

PROVINCIA DI FIRENZE
Direzione Protezione Risanamento
e Tutela dell'Area Ambientale

RELAZIONE TECNICA REDATTA AI SENSI DEL D.LGS. 152/06
PER IMPIANTO NUOVO

IMPIANTO DI CREMAZIONE SALME COMPLETO DI
SEZIONE DI DEPURAZIONE FUMI
DA INSTALLARSI NEL COMUNE DI FIRENZE
PRESSO IL CIMITERO DI TRESPIANO

PROGETTO IMPIANTI PER LA CREMAZIONE SALME

G.E.M. Matthews International S.r.l.

Via Zanussi, 315 – Z.I.U. 33100 UDINE – I

Tel. 0432/524374-524103 Fax 0432/529977

gem@geminc.it; www.geminc.it

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	5
1.1	Generalità.	5
1.2	Qualità dei prodotti avviati alla combustione.	5
1.3	Portate dei fumi.	5
1.4	Qualità dei fumi.....	6
1.5	Tipologia dei processi.....	6
1.6	Confronti internazionali.....	7
1.7	Conclusioni.....	9
2	DATI RELATIVI AL COSTRUTTORE DELL'IMPIANTO.....	9
3	TIPOLOGIA DI INTERVENTO.....	10
4	GENERALITÀ.....	10
4.1	Oggetto della fornitura.	10
4.2	Tipologia di cofani.	11
4.3	Contenuto di Cloro.	11
4.4	Dati tecnici relativi alle condizioni della camera di post combustione.....	11
4.5	Resistenza dei refrattari.....	12
4.6	Emissioni diffuse tecnicamente convogliabili.	12
4.7	Sistemi di raccolta e movimentazione delle ceneri volatili.	12
5	I FORNI CREMATORI.....	13
5.1	Caratteristiche generali.....	13
5.2	Descrizione del processo di cremazione	14
5.3	Sicurezza ed igiene.....	17
5.4	Analisi chimica degli elementi di cremazione.	18
5.5	Durata del processo di cremazione e consumi specifici.....	18
6	E1 – EMISSIONI ED IMPIANTI DI ABBATTIMENTO DEL FORNO CREMATORIO.....	18
6.1	Emissioni.	18
6.2	Prestazioni da garantire.....	19
6.3	Controllo delle emissioni.	19
6.4	Metodologia analitica e modalità di controllo.....	20
6.5	Postazione fissa di campionamento.....	20

6.6	Impianto di trattamento dei fumi.	20
6.7	Messa in esercizio ed a regime.	21
7	ALTRI IMPATTI AMBIENTALI.	21
7.1	Rifiuti.	21
7.2	Scarichi liquidi.	21
7.3	Rumore ed altri.	21
7.4	Interrelazioni con l'ambiente.	21
8	COMPONENTI DELL'IMPIANTO.	23
8.1	Dispositivo montaferetri.	23
8.2	Crematore.	24
8.2.1	Caratteristiche generali.	24
8.2.2	Camera di cremazione.	25
8.2.3	Suola della camera di cremazione.	26
8.2.4	Apertura di caricamento.	27
8.2.5	Camera di post-combustione.	27
8.2.6	Bruciatori.	29
8.2.7	Sezione di ventilazione.	30
8.3	Sezione di recupero termico.	31
8.3.1	Scambiatore di calore fumi/acqua calda.	31
8.3.2	Unità di raffreddamento.	31
8.3.3	Impianto idraulico.	32
8.4	Sezione di trattamento fumi.	32
8.4.1	Caratteristiche generali.	32
8.4.2	Sistema di iniezione reagente.	32
8.4.3	Filtro a maniche.	34
8.4.3.1	Caratteristiche tecniche indicative filtro a maniche.	34
8.4.3.2	Sistemi a presidio del filtro a maniche in caso di malfunzionamenti e guasti.	35
8.4.3.3	Compressori.	35
8.5	Aspirazione fumi.	36
8.6	Camino.	36
8.6.1	Caratteristiche indicative camino.	36
8.6.2	Aspetti dimensionali.	37
8.7	Sistema di controllo, comando, rilevazione.	37
8.7.1	Caratteristiche generali.	37
8.7.2	Quadro elettrico generale di comando e controllo.	39

8.7.3	Strumentazione di rilevazione e registrazione continua di O ₂ e temperatura in camera di post-combustione.	40
8.7.4	Quadri elettrici locali di comando e controllo.....	40
8.7.5	Sistema di supervisione completo di hardware, software e database	40
8.8	Manutenzione degli impianti di cremazione.	41
8.8.1	Generalità.....	41
8.8.2	Criteri di manutenzione.....	42
8.8.3	Operazioni di manutenzione.	42
8.8.4	Operazioni periodiche di pulizia e grassaggio.....	45
8.8.5	Manutenzione programmata.....	47
8.8.5.1	Manutenzione programmata ordinaria.	47
8.8.5.2	Manutenzione programmata straordinaria.....	48
9	ANALISI DEI RISCHI E MANUTENZIONE IMPIANTI DI FILTRAZIONE.	49
9.1	Analisi dei rischi.	49
9.2	Scarico condensa dal polmone aria lavaggio maniche.....	50
9.3	Controllo e lavaggio a vuoto delle maniche.....	50
9.4	Controllo, pulizia e sostituzione delle maniche filtranti.....	50
9.5	Revisione membrana delle elettrovalvole.	53
9.6	Controlli e lubrificazioni.	53
10	CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO.	53
10.1	Calcolo del dimensionamento della camera di post-combustione.....	53
10.1.1	Premessa.....	53
10.1.2	Volume dei fumi prodotti dalla cremazione del feretro.	54
10.1.3	Volume dei fumi prodotti dai bruciatori.	55
10.1.4	Volume dell'aria di arricchimento.....	55
10.1.5	Volume totale di gas.	55
10.1.6	Dimensionamento della camera di post-combustione.....	56
10.2	Dimensionamento della sezione di ingresso della camera di post-combustione.	56
10.3	Calcolo del dimensionamento della superficie filtrante.	56
10.4	Dimensionamento del camino.	57

1 INTRODUZIONE.

1.1 Generalità.

Alcune provincie, relativamente ai limiti di emissione, propongono limiti di emissione assai gravosi poiché prendono a riferimento i limiti di emissione previsti per gli **impianti di incenerimento dei rifiuti** che ben si discostano dalla tipologia impiantistica dei forni crematori e si ispirano alla Direttiva Comunitaria 2000/76/CE e successive modifiche ed integrazioni.

Cercheremo, nel seguito, di evidenziare alcune fra le differenze sostanziali tra incenerimento rifiuti e cremazione salme.

1.2 Qualità dei prodotti avviati alla combustione.

La qualità dei prodotti avviati alla combustione nei due processi non è paragonabile. Nel caso dell'incenerimento rifiuti urbani tal quali, il Progettista deve considerare una qualità del combustibile che è estremamente variabile, non omogenea e con contenuti d'inquinanti assolutamente ignoti. Come tale il sistema deve prevedere soluzioni tecniche estremamente cautelative per l'ambiente circostante.

Nel caso della cremazione invece il "prodotto" avviato alla combustione è noto e sostanzialmente costante in un ambito di variabilità definibile.

La natura dei possibili inquinanti presenti durante il processo di cremazione è indipendente dal corpo umano e pertanto potenzialmente controllabile ed eliminabile.

Ad esempio possono essere utilizzati differenti tipi di vernici (ad esempio vernici ad acqua piuttosto che vernici a base poliestere), così come differenti tipi di rivestimenti interni delle casse (in fibre sintetiche o in fibre naturali) o ancora i tipi di legni utilizzati (legni teneri e facilmente combustibili come l'abete piuttosto che legni aventi un buon grado di resistenza alla fiamma come il frassino) possono variare.

1.3 Portate dei fumi.

La portata massima dei gas di combustione per una cremazione è molto limitata (circa $1.000 \div 1.500 \text{ Nm}^3/\text{h}$) e pertanto assolutamente non paragonabile a quella prodotta dalla combustione dei rifiuti in un impianto di incenerimento.

Si può, perciò, affermare che le sostanze potenzialmente inquinanti prodotte da un ciclo di cremazione sono facilmente individuabili ed eliminabili.

Tali sostanze, data l'esiguità delle portate in gioco, rappresentano dei valori trascurabili e comunque non tali da richiedere l'installazione di costose strumentazioni di analisi fumi al camino.

Si rileva, inoltre, che la portata dei gas di scarico di un impianto di incenerimento di rifiuti di piccola taglia (incenerimento di 70 ton/g con produzione elettrica di 2 MW) è pari a circa **$50.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$** .

La potenzialità termica necessaria ad un impianto di cremazione è pari a circa **$550 \div 650 \text{ kW}$** che equivalgono alla potenzialità della caldaia di uno stabile di $40 \div 50$ appartamenti in una località del Nord Italia.

Si desidera inoltre evidenziare che, secondo la normativa vigente, gli impianti termici di potenzialità inferiore a 3 MW se funzionanti a metano ed a 1 MW se funzionanti a gasolio, non sono soggetti ad alcuna autorizzazione preventiva.

1.4 Qualità dei fumi.

In base all'esperienza dei forni crematori a tutt'oggi installati si ritiene che **il processo di cremazione abbia dei parametri caratteristici che solo in parte sono assimilabili a quello di altri processi di combustione o incenerimento.**

Per esempio il contenuto di monossido di carbonio è determinato essenzialmente dai processi termochimici d'ossidazione: la combustione condotta in presenza di Ossigeno, almeno in quantità stechiometrica, comporta la formazione finale solo di CO₂ e H₂O.

Il monossido di carbonio emesso durante la combustione incompleta ovviamente diminuisce all'aumentare della quantità di Ossigeno.

Il controllo del CO, in impianti a "batch", presenta dei problemi tecnici che devono essere affrontati con un corretto dimensionamento dell'impianto; un "disturbo" alle condizioni di normale funzionamento dell'impianto può determinare incrementi del contenuto di CO con valori di punta che generalmente hanno durata limitatissima (alcuni secondi) e che a volte sono connaturati con il processo di combustione.

Rileviamo inoltre che, dal punto di vista qualitativo, a livello di controllo delle emissioni, dovrebbe essere richiesta un'analisi che individui gli **inquinanti tipici del processo di cremazione** senza ricercare parametri che hanno un apporto del tutto insignificante nelle emissioni di questo tipo di impianti. Tra questi oltre ai parametri di combustione (CO e COT) rileviamo il mercurio (Hg) che può essere presente nelle amalgame dentarie, il cui uso nel nostro Paese è comunque piuttosto limitato rispetto a quanto avviene nei paesi Nord Europei.

Inoltre si può dire che le diossine e i furani possono essere presenti nei gas combusti sia sotto forma gassosa sia sotto forma di polveri volatili. Lo stato gassoso dipende direttamente dal contenuto di Ossigeno delle polveri volatili e quindi dalla qualità del processo di post-combustione termica adottato.

Tendenzialmente la percentuale di PCDD/F legati in particelle aumenta con il crescere del contenuto di Ossigeno nelle ceneri volatili. Pertanto, mantenendo un contenuto di Ossigeno superiore al 6% in camera di post-combustione, si possono raggiungere (con un filtro a tessuto unito ad un sistema di assorbimento con reagente), ottimi valori di separazione delle diossine in conformità con i più recenti orientamenti normativi.

1.5 Tipologia dei processi.

Il processo d'incenerimento dei rifiuti, (organici o urbani che siano) **è un processo continuo e costante; gli impianti di incenerimento dei rifiuti lavorano a regime circa 8.000 ore all'anno** con il compito primario di "bruciare" a "regime costante" i rifiuti.

Pertanto in un processo termochimico così fortemente delineato da un solo regime di funzionamento, ha senso l'imposizione di limiti d'emissione quali quelli previsti dalla Direttiva Comunitaria 2000/76/CE e successive modifiche ed integrazioni.

Il processo di cremazione, per sua natura, è un processo ciclico e discontinuo cosiddetto a "batch" di durata limitata (circa 80÷90 minuti escludendo la fase di pre-riscaldamento e spegnimento dell'impianto) in cui sono identificabili delle fasi del processo che così riassumiamo:

1. Fase di pre-riscaldamento del crematore con il solo apporto di combustibile (ad esempio metano);
2. Introdotto il feretro in camera di cremazione si ha una breve e violenta combustione causata dalla volatilizzazione della vernice costituente il rivestimento esterno della cassa, tale fase ha una durata tipicamente di circa 1 minuto;
3. Una fase di combustione della cassa della durata di circa 15÷20 minuti;
4. Dopo che la cassa si è aperta avviene la cremazione del corpo della durata di circa 40 minuti;

5. Quindi si ha la fase di calcificazione dei resti ossei della durata di circa 20÷25 minuti;
6. La fase finale è quella di raccolta delle ceneri della durata di circa 2÷5 minuti;
7. Concludono il ciclo giornaliero la fase di raffreddamento e spegnimento dell'impianto.

In considerazione della natura discontinua del processo di cremazione, l'analisi completa delle emissioni viene condotta durante lo svolgimento delle fasi dal punto 3 al punto 5 sopra indicato, iniziando il campionamento almeno due minuti dopo che la cassa è stata introdotta nel forno e arrestandolo prima della fase di raccolta delle ceneri, in modo da evitare che la turbolenza causata dall'apertura del portello di introduzione feretri e del portello di raccolta ceneri possa influenzare il risultato analitico.

Il limite temporale, come periodo di riferimento per l'effettuazione delle analisi, deve seguire le indicazioni riportate nel manuale UNICHIM 158/88 per impianti a funzionamento ciclico a marcia discontinua e portata variabile.

1.6 Confronti internazionali.

A livello europeo esistono profonde differenze tra i singoli paesi nell'approccio alla cremazione; ciò è sostanzialmente dovuto al fatto che la cremazione è un rito che presenta caratteristiche e modalità diverse da paese a paese; tali diversità influenzano in modo significativo anche le diverse tipologie di impianti adottati ed installati nei vari paesi sia in termini qualitativi che quantitativi. Abbiamo pertanto cercato di porci l'obiettivo di raccogliere e valutare le singole normative nazionali sulle emissioni in atmosfera per analizzare come ciascuna normativa nazionale si pone rispetto allo sviluppo della cremazione ed al suo impatto in termini ambientali. Tale analisi non può prescindere dalla consapevolezza che le norme tecniche in materia ambientale incidono in modo diretto sullo sviluppo della cremazione in quanto determinano il livello tecnologico dell'impianto di cremazione e quindi il suo livello di costo; risulta evidente che il livello di costo dell'impianto di cremazione va ad incidere sulla capacità di spesa dell'utente (nel ns. Paese prevalentemente di tipo Pubblico), sul ritorno dell'investimento e su tutti gli altri parametri economici che normalmente vengono presi in considerazione in una valutazione economico-finanziaria.

Secondo fonti ICF (International Cremation Federation) in Europa Occidentale nel 2005 sono funzionanti circa 1800 crematori che occupano circa 10.000 persone. Un singolo crematorio, usato in modo intensivo per cinque cremazioni il giorno per cinque giorni a settimana tratta mediamente circa 1.200 cremazioni/anno. La media nazionale italiana per quanto riguarda la cremazione è inferiore al 10% nel 2005 con circa 40 impianti funzionanti sul territorio nazionale; la media europea di cremazione è del 36%. Riportiamo di seguito i limiti di emissione dei principali paesi europei; in particolare rileviamo che in **Francia** esistono circa 140 impianti con una percentuale di cremazione sulla mortalità di circa il 30% (Fonte Sefit), in **Spagna** sono installati circa 140 impianti con una percentuale di cremazione di circa il 25%, in **Germania** sono operativi circa 120 crematori e la percentuale di cremazione è del 45% (Fonte Sefit).

Nel **Regno Unito** gli impianti funzionanti sono circa 230, con una percentuale di cremazione sulla mortalità di circa il 72% (Fonte Sefit). In **Svezia** (Fonte Sefit) esistono circa 70 crematori con una percentuale di cremazione di circa il 70%. La normativa sulle emissioni distingue due livelli di impianti; con più di 700 cremazioni/anno il livello di polveri richiesto è di 20 mg/Nm³, negli altri casi viene accettato un valore di 150 mg/Nm³; viene richiesta l'adozione di un sistema specifico per l'abbattimento del mercurio.

In **Danimarca** esistono 32 crematori con una percentuale di cremazione di circa il 73% pari a circa 40.000 cremazioni/ anno; anche in questo Paese viene richiesta l'adozione di sistemi specifici per l'abbattimento del mercurio. Da un'indagine condotta nel periodo 1998-1999 risulta che l'apporto percentuale degli impianti di cremazione alla formazione di diossine, tra tutte le attività presenti sul territorio danese, rappresenta circa lo 0,1%. In **Belgio** esistono 15 crematori con una percentuale di cremazione di circa il 37%; in **Olanda** esistono circa 60 crematori con una percentuale di cremazione vicina al 50%.

TAB. n.1 Limiti di emissioni da impianti di cremazione a confronto nei principali Paesi europei.

	ITALY	UK	GERMANY 27 B.Im.Sch.V	NORWAY > 200yr	SWEDEN	DENMARK	FRANCE Arrêté du 29 déc-04	BELGIUM Vlaam II	NETHERLAND S.NeR*	AUSTRIA	SWITZERLAND (Locarno) 2001	CZECH REP
mg/Nm ³	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry	11% O ₂ dry
Dust	30	20	10	20	10	80	100	30	50	100	50	125
Mercury : Hg	0	0,05	0	0,05	0,08 < 100 mg/cr	0	0	0,2	0,2	0,1	0,2	0
Dioxins (ng/m ³) : PCDD/F	0	0,1	0,1	-	500/1 min	0	0	0,1	0	0,1	0	0
Carbon Monoxide : CO	100	100	50	150	100	50	100	100	62,5	100	50	250
Hydrocarbons : CxHy	20	20	20	-	0	0	20	150	20	20	20	75
Oxides of Nitrogen : NOx	0	0	0	0	900g/cr	0	700	400	0	0	250	875
Hydrogen Chloride : HCl	0	30	40	0	0	0	200	30	0	30	30	75
Oxides of Sulphur : SOx	0	0	0	0	0	0	200	300	0	0	0	0

Teniamo a ribadire che specifici standard di emissione per i crematori debbano essere stabiliti tenendo conto del fatto che la cremazione non è un processo di trattamento rifiuti.

Vengono riportati al riguardo i limiti accettati e condivisi dal E.C.N. (*European Crematoria Network*) e dal C.C.W.C. (*Cemetery and Cremation Working Committee*) della E.F.F.S. (*European Federation of Funeral Services*), ritenuti raggiungibili dalle moderne tecnologie adottate dai principali costruttori europei del settore a costi accettabili per impianti di media dimensione che svolgono mediamente circa 1.000 cremazioni all'anno.

