

PRELIEVO E ANALISI DI MATRICI AMBIENTALI

“Validazione dei dati di emissione in atmosfera”

Lucia Cellini

ARPAM - Dipartimento Provinciale di Ascoli Piceno – Servizio Aria

L'ARPAM (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche) svolge la propria attività sul territorio attraverso i quattro Dipartimenti Provinciali che costituiscono la rete tecnico-scientifica dell'Agenzia. I Dipartimenti sono strutture operative articolate in Servizi, cioè in aree tematiche che si occupano delle diverse matrici ambientali.

L'ARPAM opera in conformità agli standard europei di Garanzia di Qualità, infatti i Dipartimenti hanno conseguito l'accreditamento SINAL secondo le norme UNI CEI EN 17025, e fornisce attività di supporto tecnico scientifico e analitico alla Regione, agli enti locali, alle aziende ASL, ai cittadini in molteplici campi di azione:

- Prevenzione controllo e vigilanza ambientale.
- Radioattività ambientale, radiazioni non ionizzanti, controllo sulle emissioni elettro-magnetiche da campi elettrici e da ripetitori.
- Rete laboratoristica per la tutela dell'ambiente e per l'esercizio delle funzioni di sanità pubblica.
- Grandi rischi industriali.
- Inquinamento acustico negli ambienti di vita.
- Educazione alla salvaguardia ambientale
- Epidemiologia ambientale.
- Controlli impiantistici preventivi e periodici.
- Gestione del Sistema Informativo Regionale ambientale.

Controlli alle emissioni in atmosfera

I controlli analitici delle emissioni industriali rientrano tra le attività istituzionali dell'ARPAM: vengono eseguiti di norma a seguito della messa a regime degli impianti produttivi, oppure su richiesta, per soddisfare le esigenze del territorio.

I metodi di campionamento ed analisi sono specifici per le diverse sostanze da determinare e sono in genere metodi ufficiali (Metodi UNI, ISTISAN, ...) dettati dalla norma di riferimento, il DM 12.07.90.

Piuttosto che presentare tali metodi, poiché la descrizione non potrebbe essere esaustiva, è utile evidenziare gli aspetti critici dell'attività di controllo che influenzano in maniera sostanziale il risultato e illustrare le strategie di campionamento e i criteri di valutazione dei livelli di emissione.

Uno dei punti fondamentali nella verifica delle emissioni è la rappresentatività del campionamento. I fattori che devono essere considerati per eseguire un campionamento rappresentativo, sono:

- le condizioni di lavorazione dell'impianto (assetto produttivo);
- il tipo di emissione (ad es. continua, discontinua, costante, variabile, ...);
- la durata del campionamento.

Al fine di valutare la conformità del livello di emissione ai corrispondenti limiti di legge, il campionamento deve essere eseguito nelle condizioni di esercizio più gravose dell'impianto e deve avere la durata di un'ora. Nei casi in cui si vuole aumentare la sensibilità del metodo, si possono eseguire campionamenti di maggior durata; se, invece, si ritiene che il contenuto di inquinanti nell'emissione sia tale da intasare i sistemi di captazione, annullando la validità del campione, saranno effettuati prelievi multipli, ciascuno di durata più breve, distribuiti in modo rappresentativo per coprire comunque l'arco di tempo complessivo di un'ora.

Il periodo in cui effettuare il campionamento, deve poi essere deciso in funzione del tipo di emissione da controllare: se la lavorazione è continua e produce un'emissione costante nel tempo il prelievo può essere eseguito in qualsiasi momento; se, invece, il ciclo produttivo prevede più fasi di lavorazione cui corrispondono livelli di emissione differenti, sarà necessario caratterizzare l'emissione di ogni singola fase e ottenere un livello medio di emissione da poter raffrontare al corrispondente limite di accettabilità. Anche quando l'emissione è variabile, pur derivando da una lavorazione continua, è necessario valutare il livello medio, tramite più prelievi, evitando di campionare solo i massimi o solo i minimi, oppure estendendo il campionamento all'intero ciclo di lavorazione.

