazione il condotto aria primaria, quindi l'aspirazione dei ventilatori aria comburente, con il bunker. I filtri sono stati installati per evitare che le polveri presenti nel bunker intasino i fasci tubieri dei preriscaldatori dell'aria.

Attualmente la pulizia dei filtri viene eseguita quotidianamente. E' allo studio un sistema che, pur garantendo la stessa efficacia di filtraggio, richieda interventi di pulizia meno frequenti.

Per la riduzione della formazione di odori è installato un sistema di dosaggio di enzimi che, spruzzati sui rifiuti, ne rallentano il processo di fermentazione.

Aspetto: Emissione di fumo e dispersione di ceneri verso l'interno e l'esterno per incendio accidentale dei rifiuti stoccati nel bunker. Condizioni di emergenza, con probabilità di accadimento molto bassa.

L'immediata rilevazione visiva del focolaio e il relativo intervento tempestivo con i cannoncini antincendio sono attualmente i sistemi utilizzabili per localizzare e circoscrivere l'incendio e limitare l'impatto della presenza nell'aria dei fumi dovuta alla combustione. L'efficienza dei cannoncini antincendio posti nel bunker e manovrabili dalla cabina dell'operatore al carroponte deve essere verificata periodicamente mediante prove di funzionalità.

Altre aree a rischio di incendio

Le altre aree a rischio di incendio all'interno dell'impianto sono:

- stoccaggi olio combustibile denso;

- vicinanze casse olio turbina;
- serbatoio gasolio per diesel di emergenza e motopompa antincendio.

Va tenuto presente che in ogni attività in cui compare un aspetto relativo alla possibilità che si sviluppi un incendio, la significatività dell'impatto è dovuta alle dimensioni e alla durata dell'accadimento; l'impatto generato da un incendio accidentale nel bunker risulta significativo data la quantità di rifiuti normalmente stoccati.

Il personale d'esercizio è addestrato per affrontare situazioni d'emergenza e per eliminare o ridurre la causa dell'impatto e mitigarne l'effetto. Il capoturno è l'incaricato della gestione dell'emergenza, coordina le attività degli addetti ed è responsabile dell'esito dell'operazione; il capoturno e gli addetti conoscono le procedure d'emergenza (organizzate in schede nelle quali sono ipotizzate alcune presumibili situazioni di rischio) e sono in possesso delle informazioni necessarie per fronteggiare e risolvere le emergenze nel minor tempo possibile limitando l'impatto verso l'esterno e il pericolo di danni a cose e persone presenti sull'impianto.

7.4 AREA 3: Locale caldaie

7.4.1 Attività: Gestione caldaia

Aspetto: Emissione di NO_x in condizioni di normalità.

L'impatto è l'aumento della concentrazione di NO_x nell'aria dovuto al funzionamento dell'impianto ed è considerato significativo ai sensi del SGA ISO 14001. Si è in condizione di normalità e l'emissione negli ultimi 12 mesi è stata mantenuta bene al di sotto del limite di esercizio adottato da ASM di 100 mg/Nm^3 , a sua volta inferiore al limite imposto dall'autorizzazione regionale di 200 mg/Nm^3 .

A circa 15 metri di quota sopra la griglia, dove la temperatura dei fumi è intorno a 950°C , si effettua una iniezione a spruzzo di ammoniaca (in soluzione acquosa al 25%) che, insieme alla ricircolazione dei fumi, è un trattamento che riduce gli ossidi di azoto prodotti durante la combustione; l'azoto e l'ossigeno dell'aria, infatti, per effetto dell'alta temperatura nella fiamma si combinano parzialmente formando vari ossidi di azoto; a 950°C l'ammoniaca "strappa" l'ossigeno da questi ossidi e riporta l'azoto nella forma molecolare non nociva.

Pur essendo largamente rispettato il limite imposto dall'autorizzazione regionale sulle emissioni di ossidi di azoto, l'attenzione del personale di esercizio e di manutenzione deve essere sempre rivolta a:

- ottimizzare il funzionamento del sistema iniezione NH_3 mediante:
 - manutenzione preventiva pompe;
 - pulizia ugelli di dosaggio;

- individuazione e tempestiva segnalazione di perdite sulle tubazioni, che possono interrompere anche momentaneamente il dosaggio, seguite da un intervento da parte della manutenzione mirato a riportare le condizioni dell'impianto al normale stato di esercizio nel minor tempo possibile, in modo affidabile ed efficiente;
- mantenere efficienti i sistemi di misura, di regolazione e di monitoraggio.

Durante l'esercizio sperimentale, dopo le opportune messe a punto della combustione (regolazione delle portate di aria primaria, secondaria e fumi ricircolati, ottimizzazione della corsa e della sequenza degli spintori dei rifiuti sulla griglia) e la regolazione della portata della soluzione di ammoniaca, si è ottenuto un valore di concentrazione di NO_x intorno a 80 mg/Nm^3 anche nelle condizioni di carico nominale, valore inferiore sia al limite previsto dall'autorizzazione regionale (vedi Tabella 7.1 a pag. 143) sia al valore di progetto di 100 mg/Nm^3 previsto da ASM. La Regione Lombardia nell'adottare il nuovo limite per future autorizzazioni di impianti simili terrà sicuramente in considerazione l'esperienza e i risultati del Termoutilizzatore.

Gli strumenti a disposizione del personale per controllare l'efficienza del sistema sono essenzialmente quelli di analisi delle emissioni e di controllo della temperatura in camera di combustione. Come si nota nel grafico in Figura 7.1, all'aumentare del dosaggio di NH_3 corrisponde una diminuzione delle emissioni di NO_x .

Nei grafici in Figura 7.2, tratti da situazioni reali di esercizio, si osserva l'importanza del mantenimento della corretta temperatura di combustione anche ai fini del controllo delle emissioni. In particolare si nota come, aumentando la temperatura, aumenti anche il consumo di ammoniaca, probabilmente ad indicare una diminuzione dell'efficienza di reazione. Si ricorda che oltre i 950°C si possono produrre NO_x per effetto dell'ossidazione di NH_3 .

Aspetto: Emissione di CO in condizioni di normalità.

L'aumento della concentrazione di CO nei fumi al camino è da considerarsi un impatto significativo ai sensi del SGA ISO 14001 sia perché il monossido di carbonio è soggetto a limiti di legge sia per la tipologia della sostanza emessa. L'impianto dispone di un sistema automatico per l'ottimizzazione della combustione e quindi per la regolazione della quantità di aria necessaria per la combustione completa dei rifiuti, nelle migliori condizioni. La portata di aria primaria viene regolata per mantenere costante il valore di ossigeno residuo dopo la combustione al valore di 5.5%. Inoltre la postcombustione, ottenuta grazie all'iniezione di aria secondaria regolata in pressione in funzione del carico, permette di completare la combustione mantenendo il CO entro i limiti di legge. Poiché il rifiuto è un combustibile non omogeneo può accadere che vi sia una rapida variazione della quantità di CO dovuta all'andamento irregolare della combustione. Normalmente questi sono episodi transitori che vengono neutralizzati in breve tempo dal sistema di regolazione appena descritto.

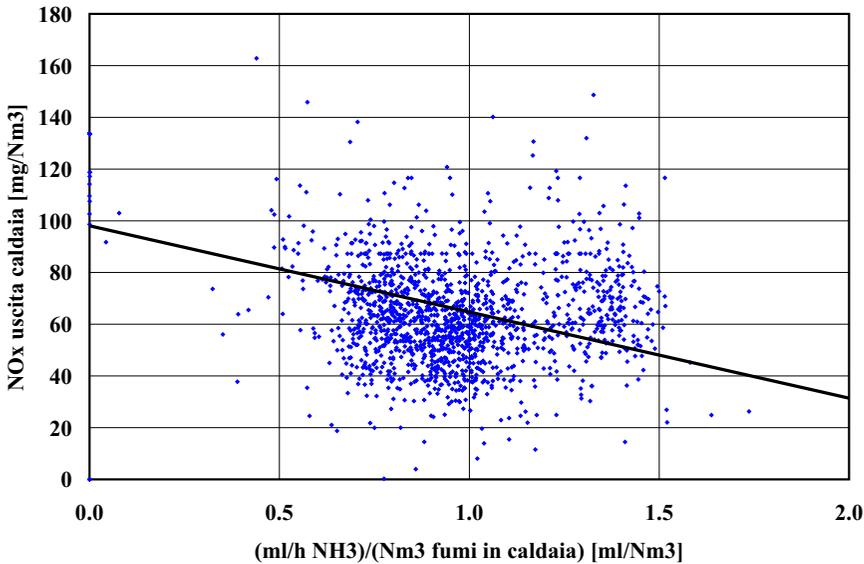


Figura 7.1: Emissione di NO_x in uscita caldaia in funzione della portata di NH_3 iniettata in caldaia.

I grafici in Figura 7.3 mettono chiaramente in evidenza questa tendenza. Si nota che la riduzione del tenore residuo di O_2 misurato in caldaia e al camino, probabilmente dovuta all'inerzia di reazione della regolazione della portata aria rispetto ad una diversa richiesta stechiometrica da parte della combustione, è in relazione inversa con la produzione di CO .

L'operatore di sala controllo deve porre particolare attenzione al verificarsi di tali episodi tenendo presente la possibilità di un'eventuale regolazione in manuale dell'aria comburente nel caso in cui il protrarsi del fenomeno renda parzialmente inefficace il sistema automatico di regolazione. Si sottolinea che l'ottimizzazione della combustione è l'unico modo per tenere sotto controllo l'emissione di CO , non esistendo alcun trattamento a valle della caldaia. Le reali emissioni di CO del Termoutilizzatore sono dell'ordine di 10 mg/Nm^3 . Il limite dell'autorizzazione regionale è 100 mg/Nm^3 , quello adottato da ASM è 50 mg/Nm^3 .

Esperienze di esercizio hanno sottolineato come la finestra di temperatura in camera di combustione, compresa tra gli 850°C e i 950°C per l'ottimizzazione del dosaggio ammoniacca e per la termodistruzione delle diossine, sia da tenere in considerazione anche per mantenere sotto controllo il parametro CO . Si è notato che all'aumentare della temperatura al di sopra dei 950°C la quantità di CO tende ad aumentare.

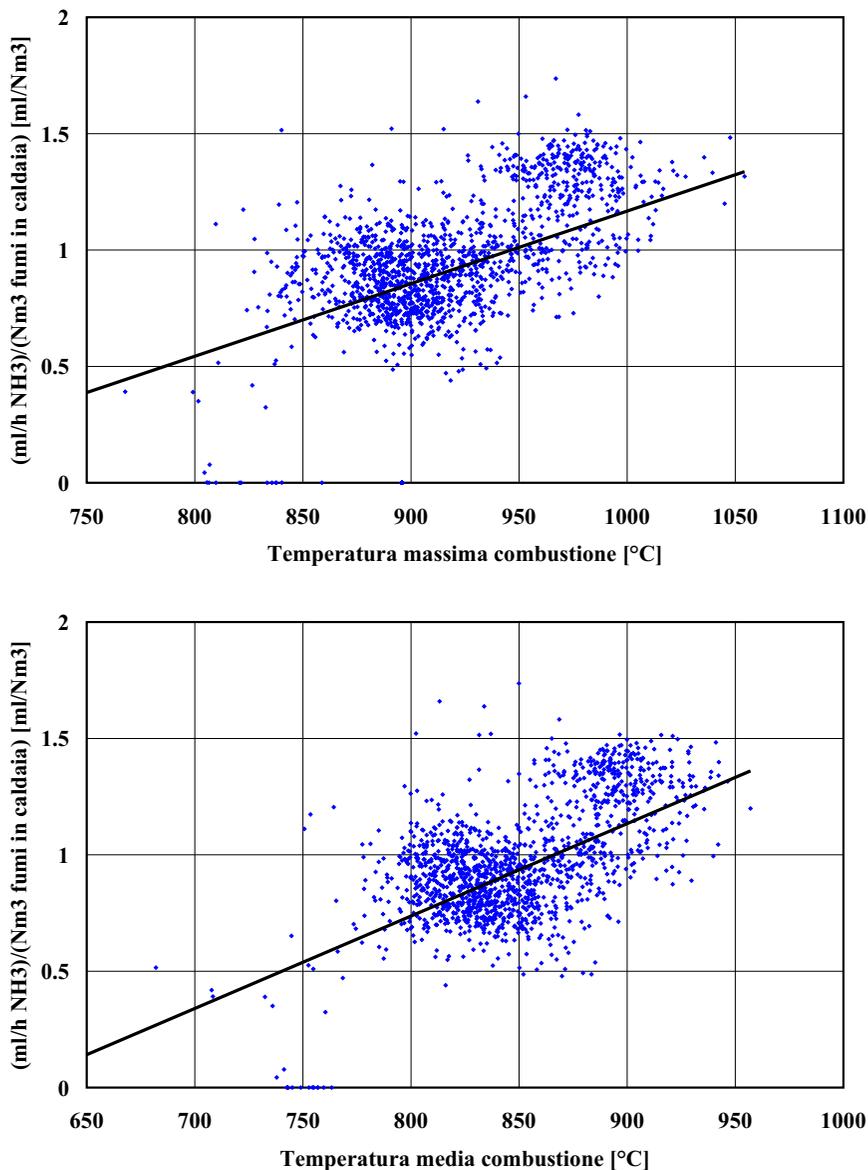


Figura 7.2: Dosaggio di NH_3 in funzione della temperatura massima e media di combustione come rilevate dagli strumenti disponibili in linea.

