



CONSIGLIO REGIONALE DEL VENETO

X LEGISLATURA

*ALLEGATO ALLA DELIBERAZIONE CONSILIARE N. 32 DEL 26 FEBBRAIO 2019
RELATIVA A:*

**PIANO REGIONALE DI COORDINAMENTO PER LA REALIZZAZIONE DEI
CREMATORI A MENTE DELLA LEGGE 30 MARZO 2001, N. 130 E DELLA
LEGGE REGIONALE 4 MARZO 2010, N. 18**

ALLEGATO A



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

**LINEE GUIDA PER I CONTROLLI ALLE EMISSIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE
DA APPLICARE AGLI IMPIANTI DI CREMAZIONE IN VENETO**

ALLEGATO A

ARPAV

Direttore Generale: Nicola Dell'Acqua

Direzione Area Tecnico Scientifica: Carlo Terrabujo

Progetto e realizzazione:

Osservatorio Regionale Aria *Salvatore Patti* (Responsabile della struttura)

Giovanna Marson

Dipartimento ARPAV Provinciale di Venezia - Servizio Controllo ambientale *Mirko Zambon* (Responsabile della struttura)

-Unità Operativa Fonti di Pressione - *Elena Dell'Andrea* (Responsabile U.O.)

Giuliano Trevisan

Con la collaborazione di: Barbara Intini (Osservatorio Regionale Aria), Piero Silvestri (Dipartimento ARPAV Provinciale di Treviso), Arianna Sgevano (Dipartimento ARPAV Provinciale di Vicenza), Giuseppe Stanghellini (Dipartimento ARPAV Provinciale di Verona), Alessandra Cavaggion (Dipartimento ARPAV Provinciale di Padova).

E' consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO LEGISLATIVO	4
3. IL PROCESSO DI CREMAZIONE.....	5
ASPETTI TECNICI E PARAMETRI DI PROCESSO.....	5
INQUINANTI TIPICI DEL PROCESSO	6
Diossine, furani: Generalità e caratteristiche chimico-fisiche	7
Tossicità equivalente	8
Mercurio	10
IMPIANTI DI CREMAZIONE IN VENETO	11
Venezia e Provincia.....	11
Padova e Provincia	11
Treviso e provincia.....	11
Vicenza e provincia	12
Verona e provincia	12
Belluno e Provincia	12
Rovigo e Provincia.....	12
SISTEMI DI ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI	13
POTENZIALI EMISSIVI NELLE PEGGIORI CONDIZIONI	16
CASO STUDIO ARPAV.....	16
STIMA DEL BILANCIO DI MASSA	18
LIMITI ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA.....	19
Emissioni in Atmosfera.....	21
Ricadute al suolo.....	21
CRITERI DI EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI CREMATORI.....	22
CRITERI TERRITORIALI, PAESAGGISTICI E ARCHITETTONICI.....	22
4. CONCLUSIONI.....	23
ALLEGATO TECNICO: PROGRAMMA REGIONALE DI CONTROLLO DEGLI IMPIANTI DI CREMAZIONE	24
BIBLIOGRAFIA	35
GLOSSARIO.....	37

1. PREMESSA

In questi ultimi anni si osserva in Italia, a fronte di una generalizzata carenza riguardo alla potenzialità degli impianti esistenti, un incremento delle richieste di ricorso alla pratica della cremazione per motivazioni etico-economiche e culturali. Allo stesso tempo si ha un'oggettiva difficoltà di individuazione dei siti da adibire a nuovi insediamenti, dovuta alla presenza di cimiteri storici in aree urbane ed alla difficoltà di reperimento di nuove aree cimiteriali.

A questo si aggiunge una carenza di posti sepoltura-salme, a fronte di una maggiore richiesta (tumulazione e/o inumazione e/o cremazione) dovuta a vari motivi:

- un'incompleta mineralizzazione di salme tumulate e/o esumate a seguito del turno di rotazione contemplato dal vigente regolamento nazionale (DPR 285/90 e successive circolari esplicative) e quindi dei regolamenti locali;
- un prevedibile aumento della richiesta di posti-sepoltura (invecchiamento della popolazione);
- nuovi orientamenti della popolazione riguardo la cremazione.

Questo porta a considerare la cremazione come una soluzione alternativa alla tumulazione e inumazione, con un probabile incremento del suo utilizzo. In Italia la pratica della cremazione ha avuto un incremento significativo; nel 2015 si sono registrate a consuntivo 137'165 cremazioni di feretri. Sono attivi 74 impianti di cremazione e si sono costituiti 51 comitati di cittadini contrari all'installazione di nuovi impianti senza garanzie certe.

Gli impianti di cremazione salme, nei paesi che aderiscono alla Convenzione di Stoccolma per la riduzione degli inquinanti organici persistenti (POP's), sono considerati fonti non intenzionali di emissione di diossine. La Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti è stata adottata il 22 maggio 2001. La convenzione, entrata in vigore il 17 maggio 2004, stabilisce che gli inquinanti organici persistenti danneggiano la salute dell'uomo e l'ambiente. L'Unione Europea ha adottato la convenzione con la Decisione 2006/507/CE del Consiglio. Nella convenzione è fornita una definizione di inquinanti organici persistenti (POP's) e sono fissate le norme che ne regolano la produzione, l'importazione e l'esportazione.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ha predisposto la "EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2016" [1] che costituisce il supporto tecnico per la predisposizione degli inventari nazionali delle emissioni in base alla UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) e alla Direttiva National Emission Ceilings 2001/81/EC. Il capitolo 5.C.1.b.v della Guida contiene i calcoli per la stima delle emissioni dovuta all'incenerimento di corpi umani in un crematorio (codice SNAP 090901). Nel documento si afferma che il contributo delle emissioni dovute a cremazione costituisce circa l'1% delle emissioni nazionali per ciascun inquinante. Il contributo di questa sorgente al totale delle emissioni di diossine e furani è indicato nello 0.2%. Nel resto d'Europa l'argomento è considerato e valutato anche dal punto di vista normativo, mentre in Italia le informazioni e i dati a disposizione restano numericamente limitati con la conseguenza che i livelli di concentrazione degli inquinanti provenienti da tali fonti stazionarie sono ancora incerti, non correttamente verificati e probabilmente sottostimati.

Per questa specifica categoria di impianti è da considerare inoltre l'emissione in atmosfera di mercurio, dovuta alle vecchie otturazioni in amalgama eventualmente presenti nella salma, anche se scenari futuri prevedono una riduzione dell'emissione di tale inquinante dovuta al cambio della tecnologia delle otturazioni dentali.

Obiettivo del presente documento è descrivere sinteticamente la normativa nazionale e regionale di riferimento in relazione ai forni crematori, delineare il quadro degli impianti di cremazione attualmente esistenti in Veneto e proporre un programma di gestione e controlli alle emissioni nonché le prescrizioni tecniche da applicare agli impianti di cremazione esistenti e di nuova installazione in Veneto.

2. INQUADRAMENTO LEGISLATIVO

La legge 30 marzo 2001, n. 130 disciplina la pratica funeraria della cremazione. L'art. 6 "Programmazione regionale, costruzione e gestione dei crematori" stabilisce che le regioni debbano elaborare piani regionali di coordinamento per la realizzazione dei crematori da parte dei comuni, anche in associazione tra essi, tenendo conto della popolazione residente, dell'indice di mortalità e dei dati statistici sulla scelta crematoria da parte dei cittadini di ciascun territorio comunale, prevedendo, di norma, la realizzazione di almeno un crematorio per regione. L'art. 6 stabilisce anche che la gestione dei crematori spetti ai comuni, che la esercitano attraverso una delle forme previste dall'articolo 113 del testo unico delle leggi sull'ordinamento degli Enti Locali, approvato con decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 267.

La legge Regionale del Veneto n. 18/2010, in coerenza con la legge nazionale n. 130/2001, ha previsto disposizioni in materia di attività e servizi necroscopici, funebri e cimiteriali. La Sezione V della L.R. 18/2010 è dedicata al tema della cremazione. L'art. 45 stabilisce che i forni crematori siano realizzati nell'ambito dell'area cimiteriale e siano gestiti dai comuni, anche in associazione, direttamente o affidati a terzi nei modi previsti per i servizi pubblici locali di rilevanza economica, nel rispetto della normativa statale e comunitaria vigente.

L'art. 45 prevede anche che le emissioni dai forni crematori siano soggette al controllo della provincia che si avvale dell'Agenzia Regionale per la prevenzione e protezione ambientale del Veneto (ARPAV).

Il quadro normativo di riferimento è costituito sostanzialmente dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.^[1] che nella Parte V titolata " Norme in materia di tutela della qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera" contiene il Titolo I " Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività". I forni crematori non ricadono tra gli impianti di combustione medi, come stabilito dall'art. 273 bis, comma 10 lettera m).

Per il rilascio dell'autorizzazione alle emissioni in atmosfera di un forno crematorio, il riferimento normativo è dato dal D.Lgs. 152/2006, art. 269 c.3, in base al quale l'autorità competente, ovvero la Provincia, indice, entro trenta giorni dalla ricezione della richiesta, una conferenza di servizi ai sensi dell'articolo 14, della legge 7 agosto 1990, n. 241, nel corso della quale si procede anche, in via istruttoria, ad un contestuale esame degli interessi coinvolti in altri procedimenti amministrativi e, in particolare, nei procedimenti svolti dal comune ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, e del regio decreto 27 luglio 1934, n. 1265. Per il rinnovo e per l'aggiornamento dell'autorizzazione, l'autorità competente, previa informazione al comune interessato il quale può esprimere un parere nei trenta giorni successivi, avvia un autonomo procedimento entro trenta giorni dalla ricezione della richiesta. L'autorizzazione rilasciata ha validità per 15 anni, a decorrere dalla data di emanazione del provvedimento, ed il suo eventuale rinnovo è subordinato alla presentazione di specifica domanda, che deve essere presentata almeno un anno prima della scadenza.

Per quanto riguarda i limiti di emissione di tali impianti, le concentrazioni degli inquinanti dovranno essere inferiori a quelle elencate dal D.Lgs. 152/2006 Parte V – Allegato I. In particolare, considerando le policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani (appartenenti alla classe I della Tabella A2) si evidenzia che il valore di emissione riportato è pari a 0.01 mg/Nm³ (10'000 ng/Nm³) ed è riferito alle diossine/furani espresse in concentrazione totale.

1 Il D.Lgs. 183/2017 ha modificato il D.Lgs. 152/2006 introducendo la regolamentazione degli impianti di combustione medi recependo la Direttiva UE 2015/2193 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 novembre 2015, relativa alla limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da impianti di combustione medi, nonché per il riordino del quadro normativo degli stabilimenti che producono emissioni nell'atmosfera, ai sensi dell'articolo 17 della legge 12 agosto 2016, n. 170.

In genere l'Ente che autorizza le emissioni in atmosfera, in base al principio di precauzione, sia per le Diossine che per gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, si riferisce ai limiti di emissione stabiliti per gli inceneritori di rifiuti dal D.Lgs. 152/2006, Allegato I al Titolo III-bis Parte IV.

Tuttavia il rispetto di tale limite di emissione previsto per diossine e furani, pari a 0,1 ng/m³, non è scontato a priori per l'attività di cremazione.

3. IL PROCESSO DI CREMAZIONE

La cremazione del feretro avviene sulla base di una programmazione che segue l'ordine cronologico di arrivo della salma e dell'autorizzazione alla cremazione emessa dal comune dove è avvenuto il decesso. Il processo di cremazione viene condotto con criteri e passaggi precisi: il feretro, generalmente contenuto in una cassa, al termine del rito di saluto viene trasferito direttamente nell'area tecnica del crematorio dove viene custodito in appositi spazi, rimanendovi fino al momento della cremazione. Il feretro viene corredato da una targhetta refrattaria non termodeperibile, con il nome e la data di nascita del defunto, in modo da garantire la tracciabilità della salma.

Ogni cremazione avviene singolarmente introducendo nell'impianto il feretro di legno integro e sigillato come consegnato al tempio crematorio.

ASPETTI TECNICI E PARAMETRI DI PROCESSO

Dal punto di vista tecnico scientifico, la cremazione è un processo termico irreversibile mediante il quale un corpo, con l'intenso calore e l'evaporazione, viene ridotto in cenere. La cremazione è quindi un'accelerazione controllata del naturale processo di decomposizione delle spoglie mortali che normalmente dura qualche decina di anni.

Il processo di combustione, definito processo "in batch", avviene in appositi impianti, chiamati crematori, generalmente alimentati a metano, posti all'interno dell'area cimiteriale. Al termine del processo rimangono circa 1500/2000 grammi di cenere calcinata biancastra.

Il processo di cremazione prevede le seguenti fasi:

- Introduzione manuale/automatica dei feretri nella camera di combustione;
- Processo di combustione;
- Post-combustione a ossidazione totale;
- Depurazione fumi;
- Scarico delle ceneri nella zona di calcinazione e loro raffreddamento;
- Recupero delle ceneri di cremazione;
- Processo di polverizzazione delle ceneri;
- Chiusura e stagnatura delle urne.

Il processo di combustione assicura la gassificazione e combustione delle componenti organiche del feretro, mentre la camera di post-combustione garantisce l'ossidazione ad elevata turbolenza della miscela gassosa sviluppatasi dal trattamento di combustione. Il processo di cremazione è una "combustione esotermica controllata" che deve avvenire con controllo del tenore di ossigeno e della temperatura. I gas in uscita dalla camera di post combustione possono raggiungere temperature limite di 1000 - 1100°C e quindi devono essere raffreddati per proteggere i componenti a valle dell'impianto. Le soluzioni tecniche più diffuse per il raffreddamento dei fumi sono:

- Dissipazione del calore per mezzo di dissipatori fumi/aria;
- Recupero dell'energia termica per mezzo di scambiatori di calore a fascio tubiero fumi/acqua ed eventuale dissipazione del calore di esubero sul circuito acqua per mezzo di air-cooler.

Operativamente la temperatura nella camera di post-combustione varia tra gli 850 e i 1000 °C e deve essere comunque inferiore alla temperatura limite sostenibile dei forni refrattari, intorno ai 1500 °C.

