

Programma ambientale del distretto ceramico di Modena e Reggio Emilia.

Aspetto ambientale **ARIA**

Obiettivo **B. 1** Miglioramento della qualità dell'aria

sottoazione 5. 2) Riduzione/mitigazione delle emissioni di SOV dal comparto ceramico.

sottoazione 5. 3) Realizzazione dello studio relativo ai contributi delle diverse fonti di emissione di PM10.

Sottoazione 5. 2) Riduzione/mitigazione delle emissioni di SOV dal comparto ceramico.

CONTROLLO DELL'EMISSIONE DI SOSTANZE ORGANICHE VOLATILI (SOV) E DI ODORI NEL PROCESSO DI COTTURA DELLE PIASTRELLE DI CERAMICA.

Premessa

Il progetto affronta la tematica ambientale della qualità dell'aria connessa con l'emissione di Sostanze Organiche Volatili (SOV) dai forni di cottura delle piastrelle ceramiche e si propone di contribuire alla ricerca di soluzioni efficaci ed economicamente sostenibili per la possibile risoluzione di questo problema.

In questa sede è sufficiente ricordare che:

- Le piastrelle di ceramica che entrano nel forno di cottura contengono diverse quantità di diversi additivi organici (inclusi in prodotti quali gli oli serigrafici, i leganti, i sospensivanti, etc.);
- diverse sostanze organiche possono liberarsi - con o senza decomposizioni o altre reazioni - nel primo tratto del forno, e raggiungere il camino di emissione, per essere poi scaricate in atmosfera insieme ai fumi.

La ricerca presuppone una conoscenza approfondita - e in molti casi non ancora completamente disponibile - dei meccanismi alla base della formazione delle SOV e delle relazioni che intercorrono fra la loro natura e quantità, gli additivi organici (tipo e quantità) contenuti nelle piastrelle ed i parametri operativi della cottura. Un adeguato completamento di queste conoscenze rientra fra gli obiettivi intermedi del presente programma.

Stato dell'arte

L'intensità dell'emissione di SOV dai forni di cottura delle piastrelle di ceramica, pur significativa ai fini ambientali nella situazione del Distretto Ceramico di Sassuolo (con l'elevatissima concentrazione di sorgenti inquinanti, in un'area, di estensione limitata, che vede gli insediamenti produttivi ed abitativi strettamente intrecciati), non è però tale da giustificare l'adozione di specifiche tecniche di riduzione a valle, come ad esempio tecniche tipo post-combustione, utilizzate in altri tipi di emissione. L'attenzione della ricerca si è dunque concentrata, dalla metà degli anni '90, sull'individuazione di possibilità di interventi "a monte", sui materiali, sugli additivi organici e sul processo di cottura.

Il presupposto per questo sviluppo era una conoscenza approfondita ed affidabile della qualità e quantità di SOV emesse dai processi di cottura, delle correlazioni che legano tali emissioni sia alla qualità e quantità delle sostanze organiche contenute nel prodotto in cottura, sia ai parametri operativi e produttivi del processo stesso di cottura.

L'acquisizione di conoscenze in questo campo è stata promossa dalla Regione Emilia Romagna, interessata istituzionalmente a risolvere il problema anche attraverso apposite regolamentazioni. A questo scopo la Regione Emilia-Romagna, con delibera AMB/95/1848, del 07/03/95, ha istituito un Gruppo di Lavoro interdisciplinare, formato da ARPA, Centro Ceramico di Bologna e Fondazione Maugeri di Padova, con il supporto di Assopiastrelle e delle tre principale aziende produttrici di additivi organici per piastrelle ceramiche.

L'attività di questo gruppo di lavoro è documentata nel Rapporto "Emissione di Sostanze Organiche Volatili dai forni di cottura delle piastrelle di ceramica. Analisi delle cause e possibilità di prevenzione", consegnato alla Regione nel Giugno del 1996.

Queste le connotazioni fondamentali dello studio:

- indagine campionaria su 20 forni;
- ricerca delle correlazioni fra natura e quantità delle sostanze organiche in ingresso, tipo e caratteristiche del prodotto, condizioni operative del forno, caratteristiche chimiche e fisiche dell'emissione gassosa del forno;

- formulazione e verifica di ipotesi sui meccanismi di formazione di sostanze organiche odorifere nel corso della cottura;
- studio comparativo e validazione di diverse metodologie di caratterizzazione (prelievo e analisi di sostanze organiche volatili) delle emissioni gassose.

A questo studio hanno fatto seguito ulteriori indagini, svolte sia dal Centro Ceramico di Bologna, sia da altre istituzioni, come il Dipartimento di Chimica dell'Università di Modena e Reggio Emilia.

Quantificazione del problema

Il controllo delle emissioni da forni ceramici prevede attualmente la verifica delle emissioni di SOV (esprese complessivamente come carbonio organico totale o come somma dei singoli composti organici emessi) e delle aldeidi (esprese come aldeidi totali) così come riportato nelle autorizzazioni alle emissioni in atmosfera rilasciate dall'ente preposto.

Le tecniche di monitoraggio utilizzate per caratterizzare qualitativamente e/o quantitativamente le SOV che si liberano dai processi di cottura delle piastrelle ceramiche sono riportate di seguito (con l'indicazione dei metodi di riferimento adottati):

- Campionamento ed analisi di aldeidi mediante chemiadsorbimento su DNPH ed analisi HPLC: riferimento metodo EPA TO11
- Campionamento ed analisi di composti organici volatili mediante adsorbimento su carbone ed analisi gascromatografica (riconoscimento dei singoli composti): riferimento metodo UNI EN ISO 16017-1 e metodo UNI EN 13649.
- Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in effluenti gassosi mediante gascromatografia (senza riconoscimento dei singoli composti): metodo UNI EN 13526

La determinazione di SOV espresse come carbonio organico totale fornisce un valore legato al carico inquinante complessivo (di natura organica) della emissione, senza alcuna indicazione sulla tipologia dei singoli composti.