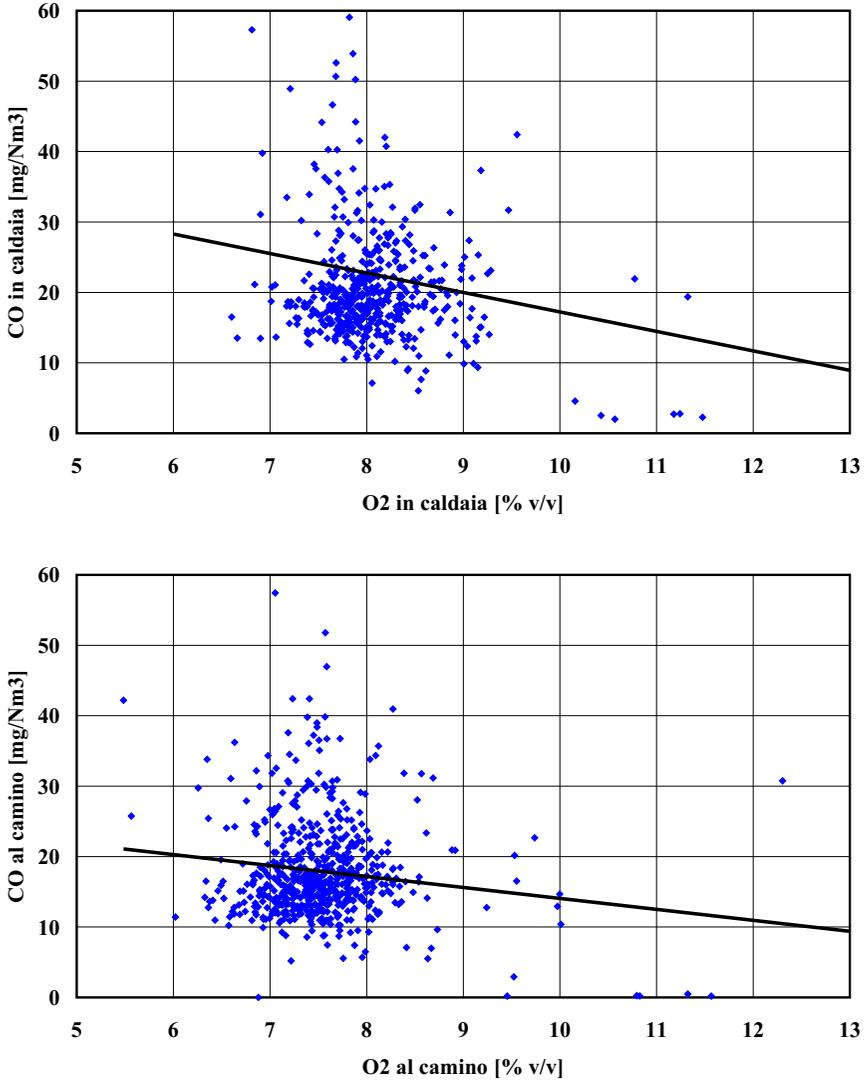


Figura 7.3: Tenore di CO in caldaia e al camino in funzione del tenore di ossigeno residuo.

A tale riguardo è interessante osservare i grafici in Figura 7.4 che mettono in relazione l'emissione di CO con le temperature della camera di combustione e del pirometro ottico, posto all'imbocco del secondo giro fumi, e che evidenziano il fenomeno di notevole aumento del CO per effetto di aumenti, anche minimi, della temperatura di combustione.

Aspetto: Emissione di CO₂ in condizioni di normalità.

La concentrazione di anidride carbonica emessa all'uscita caldaia resta tal quale al camino perché non vi è alcun trattamento a valle della caldaia che la riduca. Essa dipende da due fattori principali:

- la quantità di carbonio contenuta nei rifiuti bruciati;
- la quantità di carbonio presente nel metano bruciato per avviamenti, fermate o situazioni di anomalia.

I grafici in Figura 4.4 a pag. 70, estratti dall'analisi svolta dalla Martin dei dati ottenuti nelle prove di collaudo, mettono in relazione l'emissione di CO₂ per tonnellata di rifiuti con il potere calorifico inferiore (PCI) dei rifiuti stessi.

Dall'analisi chimico fisica di campioni di rifiuti svolta da ASM nel 1997 il contenuto medio di carbonio negli RSU è risultato pari al 24% in peso. Tuttavia, dall'analisi delle quantità di rifiuti bruciati e dell'energia prodotta nel primo anno di esercizio¹ risulta un valore medio del PCI di 2200 kcal/kg cui corrisponde (dai grafici di Figura 4.4) una produzione di 1078 tonnellate di CO₂ per tonnellata di rifiuti, dato da cui si deduce un contenuto medio di carbonio del 29.4% in peso. Considerando anche la CO₂ aggiuntiva prodotta dalla combustione di metano,² si ricava una produzione complessiva di 1.10 tonnellate di CO₂ per tonnellata di rifiuti bruciati. Nel primo anno di esercizio del Termoutilizzatore sono state bruciate 265 000 tonnellate di rifiuti e quindi prodotte 292 000 tonnellate di CO₂.

La stima delle emissioni evitate di gas serra realizzate mediante il Termoutilizzatore, rispetto allo smaltimento in discarica della stessa quantità di rifiuti trattata ed alla produzione delle stesse quantità di energia e calore prodotte, sono discusse nel Paragrafo 4.6 a pag. 71 e per il primo anno di esercizio sono riassunte nella Tabella 4.3 a pag. 75, che evidenzia che la stima dipende sia dal livello di recupero del biogas in discarica sia dal metodo di produzione di elettricità e calore considerato nel confronto. In ogni caso le emissioni evitate sono significative essendo comprese fra lo 0.5% e il 3.7% dell'impegno complessivo italiano per il 2012 rispetto al protocollo di Kyoto e fra il 2% e il 14.8% dell'impegno per il 2002.

L'impatto qui analizzato ha significato globale e non locale. La sensibilità dimostrata dall'ASM non è dettata dalla necessità di sottostare a limiti di legge (al momento non esistono leggi che limitano o regolamentano l'emissione

¹ Si veda il Paragrafo 4.4 a pag. 67.

² Si vedano il Paragrafo 4.6 a pag. 71, la Tabella 4.3 a pag. 75 e la Nota a pag. 20.

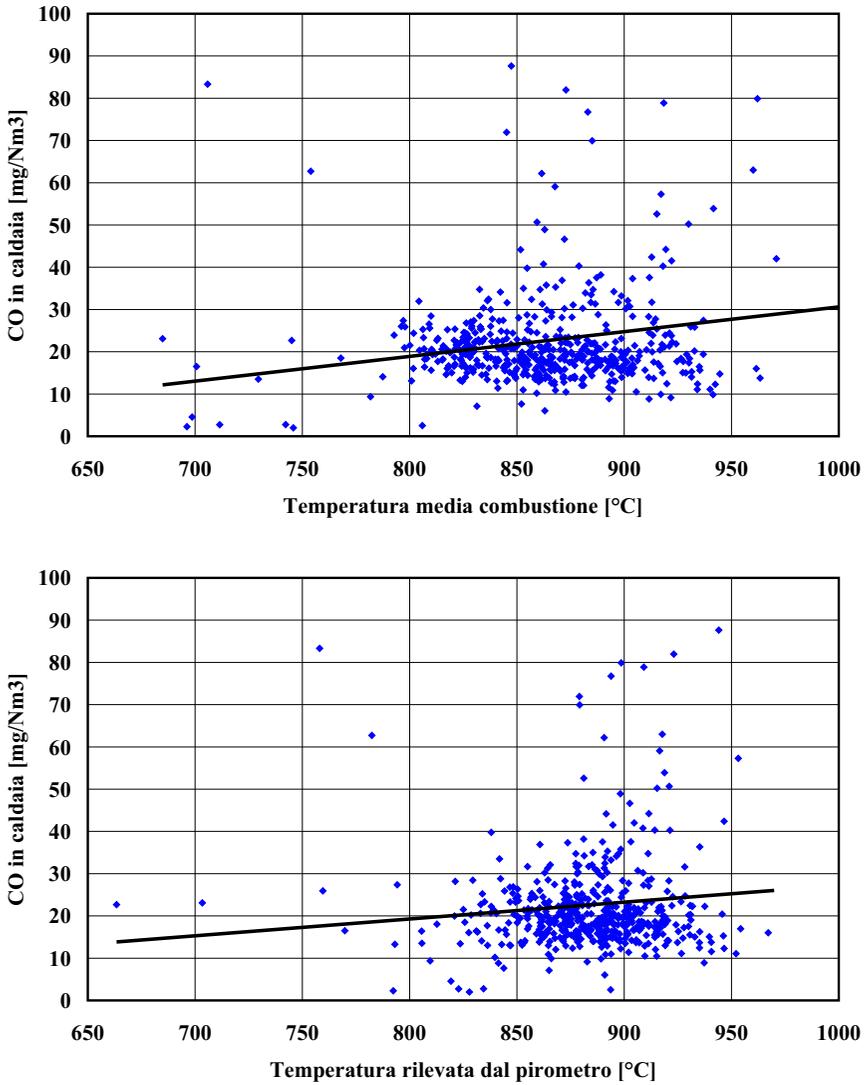


Figura 7.4: Tenore di CO in caldaia in funzione della media delle temperature rilevate in camera di combustione e della temperatura rilevata dal pirometro nel secondo giro fumi.

di CO₂) ma solo da volontaria attenzione ai problemi dello Sviluppo Sostenibile, fra i quali quello dell'emissione di gas che contribuiscono all'effetto serra, tenendo conto che probabilmente nel prossimo futuro verranno introdotte normative che regolamenteranno in termini economici la produzione di gas serra (Carbon Tax).[19]

La riduzione della produzione di CO₂ è possibile

- limitando l'uso del metano. A tale proposito si ridurranno al minimo indispensabile le accensioni dei bruciatori per fermate e avviamenti programmando le manovre in modo da poter concentrare il maggior numero di interventi manutentivi;
- privilegiando il funzionamento in assetto cogenerativo. Infatti il risparmio energetico e le emissioni evitate di CO₂ variano a seconda dell'assetto di funzionamento e del potere calorifico dei rifiuti trattati, come risulta evidente dalla Tabella 4.1 a pag. 65, e gli assetti cogenerativi consentono i risparmi maggiori.

Aspetto: Emissione di diossine e furani in condizioni di normalità.

Pur non essendo significativo ai sensi del SGA ISO 14001 per le ridottissime quantità emesse, l'impatto dovuto all'emissione di diossine e furani viene analizzato in questa sede perché permette di fare considerazioni interessanti per la conduzione dell'impianto.

Dalla combustione di rifiuti si formano anche diossine e furani, vale a dire anelli aromatici dei quali il più noto è la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina (TCDD), composti cancerogeni la cui emissione è ridotta drasticamente da una combustione ottimale dei rifiuti solidi urbani come avviene nel Termoutilizzatore.

La progettazione del sistema di combustione del Termoutilizzatore ha permesso di ridurre ad un valore inferiore a 0,01 ng/Nm³ l'emissione di queste sostanze. La combustione avviene infatti a temperature maggiori di 950°C ed è completata con elevati tempi di permanenza in camera di postcombustione tramite turbolenze sensibili; l'obiettivo del processo è la rottura dei legami molecolari delle diossine per limitare le emissioni. L'uso dei carboni attivi a valle del sistema di combustione, durante il trattamento fumi, garantisce un ulteriore abbattimento delle sostanze eventualmente ancora presenti tramite azione di adsorbimento.

Aspetto: Emissione di NO_x in condizioni di fuori servizio del sistema di iniezione ammoniacale. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento bassa.

L'impatto dovuto all'aumento di concentrazione di NO_x in condizioni di anomalia è considerato significativo ai sensi del SGA ISO 14001. L'aspetto potrebbe verificarsi a causa del fuori servizio del sistema di iniezione ammoniacale. In tal caso la linea di combustione interessata viene fermata.

Aspetto: Emissione di NH_3 residua in condizioni di sovradosaggio del sistema di iniezione ammoniacale. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento bassa.

L'impatto generato è la presenza di ammoniacale residua nell'aria ed è considerato significativo per la necessità, secondo l'ASM, di controllare e sorvegliare la sostanza emessa. Il monitoraggio di tale sostanza non è imposto dall'auto-rizzazione regionale, né vi sono limiti legislativi a riguardo; corrisponde invece all'atteggiamento preventivo di salvaguardia ambientale dell'ASM che sceglie di sorvegliare tutte le emissioni dovute al funzionamento del proprio impianto, anche quelle non soggette a limiti di legge.

La quantità di ammoniacale è monitorata sia per analisi sia per regolazione (strumento LIDIA all'ingresso dell'economizzatore trattamento fumi).