Il tempo di permanenza dei fumi nella camera di post-combustione è di almeno 2 secondi, in maniera tale da permettere l'ossidazione dei fumi di combustione e la dissociazione termochimica dei microinquinanti. Il contenuto di ossigeno nella camera di post-combustione deve essere almeno pari al 6%, inteso come valore medio sull'intero periodo di durata della singola cremazione. I valori di temperatura e tenore di ossigeno devono essere misurati in continuo all'uscita della camera di post-combustione, memorizzati e collegati a un sistema di allarme.

Nell'impianto devono essere previsti:

- un sistema di preriscaldamento dell'aria comburente;
- un sistema di ricircolo dei fumi in camera di combustione in maniera tale da ridurre la formazione degli ossidi di azoto;
- un sistema di raffreddamento dei fumi, installato a valle della zona forni che provvede a raffreddare i fumi da circa 850°C a circa 180°C;
- una sezione di trattamento dell'emissione che soddisfa i criteri minimi è generalmente costituita da un ciclone di pre-abbattimento del particolato grossolano, un sistema di iniezione e miscelazione reagenti/fumi, un filtro a maniche completo di by-pass di sicurezza e un sistema di pulizia ad aria compressa.
- un camino di emergenza in grado di evacuare direttamente in atmosfera i fumi della camera di combustione in caso di anomalie impiantistiche o emergenze dovute alla combustione incontrollata.

Allo stato attuale, non essendo ancora state emanate norme tecniche a livello nazionale rimangono da approfondire alcuni aspetti sull'andamento del processo e su questioni ad esso correlate (tempi del processo stesso, temperature, sostanze formatesi, emissioni, ecc.).

La camera secondaria di combustione (camera di Post-Combustione) necessita di un volume e proporzioni sufficienti per assicurare un periodo di permanenza del gas di combustione di almeno due secondi, in qualsiasi fase del processo; maggiore è il tempo di transito dei fumi all'interno della camera di post-combustione, maggiore è l'efficienza di ossidazione. Tale zona secondaria di combustione, dovrebbe comprendere una serie di passaggi obbligati del flusso gassoso e adeguati rifornimenti d'aria in modo tale che la scia tortuosa dei fumi assicuri alti livelli di turbolenza. Il corretto dimensionamento della camera secondaria garantisce la completa combustione dei gas all'interno di questa zona, quindi l'eliminazione di odori e la dissociazione chimica degli inquinanti.

INQUINANTI TIPICI DEL PROCESSO

I principali inquinanti emessi dal processo di cremazione sono:

- Monossido di carbonio (CO);
- Ossidi di azoto (NO_x);
- Diossido di zolfo (SO₂);
- Materiale particolato (PM10 and PM2.5);
- Composti organici volatili (VOCs);
- Formaldeide;
- Diossine e Furani (PCDF);
- Idrocarburi policiclici aromatici (PAHs);
- Metalli pesanti incluso Mercurio, Piombo e Cadmio.

Il monossido di carbonio deriva dal processo incompleto di combustione, mentre gli ossidi di azoto si formano a elevate temperature per effetto della reazione dell'azoto dell'aria con l'ossigeno. Il diossido di azoto è prodotto dalla combustione dei combustibili fossili utilizzati nel forno; il materiale particolato deriva dal processo di cremazione del feretro. Le emissioni di mercurio originano dalle otturazioni dentali che possono contenere da 400 a 500 mg di mercurio ciascuna. I

VOCs sono prodotti della combustione incompleta del feretro, della salma e dei paramenti. Diossine e furani sono il risultato della combustione di cellulosa e plastica, mentre la formaldeide può essere presente nel corpo umano a seguito dei trattamenti di tanatoprassi [3], [4], [5], [6], [7].

La quantità e la tipologia degli inquinanti varia in funzione dei seguenti parametri tecnologici, di processo e di conduzione:

- orario di esercizio del crematorio;
- numero di cremazioni/anno;
- numero di cremazioni/giorno;
- tipo feretro (salma, resto mortale, residui ospedalieri);
- temperature di combustione;
- temperatura di post-combustione;
- temperature dei vari flussi intermedi e finale di uscita al camino;
- dimensionamento del sistema di trattamento fumi;
- dimensionamento del camino.

I primi tre parametri, trattandosi di un processo in batch, sono quelli che determinano l'apporto di inquinanti e quindi, nel lungo termine la ricaduta degli stessi nell'ambiente.

Diossine, furani: Generalità e caratteristiche chimico-fisiche

Con l'acronimo POP's (Persistent Organic Pollutants) si intendono sostanze tossiche difficilmente degradabili, che persistono a lungo nell'ambiente e che possono accumularsi a grande distanza dai luoghi di emissione, oppure (essendo liposolubili) concentrarsi nei tessuti adiposi umani o di animali che si trovano al vertice di una catena alimentare (fenomeno di bioaccumulazione): tra di essi si annoverano le diossine, i furani e i policlorobifenili.

Con "diossine" si indica un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati persistenti, divisi in due famiglie: le policloro-dibenzo-diossine (PCDD) e i policloro-dibenzo-furani (PCDF). Le prime sono costituite da due anelli benzenici clorurati legati da una coppia di atomi di ossigeno (Figura 1), mentre i secondi sono costituiti da due anelli benzenici clorurati e uno centrale di furano condensati (Figura 2).

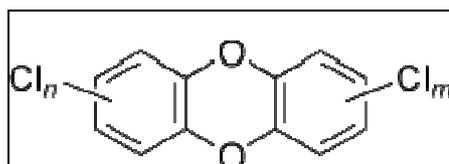


Figura 1 Struttura generale delle PCDD

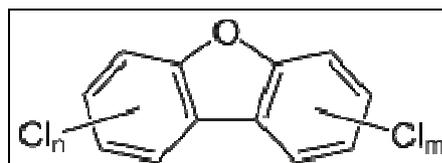


Figura 2 Struttura generale dei PCDF

Esistono in totale 75 congeneri di diossine e 135 di furani, che si differenziano per il numero e la posizione degli atomi di cloro sugli anelli benzenici: di questi però solo 17 (7 PCDD e 10 PCDF) destano particolare preoccupazione dal punto di vista tossicologico.

La loro pericolosità è legata al fatto di essere composti estremamente stabili (al calore e alla degradazione chimica e biologica) e spiccatamente lipofili. Per questo motivo diossine e furani nel tempo tendono ad accumularsi nei tessuti degli organismi con significativi fenomeni di bioaccumulo e di biomagnificazione. Inoltre tali caratteristiche chimico-fisiche rendono tali sostanze facilmente trasportabili dalle correnti atmosferiche, e, in misura minore, dai fiumi e dalle correnti marine, rendendo così possibile la contaminazione di luoghi lontani dalle sorgenti di emissione [2].

Il termine generico "diossina" viene spesso utilizzato anche come sinonimo della 2,3,7,8-tetraclorodibenzodiossina (TCDD), cioè del congenere maggiormente tossico, classificato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) come sicuramente cancerogeno (gruppo 1) dal 1997 [8].

Le diossine non sono prodotte intenzionalmente, ma sono sottoprodotti indesiderati di una serie di processi chimici e/o di combustione (per temperature tipicamente comprese tra 200 e 500 °C e comunque sempre generalmente inferiori ai 900 °C), in cui vi è presenza di composti organici clorurati.

Tra i processi chimici sono da segnalare la produzione di plastiche, pesticidi e diserbanti clorurati, le raffinerie e la produzione di oli combustibili, lo sbiancamento della carta. Altre fonti di emissione sono le combustioni incontrollate (incendi e roghi), le combustioni controllate di rifiuti solidi urbani o altri materiali (incenerimento), i processi produttivi dei metalli, la produzione di energia, l'utilizzo di oli combustibili nei più diversi settori produttivi, la combustione di legno (specialmente se trattato).

I policlorobifenili (PCB) sono una famiglia di 209 composti aromatici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate (Figura 3): sono molecole sintetizzate a partire dall'inizio del 1900 e prodotte commercialmente fin dal 1930.

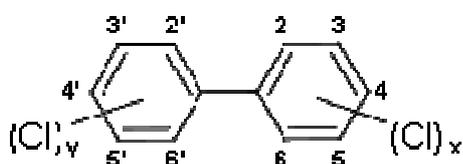


Figura 3 Struttura generale dei PCB

A differenza delle diossine e dei furani i PCB sono quindi sostanze chimiche prodotte per molti anni intenzionalmente tramite processi industriali. Dal punto di vista chimico-fisico si tratta di composti estremamente stabili, sostanzialmente non infiammabili, dalle ottime proprietà dielettriche, scarsamente solubili in acqua e poco volatili; sono, invece, particolarmente solubili nei solventi organici, negli oli e nei grassi.

Per queste specifiche caratteristiche tecniche i PCB, sono stati estesamente impiegati nel settore elettrotecnico come isolanti nei condensatori e nei trasformatori, lubrificanti negli impianti di condizionamento, additivi nella preparazione di vernici e di sigillanti nell'edilizia. Dalla metà degli anni '80 ne è stata vietata la produzione, a causa della loro tossicità e della tendenza di questi composti a bioaccumularsi negli organismi. Nonostante ciò, la forte resistenza all'azione degradante di agenti chimici e biologici, nonché il loro uso indiscriminato nel passato, ha reso i PCB pressoché ubiquitari.

In funzione della posizione degli atomi di cloro possono essere individuati tre grandi gruppi di PCB caratterizzati da un grado di tossicità decrescente: i non-orto-sostituiti (o coplanari), i mono-orto-sostituiti ed i di-orto-sostituiti. I 12 congeneri non-orto- e mono-orto-sostituiti hanno proprietà tossicologiche simili a quelle delle diossine e sono definiti PCB diossina simili (PCB-DL).

Tossicità equivalente

Generalmente la valutazione di PCDD, PCDF e PCB in una matrice ambientale, compresa l'aria ambiente, implica la determinazione di una miscela complessa di congeneri, i quali sono contraddistinti da livelli di tossicità tra loro differenti. Per riuscire a esprimere la tossicità dei singoli congeneri e comparare campioni diversi, è stato introdotto il concetto di fattore di tossicità equivalente (TEF²). I fattori di tossicità equivalente si basano sulla considerazione che i PCDD/PCDF/PCB-DL sono composti strutturalmente simili, con lo stesso meccanismo di azione tossica, che consiste nell'attivazione del recettore citoplasmatico *AhR* (*Aryl hydrocarbon Receptor*, cioè il recettore arilico per gli idrocarburi), una proteina solubile intracellulare in grado di legarsi

² Toxicity Equivalent Factor

ALLEGATO A

più o meno fortemente con questo tipo di sostanze [9]. I TEF sono calcolati confrontando l'affinità di legame dei vari composti organo-clorurati con il recettore Ah, rispetto a quella della 2,3,7,8-TCDD, considerando l'affinità di questa molecola come il valore unitario di riferimento.

Per esprimere la concentrazione complessiva di PCDD/PCDF/PCB-DL si è quindi introdotto il concetto di tossicità equivalente (TEQ) che si ottiene sommando il prodotto tra i fattori di tossicità equivalente (TEF_i) dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni (C_i) secondo la formula:

$$TEQ = \sum_{i=1}^n (TEF_i \cdot C_i)$$

Per i TEF sono stati proposti due schemi di classificazione: quello introdotto in sede NATO/CCMS nel 1988, denominato sistema *i-TEQ* (*International Toxicity Equivalent*), e quello proposto per la prima volta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 1998 [9], denominato sistema *WHO-TEQ 1998*, che ha incluso i fattori di tossicità anche per i 12 congeneri di PCB-DL. Nel 2005 il sistema WHO-TEQ è stato aggiornato modificando alcuni fattori di tossicità equivalente: tale sistema è riconosciuto come *WHO-TEQ 2005* [10].

In Tabella 1 sono riportati i congeneri elencati nei sistemi I-TEQ e WHO-TEQ con i rispettivi fattori di tossicità equivalente.

Tabella 1 - Fattori di tossicità equivalente (TEF) per i congeneri di diossine, furani e policlorobifenili diossina-simili, secondo gli schemi di classificazione I-TEF e WHO-TEF (edizioni 1998 e 2005).

#	Composto	Abbreviazione	Classe	I-TEF 1989	WHO - TEF 1998	WHO-TEF 2005
1	PCB-77	P77	non-ortoPCB	-	1.00E-04	1.00E-04
2	PCB-81	P81	non-ortoPCB	-	1.00E-04	3.00E-04
3	PCB-126	P126	non-ortoPCB	-	1.00E-01	1.00E-01
4	PCB-169	P169	non-ortoPCB	-	1.00E-02	3.00E-02
5	PCB-105	P105	mono-ortoPCB	-	1.00E-04	3.00E-05
6	PCB-114	P114	mono-ortoPCB	-	5.00E-04	3.00E-05
7	PCB-118	P118	mono-ortoPCB	-	1.00E-04	3.00E-05
8	PCB-123	P123	mono-ortoPCB	-	1.00E-04	3.00E-05
9	PCB-156	P156	mono-ortoPCB	-	5.00E-04	3.00E-05
10	PCB-157	P157	mono-ortoPCB	-	5.00E-04	3.00E-05
11	PCB-167	P167	mono-ortoPCB	-	1.00E-05	3.00E-05
12	PCB-189	P189	mono-ortoPCB	-	1.00E-04	3.00E-05
13	2,3,7,8-TCDD	D4	Tetra-CDD	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
14	1,2,3,7,8-PeCDD	D5	Penta-CDD	5.00E-01	1.00E+00	1.00E+00
15	1,2,3,4,7,8-HxCDD	D6a	Esa-CDD	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
16	1,2,3,6,7,8-HxCDD	D6b	Esa-CDD	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
17	1,2,3,7,8,9-HxCDD	D6c	Esa-CDD	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
18	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	D7	Epta-CDD	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02
19	OCDD	D8	Octa-CDD	1.00E-03	1.00E-04	3.00E-04
20	2,3,7,8-TCDF	F4	Tetra-CDF	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
21	1,2,3,7,8-PeCDF	F5a	Penta-CDF	5.00E-02	5.00E-02	3.00E-02
22	2,3,4,7,8-PeCDF	F5b	Penta-CDF	5.00E-01	5.00E-01	3.00E-01
23	1,2,3,4,7,8-HxCDF	F6a	Esa-CDF	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
24	1,2,3,6,7,8-HxCDF	F6b	Esa-CDF	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
25	1,2,3,7,8,9-HxCDF	F6c	Esa-CDF	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
26	2,3,4,6,7,8-HxCDF	F6d	Esa-CDF	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
27	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	F7a	Epta-CDF	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02
28	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	F7b	Epta-CDF	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02
29	OCDF	F8	Octa-CDF	1.00E-03	1.00E-04	3.00E-04

E' importante evidenziare che valori di tossicità equivalente calcolati con diversi sistemi di riferimento non sono in generale confrontabili, perché ricavati con un numero di congeneri e con fattori di tossicità differenti.