TAB. N. 2 Limiti di emissioni per impianti di cremazioni concordati E.C.N. (anno 2007)

ECN (EUROPEAN CREMATION NETWORK)		
STANDARDS (*)		
POLVERI	[mg/Nm ³]	10
NO ₂	[mg/Nm ³]	400
SO ₂	[mg/Nm ³]	50
CO	[mg/Nm ³]	50
HCl	[mg/Nm ³]	30
Hg	[mg/Nm ³]	0,2
PCDD/F	[ng/Nm ³]	0,1
* riferite all' 11% O ₂ in volume, condizioni normali (273 K, 101.3 kPa, gas secco)		

1.7 Conclusioni.

Per tutti i motivi sopra elencati e soprattutto in considerazione della continuità con le precedenti richieste della Provincia di Firenze, chiediamo alle spettabili:

Provincia di Firenze;

Comune di Firenze;

ARPA di Firenze;

ASL di Firenze;

di adottare come limiti alle emissioni dei forni crematori da installare nel Comune di Firenze presso il Cimitero di Trespiano, quelli riportati al paragrafo precedente in tabella n.2.

2 DATI RELATIVI AL COSTRUTTORE DELL'IMPIANTO.

La ditta G.E.M. Matthews International S.r.l. di Udine, di seguito indicata per brevità "GEM", progetta, realizza, installa e gestisce impianti di combustione e termoutilizzo rifiuti, nonché impianti di cremazione, con soluzioni tecniche coperte da brevetto internazionale.

La tipologia produttiva GEM comprende forni statici, a griglia e a tamburo rotante in grado di trattare rifiuti ospedalieri, cimiteriali, di macellazione, industriali e biomasse legnose e/o di origine agricola.

La tecnologia adottata per la cremazione è di proprietà della ditta GEM di Udine, già realizzatrice di altri impianti di cremazione tra cui quelli realizzati presso: il Cimitero S. Vito di Udine; il cimitero dell'isola di S. Michele di Venezia; il cimitero Maggiore di Padova; il cimitero Oltresarco di Bolzano con due linee; il cimitero di Marghera (VE); il cimitero di Spinea (VE) con due linee; il cimitero di Brescia con due linee; il Cimitero di Como con due linee; il cimitero di Lambrate (MI) con tre linee; i cimiteri di Bra (CN), Mantova, Ferrara, Pistoia, Sassari, Pavia, Frosinone e Cava dei Tirreni, Busto Arsizio in fase di installazione, oltre agli interventi di adeguamento normativo realizzati sugli impianti di cremazione di Torino, Bologna, Genova e Mantova, nei quali è stata adottata una analoga modalità di intervento compatibile con le azioni di recupero architettonico previste.

La posizione occupata dall'edificio che ospiterà i forni crematori è riportata nell'allegata Tavola 1 in scala 1:100.

La configurazione dell'edificio è tale da prevedere un ampio vano attraverso il quale è possibile inserire i macchinari o eventualmente rimuoverli nel caso debbano essere sostituiti.

La zona di cui trattasi è costituita dalle seguenti aree:

- una zona tecnologica in cui saranno disposti i forni crematori completi della sezione di depolverazione fumi a secco, il sistema di caricamento feretri, gli attrezzi di governo, l'unità di trattamento ceneri; questa zona sarà delimitata a norme REI e dotata di una adeguata coibentazione;
- una zona di servizio adibita a locale compressori e alla zona magazzino;
- una zona riservata alle celle frigo;
- una zona riservata a magazzino urne;
- vani tecnici.

Quello che sarà riportato nel seguito della presente relazione (specificazione delle tipologie antinquinamento adottate, descrizione del progetto, analisi e quantità di emissioni) è quanto previsto dal progetto esecutivo.

La presente relazione tecnica illustra la tecnologia adottata, le soluzioni relative alla minimizzazione dell'impatto ambientale ed è volta all'ottenimento dell'Autorizzazione all'installazione degli impianti da parte della Provincia di Firenze.

3 TIPOLOGIA DI INTERVENTO.

L'intervento prevede l'installazione di due nuovi forni GEM installati in locali di nuova costruzione.

L'intervento, nella sua generalità, risulta conforme a quanto stabilito dalla normativa vigente rispondente alle Linee Guida per la Installazione di Crematori in Italia, redatte dalla Sefit - Federutility nell'ottobre 2007

4 GENERALITÀ.

4.1 Oggetto della fornitura.

Presso il Cimitero di Trespiano è prevista l'installazione di due forni crematori tipo GEM CRM/6R connessi a una singola linea di depurazione fumi completa di sistema di iniezione reagente. La fornitura si compone di:

- **N° 01 caricatore a spintore** a servizio di entrambi i forni crematori per l'introduzione automatica del feretro in camera di cremazione;
- **N° 02 forni di cremazione CRM/6R** completi di camera di cremazione e camera di post combustione, dotati di relativi bruciatori e ventilatori;
- **N° 01 condotto refrattariato** di collegamento tra i forni crematori e il recuperatore termico;
- **N° 01 recuperatore termico** del tipo a tubi di fumo per il raffreddamento dei fumi fino alla temperatura compatibile con il sistema di deacidificazione e depolverazione fumi; completo di sistema di pulizia automatico del fascio tubiero;
- **N° 01 circuito idraulico** di asservimento al recuperatore termico, completo di pompe di circolazione, valvole di intercettazione, strumentazione secondo la normativa vigente, dissipatore di calore e scambiatore a piastre per recupero del calore;
- **N° 01 sistema di deacidificazione fumi** costituito da microdosatore reagenti e torre di reazione;
- **N° 01 filtro a maniche** per la captazione delle polveri derivanti dal processo di cremazione nonché dei prodotti della neutralizzazione dei fumi; filtro a maniche fornito completo di tubazioni di by-pass e relative serrande di intercettazione;
- **N° 01 aspiratore fumi** per il mantenimento in costante depressione di entrambi gli impianti di cremazione e della linea di trattamento fumi;
- **Tubazioni coibentate** di collegamento tra tutte le attrezzature fornite;
- **Camino di processo** con prese per analisi fumi,
- **Quadro elettrico** di gestione e controllo del processo;
- **N° 01 sistema di supervisione completo di hardware, software e database;**
- **N° 01 strumentazione di controllo combustione con sonda ossigeno all'ossido di zirconio e sonde di temperatura per il rilievo in ciascuna camera di cremazione ed in ciascuna camera di postcombustione;**

- **N° 01 strumentazione di monitoraggio continuo delle emissioni per il controllo, nell’effluente gassoso al camino, di polveri, contenuto ossigeno e temperatura**
- **Impianto di polverizzazione ceneri tipo GEM PLC/2;**

4.2 Tipologia di cofani.

Sono ammessi alla cremazione tutti i tipi di cofani, inclusi quelli con rivestimento interno in zinco ed esclusi quelli costruiti in materie termoplastiche ed in fibra di vetro.

4.3 Contenuto di Cloro.

Il contenuto in Cloro non compare nella tabella relativa all’analisi chimica degli elementi di cremazione perché il contenuto di tale elemento è considerato marginale nel bilancio complessivo poiché valutabile inferiore a 0,01% sul peso complessivo.

4.4 Dati tecnici relativi alle condizioni della camera di post combustione.

La temperatura di post-combustione minima garantita durante tutte le fasi della cremazione è di 850°C; operativamente la temperatura varia tra 850 e 1.000°C ed è comunque inferiore alla temperatura limite sostenibile dai refrattari (1.500°C).

Il processo di cremazione controllato da PLC dà luogo ad una “combustione controllata” attraverso il controllo dell’erogazione di Ossigeno ed il controllo della temperatura.

La camera secondaria o di post-combustione è dimensionata per garantire il rispetto delle cosiddette 3 T – TEMPO – TEMPERATURA – TURBOLENZA.

- **Tempo:** la norma vigente stabilisce che la zona di combustione secondaria debba garantire un tempo di permanenza del gas superiore a 2 secondi. La zona di combustione secondaria è definita come volume nel quale i requisiti minimi di contenuto di ossigeno e temperatura sono soddisfatti. La camera secondaria è progettata per garantire un volume tale da assicurare il rispetto del tempo di permanenza richiesto.
- **Temperatura:** la temperatura nella zona secondaria deve essere mantenuta al minimo a 850°C per tutto il tempo durante il quale il materiale combustibile è presente nella camera di combustione principale. Il bruciatore della camera secondaria è controllato per garantire che la temperatura minima di 850°C sia raggiunta in qualunque momento del processo. La temperatura di esercizio viene misurata alla parete nell’ultimo quarto della camera.
- **Turbolenza:** per consentire un’ottima turbolenza, l’impianto di cremazione è provvisto di percorsi complessi con frequenti cambi di direzione dei gas, abbinati a velocità ragionevoli che consentano un’ottimizzazione delle miscele. Tra tutti i sistemi di controllo della combustione di un forno crematorio, quello che va maggiormente seguito è il sistema di controllo dell’ossigeno. Una sonda all’ossido di Zirconio, posizionata nella camera di post-combustione, misura la quantità di ossigeno libero nei fumi e, tramite un processo di regolazione gestito da PLC, provvede a regolare la portata d’aria in maniera da assicurare, nelle condizioni di esercizio previste, i limiti prescritti dalla legislazione vigente (minimo Ossigeno libero 6%). Questo valore di Ossigeno nei fumi evita combustioni incomplete e possibili emissioni di monossido di carbonio al camino. I parametri controllati (O₂ e temperatura) sono rilevati e regolati in continuo, memorizzati e collegati ad un sistema di allarme.

4.5 Resistenza dei refrattari.

Il materiale refrattario è in grado di resistere fino ad una temperatura di 1.200°C in esercizio continuo e sopporta temperatura fino a 1.500 °C per intervalli di tempo di oltre 30 minuti, senza presentare fenomeni di usura e di rottura.

La suola della camera di cremazione è costruita in materiale refrattario silico alluminoso, avente alta resistenza alla corrosione, all'abrasione e alla temperatura (oltre 1.720 °C).

4.6 Emissioni diffuse tecnicamente convogliabili.

Dal forno al polverizzatore vi è un passaggio diretto del cassetto di raccolta ceneri senza alcun tipo di travaso. La quantità di ceneri di cremazione varia mediamente da 3 a 5 litri; il trattamento di polverizzazione, oltre a ridurre il volume delle ceneri, ha la funzione di eliminare, automaticamente o manualmente attraverso sistemi a magnete, chiodi ed altri elementi metallici dalle ceneri di cremazione rendendole di fatto omogenee, prive di corpi estranei e pronte per un'eventuale dispersione.

La zona di scarico ceneri, posta posteriormente al forno, è provvista di una tramoggia di scarico con serranda intermedia di intercettazione; in questa zona sono previsti alcuni ugelli di raffreddamento ad aria forzata. Dopo alcuni minuti in cui le ceneri sono rimaste in questa zona, l'operatore provvede ad aprire la serranda intermedia per consentire il convogliamento delle ceneri nel cassetto di raccolta; tale zona è interna alla struttura del forno ed è mantenuta in depressione; l'operatore, dotato degli opportuni dispositivi di protezione individuale, provvede quindi a prelevare l'urna di raccolta posizionandola su un apposito carrello per il successivo avvio al trattamento di polverizzazione ceneri.

Il polverizzatore delle ceneri ha funzionamento automatico con introduzione dall'alto del cassetto cinerario estratto dal forno; il sistema fa sì che vengano evitati sversamenti e manipolazioni di ogni tipo, realizzando il **passaggio diretto delle ceneri polverizzate all'urna di raccolta** finale mediante un sistema di polverizzazione tenuto in depressione.

Sono quindi **garantite condizioni di igiene e pulizia per l'operatore oltre all'assenza assoluta di ogni tipo di emissione**, grazie ad un apposito filtro che trattiene le polveri che si possono liberare nel processo.

Il polverizzatore è costituito da due armadi separati costruiti in acciaio con rivestimento interno fonoassorbente: un armadio contiene l'unità di macinazione; l'altro armadio, affiancato al primo, contiene l'aspiratore polveri, il filtro ed il quadro elettrico.

L'aspiratore polveri mantiene in depressione l'intera unità di macinazione impedendo la dispersione di polvere nell'ambiente.

Per consentire agli addetti di operare in condizioni di igiene e pulizia è prevista la fornitura di un banco aspirante dove vengono svolte le operazioni di chiusura e stagnatura delle urne o di eventuale riempimento di urne di dimensioni particolari.

Il banco di lavoro è provvisto di sistema di aspirazione e filtro.

4.7 Sistemi di raccolta e movimentazione delle ceneri volatili.

Dal sistema di raffreddamento fumi l'eventuale accumulo di ceneri volatili (fly ashes) viene rimosso mediante potenti getti d'aria compressa alla fine di ogni giornata.

Questa operazione avviene ad aspiratore attivato, in modo da mantenere tutta la linea in depressione in modo tale che le suddette ceneri giungano fino al filtro (dove vengono intercettate).

Dalla torre di reazione e dal filtro a maniche le polveri cadono in tramogge di raccolta e vengono convogliate in bidoni a tenuta della capacità di circa 40 litri cadauno (1 per la torre di reazione e 2 per il filtro a maniche).

Lo scarico dei bidoni (del tipo a perdere) avviene durante la fermata dell'impianto.

Essi vengono chiusi ermeticamente e avviati allo smaltimento senza ulteriori manipolazioni da parte degli operatori.

5 I FORNI CREMATORI

5.1 Caratteristiche generali

Il forno di cremazione salme "**GEM CRM/6R**", ultima evoluzione delle esperienze e tecnologie GEM, consente di conseguire un notevole risparmio energetico, in virtù delle scelte tecnologiche adottate, rispetto agli impianti di tipo tradizionale. Nel campo della cremazione GEM ha sviluppato un prodotto specifico di avanzata concezione tecnologica ed altamente automatizzato, realizzato in totale conformità alle prescrizioni di legge nazionali ed europee.

Il forno crematorio tipo "**GEM CRM/6R**", è del tipo **"DOUBLE END" statico a suola calda con processo termodistruttivo bistadio**.

Nella struttura del forno estremamente compatta sono incorporate la camera di cremazione e la camera di post-combustione, dove i fumi vengono trattati termicamente nel rispetto dei parametri di legge.

I principali vantaggi economici e pratici che derivano dalle soluzioni tecnologiche adottate sono così sintetizzabili:

1. **Operazioni manuali limitate** in quanto il processo termico è completamente automatizzato e gestito da PLC.
2. **Consumi di energia** primaria estremamente contenuti grazie alla particolare configurazione della camera di cremazione ed alla qualità del rivestimento refrattario, che consente un rapido ed uniforme svolgimento del processo di cremazione.
3. **Emissioni in atmosfera** contenute entro i limiti ammessi dalla vigente legislazione ed in particolare dai limiti imposti dalle Autorità locali.
4. **Garanzia di decoro nel corso dell'intero processo di cremazione e massima sicurezza di igiene** in tutte le fasi di cremazione (dalla introduzione della salma al prelievo delle ceneri).
5. **Elevata potenzialità di cremazione** che consente la cremazione, ad impianto avviato e preriscaldato, di una salma in circa 70÷80 minuti, rendendo altresì possibile effettuare 6 o più cremazioni nello spazio temporale di una giornata; questo spazio di tempo contempla tutte le fasi che caratterizzano il ciclo lavorativo del forno (preriscaldamento, raccolta delle ceneri, introduzione della salma, cremazione, tempi intermedi). L'impianto CRM/6R può inoltre operare in continuo 24/24 ore senza necessità di fermate.
6. **Minima manutenzione** grazie alla massima affidabilità di tutti i componenti costituenti l'impianto di cremazione.
7. **Elevata temperatura di cremazione** che assicura la totale assenza di odori sgradevoli e nauseabondi.
8. **Assoluta assenza** di materia organica nelle ceneri, in virtù dell'elevata temperatura di processo.
9. **Silenziosità** di funzionamento durante tutto il processo di cremazione grazie alla insonorizzazione delle apparecchiature fornite esternamente e dell'elettroaspiratore di estrazione fumi.
10. **Temperature di parete esterna del forno non superiore ai limiti stabiliti dalle norme vigenti** per quanto riguarda le macchine ed impianti ad uso industriale e **tale da garantire condizioni di sicurezza e comfort per gli operatori presenti nelle sale operative**.
11. **Compattezza e dimensioni contenute** dell'impianto, tali da renderne possibile l'inserimento in armonia con il contesto architettonico.

12. **Rispondenza alle norme di sicurezza europee** in materia.

13. **Operazioni di introduzione del feretro in modo automatico** per mezzo di un apposito caricatore che consente di evitare operazioni manuali e condizioni di pericolo dovute al riverbero di calore per gli operatori, eliminando nel contempo le fasi intermedie di raffreddamento e riscaldamento, ottimizzando i consumi di combustibile e la capacità di cremazione nel corso di una giornata lavorativa.

5.2 Descrizione del processo di cremazione

Il processo è concepito per effettuare la completa cremazione di feretri aventi un peso medio di 120÷130 kg e comprendenti, oltre alla salma, i vestiti del defunto e la bara di legno (**incluso eventuale rivestimento in zinco**); esso si sviluppa in due distinte camere, integrate nel corpo del forno:

- **camera di cremazione**, all'interno della quale si provoca, con l'ausilio di una ridotta quantità di ossigeno, la gassificazione e la parziale combustione delle varie componenti organiche del feretro, ottenendo una miscela di gas ad elevata temperatura;
- **camera di post-combustione**, all'interno della quale viene totalmente ossidata, ad elevata turbolenza e con l'ausilio di un bruciatore termoregolato, la miscela gassosa proveniente dalla camera di combustione.

Tale processo consente la perfetta ossidazione dei fumi; l'alta temperatura sviluppata nella reazione termica di post-combustione, unitamente al prescritto tempo di permanenza, assicura l'eliminazione totale di fumi ed odori garantendo il rispetto dei limiti di legge.

Nella fase di preriscaldamento l'impianto di cremazione viene attivato portando la temperatura in camera di post-combustione a valori non inferiori a 850°C.

Quando la camera di post-combustione ha raggiunto la temperatura di circa 500-600°C viene inserito automaticamente il bruciatore della camera primaria fino a raggiungere i valori di temperatura pre-impostati (circa 500-600°C).

Al raggiungimento della temperatura operativa di circa 600°C in camera di cremazione e di almeno 850°C in camera di post-combustione il forno è pronto ad accogliere il feretro.

Una volta inserito il feretro si avvia **il processo di cremazione che si può sinteticamente dividere in tre fasi**:

Nella **prima fase**, che dura circa 10÷15 minuti, mediante i bruciatori la camera di cremazione raggiunge la temperatura di circa 800÷900°C e la camera di post-combustione quella di 850÷1000°C.