Mantenere efficiente il controllo dell'ammoniacale residua (*slip* ammoniacale) al camino ed evitare l'immissione di NH_3 nella parte più vicina alla fiamma (T più alta) sono gli accorgimenti da attuare per evitare il verificarsi dell'impatto. Il mantenimento di una corretta temperatura di fiamma in camera di postcombustione, vale a dire 950°C , contribuisce all'efficacia del dosaggio di ammoniacale, senza avere al camino eccessive quantità di sostanza che non ha reagito.

Il controllo di tale processo, che avviene in automatico, può essere monitorato attraverso l'analisi dei dati di emissione. Il grafico in Figura 7.5 riporta l'emissione residua di NH_3 dalla caldaia, in funzione del dosaggio per Nm^3 di fumi durante alcune fasi delle prove per la riduzione delle emissioni di NO_x .

La relativa costanza del livello di ammoniacale residua dalla caldaia, rispetto agli incrementi del dosaggio specifico per metro cubo di fumi, sta ad indicare il buon funzionamento del sistema di abbattimento degli NO_x . Il dosaggio di NH_3 è funzione della misura di NO_x al camino per correggere le variazioni della produzione di NO_x in caldaia, mantenendo quasi costante il valore di NH_3 residua. La stabilità dell'emissione di NH_3 residua in tutto il range di dosaggio di NH_3 evidenziata in Figura 7.5 conferma la bontà della reazione di abbattimento di NO_x mediante iniezione di NH_3 e del sistema di regolazione.

7.4.2 Attività: Gestione trasporto ceneri caldaia

Aspetto: Dispersione di cenere verso l'interno del locale caldaia e verso l'esterno, nel tratto di trasporto pneumatico verso i sili del prodotto finale, per rottura linea di raccolta e trasporto ceneri o per apertura accidentale di portelli di ispezione o per rottura dei soffiotti di congiunzione con le tramogge. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento molto bassa.

L'impatto prodotto è l'aumento di polverosità in aria ed è ritenuto significativo ai sensi del SGA ISO 14001.

Poiché l'impatto è di natura accidentale, si possono attuare modalità di prevenzione per ridurlo. Il personale deve effettuare controlli meticolosi sullo

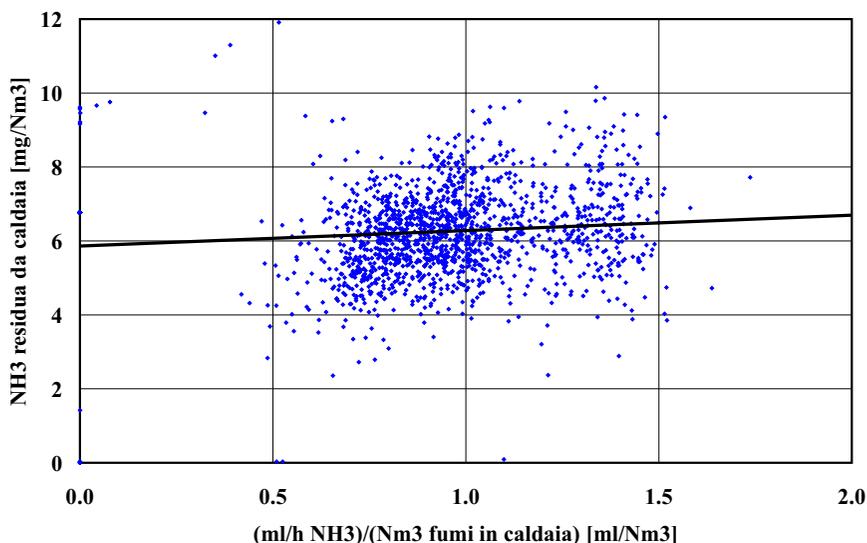


Figura 7.5: NH_3 residua dalla caldaia in funzione del dosaggio di ammoniaca per Nm^3 di fumi, durante alcune fasi delle prove per la riduzione delle emissioni di NO_x .

stato di integrità dei soffietti, sugli ancoraggi e sulle chiusure dei portelli di ispezione e su tutti quei punti del trasporto dai quali potrebbero verificarsi accidentali fuoriuscite di ceneri.

Aspetto: Dispersione di ceneri verso l'interno del locale caldaia dovuta a manovre per stasare tramogge caldaia. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento bassa.

L'aumento delle polverosità in aria è in questo caso un impatto non significativo ai sensi del SGA ISO 14001 data l'esigua quantità di polvere dispersa perché la cenere di risulta dallo stasamento è comunque convogliata nelle colee di trasporto. In seguito a fermate intempestive del sistema di trasporto ceneri può succedere che le tramogge di raccolta ceneri si intasino e necessitino di interventi mirati al ripristino della loro funzionalità. Durante queste operazioni possono verificarsi fuoriuscite di ceneri. Gli operatori devono intervenire seguendo procedure mirate a contenere la dispersione di ceneri verso l'esterno, convogliando il prodotto verso l'esistente sistema di trasporto. Tale attività richiede l'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale da parte del personale, considerata la tipologia delle ceneri con cui l'operatore può venire a contatto. Le eventuali fuoriuscite devono essere prontamente limitate usando il sistema di aspirazione centralizzata di cui l'impianto è dotato e che deve essere

mantenuto sempre efficiente. Il personale è inoltre sensibilizzato ad effettuare controlli preventivi contro gli intasamenti.

7.4.3 Attività: Gestione linee di trasporto metano

Aspetto: Dispersione di gas metano in atmosfera per rotture, perdite o difetti della valvola di sfiato. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento molto bassa.

L'impatto causato è l'aumento della concentrazione di metano in atmosfera. È considerato significativo perché il metano rilasciato in atmosfera contribuisce all'effetto serra 20–30 volte di più di una pari quantità di molecole di anidride carbonica.

Il sistema di distribuzione di metano ai bruciatori ausiliari prevede quattro tubazioni dedicate, una per bruciatore, provviste di doppia valvola di intercettazione e di relativo sfiato. La dispersione del gas può avvenire per varie cause:

- difetto di funzionamento della logica di inserimento bruciatori, secondo la quale lo sfiato dovrebbe chiudersi all'apertura delle valvole durante la manovre di accensione. Se la valvola dello sfiato resta aperta si verificano la perdita e la dispersione del metano in aria tramite la tubazione di sfiato;
- difetto meccanico della valvola di intercetto dello sfiato;
- rottura tubazione di adduzione ai bruciatori in corrispondenza della zona dove la tubazione rigida di acciaio diventa tubo flessibile.

La massima perdita di metano è pari alla portata di gas transitante nella tubazione di adduzione del gas ai bruciatori. Gli operatori controllano in campo le fasi della sequenza di accensione bruciatori durante il loro inserimento, assicurandosi in tempo reale del corretto svolgimento dell'operazione e dell'avvenuta regolare chiusura dello sfiato; contemporaneamente controllano che non vi siano perdite nei punti dell'impianto soggetti a maggior rischio di rottura, ad esempio in corrispondenza dei giunti tra la parte rigida e la parte flessibile della tubazione. Inoltre, nelle vicinanze dei bruciatori, sono installati dei rilevatori di metano che avvertono l'operatore in sala controllo della dispersione del gas dovuta ad un'eventuale perdita. Questo sistema di rilevazione deve essere sottoposto a prove di affidabilità per garantirne l'efficacia. La tubazione dedicata al singolo bruciatore è dotata di apposita valvola di intercettazione manuale, situata sul tetto dell'edificio 2, che permette di isolare la perdita senza dover chiudere il passaggio di metano nei rimanenti tre bruciatori.

Tabella 7.2: Intervallo di valori di progetto delle concentrazioni nei fumi in ingresso all'impianto di trattamento fumi e concentrazioni misurate al camino (media di Linea 1 e Linea 2).

	Riduzione per Nm ³ di fumi trattati		
		da	a
SO ₂	mg/Nm ³	400–1500	2.5
HCl	mg/Nm ³	1500–2500	4.7
HF	mg/Nm ³	12–25	<0.10
Hg	mg/Nm ³	0.4–2	<0.001
Cd	mg/Nm ³	0.2–2	<0.001
Altri metalli	mg/Nm ³	10–100	0.0025
Diossine e Furani	ng/Nm ³	3–20	<0.01

7.5 AREA 10: Depurazione fumi

7.5.1 Attività: Gestione depurazione fumi

I fumi provenienti dalla caldaia vengono depurati nel trattamento fumi. Gli ossidi di azoto e il monossido di carbonio sono già stati trattati nel forno (combustione, postcombustione, iniezione di ammoniaca) e non subiscono ulteriori riduzioni significative nel sistema di depurazione dei fumi.

A tal proposito, dall'analisi condotta dall'Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri" di Milano nel novembre 1999 emergono i dati sulla potenzialità di riduzione delle concentrazioni di ogni inquinante da parte dell'impianto di trattamento fumi. La Tabella 7.2 riporta: nella colonna "da" l'intervallo di valori di progetto delle concentrazioni nei fumi provenienti dalla caldaia che entrano nell'impianto di trattamento fumi; nella colonna "a" i valori delle emissioni misurate al camino dopo il trattamento. L'efficacia della riduzione è evidente e dipende dal corretto dosaggio dei reagenti e dall'efficienza dei filtri a maniche.

Aspetto: Emissione di HCl in condizioni di sottodosaggio del sistema di iniezione della calce idrata. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento bassa.

L'impatto generato è l'aumento della concentrazione di HCl ed è considerato significativo ai sensi del SGA ISO 140001 anche se la probabilità di accadimento dell'aspetto è bassa e riguarda solitamente picchi istantanei di emissione di HCl; questi incidono marginalmente sulla media oraria, in quanto, in tempi brevi, il sistema di dosaggio delle calce idrata interviene riportando l'emissione entro valori normali.

L'abbattimento dell'acido cloridrico avviene dosando a secco calce idrata nel reattore a monte del filtro a maniche. La portata del reagente è funzione del valore di HCl misurato al camino mediante la lettura della concentrazione dell'inquinante tramite un analizzatore FTIR (Fourier Transform Infra Red) in continuo. I grafici in Figura 7.6 mostrano rispettivamente il valore della concentrazione di HCl al camino in funzione del dosaggio di calce e del dosaggio di calce più prodotto ricircolato.³

Per evidenziare l'elevata capacità di abbattimento di HCl nel trattamento fumi è utile confrontare gli andamenti riportati nei grafici in Figura 7.6 con quelli in Figura 7.7 in cui la concentrazione di HCl è quella misurata in uscita caldaia.

Per ridurre la probabilità di accadimento di questo impatto è indispensabile che la misura di HCl al camino sia affidabile per evitare che un valore errato comprometta il corretto dosaggio dei reagenti e quindi il valore dell'emissione. E' necessario ottimizzare l'efficienza dei sistemi di dosaggio della calce idrata (coclee e rotocelle) e dei sistemi di trasporto polveri. Il personale è sensibilizzato sulla necessità di segnalare tempestivamente le anomalie dei vari sistemi di monitoraggio, regolazione e dosaggio ai preposti alla manutenzione. Poiché è installato un sistema di emergenza di dosaggio della calce idrata, pronto ad essere utilizzato in caso di anomalia di quello principale, il personale deve effettuare controlli e prove programmate di efficienza per assicurare la piena disponibilità dell'impianto di riserva. Il livello di HCl in uscita caldaia ha raggiunto in alcune rare situazioni picchi di 2000 mg/Nm³; l'impianto di trattamento, anche con queste concentrazioni elevate in ingresso, ha assicurato un'emissione media oraria di HCl al camino minore di 15 mg/Nm³.

Il valore di 20 mg/Nm³ di HCl è il limite che l'ASM si è prefissata di rispettare mentre l'autorizzazione regionale impone il limite (CMA) di 30 mg/Nm³ riferito alla media mobile settimanale e (CMA+30%) di 39 mg/Nm³ riferito alla media mobile giornaliera. Si può aggiungere che un maggior dosaggio di calce idrata potrebbe diminuire ulteriormente l'emissione di HCl causando però effetti negativi: l'aumento dei costi di gestione e l'aumento della quantità di polveri da smaltire con il conseguente aumento dell'impatto dovuto all'occupazione del suolo per la deposizione dei materiali residui.

Altro elemento interessante da considerare e che indirizza ulteriormente verso il contenimento della riduzione di HCl al camino è la capacità di quest'ultimo di legarsi con le molecole di ammoniaca residua normalmente presente nei fumi e di ridurne quindi l'emissione in atmosfera.

In seguito all'esperienza di gestione dell'impianto è emerso che ad un valore dell'acido cloridrico al camino inferiore a 10 mg/Nm³ corrisponde un incremento del valore di ammoniaca residua al camino. Diminuisce infatti la quantità di acido cloridrico disponibile a legarsi con l'ammoniaca residua per formare

³ Il prodotto ricircolato è il prodotto finale ottenuto nel filtro a maniche. Esso viene reintrodotta nel reattore insieme agli altri reagenti perché contiene quella parte di calce che non ha reagito nella reazione di abbattimento e corrispondente alla quantità ponderale in eccesso rispetto a quella stechiometrica.

