

Procedura per la valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive

Sommario

| | |
|---|----|
| 1. Introduzione..... | 3 |
| 2. Campo di applicazione..... | 3 |
| 3. Definizioni | 3 |
| 4. Nuovi impianti o modifiche di impianti esistenti | 4 |
| 4.1. Proposte operative per la stima preventiva degli impatti odorigeni | 4 |
| 4.2. Odour prone areas..... | 6 |
| 4.3. Sorgenti/emissioni: campionamento olfattometrico e indicatori per la caratterizzazione delle emissioni odorogene..... | 11 |
| 4.4. Sorgenti/emissioni: Dispersione | 12 |
| 5. Valutazione dei casi di conclamata molestia olfattiva..... | 12 |
| 5.1. Proposta operativa per i controlli e monitoraggi delle molestie olfattive in caso di segnalazioni | 12 |
| 5.2. Modalità di valutazione del disturbo olfattivo mediante l'utilizzo di strumentazione | 15 |
| Allegato A - Requisiti minimi degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione (D.g.p. Trento. N.1087/2016)..... | 16 |
| Allegato B - Strategia di campionamento in base alla tipologia di sorgente (D.g.r. Lomb. N. IX/3018)..... | 25 |
| Allegato C - Nasi elettronici | 34 |
| Allegato D: Schede per la compilazione dei questionari previsti nella procedura per il controllo e monitoraggio delle molestie olfattive..... | 38 |
| Bibliografia..... | 48 |

1. Introduzione

La valutazione dell'impatto olfattivo è un tema che si sta da tempo affacciando nel panorama scientifico sia nazionale che internazionale.

Vista la complessità intrinseca nella comprensione dei fenomeni odorigeni, emerge la necessità di dotarsi, per la valutazione dei disturbi olfattivi, di approcci integrati che consistono nell'impiego di diverse metodologie, da quelle tradizionali e standardizzate come l'olfattometria dinamica e la simulazione di dispersione in atmosfera, alle tecnologie innovative che si basano sull'impiego di metodi strumentali come i nasi elettronici.

Ad ogni modo le misurazioni o le simulazioni degli impatti olfattivi risultano efficaci se inserite all'interno di un modello concettuale, per mezzo del quale è possibile descrivere il fenomeno odorigeno nel suo insieme.

Il modello concettuale comprende tre **ambiti di analisi** che sono:

- sorgenti/emissioni,
- modalità di dispersione,
- recettori/immissione.

La presente procedura riporta gli strumenti da applicare per la valutazione e la quantificazione dell'impatto odorigeno e le loro modalità di utilizzo; contiene pertanto indicazioni in merito alla metodologia da usare per ottenere le informazioni necessarie a descrivere gli ambiti di analisi e le relazioni tra essi, attraverso l'utilizzo di opportuni indicatori.

2. Campo di applicazione

Le metodologie riportate nella presente procedura, al capitolo 4, si applicano nella valutazione degli impatti odorigeni di nuovi impianti o di modifiche di impianti esistenti.

Nel caso di conclamati disturbi olfattivi ai recettori, riconosciuti a seguito di esposti da parte della popolazione, si applica la procedura operativa riportata al capitolo 5.

La presente procedura si propone anche per essere un ausilio nell'attività di pianificazione territoriale e di autorizzazione alle attività produttive delle amministrazioni locali, fornendo criteri di valutazione sui possibili impatti dovuti alle sorgenti odorigene.

3. Definizioni

Recettore: zona residenziale o casa isolata.

Monitoraggio di tipo A: compilazione del diario delle attività reputate ad impatto odorigeno, finalizzato alla verifica della sussistenza dei dati in input al modello di simulazione.

Monitoraggio di tipo B: compilazione del diario di attività delle attività repute ad impatto odorigeno, finalizzato alla verifica della sussistenza dei dati in input al modello di simulazione e verifica sperimentale dei fattori emissivi valutati nella massima condizione emissiva.

Monitoraggio di tipo B1: compilazione del diario delle attività ad impatto odorigeno e caratterizzazione emissiva della sorgente mediante un adeguato numero di misure olfattometriche atte a suffragare i fattori emissivi utilizzati in input al modello.

Monitoraggio di tipo C: compilazione del diario delle attività ad impatto odorigeno e caratterizzazione emissiva della sorgente mediante un adeguato numero di misure olfattometriche atte a suffragare i fattori emissivi utilizzati in input al modello, più campagne di misura con naso elettronico per valutare il contributo dell'impianto all'impatto odorigeno complessivo dell'area.

Segnalazioni pregresse: esposti presentati al comune precedentemente all'attivazione della procedura operativa per segnalare situazioni di molestia olfattiva.

Sorgente sicuramente odorigena: attività che da evidenze bibliografiche o conoscenza diretta pregressa sviluppa processi con emissione odorigena.

Sorgente potenzialmente odorigena: attività che da bibliografia o conoscenza diretta pregressa sviluppa processi con potenziale emissione odorigena.

Dominio di controllo: porzione di territorio racchiusa dalla curva di isoconcentrazione di odore in corrispondenza del valore della concentrazione oraria di picco di odore al 98° percentile su base annuale pari a $1 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ ottenuta dalla simulazione della dispersione degli odori. Il dominio di controllo individua l'area all'interno della quale effettuare le valutazioni relative alla presenza di recettori e di sorgenti.

4. Nuovi impianti o modifiche di impianti esistenti

Le attività soggette ad autorizzazione ambientale devono presentare uno studio nel quale viene quantificato l'impatto odorigeno o una relazione attestante la non significatività dell'impatto redatta sulla base di evidenze bibliografiche o derivanti da misurazioni.

Nel caso di presentazione dello studio di impatto odorigeno, nel provvedimento di autorizzazione sono prescritti i valori di emissione degli odori in accordo con i valori di input del modello di dispersione presentato.

4.1. Proposte operative per la stima preventiva degli impatti odorigeni

Gli strumenti da utilizzare per la redazione dello studio dell'impatto odorigeno sono molteplici e devono essere utilizzati in modo organico come di seguito specificato.

Le valutazioni utilizzano gli strumenti proposti secondo una logica di maggior dettaglio in funzione della complessità della situazione indagata e del maggiore impatto previsto per l'impianto.

Il primo passo riguarda il posizionamento dell'impianto sul territorio regionale. A tale scopo vengono presentate al paragrafo 4.2 delle mappe che riportano le aree del territorio regionale critiche per la diffusione degli odori (Odour Prone Areas).

Nel caso in cui il sito dell'impianto in analisi ricada all'esterno delle odour prone areas, lo studio viene condotto in modalità cautelativa senza richiedere un elevato livello di approfondimento e di dettaglio. Lo studio deve comunque contenere una descrizione della sorgente in termini fisici ed emissivi come riportato al paragrafo 4.3, una simulazione della dispersione degli odori relativa alle condizioni emissive e meteorologiche peggiori per la dispersione degli odori utilizzando un modello di tipo screening. Segue una verifica della presenza di recettori all'interno dell'area racchiusa dell'isolinea ad 1 OU/m^3 (dominio di controllo). Nel caso di assenza di recettori non sono necessari ulteriori approfondimenti nello studio preliminare. Viene richiesto un monitoraggio post operam che potrà consistere nella sola compilazione del diario delle attività reputate ad impatto odorigeno, finalizzato alla verifica della sussistenza dei dati in input al modello di simulazione (monitoraggio di tipo A). Nel caso di presenza di recettori all'interno del dominio di controllo, si procede ad un'indagine su eventuali segnalazioni pregresse di molestie olfattive già esistenti nell'area. A seconda dell'esito si distingue il tipo di monitoraggio in post operam: in assenza di segnalazioni pregresse si procede ad un monitoraggio di tipo A, in presenza di segnalazioni pregresse si procede con un monitoraggio di tipo B. Il monitoraggio di tipo B consiste nella compilazione del diario di attività di cui sopra e nella verifica sperimentale dei fattori emissivi valutati nella massima condizione emissiva.

Nel caso in cui il sito dell'impianto in analisi ricada in odour prone areas, lo studio viene condotto con un livello di approfondimento maggiore.

L'iter dello studio è analogo a quanto previsto nel caso precedente fino alla valutazione delle segnalazioni pregresse. Indipendentemente dall'esito, si procede ad una simulazione dell'impianto condotta con le modalità riportate al paragrafo 4.4. In presenza di recettori all'interno del dominio di controllo è necessario presentare una mappa con un censimento delle altre potenziali sorgenti odorogene che ricadono all'interno della medesima isolina. Le potenziali sorgenti dovranno essere catalogate in due classi distinte: "sicuramente odorogene" e "potenzialmente odorogene".

Sulla base della presenza o meno di altre sorgenti all'interno del dominio di controllo si distinguerà il tipo di monitoraggio da effettuarsi in post operam.

Nel caso in cui all'interno del dominio di controllo non ricadano altre potenziali sorgenti, il monitoraggio in post operam sarà di tipo B1: compilazione del diario delle attività ad impatto odorigeno e caratterizzazione emissiva della sorgente mediante un adeguato numero di misure olfattometriche atte a suffragare i fattori emissivi utilizzati in input al modello.

Nel caso in cui all'interno del dominio di controllo ricadano altre potenziali sorgenti il monitoraggio, in post operam, sarà di tipo C ossia dovrà prevedere, oltre quanto previsto nel monitoraggio di tipo B1, anche campagne di misura con naso elettronico per valutare il contributo dell'impianto all'impatto odorigeno complessivo dell'area.

In figura 1 viene riportato l'albero decisionale per l'iter descritto.



Figura 1. Albero decisionale per la valutazione dell'impatto odorigeno

4.2. Odour prone areas

L'entità dell'impatto odorigeno dipende da una notevole serie di fattori tra cui: la tipologia delle sorgenti, la modalità di emissione, le capacità dispersive dell'atmosfera, l'orografia, i processi di rimozione, la sensibilità dei recettori ...

In questo capitolo si intende indagare la variabilità sul territorio regionale di alcuni parametri, afferenti alla tematica odori, che appartengono alla categoria dei determinanti nel sistema DPSIR.

In particolare si analizzano le capacità dispersive dell'atmosfera e le condizioni meteorologiche che favoriscono l'emissione di odori da sorgenti areali. (Sozzi, 2003; Craig, 2013; Tyndall J, Colletti J. 2007; Hernandez-Ramirez et al. 2011)

L'obiettivo dell'indagine è quello di individuare le aree, sul territorio regionale, caratterizzate da una maggiore propensione alla dispersione degli odori rispetto ad altre. A tal proposito si considera la propensione alla stabilità atmosferica ed alle calme di vento.

Per quanto riguarda la stabilità atmosferica è stata considerata la lunghezza di Monin-Obukhov, L che può definirsi come l'altezza sopra il livello del suolo per cui la produzione di turbolenza meccanica eguaglia quella termica; in particolare viene calcolato, il parametro $1/L$ e, per descrivere la stabilità atmosferica, si considerano i valori di $1/L$ positivi.