Nella **seconda fase** il processo di cremazione avviene in autocombustione in quanto all'interno della camera di cremazione sussiste energia termica sufficiente.

In questa seconda fase, che dura circa 50÷60 minuti, il bruciatore di post-combustione eroga la sua massima potenza termica; il bruciatore di camera di cremazione è spento o modula al minimo. Il bruciatore di post-combustione produce gas caldi che mantengono calda la suola della camera di cremazione.

Nella **terza fase** i bruciatori vengono disattivati automaticamente e l'operatore provvede a scaricare dal fondo del forno le ceneri nella zona di raccolta.

Questa operazione **va eseguita dopo ogni singola cremazione** e può essere effettuata anche a forno parzialmente caldo, nel caso di successive cremazioni senza interruzioni temporali ed in condizioni di massima sicurezza per gli operatori.

La configurazione della camera di cremazione GEM presenta i seguenti vantaggi:

- **consente una completa pulizia e raccolta delle ceneri per ciascuna salma sull'intera superficie della suola senza creare zone e percorsi preferenziali;**

- **consente di operare in condizioni di assoluta sicurezza per gli operatori sia durante le operazioni di carico del feretro che di scarico delle ceneri.**

Come già più volte evidenziato, i fumi di entrambi i forni crematori pervengono a un'unica sezione di depolverazione.

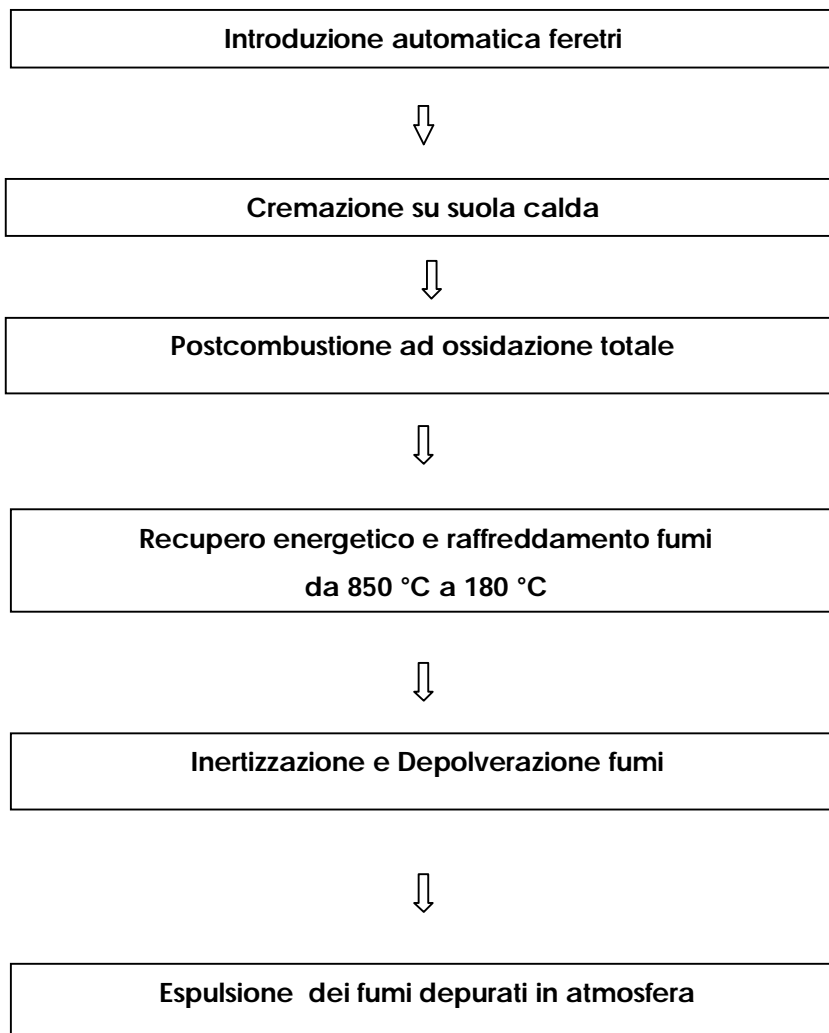
Dalle camere secondarie, quindi, i fumi vengono convogliati verso uno scambiatore di calore del tipo fumi - acqua a tubi di fumo; il raffreddamento dell'acqua circolante nel circuito idraulico avverrà mediante un recuperatore di calore ovvero di un dissipatore di calore. I fumi raffreddati alla temperatura di processo di circa 160÷180°C entrano in una torre di reazione dove vengono a contatto con un reagente per l'inertizzazione dei componenti organo clorurati presenti nei fumi; i fumi, quindi, pervengono al filtro a maniche per la successiva depurazione; l'aspiratore fumi mantiene in depressione tutta la sezione di depolverazione, nonché i due forni crematori.

Ai fini della sicurezza è previsto che il camino di processo possa fungere anche da camino di emergenza per assicurare che, in caso di mancanza di energia elettrica, i fumi siano correttamente evacuati all'esterno del locale tecnologico. Il camino di processo/emergenza, unico per entrambi i forni di cremazione, risulta intercettato da una serranda pneumatica ad apertura a contrappeso.

Durante il processo di cremazione i microprocessori regolano e controllano le temperature di funzionamento facendo intervenire, se necessario, i bruciatori ed il sistema di aerazione per far sì che l'apporto di ossigeno non sia inferiore ai valori minimi previsti dalle norme e tali da garantire una ottimale combustione.

L'intero iter di cremazione e di ossidazione dei fumi viene controllato da microprocessori che, asserviti alle sonde di misura dell'ossigeno libero e della temperatura, comandano tramite servomotori i bruciatori ed anche il dosaggio di immissione di aria primaria e secondaria in camera di cremazione e di aria terziaria in camera di post-combustione, ottimizzando il processo di combustione e limitando le emissioni in atmosfera di CO, COV e NO_x. La camera di post-combustione garantisce la completa ossidazione dei prodotti di combustione dando luogo a CO₂ e H₂O: le molecole organo-clorurate sono scisse con produzione di CO₂ e H₂O.

Il processo di cremazione si articola nelle fasi seguenti:



5.3 Sicurezza ed igiene

Ai fini della sicurezza ed igiene, l'impianto di cremazione avrà i seguenti requisiti:

- a) comandi elettrici principali sdoppiati con comandi e controlli in "sala controllo" e comandi manuali di emergenza presso il forno;
- b) costante controllo automatico della depressione nella camera di cremazione;
- c) l'apertura del portellone di carico determinerà il blocco del bruciatore in camera di cremazione;
- d) l'accensione dei bruciatori avverrà dopo la verifica di tutte le sicurezze da parte delle apparecchiature installate sul quadro di controllo;
- e) le parti metalliche dell'impianto ed il quadro di comando devono essere dotati di collegamento con la rete di messa a terra;
- f) **anche nelle più gravose condizioni di esercizio le emissioni in atmosfera saranno contenute nei limiti di concentrazione ammessi dalla Provincia di Firenze;**
- g) l'impianto sarà conforme alle norme di sicurezza vigenti D.L. 626/94 e dotato di manuale d'uso e manutenzione a norma CE;
- h) l'impianto sarà provvisto di adeguata protezione acustica delle apparecchiature fornite esternamente e dell'aspiratore fumi, onde garantire condizioni di minima rumorosità per gli operatori addetti;
- i) sistema di caricamento feretri in condizioni di sicurezza per gli operatori;
- j) funzionamento ad elevate temperature di esercizio con processo di cremazione bistadio a fiamma indiretta;
- k) per proteggere e separare le zone circostanti dalla zona tecnologica, il forno sarà isolato e posizionato in modo che il portello di carico dia su una zona di caricamento separata dal locale tecnologico tramite una parete in muratura.

5.4 Analisi chimica degli elementi di cremazione.

Nella tabella seguente viene riportata la composizione percentuale ed il peso degli elementi costituenti un ciclo di cremazione. Il ciclo di cremazione è considerato di una durata media di 70÷80 minuti; si assume un consumo pari a circa 25÷30 m³ di metano per cremazione.

Inoltre si considera che l'impianto crematorio, alla prima cremazione, prima di raggiungere la fase di messa a regime, richieda una fase di pre-riscaldamento della durata di circa 45÷60 minuti per inattività superiore alle 24 ore e di circa 25÷30 minuti per inattività di 12 ore.

ANALISI CHIMICA ELEMENTI DI CREMAZIONE			
elementi costituenti (feretro + cofano)		peso totale (kg)	composizione percentuale (%)
		120÷130	
contenuto di carbonio	C		18,94
contenuto di idrogeno	H		2,87
contenuto di ossigeno	O		31,36
contenuto di azoto	N		0,46
contenuto di zolfo	S		0,1
contenuto di anidride carbonica	CO₂		0,00
contenuto di acqua	H₂O		46,27

5.5 Durata del processo di cremazione e consumi specifici.

Come indicato la durata media di una cremazione con un peso totale di circa 120÷130 kg (80 kg corpo + 40÷50 kg cofano) è di circa 70÷80 minuti tale da garantire la realizzazione di almeno 6 cremazioni al giorno.

Il consumo di metano indicativo medio per cremazione alla media di 6 cremazioni /giorno, con impianto a regime, è pari a 25÷30 m³ per cremazione.

I consumi sono ovviamente influenzati dalle condizioni operative di utilizzo e possono presentare degli scostamenti da quanto indicato.

6 E1 – EMISSIONI ED IMPIANTI DI ABBATTIMENTO DEL FORNO CREMATORIO.

6.1 Emissioni.

È previsto un unico punto di emissione dei fumi per entrambi gli impianti di cremazione; tale punto di emissione è relativo sia al normale funzionamento degli impianti che al funzionamento in emergenza.

Il punto di immissione in atmosfera del camino del forno crematorio sarà contrassegnato dall'indice E1.

Si prevede un funzionamento del forno di 5÷6 giorni alla settimana per circa 8-16 ore al giorno (uno o due turni di lavoro).

La portata massima dell'aeriforme dal camino sarà di circa 2.800 Nm³/h ad una temperatura di 150÷170°C. La bocca di scarico del camino sarà posizionata ad un'altezza geometrica dal piano campagna di circa 10 metri

6.2 Prestazioni da garantire.

- almeno n. 6 cremazioni giornaliere di salme per ciascun forno, compreso il periodo di pre-riscaldamento, l'introduzione della salma, raccolta delle ceneri;
- raccolta delle ceneri individuale;
- il tempo di permanenza dei gas in camera di post-combustione sarà di **almeno 2 secondi alla temperatura minima di 850°C**, tale da permettere la totale ossidazione dei fumi di combustione con i seguenti volumi minimi:

- camera di cremazione:	≈ 2,44	m ³
- camera di post-combustione:	≈ 2,80	m ³

- L'impianto di cremazione completo di sezione di depurazione fumi a secco sarà in grado di ottenere i seguenti valori massimi di emissione riferiti all'11% di O₂ libero, condizioni normali (273°K e 101,3 kPa) e gas secco:

- polveri	10	mg/Nm ³
- CO	50	mg/Nm ³
- COV	20	mg/Nm ³
- Hg	0,2	mg/Nm ³
- Diossine / furani	0,1	ng/Nm ³
- NO ₂	400	mg/Nm ³
- HCl	30	mg/Nm ³
- SO ₂	50	mg/Nm ³

Il COV (Carbonio Organico Volatile) sarà misurato con apparecchiatura tarata con Propano.

Le concentrazioni indicate sono le massime ammesse su base oraria e dovranno essere rispettate anche nelle più gravose condizioni di esercizio per le portate dichiarate.

Nel caso in cui venisse riscontrato un superamento dei limiti di cui sopra, l'impianto dovrà essere fermato e lo stesso potrà riprendere il funzionamento una volta apportate le modifiche in grado di rispettare i limiti imposti.

Acido fluoridrico e metalli pesanti non sono inquinanti tipici del processo di cremazione. In particolare metalli tipici del processo sono: il mercurio dovuto alla possibile presenza di amalgama dentaria e lo zinco in caso di trattamento di casse con rivestimento in zinco che nel caso specifico, non verranno trattate.

È importante rilevare che è previsto un sistema di iniezione reagente BISOL (miscela di bicarbonato di sodio e carboni attivi in una concentrazione di circa il 25%-30%) in grado di interagire con le sostanze organo-clorurate e con il mercurio eventualmente presenti nei fumi.

6.3 Controllo delle emissioni.

Sigla della emissione di riferimento : **E1**.

Nel presente impianto è previsto un sistema di recupero del calore: la sua descrizione è riportata nel seguito.

Entro 15 gg a partire dalla data di messa a regime, ovvero entro 75 gg dalla data di entrata in esercizio, saranno presentati i referti analitici alla Provincia ed agli Enti preposti al controllo.

Le analisi di controllo dei punti di emissione saranno successivamente eseguite con cadenza annuale a partire dalla data di messa in esercizio dell'attività ed i risultati saranno trasmessi alla Provincia di Firenze ed agli Enti preposti al controllo.

6.4 Metodologia analitica e modalità di controllo.

I prelievi e le analisi vengono eseguiti secondo le metodiche sottoindicate:

- UNICHIM – Manuale n. 158 – Edizione 1988 – Misure alle emissioni: strategie di campionamento e criteri di valutazione.
- UNI 10169 del maggio 2001 – Misure alle emissioni. Determinazione della velocità e della portata di flussi gassosi convogliati per mezzo di tubo di Pitot. –
- UNI EN 13284 del gennaio 2003 – Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni. Metodo manuale gravimetrico. –
- UNI EN 13649 dell'ottobre 2002 – Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa. Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente. –

I campionamenti degli inquinanti dovranno essere eseguiti nelle più gravose condizioni di esercizio.

I risultati delle analisi eseguite all'emissione, dovranno riportare i seguenti dati:

- concentrazione degli inquinanti espressa in mg/Nm^3 ;
- portata aeriforme espressa in m^3/h .
- temperatura dell'aeriforme in $^{\circ}\text{C}$.

N.B. Le portate di cui sopra si intendono normalizzate a 273 K e 101,323 kPa.

Nel caso non sia possibile l'utilizzo dei metodi sopra citati dovrà essere indicata la metodologia di campionamento ed analisi impiegata.

L'accesso ai punti di prelievo dovrà essere a norma di sicurezza.

I condotti di adduzione e di scarico nonché i punti di campionamento dovranno essere disposti a norma di legge ("i condotti di adduzione e di scarico degli impianti di abbattimento devono essere provvisti di fori di diametro 100 mm per il campionamento analitico" art. 3.6 D.P.R. 322/71).

Secondo quanto prescritto dalle Norme UNI/UNICHIM 101169 inerenti alle misure alle emissioni, la presa di campionamento sarà posta ad una distanza di almeno 8 diametri del camino dall'ultima variazione di percorso o cambio di sezione del camino.

I punti di emissione dovranno essere chiaramente identificati mediante apposizione di idonee segnalazioni.

6.5 Postazione fissa di campionamento.

La postazione di campionamento sarà conforme alla norma UNI 10169/01.

Come evidenziato dai disegni è stata prevista la possibilità di effettuare le analisi al camino attraverso appositi bocchelli accessibili da quota zero.

L'accesso ai punti di prelievo sarà a norma di sicurezza.

La posizione della presa di campionamento sarà ad un'altezza dal piano di calpestio di circa 1,3 metri.

Presso la postazione di campionamento sarà installato un quadretto stagno contenente due prese di corrente a 16 amp per il collegamento delle opportune apparecchiature di rilevamento, oltre ad una adeguata illuminazione dedicata e locale.

6.6 Impianto di trattamento dei fumi.

Gli impianti saranno dotati di sistema di depurazione a secco costituito da dispositivo di iniezione reagente e torre di reazione, nonché di filtro a maniche per l'abbattimento dei prodotti di reazione

chimica e delle polveri presenti nell'effluente gassoso; tale sistema si rende necessario per il rispetto dei limiti previsti dall'Autorizzazione della Provincia di Firenze in materia di emissioni da impianti di cremazione.

I fumi uscenti dalla camera di post-combustione, opportunamente raffreddati, vengono inviati a un sistema di neutralizzazione dei composti acidi che consiste in un dispositivo di iniezione di sorbalite abbinato a una torre di reazione a effetto ciclonico.

I fumi uscenti dalla torre di reazione vengono avviati ad un filtro abbattitore a maniche di adeguata e sufficiente superficie (vedere dimensionamento al par. "Calcoli di dimensionamento").

A valle della camera di post-combustione sarà installato uno scambiatore di calore con la funzione di raffreddare i fumi fino alla temperatura ottimale e compatibile con il sistema di filtrazione per la successiva depolverazione.

La soluzione tecnologica che sarà adottata è **un sistema iniezione di reagenti in una torre di reazione** abbinato a un sistema di **filtrazione a secco con filtro a maniche**: questa è la migliore tecnologia disponibile allo stato attuale, sia in termini di efficienza di neutralizzazione di sostanze inquinanti e abbattimento delle polveri, sia in termini di manutenzione e gestione dell'impianto.

6.7 Messa in esercizio ed a regime.

Il termine per la messa a regime degli impianti è fissato in 60 gg a partire dalla data della messa in esercizio degli stessi.

7 ALTRI IMPATTI AMBIENTALI.

7.1 Rifiuti.

Verranno effettuate analisi quantitative e qualitative delle ceneri e delle polveri provenienti dai sistemi di filtrazione, inclusa l'analisi chimica totale ai fini della loro corretta classificazione e conseguentemente della loro corretta messa a dimora definitiva.

Le polveri e le ceneri saranno temporaneamente stoccate in appositi contenitori rigidi in attesa del trasporto alla destinazione finale.

7.2 Scarichi liquidi.

Per quanto riguarda i corpi idrici, essi non vengono interessati dall'opera in oggetto, in quanto non sono previsti scarichi liquidi di processo.

Gli altri scarichi idrici saranno conformi alle norme vigenti.

7.3 Rumore ed altri.

L'intervento in esame non genererà un aumento della rumorosità (secondo il DPCM 1-3-91): il rumore generato sarà al massimo 75 dBA a 1,5 metri dal fronte del forno (in sala di caricamento).

Infatti i ventilatori di processo sono alloggiati in una struttura di contenimento fonoassorbente, il sistema di raffreddamento fumi prevede l'impiego di un recuperatore di calore fumi-acqua (e non di un dissipatore fumi-aria che è più rumoroso), il ventilatore di estrazione fumi è coibentato e insonorizzato.

L'intervento inoltre non genererà un incremento dello stato vibrazionale nè provocherà alterazioni al suolo, alla flora e alla fauna.