I rilievi delle emissioni comprendono necessariamente anche la misurazione di parametri fisici, indispensabili per l'elaborazione e la valutazione dei dati ottenuti dalle determinazioni chimiche. Infatti, la misura delle concentrazioni degli inquinanti presenti non rappresenta da sola il livello di emissione, ma deve essere correlata con il valore della portata.

Al fine di ridurre al minimo l'errore nella determinazione della portata e nel prelievo degli inquinanti, particolare attenzione va posta nella scelta dei punti di misura. Il tratto del condotto del circuito gassoso nel quale effettuare i campionamenti deve presentare condizione fluidodinamica di linearità. La definizione della posizione dei punti di misura e di prelievo è descritta nella norma UNI 10169, che illustra un metodo per la misurazione della velocità e della portata dei flussi gassosi convogliati. In sintesi, per soddisfare i requisiti richiesti dalla norma, la sezione di misura deve essere individuata in un tratto rettilineo del condotto relativamente lungo (almeno 7 diametri idraulici, o anche di più, a seconda delle situazioni; il diametro idraulico è dato da: $4 \times \text{area della sezione del condotto} / \text{perimetro interno del condotto}$). Nella pratica non sempre è possibile rispettare tali requisiti. Tuttavia, le condizioni fluidodinamiche possono essere ugualmente favorevoli: il flusso sufficientemente stazionario e la distribuzione della velocità nella sezione sufficientemente omogenea. In questi casi, per migliorare la precisione delle determinazioni, si aumenterà il numero complessivo dei punti di misura nella sezione scelta. Se, invece, il flusso gassoso è turbolento, l'errore commesso nella misura è troppo elevato e i risultati secondo la norma non sono attendibili. Esistono comunque dispositivi da introdurre nei condotti per migliorare le condizioni di flusso nella sezione di misurazione, che consentono di ottenere condizioni analoghe a quelle richieste.

La fig. 1) mostra la distribuzione delle velocità rilevate sperimentalmente in una sezione di un condotto circolare nella quale il flusso è laminare e omogeneo. L'ampiezza del modulo dei vettori è direttamente proporzionale ai valori della velocità.

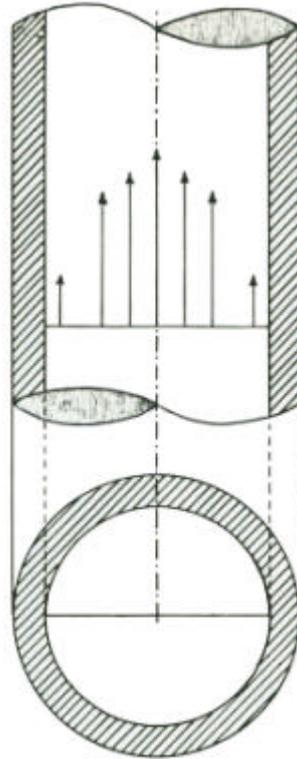


Fig. 1): profilo delle velocità dei fumi in un tratto di condotto circolare in cui il flusso rispetta le condizioni di laminarità e di omogeneità.

Il metodo citato si basa sulla misurazione per mezzo di un tubo di Pitot delle velocità del flusso in punti predeterminati, al centro di superfici di area uguale, in cui viene suddivisa la sezione del condotto scelta per i rilievi. Il numero dei punti di misurazione aumenta in funzione delle dimensioni della sezione e delle condizioni fluidodinamiche del flusso gassoso: tanto più ci si discosta da condizioni di linearità e di omogeneità tanto maggiore deve essere il numero di tali punti; tuttavia, non è conveniente superare i 16 punti di misura in quanto, oltre tale numero, l'aumento della precisione diventa modesto.

Nel caso di condotti circolari la suddivisione della sezione va effettuata seguendo lo schema riportato nella fig. 2, secondo la regola generale.