La determinazione delle aldeidi totali e delle SOV espresse come somma dei singoli composti fornisce invece anche indicazioni utili a discriminare ed a quantificare singolarmente ogni composto presente.

I controlli eseguiti da ARPA ormai da diversi anni, ed i risultati conseguiti dalle attività di prelievo ed analisi delle emissioni da forni ceramici, permettono di evidenziare come il 20% circa delle emissioni controllate abbia concentrazioni di SOV superiori al 50% del valore limite previsto.

	Valore limite in Autorizzazione (mg/Nm ³)	Valore medio (mg/ Nm ³)	Valore minimo (mg/ Nm ³)	Valore massimo (mg/ Nm ³)	Emissioni con conc. >50% del valore limite
SOV	50	12	0.3	38	19%
Aldeidi	20	6	0.1	38	20%

L'esame dei dati a disposizione fino ad oggi indica come il maggior contributo alle aldeidi derivi da quelle a basso peso molecolare, ed in particolare da formaldeide, acetaldeide ed acroleina, composti che presentano una soglia olfattiva molto bassa. Relativamente alle SOV è invece stata accertata la presenza, nelle emissioni di forni ceramici, di composti a bassa soglia olfattiva quali: diossano, diossolano e derivati, alcoli, chetoni, esteri ed idrocarburi aromatici e non.

La conseguenza della presenza di composti a bassa soglia olfattiva ha comportato negli ultimi anni la presentazione di numerose segnalazioni di odori in area ceramica con il riscontro, in molti casi, della possibile provenienza degli stessi dai camini dei forni ceramici.

Definizione del progetto

Dall'analisi delle informazioni disponibili emergono:

- la complessità del problema
- l'esistenza di diverse possibili linee di intervento per la riduzione/prevenzione dell'emissione di SOV (ad esempio: intervento sul processo e sull'impianto di

cottura e/o intervento sugli additivi organici), linee per altro non sempre e non completamente indipendenti l'una dall'altra;

- la necessità di disporre di tecniche di monitoraggio in continuo dell'emissione di SOV, come mezzo in grado di fornire una conoscenza immediata e sufficientemente approfondita ed affidabile del processo di liberazione delle SOV durante l'attività a regime degli impianti, e dunque una base tecnico-scientifica alla progettazione ed allo sviluppo di interventi di riduzione/prevenzione dell'emissione di SOV.

Il progetto complessivo, pertanto, partendo dalla necessità di affrontare un problema con implicazioni interdisciplinari quale quello in esame, ha previsto fino dalle fasi iniziali il coinvolgimento e la collaborazione di più proponenti e collaboratori in grado di integrare competenze e conoscenze nel campo operativo e nell'area disciplinare di rispettivo interesse. Ciascun proponente/collaboratore si è impegnato in un proprio specifico ed individuale programma da portare avanti in modo autonomo per quanto concerne gli obiettivi specifici, la responsabilità tecnica e scientifica e le risorse utilizzate, ma coordinato nei tempi, nello scambio di informazioni e nella conduzione di attività di reciproco interesse. In questo modo, pur nell'autonomia, individualità, essenzialità e non sovrapposizione dei programmi, si sono sfruttate interessanti sinergie e collaborazioni, che lasciano prevedere un conseguimento degli obiettivi complessivamente previsti in modo più efficiente, efficace ed economico, rispetto a quanto avverrebbe affrontando singolarmente le diverse problematiche. Il progetto complessivo ha ricevuto parere favorevole dal Ministero per le Attività Produttive nell'ambito del Fondo per l'Innovazione Tecnologica e vede il coinvolgimento delle seguenti aziende: IPEG S.p.A. - Hera S.p.A. - Smaltochimica S.r.l.

Nello sviluppo del programma, come pure nella conduzione delle attività previste, le aziende si avvalgono della collaborazione scientifica e tecnica delle seguenti strutture:

- Centro Ceramico-Bologna - Centro di Ricerca e Sperimentazione per l'Industria Ceramica di Bologna, gestito da Consorzio Universitario

- ARPA ER - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna - Sez. Provinciale di Modena
- ARS S.r.l. - Azienda nata da competenze universitarie della Facoltà di Chimica di Bologna.

Si segnala che IPEG, Smaltochimica, ARPA e Centro Ceramico erano tutti membri del gruppo di lavoro interdisciplinare sulle SOV istituito dalla Regione Emilia-Romagna nel 1995.

La durata complessiva prevista per il progetto è di circa 36 mesi.

Obiettivi del progetto

Gli obiettivi del progetto complessivo presentato sono sostanzialmente 3:

- Soluzioni impiantistica per la rimozione delle sostanze organiche dalle piastrelle di ceramica prima del loro ingresso al forno di cottura, e convogliamento delle SOV al successivo trattamento in corrente separata dai fumi di combustione. Il processo innovativo da sviluppare si concretizza in un modulo di trattamento termico delle piastrelle crude, avente l'obiettivo di provocare, con la massima efficienza possibile, la rimozione dal prodotto delle sostanze organiche in esso contenute, e di assicurarne l'allontanamento in una emissione gassosa di modesta entità non miscelata con i prodotti di combustione del forno. Questa emissione avrà dunque caratteristiche quantitative e compositive tali da consentirne un agevole trattamento depurativo.
- Nuove tecniche analitiche per la determinazione rapida e in continuo di emissioni gassose e della qualità dell'aria, specificamente applicabili alle emissioni gassose dai forni di cottura delle piastrelle di ceramica. Identificazione del principio di funzionamento, e sviluppo della realizzazione strumentale.
- Nuovi veicoli serigrafici ottimizzati in funzione di prestazioni tecniche e comportamento in esercizio, costi e contributo all'emissione di SOV.