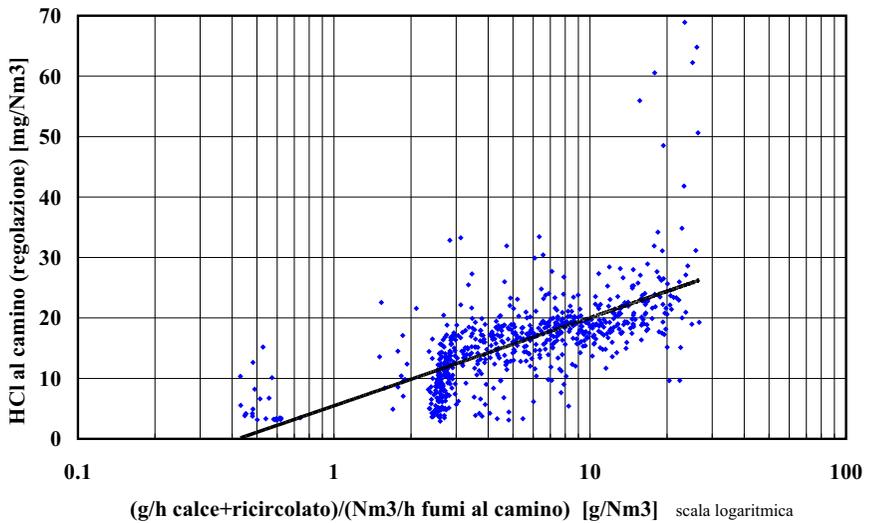
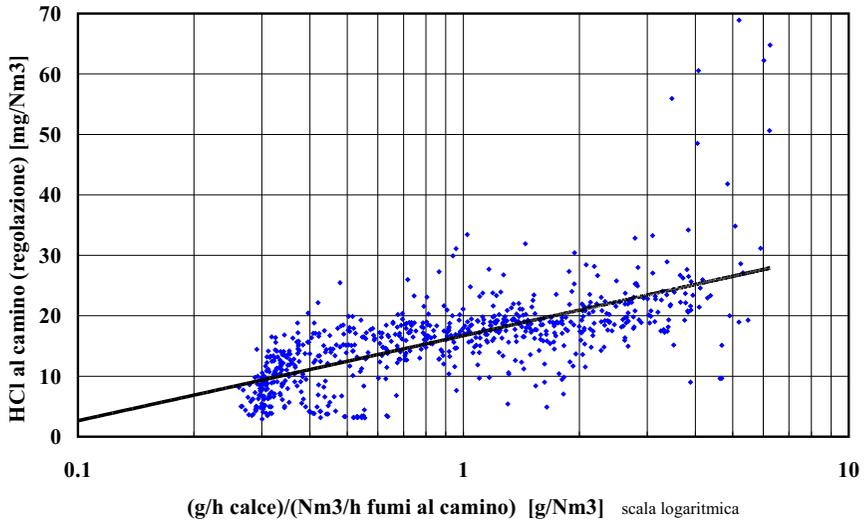


Figura 7.6: Misura della concentrazione di HCl al camino in funzione dei dosaggi di calce idrata e calce idrata più prodotto ricircolato nel reattore a monte del filtro a maniche.

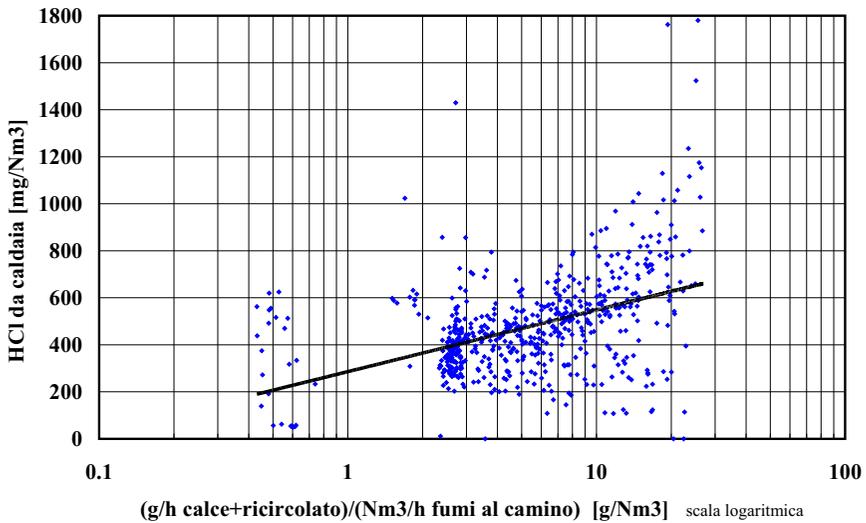
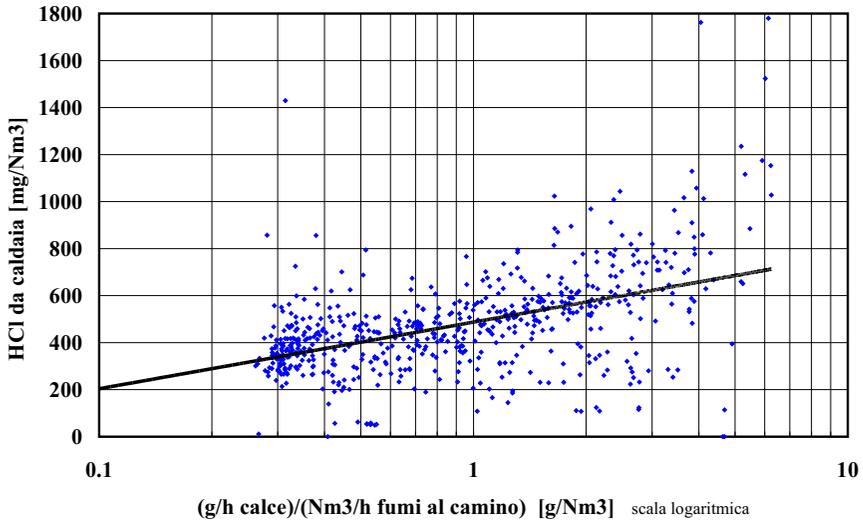


Figura 7.7: Concentrazione di HCl in caldaia in funzione dei dosaggi di calce idrata e calce idrata più prodotto ricircolato nel reattore a monte del filtro a maniche.

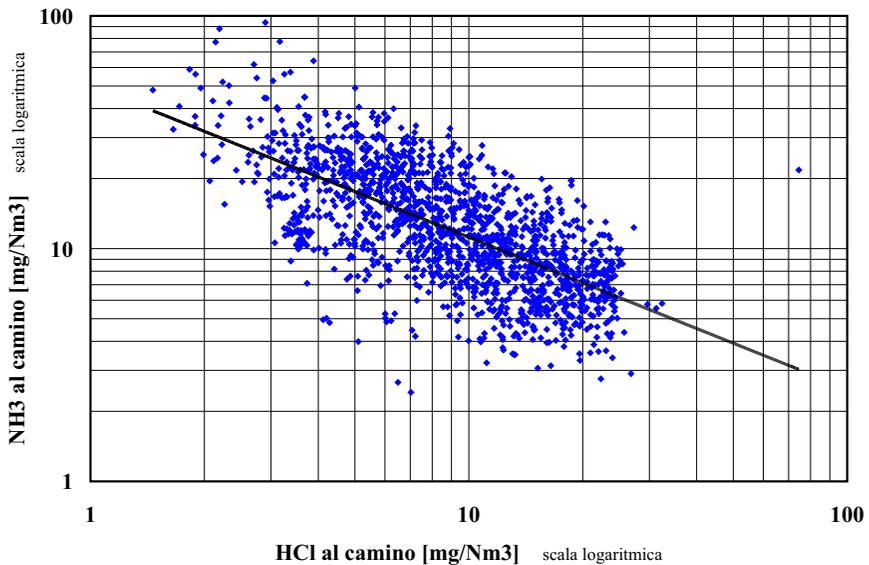


Figura 7.8: Correlazione fra concentrazione di NH_3 residua e concentrazione di HCl nelle emissioni al camino ottenuta durante le prove con valori di emissioni di HCl inferiori a quelle del normale esercizio.

idrato di ammonio (abbattendo quindi di fatto il valore assoluto di ammoniaca residua al camino).

Per meglio evidenziare questo fenomeno sono state effettuate prove di funzionamento dell'impianto forzando la riduzione dell'emissione di HCl al camino mediante l'incremento del dosaggio calce in modo da ottenere un'immissione media oraria di HCl inferiore a 10 mg/Nm^3 . Il grafico in Figura 7.8 mostra in ascissa il valore di HCl misurato al camino e in ordinata il valore dello *slip* di NH_3 al camino. I valori, normalizzati rispetto alla portata fumi, confermano la relazione di proporzionalità inversa tra le emissioni al camino di HCl e di NH_3 residua.

Aspetto: Emissioni di SO_2 in condizioni di sottodosaggio del sistema di iniezione della calce idrata. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento molto bassa.

L'impatto generato è l'aumento di concentrazione di SO_2 in condizioni di anomalia ed è considerato significativo ai sensi del SGA ISO 14001. Come per l' HCl , anche l'emissione di SO_2 è ridotta dal dosaggio di calce idrata.

I grafici in Figura 7.9 mostrano rispettivamente il valore della concentrazione di SO_2 in caldaia in funzione del dosaggio di calce e prodotto ricircolato

e il valore della concentrazione di SO_2 al camino in funzione del dosaggio di calce e prodotto ricircolato.

Si nota la proporzionalità tra l'aumento dell'emissione di SO_2 e l'aumento della richiesta di reagente necessario per abbattere l'inquinante al di sotto del limite stabilito per il funzionamento dell'impianto.

Il dosaggio di calce idrata è proporzionale alla concentrazione di HCl ed è regolato dal valore della concentrazione di HCl la cui emissione è sempre maggiore dell'emissione di SO_2 data la tipologia del combustibile. Sebbene la concentrazione di SO_2 al camino sia controllata tramite analizzatore in continuo, è ormai evidenza sperimentale il fatto che il valore di SO_2 non superi mai il limite di progetto imposto da ASM, anche nel caso di dosaggio minimo di calce idrata; perciò la misura della concentrazione di tale inquinante non è mai utilizzata come parametro di riferimento per la regolazione del dosaggio del reagente, anche se esiste la possibilità di farlo.

Analogo aspetto esiste anche per l'emissione di HF (acido fluoridrico) e per l' SO_3 (anidride solforica), anch'essi gas che formano sali di calcio se trattati con calce idrata; l'impatto da essi generato viene accorpato con quello dell' SO_2 (anidride solforosa) data la ridotta concentrazione della loro emissione.

Anche in questo aspetto, l'attenzione del personale deve essere rivolta al mantenimento dell'affidabilità della misura di SO_2 al camino e dei macchinari impiegati per il trasporto e il dosaggio dei reagenti.

Aspetto: Emissione di microinquinanti in condizioni di sottodosaggio del sistema di iniezione dei carboni attivi. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento molto bassa.

L'abbattimento delle emissioni di microinquinanti e metalli pesanti avviene nell'impianto di trattamento fumi mediante il dosaggio di carboni attivi. I metalli pesanti sono conglobati dall'azione di adsorbimento nelle polveri trattenute poi nel filtro a maniche.

L'impatto generato è l'aumento della concentrazione di microinquinanti ed è considerato significativo ai sensi del SGA ISO 14001. Esso potrebbe verificarsi nel caso in cui il dosaggio di reagente avesse un'anomalia di funzionamento. Non è possibile la misura in continuo di questo tipo di inquinante, pertanto il dosaggio di carboni attivi avviene in manuale con un valore impostato pari a circa 10 kg/h di reagente. Per controllare le emissioni di microinquinanti non rilevabili in continuo, l'ASM effettua periodiche campagne di misura. Finora le misure sono state affidate all'Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri di Milano e non si è mai verificato un superamento dei limiti imposti dall'autorizzazione regionale.

L'azione del personale deve essere rivolta al mantenimento del sistema di dosaggio in piena efficienza, al controllo e alla prova periodica di funzionamento della linea di emergenza di cui è dotato l'impianto.