I valori $1/L$ sono stati calcolati su risoluzione oraria nell'arco di un anno, in corrispondenza di alcuni punti significativi della regione. Le serie temporali sono state analizzate per ottenere la frequenza delle ore di stabilità atmosferica. I valori di frequenza sono stati spazializzati sul territorio regionale (thin-plane spline) su una griglia regolare di passo 5 km. I valori ottenuti sono stati riportati su mappa (figura 2).

In figura 3 vengono riportate le aree per le quali si ha una maggiore frequenza nell'anno di condizioni di calma di vento. I valori puntuali utilizzati sono quelli elaborati da OSMER Arpa FVG nell'analisi climatica del vento per stazione (<http://www.meteo.fvg.it/clima.php?ln=&m=1>). Anche questo parametro viene spazializzato per ottenere la distribuzione sul territorio.

Infine vengono prese in considerazione le caratteristiche climatiche che favoriscono la formazione di odori. A tale scopo viene considerato il parametro climatologico "numero di giorni con temperatura massima superiore a 25°C" (giorni caldi), mediato sugli anni disponibili (fonte: OSMER ARPA FVG). Anche questo parametro viene spazializzato su tutto il territorio regionale.

I parametri considerati sono efficaci nella loro descrizione generale soprattutto nelle aree pianeggianti. In presenza di orografia complessa infatti si inseriscono fenomeni di carattere locale che devono essere considerati di volta in volta, proprio a causa della loro limitata rappresentatività. Pertanto nelle mappe che seguono vengono evidenziate anche le aree caratterizzate da quote superiori a 500 m, considerando questo un valore indicativo per delimitare l'orografia complessa.

Al fine di individuare le aree nelle quali si reputa opportuno effettuare una valutazione più approfondita degli impatti odorigeni (odour prone areas), si considerino i valori di percentuale di stabilità atmosferica superiori a 56%, i valori di calma di vento superiori a 8.2% ed il numero di giorni caldi superiore a 105. Nelle aree a quote superiori ai 500 m la valutazione approfondita deve essere sempre condotta.

Le soglie sopra riportate sono state scelte sulla base della distribuzione relativa dei valori dei parametri sul territorio regionale e sulla base di considerazioni legate alla tipologia di impatto che contraddistingue l'odore.

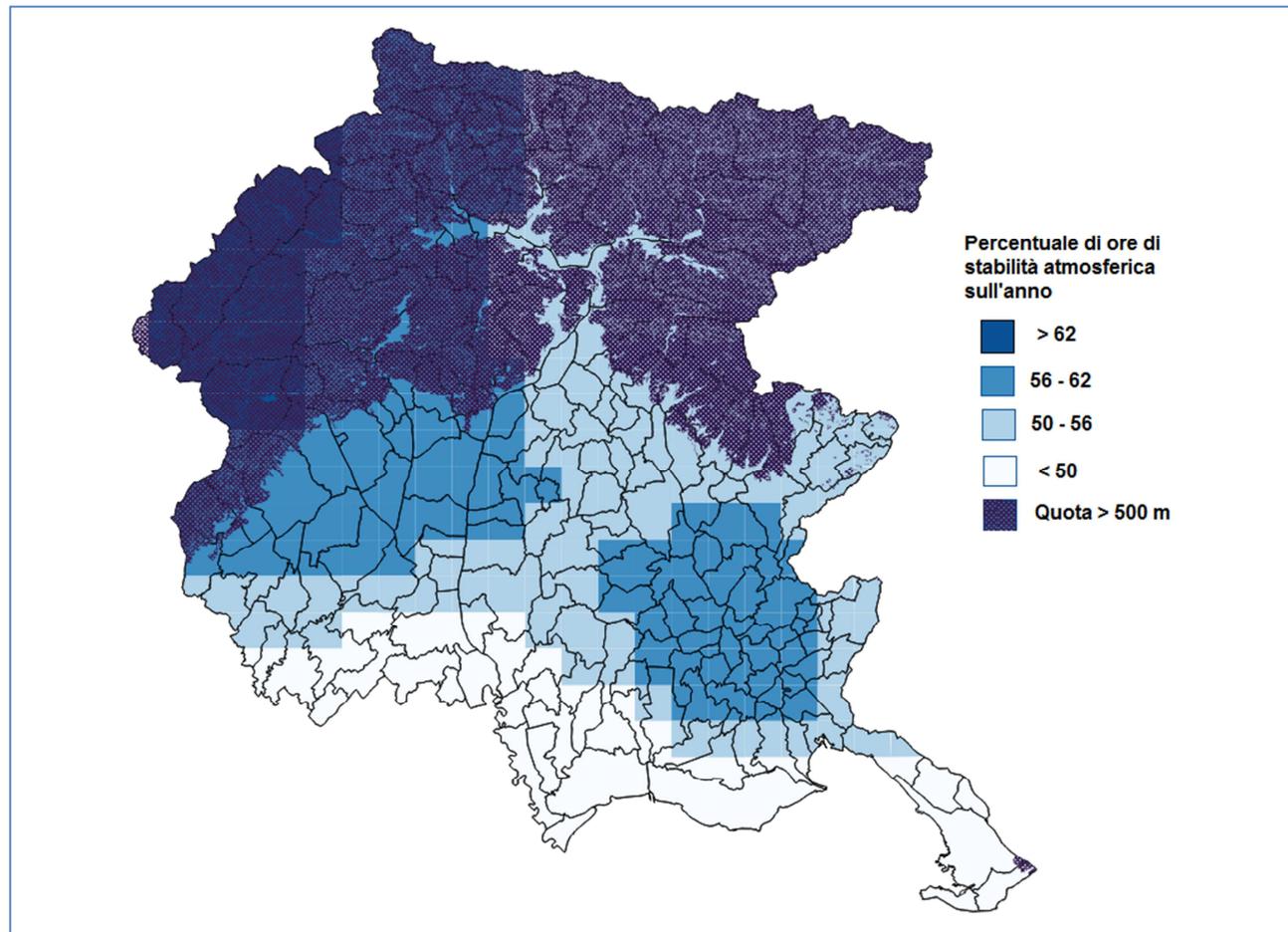


Figura 2: Percentuale di ore di stabilità atmosferica all'anno.