Struttura del progetto e stato di avanzamento

Allo scopo di rendere possibile lo sfruttamento ottimale delle opportunità di collaborazione e delle reciproche sinergie, il programma è stato strutturato con la seguente articolazione delle fasi:

FASE	N°	Descrizione
STUDIO DI FATTIBILITA'	0	Valutazione preliminare della attività prevista
SPERIMENTAZIONE	1	Progettazione e realizzazione di impianto pilota a piccola scala per prove di cottura
	2	Tecniche analitiche per il controllo delle emissioni e sistemi di monitoraggio in continuo delle SOV - Messa a punto
	3	Composti chimici costituenti i veicoli serigrafici e SOV formate nel corso del loro trattamento termico in predefinite condizioni
	4	Studio delle correlazioni fra emissioni di SOV, condizioni di cottura e composti organici
SVILUPPO	5	Criteri generali di progettazione di "modulo di rimozione SOV"
	6	Criteri generali di progettazione di additivi organici a definita emissione di SOV
PRE-INDUSTRIALIZZAZIONE	7	Progettazione e costruzione prototipo in scala ridotta di "modulo di rimozione SOV"
	8	Progettazione e costruzione di prototipi di apparati di monitoraggio continuo delle SOV nelle emissioni gassose
	9	Produzione e caratterizzazione di lotti sperimentali dei nuovi additivi organici ad emissione di SOV controllata.
	10	Sperimentazione e collaudo finale del "modulo rimozione SOV". Sperimentazione e collaudo finale dei nuovi sistemi di monitoraggio delle SOV

La fase 0 (studio di fattibilità) è preliminare al progetto vero e proprio ed ha visto impegnate le aziende e gli enti interessati fin dall'anno 2002, con produzione di numerosi documenti (verbali di riunioni, documenti di lavoro, ecc.) per arrivare alla stesura definitiva e completa del progetto.

Il progetto è attualmente avviato a pieno regime ed in particolare è in corso lo sviluppo della fase 4. La fase 4 è quella di maggiore durata tra tutte quelle previste in funzione dell'elevato numero di prove ed analisi a cui sottoporre additivi e materiali ceramici ed è di fondamentale importanza per lo sviluppo delle fasi successive. Non è possibile al momento presentare risultati parziali delle attività di ricerca svolte nell'ambito del presente progetto.

sottoazione 5.3) Realizzazione dello studio relativo ai contributi delle diverse fonti di emissione di PM10

CONTRIBUTO DELLE PRINCIPALI FONTI EMISSIVE ALLE EMISSIONI DI PM10

Premessa

Data l'importanza recentemente assunta a livello sanitario dalle polveri di granulometria più fine rispetto alle polveri totali, si è affrontata la problematica di stimare le emissioni di PM10 determinate da traffico, industria, riscaldamento civile e allevamenti al fine di quantificarne le sorgenti più importanti.

In una prima fase si sono valutati i dati necessari a tale stima e soprattutto la reperibilità di questi anche in relazione alle risorse disponibili. Questa analisi ha evidenziato che, mentre per il settore dei trasporti, per la combustione civile e per gli allevamenti i dati erano facilmente reperibili, per le emissioni industriali la carenza di informazioni non permetteva l'utilizzo dei fattori di emissione disponibili in letteratura.

In mancanza di questi, l'altra possibile fonte di dati era costituita dal catasto delle emissioni realizzato in base ai dati presenti nelle autorizzazioni rilasciate ai sensi del DPR 203/88, in cui vengono definiti i quantitativi massimi emettibili.

Nell'utilizzo di questa banca dati ai fini sopra esposti, sorgono però due problematiche: la prima relativa al fatto che i dati contenuti nell'autorizzazione rappresentano un limite da non superare e quindi non corrispondono in generale al quantitativo realmente emesso, conducendo pertanto ad una sovrastima del contributo di questo settore; la seconda riguarda invece il fatto che i quantitativi autorizzati si riferiscono alla polverosità totale emessa (PTS) ed è quindi necessario stimare il contributo della frazione PM10, valutando la granulometria del materiale particellare in uscita dai camini.

Di seguito si riportano in dettaglio le attività messe in campo e la procedura adottata per rispondere ai quesiti sopra esposti ed arrivare quindi ad una stima dei reali quantitativi di PM10 emessi dal settore industriale, in particolare da quello ceramico. Per le stime effettuate sugli altri settori di interesse e per la valutazione dei pesi relativi delle diverse sorgenti analizzate, si rimanda invece alla schede degli indicatori di pressione sviluppate per la componente ambientale aria nell'ambito del progetto S.A.D..

Stima dei quantitativi reali di inquinanti emessi dal settore industriale

La stima delle emissioni in t/anno per ogni inquinante effettuata partendo dai dati presenti nell'autorizzazione, relativi alle ore di funzionamento annuali, alla portata e al limite autorizzato, conduce ad una sovrastima dei quantitativi emessi. Il limite autorizzato rappresenta infatti la quantità massima consentita in emissione e nella realtà la maggior parte delle ditte, grazie anche alle tecnologie in uso, emette valori ampiamente inferiori a quelli autorizzati.

Per valutare i quantitativi reali emessi, è stata effettuata una analisi sui dati raccolti nell'ambito dei controlli effettuati da Arpa sulle emissioni industriali. Noto infatti il rapporto tra i quantitativi realmente misurati a camino (le concentrazioni di inquinante al camino) e quelli autorizzati è possibile stimare un fattore correttivo per ogni inquinante e per ogni settore produttivo con cui correggere i quantitativi autorizzati.