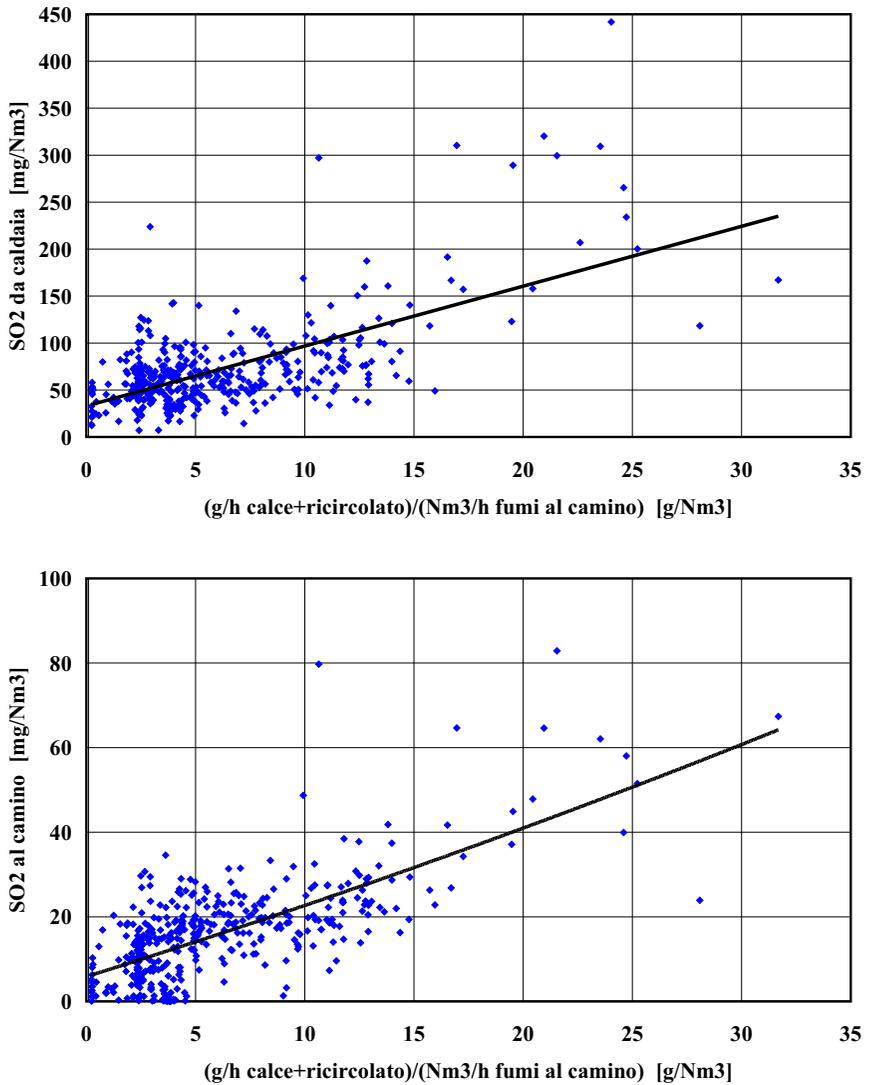


Figura 7.9: Misura della concentrazione di SO_2 dalla caldaia e al camino in funzione del dosaggio di calce idrata più prodotto ricircolato nel reattore a monte del filtro a maniche.

Aspetto: Emissione di polveri in condizioni di rottura o incendio di una manica del filtro. Condizioni di emergenza, con probabilità di accadimento molto bassa.

L'impatto generato è l'aumento della concentrazione di polveri in aria ed è significativo ai sensi del SGA ISO 14001; infatti le polveri al camino sono soggette ai limiti imposti dall'autorizzazione regionale. La riduzione delle polveri è affidata all'efficacia del sistema di filtraggio. L'aspetto si verifica quando una delle maniche del filtro si rompe.

Il filtro di ciascuna linea è dotato di 1944 maniche suddivise in 6 compartimenti indipendenti con una superficie totale di filtrazione di 5400 m². La temperatura di progetto delle maniche è di 180°C (è la massima temperatura a cui possono essere soggette le maniche prima di danneggiarsi). La temperatura dei fumi in ingresso al filtro varia nelle normali condizioni di esercizio da 130°C a 145°C, a seconda del contenuto d'acqua; infatti, per evitare impaccamenti sulle maniche la temperatura dei fumi deve variare con l'umidità. Le maniche, posizionate verticalmente all'interno del filtro, sono calzate su un cestello metallico per contrastare l'azione meccanica dovuta alla differenza di pressione fra esterno e interno che si genera per effetto della resistenza al flusso dei fumi che attraversano le maniche a bassa velocità dall'esterno verso l'interno.

La rottura di una o più maniche del filtro è un accadimento accidentale e non prevedibile; queste rotture sono probabilmente da imputarsi a due azioni meccaniche. Una è dovuta allo sfregamento del tessuto della manica contro il cestello metallico in seguito agli impulsi di pressione causati dai getti di aria compressa utilizzati per la pulizia delle maniche. Il ciclo di pulizia si attiva in automatico quando la differenza di pressione del filtro raggiunge il valore del *set-point* impostato di 14 mbar e si arresta al raggiungimento del valore di 13 mbar. Se il valore di *set-point* richiesto non viene raggiunto entro 15 minuti dall'ultimo sparo di aria compressa, la sequenza di pulizia viene comunque attivata. L'altra azione meccanica è dovuta alla differenza di pressione tra esterno e interno che tende il tessuto della manica fra le maglie del cestello metallico. Questo provoca nelle fibre tensioni che crescono all'aumentare della differenza di pressione, vale a dire all'aumentare delle polveri depositate.

Le azioni per ridurre l'impatto comportano l'attuazione di una procedura che consenta di individuare nel minor tempo possibile il comparto interessato e ne permetta l'immediata esclusione. E' prevista la sostituzione programmata delle maniche ogni 30 000 ore di esercizio, mentre per le rotture accidentali si procede con la sostituzione immediata della manica danneggiata. L'operazione di sostituzione delle maniche è relativamente semplice: dopo avere individuato il comparto interessato, esso viene escluso tramite un sistema di serrande; si apre quindi un boccaporto posto in testa al comparto di appartenenza della manica lesionata e, individuata la manica, si può procedere alla sua sostituzione.

Il surriscaldamento delle maniche è causato da un anomalo aumento del livello delle polveri in tramoggia fino al contatto diretto delle polveri con le

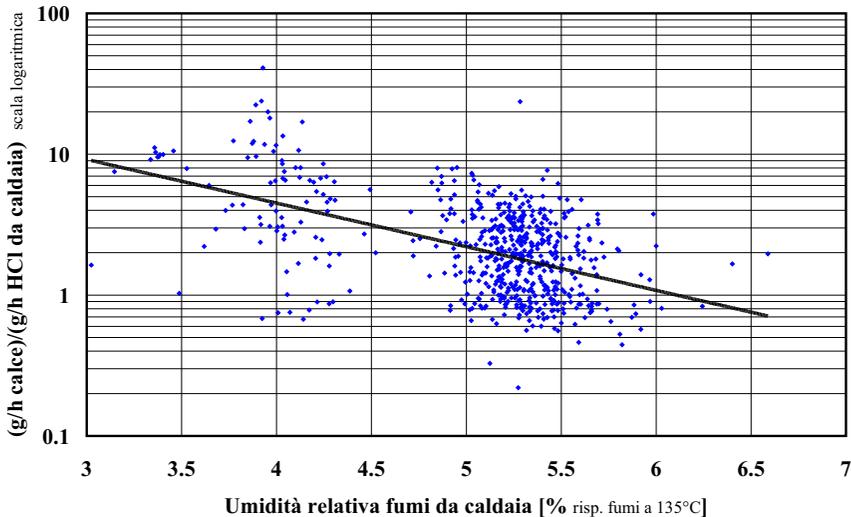


Figura 7.10: Consumo di calce rapportato all'emissione di HCl da caldaia in funzione dell'umidità relativa dei fumi in ingresso al filtro a maniche.

maniche. Un'altra ipotesi è l'innalzamento della temperatura fumi oltre il valore limite di progetto del materiale delle maniche; ipotesi questa molto remota poiché è installato un sistema di emergenza costituito da un ventilatore che immette nel circuito fumi aria "fresca" per contenere le eventuali sovratemperature.

Per prevenire l'aspetto il personale deve attenersi a scrupolosi controlli programmati per evitare l'accumulo di polveri nelle tramogge; deve invece segnalare tempestivamente l'accaduto, nel caso dell'avvenuto surriscaldamento e, dopo l'esclusione del comparto interessato, procedere allo svuotamento della tramoggia sottostante.

Per evitare gli intasamenti è necessario che le polveri di risulta dalla filtrazione siano secche e che siano in funzione i sistemi di riscaldamento delle tramogge del filtro.

Tuttavia, se analizziamo la tendenza evidenziata nel grafico in Figura 7.10 in cui il dosaggio specifico di calce per unità di peso di HCl è espresso in funzione della percentuale di umidità relativa dei fumi, si nota che all'aumentare dell'umidità relativa diminuisce il dosaggio di calce necessario. Il compromesso tra l'esigenza di ottimizzare i dosaggi ed evitare problemi di impaccamento delle polveri ha determinato un punto di funzionamento ottimale della regolazione di umidità relativa dei fumi intorno al 5.5%.

7.5.2 Attività: Trasporto, stoccaggio e smaltimento polveri finali

Aspetto: Dispersione di polveri in atmosfera dovuta alla rottura delle tubazioni di carico o scarico, al malfunzionamento del filtro di sfiato dei sili di stoccaggio, a manovre per stasare tramogge, tubazioni di carico e apparecchiature di scarico o a errate manovre di scarico. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento bassa.

L'impatto prodotto è l'aumento della concentrazione di polveri in aria nelle vicinanze dei sili di stoccaggio delle polveri e delle ceneri di caldaia. E' significativo ai sensi del SGA ISO 14001 perché anche la concentrazione di polveri nell'aria estratta dai sili di stoccaggio per mezzo di ventilatori posti in testa ai sili è soggetta ai limiti dell'autorizzazione regionale.

Gli operatori addetti allo scarico devono tenere informato il capoturno di eventuali anomalie e rotture del sistema di scarico per consentire un rapido ed efficace intervento dei preposti alla manutenzione.

Il personale d'esercizio deve verificare che siano sempre efficienti i sistemi di riscaldamento dei sili di stoccaggio per evitare intasamenti delle tramogge di scarico, causati dal comportamento igroscopico delle polveri presenti.

Il sistema di riscaldamento all'interno dei sili è realizzato con resistenze elettriche. I sili sono coibentati e provvisti di *air-blaster*, vale a dire cannoncini che periodicamente "sparano" aria compressa sotto il livello delle polveri per evitare il loro impaccamento, cioè la formazione di parti solide che rendano difficoltoso lo scarico.

Lo scarico delle polveri può avvenire in tre modi differenti. Il primo prevede lo scarico "a secco", tramite un tubo telescopico flessibile ermetico che si aggancia direttamente ad appositi oblò nella cisterna degli autotreni. Il secondo è lo scarico "ad umido" in autotreni con cassone a cielo aperto, previa umidificazione con acqua delle polveri per evitare la loro dispersione in aria durante il trasporto. Il terzo è lo scarico in un impianto di inertizzazione dove avviene la miscelazione con cemento e silicato di sodio che rende le polveri insolubili in acqua.

Le eventuali fuoriuscite di polveri durante le operazioni di scarico devono essere eliminate prontamente con l'ausilio della pulizia centralizzata.

Lo smaltimento avviene in discarica autorizzata.

7.6 AREA 11: Camino

7.6.1 Attività: Analisi fumi mediante campionamento

Aspetto: Malfunzionamento dell'analizzatore in continuo delle concentrazioni di NO_x , HCl e SO_2 . Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento bassa.

Un impatto generato è il possibile superamento momentaneo dei valori normali di concentrazioni nelle emissioni al camino nel caso in cui lo strumento rilevi una misura inferiore a quella reale ed è considerato significativo ai sensi del SGA ISO 14001.

Poiché la strumentazione di analisi al camino è ridondante, è possibile rilevare in tempi brevi l'anomalia ed intervenire con aggiustamenti manuali in attesa di ripristinare il sistema di regolazione. La durata dell'eventuale impatto è sicuramente limitata, la pericolosità irrilevante e il trattamento adeguato, ma, per la presenza di limiti di legge, si è giudicato significativo l'impatto.

La condizione di anomalia esaminata sottolinea la necessità del sistema ridondante presente nell'analisi in continuo delle emissioni. Il personale di esercizio deve accertarsi della corretta funzionalità degli analizzatori e, in caso di guasto, segnalare prontamente agli addetti della manutenzione lo stato di fuori servizio dell'apparecchiatura allo scopo di abbreviare il periodo di esercizio dell'impianto con un solo analizzatore in funzione. Si ricorda che la prolungata emissione di inquinanti oltre i limiti consentiti dalla legge (in questo caso l'autorizzazione regionale) fa scattare l'applicazione di apposite procedure di fermata dell'impianto.

Nel caso di misura superiore a quella reale si incrementa il consumo di reagenti con conseguente maggiore frequenza di approvvigionamento della materia prima e aumento della quantità di polveri da smaltire.

Questo impatto, pur non essendo significativo, causa un aumento dei costi di gestione e di quelli di smaltimento. Lo spreco dei reagenti è proporzionale all'errore dello strumento e alla durata della anomalia.

7.7 AREA 17: Serbatoi NH_3

7.7.1 Attività: Scarico, stoccaggio e pompaggio NH_3

Aspetto: Dispersione di vapori e soluzione liquida di ammoniaca per rottura serbatoi durante lo scarico, stoccaggio e pompaggio NH_3 . Condizioni di emergenza, con probabilità di accadimento molto bassa.

L'impatto è la presenza dei vapori di NH_3 nell'aria ed è significativo ai sensi del SGA ISO 14001. La dispersione di soluzione liquida di ammoniaca non produce invece impatto perché la probabilità che si verifichi un inquinamento del suolo e della falda è resa nulla dalla impermeabilizzazione delle zone che

è interamente cementata e dalla presenza della vasca di contenimento comune per i due serbatoi.