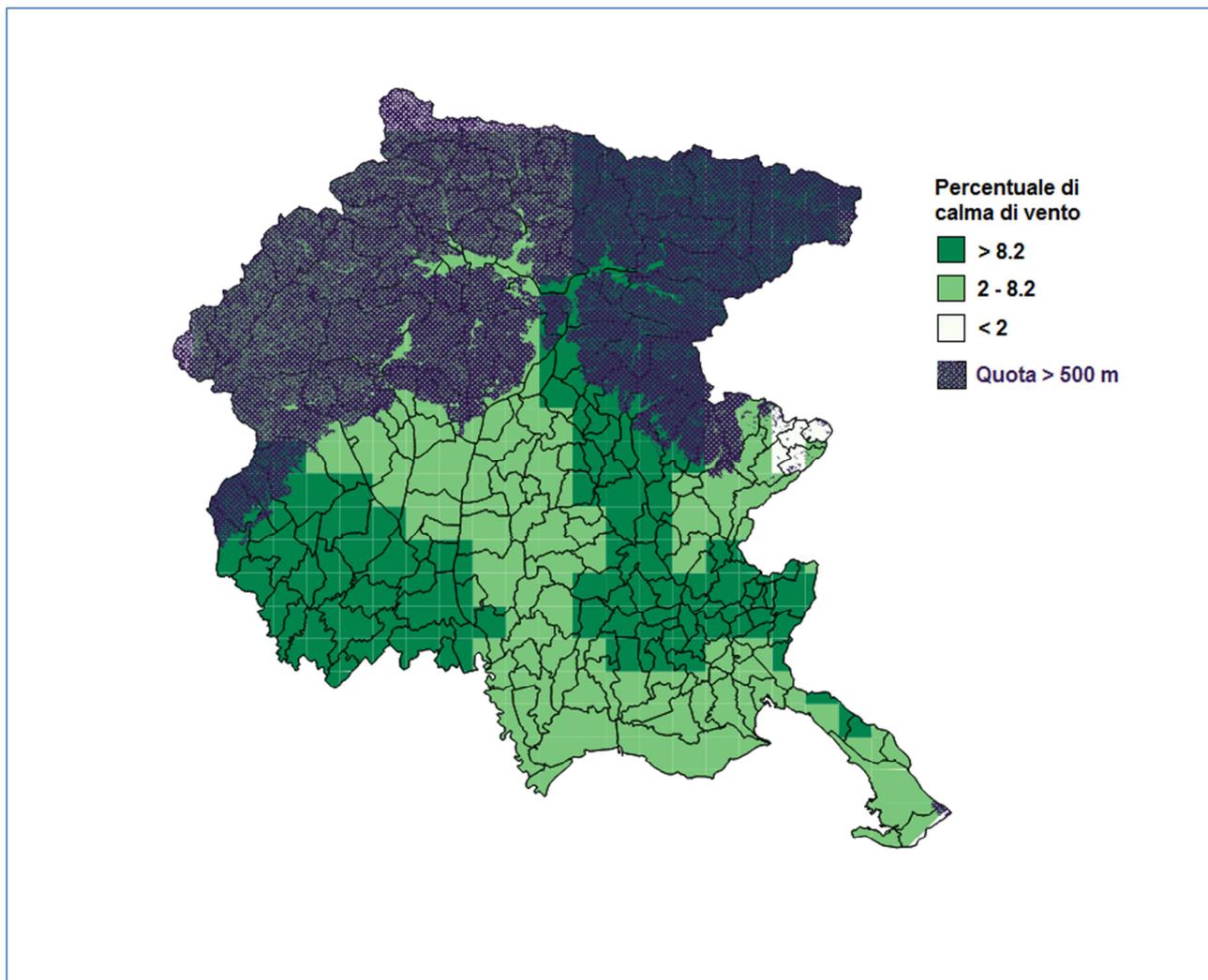


Figura 3: percentuale media dei minuti di calma di vento

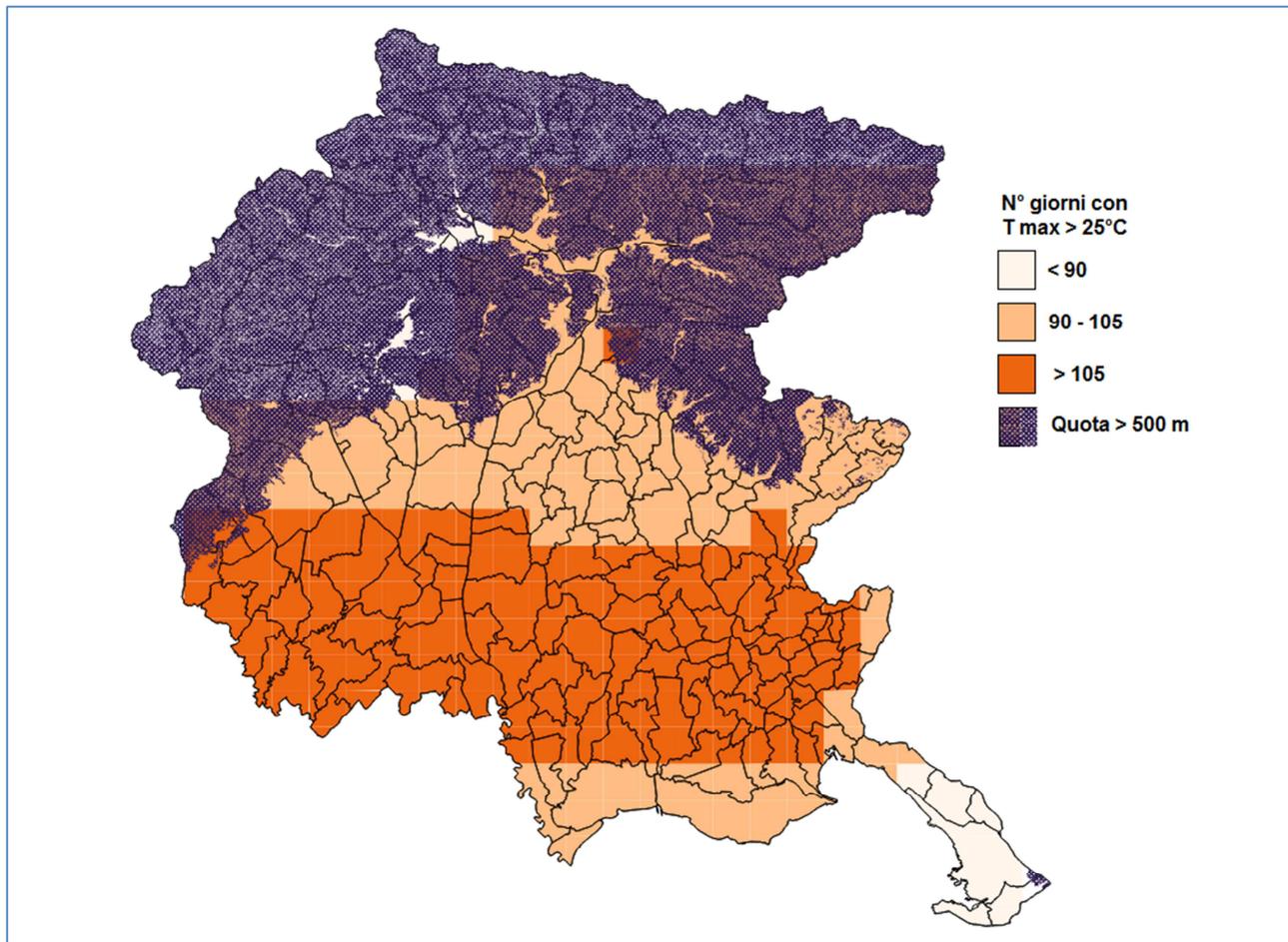


Figura 4: numero di giorni caldi

Le aree nelle quali è maggiore la probabilità che si verifichino condizioni ambientali favorevoli all'insorgere della molestia olfattiva (odour prone areas) vengono individuate sovrapponendo le mappe tematiche elaborate per ciascun parametro.

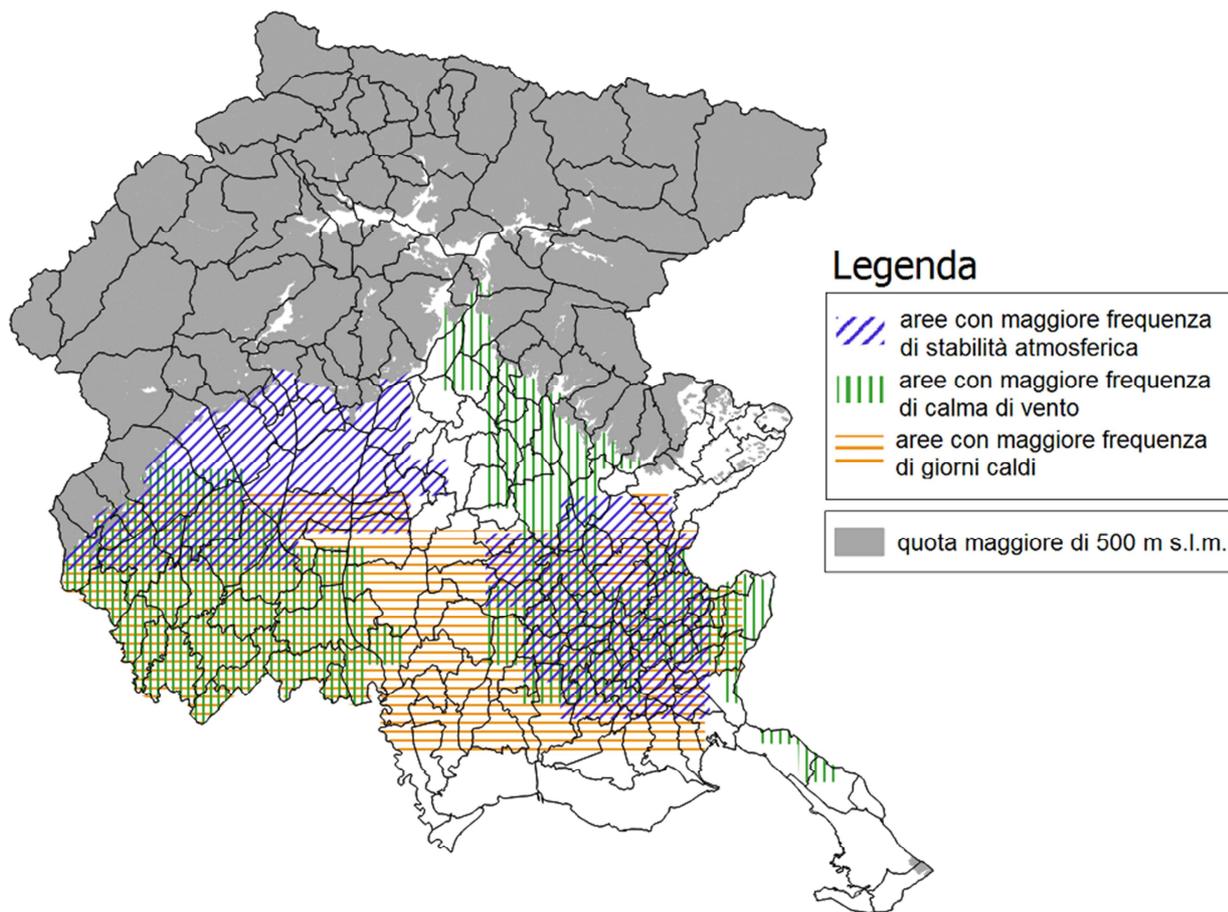


Figura 5: sovrapposizione delle mappe tematiche dei tre parametri considerati. Le aree di intersezione si trovano nel pordenonese (nella fascia tra Caneva e Cordenons-Zoppola) e nella media pianura friulana (tra Mortegliano e San Lorenzo Isontino, tra Cervignano del Friuli e Pradamano).

4.3. Sorgenti/emissioni: campionamento olfattometrico e indicatori per la caratterizzazione delle emissioni odorigene.

La sorgente emissiva dev'essere caratterizzata in modo esaustivo mettendo in evidenza tutti i processi potenzialmente odorigeni anche con l'utilizzo dell'olfattometria dinamica. Lo studio prodotto deve relazionare valutazioni quantitative rispetto ad un set di indicatori scelti allo scopo di descrivere la sorgente stessa in termini di frequenza, intensità, durata, offensività ed estensione spaziale delle attività odorigene, sulla base del cosiddetto approccio FIDOL (Frequency, Intensity, Duration, Offensiveness, Location).

I criteri tecnici da seguire per i campionamenti olfattometrici sono illustrati in Allegato B.

Per la caratterizzazione della sorgente devono essere riportati nello studio di impatto odorigeno:

- i parametri fisici ed emissivi come descritti in allegato A al paragrafo "Dati di emissione";
- Una descrizione delle eventuali misure effettuate secondo quanto riportato all'allegato B;
- Un approfondimento sui fattori emissivi utilizzati indicando:

- Il calcolo effettuato per la stima dei fattori emissivi a partire dalle misure o dai dati di letteratura citando, in questo caso, le fonti;
- I parametri gestionali necessari per la caratterizzazione del fattore emissivo unitario compresa l'eventuale variabilità temporale dell'emissione descrivendone un anno tipo (ad esempio, per gli allevamenti: tipologia di allevamento, numero di capi, peso vivo, fasi dell'allevamento, regime alimentare, temperatura interna, schema di utilizzo dei ventilatori, ...)
- Descrizione dei presidi di abbattimento e stima/misura della loro efficacia;
- Fattore emissivo reperibile in letteratura citando le fonti.

4.4. Sorgenti/emissioni: Dispersione

La definizione dei requisiti per gli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione è rimandata all'Allegato A.

5. Valutazione dei casi di conclamata molestia olfattiva

Il problema relativo alla quantificazione delle molestie olfattive percepite dalla popolazione residente e l'individuazione delle azioni di mitigazione più efficaci è affrontato mediante la predisposizione e l'applicazione di una procedura operativa.

La procedura prevede l'utilizzo integrato di più strumenti quali il monitoraggio sistematico mediante questionari, i campionamenti e l'analisi in olfattometria dinamica, l'utilizzo di nasi elettronici. La procedura permette l'acquisizione di dati utili per la definizione quantitativa dell'impatto odorigeno percepito, l'individuazione delle sorgenti, la predisposizione di azioni mirate alla riduzione della molestia ed al successivo monitoraggio. La procedura è suddivisa in fasi per essere più flessibile nell'applicazione e può essere modificata al fine di meglio rispondere alle esigenze del caso.

5.1. Proposta operativa per i controlli e monitoraggi delle molestie olfattive in caso di segnalazioni

Il Comune interessato dalla presenza di molestie olfattive richiede il supporto tecnico all'ARPA FVG. L'Agenzia attiva una procedura operativa che si basa su un approccio integrato fra tutti gli strumenti ad oggi individuati per la valutazione dell'impatto olfattivo.

Un primo incontro, di carattere puramente conoscitivo, viene svolto per informare il Comune sulla procedura che ARPA FVG mette in atto per fornire il supporto tecnico e per definire i termini della problematica in forma di obiettivi ed azioni.

L'obiettivo generale del progetto proposto da ARPA FVG si configura come: *"Quantificare l'entità del disturbo olfattivo segnalato in prossimità dell'abitato di ... in comune di ... ed individuazione di percorsi condivisi per conseguire il contenimento del disturbo"*.

La procedura si articola in tre fasi:

1. Fase preliminare conoscitiva

2. Monitoraggio sistematico
3. Approfondimento sulla tipologia di impatto.

La fase preliminare conoscitiva ha come obiettivo specifico la quantificazione dell'impatto odorigeno già percepito e la conseguente impostazione e preparazione del monitoraggio sistematico. È una fase nella quale viene effettuata principalmente l'analisi della documentazione disponibile e pertanto vi è un limitato coinvolgimento della popolazione. Non sono previste valutazioni di tipo strumentale.

Nella fase preliminare è prevista l'istituzione di un gruppo di lavoro, la pianificazione del progetto di monitoraggio, la descrizione spaziale e temporale del disturbo segnalato e l'individuazione e caratterizzazione delle sorgenti da monitorare.