Per quanto riguarda i livelli di PCDD/F in aria ambiente l'Organizzazione Mondiale della Sanità (O.M.S.) stima i livelli medi di tossicità equivalente di questi composti in ambiente urbano nell'ordine dei $0,1 \text{ pg}_{\text{eq}}/\text{m}^3$. Viene inoltre precisato che livelli superiori a $0,3 \text{ pg}_{\text{eq}}/\text{m}^3$ indicano la presenza di una sorgente di diossine perturbante e stabile che merita di essere individuata e controllata nel tempo. [11]. Al di là di queste considerazioni generali l'Organizzazione Mondiale della Sanità non ha proposto una linea guida per le diossine in aria ambiente poiché l'inalazione diretta di questi composti costituisce una piccola parte dell'esposizione totale, con contributi generalmente minori del 5% della dose giornaliera introdotta con cibo. Poiché tuttavia la presenza in aria ambiente di PCDD/F e PCB-DL costituisce una via indiretta importante di esposizione per l'essere umano, a causa del bioaccumulo di tali composti nella catena trofica, è importante avere un'informazione anche indicativa dei livelli di questi inquinanti in aria ambiente, oltre al controllo costante delle maggiori sorgenti emmissive. Per quanto riguarda la regolamentazione europea dei livelli di PCDD/PCDF in aria ambiente non sono al momento stati stabiliti né a livello europeo, né a livello nazionale o regionale valori limite o soglie di riferimento.

Fa eccezione la Germania, dove il Comitato Federale per il controllo dell'inquinamento atmosferico (LAI³) ha proposto nel 1994 un limite cautelativo per l'aria ambiente di $0,15 \text{ pg}_{\text{eq}}/\text{m}^3$. Successivamente nel 2004, la stessa commissione, a seguito di una revisione congiunta con WHO ha adottato un limite per la concentrazione totale in aria di miscele di PCDD, PCDF e PCB-DL pari a $0,15 \text{ pg}_{\text{WHO-TEQ}}/\text{m}^3$ [12]. A livello regionale ARPAV ha redatto, nel 2016, il documento "Diossine, furani e PCB diossina-simili in Veneto - Valutazione dei livelli di alcuni microinquinanti organici" nel quale sono riportati i risultati delle campagne di misura di diossine, furani e PCB valutati nelle stazioni fisse della rete di monitoraggio qualità dell'aria ubicate nei capoluoghi del Veneto [13].

Mercurio

Questo metallo è inserito nella Tabella A1, classe I dell'allegato I alla Parte V del D.Lgs. 152/2006. La norma prevede, per questo inquinante, una soglia di rilevanza (espressa come flusso di massa) di 1 g/h ed un valore di emissione (espresso come concentrazione) di $0,2 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. Il Mercurio presenta potenzialità di inquinamento degli ecosistemi molto elevate e può accumularsi nella catena alimentare. Durante il processo di cremazione, le temperature sono sufficienti per vaporizzare il mercurio da qualsiasi amalgama presente. L'amalgama è usato in odontoiatria conservativa per eseguire le otturazioni ed è costituito da Mercurio (45-50% circa del contenuto totale), argento (22-32%), stagno (11-14%), ed altri metalli. In passato è stato il materiale più utilizzato in odontoiatria, ma negli ultimi anni è stato gradualmente sostituito dai materiali compositi che garantiscono una migliore estetica, e risultati qualitativamente validi. Per precauzione però la stessa OMS e l'Unione Europea hanno consigliato di limitarne l'utilizzo, sostituendola, quando possibile con altri materiali da ricostruzione in particolare su soggetti potenzialmente vulnerabili come bambini e donne in gravidanza. Il Parlamento Europeo ha dato il primo via libera ad un provvedimento che, dal 2018, stabilisce il divieto dell'uso di amalgama dentale nelle otturazioni per i bambini sotto i 15 anni e le donne in gravidanza o in allattamento. Questo anche per ridurre la dispersione del mercurio e diminuire i rischi ambientali. Il monitoraggio del mercurio in emissione nei fumi dei crematori è svolto applicando la norma EN-UNI 13211, che specifica un metodo di riferimento manuale per la determinazione della concentrazione di massa di mercurio nei gas di scarico da condotti. Il metodo è applicabile all'intervallo di concentrazione del mercurio totale tra $0,001$ e $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$. Generalmente, la determinazione del mercurio è discontinua, utilizzando apposita linea di prelievo.

³ Länderausschuss für Immissionsschutz - <https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/gesundheit/pdf/LAI2004.pdf>

IMPIANTI DI CREMAZIONE IN VENETO

Nel presente paragrafo si riporta una breve relazione degli impianti di cremazione esistenti in Veneto sulla base delle informazioni attualmente in possesso di ARPAV. In Tabella 2 sono indicati i dati tecnici descrittivi degli impianti.

Venezia e Provincia

In provincia di Venezia sono in funzione tre impianti di cremazione. Ciascun sito dispone di due unità tecnologiche adibite alla cremazione. Ogni unità emette mediamente circa 1200 m³/h di fumi in atmosfera.

Impianto di Venezia Isola di San Michele

Il gestore dell'impianto è So.Crem. Venezia S.T.C. Srl e opera nel rispetto della Determina N. 2622/2011. Presso il sito di Venezia sono presenti due linee di cremazione con due punti di emissione, una di recente installazione (produttore Facultatieve-Technologies) dedicata alle salme con feretro in legno e una seconda linea (produttore GEM), ormai di vecchia concezione impiantistica, dedicata alla cremazione dei resti mortali da esumazione, senza sistema di depurazione dopo la camera di post-combustione. Nel 2017 sono stati eseguiti un totale di 1102 cicli di cremazione (902 salme in immediatezza del decesso e 200 esumazioni).

Impianto di Venezia Marghera

Presso il sito di Marghera erano presenti, fino al dicembre 2016, due linee di cremazione: un'installazione della GEM Mod. CMR5 e una più obsoleta (produttore IMEF).

Dal 2017 il gestore ha eliminato la linea IMEF e messo in atto un programma di revamping della linea GEM, modificando la tecnologia del sistema di depurazione fumi. E' stata aggiunta una caldaia a scambio termico per una migliore efficienza dell'abbattimento della temperatura fumi in uscita dal post-combustore. Allo stato attuale è in funzione un'unica linea di cremazione. La potenzialità dell'impianto è attorno ai 10 cicli di cremazione giornalieri su tre turni di lavoro. Durante il 2017 si sono verificati dei fermi impianto per revamping. Nel 2017 sono stati eseguiti un totale di 1291 cicli di cremazione.

Impianto di Spinea

Presso il sito di Spinea sono presenti due linee di cremazione (produttore GEM Mod. CMR5) con due punti di emissione in atmosfera. La precedente gestione ha operato fino al 16.02.2016 con Autorizzazione prot. 80400 del 10.11.2006. Successivamente a tale data la gestione è passata a VERITAS SpA che opera con Determina n° 4524/2017. Dal 2017 il nuovo gestore ha avviato un programma di manutenzione finalizzato al miglioramento prestazionale degli impianti.

La potenzialità dell'impianto è attorno ai 10 cicli di cremazione giornalieri per linea di cremazione, su tre turni di lavoro. Durante il 2017 si sono verificati dei fermi impianto per revamping. Nel 2017 sono stati eseguiti un totale di 3765 cicli di cremazione.

Padova e Provincia

Impianto di Padova

A Padova è presente un unico impianto crematorio gestito da A.P.S. Opere e Servizi di Comunità S.r.l. L'impianto opera in conformità all'autorizzazione N. 6657/EM del 05.09.2013. Il processo è discontinuo con due linee di cremazione salme e un punto di emissione unico. Il sistema di abbattimento è costituito da filtri a maniche. Nella provincia ci sono altri forni crematori ma che trattano esclusivamente carcasse di animali.

Treviso e provincia

Impianto di Treviso

L'impianto è gestito da Contarina SpA. È entrato in funzione nell'aprile 2008. E' composto da una camera di combustione alimentata a gas, seguita da una camera di post-combustione mantenuta a

ALLEGATO A

temperatura superiore a 850°C. A valle della camera è posto uno scambiatore di calore per raffreddare i fumi che vengono successivamente fatti passare attraverso un sistema di abbattimento mediante insufflaggio di carbone attivo e bicarbonato di sodio. Successivamente i fumi vengono convogliati ad un filtro a maniche per l'abbattimento del particolato su filtro a maniche. L'impianto lavora su tre turni di lavoro h24.

Vicenza e provincia

Impianto di Vicenza

L'impianto di Vicenza è dotato di post-combustore e successivo trattamento delle emissioni con torre di reazione con reagente a calce idrata e carboni attivi e infine un filtro a maniche. L'impianto è stato autorizzato con determina n. 235/ARIA/2008.

Verona e provincia

Impianto di Verona

L'impianto sito a Verona è gestito da AGECE – Comune di Verona Viale Caduti senza Croce e risulta autorizzato con Determinazione del DSA della Provincia di Verona nr. 4217/13.

L'impianto è costituito da una linea di cremazione e un punto unico di emissione. Ha una potenzialità dichiarata di n°5 cicli cremazioni/giorno e 600 cremazioni\anno. L'impianto è dotato di post-combustore, ciclone, torre di reazione a secco e filtro a maniche.

Belluno e Provincia

Non sono attualmente presenti impianti

Rovigo e Provincia

Non sono attualmente presenti impianti

Tabella 2 Informazioni riepilogative sugli impianti di cremazione.

Impianto	N° linee cremazione	N° punti Emissione	Altezza Emissione	Portata fumi Nm3/h		Temperatura fumi °C	Velocità fumi		Cremazioni/giorno	Cremazioni/anno
				Linea 1	Linea 2		m/sec			
So.Crem VE	2	2	8	900	650	120	11	4	4/5	1102
VERITAS spa Marghera - VE	1	1	10	1960	/	130	15		7	1291
VERITAS spa Spinea - VE	2	2	10	1200	800	140	10	5	18	3765
AGEC - VR	1	1	10	3200	/	150	12		5	600
APS Holding S.p.A - PD	2	1	6	3400	/	110	11		20	5000
Contarina spa - TV	1	1	7	2300	/	99	11		16	4800
AMCPS - VI	1	1	12	< 950	/	120	< 2,8		8	2000

SISTEMI DI ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI

Nella maggioranza dei casi gli impianti presenti in Veneto adottano quale sistema di abbattimento e depurazione dei fumi emessi in atmosfera una configurazione standard costituita da:

- camera di post-combustione;
- sistema di raffreddamento fumi (air-cooler o caldaia a scambio termico);
- reattore a secco o reattore Venturi;
- filtro a maniche.

Questa configurazione impiantistica garantisce un'efficienza di abbattimento per quanto riguarda i macroinquinanti (polveri, acidi organici, NO_x, CO, SO₂) all'intorno del 90%, ma non garantisce la medesima efficienza di abbattimento per i microinquinanti. La quantità di reagente addizionato all'impianto di depurazione fumi varia tra 0,2 - 0,5 kg/cremazione, nella maggior parte dei casi al reagente è addizionato anche coke di carbone di lignite (ca. 350 m²/g) o carbone attivo (1.000 m²/g) allo scopo di aumentare l'efficienza di adsorbimento.

Per quanto riguarda il trattamento delle emissioni da processi di cremazione non si può che far riferimento ai sistemi in uso per altri processi di combustione (incenerimento rifiuti solidi, rifiuti sanitari ecc.). Di seguito sono descritti i principali sistemi di trattamento delle emissioni.

Scrubber: è un depuratore a umido il cui funzionamento consiste nel convogliare le emissioni dentro ad una torre, all'interno della quale è realizzato un intimo contatto tra l'aeriforme che sale e le soluzioni acquose, o di solventi opportuni, discendenti dall'alto e finemente suddivisi, in modo da ottenere un trasferimento di inquinanti dalla corrente gassosa a quella liquida. Questo sistema pone comunque il problema dello smaltimento dei liquidi esausti o dei precipitati uscenti dal basso. La depurazione ottenibile è fortemente condizionata dalla tecnologia del processo, torri a materiale di riempimento, a piatti forati, ecc. temperatura del gas non elevate (< 200°C), e dalla tipologia delle sostanze impiegate. E' generalmente poco usato per motivi logistici (aree cimiteriali) e gestionali (gestione rifiuti liquidi).

Filtro a maniche: può trattare emissioni contenenti polveri, conservando un buon rendimento di captazione, anche per particelle aventi basse granulometrie. Gli elementi filtranti attraversati dall'aeriforme inquinato sono costituiti da un supporto di dimensioni opportune ricoperto da tessuto filtrante, o manica, le cui caratteristiche sono determinate in funzione di ogni specifica applicazione. Con l'impiego di particolari tessuti, tale sistema può essere adoperato a temperature dei gas superiori a 200 °C, anche se in generale è necessario il raffreddamento delle emissioni prima dell'ingresso al filtro. L'efficienza di filtrazione in taluni casi può risultare superiore al 99%. I sistemi di filtri a maniche sono solitamente dotati di bracci meccanici che ne permettono lo scuotimento per rimuovere periodicamente il materiale filtrato.