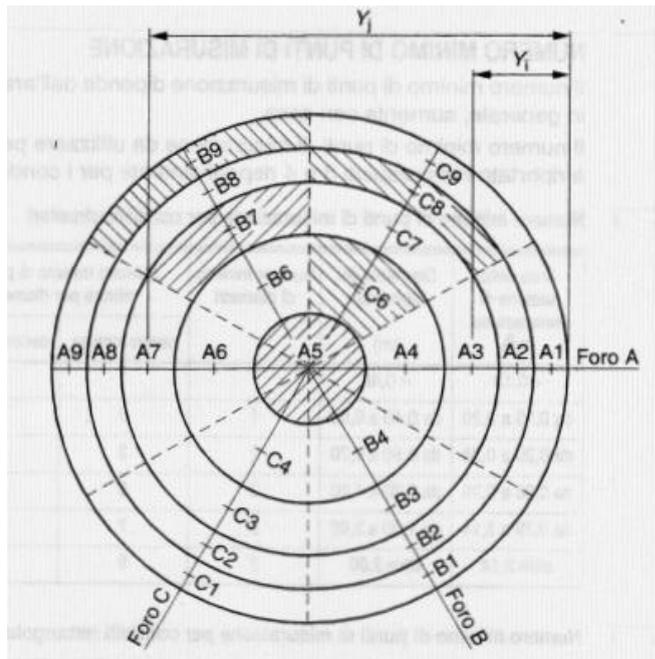


Fig. 2): schema di suddivisione di una sezione circolare secondo la regola generale.

Le misurazioni sono effettuate lungo uno o più diametri, in funzione delle dimensioni della sezione e dell'eterogeneità di distribuzione del flusso. Secondo tale regola anche il centro del condotto rappresenta un punto di misura. La posizione di ciascun punto, definita come distanza dalla parete interna del condotto, è determinata in base al numero sia dei diametri che dei punti di misura. Il metodo riporta dei coefficienti che, moltiplicati per il diametro del condotto, permettono di ottenere rapidamente tale posizione. Nei casi in cui, per le condizioni del flusso gassoso, è necessario aumentare il numero totale dei punti di prelievo, è preferibile incrementare il valore dei diametri da esplorare; infatti, il numero dei punti di misura per ciascun diametro è limitato dai seguenti fattori:

1. è necessario mantenere una distanza minima di 20 mm tra la parete interna del condotto e il bordo della sonda;
2. è superfluo aumentare il numero dei punti di misura per diametro al di sopra di 12, qualunque sia la dimensione del condotto, poiché diventa eccessiva la densità di tali punti nelle vicinanze delle pareti.

In alcuni casi si può applicare la regola tangenziale, secondo la quale viene sempre effettuata idealmente una suddivisione in superfici equivalenti, ma il centro geometrico della sezione non rappresenta un punto di misura. In fig. 3) è riportato lo schema di suddivisione secondo la regola tangenziale. La posizione dei singoli punti di misura, in questo caso, dipende dal numero di tali punti per diametro, ma è indipendente dal numero dei diametri.

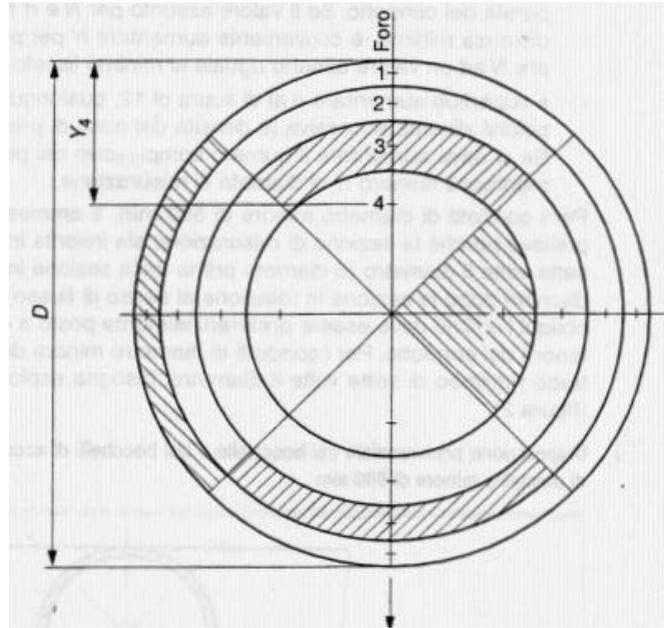


Fig. 3): schema di suddivisione di una sezione circolare secondo la regola tangenziale.