Il gruppo di lavoro viene istituito dal Comune che ha richiesto il supporto tecnico ed ha il compito di: definire la procedura da seguire, stabilire il cronoprogramma di massima, decidere quali indicatori valutare, considerare eventuali misure mitigative da adottare, stabilire se e quando le caratteristiche dell'impatto possano risultare sostenibili.

La composizione del gruppo di lavoro è definita dal Comune con lo scopo di riunire tutte le rappresentanze delle parti interessate così da pervenire a decisioni largamente condivise. Il gruppo di lavoro può pertanto essere costituito, a titolo di esempio, dai rappresentanti del Comune capofila, dei Comuni limitrofi, dell'Azienda per l'Assistenza Sanitaria, dell'ARPA, dai rappresentanti delle attività produttive interessate, dai rappresentanti di eventuali comitati di cittadini.

La caratterizzazione dell'impatto già segnalato viene effettuata mediante interviste ai segnalatori chiamati recettori pregressi (moduli in allegato D).

Le probabili sorgenti di odore sono in genere già indicate dal Comune o sono riportate nelle segnalazioni dei cittadini. Presso tali sorgenti viene effettuato, dai componenti del gruppo di lavoro, un sopralluogo. Il sopralluogo è condotto con il duplice scopo di individuare eventuali problematiche gestionali che possono portare all'emissione di odori (presenza di depositi di materiale all'esterno, attività di verniciatura all'aperto...) e di individuare, per ciascuna attività, i sottoprocessi che possono costituire delle sorgenti (conferimento dei rifiuti, spandimenti, utilizzo di particolari materie prime...). I sottoprocessi individuati verranno monitorati nella fase successiva.

La fase conoscitiva preliminare termina con la caratterizzazione spaziale e temporale dell'impatto pregresso; sulla base delle conoscenze acquisite il gruppo di lavoro stabilisce se procedere con la seconda fase del progetto che prevede il monitoraggio sistematico.

Gli obiettivi specifici del monitoraggio sistematico previsto nella seconda fase sono: la quantificazione dell'impatto odorigeno attuale, la caratterizzazione delle sorgenti e dei sottoprocessi fonte di odore, l'individuazione di eventuali misure mitigative.

Le attività da effettuarsi nella seconda fase sono: l'individuazione dei recettori di controllo da parte del Comune in corrispondenza dei siti indicati da ARPA, un'assemblea pubblica organizzata dal Comune capofila per comunicare

alla cittadinanza dell'avvio del monitoraggio sistematico ed il reclutamento di eventuali altri recettori di controllo, il monitoraggio sistematico mediante questionari ai recettori e mediante diari dell'attività alle sorgenti, l'analisi dei dati. (Schede e modalità di analisi in allegato D)

Durante la fase di monitoraggio sistematico deve essere disponibile in prossimità delle sorgenti individuate una stazione di misura dei parametri meteorologici (direzione e velocità del vento, temperatura, precipitazioni, umidità relativa).

Gli esiti del monitoraggio sistematico vengono presentati al gruppo di lavoro. In seno al gruppo di lavoro vengono scelti gli indicatori ritenuti più significativi per la descrizione dell'impatto e per la sua quantificazione.

Si procede con la terza fase qualora il gruppo di lavoro valuti insufficienti gli esiti del monitoraggio sistematico per individuare con esattezza la sorgente e le misure da adottare al fine di ottenere un impatto odorigeno sostenibile.

Obiettivo specifico della terza fase, pertanto, è l'individuazione precisa della sorgente e del sottoprocesso responsabile dell'impatto.

Tale indagine viene effettuata mediante il supporto di strumentazione atta alla discriminazione della sorgente, come ad esempio l'utilizzo di nasi elettronici. Per il posizionamento e l'addestramento dei nasi vengono utilizzate le informazioni già acquisite sui siti recettori e sulle sorgenti nelle fasi precedentemente condotte (allegato C).

| Fase | Obiettivo | Azione | Prodotto |
|---|--|---|--|
| Fase preliminare conoscitiva | quantificazione dell'impatto odorigeno percepito e conseguente preparazione del monitoraggio sistematico | pianificazione del progetto di monitoraggio | istituzione del gruppo di lavoro |
| | | caratterizzazione spaziale e temporale del disturbo segnalato | definizione del dominio di indagine |
| | | controlli alle sorgenti | verifica di eventuali irregolarità gestionali delle sorgenti; individuazione dei sottoprocessi possibili fonti di odore |
| Monitoraggio sistematico | quantificazione dell'impatto odorigeno attuale, determinazione delle sorgenti e delle condizioni meteorologiche critiche | assemblea pubblica | descrizione quantitativa dell'impatto attuale; Individuazione delle sorgenti; individuazione delle eventuali misure mitigative |
| | | compilazione dei questionari da parte dei recettori di controllo | |
| | | compilazione dei diari dell'attività da parte dei gestori delle attività produttive interessate | |
| | | analisi dei dati e calcolo degli indicatori | |
| Approfondimento sulla tipologia di impatto. | individuazione precisa della sorgente e del sottoprocesso responsabile dell'impatto Indicazione delle modalità di riduzione dell'impatto. | monitoraggio mediante utilizzo di nasi elettronici | individuazione specifica del sottoprocesso sorgente; individuazione delle specifiche misure mitigative |

Tabella 1: *Tabella riepilogativa delle fasi del progetto*

A conclusione dei lavori viene indetta dal Comune capofila un'assemblea pubblica conclusiva per comunicare gli esiti dell'attività svolta.

La procedura sopra esposta può essere modificata a seconda delle esigenze del caso.

5.2. Modalità di valutazione del disturbo olfattivo mediante l'utilizzo di strumentazione

Monitoraggio mediante l'utilizzo di strumentazione in continuo (nasi elettronici)

Tra i metodi strumentali utilizzati per il monitoraggio degli odori, crescente importanza e diffusione hanno i sistemi multi-sensore denominati comunemente nasi elettronici (eNose). Nella presente procedura il loro utilizzo è previsto per analisi in ambiente, con lo scopo di discriminare i contributi di diverse sorgenti o quantificarli.

Lo studio di analisi dati in caso di monitoraggio con nasi elettronici deve seguire le indicazioni riportate in Allegato C e deve contenere una valutazione sui requisiti sotto elencati (esplicitati nel medesimo allegato), a garanzia di una risposta accettabile della strumentazione, che dovrebbe essere veloce, stabile, riproducibile e reversibile.

- Capacità discriminante;
- Sensibilità dei sensori;
- Ripetibilità e stabilità delle risposte strumentali rispetto alle variazioni di parametri ambientali;
- Ripetibilità e stabilità delle risposte strumentali nel tempo;
- Accuratezza;
- Accuratezza nella classificazione.

Allegato A - Requisiti minimi degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione (D.g.p. Trento. N.1087/2016)

Scopi e campo di applicazione

Nel presente allegato sono riportati i requisiti richiesti alle simulazioni di dispersione degli studi di impatto olfattivo.

Nell'applicazione delle simulazioni di dispersione dell'odore si considerano i seguenti vincoli:

- l'inquinante in esame – l'odore – è espresso in termini di concentrazione, definita in conformità alla UNI EN 13725:2004;
- in base alla medesima UNI EN 13725:2004, l'odore è assimilato ad una pseudo-specie gassosa, che dunque si disperde in atmosfera senza presentare gli effetti di deposizione gravitazionale propri del particolato;
- lo scenario di dispersione è il cosiddetto "campo aperto" (da zone industriali o agricole), non applicabile in ambito strettamente locale condizionato da geometrie urbane.

Riferimenti normativi e definizioni

Nel presente documento vengono citate le seguenti norme tecniche di riferimento:

- UNI EN 13725:2004 "Qualità dell'aria. Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica".
- UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi. Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici".
- UNI 10964:2001 "Studi di impatto ambientale. Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria".

Secondo la norma UNI EN 13725:2004 si forniscono le seguenti definizioni:

- la concentrazione di odore, espressa in unità odorimetriche [ou_E/m^3], rappresenta il numero di diluizioni necessarie affinché l'odore della miscela in esame non venga più avvertito da un campione di popolazione pari al 50%;
- la portata di odore (OER - Odour Emission Rate), espressa in ou_E/s , è calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore [ou_E/m^3] e la portata dell'aeriforme contenente l'odore [m^3/s];
- la portata superficiale di odore o flusso specifico di odore (SOER - Specific Odour Emission Rate), proprio di sorgenti areali ed espresso in $ou_E/m^2 s$, rappresenta la portata di odore riferita all'unità di superficie; è calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore [ou_E/m^3] e la portata di aria neutra introdotta nella cappa dinamica utilizzata per il campionamento e successivamente dividendo per l'area di base della cappa stessa.

Le grandezze volumetriche relative all'olfattometria sono convenzionalmente riferite alla temperatura di 20°C.

Dati di emissione

Criteri per l'individuazione delle sorgenti da considerare nello scenario emissivo

Nelle simulazioni per la stima dell'impatto olfattivo devono essere considerate tutte le emissioni odorigene significative dell'impianto oggetto dello studio: convogliate, diffuse o fuggitive.

Sono *convogliate* le emissioni derivanti da sezioni circoscritte ed aventi una portata ben definita (ad esempio camini o superfici di biofiltri).

Sono *diffuse* le emissioni derivanti da superfici o aperture definite, ma disperse in una portata di aeriforme non definibile (come lucernai, cumuli di materiali osmogeni scoperti o in ambienti non confinati, vasche di stoccaggio o di trattamento di reflui odorigeni prive di copertura).

Sono *fuggitive* le emissioni derivanti da impianti o ambienti confinati per la presenza di sovrappressioni che lasciano fuoriuscire aeriformi odorigeni (come ad esempio stoccaggi o lavorazioni effettuate in ambienti confinati non presidiati da sistemi di aspirazione dell'aria, vasche di trattamento interrato o coperte, ma prive di sistemi di aspirazione, sfiati di serbatoi).

Sono considerate non significative, e possono dunque essere escluse dallo scenario emissivo, le sole sorgenti, o le intere attività, aventi una portata di odore < 500 u_E/s o una concentrazione di odore < 80 u_E/m³, purché siano dettagliate le ipotesi che sono a fondamento dei valori adottati per giustificarne l'esclusione (misure in campo o dati tratti dalla letteratura scientifica).

Criteria per la caratterizzazione delle diverse tipologie di sorgenti

Sorgenti convogliate puntiformi

Le informazioni necessarie alla caratterizzazione delle sorgenti puntiformi (quali camini e ciminiere) da riportare nella relazione di presentazione dello studio sono le seguenti:

- portata volumetrica (espressa in Nm³/h ed in m³/s a 20 °C);
- concentrazione di odore (espressa in ou_E/m³) (valore medio cautelativo).
- portata di odore (espressa in ou_E/s), tenendo conto dell'eventuale variabilità temporale;
- coordinate geografiche;
- quota altimetrica del suolo alla base della sorgente;
- altezza del punto di emissione (sezione di sbocco in atmosfera) rispetto al suolo;
- area della sezione di sbocco.
- velocità e temperatura dell'effluente nella sezione di sbocco.