La probabilità di accadimento dell'evento considerato è remota, tuttavia il personale d'esercizio, durante le fasi di scarico del prodotto dalle autobotti ai serbatoi, deve controllare e prevenire situazioni rischiose dovute alla degenerazione di una perdita non segnalata.

E' indispensabile l'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale degli addetti. Nell'area dei serbatoi sono ubicati appositi idranti, da utilizzare per l'eventuale abbattimento dei vapori di NH_3 . I preposti sono informati sull'uso degli autorespiratori, posizionati in loco, in opportune strutture di contenimento.

La capacità di ogni serbatoio è pari a 85 m^3 , mentre lo stoccaggio utile viene limitato all'80% per la tendenza dell' NH_3 ad espandersi con l'aumento della temperatura; è necessario quindi riservare lo spazio sufficiente a contenere l'espansione.

Ogni serbatoio può contenere 68 m^3 di ammoniaca in soluzione acquosa al 25%. La massima quantità sversabile è pari quindi a 68 m^3 . L'impatto è comunque percepibile solo nelle immediate vicinanze dell'area considerata, vale a dire dentro l'impianto, perché l'odore non si diffonde a distanza per la tendenza dei vapori di NH_3 , più leggeri dell'aria, a fluire verso l'alto. Per attenuare l'impatto si può nebulizzare con acqua, dato che l'ammoniaca è molto solubile in acqua.

7.8 AREA F1: Viabilità interna, strade e piazzali

7.8.1 Attività: Gestione acque piovane e tecnologiche

Aspetto: Infiltrazioni di acque tecnologiche nel terreno dovute alla rottura del fondo della vasca di raccolta o delle tubazioni di adduzione alla vasca. Condizioni di anomalia, con probabilità di accadimento molto bassa.

Nell'area F1, comprensiva di strade e piazzali, è stata presa in considerazione l'attività di gestione delle acque piovane e tecnologiche perché la confluenza di tutti i collettori delle caditoie delle strade e dei piazzali dell'area del Termoutilizzatore avviene in una vasca di raccolta detta "vasca acque piovane" avente capacità ricettiva di circa 400 m^3 , utilizzati per reintegrare un'altra vasca attigua denominata "vasca acque tecnologiche", con capacità di 70 m^3 , utilizzata per processi inerenti alla conduzione dell'impianto (ad esempio per lo spegnimento delle scorie).

E' un aspetto che può generare un impatto rilevabile solo con il monitoraggio del livello della vasca, indice di perdita per rottura in caso di variazione anomala del livello stesso.

La massima perdita è pari a 70 m³ cioè alla capacità della vasca acque tecnologiche.

7.9 AREA F2: Manutenzione

7.9.1 Attività: Manutenzione meccanica

Aspetto: Emissione di fumo per incendio dovuto ad accidentale contatto di materiale incandescente, proveniente da saldatura o taglio, con parti infiammabili. Condizioni di emergenza, con probabilità di accadimento bassa.

La presenza nell'aria dei fumi dell'incendio è un impatto significativo ai sensi del SGA ISO 14001.

La riduzione della probabilità di accadimento dell'impatto, che è una modificazione dell'aria per la presenza dei fumi, è legata alla

- conoscenza delle procedure da applicare durante gli interventi manutentivi da parte dei preposti ai lavori di manutenzione;
- alla preventiva valutazione dei rischi di incendio insiti nel luogo da parte del capoturno o degli operatori incaricati della messa in sicurezza della parte d'impianto oggetto dei lavori.

La conoscenza dell'impianto da parte del personale d'esercizio permette di valutare se il luogo interessato dall'intervento di manutenzione sia a rischio di incendio durante lavorazioni che prevedono saldatura o taglio, data la vicinanza di possibili sostanze infiammabili.

I preposti alla manutenzione, nel caso in cui il rischio sia presente, devono attuare accorgimenti atti a ridurre il propagarsi di materiale incandescente, mentre il personale dell'esercizio deve approntare mezzi estinguenti efficaci che neutralizzino ogni principio di incendio, vale a dire estintori portatili, manichette ed estintori carrellati.

7.10 AREA E1: Esterna

Nell'area esterna denominata E1 si analizzano le attività che non vengono di norma svolte all'interno del sito del Termoutilizzatore e che producono impatti ambientali diretti, nell'area esterna geografica e limitrofa, dove si considerano anche gli impatti dovuti alla contemporaneità degli eventi, e impatti ambientali indiretti, in un'area più ampia collegata sul territorio.

7.10.1 Attività: Conferimento rifiuti, approvvigionamento reagenti, smaltimento scorie, ferro e polveri

In questo caso si considera la contemporaneità degli eventi citati nella dicitura dell'attività, ipotizzando una giornata con il massimo afflusso di automezzi per il conferimento rifiuti, per l'approvvigionamento reagenti e per lo smaltimento di scorie, ferro e polveri.

Aspetto: Emissione di polveri nel caso di insufficiente umidità contenuta nelle polveri miste a ceneri. Condizioni di normalità.

L'impatto prodotto è l'aumento della concentrazione di polveri in aria ed è significativo ai sensi del SGA ISO 14001.

La quantità di polvere rilasciata in aria è legata all'insufficiente quantità di acqua utilizzata durante lo scarico ad umido del "prodotto finale" dai silos in cui vengono stoccate le ceneri di caldaia provenienti dalla raccolta nelle tramogge sotto caldaia e le polveri raccolte nelle tramogge del filtro a maniche.

La pericolosità dell'impatto si deve alla composizione delle polveri considerate rifiuto speciale pericoloso secondo le nuove definizioni del decreto Ronchi. Esse contengono gli inquinanti trattenuti dal sistema di depurazione fumi.

Per prevenire l'impatto è indispensabile ottimizzare il contenuto dell'acqua di miscelazione nelle polveri; il valore corretto è pari a circa il 10% del peso delle polveri.

7.11 Nota conclusiva

Con i citati esempi di interazione tra il SGA e l'esercizio dell'impianto si è cercato di fornire alcuni dati tecnici specifici evidenziando valori di riferimento quali temperature, pressioni e potenzialità dei macchinari, legati alle parti dell'impianto coinvolte dall'attività che genera l'aspetto analizzato e il relativo impatto.

Tutto ciò per sottolineare quanto deve essere approfondita la conoscenza dei parametri di normale esercizio da parte del personale che conduce l'impianto. Dalla variazione dei dati si può cogliere l'eventuale stato di anomalia avvalendosi dell'ausilio della strumentazione presente in "campo", e servendosi delle misure disponibili in sala controllo e fornite dal sistema di controllo e supervisione.

In questo modo è possibile effettuare una rapida valutazione dello stato dell'impianto, del suo corretto o anomalo funzionamento, e generare, se necessarie, quelle azioni mirate a correggere o a mitigare le situazioni di anomalia o emergenza.

Conclusioni

Le conclusioni. In una tesi si dovrebbero dare, visto che il fine di un lavoro scientifico è partire da un punto per arrivare ad un altro, partire dalla situazione originale per arrivare a quella finale. Tuttavia nel mio caso mentre è ben chiaro il punto di partenza non si può dire quale deve essere il punto di arrivo.

Ovvero, non è corretto parlare di un punto di arrivo perché sembra di definire un percorso che si è già concluso. E deviare così lo spirito del SGA e del suo processo circolare che partendo dalla analisi dei dati produce degli effetti che modificano i dati in ingresso e ripropongono la situazione di analisi iniziale ad un livello diverso.

Questo movimento circolare nello spazio tridimensionale diventa una spirale dove, alla dimensione di sviluppo verticale, mi piace associare l'accresciuto livello di consapevolezza che il sistema di gestione ambientale introduce continuamente nell'ambiente di lavoro.

Quando ho iniziato ad occuparmi di SGA ero preoccupata di come uno studio, abbastanza teorico, potesse essere efficacemente implementato in un ambiente di lavoro concreto dove i problemi, mi sono resa conto poi, non sono quelli del rendimento o dei consumi specifici, per lo meno non solo, e non lo sono per tutto il personale, ma sono spesso quelli più concreti dell'evitare, ad esempio, l'intasamento di una tramoggia.

Maslow [20] insegna che esiste un livello gerarchico dei bisogni, e che l'esigenza di soddisfare bisogni di ordine superiore si manifesta solamente se sono soddisfatti quelli di livello inferiore. Mi domandavo, allora, dopo i primi approcci, come si sarebbe inserito in un ambiente esclusivamente teso in quel periodo alla soddisfazione dei bisogni "primari" dell'impianto, introdurre ed espellere con i modi dovuti (in brutale sintesi questo era allora il problema) un progetto ambizioso come l'impostazione del SGA. Sapendo poi che tutte le organizzazioni oppongono forti resistenze al cambiamento. Grande forza che le unisce ma spesso anche grande limite.

A questo problema si aggiungeva la preoccupazione di dover introdurre una scelta aziendale che il personale deputato all'esercizio poteva considerare verticistica, fatta cioè da quelle persone che il senso comune individua con

”quelli che comandano”, quindi vissuta in modo distaccato o peggio ancora osteggiata.

Come avrei potuto parlare di ”miglioramento continuo”, di ”sviluppo sostenibile”, di ”protezione ambientale” e di ”prevenzione dell’inquinamento”, con persone impegnate ogni giorno a superare le emergenze del momento e la quotidianità routinaria dell’esercizio?

Questi erano i miei dubbi allora e questi i miei dati di partenza:

- un impianto nuovo, complesso, importante, avviato da poco e soggetto a tutti i problemi di gioventù;
- l’esperienza di SGA della centrale Lamarmora;
- la piena disponibilità dell’ASM;
- il mio tutor aziendale e il mio tutor universitario;
- l’affiancamento di due capiturno.

La direzione verso cui muoversi per iniziare a lavorare è stata obbligata: lo studio della situazione iniziale.

Mi sono occupata quindi della già lunga storia dell’impianto, dello studio teorico sulle norme che regolano i sistemi di gestione ambientale, del lavoro svolto per SGA nella Centrale Lamarmora, della legislazione relativa al trattamento dei rifiuti.

In parallelo cominciavo anche un’analisi approfondita dell’impianto, partendo dal punto di vista topografico, fino ad arrivare allo studio particolareggiato dei vari assetti di funzionamento. Lo studio di tutti i possibili assetti di funzionamento del Termoutilizzatore evidenzia l’estrema versatilità dell’impianto che permette di ottimizzare la resa o di privilegiare la produzione di energia elettrica o di energia termica. La ricaduta ambientale positiva dell’analisi effettuata è la quantificazione del risparmio di combustibili fossili in relazione ai diversi assetti di funzionamento. E’ aspetto sicuramente significativo che è più volte tralasciato in ordine di importanza rispetto alla preoccupazione degli effetti delle emissioni.

Un’impostazione che, non a caso, si ritrova nella tesi che a questo punto potrebbe rappresentare una linea guida, un percorso possibile per riproporre esperienze analoghe in altri ambiti.

Dopo un anno di lavoro al Termoutilizzatore, vissuto da una posizione sicuramente privilegiata in cui mi sono trovata ad essere contemporaneamente una sorta di osservatore assoluto e di osservatore relativo dei processi che andavo a studiare, mi sono resa conto delle potenzialità effettive e della marcia in più di questo progetto.

Il vero punto di forza, che è emerso gradualmente nello sviluppo del lavoro del sistema di gestione ambientale, sviluppato con le persone che su un impianto si occupano direttamente del ”fare”, sta nel fatto che gli obiettivi che ci si prefigge sono molto concreti, misurabili, e con benefici evidenti.

Il pregio maggiore di questo lavoro è che codifica e fornisce visibilità ad una serie di "problematiche" che il personale vive concretamente e che però non è in grado di rendere esplicite. Fornirlo di mezzi e strumenti che gli permettono di essere attore di quel processo per dominarlo e migliorarlo, e non per subirlo, è la chiave di volta per provocare il cambiamento di atteggiamento.

La necessità di capire poi il perché delle cose, di andare alla ricerca delle cause, obbliga ad un atteggiamento critico, metodico, catalogatorio; obbliga ad uno sforzo di analisi per poter arrivare alla sintesi.

Instaura, in definitiva, un metodo di lavoro, che, quello sì, resta al di là di ogni procedura o norma.

Questo mi pare sia accaduto in questo anno di lavoro, e gli esempi citati nel Capitolo 7 sono sicuramente significativi da questo punto di vista.

Infatti l'analisi e l'elaborazione in modo continuo dei dati storici di funzionamento dell'impianto permette, grazie anche al SGA, di individuare situazioni di allarme e di prevenire eventuali anomalie e di individuare magari assetti diversi dell'impianto. Il beneficio che ne deriva è il miglioramento. Soffermendosi sugli aspetti significativi, il tecnico, cioè l'addetto alla conduzione dell'impianto, acquisisce la necessaria visione globale del rapporto impianto ambiente; non limitandosi ad analizzare l'area strettamente interessata dallo svolgimento delle proprie mansioni può fare propria l'importanza intrinseca che viene generata verso l'esercizio proprio dal SGA. Anche lo stimolo ad attuare procedure d'impianto con duplice scopo, di resa energetica e ambientale, e che generano maggior consapevolezza e responsabilità in chi le applica, è un aspetto positivo che scaturisce dall'interazione considerata. Il coinvolgimento più diretto del personale nelle mansioni assegnate ha come risultato l'incentivo al miglioramento continuo; grazie all'uso dell'esperienza ragionata, si moltiplicano le idee e i consigli per ottimizzare l'esercizio e, dove possibile, renderlo strumento di beneficio verso la comunità.