La regola tangenziale si applica ai condotti fino a un metro di diametro poiché consente di aumentare la precisione incrementando il numero dei punti di misura e, contemporaneamente, soddisfare la condizione di lasciare una distanza di almeno 20 mm. tra il bordo della sonda e la parete interna del condotto; si utilizza anche per condotti con diametro uguale o superiore a quattro metri, per evitare l'impiego di sonde lunghe più di tre metri che, a causa dell'ingombro, del peso e della flessione, non consentirebbero una corretta misurazione al centro della sezione.

Quando il camino da controllare è a sezione rettangolare, la suddivisione si effettua in superfici equivalenti aventi forma il più possibile vicina al quadrato, comunque il rapporto tra il lato maggiore e quello minore non deve essere maggiore di 1.5. La fig. 4) mostra un esempio di ripartizione di una sezione rettangolare. I punti di misura sono posizionati al centro geometrico (incrocio delle diagonali) delle sottosezioni.

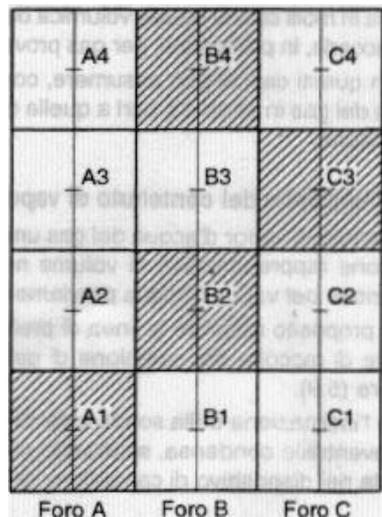


Fig. 4): Schema di suddivisione di una sezione rettangolare.

Per eseguire le misurazioni di velocità dei fumi il nostro laboratorio impiega il tubo di Pitot tipo S (fig. 5) abbinato ad una termocoppia per misurare la temperatura, che presenta il vantaggio di poter essere utilizzato in combinazione anche con la sonda di prelievo. Il sistema di misurazione è stato tarato presso un centro DANAK, il “Teknologisk Institut”, l’equivalente danese di un centro SIT.



Fig. 5): tubo di Pitot tipo S, in combinazione con termocoppia e sonda di prelievo.

Gli inquinanti da determinare possono trovarsi sotto forma di polvere o di gas e vapori. Quando deve essere determinata la concentrazione del materiale particellare, è indispensabile che il prelievo avvenga in condizioni di isocinetismo, cioè il flusso di aspirazione deve essere tale che la velocità del gas nella sezione d’ingresso dell’ugello della sonda sia uguale a quella dell’effluente gassoso in quel punto del condotto. Infatti, come rappresentato in fig. 6), se la velocità di aspirazione del gas alla sezione d’ingresso della sonda è maggiore di quella del condotto, si genera, nelle immediate vicinanze della sezione di entrata dell’ugello, un campo di forza che accelera maggiormente verso l’ugello le molecole del gas rispetto alle particelle solide, a causa della loro massa maggiore e quindi della loro maggiore inerzia. In tal caso il gas che entra nella sonda di prelievo ha una concentrazione minore di polvere. Se la velocità di aspirazione del gas alla sezione d’ingresso della sonda è minore di quella del condotto, si verifica l’effetto contrario per cui l’inerzia delle particelle è causa di una concentrazione maggiore.

Se invece le due velocità risultano uguali, non si crea alcuna variazione locale di velocità in grado di perturbare il flusso aerodisperso e quindi il campionamento risulta corretto.