Sorgenti convogliate areali

Le informazioni necessarie alla caratterizzazione delle sorgenti convogliate areali (quali le superfici di biofiltri) da riportare nella relazione di presentazione dello studio sono le seguenti:

- portata volumetrica (espressa in Nm³/h ed in m³/s a 20 °C), misurata a monte del biofiltro;
- concentrazione di odore (espressa in ou_E/m³) (valore medio cautelativo).
- portata di odore (espressa in ou_E/s), tenendo conto dell'eventuale variabilità temporale;
- coordinate geografiche, come introdotte nelle simulazioni (ad esempio: coordinate dei vertici dell'area, coordinate dei baricentri delle sub-aree, ...);
- quota altimetrica del suolo alla base della sorgente;
- altezza del punto di emissione rispetto al suolo (per un biofiltro è l'altezza della struttura di contenimento del letto biofiltrante);

- area della sezione di sbocco.
- velocità (praticamente nulla) e temperatura dell'effluente nella sezione di sbocco.

Sorgenti diffuse areali

Le informazioni necessarie alla caratterizzazione delle sorgenti diffuse areali, dette anche sorgenti areali passive o prive di flusso proprio (quali vasche di trattamento reflui o cumuli di materiale), che devono essere riportate nella relazione di presentazione dello studio sono le seguenti:

- flusso specifico di odore (portata superficiale di odore, SOER), espresso in $ou_E/(m^2 s)$;
- area della superficie emissiva esposta all'atmosfera (superficie effettiva);
- portata di odore (espressa in ou_E/s), calcolata come prodotto fra SOER e superficie emissiva (valore medio cautelativo calcolato al 95° percentile delle velocità del vento orarie);
- coordinate geografiche, come introdotte nelle simulazioni (come per convogliate areali);
- quota altimetrica del suolo alla base della sorgente;
- altezza del punto di emissione rispetto al suolo (altezza della vasca o della struttura di contenimento di un liquido, metà altezza di un cumulo, ...);
- velocità (praticamente nulla) e temperatura dell'effluente nella sezione di sbocco .

Sorgenti diffuse volumetriche

Si tratta di sorgenti (quali finestre di capannoni, locali con ricambio naturale dell'aria, ...) la cui caratterizzazione non è univocamente definibile. Pertanto nella relazione accompagnatoria dello studio di impatto olfattivo dovranno essere indicati i criteri nonché i dati impiegati per la simulazione, quali:

- volume interno del locale ovvero dimensioni e conformazione aerodinamica del manufatto da cui l'aeriforme odorigeno diffonde all'esterno;
- portata di odore (espressa in ou_E/s), tenendo conto dell'eventuale variabilità temporale;
- coordinate geografiche della sorgente o del sistema di sorgenti che simula l'emissione;
- quota altimetrica del suolo alla base della sorgente;
- altezza del punto di emissione (o rappresentativo del sistema di sorgenti) rispetto al suolo;
- velocità e temperatura dell'effluente nella sezione di sbocco.

Sorgenti fuggitive

Essendo, per questa tipologia di sorgenti, difficile dare una caratterizzazione esaustiva necessaria alla la modellizzazione, negli studi di dispersione dovrà essere fornito un elenco dettagliato delle possibili sorgenti fuggitive con un'analisi delle cause delle sovrappressioni allo scopo di poter utilizzare tali informazioni successivamente all'occorrenza.

Definizione della concentrazione di odore di ciascuna emissione

Per la scelta dei valori di concentrazione da inserire nel modello di simulazione dell'impatto olfattivo, nel caso di impianti esistenti si può fare riferimento a valori misurati, eventualmente tenendo conto della variabilità temporale e del fermo produttivo; nel caso di impianti nuovi o di modifiche è opportuno avvalersi di dati empirici riferiti ad

impianti similari o a dati di bibliografia scientifica, cautelativamente maggiorati (ad esempio al più elevato dei livelli di concentrazione prodotti nelle diverse condizioni di funzionamento dell'impianto).

In ogni caso, nella relazione di presentazione dello studio dovranno essere riportati:

- i dati di emissione (concentrazioni e/o portate di odore, in funzione della diversa tipologia di sorgenti di odore) utilizzati, allegando i rapporti di prova riferiti all'impianto testato, con l'indicazione dei dati relativi ai prelievi (data, ora, posizione) ed al processo in atto durante il campionamento, ovvero citando la fonte nel caso di dati di letteratura scientifica;
- le ipotesi e le elaborazioni eseguite sui dati per l'implementazione degli stessi nel modello dispersivo, come ad esempio l'utilizzo del valore medio piuttosto che del valore massimo, motivandone la scelta.

Variazioni nel tempo della portata di odore

Le variazioni nel tempo della portata di odore possono essere:

- regolari e deliberate (per esempio: fermo impianto notturno e/o festivo, ferie estive);
- indirettamente conseguenti a scelte deliberate (per esempio: variazione delle condizioni di processo o dei reagenti impiegati);
- accidentali o non controllabili (per esempio: variabilità del materiale o del rifiuto da trattare);
- dipendenti dalle condizioni atmosferiche (per esempio: variazioni dell'intensità della turbolenza atmosferica o della temperatura che innescano la volatilizzazione delle sostanze odorigene rilasciate da un liquido o da un cumulo all'aperto).

Nella valutazione delle variazioni temporali, soprattutto in presenza di variazioni accidentali, è opportuno assumere ipotesi cautelative, tali da condurre ad una sovrastima piuttosto che a una sottostima dell'impatto olfattivo delle emissioni sul territorio.

È inoltre opportuno, soprattutto nel caso di nuovi impianti, ipotizzare emissioni costanti con valore pari al massimo atteso in condizioni di pieno carico (escludendo solo fenomeni emissivi eccezionali e molto rari, con ricorrenza non superiore a circa 50 ore/anno).

Calcolo della portata di odore in funzione della velocità del vento per le sorgenti diffuse areali

Poiché la portata di odore (OER) (o il flusso specifico di odore (SOER)) da sorgenti diffuse areali è variabile in funzione della velocità dell'aria che lambisce la superficie, per il calcolo di tale valore nelle diverse condizioni meteo del dominio temporale di simulazione a partire dalla portata di riferimento misurata mediante il sistema a *wind tunnel* (o simili), è necessario applicare la seguente equazione:

dove è:

$$OER_S = OER_R * \sqrt{v_S/v_R}$$

OER_S la portata di odore alla velocità dell'aria v_S ;

OER_R la portata di odore alla velocità di riferimento v_R (misurata durante il campionamento);

v_R la velocità dell'aria nella camera di ventilazione durante il campionamento olfattometrico;

v_S la velocità dell'aria vicino alla superficie emissiva (valutata a partire dalla velocità del vento alla quota dell'anemometro (v_H) secondo il profilo di velocità del vento).

È comunque possibile utilizzare anche metodi diversi purché si dimostrino adatti al caso in esame.

Innalzamento del pennacchio (plume rise)

Nella simulazione dispersiva di emissioni convogliate puntiformi (emesse attraverso camini verticali) si deve normalmente considerare il cosiddetto innalzamento del pennacchio (*plume rise*) e più precisamente della componente meccanica (*momentum rise*) e della componente termica (*buoyancy rise*). In caso di presenza di deflettori o di cappelli la componente meccanica, indotta dalla velocità di efflusso, deve essere opportunamente ridotta o addirittura, nel caso di camino orizzontale, può essere annullata, così come nei casi di sorgenti areali o volumetriche per le quali nel modello di dispersione deve essere disattivato l'algoritmo che calcola il *momentum rise*.

In ogni caso la relazione accompagnatoria dello studio, per ciascuna sorgente dovrà specificare:

- per il *momentum rise* l'attivazione o la disattivazione dell'algoritmo di calcolo, la velocità di efflusso introdotta, l'eventuale fattore di riduzione applicato;
- per il *buoyancy rise* in caso di calcolo, la temperatura dell'effluente impiegata.

Dati meteorologici

Per l'acquisizione dei dati meteo da impiegare nelle simulazioni è sufficiente una stazione meteorologica. In caso di incompletezza dei dati è possibile impiegare in modo integrato anche dati derivanti da stazioni diverse purché se ne valuti la compatibilità.

La stazione meteo di riferimento alla modellazione deve essere collocata entro 10 km dalla sorgente di odore nel caso di terreno pianeggiante o, nel caso di orografia complessa, nella medesima valle ove è ubicata la sorgente in esame. La stazione meteo deve essere rappresentativa delle condizioni anemologiche del sito.

Nella relazione di presentazione dello studio per ciascuna stazione meteo devono essere indicati:

- coordinate geografiche;
- ente o soggetto che gestisce la stazione meteorologica;
- quota dell'anemometro rispetto al suolo;
- distanza lineare dalla/e sorgente/i.

La quota dell'anemometro della stazione meteo da cui sono tratti i dati di velocità e direzione del vento dovrebbe essere maggiore o uguale a 5 m.

La frequenza originaria di registrazione dei dati meteo deve essere almeno oraria, coerentemente con la scansione richiesta per le simulazioni di dispersione.

L'estensione minima del dominio temporale di simulazione è un anno o multipli interi. Soltanto per simulazioni finalizzate all'eventuale verifica delle corrispondenze fra modello di impatto e segnalazioni dei residenti, il dominio temporale è limitato alle ore in cui è effettuato il confronto.

La relazione accompagnatoria dello studio deve riportare la percentuale di dati meteorologici invalidi per ciascun mese e per ciascun parametro. È ammessa una percentuale di dati assenti/invalidi inferiore al 20% sul totale dei dati ed inferiore al 50% per ciascun mese.

Nella relazione accompagnatoria dello studio dovrà essere illustrato il pre-processore meteorologico impiegato per ottenere i parametri micrometeorologici (altezza dello strato limite atmosferico, ...) e di turbolenza (lunghezza di Monin-Obukhov, velocità di attrito superficiale, ...). È sconsigliato, e deve pertanto essere giustificato, l'impiego delle classi di stabilità (ad esempio classi di Pasquill- Gifford-Turner) in luogo dei parametri continui di turbolenza.

Dovranno inoltre essere allegati le rose dei venti più significative rispetto all'andamento delle isoplete nella mappa di impatto e la rappresentazione statistica delle velocità del vento, nonché, a richiesta dell'ente di controllo dovranno essere trasmessi integralmente in formato digitale:

- l'intero set di dati meteo grezzi registrati dalla stazione (a monte di qualunque elaborazione);
- l'intero set di dati di input impiegati nelle simulazioni di dispersione (a valle di tutte le elaborazioni eseguite, incluse le elaborazioni del pre-processore meteorologico).

Georeferenziazione

Nella relazione accompagnatoria dello studio devono essere georeferenziati i recettori sensibili in coordinate geografiche (latitudine/longitudine) o nel sistema UTM-WGS84 o UTM-Gauss-Boaga:

Dominio spaziale e passo della griglia dei recettori di calcolo

Il dominio spaziale di simulazione deve estendersi sufficientemente per comprendere almeno la curva di isoconcentrazione dell'odore in corrispondenza del valore della concentrazione oraria di picco di odore al 98° percentile su base annuale pari a 1 ouE/m³, includendo altresì tutti i recettori presso cui debba essere valutata l'accettabilità dell'impatto.