7.4 Interrelazioni con l'ambiente.

Le principali interrelazioni con l'ambiente, secondo quanto disposto dal D.P.C.M. 27.12.88 riguardano i seguenti settori:

A) Aria.

In considerazione della ridotta capacità relativa di smaltimento dell'impianto (inferiore a 500 kg/h) e delle tecnologie di abbattimento adottate l'impianto è in grado di assicurare valore di emissioni di particolato inferiore ai limiti richiesti dalla normativa vigente.

In termini di flusso di massa comporta una emissione massima di particolato inferiore a 5 gr/cremazione pari a circa 6 kg all'anno con un utilizzo del forno di 220 gg di esercizio all'anno e 6 cremazioni al giorno, con valori di ricadute al suolo trascurabili e comunque ampiamente entro i limiti imposti dalla normativa nazionale.

Si esclude pertanto che si possano verificare alterazioni significative delle qualità dell'aria nell'area circostante.

B) Ambiente idrico.

Non si prevedono interazioni con il progetto dell'impianto in quanto non vi sono utilizzi idrici di sorta.

C) Suolo e sottosuolo.

Vale quanto indicato al punto A per quanto riguarda le possibili ricadute di inquinanti al suolo.

D) Vegetazione, flora e fauna.

In considerazione della localizzazione prescelta nell'ambito del Cimitero non si verificano interrelazioni significative.

E) Ecosistemi.

L'impianto inserito nel Cimitero di Trespiano non provocherà variazioni di sorta negli ecosistemi presenti.

F) Salute pubblica e sicurezza.

L'impianto non dà luogo ad inquinamento atmosferico con livello delle emissioni in atmosfera a norma. L'impianto non dà luogo a scarichi idrici o di altro tipo.

Inoltre l'impianto è dotato delle apparecchiature di sicurezza previste dalla normativa vigente e dotato dei requisiti di sicurezza ai sensi della normativa europea CE.

G) Rumore e vibrazioni.

Il tipo di processo è statico e non dà luogo a vibrazioni.

Le fonti del rumore possibili sono:

- ventilatori;
- bruciatori;
- camino;
- aspiratore fumi.

I bruciatori sono tutti certificati dal fornitore ed omologati da parte degli organi competenti.

L'aspiratore fumi è fornito in versione coibentata e silenziata ed il motore e la trasmissione sono posti all'interno di una struttura per il contenimento della rumorosità.

Il camino viene dimensionato per una velocità dei fumi inferiore a 12 m/s (limite di rumorosità dei canali e camini) ed inoltre sarà rivestito con materiale isolante termoacustico. Tutte le eventuali altre apparecchiature fonti di possibili emissioni sonore saranno dotate di adeguata insonorizzazione.

Il progetto in esame, pertanto, non genererà un aumento della rumorosità (D.P.C.M. 01.03.1991) o un incremento dello stato vibrazionale indotto. I valori saranno nei limiti previsti dal DPR 459/96, DPCM 14/11/97 e DM 16/03/98.

H) Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti.

L'impianto non dà luogo ad alcun tipo di radiazioni.

I) Paesaggio.

L'impianto in progetto si inserisce nell'area crematoria esistente del Cimitero di Firenze. I due forni completi di un'unica sezione di depurazione fumi vengono inseriti in locali di nuova realizzazione.

8 COMPONENTI DELL'IMPIANTO.

Il forno di cremazione salme sarà di tipo statico a suola calda con processo di cremazione bistadio a fiamma indiretta; il processo di cremazione si svilupperà in due distinte camere integrate a monoblocco nel corpo del forno di forma rettangolare. L'impianto risulta così costituito:

- **camera di cremazione** in cui avviene, con l'ausilio di una ridotta quantità di ossigeno, la gassificazione e la combustione delle varie componenti organiche del feretro, processo generante una miscela di gas ad elevata temperatura;
- **camera di post-combustione**, integrata nella struttura del forno, all'interno della quale viene totalmente ossidata, ad elevata turbolenza e con l'ausilio di un bruciatore termoregolato, la miscela gassosa proveniente dalla camera di cremazione. Le condizioni operative di detta camera di post-combustione soddisfano completamente i requisiti imposti dalla legislazione vigente, oltre alle prescrizioni della Provincia di Firenze.

Il processo di cremazione, in due distinte fasi, otterrà la perfetta ossidazione dei fumi; l'alta temperatura sviluppata nella reazione termica di post-combustione, unitamente al prescritto tempo di permanenza (2 secondi), assicura l'eliminazione totale di fumi ed odori, garantendo il rispetto dei limiti di legge.

L'intero iter di cremazione e di ossidazione dei fumi sarà gestito da un controllore a logica programmabile che comanda, tramite apposite interfacce, anche il dosaggio all'immissione di aria primaria e secondaria in camera di cremazione, e di aria terziaria in camera di post-combustione.

L'impianto di cremazione risponderà alle caratteristiche tecniche minime di seguito riportate.

8.1 Dispositivo montaferetri.

Al fine di poter effettuare una rapida introduzione del feretro entro il forno crematorio, è previsto un idoneo dispositivo a funzionamento elettromeccanico, che riduce al minimo l'entità dell'intervento dell'operatore e garantisce nel contempo condizioni di sicurezza e protezione dal riverbero di calore.

Il montaferetri è del tipo a traslazione orizzontale.

Il montaferetri può traslare lateralmente onde consentire il caricamento su entrambe le linee di cremazione. Esso viene mantenuto in guida tramite una rotaia posta sotto quota pavimento che consente il posizionamento preciso del caricatore davanti alla bocca del forno.

Ciò consente da parte di un unico operatore le traslazioni e l'utilizzo del montaferetri dal punto di arrivo e scarico del feretro fino alla sua introduzione nell'impianto di cremazione.

In posizione di riposo il caricatore può essere addossato al muro non ingombrando la sala e consentendo la piena mobilità degli operatori.

Ai fini di garantire la sicurezza degli operatori, è previsto il blocco dei bruciatori durante la fase di introduzione del feretro ed un pulsante generale di sicurezza, che realizza il blocco di tutte le operazioni, posto sul pannello di controllo.

Il piano di appoggio della cassa sul montaferetri è perfettamente allineato con la suola di cremazione del forno.

Il caricamento del feretro è completamente automatizzato tramite pannello di controllo e di comando che può funzionare sia in automatico che in manuale.

COMUNE DI FIRENZE – Impianto di cremazione salme da installarsi presso il Cimitero di Trespiano

L'operazione di caricamento inizia con l'apertura del portello di carico; ad apertura avvenuta, viene dato il consenso all'avanzamento del feretro verso l'ingresso del forno; l'avanzamento avviene tramite spintore meccanico.

Una volta introdotto il feretro nella camera di cremazione, lo spintore si ritira ripercorrendo in senso opposto il percorso sopra descritto fino a ritornare alla posizione di partenza.

La funzione di caricamento avviene in un tempo di circa 15"÷20".

Il montaferetri automatico risulta avere le seguenti dimensioni indicative:

- | | | |
|--------------------------|-------|----|
| • lunghezza minima | 3.500 | mm |
| • larghezza | 800 | mm |
| • altezza di caricamento | 1.000 | mm |

8.2 Crematore.

8.2.1 Caratteristiche generali.

Il forno per la cremazione delle salme con struttura a monoblocco rettangolare delle dimensioni preliminari di ingombro di lunghezza 4.500 x larghezza 1.800 x alt. 2.200÷3.000 mm, peso indicativo kg 16.000, comprendente la camera di cremazione e la camera di post-combustione, è realizzato in una struttura a monoblocco in acciaio al carbonio di spessore adeguato, irrigidito con nervature di rinforzo e profilati metallici riportati a mezzo di saldatura elettrica, con rivestimento interno opportunamente isolato dalle sollecitazioni termiche ed indipendente dalla parte refrattaria.

Tale struttura metallica è termicamente isolata dalla parte refrattaria del forno in modo da non risentire delle sollecitazioni termiche. La struttura metallica viene rivestita esternamente con pannellatura.

Internamente il forno risulta così strutturato:

- a contatto della carpenteria del forno viene posizionato un primo strato di fibra ceramica a forte potere coibente con funzioni di isolamento e anticondensa;
- a ridosso dello strato di fibra vengono costruiti due strati di materiale isolante a bassissima conducibilità termica;
- più internamente viene costruito uno strato di materiale refrattario (ad alto tenore di Allumina);
- sulle pareti laterali vengono ricavate delle intercapedini vuote attraverso le quali i fumi, dalla camera di cremazione, giungono alla camera di post-combustione e quindi alla sezione di uscita.

Questa **importante innovazione tecnologica** consente un omogeneo riscaldamento della camera di cremazione e quindi una corretta gestione dell'evento, nonché l'uscita fumi dall'alto.

La particolare configurazione geometrica del forno, i notevoli spessori utilizzati e **le ottime caratteristiche termiche del manto refrattario permettono di creare e mantenere un'elevata inerzia termica nella camera di cremazione, con notevole beneficio sul costo di esercizio.** La eliminazione delle dispersioni termiche consente un notevole vantaggio per l'economia di gestione, nonché per il comfort nella sala operativa.

L'adozione di mattoni ceramici refrattari, onerosa in relazione al costo primo di installazione, ma **qualificante per l'elevata affidabilità, garantisce una notevole resistenza sia alla abrasione che agli sbalzi termici** e, soprattutto, consente di operare con un **materiale refrattario sottoposto a cottura in fase di produzione e quindi in grado di fornire garanzie di omogeneità, uniformità e durata nel tempo, a differenza di quanto avviene per le gettate in calcestruzzo.**

Le particolari tecniche di posa adottate, che prevedono la realizzazione di riprese di carico e giunti di dilatazione, consentono di intervenire in modo mirato laddove, durante la vita dell'impianto, si rendano necessari interventi di manutenzione, senza quindi intaccare l'intera struttura del forno.

Il tipo di materiale e mattoni refrattari sono di **alta qualità** e sono **dotati di certificazione di qualità rilasciata dal Costruttore**.

Tale tipo di rivestimento refrattario consente la cremazione di tutti i tipi di cofani, con esclusione di quelli costruiti in materie termoplastiche, in fibra di vetro e di cofani in zinco.

Le caratteristiche dei rivestimenti consentono di mantenere la temperatura della parete esterna del forno crematorio inferiore a 50°C. Le dispersioni termiche vengono così ridotte, a vantaggio dell'economia di gestione e del comfort nella sala operativa.

La configurazione e la costruzione della camera di cremazione e di post-combustione ed il loro rivestimento isolante e refrattario devono creare e mantenere una elevata inerzia termica tale da consentire la massima economicità di gestione. Le dimensioni fluidodinamiche della camera di cremazione devono consentire la corretta uniformità di circolazione dei fumi caldi all'interno della camera.

8.2.2 Camera di cremazione.

La **suola calda di cremazione dello spessore di circa 100 mm**, è in grado di sostenere i carichi previsti ed assicura un'uniforme distribuzione dell'aria e dell'effluente gassoso lungo l'intero percorso della camera di cremazione. **La suola è costruita in calcestruzzo denso a basso contenuto di cemento a riscaldamento rapido**. I suoi costituenti principali conferiscono alla suola elevate caratteristiche di resistenza all'abrasione, alla compressione e di conducibilità termica. La densità del calcestruzzo è di circa 2.550 kg/m³.

Sulla parete anteriore è ricavata un'apertura con dimensioni utili (L x H) 900 x 900 mm per l'introduzione dei feretri. Un **ampio portellone** rivestito in calcestruzzo refrattario ad elevata densità di allumina provvede alla chiusura della camera di cremazione. L'azionamento elettromeccanico e il movimento verticale consentono un'agevole e rapida introduzione dei feretri.

In considerazione delle ampie dimensioni del portello di carico non ci sono limitazioni relativamente alle dimensioni delle casse utilizzate.

A titolo riepilogativo indichiamo **le dimensioni delle casse più utilizzate nel ns. paese ed ammissibili nel forno GEM**.

Casse di tipo medio: mm. lungh. 2.050 x largh. 460 altezza

Casse di tipo grande: mm. lungh. 2.160 x largh. 470 altezza

Casse di tipo americano: mm. lungh. 2.280 x largh. 560 altezza

L'azionamento del portellone di carico avviene sia in modo automatico, con apposito selettore posto a quadro, sia in modo manuale agendo su un leveraggio manuale per consentirne la chiusura anche in caso di mancanza di energia elettrica o in situazione di emergenza.

Il rivestimento termoisolante del portello è realizzato in getto di calcestruzzo refrattario ad alto tenore di allumina, particolarmente resistente alle sollecitazioni meccaniche conseguenti agli sbalzi termici.

Il portello di carico è esternamente rivestito in acciaio Inox Aisi 304.

Un portello refrattariato per il recupero ceneri (cinerario) è previsto sulla parete posteriore del forno e ha dimensioni utili (L x H) di mm 260 x mm 370.

Nel forno sono presenti due **bruciatori termoregolati e modulanti** che, oltre al sostentamento del processo, provvedono, prima dell'introduzione del feretro, al preriscaldamento della **camera di cremazione** l'uno e della **camera secondaria** l'altro.

Il posizionamento del bruciatore in camera di cremazione consente di preriscaldare la camera, mantenere in essa una adeguata temperatura e procedere alla cremazione.

In camera di cremazione, lateralmente alla struttura in mattoni refrattari, sono posti due serie di ugelli (inferiore e superiore), alimentati da un ventilatore servoassistito, che provvedono ad una omogenea distribuzione dell'aria comburente su due livelli (inferiore e superiore) necessaria al processo di cremazione, coinvolgendo il feretro in tutta la sua lunghezza ed assicurandone una totale e completa combustione.

La camera di cremazione presenta una suola calda in materiale refrattario con la specifica funzione di riscaldare omogeneamente la zona inferiore del feretro, evitando così zone "fredde" e consentendo una rapida disidratazione e quindi una corretta combustione.

La camera presenta, inoltre, una volta refrattariata, indispensabile per l'ottenimento di un uniforme riscaldamento della camera stessa.

Sulla parete opposta a quella di carico è presente un'apertura che collega la camera di cremazione al condotto di uscita dei gas prodotti dalla cremazione; tale condotto collega la camera di cremazione alla camera di post-combustione. Nella camera di post combustione viene ricavato un setto centrale che costringe i fumi a percorrere la camera nella sua totalità.

I fumi, infine, risalgono attraverso l'intercapedine per giungere alla sezione di uscita, posta sulla copertura superiore dell'impianto.

All'estremità posteriore della suola di cremazione è presente un'apertura, coperta da un opportuno portello refrattariato, che consente il recupero delle ceneri dalla camera di cremazione.

In camera di post cremazione, lateralmente alla struttura in mattoni refrattari, saranno posti alcuni ugelli, alimentati da un ventilatore servoassistito, per distribuire in modo omogeneo l'aria di ossidazione necessaria al processo di cremazione.

La camera di cremazione avrà le seguenti dimensioni minime interne:

- altezza 1.050 mm
- larghezza 940 mm
- lunghezza 2.700 mm
- volume utile 2,44 m³

8.2.3 Suola della camera di cremazione.

La suola della camera di cremazione del forno, costituita in materiale refrattario, deve essere di adeguata pendenza ed inclinazione, opportunamente sagomata e liscia al fine di permettere la facile raccolta e convogliamento delle ceneri nella sottostante urna.

La suola di cremazione, dello spessore di almeno 100 mm , sarà in grado di sostenere i carichi

previsti ed assicurare una uniforme distribuzione dell'aria e dell'effluente gassoso lungo l'intero percorso della camera di cremazione.

8.2.4 Apertura di caricamento.

Sulla parete anteriore del forno sarà posta un'apertura con dimensioni utili (L x H) 900 x 900 mm per l'introduzione dei feretri. Un ampio portellone rivestito in calcestruzzo refrattario ad elevata densità di Allumina (minimo 40%) deve provvedere alla chiusura dell'accesso. L'azionamento elettromeccanico e il movimento verticale devono consentire un'agevole e rapida introduzione dei feretri.

L'apertura del portellone di carico avviene in modo automatico, con funzionamento elettromeccanico mediante apposito selettore posto a quadro ed in prossimità del caricamento; la chiusura può avvenire anche in modo manuale, agendo sul volantino posto lateralmente il forno, per consentirne la chiusura del portello anche in caso di mancanza di energia elettrica o in situazione di emergenza.

Il rivestimento termoisolante del portello deve essere realizzato in getto di calcestruzzo refrattario ad alto tenore di allumina, particolarmente resistente alle sollecitazioni meccaniche conseguenti agli sbalzi termici.

Per agevolare le operazioni di introduzione del feretro nella camera di cremazione sarà previsto un rullo di scorrimento posto sul fronte del portello di carico.

I sistemi di sicurezza adottati consentiranno l'apertura del portellone solo al raggiungimento di tre specifiche condizioni :

- temperatura di preriscaldamento della camera di cremazione (600÷800°C);
- disinserimento automatico del bruciatore in camera di cremazione;
- temperatura operativa almeno di 850°C nella camera di post-combustione.

8.2.5 Camera di post-combustione.

I fumi, dalla zona di cremazione, pervengono all'intercapedine tramite l'apertura ricavata sulla parete opposta a quella di caricamento in camera di cremazione e precedentemente descritta e quindi convogliati nella zona di fiamma del bruciatore di post-combustione.

La funzione della camera di post-combustione è quella di sottoporre i gas prodotti in camera di cremazione a completa ossidazione **in ambiente ad alta temperatura ed in regime fluidodinamico di forte turbolenza così da raggiungere un'ossidazione assolutamente omogenea.**

La funzione specifica della camera di post-combustione risulta essere quella di una perfetta e totale combustione dei gas di cremazione, che si ottiene per mezzo di:

- **una elevata temperatura**, che viene mantenuta al di sopra dei limiti minimi di legge (**sopra gli 850°C**) con l'ausilio di un bruciatore termoregolato installato alla base della camera;
- **una elevata turbolenza**, determinata sia dall'elevata velocità di ingresso dei gas di cremazione nel post-combustore (**10 m/s**), sia da una serie di ugelli di insufflazione di aria secondaria surriscaldata, posti in prossimità della zona di fiamma del bruciatore;
- **un notevole tempo di permanenza** dei fumi (**almeno 2 secondi**), in una zona ad alta temperatura, tale da consentire il completo sviluppo delle reazioni chimiche di ossidazione;
- un adeguato eccesso di ossigeno (**maggiore del 6%**), onde evitare combustioni incomplete e possibili emissioni di ossidi di carbonio al camino.

In definitiva la camera di post-combustione sarà dimensionata e configurata in modo da rispettare le seguenti condizioni operative:

- **temperatura min. dei fumi** **850 °C**
- **tempo di ritenzione minimo** **2 secondi**

- **tenore di O₂ minimo** **6 %**
- **velocità ingresso del gas** **10 m/s**
- **condizioni di ossidazione in fase omogenea**

La camera di post-combustione avrà un volume utile indicativo pari a **2,80 m³**: il calcolo del suo dimensionamento è riportato nel paragrafo “Calcoli di dimensionamento”.