Filtri catalitici: le migliori tecniche di abbattimento per impianti di cremazione ad elevata tecnologia utilizzano filtri catalitici a letto fisso a nido d'ape (in genere con catalizzatori al selenio) che diminuiscono in modo significativo la quantità degli ossidi di azoto, di diossine e del Mercurio nelle emissioni. Un filtro per trattenere il mercurio in specifiche applicazioni è costituito da una massa ceramica porosa con deposito di selenio sulla superficie dei pori. In alternativa un filtro per trattenere il mercurio può essere costituito da un pannello di carbone attivo solforizzato. L'utilizzo della catalisi eterogenea per l'abbattimento di inquinanti richiede la deposizione del principio catalitico su un supporto strutturato che venga attraversato dai gas da trattare. I supporti strutturati più diffusi per tale applicazione sono le schiume (foams) e i monoliti a nido d'ape (honeycomb) per via delle basse perdite di carico che comportano rispetto, ad esempio, all'utilizzo di reattori a letto impaccato. La filtrazione catalitica consiste in un'eliminazione dei componenti gassosi, accompagnata dalla separazione del particolato. E' confrontabile alla filtrazione con filtri in tessuto. La differenza sta infatti solo nel materiale che costituisce il filtro. Il filtro catalitico, essendo carico di un catalizzatore (sistema titanio/vanadio), distrugge gli inquinanti attraverso una reazione catalitica in fase gassosa. Le polveri separate saranno poi rimosse separatamente.

Sostanze alcaline: vengono utilizzate iniettandole come polveri a bassa granulometria, al fine di adsorbire e neutralizzare gas e vapori acidi. In genere viene utilizzata calce o bicarbonato di sodio, anche contemporaneamente e congiuntamente con i carboni attivi. Il cosiddetto reagente, è costituito da $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con elevata superficie specifica, ovvero composti del Sodio, come Na_2CO_3 oppure NaHCO_3 , che sono additivati alla corrente gassosa per l'adsorbimento degli inquinanti acidi, prima dell'ingresso nel filtro a maniche del tipo tradizionale. La quantità di reagente addizionato all'impianto di depurazione fumi varia dai 0,2 ai 0,5 kg/cremazione; nella maggior parte dei casi al reagente primario utilizzato per l'assorbimento degli inquinanti acidi viene addizionato anche coke di carbone di lignite (ca. 350 m^2/g) o carbone attivo (1.000 m^2/g) allo scopo di aumentare l'efficienza di adsorbimento permettendo l'adsorbimento dei composti organici e in parte anche del mercurio e dei POP's.

Carbone attivo: tali sistemi (letti granulari, sospensione, ecc.) si basano sul principio dell'adsorbimento gas-vapore/solido operato da materiale attivo poroso ad alta superficie specifica, capace, impiegando un tempo di contatto opportuno, di trattenere numerose sostanze, composti organici volatili, mercurio, sostanze odorigene, presenti anche in basse concentrazioni. Il mercurio esiste nei gas grezzi nella forma metallica (Hg^0) e ionica (Hg^{2+}). La forma ionica si lascia ridurre direttamente con l'introduzione di additivi carboniosi nel gas grezzo. Per la riduzione del mercurio metallico è necessario utilizzare carbone attivo impregnato con zolfo o acido solforico.

Letto Fisso a Carboni Attivi: sono specifici per il chemiadsorbimento di solfuro di idrogeno, anidride solforosa, mercaptani e gas acidi. Sono utilizzati anche per il chemiadsorbimento selettivo di mercurio e della formaldeide.

Ciascun sistema di trattamento sopra riportato non esclude la presenza degli altri, anzi la loro copresenza è spesso necessaria per raggiungere una certa efficienza di trattamento (Figura 4). Infatti da uno studio effettuato in Inghilterra dalla Cremation Society of Great Britain [14] emerge che per non superare i limiti di emissioni di Mercurio, di PCDD/F e di Materiale Particellare Totale è necessaria una combinazione dei vari sistemi. Lo scrubber è utilizzato sia indipendentemente che in congiunzione con i sistemi di trattamento a secco per raggiungere alte efficienze di rimozione. Tale sistema è utilizzato in alcuni crematori in Germania; l'esperienza tedesca mostra che per avere buone efficienze è necessario un doppio stadio impiegando uno scrubber con Venturi. Naturalmente l'effluente trattato, prima di essere scaricato dal camino, va riscaldato nuovamente per evitare che l'emissione sia visibile (effetto pennacchio). Per quanto riguarda i sistemi di trattamento a secco, ci sono circa 20 impianti operativi in Svezia e 70 in Germania. La maggioranza (~ 70%) utilizza aggiunte a secco di reattivi adsorbenti seguite da filtrazione; il restante 30 % impiega la filtrazione seguita dal passaggio in un letto a carbone attivo. Entrambi i sistemi di trattamento sono voluminosi e quindi richiedono idonei spazi; inoltre debbono essere preceduti da uno stadio di raffreddamento e seguiti da uno stadio di riscaldamento che richiedono anch'essi ulteriore spazio. Si può quindi ritenere che i migliori risultati di contenimento delle emissioni siano raggiungibili mediante un doppio sistema di filtrazione che agisca sul materiale particellare e sugli inquinanti presenti come gas e vapore. Pertanto è necessario che l'impianto di cremazione sia realizzato in uno spazio tale da consentire l'allocatione di tutti i sistemi di trattamento necessari e gli annessi stadi di raffreddamento-riscaldamento dell'effluente. Il sistema di abbattimento a secco accoppiato con carboni attivi risulta "ottimale" per il trattamento di polveri e metalli, "buono"/"ottimale" per il trattamento delle diossine, "buono" per il trattamento dei gas acidi. La riduzione dei restanti inquinanti di riferimento (CO e NO_x) è possibile attraverso un'opportuna regolazione dei parametri di processo, quali temperatura di combustione e apporto di aria.

Nei paesi Nord Europei in particolare in Inghilterra e in Germania la tecnologia depurativa delle emissioni da forni crematori è molto variabile, in considerazione anche del numero di impianti presenti. Per i nuovi impianti è prevista l'installazione di sistemi catalitici per l'abbattimento dei POP's, collocato dopo lo scambiatore di calore. È necessario evidenziare che tale scelta comporta

un incremento notevole dei costi impiantistici e gestionali, l'uso del catalizzatore innalza i costi perché esso ha un ciclo di vita definito e deve essere periodicamente sostituito.

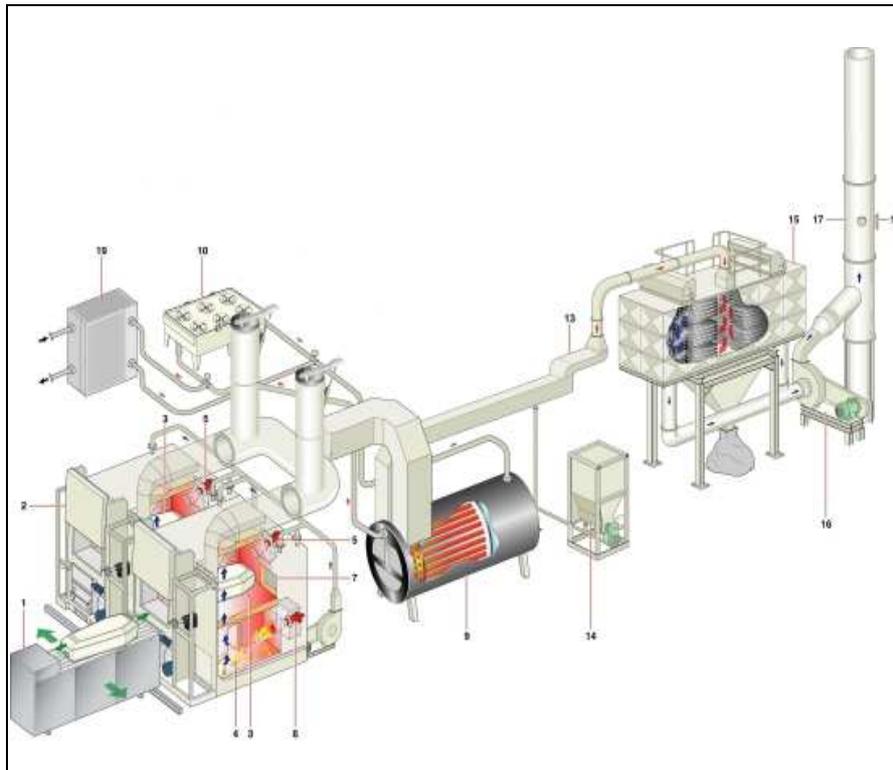


Figura 4. Esempio dei sistemi di abbattimento delle emissioni previsti in un forno crematorio

POTENZIALI EMISSIVI NELLE PEGGIORI CONDIZIONI

CASO STUDIO ARPAV

A partire dal 2005 ARPAV, in seguito a lamentele dei residenti dell'area all'intorno di un impianto presente nella Provincia di Venezia, ha effettuato una serie di approfondimenti e misure alle emissioni in alcuni impianti crematori ubicati nel territorio della provincia di Venezia [15], [16], [17], [18]. Nel processo della cremazione il "prodotto" avviato alla combustione è noto e sostanzialmente costante in un ambito di variabilità definibile. La natura dei possibili inquinanti generati durante il processo sono di natura esogena al corpo umano e pertanto potenzialmente controllabili o eliminabili. Ad esempio il feretro in legno verniciato può essere sostituito da una bara vera e propria in cellulosa o altri materiali biodegradabili, il tipo di vernice utilizzato per i cofani può essere scelta opportunamente e i paramenti interni controllati in maniera efficiente.

Di seguito sono riportati i risultati raccolti [15], [16], [17], [18] che possono essere utili per delineare l'impatto generato sull'ambiente da tali impianti. Tali risultati rappresentano un caso limite di emissioni fuori controllo dovuto probabilmente ad un sovraccarico degli impianti e ad una gestione non corretta dei sistemi di abbattimento.

Sono state stimate, le concentrazioni di diossine e furani espresse in Tossicità Equivalente (I-TEQ International Toxicity Equivalent), le concentrazioni di IPA totali e le concentrazioni di Mercurio, riferite a condizioni Standard (273,15 °K e 101,3 KPa) e all'11% di ossigeno.

La concentrazione media di PCDD/F ottenuta dalle misure sperimentali alle emissioni in atmosfera, risulta pari a 2,44 ng I-TEQ /Nm³ (min 0.01 – max 7.95). In Figura 5 è rappresentato il risultato ottenuto in confronto con le misure sperimentali realizzate in Europa, in Giappone e in Corea.

La concentrazione media rilevata di IPA totali, espressi in concentrazione riferita all'11% di O₂, è stata pari a 4'300 ng/ Nm³ (min 15,2 – max 20'990).

La concentrazione di Mercurio, calcolata su poche misure, è stata compresa in un intervallo tra 0,005 e 0,300 mg/Nm³.

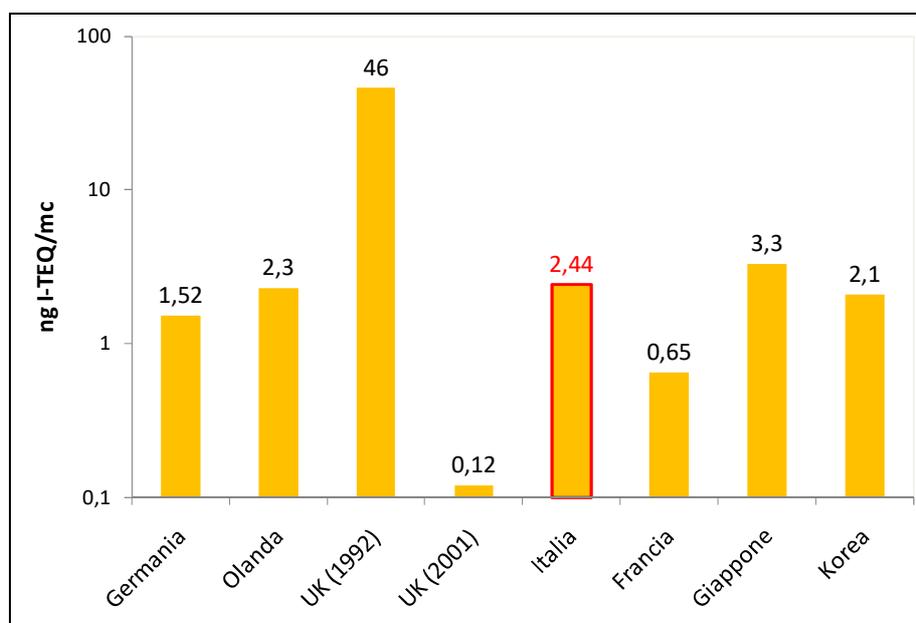


Figura 5. Confronto della concentrazione di diossine in emissione determinata in Italia, in alcuni paesi europei e in Giappone e in Korea.

ALLEGATO A

Con i dati sperimentali a disposizione, è stato possibile stimare un fattore di emissione da associare al singolo processo di cremazione secondo la seguente equazione.

$$\text{Quantità emessa (ng I-TEQ/corpo)} = C \times Q \times t$$

dove:

C = concentrazione PCDD/F nei fumi emessi in ng I-TEQ/Nm³

Q = portata media fumi in Nm³/h riferiti al 11% di O₂

t = tempo richiesto per una cremazione in h/corpo

Dai risultati ottenuti dalle analisi delle emissioni in atmosfera, considerando un tempo medio per ciclo di cremazione di 90 min, è stato calcolato un fattore di emissione, espresso in microgrammi/cremazione pari a 4,39 µg I-TEQ/cremazione (min 0,016 – max 14,3) (Figura 6).

A livello europeo il fattore di emissione per le diossine, stimato come media dei valori disponibili al 2008, risulta pari a 8 µg /cremazione (min 3 - max 40).