Il passo della griglia dei recettori di calcolo deve essere maggiore della distanza fra il recettore più prossimo e la sorgente dell'odore.

Nella relazione di presentazione dello studio devono essere specificati:

- le dimensioni del dominio spaziale di simulazione;
- la coordinata geografica dell'origine (vertice SW) del dominio spaziale di simulazione;
- il passo della griglia dei recettori di calcolo.

Definizione dei recettori sensibili

I recettori sensibili (o bersagli) presso i quali simulare puntualmente l'impatto delle emissioni devono essere selezionati secondo i seguenti criteri:

- deve essere individuato almeno un recettore sensibile in ogni nucleo abitato presente nel raggio di 3 km dalla sorgente;
- fra i recettori sensibili deve essere inserito l'abitazione o l'edificio pubblico più prossimo alla sorgente;
- deve possibilmente essere individuato un recettore sensibile in ogni quadrante del piano centrato sulla sorgente;
- in presenza, nel raggio di 3 km dalla sorgente, di aree destinate dagli strumenti di pianificazione territoriale a futura espansione residenziale, in ciascuna di esse deve essere ipotizzato un recettore sensibile virtuale nel punto dell'area più prossimo alla sorgente.

Orografia

La simulazione deve considerare gli effetti dell'orografia.

Nel caso di orografia complessa (dislivello massimo fra i recettori di calcolo superiore ad 1/100 della dimensione minore del dominio spaziale di simulazione) nella relazione di presentazione dello studio devono essere riportati:

- la quota del terreno per ciascuno dei recettori sensibili;
- indicazioni sull'algoritmo impiegato nelle simulazioni per l'orografia complessa, e gli eventuali parametri di controllo.

Effetto scia degli edifici (building downwash)

Per tener conto dell'effetto scia degli edifici quando questi siano sopravento al punto di emissione, ove disponibile nel software impiegato, è opportuna l'attivazione di uno specifico algoritmo per il *building downwash* quando l'altezza delle sorgenti non supera di 1,5 volte la massima delle altezze degli impianti ed edifici circostanti nel raggio di 200 metri.

In ogni caso nella relazione di presentazione dello studio, per ciascuno degli edifici che generano effetto scia, dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

- le coordinate geografiche di ciascuno dei vertici in pianta dell'edificio;
- l'altezza dell'edificio rispetto al suolo.

Scelta della tipologia di modello e del codice software

Per lo studio di impatto olfattivo si suggerisce l'impiego di un modello di dispersione appartenente ad una delle seguenti tipologie descritte nelle relative schede della normativa UNI 10796:2000 :

- modelli non stazionari (a puff o a segmenti) (scheda 4, tipologia 2);
- modelli 3D lagrangiani (a puff o a particelle) (scheda 4, tipologia 3 o scheda 5, tipologia 1);
- modelli 3D euleriani (scheda 4, tipologia 3 o scheda 5, tipologia 1).

Per una rassegna di software validati appartenenti alle tipologie sopra elencate si rimanda a:

- U.S. E.P.A., Guideline on Air Quality Models, Appendix W to Part 51.
- Federal Register, Vol. 68, No. 72, Tuesday, April 15, 2003 / Rules and Regulations.

- Linee guida pubblicate dal CTN_ACE (Centro Tematico Nazionale - Atmosfera Clima Emissioni in Atmosfera), <http://www.smr.arpa.emr.it/ctn/>

Trattamento delle calme di vento

Il modello di dispersione impiegato deve disporre di un metodo per il trattamento delle calme di vento. Molti codici software prevedono, in tutti i casi in cui la velocità del vento scende al di sotto un valore soglia definito, l'attivazione automatica di un *algoritmo speciale*, intrinsecamente meno accurato dell'algoritmo principale e significativamente diverso da uno adeguato specifico.

In questi casi è necessario verificare che il numero di ore di calma di vento per cui viene attivato l'*algoritmo speciale* sia minimo e possibilmente non sia superiore al 2%; ciò in quanto in condizioni di calma di vento, per la più ridotta dispersione degli inquinanti, spesso l'impatto olfattivo è massimo e l'obiettivo della simulazione è l'espressione del valore di picco orario al 98° percentile.

In ogni caso non è ammessa la semplificazione di eliminare dal set di dati meteo i record corrispondenti alle calme di vento, poiché ciò condurrebbe a sottostimare l'impatto sull'intero dominio di tempo della simulazione.

Inoltre la *velocità di soglia delle calme* (il valore delle velocità del vento al di sotto del quale si attiva l'*algoritmo speciale*) deve essere inferiore alla moda della distribuzione delle velocità del vento (il valore di velocità del vento con frequenza massima); in caso contrario deve essere scelto un diverso software di dispersione.

Nella relazione di presentazione dello studio devono in proposito essere specificati:

- il metodo adottato per il trattamento delle calme di vento;
- la velocità di soglia delle calme utilizzata nelle simulazioni;
- la percentuale di ore con velocità inferiore alla velocità di soglia delle calme e per le quali quindi è stato adottato il metodo per il trattamento delle calme; se la percentuale supera il 2%, devono essere valutate le conseguenze della potenziale anomalia sui risultati delle simulazioni.

Deposizione secca e deposizione umida

Poiché gli effetti della deposizione secca e della deposizione umida sulla rimozione degli inquinanti odorigeni dall'atmosfera sono trascurabili, si consiglia, cautelativamente, di disattivare gli algoritmi di calcolo della deposizione secca ed umida.

Post-elaborazione delle concentrazioni medie orarie

Per calcolare le concentrazioni orarie di picco di odore (valutate sul breve periodo di 5 – 10 minuti) per ciascun punto della griglia contenuta nel dominio spaziale di simulazione e per ciascuna delle ore del dominio temporale di simulazione le concentrazioni medie orarie devono essere moltiplicate per un fattore di conversione, unico ed uniforme, pari a 2,3 (*peak-to-mean ratio*).

Simulazione del caso peggiore (tipo screening)

La simulazione del caso peggiore si basa su assunzioni/rappresentazioni semplificate relative a sorgenti, recettori, tipologia, condizioni meteorologiche, processi fisici – chimici che guidano a stime cautelative nell'ambito dello scenario analizzato.

Nel caso in cui venga sviluppata una simulazione del caso peggiore, nella relazione devono essere riportate tutte le informazioni necessarie per consentire all'Autorità competente di valutare lo studio stesso, e di replicare le simulazioni impiegando lo stesso modello di dispersione o altro modello.

Presentazione dei risultati

I risultati dello studio di impatto olfattivo devono essere presentati in una relazione contenente tutte le informazioni richieste nel presente documento, necessarie per consentire all'Autorità competente di valutare lo studio stesso, e di replicare le simulazioni impiegando lo stesso modello di dispersione o altro modello.

Nella relazione di presentazione dello studio o in un suo allegato devono essere riportate:

- una tabella che riporti, per ciascuno dei recettori sensibili individuati sul territorio, il 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore simulate;
- una tabella che riporti, per ciascuno dei recettori sensibili individuati sul territorio, il massimo globale (il valore massimo sull'intero dominio temporale di simulazione) delle concentrazioni orarie di picco di odore simulate.

Nella relazione di presentazione dello studio o in un suo allegato deve essere inoltre compresa una **mappa di impatto**, in cui siano riportati almeno:

- il perimetro del dominio spaziale di simulazione;
- la corografia georeferenziata del territorio (Carta Tecnica Regionale o ortofoto), opportunamente più estesa del perimetro del dominio spaziale di simulazione;
- il confine di stretta pertinenza dell'impianto e le sorgenti di emissione oggetto dello studio;
- le posizioni dei recettori sensibili;
- le isoplete (curve di isoconcentrazione di odore) calcolate al 98° percentile dei valori orari di picco sull'anno, corrispondenti almeno ai valori di concentrazione $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$, $3 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ e $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$);
- la prima isopleta non completamente racchiusa nel confine dello stabilimento, a cui corrisponda il massimo valore di concentrazione di odore.

Allegato B - Strategia di campionamento in base alla tipologia di sorgente (D.g.r. Lomb. N. IX/3018)

Principi generali

Nel definire la strategia di campionamento, vanno valutate la natura dell'odore e lo scopo della misurazione olfattometrica.

La strategia di campionamento deve tener conto dei seguenti aspetti, che possono essere discussi durante un sopralluogo preliminare:

- identificazione dei processi produttivi che producono l'emissione odorigena;
- valutazione della tossicità e dei potenziali rischi per gli esaminatori;
- localizzazione dei punti di emissione;
- fluttuazioni dell'emissione odorigena nel tempo (può essere stimata usando un sistema di monitoraggio in continuo come un FID);
- posizione delle postazioni di campionamento;
- condizioni che possono alterare l'emissione odorigena, sia incontrollabili (come le condizioni meteo-climatiche), che controllate.

Quando si effettua una misura non è sufficiente misurare la concentrazione di odore, ma si deve tenere conto anche della portata gassosa associata alla sorgente di odore, perché nella maggior parte dei casi queste due grandezze sono correlate fra loro. Il parametro fondamentale da considerare è la portata di odore (OER – Odour Emission Rate), espressa in unità odorimetriche al secondo (ouE/s), e ottenuta come prodotto della concentrazione di odore per la portata gassosa. La portata gassosa volumetrica deve essere valutata in condizioni normali per l'olfattometria: 20°C e 101.3 kPa su base umida.

La tecnica usata per il campionamento dipende dalla tipologia di sorgente (Gostelow et al., 2003; Bockreis e Steinberg, 2005) ed è importante tanto quanto il metodo di misura.

Fondamentalmente è possibile distinguere due tipologie principali di sorgenti:

- puntuali;
- diffuse. In questa categoria rientrano: le sorgenti volumetriche e le sorgenti areali.

Sorgenti puntuali

In una sorgente puntuale l'odore è emesso da un singolo punto, normalmente in maniera controllata attraverso un camino.

In questo caso il campionamento consiste nel prelievo di una frazione dell'aeriforme convogliato.

Se l'aeriforme da campionare è in pressione, il prelievo può essere condotto in maniera diretta, inserendo il sacchetto di campionamento all'interno del condotto.

Altrimenti, il prelievo deve essere condotto creando una depressione. A tale scopo il sacchetto deve essere inserito in un opportuno contenitore. L'aria all'interno del contenitore viene aspirata mediante una pompa. A causa della depressione così realizzata l'aeriforme è aspirato all'interno del sacchetto di campionamento in maniera indiretta (Figura 6). Il contenitore utilizzato deve essere a tenuta, al fine di evitare l'ingresso di aria falsa. Il vantaggio di questa procedura è che l'aeriforme da campionare non entra in contatto con la pompa.