In tabella 2 è riportato un riepilogo sul numero di ditte e di emissioni della Provincia e sul numero di controlli disponibili relativi all'ultima autorizzazione rilasciata.

Settori	N° ditte Provincia	N° ditte controllate	% ditte controllate	NH ₃	NO _x	PTS	SOV	SO _x
				n° emissioni controllate				
Petroliero	8	6	75%				6	
Ceramico	293	219	75%		15	786	97	15
Trasf. gomma, mat. plastiche	99	48	48%	2		15	48	
Prodotti edilizia	61	21	34%		3	27	2	4
Vetrario	10	2	20%			5		
Servizi	21	4	19%			2	1	
Chimico, farmaceutico	37	7	19%	1		31	15	
Cartario, grafico	75	13	17%		6	7	25	4
Metalmeccanico	1158	166	14%	12	39	252	53	12
Agricolo, ind. alimentari	207	26	13%	2	7	56	7	8
Tessile, abbigliamento	79	5	6%	2		7	13	
Legno, mobile	188	11	6%		3	9	6	5
Biomedicale	64	1	2%					
Energetico	5	0	0%					
Non definito	184	0	0%					

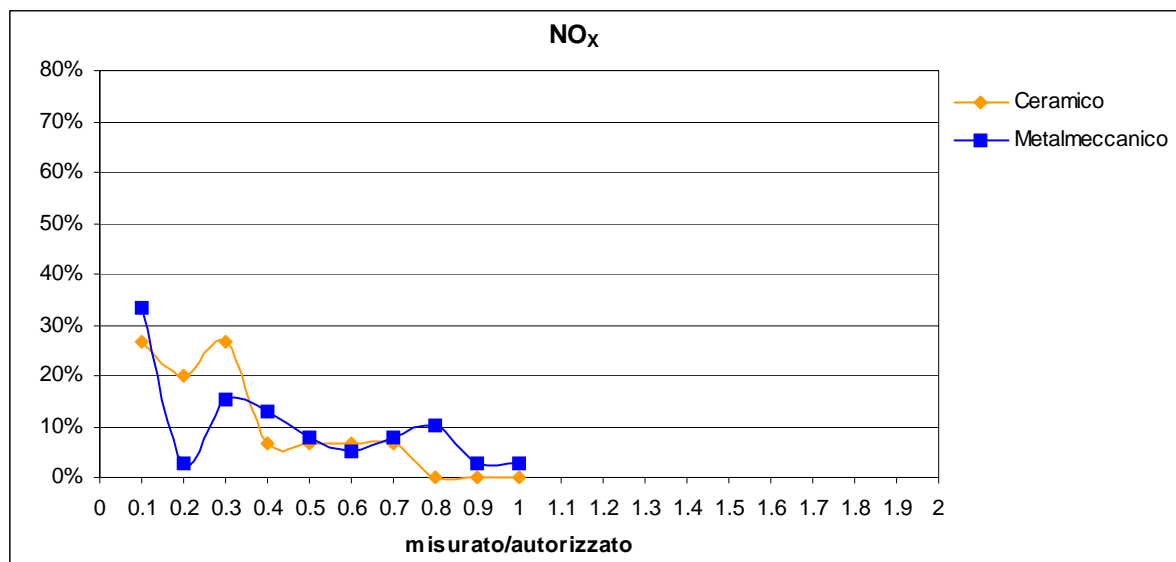
Tab.1: numero di ditte e di emissioni controllate