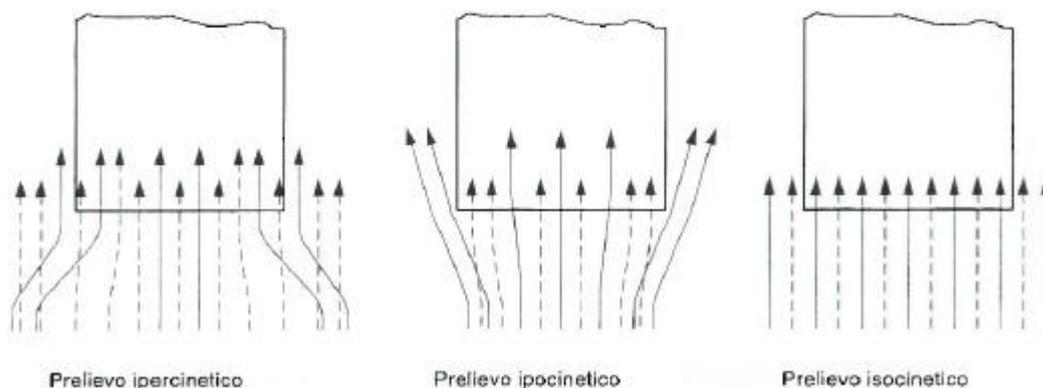


Fig. 6): condizioni fluidodinamiche di prelievo.

E' chiaro che per eseguire un prelievo in condizioni isocinetiche è necessario determinare i profili di velocità del flusso gassoso da controllare e, di conseguenza, stabilire i punti della sezione del condotto in cui effettuare il prelievo delle polveri.

Le sonde di prelievo sono corredate da una serie di ugelli calibrati di diverso diametro. L'ugello viene scelto in funzione della massima portata ottenibile con la linea di prelievo e della velocità massima del gas nella sezione di misura. Il diametro idoneo è individuato per mezzo di una formula che mette in relazione tutte le grandezze in gioco. Nella pratica, per poter determinare rapidamente l'ugello e il flusso di aspirazione da impostare alla pompa di prelievo in modo da eseguire il campionamento in condizioni isocinetiche, abbiamo elaborato un grafico (fig. 7), utilizzando le formule indicate nei metodi. In generale, quando si è in presenza di velocità dei fumi molto elevate si utilizza un ugello con un piccolo diametro per non dover esasperare la portata del campionamento; al contrario, con velocità molto basse, è necessario impiegare ugelli di maggior diametro in modo che il flusso di aspirazione non sia eccessivamente basso e consenta di prelevare un volume di gas rappresentativo in tempi non troppo lunghi, nonché una quantità analizzabile di polvere.

Il metodo di riferimento (UNI 10263) consente il prelievo e la determinazione gravimetrica di tutte le particelle solide filtrabili (polveri) presenti nei flussi gassosi convogliati, senza alcuna discriminazione granulometrica, chimica o cristallografica. Si basa sulla filtrazione dell'effluente, prelevato in condizioni di isocinetismo, attraverso un supporto idoneo alla separazione e alla captazione quantitativa delle polveri disperse nella sospensione gassosa, per la successiva determinazione della loro massa. Il mezzo filtrante può essere costituito da lana di vetro o di quarzo da introdurre nell'apposito cestello, da filtri a membrana microporosa o da filtri tubolari a ditale. In alcuni casi è necessario effettuare sulle polveri campionate un'analisi chimica per determinare gli inquinanti ad esse associati; ad esempio, il materiale particellare può essere sottoposto a mineralizzazione per la ricerca di metalli pesanti oppure ad estrazione con solventi e al successivo dosaggio di microinquinanti organici.