E' utile riassumere ora brevemente gli elementi che sono stati determinanti per la corretta impostazione del SGA del Termoutilizzatore:

- la collaborazione tra i vari reparti e uffici dell'azienda nell'ottica della facilitazione del flusso di informazioni necessarie allo svolgimento di un lavoro multifunzionale;
- la scelta di competenze professionali diverse e adeguate che hanno coperto gli aspetti, normativi, ambientali, tecnici e tecnologici, metodologici, formativi ed operativi;
- la possibilità di considerare in modo integrato ogni fattore determinante per la buona stesura del documento SGA, per facilitare la sperimentazione del sistema a tutti i livelli aziendali;
- enormemente vantaggiosa è risultata la presenza del SGA applicato alla Centrale Lamarmora, che ha guidato nelle diverse fasi del lavoro, e la consolidata esperienza aziendale del Sistema Qualità.

La facilità con cui l'ASM ha disposto di tali risorse è sua caratteristica e le deriva dal fatto che in essa la suddivisione dei compiti e delle competenze permette di approfondire le singole tematiche. La creazione di un Comitato di Coordinamento, come quello presente al Termoutilizzatore e negli altri impianti in cui l'ASM ha deciso l'implementazione del SGA, rispecchia la struttura aziendale frazionata in tante sottoaziende, competenti ciascuna nel proprio settore, ma legate dalla scelta di obiettivi comuni e di programmi aziendali di interazione.

Questo non accade nelle aziende di piccole dimensioni dove l'implementazione di un SGA richiede necessariamente il contributo di una consulenza esterna.

Vi sono ora molte scadenze operative per il progetto SGA.

- Il completamento della sua attuazione prosegue in ASM e al Termoutilizzatore e la meta ultima del percorso avviato, prospettato dalle stesse norme, è costituita dall'integrazione dei Sistemi aziendali di Qualità, Sicurezza e Ambiente, i quali dovranno condividere procedure operative ed interfunzionali, sistemi di controllo della documentazione, sistemi di gestione della strumentazione e apparati aziendali di supervisione e controllo.
- Il coinvolgimento di tutto il personale aziendale addetto alle attività considerate dal SGA sarà un obiettivo importante da raggiungere quale elemento di riscontro pratico del SGA e requisito richiesto fortemente dalla norma. Lo spirito della norma prevede l'informazione, la formazione, l'aggiornamento e la responsabilizzazione di tutti gli operatori, presenti sull'impianto e in azienda.
- Raggiunto l'obiettivo della certificazione SGA ISO 14001 per il Termoutilizzatore, potrà essere scelta la strada dell'adesione ai requisiti SGA del Regolamento EMAS; esso potrà innestarsi sul percorso esistente della norma ISO 14001 sfruttando gli elementi comuni ma delineandosi per il carattere maggiormente quantitativo dell'analisi degli effetti ambientali, della valutazione dei loro impatti e delle scelte della loro misura e loro controllo. A questo contribuirà l'analisi ambientale iniziale non obbligatoria effettuata dall'ASM per l'impostazione SGA ISO 14001.

Realizzato il sistema e ottenuta la certificazione, il processo circolare di miglioramento continuo e la sua dinamica evoluzione non possono fermarsi e devono essere costantemente confermati da precise scelte aziendali.

Bibliografia

- [1] W. Ganapini. Il problema dei rifiuti e le sue soluzioni. In *La termoutilizzazione nello smaltimento dei rifiuti*. Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Collana I Manuali, n.20, 1996, pag.13.
- [2] Testo aggiornato del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n.22: *Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggi*. Gazzetta Ufficiale, Supplemento n.278, 28/11/1997.
- [3] R. Capra. Termodistruzione e recupero di energia. In *La termoutilizzazione nello smaltimento dei rifiuti*. Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Collana I Manuali, n.20, 1996, pag.199.
- [4] A. Bonomo. Il Termoutilizzatore di Brescia. In *Termoutilizzazione di rifiuti solidi urbani: tecnologie, prestazioni, impatto ambientale, esperienze*. Corso di Istruzione Permanente, Politecnico di Milano, 17 giugno 1999.
- [5] *Il sistema integrato dei rifiuti di Brescia*. VOI E NOI, ASM Brescia, n.66, giugno 1998.
- [6] Regione Lombardia, delibera n.40001. *Approvazione di progetto ed autorizzazione alla Azienda Servizi Municipali di Brescia, con sede in via Lamarmora 230, per la costruzione dell'impianto di termoutilizzazione dei rifiuti solidi urbani e assimilabili da ubicarsi in Brescia*, 2 agosto 1993.
- [7] Ministero dell'Ambiente, decreto n.503 del 19/11/97. *Regolamento recante norme per l'attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari*, Gazzetta Ufficiale serie generale, n.23, 29/1/98.
- [8] Azienda U.S.S.L. n.18, Servizio igiene pubblica ambientale e tutela nei luoghi di lavoro. *Piano di campionamento e di controllo del territorio contestuale al progetto di realizzazione in Brescia (zona sud) di un impianto per la termoutilizzazione dei r.s.u. e assimilabili*, dicembre 1995.
- [9] Azienda Sanitaria Locale di Brescia, Dipartimento di Prevenzione. *Esito prime indagini sull'impianto di termoutilizzazione A.S.M. di Brescia sito in Brescia, via Malta*, novembre 1998.
- [10] AA VV. *Impianto di termoutilizzazione dei rifiuti solidi urbani e assimilabili di Brescia, Relazione di Compatibilità Ambientale*, Azienda Servizi Municipalizzati di Brescia, ottobre 1992.

- [11] Ing. Paolo Canu dell'Istituto di Impianti Chimici dell'Università di Padova. Relazione sulla formazione di NO_x .
- [12] Locating and estimating air emissions from sources of dioxins and furans. Office of Air Quality Planning And Standards Office of Air And Radiation U.S. Environmental Protection Agency Research Triangle Park, North Carolina 27711, 1997.
- [13] E.P. Gyftopoulos e G.P. Beretta. *Thermodynamics. Foundations and Applications*. Macmillan, New York, 1990.
- [14] Docenza SGS. *Guida alla verifica ambientale. L'auditing del Sistema di Gestione Ambientale secondo ISO 14001/EMAS*. Nuovo Studio Tecna, 1997.
- [15] A. Nava. *Defnizione e sperimentazione del Sistema di Gestione Ambientale della Centrale policombustibile di cogenerazione Lamarmora dell'Azienda dei Aervizi Municipalizzati di Brescia (ASM)*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano, Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, Corso di laurea in Scienze Naturali, 1997.
- [16] Regolamento (CEE) n. 1836/93 del Consiglio del 29 giugno 1993. *Sull'adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un sistema comunitario di ecogestione a audit*. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, n. L168 del 10/7/93.
- [17] Norma UNI-EN ISO 14001. *Sistema di Gestione Ambientale. Requisiti e guida per l'uso*. UNI-Milano, 1996.
- [18] Norma UNI ISO 14004. *Sistema di Gestione Ambientale. Linee guida generali su principi, sistemi e tecniche di supporto*. UNI-Milano, 1997.
- [19] G.P. Beretta. Il Termoutilizzatore di rifiuti solidi urbani e assimilabili dell'ASM Brescia: aspetti energetici, tecnologici e ambientali. In *Rifiuti, Energia, Ambiente. Il Termoutilizzatore di Brescia*. Quaderni di Sintesi ASM, n.54, 2000.
- [20] A.H. Maslow. *Motivazione e personalità*. Armando Editore, Roma, 1973.
- [21] F. Zanelli, A. Bonomo e G.P. Beretta. Fuel Savings and Reduction of Greenhouse Gases in a Large Waste-to-Energy Cogeneration Facility. In *Proceedings of the 35th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*. Las Vegas, Nevada, 24-27 luglio 2000.
- [22] F. Zanelli, A. Zaniboni, R. Romano, C. Zuanazzi e G.P. Beretta. Rendimenti energetici nei vari assetti di funzionamento del Termoutilizzatore RSU e RSAU dell'ASM Brescia. In *Atti del 55° Congresso Nazionale Associazione Termotecnica Italiana*. Bari e Matera, settembre 2000.

Elenco delle tabelle

2.1	Confronto fra concentrazioni misurate al camino e limiti di legge sulle massime concentrazioni (medie giornaliere) delle emissioni al camino. Valori in mg/Nm ³ (salvo per diossine e furani, in ng/Nm ³).	20
4.1	Dati relativi agli assetti di collaudo del Termoutilizzatore. . . .	65
4.2	Confronto fra produzione di gas serra nel Termoutilizzatore e in discarica controllata con diversi livelli di recupero del biogas. .	72
4.3	Stime dell'emissione evitata di gas serra realizzata nel primo anno di esercizio del Termoutilizzatore rispetto allo smaltimento in discarica della stessa quantità di rifiuti trattata e alla produzione delle stesse quantità di energia e calore prodotte. .	75
4.4	Energia elettrica e termica prodotte nel periodo 15/11-15/12/1999.	82
4.5	Camion e materiali in ingresso e in uscita nel periodo 15/11-15/12/1999.	84
4.6	Consumi di materiali in caldaia e nel trattamento fumi nel periodo 15/11-15/12/1999. Per l'aria si tratta di stime basate su percentuali 'storiche' riferite alle portate di fumi misurate al camino.	85
4.7	Scorie, ceneri e polveri prodotte nel periodo 15/11-15/12/1999. Stime basate su percentuali 'storiche' riferite al peso dei rifiuti immessi in caldaia.	85
4.8	Media giornaliera delle emissioni al camino per le sostanze misurate in continuo nel periodo 15/11-15/12/1999. La portata fumi è riferita a condizioni normali di temperatura e pressione; non è normalizzata all'11% di O ₂ né al secco.	86
4.9	Concentrazioni medie sulle 24 ore misurate al camino dai tecnici dell'Istituto M. Negri fra il 10 e l'11 novembre 1999 sulla linea 1 e fra l'11 e il 12 novembre 1999 sulla linea 2, per le sostanze soggette a verifiche periodiche, per le quali non esiste strumentazione di misura in continuo al camino. Come risulta dal confronto riportato nella Tabella 2.1 a pag. 20 i valori sono ampiamente inferiori ai limiti imposti dall'autorizzazione regionale.	86

5.1	Corrispondenza tra i requisiti della norma ISO 14001 e quelli del Regolamento EMAS	99
6.1	Elenco (bozza) delle attività individuate per ogni area.	131
7.1	Concentrazioni Massime Ammesse (CMA) e Valori Guida (VG) definiti dall'autorizzazione regionale alla costruzione e all'esercizio del Termoutilizzatore.	143
7.2	Intervallo di valori di progetto delle concentrazioni nei fumi in ingresso all'impianto di trattamento fumi e concentrazioni misurate al camino (media di Linea 1 e Linea 2).	157

Elenco delle figure

3.1	Diagramma di flusso di materiali ed energia nell'area del Termoutilizzatore.	30
3.2	Sezione della zona di scarico RSU e del bunker di stoccaggio. . .	32
3.3	Sezione della griglia, della camera di combustione, e della caldaia.	35
3.4	Griglia Martin. In evidenza il sistema di compartimentazione dell'aria primaria e la trave che movimentata i gradini.	38
3.5	Resa termica della griglia Martin in funzione del carico di rifiuti e del loro PCI. I punti di funzionamento sono delimitati dal contorno trapezoidale evidenziato nel diagramma.	39
3.6	Azione della griglia sulla massa di rifiuti in combustione.	41
3.7	Rapporto tra portata vapore prodotto e portata fumi di caldaia.	45
3.8	Rapporto tra NH_3 residua e temperatura in camera di combustione.	47
3.9	NO_x uscita impianto in rapporto con il dosaggio di NH_3 in caldaia.	48
3.10	NH_3 residua nei fumi in uscita dalla caldaia in rapporto con il dosaggio di NH_3 in caldaia.	49
3.11	Schema semplificato del ciclo termico dell'impianto.	50
3.12	Schema semplificato del trattamento fumi.	52
3.13	Rapporto fra consumo di calce e concentrazione di HCl nei fumi trattati in funzione dell'umidità relativa dei fumi in ingresso al trattamento (a 135°C).	53
3.14	Dosaggio di calce più ricircolato in funzione della concentrazione di HCl dalla caldaia.	54
4.1	Rendimenti η' di primo principio e η'' di secondo principio in funzione dell'indice energetico I_{en} per gli assetti di collaudo. . .	64
4.2	Stima del risparmio di combustibili fossili rispetto alla produzione separata e alla cogenerazione nella Centrale Lamarmora delle stesse quantità di elettricità e calore, in termini di tonnellate di petrolio equivalente per tonnellata di rifiuti con potere calorifico di 2200 kcal/kg , in funzione dell'indice energetico I_{en} per gli assetti di collaudo.	68
4.3	Produzione giornaliera di vapore inviato al ciclo termico nel primo anno di esercizio del Termoutilizzatore.	69