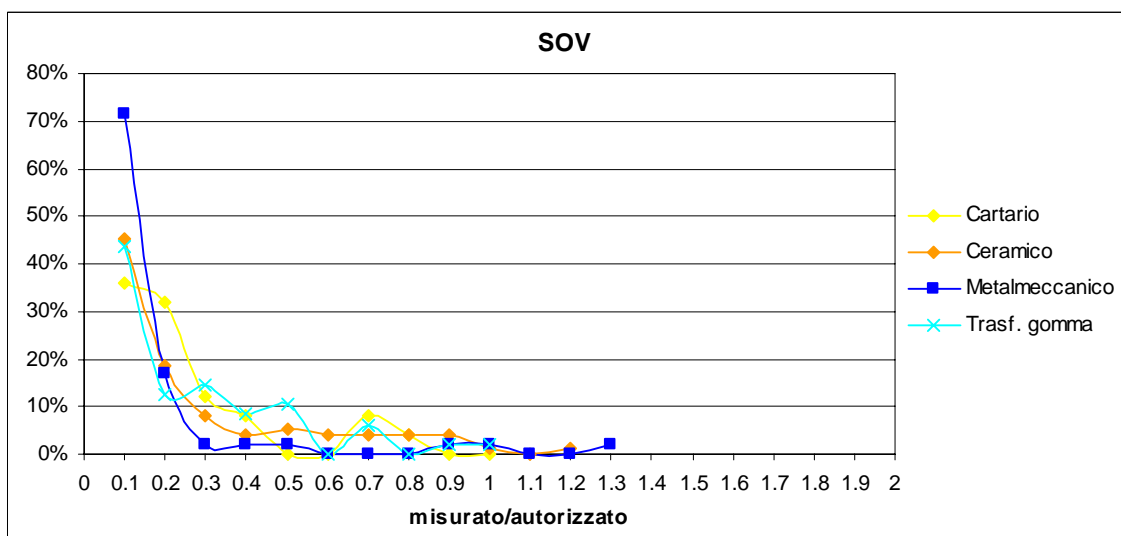
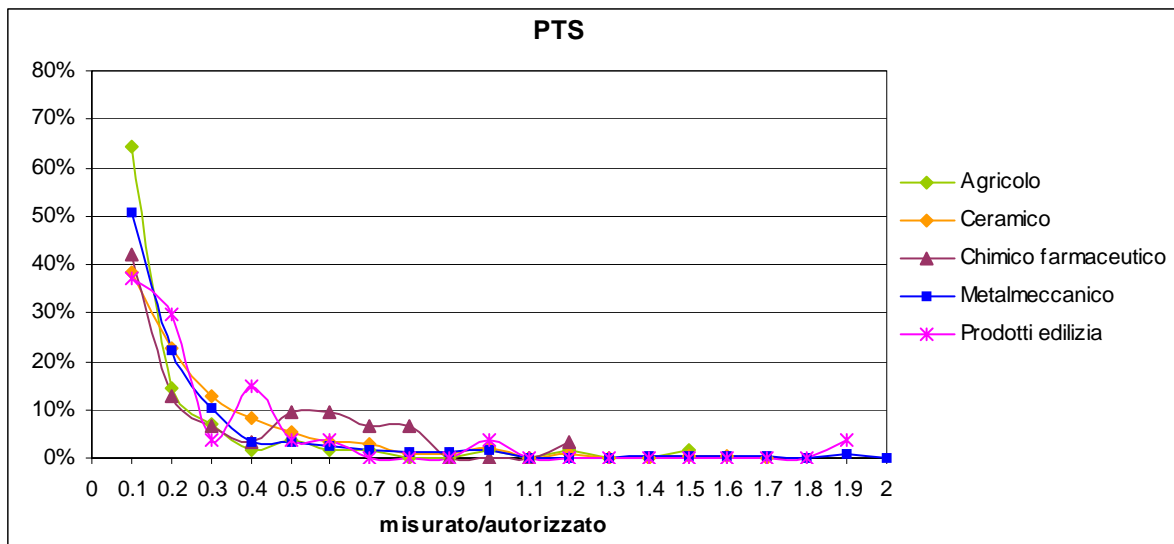
Raggruppate le ditte nei diversi settori produttivi (tabella 1), se il numero di emissioni controllate per settore è risultato abbastanza numeroso (celle evidenziate in giallo nella tabella), è stata calcolata la percentuale di misure con un valore rispetto all'autorizzato compreso tra 0 e 0.1, 0.1 e 0.2 e così via fino al rapporto massimo rilevato. Al valore 1 corrisponde quindi un quantitativo misurato pari all'autorizzato, valori inferiori testimoniano emissioni più contenute, mentre valori superiori a 1 rappresentano i casi di superamento del limite autorizzato.

Sulla base di questa distribuzione, è stato scelto come coefficiente di correzione, il valore al di sotto del quale ricadeva una percentuale di misure compresa tra l'85 e il 90%.

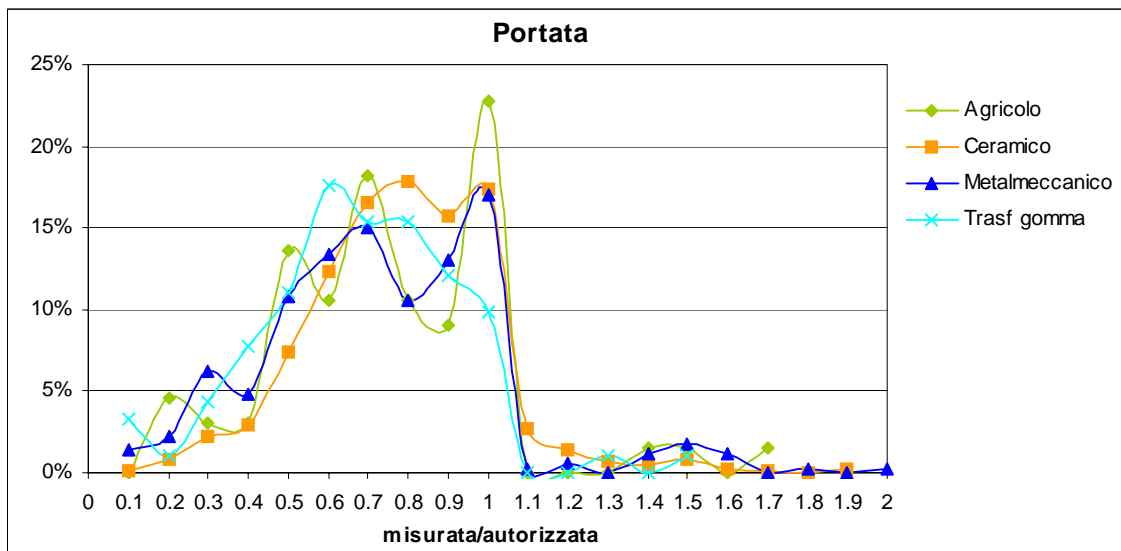
Di seguito vengono riportati i grafici della distribuzione percentuale delle ditte di ogni settore oggetto di misura in funzione del rapporto misurato/autorizzato per gli ossidi di azoto, le polveri totali le sostanze organiche volatili.

Si osserva come la percentuale diminuisca al crescere del rapporto misurato/autorizzato e come siano rari i casi di superamenti





Per quanto riguarda la portata, con un procedimento analogo, si è rilevato che la maggior parte delle misure ricadeva tra il 50 e il 100% dell' autorizzato, con rari casi di superamenti; si è allora ritenuto plausibile non utilizzare alcun fattore di riduzione.



In tabella 2 sono riportati i valori dei coefficienti di riduzione da applicare al quantitativo annuo calcolato utilizzando il limite autorizzato, suddivisi per settore produttivo ed inquinante.