La prevalenza necessaria per l’insufflazione dell’aria secondaria viene fornita da un apposito ventilatore, munito sulla bocca aspirante di rete di protezione antinfortunistica zincata a caldo, mentre il dosaggio viene assicurato da apposite valvole di regolazione.

Il sostentamento termico della reazione di ossidazione dei gas nel post-combustore è assicurato dalla presenza di un adeguato bruciatore, il cui intervento è modulato dal rilievo della temperatura effettuato da un termoregolatore, pilotato da una **termocoppia posta nell’ultimo quarto della camera al fine di garantire il mantenimento di una temperatura minima alla parete di 850°C**; il sistema consente altresì di ottenere i minimi costi energetici.

La sezione di passaggio tra la camera di combustione e quella di post-combustione garantirà una **velocità di ingresso dei fumi di almeno 10 m/s ed un’ottima miscelazione**; a tal fine saranno evitate configurazioni o condizioni che possano favorire **percorsi preferenziali** in particolare lungo le pareti e gli spigoli (il calcolo delle dimensioni dell’ingresso dei fumi in camera di post-combustione è riportato nel paragrafo “Calcoli di dimensionamento”).

Una **sonda all’ossido di zirconio**, predisposta nella camera di post-combustione, misura la quantità di **Ossigeno libero nei fumi** e, tramite un processo di regolazione gestito da microprocessori, provvede a regolare la portata d’aria in maniera da assicurare, nelle condizioni di esercizio previste, i limiti prescritti dalla legislazione vigente (**tenore di Ossigeno libero maggiore del 6%**).

Tutti i parametri chimico-fisici sopra imposti devono essere regolati in continuo, memorizzati e collegati ad un sistema di allarme ottico e acustico.

La struttura metallica sarà termicamente isolata dalla parte refrattaria del forno in modo da non risentire delle sollecitazioni termiche. La struttura metallica e relativi componenti sarà verniciata con una mano di primer e due di smalto.

La struttura metallica esterna laterale del forno sarà rivestita in pannelli in lamiera zincata, con funzioni di isolamento termoacustico, opportunamente ancorata e tale da consentire le opportune ispezioni alla struttura sottostante.

La camera di post-combustione, sarà dotata di adeguate porte di ispezione per la raccolta delle polveri volatili e per eseguire le operazioni di pulizia ed ispezione; internamente sarà rivestita da materiali refrattari aventi le stesse caratteristiche di quelli impiegati nella camera di cremazione.

Gli spessori utilizzati e le caratteristiche del manto, devono permettere una notevole inerzia termica in tutto il percorso dei fumi, assicurando in tal modo, grazie anche ad una efficace termoregolazione del bruciatore di post-combustione, minori consumi energetici.

8.2.6 Bruciatori.

I bruciatori della camera di cremazione e della camera di post-combustione saranno alimentati a gas metano di rete; essi saranno regolati elettronicamente e modulanti, completi di valvola di intercettazione e controllo.

I bruciatori saranno certificati dalla Direzione Generale della Protezione Civile e dei Servizi Antincendio del Ministero dell'Interno e saranno muniti di tutte le apparecchiature, dispositivi di sicurezza, rilevatori di perdite di gas ed accessori previsti dalle normative vigenti.

Un ventilatore servoassistito e completo di dispositivi di regolazione ad alta prevalenza fornisce alla testa di combustione dei bruciatori aria comburente che, a mezzo di un particolare sistema di iniezione, viene intimamente miscelata al metano.

L'accensione avviene in modo del tutto automatico, per mezzo di un arco voltaico; la sicurezza totale in caso di mancata accensione o spegnimento durante il funzionamento è assicurata da una sonda rilevatrice di ioni.

I bruciatori a funzionamento modulante hanno una variazione lineare dal 10% al 100% della potenzialità e garantiscono in tal modo la ottimizzazione dei consumi energetici.

I bruciatori impiegati, in virtù del fatto che la loro testata di combustione è realizzata in acciaio refrattario, materiale in grado di sopportare esposizione ad alte temperature, possiedono la prerogativa di non subire danneggiamenti in caso di mancanza di energia elettrica (in tal caso, infatti, viene a mancare il raffreddamento dato dell'aria comburente e si alza in modo anomalo la temperatura).

I bruciatori installati sono:

1. Nella camera di cremazione un bruciatore primario a gas metano, installato nella parete superiore, di primaria marca internazionale, modulante, della potenzialità di circa 400 kW.
2. Nella camera di post-combustione un bruciatore secondario a gas metano, installato nella parete anteriore, di primaria marca internazionale, modulante, della potenzialità di circa 400 kW. Esso avrà le seguenti funzioni:
 - mantenere una temperatura di almeno 850°C in camera, compensando le perdite di calore nel condotto di collegamento con la camera di cremazione e riscaldando l'eventuale aria di arricchimento insufflata;
 - portare i refrattari, ad ogni riavvio del forno, alla temperatura di esercizio in tempi piuttosto rapidi; assicurare il sostentamento termico della reazione di ossidazione esotermica dei gas nel post-combustore;
 - l'intervento sarà modulato da un termoregolatore in modo da assicurare il mantenimento di una temperatura operativa conforme alle indicazioni di legge.

Le termoregolazioni previste consentono i seguenti interventi:

- accensione del bruciatore posto in camera di post-combustione fino al raggiungimento della temperatura operativa minima (850°C) e mantenimento della stessa.
- accensione del bruciatore della camera di cremazione per il preriscaldamento, il sostentamento del processo ed il mantenimento della temperatura prefissata.

L'accensione del bruciatore della camera di cremazione avviene automaticamente dopo che si è raggiunta in camera di post-combustione la temperatura operativa minima per mezzo di un consenso elettronico programmato.

COMUNE DI FIRENZE – Impianto di cremazione salme da installarsi presso il Cimitero di Trespiano

Il consenso all'introduzione del feretro viene dato solo dopo che in camera di post-combustione viene raggiunta la temperatura di almeno 850 °C. Al momento dell'apertura del portello di introduzione del feretro il bruciatore in camera di cremazione si spegne automaticamente al fine di evitare pericoli dovuti alla fiamma diretta e garantire condizioni di sicurezza agli operatori in ogni fase del processo.

La durata del processo di cremazione è regolata per mezzo di un timer programmabile.

Caratteristiche tecniche dei bruciatori

- Numero	n.	2
- Tipo	industriale	
- Potenzialità max bruc. Primario modulante	kW	400
	kcal/h	≈ 350.000
- Potenzialità max bruc. Secondario modulante	kW	400
	kcal/h	≈ 350.000
- Tipo di combustibile	gas naturale	
- P.C.I. combustibile	kcal/Nm ³	8.500
- Peso specifico combustibile	kg/Nm ³	0,72
- Pressione combustibile	mbar	50
- Norme gas	UNI-CIG-EN 676	
- DN treno valvole gas		25
- Tensione alimentazione trifase	V	380
- Tensione ausiliari monofase	V	220
- Frequenza	Hz	50
- Potenza elettrica installata (max cad.)	kW	0,5
- Protezione elettrica		IP55
- Norme elettriche		CEI

8.2.7 Sezione di ventilazione

Due ventilatori, di adeguate caratteristiche, saranno posizionati in un'apposita struttura metallica di contenimento adeguatamente provvista di isolamento termoacustico. I ventilatori forniranno l'esatta quantità d'aria necessaria allo svolgimento del processo di cremazione. I ventilatori, altresì, dovranno fornire il quantitativo di aria comburente necessario ai bruciatori per lo svolgimento del processo.

I ventilatori servoassistiti ad alta prevalenza saranno muniti, sulla bocca aspirante, di rete di protezione antinfortunistica zincata a caldo.

Il dosaggio dell'aria verrà assicurato da valvole di regolazione ad azionamento elettrico.

La Ditta costruttrice dell'impianto si riserva la possibilità di adottare una soluzione con un singolo ventilatore che cumuli le funzioni sopra indicate.

Caratteristiche tecniche indicative dei ventilatori:

Ventilatore primario	n.	1
- potenza elettrica installata	kW	5,5
- potenza assorbita	kW	5,2

- prevalenza	mm H ₂ O	550
- portata	m ³ /h	2.000
- livello sonoro	dB/A	<75
- velocità di rotazione	giri/min.	2.900

Ventilatore secondario	n.	1
-------------------------------	-----------	----------

- potenza elettrica installata	kW	2,2
- potenza assorbita	kW	2,0
- prevalenza	mm H ₂ O	485
- portata	m ³ /h	850
- livello sonoro	dB/A	<75

- entrambi i ventilatori risultano installati entro struttura di contenimento fonoassorbente

8.3 Sezione di recupero termico.

8.3.1 Scambiatore di calore fumi/acqua calda.

Per l'abbassamento della temperatura dei fumi uscenti dalla camera di post-combustione, prima del loro ingresso nella sezione filtrante, sarà utilizzato un sistema di recupero termico del tipo fumi-acqua.

La sezione di recupero energetico tipo ST700 è ad acqua calda del tipo a tubi di fumo, in cui i fumi scorrono all'interno fascio tubiero e lo stesso risulta esternamente lambito dal fluido secondario per la produzione di acqua calda a 90°C alla pressione di esercizio di 3 bar; lo scambiatore risulta costruito secondo i criteri stabiliti dalla Direttiva 97/23 CE.

La circolazione forzata del fluido all'interno dello scambiatore è garantita da una pompa di circolazione. Lo scambiatore di calore è posizionato all'uscita della camera di post-combustione.

Il recuperatore è dotato dei sistemi di sicurezza richiesti dalle norme e destinati a garantire singolarmente che la pressione e la temperatura non superino i limiti di progetto.

Il recuperatore termico ad acqua calda è infatti progettato e costruito secondo le norme previste dal D.M. 1.12.75 – Raccolta R – aggiornata al giugno 1982.

La potenza dello scambiatore è di circa 700 kW.

8.3.2 Unità di raffreddamento.

Abbinata allo scambiatore di calore ST700 viene fornita una unità di raffreddamento atta a dissipare il calore eventualmente non utilizzato dall'utenza e posizionata all'esterno dell'edificio.

L'unità di raffreddamento è adatta a trattare 34 m³/h di acqua da 85°C a 65°C con l'impiego di batteria a tubi alettati e scambio in controcorrente con aria a 35°C e portata 102.000 m³/h.

L'unità di raffreddamento è principalmente costituita da:

1. Cassone principale (dimensioni indicative 5,7 x 1,0 x 2,1 m), esternamente rinforzato con profilati dello stesso materiale contenente:

- n.1 batteria di scambio termico avente tubi di Cu Ø 16.5 x 0.4 alette di Cu sp.0.20, passo tra le alette di 2,1 mm;
- n. 6 elettroventilatori assiali diametro 910 mm, portata 17.000 m³/h cd., potenza elettrica 0,82 kW/cd., corrente 2,2 A, velocità di rotazione 630 rpm.

2. struttura in profilati zincata per il sostegno del cassone.

8.3.3 Impianto idraulico.

L'impianto idraulico a circuito chiuso collega lo scambiatore GEM ST700 all'unità di raffreddamento.

Tale impianto idraulico del tipo a vaso chiuso viene fornito completo di tutta la strumentazione prevista dalla normativa vigente ISPEL, nonché delle pompe di circolazione, valvole di intercettazione, valvole di non ritorno, circuito anticodensa completo di valvola a 3 vie e tutto quanto necessario alla corretta costruzione del circuito idraulico.

8.4 Sezione di trattamento fumi.

8.4.1 Caratteristiche generali.

L'impianto di depolverazione fumi GEM garantisce che i valori di emissioni in atmosfera siano entro i limiti previsti dai più recenti orientamenti normativi europei ed internazionali, nonché dalle prescrizioni impartite dalla Provincia di Firenze, consentendo il trattamento completo di polveri provenienti dalla combustione dei feretri.

La soluzione tecnologica adottata prevede una torre di reazione con annesso sistema di iniezione reagenti e un filtro a tessuto; ciò costituisce **la migliore tecnologia disponibile** allo stato attuale, sia in termini di efficienza di riduzione degli acidi presenti nell'effluente gassoso e abbattimento delle polveri, che in termini di manutenzione e gestione dell'impianto.

Soluzioni alternative con sistemi di abbattimento ad umido, meno onerosi in termini di costo, non consentono di garantire efficienze di captazione tali da rispettare i sempre più restrittivi limiti di emissione, oltre a presentare il notevole inconveniente di produrre un residuo fangoso che richiede un successivo trattamento e deve essere pertanto smaltito in adeguato impianto.

8.4.2 Sistema di iniezione reagente.

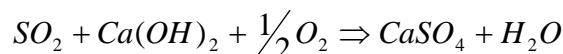
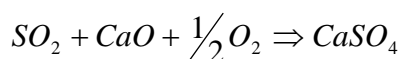
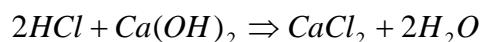
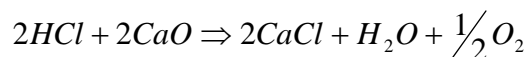
Per la depurazione dei prodotti della combustione dai composti acidi presenti in sospensione si utilizza un processo di depurazione a secco che consiste nell'iniezione di reagente BISOL in una torre di reazione con annesso tubo di venturi.

La fornitura, quindi, prevede:

- una **torre di reazione** a effetto ciclonico, esternamente coibentata e dotata di sistema di scarico delle polveri captate nonché di sezione di iniezione reagenti costituita da tubo venturi;
- un **sistema di iniezione reagente** con ribaltatore automatico, dosatore e iniettore volumetrico.

I composti da neutralizzare sono principalmente l'acido cloridrico e gli ossidi di zolfo, oltre che i composti organo clorurati quali diossine e furani.

Le reazioni di neutralizzazione sono le seguenti:



I valori limite richiesti sono i seguenti:

- HCl 10 mg/Nm³
- SO₂ 50 mg/Nm³

La quantità di reagente totale per la neutralizzazione stechiometrica dei composti inquinanti è di

COMUNE DI FIRENZE – Impianto di cremazione salme da installarsi presso il Cimitero di Trespiano

179,83 g/h.

Sulla base dell'esperienza acquisita in impianti simili e dei valori sperimentali riscontrati, si considera un consumo di reagente, di circa 300÷400 g per cremazione.

Si allega alla presente la scheda di sicurezza del reagente utilizzato nello specifico.

8.4.3 Filtro a maniche.

Il filtro a maniche tipo **GEM FM**, di dimensioni contenute ed estremamente compatto, si presta ad essere inserito in ambienti anche con poco spazio disponibile, in quanto le operazioni di pulizia e manutenzione vengono effettuate attraverso portelli laterali di ispezione e non attraverso portelli superiori come nei filtri a maniche tradizionali.

Il favorevole rapporto tra superficie filtrante e dimensioni dell'unità garantiscono nel contempo compattezza ed elevata efficienza di captazione.

La superficie di filtrazione è calcolata per una ridotta velocità di attraversamento e risulta inferiore a **1 m³/(m² min)**.

L'efficienza del filtro è controllata in continuo mediante **pressostato differenziale** di minima e massima pressione, con allarme ottico e acustico collegato al sistema di supervisione.

La rigenerazione automatica delle maniche è comandata in funzione delle perdite di carico.

Le funzioni di comando e controllo sono centralizzate in un apposito quadro la cui costruzione e cablaggio corrisponde alle norme CEI/IEC/ENPI.

Le caratteristiche tecniche del filtro depolveratore sono riportate nella scheda tecnica riportata nel seguito, il calcolo di dimensionamento della superficie filtrante è riportata al paragrafo "Calcoli di dimensionamento".

Le polveri captate dal filtro vengono convogliate attraverso due tramogge in due carrelli per lo scarico manuale delle polveri.

La natura delle polveri captate dal filtro dovrà essere determinata da specifiche analisi da effettuarsi sul campo: se tali residui saranno considerati rifiuti, dovranno essere smaltiti nel rispetto delle procedure previste dalla normativa vigente in materia.

Il compressore asservito al filtro è localizzato in apposito locale indicato negli elaborati grafici al fine di evitare condizioni di rumorosità per gli operatori; esso sarà descritto nel seguito.

Per quanto riguarda le operazioni di manutenzione ordinaria, le maniche filtranti di cui è composto il sistema di filtrazione hanno un peso unitario contenuto; esse possono quindi essere facilmente maneggiate da una persona. Quando una manica filtrante deve essere sostituita, viene semplicemente sfilata e rimossa dal filtro.

In definitiva, le operazioni di sostituzione delle maniche possono essere completate in tempi rapidi, da una persona sola, minimizzando la fermata dell'impianto.

8.4.3.1 Caratteristiche tecniche indicative filtro a maniche.

Dimensioni indicative di ingombro:

* altezza	4.500	mm
* larghezza	2.000	mm
* lunghezza	4.000	mm
* tipo GEM FM	a tessuto	
(tessuto filtrante in Nomex teflonato 550 gr/mq anticondensa con trattamento antiidrolisi)		
* superficie filtrante	110	m²
* temperatura minima fumi	160	°C
* temperatura massima fumi	220	°C
* pulizia in controcorrente ad aria compressa	6	bar
* efficienza di captazione	99.9	%
* perdite di carico max	90	mm/H₂O

* portata fumi 4.000÷4.500 m³/h

Il filtro a maniche e le tubazioni saranno coibentate con lana minerale dello spessore minimo di 50 mm e lamierino di alluminio 8/10 per evitare la formazione di condense.

Il filtro a maniche è provvisto di tubazioni di by-pass che convogliano i fumi direttamente al camino in caso di eventuali malfunzionamenti dell'impianto, in modo da poter sempre operare in sicurezza all'interno dei locali crematori.

8.4.3.2 Sistemi a presidio del filtro a maniche in caso di malfunzionamenti e guasti.

È prevista una serranda comandata da un attuatore meccanico per l'introduzione di aria a temperatura ambiente a tiraggio naturale per una quantità massima di 250 Nm³/h; essa consente di ridurre la temperatura di circa 30°C. La temperatura massima consentita al filtro è di 220°C; tale dispositivo entra in funzione in caso di sovra-temperatura in ingresso al filtro.

Come ulteriore sicurezza a protezione del filtro, è previsto un sistema di by-pass al filtro che si attiva nei seguenti casi:

- in caso di temperatura fumi superiore a quella massima consentita in ingresso al filtro stesso (220°C);
- intasamento del filtro e incremento delle perdite di carico oltre il set massimo previsto, tale da mettere in crisi l'aspiratore fumi; tale evenienza è comunque teorica in quanto il filtro è dotato di sistema di pulizia in continuo a mezzo di aria compressa.