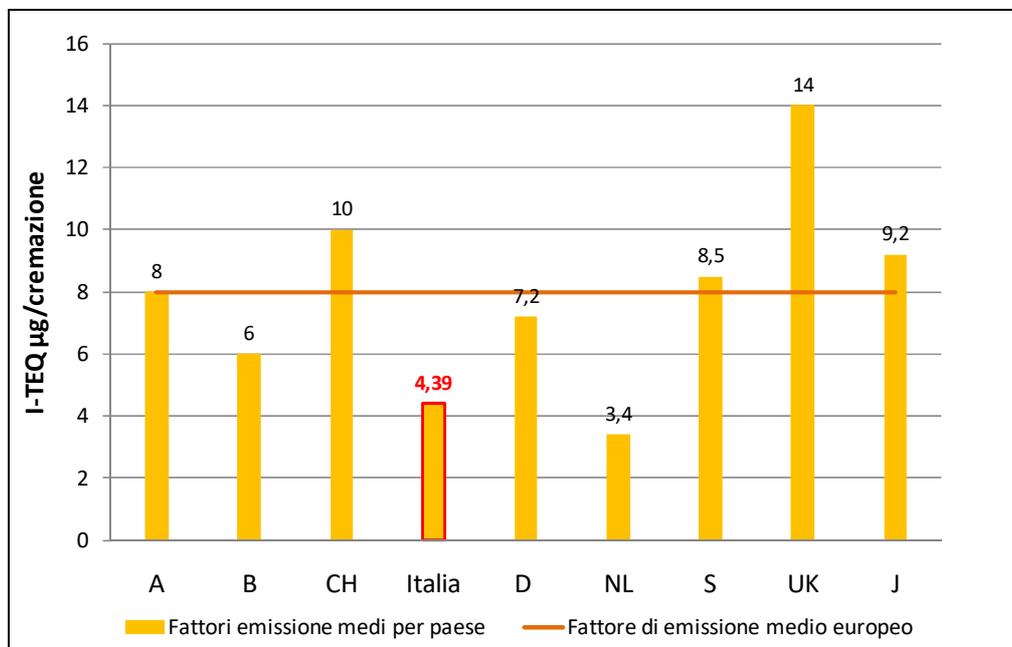


Figura 6. Fattori di emissione di PCDD/PCDF riferiti alla cremazione di un corpo di 55-70 kg (European Dioxin Inventory –SNAP 090901)

Per quanto riguarda il mercurio con i dati provenienti da misure di concentrazione in emissione da alcuni crematori in Italia, sono stati calcolati valori compresi tra 0,02 e 0,300 mg/Nm³. Con una base di calcolo di 55 cremazioni, un consumo di 3500 m³ d'aria, e un tempo di 120 min per cremazione è stimato un fattore di emissione compreso tra 0,07 al 1,05 gr di Hg /cremazione.

È stato, inoltre, possibile effettuare una stima “grossolana” del flusso annuale di PCDD/PCDF emesso in atmosfera, moltiplicando la quantità rilasciata per singola cremazione per il numero di cremazioni sul periodo (e.g. cremazioni/anno) secondo la seguente formula:

$$\text{Emissione Totale (ng I-TEQ/anno)} = \text{Quantità (ngI-TEQ/cremazione)} \times \text{n}^\circ \text{ cremazioni(corpi/anno)}$$

Utilizzando il fattore di emissione stimato nella peggiore delle ipotesi emissive e il numero di cremazioni, l'emissione totale di diossine e furani risulta essere:

- circa 28,2 mg I-TEQ /anno, a livello provinciale, per un totale di 6'413 cremazioni nel 2011;
- circa 60 mg I-TEQ /anno, a livello regionale, per un totale di 13'657 cremazioni nel 2014;
- circa 517 mg I-TEQ /anno, a livello nazionale, per un totale di 117'956 cremazioni nel 2014.

A titolo di esempio, un'elaborazione condotta su dati disponibili per il periodo 2002-2007 di un inceneritore di Rifiuti Solidi Urbani, avente potenzialità di 48'000 t/anno di rifiuti inceneriti, 7'800 h/anno di funzionamento medio e una portata fumi in emissione di 42'000 Nm³/h riferiti all'11% di O₂, si può stimare un'emissione media annua diossine di 4,9 mg I-TEQ /anno (min 1.3 - max 8.8).

Nel corso degli approfondimenti [15], [16], [17], [18] sono stati anche analizzati due campioni di residui solidi, classificati come rifiuti polverulenti provenienti dal sistema di filtrazione e depurazione fumi degli impianti. La concentrazione di PCDD/F, media di due campioni analizzati, è risultata pari a 0,65 mg/Kg; la concentrazione di IPA, media di due campioni, è stata pari a 5200 mg/Kg, la concentrazione di PCB's Dioxin-like, media di due campioni, è stata pari a 0,35 mg/Kg. Tali residui sono attualmente smaltiti dai gestori con codice CER 10.14.01- "rifiuti prodotti dalla depurazione dei fumi, contenenti mercurio".

Le concentrazioni di Diossine e IPA determinate nelle polveri del sistema di depurazione fumi, permettono di valutare la quantità smaltita di questi inquinanti. Stimando per i due impianti oggetto di analisi, un quantitativo di 10 t/anno di residui polverulenti prodotti come rifiuti, la quantità di diossine smaltite, è stata calcolata nel range 3,7 e 9,3 mg/anno e la quantità di IPA, è stata quantificata tra i 7,6 e 97 g/anno.

STIMA DEL BILANCIO DI MASSA

Pur essendo possibile valutare il contenuto di diossina in entrata nei processi di cremazione, non è possibile eseguire un bilancio di massa predittivo dell'emissione in uscita, in considerazione dei particolari meccanismi di riformazione di questi inquinanti. Di seguito si riporta un esempio di stima e calcolo del bilancio di massa di diossina in ingresso e in uscita dal processo di cremazione (Tabella 3).

INPUT - Quanta Diossina viene emessa dal Corpo Umano?

Utilizzando i dati riportati in una pubblicazione [19] che ha previsto la determinazione della quantità di diossine nel sangue di una coorte, si può valutare l'ordine di grandezza della quantità di diossine e furani introdotta nel crematorio con la salma. E' stata stimata una quantità compresa tra 9,41 e 16,1 pg I-TEQ/g grasso. Considerando un contenuto medio in grasso di circa 15 kg per normotipo, l'input assoluto di diossine in ingresso varia da 141,2 a 241,5 ng per cremazione.

OUTPUT – Quantità di diossine e furani emessi da forni crematori.

La concentrazione attendibile alle emissioni in atmosfera, nella teorica condizione di una combustione ideale, è stimato tra i 0,08 e 0,14 ng/Nm³ al 100% di emissione (senza nessun sistema di abbattimento).

Per quanto riguarda le potenziali emissioni di PCDD/F da forni crematori, si deve rilevare che questi composti si formano durante il processo di combustione, per trasformazione di eventuali precursori presenti già nel corpo o nei materiali che sono combusti insieme alla salma, quali il cofano verniciato, plastiche e altri materiali utilizzati come paramenti e potenzialmente contenenti cloro. Per precursori s'intendono, ad esempio, composti aromatici clorurati (fenoli clorurati, difenileteri alogenati) che possono produrre PCDD e PCDF con reazioni basiche a temperatura intorno ai 150°C, durante la fase di raffreddamento dei fumi di combustione.

Le emissioni di diossine e furani da un impianto di combustione sono altamente dipendenti dalle condizioni alle quali avviene il raffreddamento dei gas di combustione; per la formazione di PCDD/F sono necessari la presenza di carbonio, di cloro, di un catalizzatore di reazione e l'eccesso di ossigeno. Nell'intervallo di temperatura tra 180 °C e 500 °C è possibile la formazione di PCDD/F mediante il processo “de novo synthesis” a valle del forno. Questa reazione è catalizzata dalla presenza di metalli, come il rame (per temperature superiori a 250°C) e ha una massima resa fra i 300°C e i 400°C.

Tabella 3. Parametri tecnici significativi al fine della stima delle concentrazioni di PCDD/F per cremazione al netto del cofano e dei paramenti funebri

Concentrazione PCDD/F misurata nel grasso del sangue	9,41 ÷ 16,1 pg/g grasso
Contenuto in grasso nell'uomo	15 kg valore medio su normotipo
Input assoluto di diossine	141,2 ÷ 241,5 ng / cremazione
Volume di gas emesso per cremazione circa	1800 Nmc
Concentrazione di PCDD/F al 100% di emissione	0,08 ÷ 0,14 ng/Nmc

LIMITI ALLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Gli effluenti gassosi degli impianti di cremazione devono essere emessi in modo controllato attraverso un camino di altezza adeguata e con velocità e contenuto entalpico tale da favorire una buona dispersione degli effluenti al fine di salvaguardare la salute umana e l'ambiente, con particolare riferimento alla normativa relativa alla qualità dell'aria.

Gli enti preposti all'autorizzazione delle emissioni derivanti dall'attività di cremazione devono fare riferimento alle Parte V allegato I del D.Lgs. n.152/2006. Il decreto stabilisce i limiti di emissione massimi ammissibili, lasciando libertà decisionale all'ente autorizzante di imporre limiti di emissione specifici e più restrittivi.

L'articolo 271 disciplina i valori di emissione e le prescrizioni da applicare agli impianti e alle attività degli stabilimenti che producono emissioni in atmosfera; in particolare il comma 3 stabilisce che per tutti gli impianti e le attività previsti dall'art. 272, comma 1, ovvero gli impianti e attività le cui emissioni sono scarsamente rilevanti agli effetti dell'inquinamento atmosferico (indicati in Allegato IV alla parte V), la regione o la provincia autonoma, può stabilire, anche con legge o provvedimento generale, sulla base delle migliori tecniche disponibili, appositi valori limite di emissione e prescrizioni, anche inerenti le condizioni di costruzione o di esercizio e i combustibili utilizzati. Gli impianti a cremazione non sono inseriti nell'Allegato IV e sono stati anche esclusi dall'elenco dei medi impianti di combustione, come riportato nell'art. 273-bis del D.Lgs. 152/2006.

Il comma 4 dell'articolo 271 stabilisce inoltre che “i piani e i programmi di qualità dell'aria previsti dal D.Lgs. 155/2010, n.155 possono stabilire appositi valori limite di emissione e prescrizioni più restrittivi rispetto a quelli contenuti negli Allegati I, II e III e V alla parte quinta del presente decreto, anche inerenti le condizioni di costruzione o di esercizio, purché' ciò sia necessario al perseguimento ed al rispetto dei valori e degli obiettivi di qualità dell'aria”. Il comma 5 dell'articolo 271 prevede che “per gli impianti e le attività degli stabilimenti anteriori al 1988, anteriori al 2006 o nuovi l'autorizzazione stabilisca i valori limite di emissione e le prescrizioni, anche inerenti le condizioni di costruzione o di esercizio ed i combustibili utilizzati, a seguito di un'istruttoria che si basa sulle migliori tecniche disponibili.”. “A tal fine possono essere considerati, in relazione agli stabilimenti previsti dal presente titolo, i BAT-AEL e le tecniche previste nelle conclusioni sulle BAT pertinenti per tipologia di impianti e attività, anche se riferiti ad installazioni di cui al titolo III-bis alla Parte Seconda”. I valori limite di emissione e le prescrizioni fissati sulla base di tale

istruttoria devono essere non meno restrittivi di quelli previsti dagli Allegati I, II, III e V alla parte V del D.Lgs.152/2006 e di quelli applicati per effetto delle autorizzazioni soggette al rinnovo”.

Nel manifesto “Cremation and respect for the environment. The recommendations of crematorium managers brought tot o the attention of regional, national and European authorities”. Bruxelles 30 maggio 2008” [20] sono confrontati i limiti alle emissioni imposti dai diversi paesi europei e sulla base di tali valori sono stati proposti alcuni standard alle emissioni condivisi anche con i produttori dei forni crematori. Il documento ne propone l’adozione a partire dal 2020 (Tabella 4a). Si suggerisce, in considerazione della criticità in relazione allo stato della qualità dell’aria in Veneto, l’adozione di tali limiti per gli impianti ubicati in tutto il territorio regionale.

Tabella 4a. Limiti alle emissioni proposti nel manifesto EC “The recommendations of crematorium managers brought tot o the attention of regional, national and European authorities” del 2008.

Inquinante	Valori limite di emissione (11% O₂)
Polveri	10 mg/Nm ³
Mercurio (Hg)	0.2 mg/Nm ³
Diossine/furani (PCDD/F come Σ TEq)	0.1 ng/Nm ³
Monossido di carbonio (CO)	50 mg/Nm ³ (nuovi impianti) 100 mg/Nm ³ (impianti esistenti)
Ossidi di azoto (NO _x)	500 mg/Nm ³ (nuovi impianti) 700 mg/Nm ³ (impianti esistenti)
Cloruro di idrogeno (HCl)	30 mg/Nm ³
Ossidi di zolfo (SO _x)	50 mg/Nm ³
Composti organici volatili (COT)	20 mg/Nm ³

Per quanto riguarda gli altri microinquinanti (HF, IPA, Formaldeide e Metalli), si propone di considerare i limiti indicati in Tabella 4 b. E’ facoltà dell’Ente che autorizza l’impianto crematorio stabilire limiti più restrittivi rispetto a quelli indicati nelle Tabelle 4 (a, b), in considerazione della criticità dello stato della qualità dell’aria in Veneto, da imputarsi soprattutto al particolato atmosferico e agli IPA [21].

Tabella 4b. Limiti alle emissioni proposti per i microinquinanti HF, IPA, Formaldeide e Metalli

Inquinante	Valori limite di emissione (11% O₂)
Acido Fluoridrico (HF)	1 mg/Nm ³
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	0,01 mg/Nm ³
Formaldeide	20 mg/Nm ³
Metalli (As+Cd+Sb+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn+Zn)	0,5 mg/Nm ³

Il comma 20 dell’art. 271 stabilisce che si verifica un superamento dei valori limite di emissione se i controlli effettuati dall’autorità accertano una difformità tra i valori misurati e i valori limite prescritti. Le difformità accertate, nel monitoraggio di competenza del gestore, incluse quelle relative ai singoli valori che concorrono alla valutazione dei valori limite su base media o percentuale, devono essere comunicate dal gestore all’autorità competente per il controllo, entro 24 ore dall’accertamento.