4.4	Correlazione fra produzione di CO ₂ e potere calorifico inferiore dei rifiuti secondo la Martin, relativa all'intervallo completo di funzionamento della griglia e relativa alle prove di collaudo del Termoutilizzatore.	70
4.5	Stima delle emissioni di gas serra evitate mediante il Termoutilizzatore rispetto allo smaltimento in una discarica controllata di vario livello tecnologico, in funzione dell'indice energetico I _{en} , per i diversi assetti di collaudo del Termoutilizzatore. Le emissioni evitate dovute al risparmio di combustibili fossili sono valutate rispetto a due livelli di produzione separata di calore e elettricità e rispetto alla cogenerazione nella Centrale Lamar-mora, tuttavia le differenze sono piccole rispetto a quelle dovute ai diversi livelli di recupero del biogas in discarica.	71
4.6	Diagramma di flusso del vapore nel ciclo termico del termouti-lizzatore.	76
5.1	Elementi comuni e differenze tra Regolamento EMAS e norma ISO 14001.	101
5.2	Struttura ciclica della norma ISO 14001.	109
6.1	Planimetria dell'impianto con elenco delle aree.	130
6.2	Una delle schede (bozza) che riportano la correlazione fra aspetti delle varie attività nelle diverse aree e i comparti ambientali interessati.	133
6.3	Una delle schede (bozza) che riportano aspetti e impatti relativi alle attività nelle diverse aree.	134
6.4	Struttura ad albero che lega aree, attività, aspetti, impatti significativi e non significativi.	136
6.5	Procedimento usato per valutare la significatività dell'impatto e quindi dell'aspetto che lo genera e per determinare gli obiettivi e i traguardi del programma ambientale.	136
6.6	Una delle schede informative (bozza) che riportano la valuta-zione della significatività degli impatti ambientali relativi agli aspetti delle attività svolte nelle diverse aree, insieme alla quan-tificazione dell'impatto, alla descrizione della sua pericolosità e all'indicazione dei trattamenti esistenti.	138
7.1	Emissione di NO _x in uscita caldaia in funzione della portata di NH ₃ iniettata in caldaia.	148
7.2	Dosaggio di NH ₃ in funzione della temperatura massima e media di combustione come rilevate dagli strumenti disponibili in linea.	149
7.3	Tenore di CO in caldaia e al camino in funzione del tenore di ossigeno residuo.	150

7.4	Tenore di CO in caldaia in funzione della media delle temperature rilevate in camera di combustione e della temperatura rilevata dal pirometro nel secondo giro fumi.	152
7.5	NH ₃ residua dalla caldaia in funzione del dosaggio di ammoniaca per Nm ³ di fumi, durante alcune fasi delle prove per la riduzione delle emissioni di NO _x	155
7.6	Misura della concentrazione di HCl al camino in funzione dei dosaggi di calce idrata e calce idrata più prodotto ricircolato nel reattore a monte del filtro a maniche.	159
7.7	Concentrazione di HCl in caldaia in funzione dei dosaggi di calce idrata e calce idrata più prodotto ricircolato nel reattore a monte del filtro a maniche.	160
7.8	Correlazione fra concentrazione di NH ₃ residua e concentrazione di HCl nelle emissioni al camino ottenuta durante le prove con valori di emissioni di HCl inferiori a quelle del normale esercizio.	161
7.9	Misura della concentrazione di SO ₂ dalla caldaia e al camino in funzione del dosaggio di calce idrata più prodotto ricircolato nel reattore a monte del filtro a maniche.	163
7.10	Consumo di calce rapportato all'emissione di HCl da caldaia in funzione dell'umidità relativa dei fumi in ingresso al filtro a maniche.	165

COLLANA QUADERNI DI SINTESI

- n. 1 La sfida energetica: per una risposta globale – Dalla conferenza mondiale dell'energia ai problemi italiani – aprile 1975 – pp. 546 – lire 20.000
- n. 2 La sfida energetica: per una risposta globale – Tecniche e strategie per un uso razionale dell'energia – dicembre 1975 – pp. 308 – lire 10.000
- n. 3 Localizzazione ottimale degli impianti – Metodi di ricerca operativa – giugno 1976 – pp. 128 – lire 15.000
- n. 4 Impianti e comprensori per i rifiuti solidi – Il metodo "fideco" di ricerca operativa applicato alla provincia di Brescia – giugno 1976 – pp. 120 – lire 15.000
- n. 5 La nettezza urbana – luglio 1976 – pp. 283 – lire 7.000
- n. 6 Il teleriscaldamento – luglio 1976 – pp. 100 – lire 7.000
- n. 7 L'energetica – Elettricità, acqua, gas, illuminazione pubblica – settembre 1976 – pp. 166 – lire 7.000
- n. 8 I trasporti – ottobre 1976 – pp. 149 – lire 7.000
- n. 9 La facoltà medica di Brescia – Estratti delle prime tesi di laurea – dicembre 1976 – pp. 280 – lire 10.000 (esaurito)
- n. 10 Crisi energetica: per una risposta globale uno strumento locale – Alcuni rapporti della conferenza mondiale dell'energia (Istanbul 19-23 settembre 1977) ed altri contributi – luglio 1978 – pp. 430 – lire 20.000
- n. 11 Rifiuti solidi urbani – Tecniche, problemi, prospettive – Relazioni alla giornata di studio 20 maggio 1978 – novembre 1978 – pp. 205 – lire 10.000
- n. 12 Il teleriscaldamento della città di Brescia – Verifica tecnica, economica, finanziaria 1978 – dicembre 1978 – pp. 80 – lire 7.500
- n. 13 Cicli termodinamici di turbine a gas – Prospettive future – giugno 1979 – pp. 103 – lire 7.500
- n. 14 Perdite di calore nel teleriscaldamento – Studio tecnico e verifica pratica sulla rete di distribuzione della città di Brescia – giugno 1979 – pp. 252 – lire 10.000
- n. 15 Produzione combinata di elettricità e calore con motori diesel – settembre 1979 – pp. 162 – lire 10.000
- n. 16 Le risorse d'acqua del comprensorio Brescia-Valtrompia – Studio idrogeologico del bacino del fiume Mella, stima delle riserve, tutela dagli inquinamenti – febbraio 1980 – pp. 290 – 15 tav. f.t. – lire 15.000
- n. 17 Ricerca e tutela delle risorse idriche – Aspetti tecnici, sanitari e normativi – novembre 1980 – pp. 145 – lire 10.000
- n. 18 Energia, società e ambiente – Alcuni rapporti e selezioni dalla 11° Conferenza mondiale dell'energia (Monaco 8-12 settembre 1980) – marzo 1981 – pp. 344 – lire 15.000
- n. 19 Energia per la transizione – Alcuni rapporti e selezioni dalla 11° Conferenza mondiale dell'energia (Monaco 8-12 settembre 1980) – giugno 1982 – pp. 602 – lire 20.000
- n. 20 Misure di portata d'acqua in un contatore di calore – Studio teorico-pratico basato sul calcolo della correlazione tramite un sistema a microprocessori – dicembre 1982 – pp. 151 – lire 10.000
- n. 21 Lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani nella Provincia di Brescia. Aspetti tecnici e gestionali – Atti della giornata di studio 6 maggio 1983 promossa dall'associazione comuni bresciani – marzo 1984 – pp. 219 – lire 15.000
- nn. 22-23 Energia e qualità della vita – Alcuni rapporti e selezioni dalla 12° Conferenza mondiale dell'energia (Nuova Delhi 18-23 settembre 1983) – ottobre 1984 – pp. 620 – lire 50.000
- n. 24 Il teleriscaldamento della città di Brescia – Verifica economica e finanziaria 1981 – dicembre 1981 – pp. 90 – lire 10.000
- n. 25 La gestione intercomunale dei servizi. Esperienze e prospettive nel bresciano – Atti del convegno di studio – Rovato, 26 gennaio 1985 – aprile 1985 – pp. 110 – lire 10.000
- n. 26 L'attività del collegio dei revisori dei conti nelle imprese pubbliche locali – gennaio 1986 – pp. 263 – lire 15.000

- n. 27 Salvaguardia dall'inquinamento – Relazione della commissione speciale parlamentare per i problemi ecologici – V-VI legislatura (1968-75) – luglio 1987 – pp. 176 – lire 10.000
- n. 28 Centrali nucleari e protezione dell'ambiente – Indagine conoscitiva del Senato della Repubblica – VII legislatura (1975-79) – luglio 1987 – pp. 142 – lire 10.000
- n. 29 La localizzazione dei siti e l'impatto ambientale Atti del convegno 10 ottobre 1987 promosso da Aib e Asm – gennaio 1988 – pp. 112 – lire 10.000
- n. 30 Il metrobus per la città degli anni novanta – Atti del convegno 9 maggio 1988 – luglio 1988 – pp. 130 – lire 15.000
- n. 31 I compiti e le responsabilità dei Comuni alla luce della nuova normativa statale e regionale – Atti del convegno 14 marzo 1988 promosso dall'Assessorato all'ecologia della Provincia di Brescia e dall'Associazione Comuni Bresciani – settembre 1988 – pp. 151 – lire 15.000
- n. 32 Energia per il 2000 – Le proposte dell'Asm – gennaio 1989 – pp. 178 – lire 20.000
- n. 33 Analisi della produttività nella pubblica amministrazione – settembre 1989 – pp. 265 – lire 20.000
- n. 34 Brescia città sicura – ottobre 1990 – pp. 274 – lire 20.000
- n. 35 Energia domani – Scenari e proposte per il XXI secolo in alcuni contributi della XIV conferenza mondiale dell'energia (Montreal, 17-22 settembre 1989) – novembre 1990 – pp. 479 – lire 30.000
- n. 36 La qualità totale nei servizi – Atti del convegno promosso da Asm e Aib – Brescia 30 maggio 1990 novembre 1990 – pp. 108 – lire 10.000
- n. 37 Il sistema di pianificazione e controllo in Asm – marzo 1991 – pp. 113 – lire 10.000
- n. 38 L'auto nel cassetto. Tecnologie e nuova cultura urbanistica per migliorare subito la qualità della vita delle città storiche – Atti dell'incontro di studio promosso dal Comune di Brescia e dall'Asm su ambiente, mobilità e sosta nel centro storico di Brescia – maggio 1991 – pp. 116 – lire 10.000
- n. 39 L'industria idroelettrica a Brescia tra impresa privata e ente pubblico – giugno 1991 – pp. 251 – lire 10.000
- n. 40 Un caso di efficienza pubblica: l'azienda municipalizzata di Brescia – novembre 1991 – pp. 182 – lire 15.000
- n. 41 Eidomatica e informazione – Progetto di un pannello a messaggio variabile per il controllo della mobilità urbana – luglio 1992 – pp. 412 – lire 20.000
- nn. 42-43 Ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee delle aree montuose – Atti del convegno promosso dall'ASM e dalla Fondazione Bresciana per la Ricerca Scientifica – luglio 1992 – 2 voll. pp. 744 – lire 60.000
- n. 44 Il teleriscaldamento della città di Brescia – Verifica tecnica, economica, finanziaria 1993 – dicembre 1993 – pp. 116 – lire 15.000
- n. 45 Il gasometro di Brescia come reperto di archeologia industriale – La storia negli archivi, un archivio nella storia – febbraio 1994 – pp. 205 – lire 40.000
- n. 46 Simulazioni numeriche per flussi di miscele acqua-carbone – marzo 1994 – pp. 132 – lire 10.000
- n. 47 Le politiche di mercato nel sistema del gas naturale in Italia – ottobre 1994 – pp. 192 – lire 15.000
- n. 48 XXVII Congresso Unichal – Le relazioni generali e una selezione dei rapporti individuali – Stoccolma, 12-14 giugno 1995 – dicembre 1996 – pp. 380 – lire 50.000
- n. 49 Influenza della raccolta differenziata sulla termoutilizzazione dei rifiuti solidi urbani. Il caso di Brescia – dicembre 1996 – pp. 150 – lire 15.000
- n. 50 Il moto idraulico in una rete fognaria strumentata – Analisi sperimentale e studio con modello matematico – febbraio 1997 – pp. 128 – lire 15.000
- n. 51 I binari promiscui – Nascita e sviluppo del sistema tramviario extraurbano in provincia di Brescia (1875 - 1930) – novembre 1997 – pp. 297 – lire 20.000
- n. 52 La nuova dimensione della città – Un progetto di area vasta per il territorio bresciano – marzo 1998 – pp. 176 – lire 20.000
- n. 53 Il gas combustibile nei servizi pubblici – maggio 1999 – pp. 64 – lire 15.000
- n. 54 Rifiuti, energia, ambiente – Il Termoutilizzatore di Brescia – marzo 2000 – pp. 80 – lire 15.000
- n. 55 Strade urbane in Europa: interventi a favore della sicurezza nei centri urbani residenziali – aprile 2000 – pp. 186 – lire 15.000