8.4.3.3 Compressori.

Per la pulizia del sistema filtrante sarà previsto l'utilizzo di aria compressa, fornita da un serbatoio alimentato da un **compressore** le cui caratteristiche indicative sono di seguito elencate:

- | | | |
|---|-------|---------------|
| * portata aria | ≈ 600 | lit/min |
| * motore elettrico | 4,0 | kW |
| * capacità serbatoio | 500 | litri |
| * potenza essiccatore aria | 164 | W |
| * norme | | DIN /ISO 2183 |
| * protezione | | IP 54 |
| * livello di rumore a 1,5 mt. | <75 | dB/A |
| * completo di essiccatore, by-pass e filtro disoleatore | | |

Il consumo di aria compressa è stimato in 0,11÷0,13 Nm³/h per metro quadro di superficie filtrante nelle peggiori condizioni di sporcamento; il consumo complessivo di aria compressa è stimato pertanto nelle peggiori condizioni di sporcamento pari a circa 12÷14 Nm³/h. I cicli di lavaggio del tessuto filtrante saranno temporizzati e stimati pari a 2/4 cicli/ora in funzione della polverosità dei fumi di cremazione.

8.5 Aspirazione fumi.

Per mantenere in depressione l'intera linea di cremazione e fornire l'energia atta a sopperire alle perdite di carico introdotte nel circuito fumi dalla sezione di depurazione fumi sarà utilizzato un aspiratore di estrazione silenziato e coibentato; esso avrà le seguenti caratteristiche indicative:

* portata	4.500	m ³ /h
* temperatura max	200	°C
* prevalenza (a 200°C)	600	mm H ₂ O
* potenza motore elettrico	18,5	kW
* livello di rumore a 1,5 mt.	<78	dB/A
* motore e girante in struttura fonoassorbente		si
* marcature CE		si

8.6 Camino.

Nel caso specifico si è previsto un **punto di emissione** unico per entrambi gli impianti, facente funzioni sia di camino di emergenza che di camino di processo. I fumi depurati, dopo aver attraversato l'aspiratore, vengono inviati alla canna fumaria per la evacuazione in atmosfera.

Il diametro della canna fumaria è di circa 400 mm e ha un'altezza di circa 10 m dal piano "zero" di riferimento e comunque tale da soddisfare le norme di legge e le situazioni specifiche.

L'interno del camino è costruito in acciaio al carbonio, esternamente coibentato in lana minerale ad alta densità (270 kg/m³) e lamierino di alluminio.

Il camino sarà provvisto di attacco per il prelievo di campioni analisi fumi, posizionato secondo quanto previsto dalla normativa vigente e accessibile dal piano a quota 0,00 ,per un facile svolgimento dei campionamenti periodici delle emissioni a norma di legge; il camino, inoltre, risulta munito di scarico condensa canalizzato e portello di ispezione e pulizia.

I condotti di adduzione e scarico nonché i punti di campionamento saranno disposti a norma di legge (art. 3.6 D.P.R. 322/71) e chiaramente identificati mediante apposizione di idonee segnalazioni.

La temperatura di uscita dei fumi è prevista tra 150 e 170°C e comunque tale da evitare la formazione di condense. La velocità di uscita dei fumi è calcolata per minimizzare il rumore.

Il calcolo di dimensionamento del diametro del camino è riportato nel paragrafo "Calcoli di dimensionamento".

8.6.1 Caratteristiche indicative camino.

Le caratteristiche indicative del camino sono le seguenti:

* materiale		acciaio al carbonio
* spessore rivestimento esterno		
lana minerale e lamierino di inox	25	mm
* altezza da piano di installazione forni	≈ 13,00	m
* diametro interno	≈ 400	mm
* diametro esterno (coibentazione compresa)	450	mm
* scarico condensa		si
* attacco rete di terra		si
* velocità uscita fumi	8,0	m/s

* temperatura uscita fumi 150 °C

8.6.2 Aspetti dimensionali.

Il camino di espulsione dei fumi in atmosfera è costituito da una struttura autoportante realizzata in lamiera di acciaio al carbonio ed è situato in posizione sovrastante ai forni crematori.

È inoltre dotato di fori per il prelievo dei fumi da analizzare, posti a una distanza di almeno 6÷8 diametri dall'ultima curva, e di scarico condense.

Il prelievo dei fumi sarà effettuato dal piano di calpestio a quota 0,00 senza necessità di utilizzo di scale o passerelle.

8.7 Sistema di controllo, comando, rilevazione.

8.7.1 Caratteristiche generali.

Per minimizzare la permanenza degli operatori nella sala di caricamento, in sala controllo è previsto un sistema di controllo e supervisione in grado di comandare e controllare le principali procedure operative di ciascun forno.

Tuttavia anche nella sala di caricamento dei forni è prevista l'installazione di un quadro locale completo di pannello operatore adibito al comando e controllo di ciascun forno crematorio.

L'impianto di cremazione GEM prevede una gestione estremamente semplificata, soprattutto per la totale computerizzazione delle diverse componenti dell'impianto stesso.

Il programma di controllo dell'impianto è sviluppato in ambito screenware e prevede l'utilizzo di pagine video su pannello HMI attraverso le quali è possibile visualizzare:

- le diverse sezioni dell'impianto, con indicazione dei valori istantanei delle variabili misurate e della funzionalità delle varie apparecchiature;
- l'impostazione dei diversi parametri operativi;
- la gestione degli allarmi di impianto.

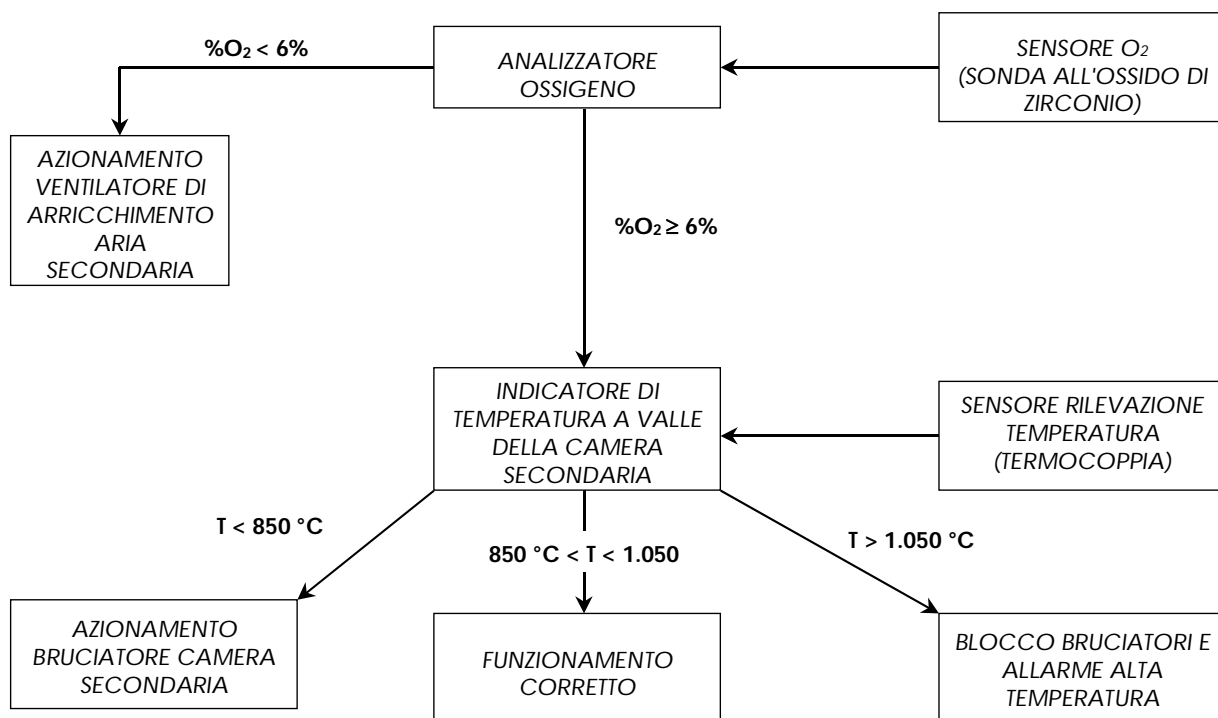
Il sistema comprende i seguenti algoritmi principali di regolazione:

- **temperatura in camera di cremazione:** è regolata da un anello PID che agisce sul quantitativo di combustibile ausiliario al bruciatore di camera di cremazione in funzione alla temperatura rilevata nella camera stessa (termocoppia);
- **temperatura in camera di post-combustione:** un sensore di temperatura (termocoppia) posto sull'uscita dei fumi dalla camera di post-combustione mantiene la temperatura ad un valore non inferiore agli 850°C agendo sul bruciatore di post-combustione tramite anello PID;
- **depressione in camera di cremazione:** è mantenuta entro un range di valori prefissati da un anello PID in funzione ad un sensore di depressione posto in camera di cremazione;
- **consenso all'apertura del forno crematorio** solo quando la camera di post-combustione ha raggiunto una temperatura di sicurezza (all'apertura del portello di carico si ha l'arresto del bruciatore in camera di cremazione);
- **tenore di ossigeno in camera di post-combustione:** un analizzatore posto sul condotto fumi in uscita dalla camera di post-combustione fornisce un segnale che tramite anello PID agisce sulla portata di aria secondaria immessa nella camera di post-combustione;
- **temperatura in ingresso filtro;**
- **efficienza del sistema di abbattimento** delle polveri (sistema a pressioni differenziali).

Il funzionamento Automatico dell'impianto permette di evitare possibili errori di conduzione dovuti all'operatore ed i conseguenti impatti ecologici negativi che ne potrebbero derivare.

Lo schema a blocchi che segue, illustra le logiche di funzionamento delle apparecchiature a

servizio della camera di cremazione e di post-combustione.



8.7.2 Quadro elettrico generale di comando e controllo.

Le apparecchiature di comando, controllo, regolazione e segnalazione sono tutte centralizzate, in un unico quadro di automazione, costruito a norma CEI / ENPI / IEC, protezione IP55 e tale da consentire l'utilizzo dell'impianto sia in funzione manuale che in automatico.

Il quadro elettrico di controllo e comando è realizzato in un armadio in carpenteria tipo Turati con grado di protezione IP55, colore RAL a scelta della Direzione Lavori, golfari di sollevamento, serrature con bloccaggio a 4 punti, zoccolo, tasca portadisegni interna, illuminazione interna.

Il quadro elettrico comprende le seguenti apparecchiature:

- interruttore generale quadro;
- interruttori magnetotermici separati e divisi per ogni singolo utilizzatore di F.M.;
- selettori, pulsanteria e spie luminose, a 2 o 3 posizioni stabili e instabili, di tipo Telemecanique o similari;
- dispositivo lampeggiante indicante la presenza di tensione a quadro aperto con relativo fine corsa di inserzione;
- azionamenti in PC (inverters);
- un pannello HMI che costituisce l'interfaccia con l'operatore; il pannello è costituito da pagine sinottiche successive in cui vengono visualizzate e controllate in continuo le principali variabili del processo.

Attraverso il pannello operatore è quindi possibile regolare ed intervenire sulle seguenti parti di impianto:

- bruciatore camera di cremazione;
- bruciatore camera di post-combustione;
- regolazione serrande aria primaria, secondaria e terziaria;
- aspiratore fumi.

Tutti gli azionamenti elettrici sono gestiti da un controllore a logica programmabile (PLC) che controlla e gestisce l'intero processo termico al fine di evitare possibili errori dovuti alla conduzione dell'operatore ed i conseguenti impatti ecologici negativi.

8.7.3 *Strumentazione di rilevazione e registrazione continua di O₂ e temperatura in camera di post-combustione.*

Ciascun impianto sarà munito di analizzatore con sonda all'ossido di zirconio e termocoppie per la rilevazione e registrazione in continuo: dell'ossigeno e della temperatura in camera di post-combustione; della temperatura in camera di cremazione, come previsto dalla normativa vigente ed in particolare dalle prescrizioni della Regione Lombardia.

La temperatura nella camera di post-combustione sarà rilevata alla parete tramite termocoppia posta nell'ultimo quarto della camera stessa, **al fine di garantire il mantenimento di una temperatura minima interna di 850°C.**

L'analizzatore di ossigeno con funzionamento continuo, permetterà di regolare la portata di aria ossidante ad un valore **maggiore o uguale al 6% rilevato all'uscita della camera di post-combustione.**

La misura della temperatura viene rilevata tramite termocoppie di tipo Pt/PtRh > 1.100°C.

Il sensore per il rilievo dell'ossigeno libero nei fumi è costituito da una sonda a base di ossido di zirconio e platino che eroga una forza elettromotrice (f.e.m.) proporzionale alla concentrazione di O₂ e non è influenzata dalla presenza di CO₂.

La forza elettromotrice (f.e.m.) proveniente dalla sonda viene inviata ad un circuito elettronico convertitore che provvede alla linearizzazione della relazione f.e.m./ O₂ ed alla compensazione delle variazioni termiche dei fumi fornendo una uscita normalizzata 4/20 mA; il range di funzionamento è 0 ÷ 25% di Ossigeno.

L'analizzatore sarà composto da tutti i componenti richiesti in base alla normativa vigente.

Entrambe le grandezze rilevate in camera di post-combustione, temperatura e percentuale di O₂, **saranno registrate in continuo.**

In caso di superamento dei valori operativi di riferimento sarà previsto un collegamento ad un sistema di allarme ottico e acustico che consentirà all'operatore di intervenire opportunamente ed eseguire le azioni correttive previste.

Con periodicità annuale saranno effettuate sui fumi analisi di controllo complete per la verifica della congruenza dei parametri delle emissioni con quelle previste dalla normativa vigente.

I risultati delle analisi dovranno essere trasmessi alla Regione Lombardia e agli altri Enti di controllo (ASL, ARPA, ecc.)

8.7.4 *Quadri elettrici locali di comando e controllo.*

Come precedentemente descritto, in sala di caricamento sarà posizionato un quadro locale di comando e controllo in grado di comandare e controllare le principali procedure operative di ciascun forno.

Il quadro ha le seguenti caratteristiche tecniche:

- | | |
|------------------------|--------------|
| - Protezione elettrica | IP55 |
| - Norme elettriche | CEI/ENPI7IEC |

8.7.5 *Sistema di supervisione completo di hardware, software e database*

Saranno inclusi in fornitura:

- PC completo di monitor TFT da 17", stampante a colori, mouse e tastiera, con processore PENTIUM 4 o equivalente e con 512 Mb di memoria RAM (Windows 200 X P);
- pacchetto di supervisione, software di gestione GEM con licenze e manuali d'uso;
- modem di comunicazione remota;
- pacchetto di gestione di comunicazione remota in ambiente SCADA.

Il pacchetto di supervisione consente di stampare un report automatico per ciascuna cremazione con indicazione dei dati anagrafici e numerazione progressiva ed anche la gestione degli allarmi con possibilità di telecontrollo da sede GEM e con possibilità di modifica on-line dei parametri di processo e del software senza necessità di intervenire in loco in caso di anomalie o malfunzionamenti

8.8 Manutenzione degli impianti di cremazione.

8.8.1 Generalità.

Per mantenere gli impianti di cremazione in buono stato di servizio nelle loro componenti principali, è previsto un programma di controllo e di manutenzione periodica.

In fase di esercizio sono previste sia la **manutenzione ordinaria** del sistema, articolata secondo le esigenze e le necessità dell'impianto, sia la **manutenzione straordinaria** che prevederà la fermata dell'impianto per un periodo dipendente dai lavori da effettuare (ad esempio sostituzione dei refrattari della camera di cremazione, sostituzione maniche del filtro, ecc.).

Si prevede indicativamente un **periodo di 3 soste all'anno per la manutenzione ordinaria** della durata di circa 1÷2 giornate lavorative, da effettuarsi indicativamente a distanza di quattro mesi l'una dall'altra e circa 5 ÷ 7 giornate lavorative per la **manutenzione straordinaria** da effettuarsi non consecutivamente nel corso dell'anno.

Tale programma rispetta l'indicazione della normativa vigente che indica un tempo massimo o pari al 20% del tempo di esercizio, quello dedicato alla manutenzione ordinaria tranne comprovate necessità che possono insorgere.

L'utilizzo dell'impianto può arrivare a circa 290 giorni all'anno pari a circa 5.000 ore anno di funzionamento.

Le manutenzioni programmate, unitamente alle pratiche operative di conduzione, verranno riportate in un apposito registro di impianto.

Per quanto concerne le operazioni di manutenzione, saranno riportate sul registro:

- data di effettuazione della manutenzione;
- tipo di manutenzione.

Il registro sarà tenuto presso gli impianti a disposizione delle Autorità di controllo.

Qualunque interruzione nell'esercizio degli impianti di abbattimento (camera di post-combustione, sistemi depolveratore, sistemi di controllo, ecc.) per manutenzione od altro, comporterà la fermata del forno.

L'impianto potrà essere riattivato solo dopo la rimessa in esercizio del sistema di abbattimento posto a presidio delle emissioni.

Sarà attrezzata un'area a magazzino ricambi che dovranno essere tenuti disponibili, su suggerimento del Costruttore dell'impianto, per un pronto utilizzo in funzione della loro criticità rispetto all'esigenza di utilizzo continuo.

Per quanto riguarda le operazioni di manutenzione ordinaria del filtro a maniche, teniamo a rilevare che una manica filtrante pulita pesa circa 2 kg e può essere facilmente maneggiata da una persona. Quando una manica filtrante deve essere sostituita viene semplicemente rilasciata dall'apposita piastra di sostegno, senza necessità di alcun utensile e quindi sfilata fuori dal filtro.

Un'ulteriore sicurezza consiste nel fatto che la porta di accesso al corpo del filtro non può essere chiusa sino a che le maniche non siano state correttamente fissate.

L'operazione di sostituzione completa delle maniche può essere completata in tempi rapidi, minimizzando la fermata dell'impianto (1÷2 giorni lavorativi). La durata delle maniche è prevista

pari a circa 10.000 ore di funzionamento.

8.8.2 Criteri di manutenzione.

Le operazioni di manutenzione parziale e totale degli impianti dovranno essere eseguite, ad **impianti fermi ed in sicurezza**, secondo le seguenti modalità:

- manutenzione parziale (controllo apparecchiature pneumatiche ed elettriche) da effettuarsi ogni **50 ore** di funzionamento **oppure con frequenza almeno quindicinale**;
- manutenzione totale da effettuarsi secondo le indicazioni fornite dal costruttore degli impianti (manuale d'uso e manutenzione) e comunque **con frequenza almeno semestrale**;
- dovranno essere in ogni caso assicurati i controlli dei **motori dei ventilatori, delle pompe e degli organi di trasmissione** (cinghie, pulegge, cuscinetti, ecc.) al servizio dei sistemi di estrazione, raffreddamento e depurazione dell'aria;
- le operazioni di manutenzione dovranno essere riportate su apposito **registro** con relativa data di effettuazione; tale registro dovrà essere tenuto a disposizione delle autorità preposte al controllo.