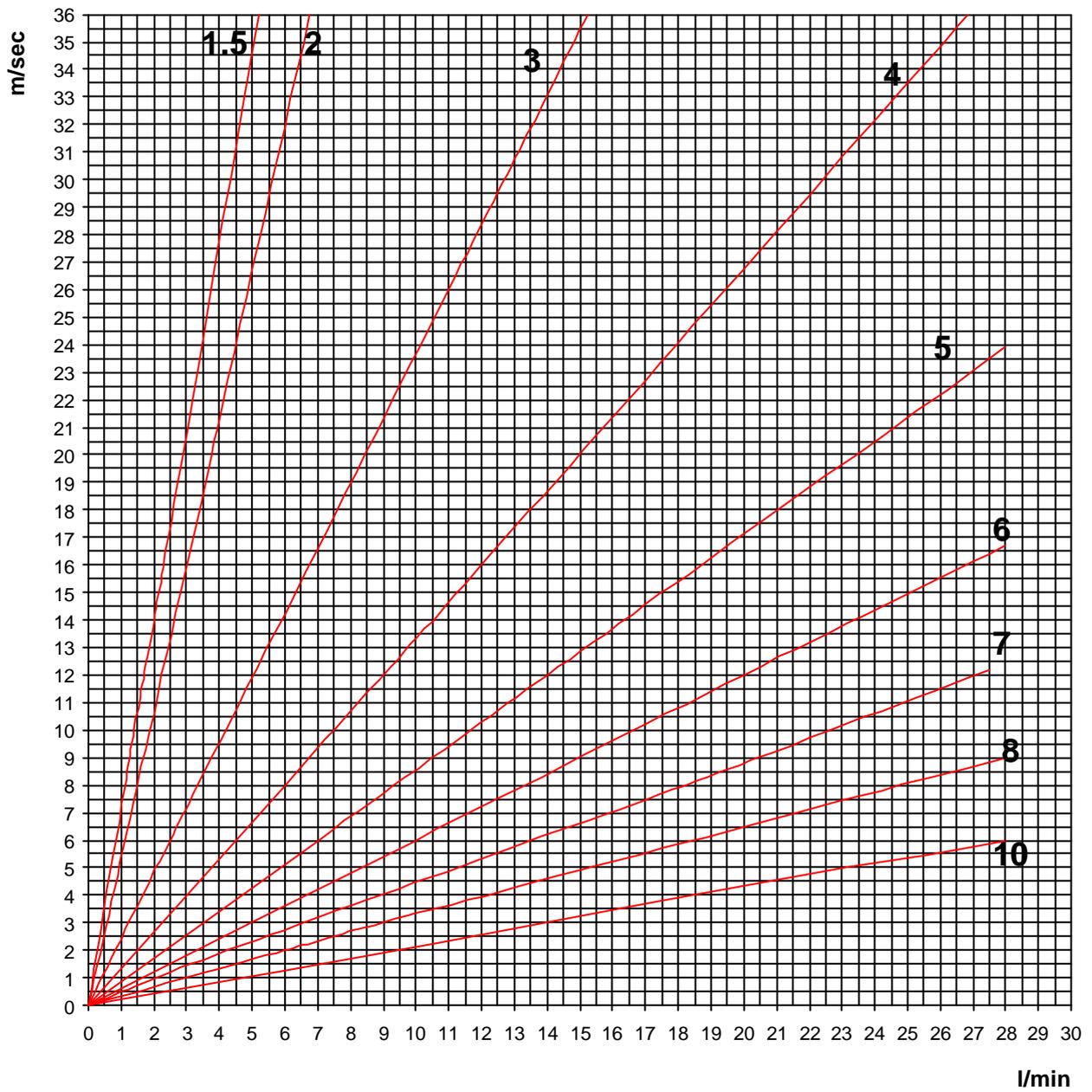


Fig. 7): grafico per la determinazione del flusso di aspirazione in relazione alla velocità dei fumi e al diametro dell'ugello adottato.

Nell'ambito del Sistema Qualità dell'ARPAM il nostro laboratorio ha predisposto specifiche istruzioni operative che riguardano la preparazione, il controllo e la messa a punto delle apparecchiature da impiegare nei campionamenti. Ogniqualvolta si programma un intervento, la linea di prelievo viene assemblata in laboratorio e, dopo aver collegato tutti i componenti, si aziona la pompa di aspirazione e si verifica che le connessioni siano a tenuta. La sonda di prelievo viene predisposta con l'ugello del diametro che si prevede di utilizzare nel campionamento e con un cestello (o filtro) di prova. Impiegando un flussimetro a sfera si verifica la rispondenza, entro un determinato range, dei valori del flusso misurato all'inizio della linea di prelievo e quelli indicati dal flussimetro della pompa, a portate prefissate. Tale operazione consente di rilevare perdite od ostruzioni eventualmente presenti lungo la linea. Il controllo è analogo quando il campionamento riguarda sostanze sotto forma di gas o vapori; naturalmente la linea viene predisposta inserendo il sistema di captazione specifico (cartuccia adsorbente, soluzione di assorbimento ad es. acida o basica, ...).