Solo a titolo di esempio si riportano i limiti applicati in un impianto di recente attivazione ubicato in Friuli Venezia Giulia e autorizzato dalla Provincia di Udine (Tabella 5).

Tabella 5. Limiti alle emissioni applicati in un impianto crematorio ubicato in Friuli Venezia Giulia

Inquinante	Valori limite di emissione (11% O ₂)
Polveri	10 mg/Nm ³
Mercurio (Hg)	0.05 mg/Nm ³
Diossine/furani (PCDD/F)	0,01 ng/Nm ³
Monossido di carbonio (CO)	50 mg/Nm ³
Ossidi di azoto (NO _x)	300 mg/Nm ³
Cloruro di idrogeno (HCl)	10 mg/Nm ³
Ossidi di zolfo (SO _x)	50 mg/Nm ³
Composti organici volatili (COT)	10 mg/Nm ³
Acido Fluoridrico (HF)	1 mg/Nm ³
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	0,01 mg/Nm ³
Metalli (As+Cd+Sb+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn+Zn)	0,5 mg/Nm ³

Emissioni in Atmosfera

In genere i controlli alle emissioni in atmosfera per la verifica del rispetto dei valori limite di emissione (VLE), sono di natura discontinua; l'accesso ai punti di prelievo deve essere realizzato in sicurezza secondo le norme vigenti. Per la realizzazione o l'adeguamento dell'area dedicata alle attività di campionamento e allo stazionamento del personale tecnico si prenda come riferimento quanto previsto dalla norma UNI EN 15259. Per gli impianti esistenti è auspicabile un adeguamento a tale normativa. Gli impianti dovranno essere costruiti avendo cura di isolare visivamente l'area dedicata ai campionamenti periodici delle emissioni dalle aree di accesso da parte dei parenti dei defunti. E' auspicabile un monitoraggio in continuo almeno di alcuni parametri emissivi (O₂, CO, NO_x, SO_x, Tfumi, Polveri). Qualora sia adottato un sistema di rilevazione (S.A.E./S.M.E) e registrazione digitale in continuo delle emissioni degli inquinanti, o di alcuni di essi, sistema della cui manutenzione e taratura dovrà essere data evidenza ai sensi della UNI 14181, si potranno considerare gli esiti di tale monitoraggio sostitutivi dell'analisi periodica per i parametri monitorati in continuo. Il sistema di elaborazione dei dati deve fornire, in forma grafica, la visualizzazione dei valori istantanei e medi di concentrazione degli inquinanti e dei parametri richiesti. Tutte le attività di carattere analitico affidate a terzi, devono essere svolte preferibilmente da strutture accreditate per le specifiche attività di interesse al fine di garantire risultati validi e affidabili.

I controlli periodici, prescritti dall'Autorità Competente per la verifica del rispetto dei VLE dovranno avere una frequenza almeno semestrale, per la linea cremazione a partire dalla messa in esercizio del forno crematorio.

Ricadute al suolo

Gli impianti crematori, pur essendo di piccole dimensioni, possono avere un rilevante impatto sull'ambiente e sulla popolazione in considerazione del fatto che sono ubicati in prossimità di aree abitate. Pertanto per ciascun impianto crematorio esistente dovranno essere prodotte da parte di ARPAV, entro tre anni dalla data di emanazione delle presenti Linee Guida, mappe di concentrazione degli inquinanti emessi e dovrà essere valutata, nell'area interessata dalle ricadute, l'esposizione di eventuali siti sensibili presenti (scuole, ospedali, asili, parchi e presenza di aree residenziali). Nei punti di massima ricaduta dovranno essere previsti dei monitoraggi periodici degli inquinanti (macroinquinanti, microinquinanti organici e inorganici) con l'ausilio di deposimetri e/o

campionatori alto volume. Per quanto riguarda i nuovi impianti, in fase di progetto, dovranno essere predisposti studi di dispersione degli inquinanti emessi, che dovranno essere valutati da parte di ARPAV nel corso del processo autorizzativo. Tali studi dovranno essere condotti secondo un approccio cautelativo e dovranno contenere, oltre che un'analisi delle aree di maggior ricaduta, anche una valutazione dell'esposizione a cui è sottoposta la popolazione intorno all'impianto. Dovranno inoltre esserci chiare indicazioni di tutti i parametri forniti in input al modello.

CRITERI DI EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI CREMATORI

L'indicatore utilizzato per valutare l'efficienza di una linea di cremazione è il numero di cremazioni/anno che deve essere almeno pari a 1'000 – 1'200 [22].

E' ammessa una nuova linea di cremazione purché si possa dimostrare attraverso convenzioni, associazioni tra comuni, unioni di comuni, ecc di possedere un bacino di riferimento di almeno 5000 decessi/anno, equivalente ad una popolazione residente di circa 450'000/500'000 unità che afferisca in via esclusiva all'impianto [22].

Sono ammessi gli impianti di cremazione che utilizzano il metano come fonte energetica. Sono ammessi nuovi impianti di cremazione che abbiano almeno due o più linee in modo che si possa sopperire a eventuali guasti tecnici senza determinare un totale fermo dell'impianto.

Gli impianti esistenti che non raggiungono le 1'200 cremazioni l'anno, a causa di deficit tecnici e/o gestionali, in occasione di ristrutturazioni o manutenzioni straordinarie, devono presentare all'Autorità competente per il rilascio dell'autorizzazione alle emissioni in atmosfera, ai sensi del D.Lgs. 152/2006, un piano di adeguamento tecnologico e gestionale. Ove tale adeguamento non sia tecnicamente possibile, al raggiungimento della fine del ciclo di vita dell'impianto, o in caso di richiesta di rinnovo/revisione, l'autorizzazione ai sensi del D.Lgs. 152/2006, non potrà più essere rinnovata e l'impianto dovrà essere dismesso.

CRITERI TERRITORIALI, PAESAGGISTICI E ARCHITETTONICI

La realizzazione di un nuovo impianto di cremazione non è ammessa in area protetta naturale, ai sensi della Legge 394/91, in area a parco regionale e in aree protette regionali, in aree appartenenti a Rete Natura 2000 e in altre aree a tutela paesaggistica [22].

E' ammesso un nuovo impianto che disti almeno 50 km da un impianto di cremazione già funzionante. La realizzazione di un nuovo impianto di cremazione non è ammessa in prossimità (distanza minima 500 m) di recettori sensibili (scuole, ospedali, asili, parchi e presenza di aree residenziali). I progetti di realizzazione dell'impianto dovranno essere sottoposti anche a valutazione di impatto paesaggistico sulla base delle norme tecniche del Piano Territoriale Regionale di Coordinamento.

I nuovi impianti dovranno essere costruiti avendo cura di isolare visivamente l'area dedicata ai campionamenti periodici delle emissioni a camino dalle aree di accesso da parte dei parenti dei defunti.

4. CONCLUSIONI

L'impianto di cremazione salme, in quanto tale, non può essere paragonato a un sistema di incenerimento rifiuti, non tanto per ragioni tecniche, quanto piuttosto per ragioni etiche. Le spoglie umane non devono essere trattate e considerate come rifiuti. La cremazione di resti umani deve tuttavia essere sempre condotta in modo da minimizzare l'impatto ambientale.

La formazione di diossine e furani, prodotti a seguito del processo di cremazione, può essere minimizzata mediante l'applicazione delle migliori tecniche disponibili, che devono essere contestualizzate nel luogo in cui questi impianti sono inseriti. La riduzione dell'impatto ambientale di un impianto di cremazione può essere ottenuta regolamentando l'introduzione, in camera di combustione, di materiali che possano portare alla formazione di precursori di reazione, (ad es. PVC nei rivestimenti, eventuali metalli tra cui lo zinco, resine contenenti sostanze azotate, vernici a base di solventi), favorendo l'utilizzo di legno a bassa durabilità e materiali in fibre naturali sia per la costruzione di cofani che per i paramenti dedicati. Per ragioni ambientali si dovrebbero limitare la cremazione di cofani con controcassa in zinco e di cofani verniciati, mentre è preferibile la cremazione di casse in cellulosa con bordi in legno o altri materiali biodegradabili. Per i resti mortali è già legittimato l'utilizzo di contenitori più "leggeri" ed ecologici come bare in cartone, cellulosa, pasta di legno o mais.

La quantità di diossine e furani prodotta non intenzionalmente, non dipende solo dal processo di combustione, ma anche dai componenti impiantistici a valle della combustione stessa. Una pressoché completa termodistruzione di diossine e furani, in camera di post-combustione, si raggiunge con tempi di residenza maggiori di due secondi ad una temperatura di oltre 850°C.

Successivamente alla post-combustione è necessario un rapido raffreddamento dei fumi, in quanto il transito degli stessi in un range di temperatura tra i 250°C e i 450°C potrebbe provocare la riformazione di diossine.

Gli impianti crematori, pur essendo di piccole dimensioni, possono avere un rilevante impatto sull'ambiente e sulla popolazione in considerazione del fatto che sono ubicate in prossimità di aree abitate. Pertanto per ciascun impianto crematorio dovrà essere valutata e in seguito verificata a cura di ARPAV, l'area di ricaduta degli inquinanti emessi e dovranno essere individuati, in tale area, gli eventuali siti sensibili presenti (scuole, ospedali, asili, parchi e presenza di aree residenziali). Nei punti di massima ricaduta dovranno essere previsti dei monitoraggi periodici delle concentrazioni degli inquinati (macroinquinanti, microinquinanti organici e inorganici). Per quanto riguarda i nuovi impianti, in fase di progetto, dovrà anche essere predisposto un modello di stima delle ricadute dovute dall'impianto con relativa rappresentazione grafica.

La realizzazione di nuovi impianti e l'eventuale ristrutturazione di quelli esistenti dovrà avvenire secondo criteri di razionalizzazione e compatibilità ambientale, in relazione al Testo Unico Ambientale, D.Lgs 152/2006, con l'obiettivo di fornire un servizio efficace, efficiente ed economico per la popolazione.

Le più recenti installazioni presenti sul mercato possono essere molto efficienti in quanto dotate di adeguati sistemi di abbattimento delle emissioni. Tuttavia è necessario verificare che gli operatori degli impianti siano stati correttamente addestrati all'utilizzo dei sistemi di abbattimento.

ALLEGATO TECNICO: PROGRAMMA REGIONALE DI CONTROLLO DEGLI IMPIANTI DI CREMAZIONE

CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE

Il gestore, entro il 30 Marzo di ogni anno, deve predisporre un rapporto annuale sul funzionamento e la sorveglianza dell'impianto in relazione all'anno precedente. Tale rapporto deve essere trasmesso all'Autorità Competente che la rende accessibile al pubblico. Il documento fornisce, come requisiti minimi, informazioni relative a: 1) numero e tipologia di cremazioni effettuate per singola linea di cremazione; 2) andamento del processo; 3) malfunzionamenti e situazioni di emergenza; 4) gestione degli impianti di abbattimento; 5) registrazione dei dati e concentrazioni delle emissioni nell'atmosfera.

Alimentazione

Nel processo della cremazione, il "prodotto" avviato alla combustione è noto e sostanzialmente costante in un ambito di variabilità definibile. E' ammesso il trattamento in impianto di cremazione esclusivamente di salme, parti anatomiche riconoscibili e resti mortali derivanti da esumazione e estumulazione. È auspicabile che il gestore adotti procedure per programmare i cicli di cremazione alternando ad esempio la cremazione di salme in immediatezza di decesso a cremazione di resti mortali. In genere, per il rispetto all'ambiente e la migliore funzionalità degli impianti si dovrebbero usare casse in cartone biodegradabile, per resti mortali da riesumazione e per ossa indistinte provenienti da ossari comuni e casse in legno con processi di verniciatura ad acqua.

Al fine di ridurre al minimo il rilascio di sostanze inquinanti nell'aria, si raccomanda che gli indumenti siano di fibre naturali e che le scarpe o qualsiasi materiale fabbricato in PVC non sia incluso. Un feretro con cadavere ha un peso medio di 130 – 150 kg, non sono in genere ammessi alla cremazione: 1) feretri in cofani di piombo, in materie termoplastiche e fibra di vetro; 2) casse con addobbi metallici, nel caso sono rimossi quantomeno quelli esterni. Gli operatori dovrebbero essere messi a conoscenza della presenza di pacemaker in un corpo che deve essere cremato. Quando sottoposto alla temperatura di cremazione il contenitore metallico del pace-maker si rompe e può rilasciare una rapida espansione dei gas (con piccole esplosioni) che può provocare un segnale di allarme in camera di combustione. Non dovrebbero essere cremati cadaveri portatori di radioattività oltre le soglie di pericolosità prestabilite. Per i cadaveri e per i resti mortali per i quali è stata autorizzata la cremazione dovrebbe essere obbligatoria la rimozione preventiva dal cadavere delle protesi alimentate con batterie a nuclidi radioattivi. Tale rimozione può essere eseguita da un infermiere specializzato, da un esercente la professione sanitaria o dal personale di un'impresa funebre adeguatamente formato.

Interruzioni o guasti accidentali

Qualunque interruzione nell'esercizio degli impianti di abbattimento, necessaria per la loro manutenzione o dovute a guasti accidentali, dovrà comportare la fermata del forno di cremazione.

Un'opportuna procedura di gestione dei malfunzionamenti deve essere definita da parte del gestore dell'impianto così da garantire, in presenza di eventuali situazione anomale, un'adeguata attenzione ed efficacia degli interventi.

Qualora si verifichi un'interruzione nell'esercizio degli impianti, il gestore deve darne comunicazione, entro le 24 ore successive al verificarsi dell'evento, alla Provincia, al Comune, al Dipartimento ARPA competente per territorio. Gli impianti produttivi potranno essere riattivati solo dopo il ripristino dell'efficienza degli impianti di abbattimento.

Utilizzo del camino di emergenza

Il camino di emergenza dovrà essere provvisto di un sistema di registrazione automatico del tempo di apertura. Del suo utilizzo in caso di emergenza dovrà essere data comunicazione entro 24 ore all'Autorità competente e all'Ente di controllo preposto. Dovrà essere portata a termine la cremazione in corso e ripristinata nel più breve tempo possibile la funzionalità dell'impianto comunicando all'autorità competente le motivazioni che hanno condotto all'emergenza e i successivi provvedimenti adottati. Tutti i dati registrati (frequenza e intervalli di apertura) dovranno essere archiviati e conservati su idoneo registro cartaceo o in modalità informatica per almeno 5 anni.