Per i settori produttivi per cui, a parità di inquinante non si disponeva di un numero di controlli sufficienti alla stima del coefficiente correttivo, si è scelto di applicare quello massimo stimato per l'inquinante medesimo; questo equivale all'ipotesi più cautelativa in quanto corrisponde alla riduzione più piccola del quantitativo autorizzato. Per gli SO_x sono stati considerati gli stessi fattori ricavati per gli NO_x poichè si tratta di inquinanti con uguale origine. Per l'ammoniaca, infine, non è stato possibile stimare nessun coefficiente di riduzione a causa del basso numero di misure disponibili.

La portata, come già descritto in precedenza, è stata assunta pari al dato riportato sull'autorizzazione.

Settori	NH ₃	NO _x	PTS	SOV	SO _x
Petrolifero		0.7	0.6	0.6	0.7
Ceramico		0.5	0.5	0.6	0.5
Trasf. Gomma, Mat. Plastiche		0.7	0.6	0.5	0.7
Prodotti Edilizia		0.7	0.4	0.6	0.7
Vetrario		0.7	0.6	0.6	0.7
Servizi		0.7	0.6	0.6	0.7
Chimico, Farmaceutico		0.7	0.6	0.6	0.7
Cartario, Grafico		0.7	0.6	0.4	0.7
Metalmeccanico		0.7	0.3	0.2	0.7
Agricolo, Ind. Alimentari		0.7	0.3	0.6	0.7
Tessile, Abbigliamento		0.7	0.6	0.6	0.7
Legno, Mobile		0.7	0.6	0.6	0.7
Biomedicale		0.7	0.6	0.6	0.7
Energetico		0.7	0.6	0.6	0.7
Non Definito		0.7	0.6	0.6	0.7

Tab.2: coefficienti di correzione ai limiti autorizzati, in funzione dell'inquinante e del settore produttivo. I valori evidenziati sono quelli stimati in base al dato misurato.

Stima dei quantitativi di PM₁₀ emessi dal settore industriale

I valori autorizzati ai sensi del DPR 203/88 riguardano le polveri totali sospese (PTS) e la maggior parte degli studi sino ad ora effettuati, in particolare sulle emissioni nel settore ceramico, si riferiscono alle polveri più grossolane.

Per valutare i quantitativi di PM₁₀ emessi dal settore industriale con particolare

riferimento a quello ceramico, si è quindi avviato uno studio volto in una prima fase all'individuazione della metodologia da applicare e nella seconda alla realizzazione di misure sulle aziende.

L'alternativa metodologica esaminata riguardava la possibilità di acquistare una sonda per la misura diretta del PM10 a camino, oppure di utilizzare un metodo di determinazione indiretto che prevede, per un tempo predeterminato, un prelievo a camino di polveri totali e una successiva valutazione del campione al microscopio elettronico per la determinazione granulometrica.

Il primo metodo, prelevando direttamente le polveri più fini, avrebbe garantito un risultato di maggior affidabilità, ma sarebbe stato necessario un adeguamento delle prese a camino impiegate per i campionamenti a causa delle dimensioni della sonda di prelievo, troppo elevate per i bocchettoni esistenti. Ciò avrebbe richiesto un impegnativo e gravoso coinvolgimento delle aziende per l'esecuzione dei lavori. Si è quindi scelto di adottare la seconda metodologia, sebbene la determinazione della frazione fine comportasse una maggiore incertezza.

Le fasi seguite per tale determinazione possono essere così riassunte:

1. prelievo a camino di PTS su filtri di polycarbonato; il tempo di campionamento deve essere ottimizzato così da ottenere un numero di particelle sul filtro significativo ma non eccessivo, perché in caso contrario risulta difficile valutare la dimensione delle particelle stesse.
2. analisi dei campioni al microscopio elettronico a scansione per la determinazione della distribuzione granulometrica delle polveri prelevate attraverso un esame dimensionale che ne determina il diametro geometrico (% di particelle appartenenti alle diverse classi granulometriche). Da tale diametro è poi possibile attraverso la densità risalire al diametro aerodinamico con cui vengono definite le frazioni fini.
3. determinazione della percentuale in peso delle polveri con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm

Nel corso del 2003 e nei primi mesi del 2004 è stata quindi pianificata una campagna di misura che ha visto coinvolte un numero di aziende complessivamente limitato, ma che ha permesso di testare la metodologia arrivando ad alcuni risultati al momento solo preliminari.

La scelta delle emissioni su cui è stato effettuato il campionamento è stata determinata da diversi fattori:

- si è scelto di indagare ditte appartenenti al settore ceramico perché questo rappresenta il settore industriale che, anche a livello provinciale, contribuisce in modo prioritario alle emissioni di polveri ;
- Si è scelta la stessa tipologia di emissione per ottenere un campione più significativo.
- L'utilizzo del filtro di policarbonato, necessario per l'analisi successiva, limita la scelta delle emissioni da indagare alle sole emissioni fredde. Questi filtri infatti non sopportano temperature superiori a 130 °C, temperature prossime a quelle riscontrabili sulle emissioni dei forni ceramici.

I prelievi sono stati effettuati presso camini dotati di impianti di abbattimento (filtri a maniche) e appartenenti ai reparti di pressatura. Sono state coinvolte 8 aziende per un totale di 23 campionamenti effettuati con tempi di volta in volta diversi al fine di ottimizzare il quantitativo di polvere raccolta (Tab3).