8.8.3 Operazioni di manutenzione.

Si riportano, di seguito, le principali **operazioni manutentive e di controllo** da effettuare sugli impianti di cremazione.

- a) Effettuare **ogni 50 ore** di funzionamento o al più tardi ogni quindici giorni **la pulizia** delle prese di misura (temperatura, pressione, Ossigeno) e **delle sonde relative** e verifica delle perdite di carico delle varie sezioni dell'impianto;
- b) **ogni tre mesi** è opportuno effettuare un'approfondita ispezione della camera di cremazione e della camera secondaria per verificare **lo stato del rivestimento refrattario**, dei giunti di dilatazione e degli ugelli di immissione dell'aria comburente; verificare, attraverso i portellini appositi, che l'**intercapedine** di collegamento tra camera primaria e secondaria non risulti ostruita da polveri o calcinacci (nel caso vengano individuati calcinacci all'interno dell'intercapedine contattare immediatamente il costruttore);
- c) verificare almeno **trimestralmente** lo stato dell'**aspiratore fumi** con particolare riguardo allo stato della girante, il suo fissaggio sull'albero, il gioco tra girante e voluta, dei supporti antivibranti e dei giunti antivibranti;
- d) verificare ogni **50 ore** di funzionamento oppure con frequenza quindicinale lo stato d'uso delle **cinghie di trasmissione**, lo stato dei **cuscinetti**, l'integrità delle protezioni;
- e) provvedere: ogni **50 ore** di funzionamento a controllare il dispositivo di **accensione dei bruciatori**; effettuare almeno **semestralmente** tutte le operazioni di controllo relative ai **bruciatori**, specificate nel libretto di manutenzione allegato fornito dal costruttore;
- f) controllare mensilmente **lo stato delle tenute dei portelli di apertura** e di ispezione sostituendo nel caso le guarnizioni e verificare **lo stato degli interruttori di fine corsa**;
- g) controllare ogni 50 ore lo stato del sistema elettromeccanico per **apertura/chiusura del portello** e verificare lo stato degli interruttori di fine corsa;
- h) verificare operativamente **il funzionamento di tutte le sicurezze installate sull'impianto** ogni 50 ore di funzionamento o almeno ogni 15 giorni (**fine corsa, allarmi alta temperatura, allarmi alta pressione, termiche motori, blocco bruciatori, funzionamento corretto del gruppo di continuità per entrata in funzione in caso di mancanza di energia elettrica ecc.**);
- i) verificare almeno **mensilmente l'integrità delle maniche filtranti**, nel caso in cui si verifichino variazioni nelle perdite di carico del sistema (lacerazioni, imbrattamenti, incrostazioni);
- j) almeno con frequenza semestrale si consiglia di effettuare una revisione completa dei **cuscinetti** e dei **supporti** lavandoli con ragia minerale (olio leggero) e poi lubrificandoli con

nuovo grasso;

- k) **pompe, elettrovalvole e componenti di regolazione** devono essere controllati ogni 50 ore o al più con frequenza quindicinale;
- l) verificare ogni 50 ore o al più con frequenza quindicinale **l'attuatore valvola aria falsa finale**;
- m) verificare ogni 50 ore lo stato dello **scambiatore/dissipatore** ed eventualmente provvedere ad una pulizia del **fascio tubero** mediante opportuno scovoli flessibili o una lancia ad aria compressa;
- n) verificare settimanalmente **carta e pennini** del registratore dei parametri di funzionamento della camera secondaria ed eventuale provvedere alla loro sostituzione;
- o) verifica semestralmente lo stato del **camino** e delle **tubazioni** con controllo coibentazione e stato carpenteria rispetto a fenomeni di corrosione.
- p) verifica mensile delle funzioni di **automazione** e **programma PLC** con verifica regolare esecuzione.
- q) Controllare ogni 50 ore o al più con frequenza quindicinale gli organi di movimentazione del **carrello montaferetri**.
- r) Controllare **ogni mese** il funzionamento della **serranda manuale di scarico ceneri** di cremazione;
- s) Controllare ogni 50 ore o al più con frequenza quindicinale lo stato dei **ventilatori di processo** (aria primaria e secondaria) e delle **serrande di regolazione** ad essi abbinate.

Schema controlli periodici.

GEM CRM/6R					
	CONTROLLI PERIODICI	Ogni 50 ore	MENSILE	TRIMESTRALE	SEMESTRALE
A	Pulizia prese di misura e sonde				
B	Ispezionare camera di cremazione, camera secondaria e l'intercapedine di collegamento per verificare stato refrattari				
C	Verifica stato aspiratore fumi				
D	Verifica stato cinghie di trasmissione, cuscinetti, protezioni aspiratore fumi				
E	- Controllo dispositivo accensione bruciatori - Controllo sui bruciatori				
F	Controllo stato tenuta portelli di apertura e interruttori di fine corsa				
G	Verificare stato sistema apertura portello e dei relativi interruttori di fine corsa				
H	Verifica funzionamento sicurezze				
I	Verificare integrità maniche filtranti				
J	Revisione cuscinetti				
K	Controllo pompe / elettrovalvole / componenti di regolazione				
L	Verifica attuatore valvola aria falsa finale				
M	Verificare stato scambiatore / dissipatore e pulizia fascio tubiero				
N	Verificare carta e pennini del registratore parametri camera secondaria ed eventuale sostituzione				
O	Verificare stato camino e tubazioni con controllo coibentazioni e stato carpenteria rispetto a fenomeni di corrosione				
P	Verifica funzioni di automazione e programma PLC e verifica regolare esecuzione				
Q	Controllo organi di movimentazione carrello montaferetri				
R	Controllo serranda manuale scarico ceneri crematorio				
S	Controllo stato ventilatori di processo				

E' opportuno rilevare che la frequenza dei controlli e della pulizia da compiere sull'impianto è puramente indicativa e dovrà prevedere ritmi temporali più serrati in caso di condizioni di utilizzo gravose ed estreme (ad esempio utilizzo continuativo, ambienti polverosi, ecc.).

Giornalmente dovrà essere effettuato il **controllo della temperatura del fluido di raffreddamento operante.**

Norme di comportamento fondamentali:

- prima di effettuare qualsiasi tipo di intervento sull'impianto è necessario togliere tensione;
- non utilizzare mai l'impianto se le apparecchiature costituenti il sistema di sicurezza (controllori, fine corsa, valvole di sicurezza, ecc.) non risultano essere state controllate secondo la frequenza stabilita (frequenza mensile con annotazione su apposito libretto di manutenzione)

8.8.4 Operazioni periodiche di pulizia e grassaggio.

Si riportano, di seguito, le principali operazioni periodiche di pulizia e grassaggio da effettuare sugli impianti di cremazione.

- a) effettuare, almeno una volta alla settimana, la **pulizia esterna dell'impianto**, tenendo presente che la stessa deve essere fatta ad impianto freddo, onde evitare danni alla speciale vernice protettiva;
- b) effettuare, almeno una volta al mese, il grassaggio dei **cuscinetti di supporto del ventilatore**;
- c) rimuovere, almeno una volta al mese, dopo aver tolto tensione al quadro, l'eventuale **polvere che si deposita sui componenti del quadro elettrico**. In ambienti molto polverosi sarà necessario ripetere l'operazione almeno settimanalmente;
- d) controllare settimanalmente lo stato del **ventilatore** e, se il caso, provvedere ad una sua manutenzione; tale operazione deve essere eseguita ad impianto fermo con, posto a quadro, cartello di: **"MACCHINA IN MANUTENZIONE"**;
- e) effettuare, almeno una volta al mese, una approfondita **pulizia in camera di cremazione**, in particolare modo nei dintorni degli **ugelli dell'aria**, dei **giunti di dilatazione** dei mattoni refrattari ed in prossimità degli **attacchi dei bruciatori** dove possono formarsi incrostazioni. E' opportuno eseguire la pulizia completa, avendo cura di non danneggiare il rivestimento refrattario. Per la pulizia è consigliabile l'uso di una comune scopa e/o spazzolone e/o di un elettroaspiratore (non utilizzare mezzi meccanici). Prima di entrare in camera per eseguire le operazioni di pulizia, è necessario provvedere a un adeguato raffreddamento dell'impianto. Dopo almeno due giorni consecutivi di fermata dell'impianto, è necessario provvedere a una adeguata ventilazione della zona di cremazione con il ventilatore di combustione in funzione. Quindi, aprire i portelli di ispezione almeno 12 ÷ 24 ore prima dell'intervento di pulizia e manutenzione, per eliminare possibili gas nocivi. E' consigliabile, comunque, prima di effettuare l'intervento in camera, **inserire il ventilatore**, che verrà disinserito prima dell'ingresso nella stessa. L'intervento di pulizia dovrà essere effettuato da personale qualificato munito di mascherina, cinghia e occhiali di protezione, **con l'assistenza di un addetto esterno incaricato di salvaguardare la sicurezza dell'operatore**.
Le ceneri residue in camera di cremazione e in camera secondaria possono essere scaricate, dopo adeguato raffreddamento (come sopra indicato), per mezzo di un aspiratore oppure manualmente.
È opportuno rilevare che eventuali accumuli di cenere in camera secondaria possono portare a una diminuzione dei volumi interni della camera stessa con conseguente variazione delle caratteristiche funzionali dell'impianto;
- f) pulire almeno ogni 50 ore lavorative gli **interuttori di fine corsa**;
- g) pulire mensilmente, dopo aver tolto tensione al bruciatore agendo sull'interruttore generale dell'impianto, il **bruciatore** stesso seguendo le istruzioni del costruttore, avendo cura di pulire in particolare la bocca del bruciatore da eventuali depositi o incrostazioni; pulire accuratamente il deflettore;
- h) effettuare mensilmente una attenta pulizia generale dei **ventilatori** e dell'**aspiratore fumi** utilizzando un panno inumidito con acqua o detergente. NOTA: Non utilizzare solventi che potrebbero danneggiare la verniciatura e le guarnizioni;
- i) rimuovere settimanalmente la cenere volatile che si deposita nei **condotti di collegamento** e

COMUNE DI FIRENZE – Impianto di cremazione salme da installarsi presso il Cimitero di Trespiano

nel **fascio tubiero dello scambiatore** utilizzando opportuni scovoli flessibili o una lancia ad aria compressa. La pulizia del fascio tubiero dovrà essere eseguita ad impianto fermo e con l'aspiratore fumi in moto;

- j) provvedere giornalmente, o quando l'apposito indicatore di livello rileva il riempimento, alla rimozione delle polveri depositatesi nei carrelli ceneri posti sotto le tramogge del filtro; per tale operazione utilizzare l'aspirapolvere in dotazione, custodito nel magazzino all'interno del locale crematorio;
- k) provvedere giornalmente allo scarico condense, pulire il polmone dell'aria e provvedere al lavaggio delle maniche del filtro.

Schema operazioni di pulizia e grassaggio.

GEM CRM/6R						
	OPERAZIONI DI PULIZIA E GRASSAGGIO	GIORNALIERA	SETTIMANALE	MENSILE	BIMESTRALE	ANNUALE
A	Pulizia esterna a impianto fermo					
B	Grassaggio cuscinetti di supporto ventilatore					
C	Rimozione polvere quadro elettrico					
D	Controllo stato ventilatore ad impianto fermo					
E	Pulizia refrattari camere					
F	Pulizia interruttori di fine corsa					
G	Pulizia bruciatori					
H	Pulizia ventilatori ed aspiratore fumi					
I	Rimuovere la cenere dei condotti di collegamento e del fascio tubiero del dissipatore ad impianto fermo					
J	Provvedere alla rimozione delle polveri sul carrelli ceneri tramogge filtro					
K	Provvedere allo scarico condensa e pulizia polmone aria – lavaggio filtro a maniche					

8.8.5 *Manutenzione programmata.*

Per assicurare un corretto funzionamento dell'impianto e per garantire la durata dei componenti impiantistici è opportuno affidare al Costruttore un servizio di manutenzione programmata.

8.8.5.1 *Manutenzione programmata ordinaria.*

Gli interventi di manutenzione programmata ordinaria all'impianto di cremazione salme completo di depurazione fumi prevede 3 interventi all'anno da parte di tecnici qualificati GEM.

Nel corso di tali interventi è prevista la sostituzione dei materiali di consumo, la manutenzione degli elementi impiantistici previsti e la verifica dello stato generale degli impianti.

I materiali di consumo previsti in sostituzione ogni circa 1.000÷1.500 cremazioni o un anno di funzionamento sono i seguenti:

DENOMINAZIONE MATERIALI DI CONSUMO

- n.1 tubo protezione sonda O₂
- n.1 termocoppie TCS L 450 doppio elemento
- n.1 termocoppia TCS L 700 doppio elemento
- n.1 guarnizione portello di carico in fibra ceramica
- n.2 flessibili bruciatori
- n.2 spioncini di ispezione vetro sp.10
- n.1 finecorsa blindato

Le parti di ricambio previste in sostituzione ogni circa 1.000÷1.500 cremazioni o un anno di funzionamento sono le seguenti:

PARTI DI RICAMBIO

- n.1 relè
- n.1 strumentazione
- n.1 cassetta di controllo bruciatore
- n.1 trasmettitore di pressione P sensor 0÷10 mbar
- n.1 motore serranda aria aspiratore fumi
- n.1 sonda O₂ all'ossido di zirconio
- n.1 controllo tenuta valvole per rampe gas
- n.1 regolatore pressione gas bruciatori
- n.1 scheda PLC
- n.1 catena apertura portello di carico e sistema elettromeccanico

Le operazioni di manutenzione programmata ordinaria sono riportate nella tabella allegata con la relativa frequenza di intervento.

Schema operazioni di manutenzione programmata ordinaria.

GEM CRM/6R						
	OPERAZIONI DI MANUTENZIONE PROGRAMMATA ORDINARIA	MENSILE	BIMESTRALE	TRIMESTRALE	SEMESTRALE	ANNUALE
A	Verifica e pulizia termocoppie					
B	Verifica ed eventuale sostituzione flessibili e controlli bruciatori					
C	Verifica e sostituzione guarnizioni portelli					
D	Verifica ed eventuale sostituzione sonda O ₂					
E	Verifica scheda PLC					
F	Verifica ed eventuale sostituzione trasmettitore di pressione					
G	Verifica ed eventuale sostituzione interruttori di fine corsa					
H	Verifica e controllo motore aspiratore fumi					
I	Revisione membrane elettrovalvole filtro a maniche					

8.8.5.2 Manutenzione programmata straordinaria.

Le operazioni di manutenzione straordinaria prevedono le seguenti attività:

- **SOSTITUZIONE SUOLA DI CREMAZIONE E RIPRISTINO GIUNTI DI DILATAZIONE**

Dopo 2.200 cremazioni.

- **SOSTITUZIONE RIVESTIMENTO REFRATTARIO PORTA DI CARICO FERETRI E PORTELLI DI ISPEZIONE E SCARICO**

Dopo 3.500 cremazioni.

- **SOSTITUZIONE CATENA DI ACCIAIO DI APERTURA PORTELLO DI CARICO**

Dopo 3.500 cremazioni.

- **SOSTITUZIONE SET COMPLETO TESSUTO FILTRANTE DEPOLVERATORE**

Dopo 4.500 cremazioni.

- **REVISIONE VENTILATORI, POMPE DI CIRCOLAZIONE ACQUA CALDA E COMPONENTISTICA ELETTROMECCANICA**

Dopo 8.000 cremazioni.

- **RIFACIMENTO RIVESTIMENTO REFRATTARIO FORNO**

Dopo 8.000 cremazioni.

9 ANALISI DEI RISCHI E MANUTENZIONE IMPIANTI DI FILTRAZIONE.

9.1 Analisi dei rischi.

I sistemi di abbattimento sia di processo sia di lavaggio sono di tipo meccanico.

I maggiori fattori di rischio connessi ai cicloni sono:

- caduta dall'alto di persone o materiale;
- asfissia.

Le principali misure di **prevenzione e protezione per ridurre tali fattori di rischio** sono:

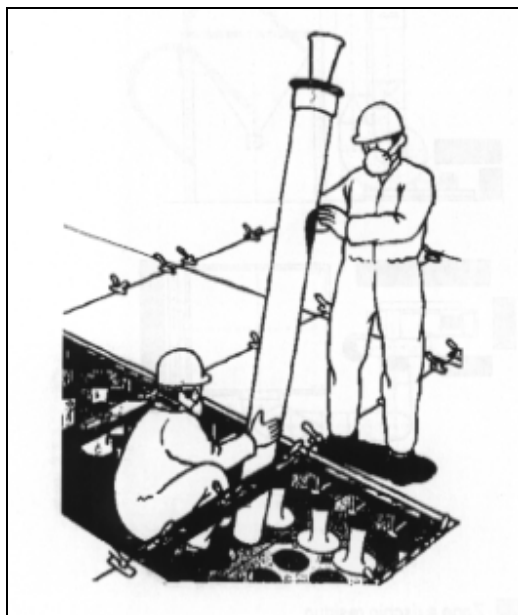
- far intervenire personale all'uopo incaricato;
- non rimuovere le protezioni collettive (parapetti, portine di ispezione, ecc.);
- seguire le procedure specifiche di lavoro;
- rispettare la segnaletica di sicurezza;
- indossare gli idonei dispositivi di protezione individuale.

Negli interventi manutentivi all'interno dei filtri si aggiungono altri fattori di rischio dovuti a:

- ambiente polveroso;
- ventilazione insufficiente;
- caduta elementi.