Fig. 8): linea di prelievo

Quando gli inquinanti ricercati sono sotto forma di gas o vapori, non si hanno problemi legati alla massa e all'inerzia delle particelle: i fumi si considerano costituiti da una miscela gassosa e gli inquinanti uniformemente distribuiti nell'aeriforme emesso, perciò il prelievo può essere eseguito a portate e a distanze dalla parete interna del condotto indipendenti dalla velocità dell'effluente. Le condizioni isocinetiche non sono necessarie neanche quando le dimensioni massime delle particelle presenti nell'emissione sono minori di $5 \mu\text{m}$, poiché esse si comportano come molecole gassose. In questi casi la portata del campionamento è determinata dal tipo di mezzo filtrante o adsorbente utilizzato. Ad esempio, se si cercano solventi e si impiega una cartuccia di carbone attivo, il flusso di aspirazione viene determinato in funzione delle dimensioni della cartuccia; analogamente, quando si impiegano liquidi di assorbimento, la portata è legata al volume del liquido, al tipo di gorgogliatore, al contatto che si deve ottenere tra il gas campionato e la soluzione di assorbimento.

Valutazione dei risultati

Per quanto riguarda la valutazione della conformità del livello di emissione, il DM 12/07/90 rimanda al manuale UNICHIM n° 158/88, il quale consiglia di effettuare tre campionamenti alle emissioni ed esprimere il livello come valore medio delle misure effettuate più o meno la deviazione standard dei dati, lasciando comunque ampia autonomia all'operatore di decidere in base alla situazione contingente.

Il livello di emissione ($\bar{C} \pm s$) viene, quindi, raffrontato con i limiti di riferimento (L). Si possono verificare i seguenti tre casi:

$\bar{C} + s < L$	limite di riferimento sicuramente rispettato
$\bar{C} - s > L$	limite di riferimento sicuramente superato
$\bar{C} - s < L < \bar{C} + s$	incertezza riguardo al rispetto o al superamento del limite

Quando persiste l'incertezza del superamento dei limiti stabiliti vengono di solito effettuati tre o anche più campionamenti. Quando invece il valore di concentrazione riscontrato si discosta sensibilmente, sia al di sopra che al di sotto del corrispondente limite di emissione, si ritiene più che sufficiente un'unica determinazione in osservanza anche a criteri di efficienza ed economicità. Infatti, il dato ottenuto, di solito supportato anche da quanto osservato in fase di prelievo, non può essere modificato, nella sostanza, da ulteriori campionamenti.

D'altra parte il campionamento unico è ammesso dallo stesso manuale che indica una procedura per correggere il dato ottenuto da errori sistematici e casuali.

Per concludere, sono stati riassunti nell'istogramma di fig. 9) i dati relativi al tipo di controlli eseguiti nel 2002 che danno un'idea di quali inquinanti sono stati più frequentemente ricercati.