N°	Descrizione punto di prelievo	Tempo campionamento (min)	Idoneo alla lettura al microscopio elettronico a scnsione	Data analisi
1	reparto pressatura	1	No	18/02/03
2	reparto pressatura	3	No	18/02/03
3	reparto pressatura	5	No	18/02/03
4	reparto pressatura	7	No	18/02/03
5	reparto pressatura	10	Si	18/02/03
6	stoccaggio atomizzato e 2 presse	5	No	22/04/03
7	stoccaggio atomizzato e 2 presse	7	No	22/04/03
8	stoccaggio atomizzato e 2 presse	10	Si	22/04/03
9	stoccaggio atomizzato e 2 presse	20	Si	22/04/03
10	reparto pressatura (5 presse)	10	No	02/09/03
11	reparto pressatura (5 presse)	20	Si	02/09/03
12	2 presse e loro alimentazione	10	No	02/09/03
13	2 presse e loro alimentazione	20	Si	02/09/03
14	reparto pressatura (4 presse)	7	Si	07/11/03
15	reparto pressatura (4 presse)	15	No	07/11/03
16	dosaggio stoccaggio presse atomizzato	10	No	07/11/03
17	dosaggio stoccaggio presse atomizzato	20	Si	07/11/03
18	2 mulini e 6 presse	10	No	07/11/03
19	2 mulini e 6 presse	20	Si	07/11/03
20	reparto pressatura (2 presse)	20	Si	06/07/04
21	reparto pressatura (2 presse)	30	Si	06/07/04
22	reparto pressatura (6 presse)	20	No	06/07/04
23	reparto pressatura (6 presse)	30	Si	

Tab.3: Campionamenti effettuati

I filtri provenienti da tali prelievi sono stati successivamente sottoposti ad un'analisi al microscopio elettronico a scansione (SEM) finalizzata ad indagare le dimensioni granulometriche delle singole particelle.

Su ciascun filtro sono stati esaminati un certo numero di campi, scelti casualmente, operando a 5000 ingrandimenti (tale condizione permette di osservare anche le particelle di dimensioni inferiori a 1 μm). Il conteggio è stato svolto suddividendo le particelle in quattro classi: diametro geometrico compreso tra 0-2 μm , 2-4 μm , 4-10 μm , 10-20 μm . Su alcune particelle è stata svolta anche l'analisi della composizione attraverso sonda EDX (fluorescenza di raggi X).

Dal diametro geometrico osservato e tenendo conto che la densità del caolino e dei silicati naturali (principali componenti delle polveri campionate, come emerso dalle analisi con sonda EDX) è pari a circa 2,5 g/cm^3 , si è poi determinato il diametro aerodinamico: la frazione di particelle con diametro geometrico compreso tra 0 e 4 μm può essere considerata PM_{10} aerodisperso.

I risultati delle analisi sono riassunti in tabella 4.

	Diametro geometrico (μm)				N° particelle
	0-2	2-4	4-10	10-20	
N°	% particelle				
5	65,3	29,8	4,56	0,33	1513
7	81	13	6,3		444
9	83	12	4,6		637
11	47	42	11		19
13	64	24	12		58
14	73	18	8	1	289
17	68	23	10		71
19	74	12	11	2,4	127
20	55	26	15	4,6	131
21	40	41	14	4,7	150
23	22,7	46	15	15	13
Diametro aerodinamico (μm)					
	0-5	5-10	10-25	25-50	

Tab.4: Risultati delle analisi al microscopio elettronico

I dati riportati mostrano percentuali di polveri fini quasi sempre superiori al 80% in termini di numerosità, il che non corrisponde ad una analoga percentuale in peso. Per calcolare tale percentuale, si sono valutati i volumi totali occupati dalle particelle conteggiate, considerando il diametro geometrico medio di ciascuna delle

quattro classi in cui è stato eseguito il conteggio, e si è valutata la percentuale occupata dalle particelle con diametro geometrico inferiore a 10 μm , considerando il dato di volume ricavato per le prime due classi (diametro geometrico inferiore a 4 μm).

Il rapporto tra i volumi è stato poi considerato uguale a quello relativo al peso, supponendo la densità delle particelle costante.

La percentuale così ottenuta è riportata nella tabella 5.

N° campione	N° particelle	% PM10
5	1513	25%
7	444	17%
9	637	21%
11	19	24%
13	58	15%
14	289	8%
17	71	17%
19	127	3%
20	131	4%
21	150	5%
23	13	2%

Tab.5: % in peso della frazione fine sul totale delle polveri emesse

Come si nota dai dati riportati, pur trattandosi di prelievi svolti sempre presso camini di reparti pressatura di industrie ceramiche dotati della stessa tipologia di impianto di abbattimento, la variabilità del dato ottenuto è abbastanza elevata. Questa variabilità può essere determinata sia dalla diversa efficienza dell'impianto di depurazione, sia dal differente numero di particelle raccolte sul filtro (variabile, ad esempio, a seconda del regime del processo produttivo).

Le condizioni del filtro a maniche al momento del campionamento condizionano infatti il diametro delle particelle che il filtro è in grado di trattenere, mentre un numero di particelle troppo scarso rende il conteggio statisticamente meno attendibile.

Per questo motivo, la percentuale in peso da applicare ai carichi inquinanti di PTS da emissioni ceramiche, è stata ricavata calcolando la media pesata delle percentuali sopra riportate relative ad ogni campionamento, utilizzando come coefficiente di pesatura il numero di particelle presenti in ogni lettura; tale scelta

ha avuto come presupposto quello di utilizzare tutte le rilevazioni svolte, ma nello stesso tempo di dare maggiore "attendibilità" ai valori misurati sui filtri più impolverati.

In base a questo calcolo, i dati ad oggi disponibili, portano a stimare una percentuale di PM10 nelle emissioni delle industrie ceramiche relative ai reparti di pressatura pari al 19% delle polveri totali emesse.

Questo deve essere considerato un risultato preliminare sia per il limitato numero di campioni effettuati, sia per la necessità di confrontarlo con altre tecniche di stima/misura.