Controllo delle emissioni in atmosfera

Le sezioni di campionamento dovranno essere predisposte, per quanto tecnicamente possibile, secondo i criteri previsti nella norma tecnica UNI-EN 15259. I controlli periodici, prescritti dall'Autorità Competente per la verifica del rispetto del limite di legge dovranno avere per le emissioni della linea cremazione, una frequenza almeno semestrale, a partire dalla messa in esercizio del forno crematorio. In genere i controlli effettuati alle emissioni in atmosfera sono di natura discontinua; tuttavia è auspicabile un monitoraggio in continuo di alcuni parametri emissivi. Qualora sia adottato un sistema di rilevazione (SAE/SME) e registrazione digitale in continuo delle emissioni degli inquinanti, o di alcuni di essi, sistema della cui manutenzione e taratura si dovrà dare evidenza, si potranno considerare gli esiti di tale monitoraggio sostitutivi dell'analisi periodica. Il sistema di elaborazione dei dati deve fornire, in forma grafica, la visualizzazione dei valori istantanei e medi di concentrazione degli inquinanti e dei parametri richiesti.

Metodologia analitica per i controlli discontinui

Si prenda come riferimento quanto previsto dalla UNI EN 15259, per quanto tecnicamente applicabile, per la predisposizione e l'accesso ai punti di prelievo. I controlli per il rispetto dei VLE in atmosfera devono essere eseguiti nelle condizioni di esercizio dell'impianto per le quali lo stesso è stato dimensionato (impianto in normale regime di attività). Per le attività di campionamento e analisi è preferibile ricorrere a laboratori accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. I risultati delle analisi eseguite alle emissioni in atmosfera sono registrati in un rapporto di prova comprendente tutte le informazioni richieste necessarie all'interpretazione dei risultati di prova e tutte le informazioni richieste dal metodo utilizzato. Il periodo di campionamento alle emissioni in atmosfera deve comprendere almeno 4 cicli di cremazione eseguiti nel corso della giornata o in otto ore di funzionamento dell'impianto nelle varie fasi del processo di cremazione, al fine di consentire il prelievo di almeno tre campioni, per singolo parametro. Per il campionamento dei microinquinanti organici (PCDD/F, IPA, PCB) al fine di garantire una rappresentatività del processo è accettato un unico prelievo che copra almeno quattro cicli consecutivi di cremazione o il prelievo minimo di almeno 4 m³ di gas in emissione. Per la determinazione dei metalli e del Mercurio è richiesta la media di tre campionamenti della durata di almeno 60 minuti cadauno.

I rapporti di prova emessi dal laboratorio che ha eseguito le analisi devono riportare i criteri minimi di validazione indicati nelle norme UNI applicate; in particolare per quanto riguarda i microinquinanti organici devono essere riportati i recuperi degli standard di campionamento e quantificazione. La documentazione tecnica e i certificati analitici relativi ai monitoraggi eseguiti, devono essere archiviati in formato cartaceo e/o informatico all'interno dell'impianto a cura del gestore e conservati per almeno 5 anni.

Deposizione atmosferica ed emissioni diffuse

La deposizione atmosferica può essere classificata secondo tre diverse tipologie:

- deposizione secca di gas;
- deposizione secca di particolato;
- deposizione umida.

Il monitoraggio delle deposizioni atmosferiche, oltre a fornire indicazioni ambientali riguardo al carico delle ricadute atmosferiche, può rappresentare un utile strumento per determinare la diffusione di queste sostanze inquinanti emesse in atmosfera. Nel Rapporto Annuale il gestore presenterà le risultanze delle eventuali campagne di monitoraggio effettuate.

Il gestore adotta tutte le misure necessarie per il contenimento delle emissioni diffuse e non, per la tutela della qualità dell'aria, nonché tutte le misure atte ad evitare molestie olfattive. A tal fine dovrà riferirsi a quanto stabilito dal D.Lgs. 152/2006, art. 272 bis "Emissioni odorogene".

Monitoraggio in continuo

La scelta e l'installazione di uno SME/SAE deve essere guidata da una accurata conoscenza e caratterizzazione delle emissioni da monitorare (tipologia degli inquinanti, dei parametri fisici, dei livelli attesi da misurare, dei limiti emissivi, ecc.) e da una attenta valutazione delle modalità gestionali che il gestore intende realizzare per garantirne la piena efficienza nel tempo (ad esempio, valutando se e più conveniente attivare contratti di assistenza per manutenzioni immediate oppure installare analizzatori di riserva oppure se installare un analizzatore multiparametrico o più analizzatori specifici, ecc.). Gli SME e/o SAE possono essere considerati il mezzo attraverso il quale un gestore dà evidenza dei livelli emissivi dell'impianto garantendo di operare nel pieno rispetto dei limiti di emissione in atmosfera.

Sistemi di controllo della combustione

Sono indispensabili e finalizzati ad ottimizzare i rendimenti di combustione; si tratta di sistemi da installare solitamente all'uscita della camera di combustione, devono garantire la misura e la registrazione dei parametri più significativi della combustione (solitamente CO, NOx, tenore di O₂, temperatura), ai fini della regolazione automatica della stessa. I sistemi di controllo della combustione (SCC) possono essere considerati il mezzo attraverso il quale il gestore dà evidenza del controllo dei parametri (parametri tecnici o inquinanti, ma non solo) che determinano una combustione ottimale.

Manutenzione

Le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti, dei sistemi di aspirazione e convogliamento e dei sistemi di abbattimento e trattamento delle emissioni in atmosfera, devono essere definite in una procedura operativa predisposta dall'esercente e opportunamente registrata. Risulta indispensabile che la gestione operativa dell'impianto sia affidata a personale tecnicamente competente. L'adeguamento tecnologico sarà costante allo scopo di mantenere uno standard qualitativo del servizio offerto di alto livello. L'aggiornamento dei software utilizzati e l'adeguamento delle procedure ad innovazioni tecnologiche che dovessero garantire una più efficace gestione del servizio verranno effettuati nell'interesse, non soltanto dell'utenza e del concedente, ma anche del concessionario stesso.

Il Gestore deve segnare, su apposito registro, l'attività di manutenzione effettuata. In caso di arresto dell'impianto per l'attuazione di interventi di manutenzione straordinaria, dovrà inoltre darne comunicazione, con congruo anticipo, all'Ente di Controllo.

In particolare devono essere garantiti i seguenti parametri minimali:

- 1) Manutenzione parziale (controllo delle apparecchiature pneumatiche ed elettriche) da effettuarsi secondo le indicazioni fornite dal costruttore dell'impianto (libretto d'uso/manutenzione o assimilabili); in assenza di indicazioni con frequenza almeno quindicinale.
- 2) Manutenzione totale da effettuarsi secondo le indicazioni fornite dal costruttore dell'impianto (libretto d'uso/manutenzione o assimilabili).
- 3) Controlli periodici dei motori dei ventilatori, delle pompe e degli organi di trasmissione (cinghie, pulegge e cuscinetti) al servizio dei sistemi di estrazione e depurazione dell'aria, da effettuarsi secondo le indicazioni fornite dal costruttore dell'impianto (libretto d'uso/manutenzione o assimilabili); in assenza di indicazioni con frequenza almeno semestrale.

4) Verifica efficienza dei sistemi di abbattimento.

Tutte le operazioni di manutenzione devono essere annotate in un registro dotato di pagine con numerazione progressiva dove devono essere riportate:

- Data di effettuazione dell'intervento;
- Tipo di intervento (ordinario, straordinario);
- Descrizione sintetica dell'intervento;
- Indicazione dell'autore dell'intervento;

Il Gestore deve attuare un adeguato programma di manutenzione ordinario tale da garantire l'operabilità ed il corretto funzionamento di tutti i componenti e i sistemi rilevanti a fini ambientali. In tal senso il Gestore dovrà dotarsi di un manuale di manutenzione, comprendente tutte le procedure di manutenzione da utilizzare e dedicate allo scopo.

Obbligo di comunicazione annuale

Il gestore, entro il 30 marzo, di ogni anno, è tenuto alla trasmissione, all'Autorità Competente, alla Regione, al Comune interessato e all'ARPA territorialmente competente, di rapporto annuale sul funzionamento e la sorveglianza dell'impianto in relazione all'anno precedente. I contenuti minimi del rapporto sono:

- Denominazione dell'impianto;
- Nome del gestore e della società che controlla l'impianto;
- Schema dell'organigramma con ruoli e responsabilità;
- Sintetica descrizione degli impianti;
- N° ore di effettivo funzionamento degli impianti;
- Numero e tipologia di cremazioni effettuate per singola linea di cremazione;
- Informazioni relative a malfunzionamenti e situazioni di emergenza;
- Informazioni relative alla gestione degli impianti di abbattimento;
- Consumi:
 - Consumo di materie prime e materie ausiliarie nell'anno;
 - Consumo di combustibili nell'anno;
 - Consumo di energia nell'anno;
- Emissioni - ARIA:
 - Risultati delle analisi di controllo degli inquinanti in tutte le emissioni;
 - Quantità stimata emessa per anno di ogni inquinante monitorato per ciascun punto di emissione;
 - Risultati del monitoraggio delle emissioni in ricaduta;
- Emissioni - RIFIUTI:
 - Codici, descrizione qualitativa e quantità di rifiuti prodotti nell'anno e loro destino;
 - Produzione specifica di rifiuti: kg annui di rifiuti di processo prodotti / ciclo di cremazione;
 - Criterio di gestione del deposito temporaneo di rifiuti adottato per l'anno in corso;
- Eventuali problemi di gestione del piano;
- Indicare le problematiche che afferiscono al periodo in esame.

Il rapporto potrà essere completato con tutte le informazioni che il gestore vorrà aggiungere per rendere più chiara la valutazione dell'esercizio dell'impianto. Le Tabelle 6-20 seguenti sono state predisposte come modello da utilizzare a cura del gestore dell'impianto ai fini della predisposizione del Rapporto Annuale per la descrizione di tutte le informazioni richieste. In Tabella 21 sono riportati alcuni indicatori di performance selezionati al fine della caratterizzazione dell'impianto dal punto di vista dell'efficienza e dell'impatto sull'ambiente. Nel Rapporto Annuale tali indicatori dovranno essere aggiornati anno per anno.

Tabella 6 – Descrizione dell’impianto crematorio

Ragione sociale:	
Sede legale:	
Sede operativa:	
Gestore:	
Rappresentante legale	
Responsabile gestione Impianto	
Sistema di gestione ambientale	
Latitudine Sede Operativa (coordinate geografiche)	
Longitudine Sede Operativa (coordinate geografiche)	

Tabella 7 – Elementi tecnici di valutazione dell’impianto crematorio

ELEMENTI DI VALUTAZIONE	Autocontrollo		Rapporto		
Consumi					
Combustibili	Mensile		Annuale		
Energia	Mensile		Annuale		
Attività					
N° cicli cremazione	Mensile		Annuale		
	Salme	Resti Mortali	Salme	Resti Mortali	
Aria					
Emissioni convogliate	Continuo	<input type="checkbox"/>	Annuale		
	Semestrale	<input type="checkbox"/>			
	Annuale	<input type="checkbox"/>			
Emissioni diffuse/ricadute	Biennale/Triennale		Biennale		
Rifiuti					
Rifiuti prodotti	Mensile		Annuale		

Tabella 8 – Consumo di combustibili

Tipologia	Fase di Utilizzo	Punto di misura e Metodo di misura	Unità di Misura	Consumo mensile e Progressivo Annuo	Modalità di registrazione dei controlli

Tabella 9 – Consumi di energia

Descrizione	Fase di Utilizzo	Punto di misura e Metodo di misura	Unità di Misura	Consumo Energia (kW/h)	Modalità di registrazione dei controlli

Tabella 10 – Consumi di reagenti e additivi

Descrizione	Fase di Utilizzo	Punto di misura e Metodo di misura	Unità di Misura	Consumo (kg/ciclo)	Modalità di registrazione dei controlli

Tabella 11 – Caratterizzazione dei Punti di emissione dell'impianto

Impianto Cremazione		Linea 1	Linea 2	Linea 3
Identificativo Punto di emissione				
Portata Fumi	Nm ³ /h			
Temperatura Fumi	°C			
Diametro camino	m			
Velocità fumi	m/sec			
Altezza camino	m			
Durata dell'emissione	ore/g			
Frequenza settimanale	g/sett			
Frequenza	g/anno			
Modalità di controllo		Continuo	Continuo	Continuo
		Discontinuo	Discontinuo	Discontinuo

Tabella 12 – Caratterizzazione del Camino di emergenza dell'impianto

Camino Emergenza				
Identificativo Punto di emissione				
Portata Fumi	Nm ³ /h			
Temperatura Fumi	°C			
Diametro camino	m			
Altezza camino	m			
Modalità di controllo		Continuo	Continuo	Continuo
		Discontinuo	Discontinuo	Discontinuo

Tabella 13 – Caratterizzazione della Linea Trattamento ceneri dell’impianto

Linea Trattamento Ceneri				
Identificativo Punto di emissione				
Portata Fumi	Nm ³ /h			
Temperatura Fumi	°C			
Diametro camino	m			
Velocità fumi	m/sec			
Altezza camino	m			
Durata dell’emissione	ore/g			
Frequenza settimanale	g/sett			
Frequenza	g/anno			
Modalità di controllo		Continuo	Continuo	Continuo
		Discontinuo	Discontinuo	Discontinuo

Tabella 14 – Valori delle emissioni e parametri chimico fisici determinati nell’impianto di cremazione

EMISSIONE n°	Linea n°	Anno di Riferimento	U.M.	I Semestre	II Semestre	Media
			data			
Portata Fumi			Nm ³ /h			
Portata Fumi (rif. al 11% di O ₂)			Nm ³ /h			
Umidità Fumi			% v/v			
Temperatura fumi			°C			
Polveri			mg/Nm ³			
Ossigeno (O ₂)			% v/v			
Monossido di carbonio (CO)			mg/ Nm ³			
Ossidi di azoto (NOx)			mg/ Nm ³			
Ossidi di zolfo (SOx)			mg/ Nm ³			
Cloruro di idrogeno (HCl)			mg/ Nm ³			
Acido Fluoridrico (HF)			mg/ Nm ³			
Formaldeide (CH ₂ O)			mg/ Nm ³			
Composti organici volatili (COT)			mg/ Nm ³			
Diossine/furani (PCDD/F espressi in TEq)			ng/Nm ³			
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)			mg/Nm ³			
Mercurio (Hg)			mg/Nm ³			
Metalli (Σ As+Cd+Sb+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn+Zn)			mg/Nm ³			

Tabella 15 – Emissione determinata dal Trattamento Ceneri

Anno di Riferimento		U.M.	Emissione n°	Emissione n°
Portata Fumi		Nm ³ /h		
Umidità Fumi		% v/v		
Temperatura fumi		°C		
Polveri		mg/Nm ³		

Tabella 16 – registrazione degli eventi di attivazione del Camino Emergenza

Camino Emergenza (Bypass)				Causa	Reporting
Data evento	Dalle ore	Alle ore	Durata in min.		