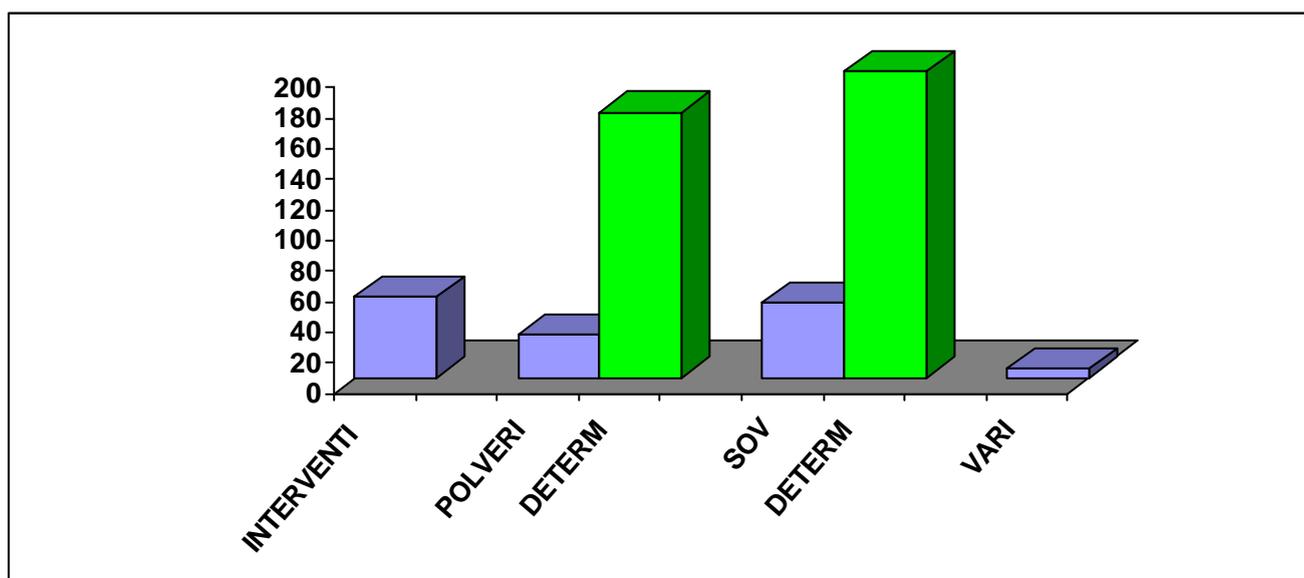


Fig. 9): attività di controllo delle emissioni svolta nell'anno 2002.

Tuttavia, diverse volte non è stato possibile effettuare il campionamento nei tempi programmati, in quanto i camini da controllare non erano stati predisposti per il prelievo, oppure, se erano dotati dei fori necessari per introdurre le sonde di misura, tali punti non erano accessibili. Su 45 ispezioni preliminari al campionamento, effettuate nel 2002 presso altrettanti impianti produttivi, ben 19 volte è stata rilevata tale carenza.

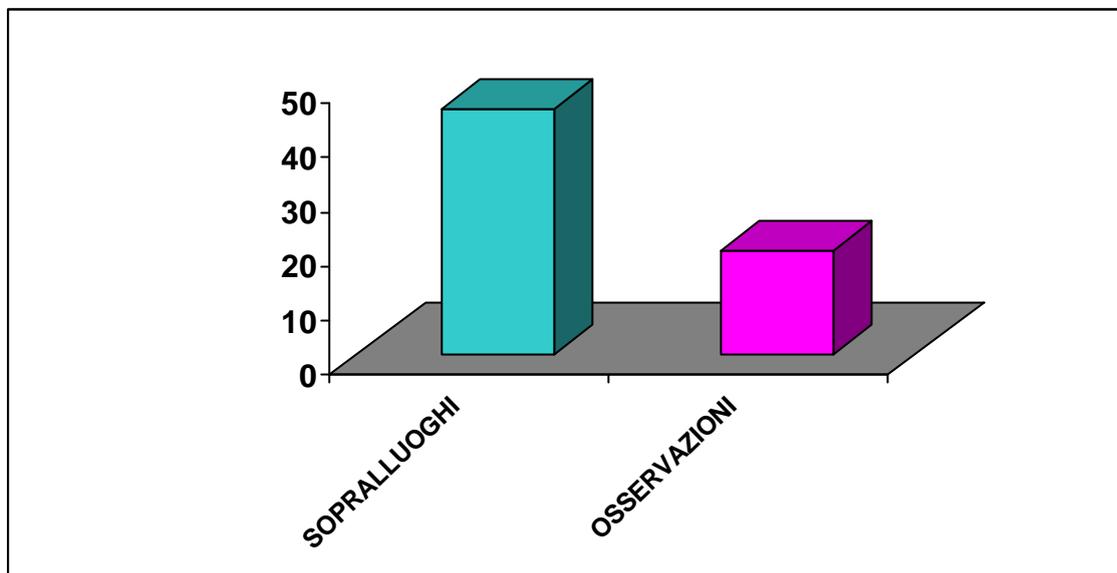


Fig. 10): numero di rilievi relativi all'assenza di opere di presa e/o di accesso dei camini rispetto alle ispezioni effettuate nel 2002.

L'assenza delle opere necessarie per eseguire le misurazioni, le cui caratteristiche sono facilmente reperibili nelle norme UNI, rappresenta un fenomeno diffuso; eppure è la legge che ne impone la realizzazione, e, di conseguenza, tale obbligo è inserito tra le prescrizioni contenute nell'autorizzazione alle emissioni in atmosfera.