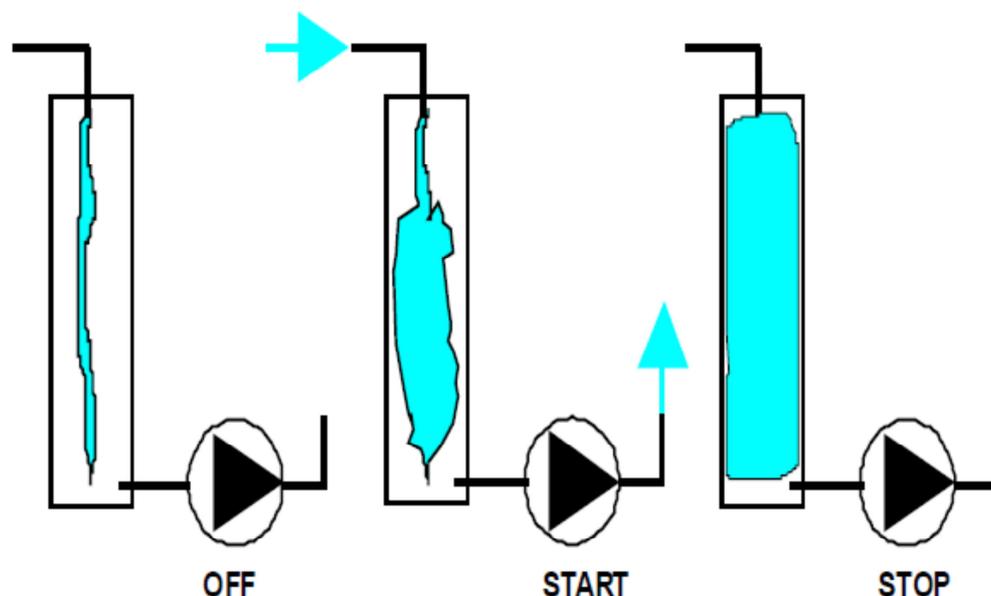


Figura 6. Schema di campionamento con pompa a depressione

Il punto di prelievo dovrebbe essere posizionato su una sezione di misura scelta in modo tale che la velocità su tale sezione sia il più possibile uniforme (UNI 10169).

I sacchetti di campionamento possono essere condizionati prima del prelievo. A tale scopo essi vengono riempiti con l'aeriforme da campionare e poi svuotati.

Nel caso di sorgente puntuale, è possibile calcolare il flusso gassoso in uscita misurando la velocità dell'aria e la sezione trasversale del condotto. L'OER è calcolato come segue:

$$OER = Q_{effl} \cdot c_{od}$$

$$OER = \text{portata di odore (ou}_E\text{/s)}$$

$$Q_{effl} = \text{portata volumetrica dell'effluente (m}^3\text{/s)}$$

$$c_{od} = \text{concentrazione di odore misurata (ou}_E\text{/m}^3\text{)}.$$

Sorgenti volumetriche

Le sorgenti volumetriche sono tipicamente degli edifici dai quali fuoriescono degli odori, sia intenzionalmente attraverso condotti a ventilazione naturale, sia non intenzionalmente attraverso porte, finestre o altre aperture. La

stima dell'OER in questi casi è complicata, in quanto è difficile misurare una concentrazione di odore rappresentativa e generalmente non è possibile definire un flusso preciso. Per effettuare una valutazione dell'OER si deve cercare di misurare la velocità dell'aria in corrispondenza delle aperture, oppure stimare la portata gassosa che fuoriesce dall'edificio mediante l'utilizzo di opportuni gas traccianti.

L'OER di odore viene poi calcolato con la formula seguente:

$$OER = Q_{effl} \cdot C_{od}$$

$$OER = \text{portata di odore (ou}_E\text{/s)}$$

$$Q_{effl} = \text{portata volumetrica dell'effluente uscente dall'edificio (m}^3\text{/s)}$$

$$C_{od} = \text{concentrazione di odore misurata (ou}_E\text{/m}^3\text{)}.$$

Sorgenti areali

Nel caso di sorgenti areali si hanno tipicamente delle emissioni da superfici solide o liquide piuttosto estese. Si possono distinguere due diversi tipi di superfici emissive areali:

- con flusso indotto (attive): sono sorgenti con un flusso di aria uscente (e.g. biofiltri o cumuli areati).
- senza flusso indotto (passive): l'unico flusso presente è quello dovuto al trasferimento di materia dalla superficie all'aria sovrastante. Esempio di questo tipo sono le discariche, e le vasche degli impianti di depurazione acque reflue.

Il limite fra sorgenti areali attive e passive è fissato per convenzione ad un flusso volumetrico specifico pari a 50 m³/h/m².

Sorgenti areali attive

In questo caso per il campionamento si utilizza una cappa "statica" che isola una parte di superficie e permette di convogliare il flusso nel condotto di uscita della cappa, dove viene prelevato il campione, con le stesse modalità adottate per il campionamento da sorgente puntiforme.

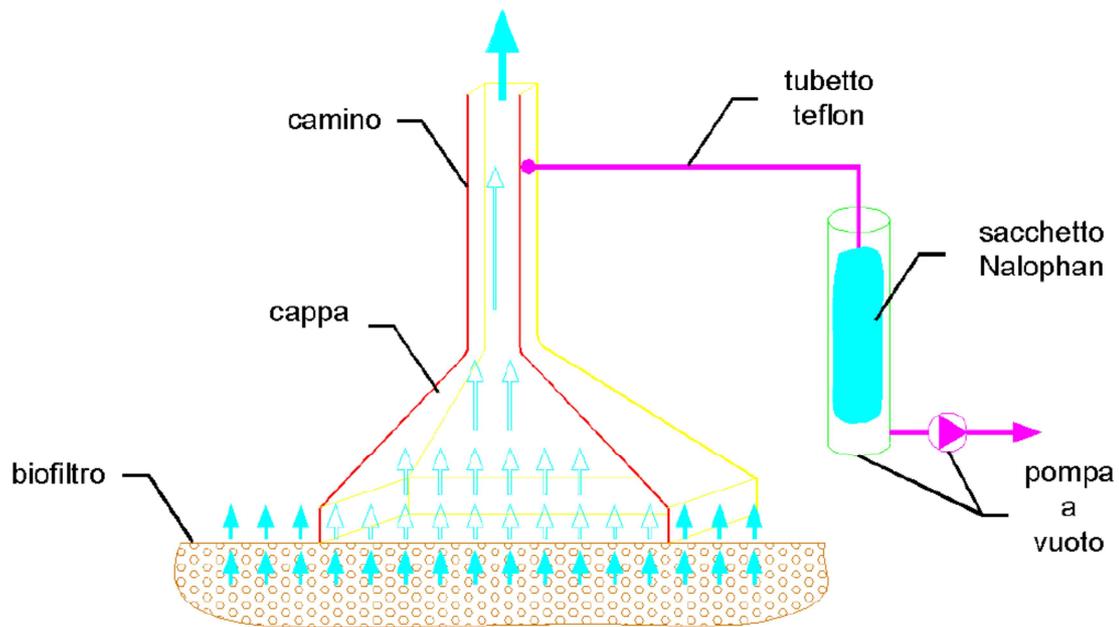


Figura 7. Schema di campionamento da sorgente areale attiva (biofiltro)

La cappa statica è costituita da due corpi di cui il primo è un tronco di piramide o cono cavo con base di area nota (ed es. 1 m²) e il secondo, sormontante il primo, è un camino di espulsione cilindrico avente un diametro compreso fra 10 e 20 cm. Sul condotto di uscita della cappa sono predisposte delle aperture per consentire il prelievo del campione e la misura dei parametri fisici dell'emissione. La cappa deve essere costituita di materiale inerte dal punto di vista odorigeno (ad es. acciaio o alluminio rivestito internamente di politetrafluoroetilene). La lunghezza del camino e la posizione della bocchetta di ispezione devono ottemperare le prescrizioni della norma UNI EN 13284-1:2003.

Per il prelievo, la cappa deve essere posta sulla superficie emittente con lo scopo di isolare il punto di prelievo dall'atmosfera esterna ed in particolare evitando che il vento diluisca il gas emesso prima che esso sia aspirato dal sacchetto di prelievo.

Al fine di ottenere dei dati rappresentativi dell'intera sorgente, è necessario effettuare più campionamenti in diversi punti distribuiti uniformemente sulla superficie emissiva. Più nel dettaglio: la superficie campionata mediante l'ausilio della cappa statica dovrebbe essere ca. l'1% della superficie emissiva totale con, a prescindere dalla superficie emissiva, un minimo di 3 e un massimo di 10 campioni (ad esempio: su un biofiltro con una superficie di 500 m² potranno essere prelevati un totale di 5 campioni in 5 diversi punti distribuiti uniformemente sulla superficie del biofiltro stesso).

Ciascun campione di gas odorigeno viene prelevato inserendo il tubo in PTFE del sacchetto di campionamento nella bocchetta d'ispezione, dopo aver atteso un tempo sufficiente affinché il flusso odorigeno abbia riempito internamente l'intero corpo della cappa.

La bocchetta di ispezione dalla quale viene prelevato il campione è utilizzata anche per l'inserimento delle sonde necessarie alla determinazione dei parametri fisici dell'emissione, quali temperatura, umidità relativa e velocità. In particolare, la determinazione della velocità di efflusso consente di valutare la distribuzione del flusso attraverso

l'intera superficie emissiva. E' importante sottolineare che le velocità di efflusso misurate in uscita da una sorgente areale attiva non devono essere utilizzate per la determinazione della portata dell'effluente.

La verifica dell'uniformità del flusso attraverso la superficie emissiva è importante al fine di definire la concentrazione di odore media emessa, ossia il valore medio che, moltiplicato per la portata dell'effluente, dà la portata di odore.

Si distinguono due casi possibili:

- sorgenti areali attive con distribuzione del flusso omogenea;
- sorgenti areali attive con distribuzione del flusso non omogenea.

Per sorgenti areali attive con distribuzione del flusso omogenea si intende una sorgente per cui le velocità di efflusso misurate sulle diverse superfici parziali differiscano al massimo di un fattore 2. In questi casi la concentrazione di odore media è ottenuta come media geometrica delle concentrazioni dei singoli campioni, in accordo con la formula seguente:

$$\bar{C}_{od} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n C_i}$$

\bar{C}_{od} = concentrazione di odore media (ou_E/m³)

C_i = concentrazione di odore misurata sulla i-esima superficie parziale (ou_E/m³).

Nel caso di sorgenti areali attive con distribuzione del flusso non omogenea (le velocità di efflusso misurate sulle diverse superfici parziali differiscono di un fattore superiore a 2) la concentrazione di odore media è calcolata come media geometrica pesata, in accordo con la formula seguente:

$$\left(\sum_{i=1}^n v_i \right) \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n C_i^{v_i}}$$

\bar{C}_{od} = concentrazione di odore media (ou_E/m³)

C_i = concentrazione di odore misurata sulla i-esima superficie parziale (ou_E/m³)

v_i = velocità di efflusso misurata sulla i-esima superficie parziale (m/s).

Sorgenti areali passive

La stima dell'OER per queste sorgenti risulta essere piuttosto complicata, in quanto è difficile misurare una concentrazione di odore rappresentativa, e soprattutto determinare una portata di aria ben definita.

Per queste ragioni al fine di valutare l'OER è necessario impiegare dei metodi particolari di campionamento denominati metodi a cappa.

Il principio sul quale si basano tali metodi è quello di isolare una parte della superficie emissiva con una cappa, e di misurare la concentrazione di odore all'uscita da essa (Figura 8).