ALLEGATO A

livello tecnico che amministrativo attraverso il registro carico-scarico, garantire la corretta applicazione del deposito temporaneo dei rifiuti verificando lo stato di giacenza dei depositi come somma delle quantità di rifiuti pericolosi e non pericolosi.

Tabella 19 – Gestione dei rifiuti prodotti nell’impianto di cremazione

Codice CER	Descrizione Rifiuto	Fase provenienza	Produzione Specifica (kg/anno)

Stoccaggi

Gli stoccaggi devono essere gestiti come previsto nella parte IV del D.Lgs. 152/2006.

Tabella 20 – Gestione degli stoccaggi nell’impianto di cremazione

Codice CER	Area Stoccaggio	Data controllo	Quantità presente		Modalità registrazione
			m ³	t	
Totale					

Monitoraggio degli Indicatori di performance

Tabella 21 – Valutazione degli indicatori di performance dell’impianto a cremazione

Indicatore	UM	Quantità	Reporting Annuale
Consumo specifico additivi	kg/cremazione		
Consumo energia elettrica	kwh/cremazione		
Consumo metano	m ³ /cremazione		
n° cicli di cremazione	n°/anno	Salme	
		Resti Mortali	
Emissioni NOx	g/a		
Emissioni CO	g/a		
Emissioni PCDD/F	mg/a		
Emissioni IPA	mg/a		

Metodi Analitici

I prelievi e le analisi alle emissioni in atmosfera devono essere eseguiti secondo le metodiche di seguito indicate e dalle loro successive versioni aggiornate:

- UNICHIM – Manuale n. 158 – Edizione 1988 – *Misure alle emissioni: strategie di campionamento e criteri di valutazione.*
- UNI 15259 - *Misurazione di emissioni da sorgente fissa. Requisiti delle sezioni e dei siti di misurazione e dell'obiettivo, del piano e del rapporto di misurazione.*
- UNI-EN 16911-A11.1/2013 – “*Determinazione manuale e automatica della velocità e della portata di flussi in condotti*” Annex A.
- UNI EN 13284-1 - 2017– *Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni. Metodo manuale gravimetrico.*
- UNI EN 13649 - 2002 – *Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa. Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente.*
- UNI EN 14790 - 2017 - *Emissioni da sorgente fissa - Determinazione del vapore acqueo in condotti.*
- UNI EN 1911 – *Emissioni da Sorgente Fissa – Determinazione della concentrazione in massa di cloruri gassosi espressi come HCl.*
- UNI 14385-2004 - *Determinazione dell'emissione totale di As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, TI and V.*
- UNI 13211 - 2003 - *Metodo manuale per la determinazione della concentrazione di Mercurio totale.*
- EN 1948 /1/2/3- 2006 - *Determinazione della concentrazione in massa di PCDD/PCDF e PCB diossina simili.*
- ISO 11338-1 - *Stationary source emissions — Determination of gas and particle-phase polycyclic aromatic hydrocarbons.*
- UNI EN 14789/17 - *Determinazione della concentrazione in volume di ossigeno (O₂) - Metodo di riferimento – Paramagnetismo.*
- UNI EN 14792/17 - *Determinazione della concentrazione in massa di ossidi di azoto (NO_x) Metodo di riferimento: Chemiluminescenza.*
- UNI 10393/95 - *Determinazione della concentrazione in massa di diossido di zolfo (SO_x) - Metodo strumentale con campionamento estrattivo diretto.*
- UNI EN 15058/17 - *Determinazione della concentrazione in massa di monossido di carbonio (CO) Metodo di riferimento: spettrometria a infrarossi non dispersivi*
- UNI EN 12619/13 - *Determinazione della concentrazione in massa di Carbonio Organico totale in forma gassosa.*

BIBLIOGRAFIA

- [1] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2016.
- [2] APAT. Diossine Furani e PCB. Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. 2006.url:http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/quaderni/laboratorio/3708_Diossine_furani.pdf.
- [3] Wang L, Lee W, “Characterizing the Emissions of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans from Crematories and Their Impacts to the Surrounding Environment”. *Environ. Sci. Technol.* 2003, 37(1), 62-67.
- [4] Jen-Ho Kao, Kang-Shin Chen, Guo-Ping Chang-Chien, I-Cheng Chou. “Emissions of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans from Various Stationary Sources”. *Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 170-179, 2006.
- [5] Montse M. Domingo L. “Toxic emissions from crematories: A review”. *Environment International* 36 (2010) 131-137.
- [6] Takeda N., Takaoka M., Fujiwara T., Takeyama H., Eguchi S. “PCDDs/DFs emissions from crematories in Japan”. *Chemosphere* 40 (2000) 575±586.
- [7] Livolsi B, Labrousse S, Baron P, Fiani E “Dioxins emissions from French crematoria and associated health impact assessment”. *Organohalogen Compounds* Vol 68 (2006).
- [8] IARC. Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 69. International Agency for Research on Cancer, 1997.
- [9] Van den Berg, Martin et al. “Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife”. *Environ Health Perspect.* 106.12 (1998). pp. 775– 792.
- [10] Van den Berg, Martin et al. The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. *Toxicol. Sci.* 93.2 (2006), pp. 223–224.
- [11] WHO. Air Quality Guidelines for Europe-Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. World Health Organization, 2000.
- [12] LAI Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI). <http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/gesundheit/pdf/LAI2004.pdf>.
- [13] Zagolin L., Marson G. et al. 2016 “Diossine, furani e PCB diossina-simili in Veneto - Valutazione dei livelli di alcuni microinquinanti organici in aria ambiente”, allegato alla Relazione Regionale Qualità Aria ARPAV 2015 (maggio 2016).
- [14] Review of Emissions from Crematoria in the UK, *Pharos Int. Magazine for Members of the Death-Care Community*, Vol 67 N.3 Autumn 2001.
- [15] Trevisan G., Benassi A., Lando A., Taroni G. “Emissioni di PCDD /PCDF da Impianti di Cremazione in Provincia di Venezia”.
- [16] Santarsiero A., Settimo G., Dell’Andrea E. “Mercury Emission from Crematoria” *Ann Ist. Super. Sanità* 2006 vol. 42, no. 3: 369-373.
- [17] Santarsiero A., Trevisan G., Cappiello G., Formenton G. and Dell’Andrea E. “Urban crematoria emissions as they stand with current practice”, *Microchemical Journal* 79, pp. 299–306. (2005).
- [18] R. Biancotto, L. Vianello, C. Zemello. Microinquinanti organici in provincia di Venezia. ARPAV Dipartimento Provinciale di Venezia (2009).

[19] Raccanelli S. Frangipane G. et Libralato S. “Serum Level of PCDD/F and Dioxin Like PCB in relation to different exposures in Italian adult man”. S. 27th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants. Tokyo, Japan 3-7 September 2007.

[20] “Cremation and respect for the environment. The recommendations of crematorium managers brought tot o the attention of regional, national and European authorities” Bruxelles 30 maggio 2008.

[21] ARPAV AA.VV. Relazione Regionale della Qualità dell’aria anno 2016 (maggio 2017).

[22] DGR Lombardia n. VIII/4642 del 5 maggio 2007 “Attività funebri e cimiteriali: gli impianti di cremazione in Lombardia ai sensi del R.R. n.6/2004”.

GLOSSARIO

Bioaccumulo: capacità di una sostanza di accumularsi all'interno di un organismo (a seguito di una esposizione ad essa attraverso l'ambiente circostante e/o attraverso la catena alimentare). Le sostanze ad elevato potere di bioaccumulo sono quelle con elevata solubilità nei grassi.

Bioconcentrazione: processo che porta ad una maggiore concentrazione di una sostanza in un organismo rispetto a quella presente nell'ambiente.

Biomagnificazione o magnificazione biologica: processo nel quale un composto chimico si accumula in modo seriale attraverso la catena alimentare passando da concentrazioni più basse nelle specie preda a concentrazioni più alte nelle specie predatrici.

ChemiodSORBIMENTO: Fenomeno in virtù del quale la superficie di una sostanza solida, detta adsorbente, fissa molecole provenienti da una fase gassosa o liquida con cui è a contatto.

Concentrazione: Rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e volume dell'effluente gassoso (es. mg/Nm³).

Condizioni Normali: una temperatura di 273,15 °K ed una pressione di 101,3 kPa (ossia 1,013 bar)

Diossine: Diossine Furani e Policlorobifenili costituiscono tre delle dodici classi di inquinanti organici persistenti, riconosciute a livello internazionale: si tratta di prodotti particolarmente stabili e considerati tossici sia per l'ambiente che per l'uomo.

Effetti tossici acuti: possono presentarsi dopo brevi esposizioni di 5-10 minuti a livelli molto alti di inquinanti nell'aria.

Effetti tossici cronici: sono dovuti a periodi di esposizione molto lunghi a basse concentrazioni.

Effluente gassoso: lo scarico gassoso, contenente emissioni solide, liquide o gassose; la relativa portata volumetrica è espressa in metri cubi all'ora, riportata alle condizioni normali (Nm³/h), previa detrazione del tenore del vapore acqueo, se non diversamente stabilito.

Emissioni: lo scarico diretto o indiretto, da fonti puntiformi o diffuse degli impianti, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore nell'aria, nell'acqua ovvero nel terreno.

Emissione convogliata: emissione di un effluente gassoso effettuata attraverso uno o più appositi punti (condotti).

Emissioni in atmosfera: qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera che possa causare inquinamento atmosferico.

Fattore di emissione: Rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e unità di misura specifica di prodotto o di servizio.

Feretro: Bara coperta dal drappo funebre.

Flusso di massa: Massa di sostanza emessa nell'unità di tempo (es. kg/h o g/h).

Inquinamento: Introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore nell'aria, nell'acqua o nel terreno, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell'ambiente, causare deterioramento di beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell'ambiente o ad altri suoi legittimi usi.

IPA Idrocarburi policiclici aromatici, noti anche con l'acronimo IPA, sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quello del benzene uniti fra loro, in un'unica struttura generalmente piana.

Liposolubilità: tendenza di una sostanza a dissolversi nei grassi.

Nanogrammo (ng): unità di misura pari ad un milionesimo di milligrammo.

Ore operative: il tempo, espresso in ore, durante cui un impianto di combustione, in tutto o in parte, è in funzione e scarica emissioni nell'atmosfera, esclusi i periodi di avvio o di arresto.

Particolato: il materiale particolare totale presente nell'aria è costituito da una miscela di particelle solide e liquide di piccole dimensioni.

Picogrammo (pg): unità di misura pari ad un miliardesimo di milligrammo.

POPs (Persistent Organic Pollutants): composti organici persistenti, per lo più di origine antropica.

Revamping: Il revamping è un'operazione di ristrutturazione e rifacimento di impianti industriali anche complessi al fine di allungare il loro ciclo di vita all'interno del processo produttivo.

Resto Mortale: si intende un cadavere, in qualsiasi stato di trasformazione, decorsi almeno dieci anni di inumazione o di tumulazione aerata, ovvero venti anni di tumulazione stagna

Salma: corpo umano rimasto privo delle funzioni vitali fino a ventiquattro ore dalla constatazione di decesso o prima dell'accertamento della morte;

S.A.E: Sistema di Analisi Emissioni in continuo.

S.M.E: Sistema di Monitoraggio delle Emissioni in continuo.

Soglia di rilevanza dell'emissione: Flusso di massa, per singolo inquinante, misurato a monte di eventuali sistemi di abbattimento e nelle condizioni di esercizio più gravose dell'impianto, al di sotto del quale non si applicano i valori limite di emissione.

Sostanze: gli elementi chimici e loro composti, escluse le sostanze radioattive e gli organismi geneticamente modificati.

Tanatoprassi: si intende un processo conservativo del cadavere, limitato nel tempo e comunque tale da non dare luogo alla sua imbalsamazione, e per « tanatocosmesi » si intendono i trattamenti di preparazione del corpo del defunto per la sua esposizione

TEF (Toxicity Equivalence Factor): Fattore di Equivalenza Tossica. Permette di confrontare il livello di tossicità dei diversi congeneri, appartenenti alla famiglia delle diossine, in relazione alla 2,3,7,8 TCDD.

TEq: quantità totale di tossicità che si genera sommando la tossicità relativa di ogni singolo congenere.

Tossicità: capacità di una sostanza di provocare effetti dannosi sugli organismi viventi quando supera un certo livello di concentrazione. E' strettamente legata alla sua possibilità di assorbimento, trasporto, metabolismo ed escrezione nell'organismo vivente. Si parla di tossicità acuta per risposte che si manifestano in tempi brevi e di tossicità cronica per risposte che si rendono palesi dopo tempi prolungati.

Valore limite di emissione: il fattore di emissione, la concentrazione, la percentuale o il flusso di massa di sostanze inquinanti nelle emissioni che non devono essere superati.