Una stima più accurata potrà essere possibile solo programmando un campagna di misura più estesa che coinvolga anche altre tipologie di emissioni e che eventualmente utilizzi in aggiunta misure dirette di PM10 ai camini.

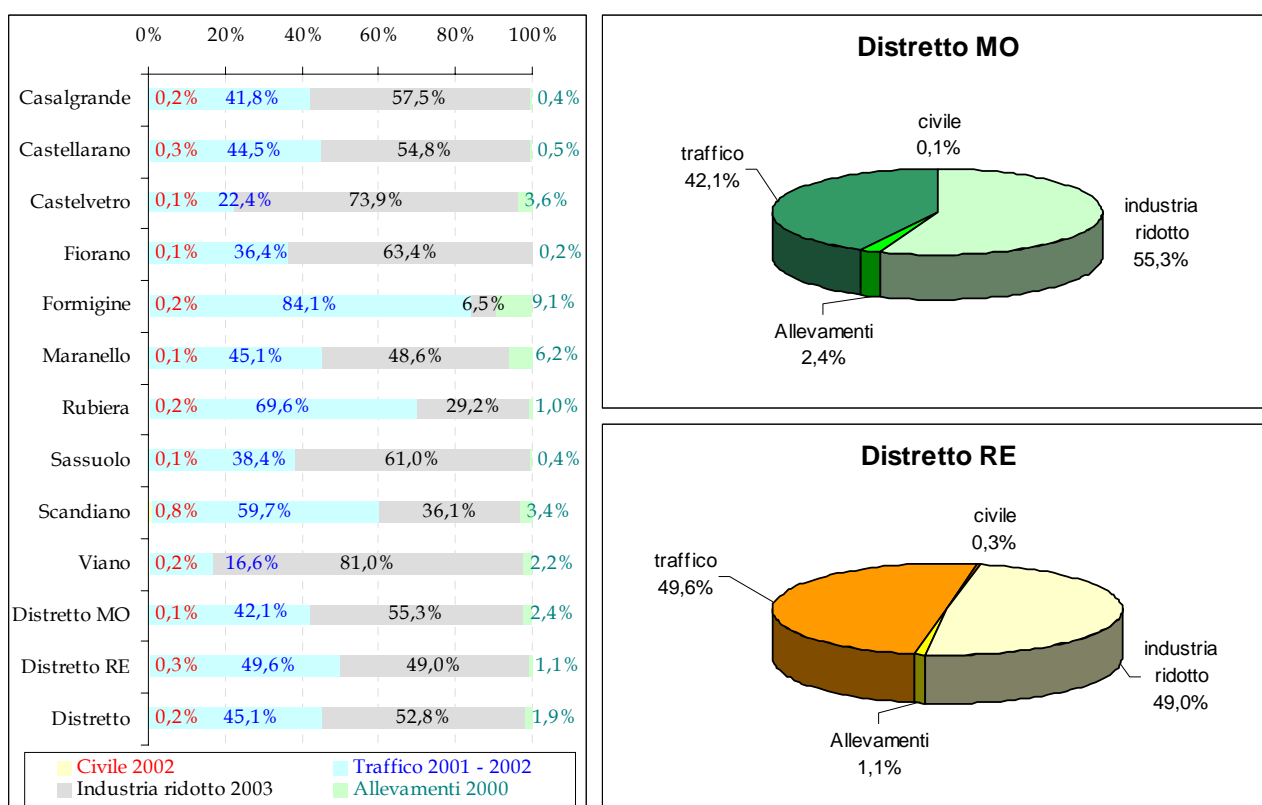
Contributi delle diverse fonti di emissione di PM10

I risultati delle stime precedentemente riportate, relative alle emissioni di PM10 nei camini dei reparti di pressatura, permettono con alcune assunzioni aggiuntive di stimare il contributo delle diverse fonti alle emissioni complessive di PM10. Innanzitutto è necessario assumere che tale percentuale sia applicabile a tutte le emissioni ceramiche. Questa assunzione è supportata dal fatto che le tecnologie di abbattimento delle polveri sono simili nei diversi processi produttivi e che le stime così effettuate confrontate con le emissioni deducibili utilizzando il fattore di emissione per il comparto laterizi e piastrelle, riportato nel "Manuale dei fattori di emissione nazionali" redatto da ANPA e pubblicato nel gennaio 2002, conducono a risultati confrontabili. Poiché, infatti, il fattore di emissione per unità di prodotto è di **56.55 g di PM10/t di piastrelle** e la produzione di piastrelle per le Province di Modena e Reggio nel 2003 è stata di 9.666.090 tonnellate, ne segue che il quantitativo annuo di PM₁₀ emesso è quantificabile in **547 t/anno**, valore confrontabile con quello ricavato con la procedura illustrata.

t/anno emesse nelle Province di Modena e Reggio E.		
PTS ceramico reale	PM₁₀ ceramico	PM10 stimato con dato di produzione
1944	369	547

Relativamente agli altri settori produttivi, supponendo che in presenza di impianti di depurazione la percentuale di polveri fini resti circa la medesima (in caso di assenza di impianti di abbattimento occorrerebbe invece diminuirne la percentuale), si è ritenuto plausibile applicare la stessa riduzione considerando la percentuale in peso di polveri fini pari al 19%.

In base a questa assunzione e considerando i quantitativi stimati per traffico, riscaldamento civile e allevamenti), riportati nelle schede degli indicatori sviluppate nell'ambito del progetto SAD, di seguito si riportano i contributi percentuali alle emissioni di PM10 di tutti i settori analizzati.



Dai grafici riportati, si nota che per la maggior parte dei comuni e per i due distretti considerati, i contributi principali alle emissioni di PM10 sono dovuti al traffico e al settore industriale che con percentuali simili contribuiscono per più del 95% ai quantitativi emessi complessivamente.