Per **ridurre tali fattori di rischio** occorre:

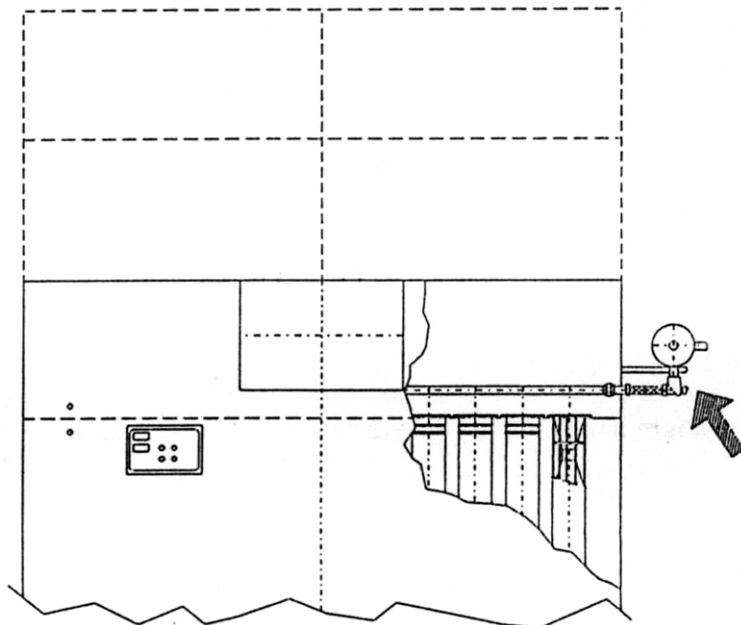
- scaricare il materiale polveroso dai filtri;
- attuare un'adeguata ventilazione di lavaggio;
- controllare la polverosità all'interno del filtro;
- indossare gli idonei dispositivi di protezione individuale.



Sostituzione di una manica filtrante

9.2 Scarico condensa dal polmone aria lavaggio maniche.

Provvedere **GIORNALMENTE** allo scarico della condensa del polmone aprendo lentamente e parzialmente la valvola di intercettazione.



9.3 Controllo e lavaggio a vuoto delle maniche.

Ogni 8 ore è opportuno effettuare, alla fine di ogni turno di lavoro, due cicli completi di lavaggio a vuoto delle maniche (senza che entri polvere nel filtro).

In questo modo si ottiene una pulizia accurata delle maniche e se ne aumenta la durata e l'efficienza.

9.4 Controllo, pulizia e sostituzione delle maniche filtranti.

Controllare ogni mese o almeno ogni 400 ore di funzionamento lo stato delle maniche filtranti, prestando particolare attenzione al loro stato di pulizia e tensione.

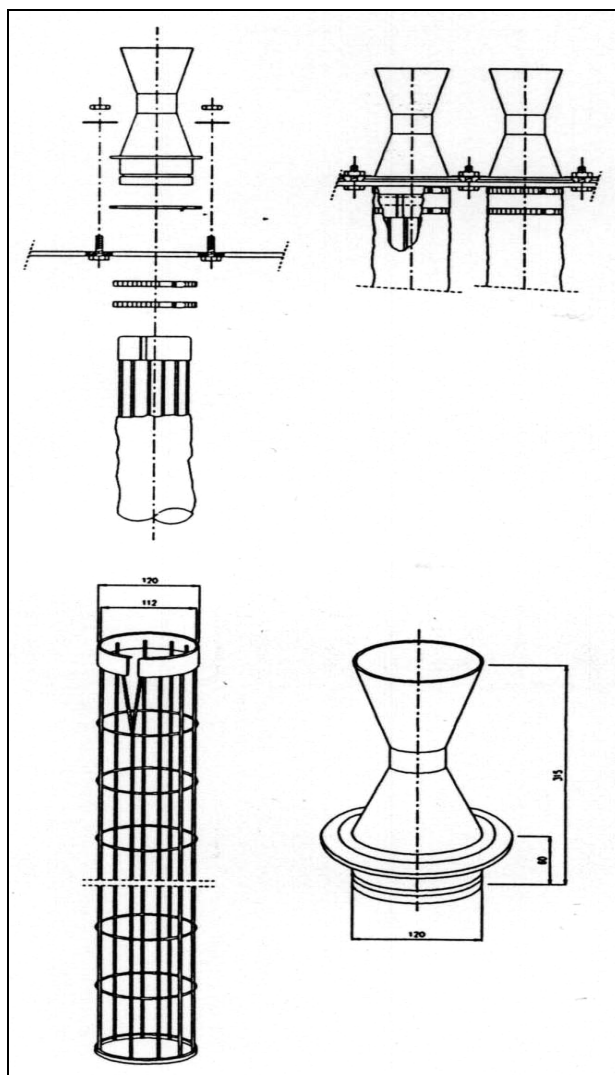
Il controllo si effettua nel seguente modo:

- a) togliere tensione alla macchina (asportando la chiave dall'interruttore generale del quadro, per evitare avviamenti accidentali);
- b) apporre la segnalazione di intervento d'ispezione/manutenzione sul pannello di comando dell'impianto;
- c) aprire il portello inferiore di controllo;
- d) verificare lo stato di pulizia, la tensione, l'usura delle maniche;
- e) richiudere il portello di controllo;
- f) ridare tensione alla macchina e togliere la segnalazione di intervento d'ispezione/manutenzione sul pannello di comando.

La **sostituzione delle maniche** è normalmente prevista **dopo circa 8.000** ore di funzionamento; in caso di uso corretto dell'impianto le maniche possono avere una durata superiore fino ad un **massimo di circa 12.000 ore**; nel periodo d'uso oltre le 8.000 ore è

COMUNE DI FIRENZE – Impianto di cremazione salme da installarsi presso il Cimitero di Trespiano

opportuno verificare l'efficienza del sistema filtrante attraverso delle analisi al camino delle polveri emesse.



Schema manica filtrante

Nel caso si debba sostituire una o più maniche l'operatore provvisto dei **DPI** indicati deve procedere nel seguente modo:

- ❖ dopo aver eseguito, ad aspiratore fermo, più cicli di lavaggio delle maniche, accertarsi del livello polveri nei carrelli ceneri, nelle tramogge ed eventualmente rimuoverli per lo scarico;
- ❖ dopo aver tolto tensione alla macchina aprire il portone esterno;
- ❖ staccare le flange delle tubazioni in entrata e uscita fumi dal filtro;
- ❖ staccare l'attacco dell'aria compressa e gli attacchi rapidi di collegamento dell'alimentazione elettrica al quadretto di comando;
- ❖ portare per mezzo delle ruote guidate il filtro nel piazzale esterno e montare la scala e le passerelle di sicurezza;
- ❖ posizionare intorno al filtro un telo di raccolta per evitare l'eventuale dispersione di polveri;
- ❖ aprire i portelli superiori di ispezione e le lance di soffiaggio;
- ❖ sportare le maniche individuate come difettose o danneggiate insieme con il cestello;
- ❖ sfilare la manica da sostituire dal cestello e inserire nella piastra forata quella nuova utilizzando l'attacco rapido snap-ring;

- ❖ vincolare il gruppo manica/cestello/venturi con i piastrini di fissaggio mediante bullonatura e montare le lance di soffiaggio fissandole mediante bullonatura.

Le operazioni di rimontaggio verranno quindi compiute in senso inverso a quelle precedentemente descritte avendo cura di controllare l'esatta sistemazione delle guarnizioni dei portelli e delle tubazioni.

9.5 Revisione membrana delle elettrovalvole.

Revisionare almeno MENSILMENTE la membrana delle elettrovalvole.

La membrana potrebbe bloccarsi principalmente per una delle seguenti cause:

- ❖ lunga inattività, con conseguente perdita di elasticità della membrana (in questo caso deve essere sostituita);
- ❖ presenza di condensa nell'aria compressa che provoca ruggine sulla molla di richiamo (occorre rimuovere condensa e ruggine);
- ❖ presenza di corpuscoli che otturano il passaggio dell'aria (rimuovere polvere e corpuscoli).

Il controllo e l'eventuale sostituzione delle membrane deve essere fatto adottando tutte le precauzioni già descritte nel punto precedente.

L'accesso alla membrana viene realizzato rimuovendo le quattro viti di bloccaggio, le cui teste sporgono dal coperchio della valvola stessa.

9.6 Controlli e lubrificazioni.

A ogni inizio turno è necessario controllare il livello della polvere nei carrelli di scarico.

Ogni settimana, a impianto fermo, è necessario procedere alla verifica degli indicatori di livello e alla loro funzionalità, provvedendo alla loro pulizia; provvedere alla pulizia della sonda di temperatura ingresso filtro ed alla pulizia della serranda di regolazione aria di raffreddamento in ingresso filtro.

Mensilmente, a impianto fermo, è necessario controllare la serranda di regolazione dell'aria di raffreddamento ingresso filtro; provvedere ad ingrassare supporti, regolatori e attuatori.

Mensilmente, a impianto fermo, è necessario controllare le serrande di by pass filtro; provvedere ad ingrassare supporti, regolatori e attuatori.

10 CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO.

10.1 Calcolo del dimensionamento della camera di post-combustione.

10.1.1 Premessa.

Per il calcolo di dimensionamento della camera di post-combustione occorre effettuare dapprima il calcolo del volume totale dei gas che si vengono a sviluppare nel corso della cremazione (nelle camere di cremazione e di post-combustione).

Quindi, in base al tempo minimo di permanenza dei gas in camera di post-combustione (2 secondi), si calcola il volume della camera stessa.

Il volume complessivo di gas è il risultato della sommatoria dei seguenti volumi:

- Volume dei fumi prodotti dalla cremazione del feretro;
- Volume dei fumi prodotti dal bruciatore in camera di cremazione;
- Volume dei fumi prodotti dal bruciatore in camera di post-combustione;

COMUNE DI FIRENZE – Impianto di cremazione salme da installarsi presso il Cimitero di Trespiano

- Volume dell'aria di arricchimento insufflata per ottenere all'uscita della camera di post-combustione un valore di Ossigeno pari al 6%.

Segue il calcolo dei singoli apporti volumetrici.

10.1.2 Volume dei fumi prodotti dalla cremazione del feretro.

Analisi chimica degli elementi di cremazione

L'impianto è dimensionato per una capacità media di 120÷130 kg a cremazione e la durata media della cremazione è di circa 75÷85 minuti (con funzionamento a regime).

Nella tabella seguente viene riportata la composizione percentuale ed il peso degli elementi costituenti il feretro: viene considerato un ciclo di cremazione con una salma del peso di 80 kg ed un feretro di 40÷50 kg.

ANALISI CHIMICA ELEMENTI DI CREMAZIONE			
Elementi costituenti (salma + feretro)		Peso (kg)	Composizione percent. (%)
Contenuto di Carbonio	C	24,6	18,94
Contenuto di Idrogeno	H	3,9	2,87
Contenuto di Ossigeno	O	40,7	31,36
Contenuto di Azoto	N	0,5	0,46
Contenuto di Zolfo	S	0,1	0,10
Contenuto di Anidride Carbonica	CO ₂	0,0	0,00
Contenuto di Acqua	H ₂ O	60,2	46,27
TOTALE		130,0	100,00

In base a questa composizione, a cui corrisponde un potere calorifico inferiore di $950 \div 1.000$ kcal/kg, si ottiene un volume stechiometrico dell'aria di combustione di **1,41 Nm³/kg** ed un volume di fumi corrispondente di **2,36 Nm³/kg** (formule di Veron).

Volume dei fumi prodotti.

Come anticipato, l'impianto è dimensionato per una capacità di 120÷130 kg a cremazione; considerando che la durata media della cremazione è di 75÷85 minuti (con funzionamento a regime), il forno ha una portata massica oraria di circa 95÷100 kg/h; ponendoci nelle peggiori condizioni, abbiamo:

Capacità di cremazione:	R	kg	130
Tempo di cremazione:	H	h	1,4
Potenzialità oraria effettiva:	G_{o,eff}	kg/h	93

la cremazione del feretro, quindi, produce un volume di fumi:

$$93 \text{ kg/h} \times 2,36 \text{ Nm}^3/\text{h} = \approx 220 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

10.1.3 Volume dei fumi prodotti dai bruciatori.

Come anticipato, il forno crematorio è dotato di due bruciatori modulanti posizionati in camera di cremazione e in camera di post-combustione e aventi entrambi potenza massima 400 kW.

Il processo di cremazione non richiede mai la simultanea potenza massima dei bruciatori. Lo svolgimento di una cremazione, infatti, prevede al più uno dei due bruciatori operante alla massima potenza erogabile.

La portata totale viene calcolata ipotizzando un utilizzo del bruciatore di camera di cremazione al 50% della propria potenzialità e un utilizzo del bruciatore di camera di post combustione alla massima potenzialità.

In realtà i bruciatori, durante la fase di cremazione, vengono utilizzati per una potenzialità pari al 50% della loro potenzialità massima. L'energia termica necessaria viene fornita da un bruciatore in camera di combustione alimentato a metano di potenza media di utilizzo pari a circa 174 kW e da un bruciatore a metano installato in camera secondaria di potenza media di utilizzo di circa 232 kW. Il calcolo svolto, dunque, risulta ampiamente cautelativo.

Il volume dei fumi prodotti dai bruciatori viene valutato mediante la formula seguente:

$$Q_b = P_b \times q_b / H_i$$

Dove: Q_b = Volume totale fumi bruciatore

P_b = Potenzialità bruciatore

q_b = Volume fumi stechiometrico bruciatore = 10,4 Nm³/Nm³ CH₄

H_i = Potere calorifico inferiore del Metano = 9,85 kW/Nm³ h

Quindi otteniamo un volume dei fumi prodotti dai bruciatori rispettivamente:

Volume totale fumi bruciatore primario = 211 Nm³/h

Volume totale fumi bruciatore secondario = 422 Nm³/h

In definitiva il volume totale di fumi prodotto dai bruciatori risulta pari a **633 Nm³/h**.

10.1.4 Volume dell'aria di arricchimento.

Il tenore minimo di Ossigeno previsto nei fumi all'uscita della camera di post-combustione è del 6%; è pertanto indispensabile operare con un eccesso d'aria quantificato come segue (21% è il tenore volumetrico di Ossigeno dell'atmosfera):

$$Q_{arr} = Q_{tot} \times \%O_2 / (21\% - \%O_2)$$

$$Q_{arr} = 853 \times 6\% / (21\% - 6\%) = 341 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

10.1.5 Volume totale di gas.

A questo punto la sommatoria dei fumi presenti in camera di post-combustione risulta essere:

- Fumi provenienti dalla camera di cremazione	=	220 Nm ³ /h
- Fumi generati dal bruciatore di combustione	=	211 Nm ³ /h
- Fumi generati dal bruciatore di post-combustione	=	422 Nm ³ /h
- Eccesso d'aria	=	341 Nm ³ /h
		<hr/>
- Fumi totali		1.194 Nm³/h

10.1.6 Dimensionamento della camera di post-combustione.

Con questo valore, rapportato ad una temperatura di 850°C, si dovrà dimensionare il volume della camera di post-combustione:

$$1.194 \text{ Nm}^3/\text{h} \times [(850 + 273)/273] \text{ } ^\circ\text{C} = 4.900 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$4.900 \text{ m}^3/\text{h} / 3.600 = 1,360 \text{ m}^3/\text{s}$$

con tempo di permanenza minimo pari a 2 secondi il volume minimo della camera di post-combustione è:

$$1,360 \text{ m}^3/\text{s} \times 2 \text{ s} = 2,72 \text{ m}^3$$

Pertanto per garantire un ottimale funzionamento della camera di post-combustione (tempo di permanenza dei fumi superiore a 2 secondi) il volume previsto della camera di post-combustione deve essere almeno pari a 2,72 m³; il valore di dimensionamento pari a 2,80 m³ è tale da soddisfare i limiti di legge per le condizioni più gravose.

10.2 Dimensionamento della sezione di ingresso della camera di post-combustione.

Il calcolo della sezione di ingresso della camera di post-combustione si effettua partendo dal valore del volume effettivo di fumi prodotto in camera di cremazione e rapportandolo alla velocità minima imposta dalla legislazione (10 m/s).

Il calcolo si effettua nel modo seguente:

$$\text{Volume fumi prodotto dalla cremazione del feretro} = 220 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{Volume fumi prodotto dal bruciatore in camera di cremazione} = 211 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$\text{Volume totale fumi prodotto in camera di cremazione} = 431 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Su questo valore, rapportato ad una temperatura di circa 850°C, si dovrà dimensionare la sezione di ingresso della camera di post-combustione:

Fumi totali a 850°C

$$431 \text{ Nm}^3/\text{h} \times [(850 + 273)/273] \text{ } ^\circ\text{C} = 1.771 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{pari a} = 0,492 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sezione di passaggio con $v = 10 \text{ m/s}$

$$0,492 \text{ m}^3/\text{s} / 10 \text{ m/s} = 0,0492 \text{ m}^2$$

10.3 Calcolo del dimensionamento della superficie filtrante.

Per il dimensionamento di un filtro a tessuto si parte dal calcolo della superficie filtrante necessaria, desumibile dalla seguente relazione:

$$F = \frac{Q}{60 \times W_a}$$

dove:

F = superficie filtrante del filtro a tessuto (m²)

Q = portata effettiva dei fumi al filtro (m³/h)

W_a = velocità di attraversamento (m³/m² min)

Sulla base della letteratura e delle prescrizioni della Regione Lombardia, la velocità di attraversamento dovrà essere inferiore a 1,0 m³/m² min. Al fine di garantire la massima efficienza di

COMUNE DI FIRENZE – Impianto di cremazione salme da installarsi presso il Cimitero di Trespiano

filtrazione e la durata nel tempo del tessuto filtrante, si effettuerà il calcolo imponendo un valore cautelativo della velocità di filtrazione pari a **0,85 m³/m² min.**

Il filtro a maniche è unico per entrambe le linee di cremazione, per cui la superficie filtrante viene calcolata in base alla portata massima dei fumi di entrambi i crematori.

Con il valore del volume di fumi calcolato in precedenza e rapportato ad una temperatura (massima ammissibile nella sezione filtrante) di 180°C, si otterrà il volume dei fumi da trattare:

$$2 \times 1.194 \text{ Nm}^3/\text{h} \times [(180 + 273) / 273] \text{ } ^\circ\text{C} \approx \mathbf{4.000 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Nel caso specifico la relazione di calcolo è la seguente:

$$F = \frac{4.000}{60 \times 0,85} = 80 \text{ m}^2$$

Pertanto la superficie minima di riferimento del filtro depolveratore sarà di circa 80 m² : il valore adottato di 110 m², risulta del tutto cautelativo, anche tenendo conto dei possibili sporcamenti.

10.4 Dimensionamento del camino.

Il diametro del camino si calcola imponendo una velocità di efflusso dei fumi di 12 m/s:

$$A = \frac{Q_{tot}}{v} \quad [\text{m}^2]$$

dove :

$$Q_{tot} = \text{portata di fumi al camino} = 4.000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = \text{velocità di efflusso} = 12 \text{ m/s}$$

Sostituendo i valori, ricavo la sezione della canna fumaria:

$$A \cong 0,09 \text{ m}^2$$

$$\text{corrispondenti ad un diametro: } D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 0,343 \text{ m}$$

Si adotta pertanto un diametro D = 400 mm.

La bocca di scarico del camino sarà posizionata a un'altezza di circa H = 10,0 m da quota pavimento e comunque tale da soddisfare i requisiti imposti dalla legislazione vigente.