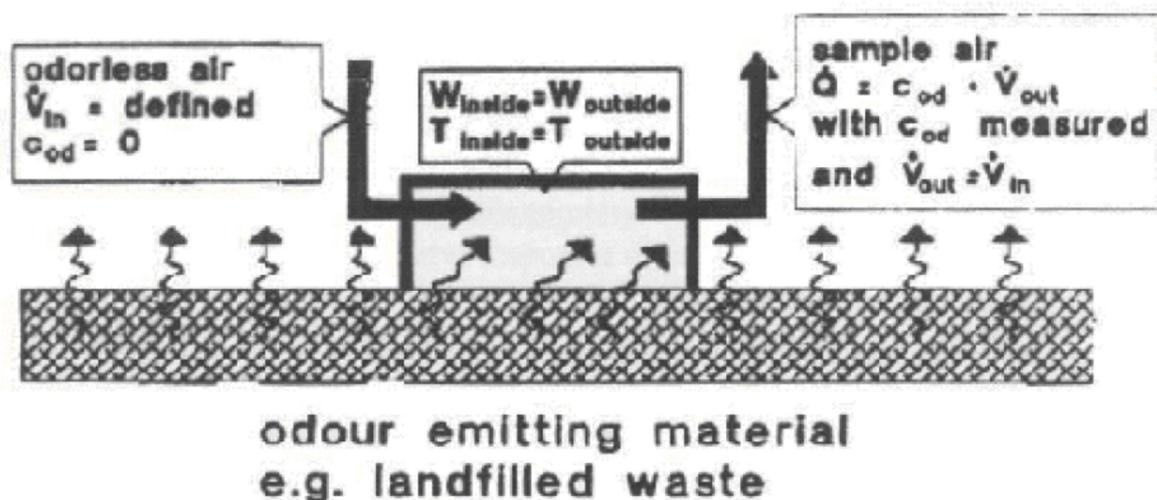


Figura 8. Schema di funzionamento di una cappa per il campionamento da superfici areali passive

Per la valutazione dell'OER è necessario passare attraverso il calcolo di un altro parametro significativo, ossia il flusso specifico di odore (SOER – Specific Odour Emission Rate), espresso in unità odorimetriche emesse per unità di superficie e di tempo ($ou_E/m^2/s$)

$$SOER = \frac{Q_{effl} \cdot C_{od}}{A_{base}}$$

$SOER$ = flusso specifico di odore ($ou_E/m^2/s$)

Q_{effl} = portata volumetrica di aria uscente dalla cappa (m^3/s)

C_{od} = concentrazione di odore misurata (ou_E/m^3)

A_{base} = area di base della cappa (m^2).

Infine, per calcolare l'OER è sufficiente moltiplicare il SOER per la superficie emissiva, i.e. la superficie totale della sorgente considerata:

$$OER = SOER \cdot A_{emiss}$$

| | | |
|-------------|---|--|
| OER | = | portata di odore (ou_E/s) |
| $SOER$ | = | flusso specifico di odore ($ou_E/m^2/s$) |
| A_{emiss} | = | superficie emissiva (m_2). |

Per avere dei risultati che rappresentino la situazione reale, le cappe devono essere utilizzate prestando attenzione ad alcuni aspetti: esse infatti isolano dall'ambiente esterno una porzione della superficie emissiva, e di conseguenza potrebbero alterare l'emissività di tale porzione. Ad esempio una variazione di pressione all'interno della cappa potrebbe sopprimere o favorire l'emissione di odoranti. Per questo motivo è necessario eseguire il prelievo dopo aver lasciato passare un tempo sufficiente dopo il posizionamento della cappa stessa., variabile in funzione delle caratteristiche della cappa.

Per il campionamento da questa tipologia di sorgenti è consigliabile l'utilizzo di cappe di tipo Wind Tunnel (galleria del vento)

Il sistema wind tunnel è disegnato per simulare la condizione atmosferica di flusso parallelo senza rimescolamento verticale: una corrente di aria orizzontale nota passante sulla superficie raccoglie i composti odorigeni volatilizzati provocando un'emissione di odore.

Il principio di funzionamento della wind tunnel è descritto di seguito. Una corrente di aria neutra è introdotta nella cappa a velocità nota.

Sulla base di considerazioni di tipo fisico è possibile dimostrare che il trasferimento di massa dalla superficie liquida (o solida) da campionare alla fase gassosa, e di conseguenza la concentrazione di odore misurata all'uscita della cappa, il SOER e l'OER sono funzione della velocità dell'aria sotto cappa. In particolare, si può dimostrare che:

$$C_{od} \propto v^{-n}$$

$$SOER, OER \propto v^n$$

| | | |
|----------|---|--|
| C_{od} | = | concentrazione di odore (ou_E/m^3) |
| $SOER$ | = | flusso specifico di odore ($ou_E/m^2/s$) |
| OER | = | portata di odore (ou_E/s) |
| v | = | velocità dell'aria inviata sotto cappa (m/s) |
| n | = | esponente sperimentale. |

In particolare, per i liquidi è stato dimostrato che l'esponente n è pari a 0.5 (Bliss et al., 1995; Capelli et al., 2009).

Secondo questa relazione è possibile osservare che la concentrazione di odore misurata in uscita dalla cappa decresce all'aumentare della velocità, ossia della portata inviata sotto cappa. Per questo motivo in fase di campionamento, in particolare su superfici relativamente poco emissive (e.g. vasche di ossidazione, superfici di lotti di scarica esauriti e chiusi), è necessario operare in condizioni tali da non far scendere i valori di concentrazione in

uscita dalla cappa al di sotto di valori intorno alle 50-100 ouE/m³. A tale scopo si consiglia di effettuare i campionamenti con portate sufficientemente basse, ossia che consentano di avere velocità sotto cappa di qualche centimetro al secondo (1-10 cm/s) (Capelli et al., 2009; Frechen et al, 2004). In ogni caso, dato che la concentrazione di odore misurata è funzione della velocità dell'aria inviata sotto cappa durante il campionamento, è opportuno che sul report della prova olfattometrica tale velocità venga esplicitata.

Al di sopra della superficie emissiva avviene un trasferimento di massa convettivo. Gli odoranti si mescolano alla corrente gassosa e fuoriescono dal condotto di uscita dal quale viene prelevato il campione.

Il vantaggio derivante dall'utilizzo di questa tecnica è che la misura è ottenibile in modo relativamente semplice ed economico.

Il problema di questo sistema è che per poter correlare le misure sperimentali con la reale capacità emissiva della fonte di odore è necessario valutare l'aerodinamica della cappa. E' importante conoscere i profili di velocità all'interno della wind tunnel, al fine di poter esprimere le emissioni in funzione della velocità media sulla superficie monitorata.

A titolo esemplificativo, in Figura 9 è riportato la pianta di una wind tunnel (Capelli et al., 2009), con le caratteristiche dimensionali della stessa.

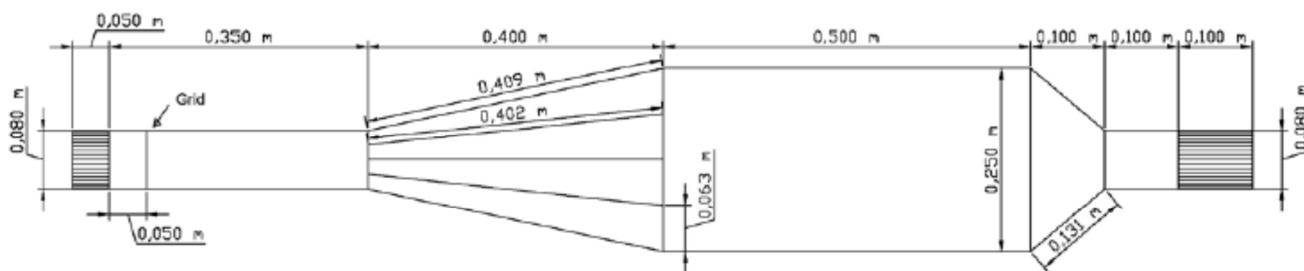


Figura 9. Esempio di pianta di una wind tunnel

In Figura 10 è riportata la stessa cappa in vista tridimensionale.

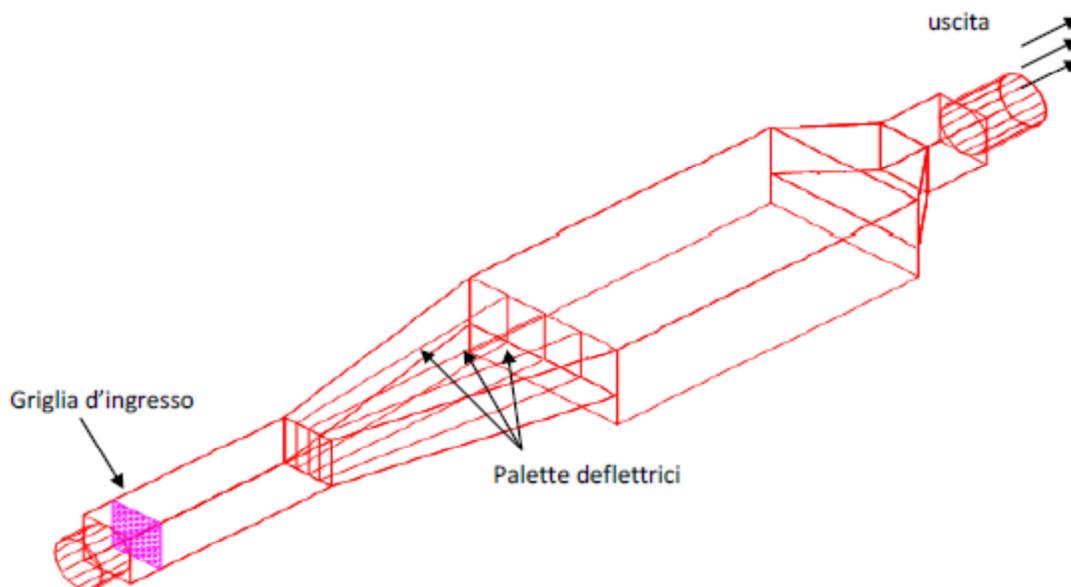


Figura 10. Esempio di vista tridimensionale di una wind tunnel

Per quanto riguarda il numero di campioni da prelevare su una sorgente areale passiva, questo deve essere sufficiente ad ottenere dei dati rappresentativi delle caratteristiche emissive dell'intera sorgente. In generale, le sorgenti possono essere definite come segue:

- sorgenti areali passive omogenee (e.g. vasche movimentate): in questo caso può essere sufficiente il prelievo di un unico campione sull'intera superficie emissiva;
- sorgenti areali passive non omogenee (e.g. superfici di discarica): in questo caso il numero di campioni da prelevare sulla superficie emissiva deve essere aumentato in modo da ottenere una caratterizzazione esaustiva della sorgente stessa (ad esempio, nel caso di campionamento di cumuli di compost, l'individuazione dei punti di campionamento può essere basata sulla diversa età dei cumuli).

Allegato C - Nasi elettronici

Tra i metodi strumentali utilizzati per il monitoraggio degli odori, crescente importanza e diffusione hanno i sistemi multi-sensore denominati comunemente *nasi elettronici* (eNose).

Al momento della stesura di questo documento non risultano disponibili norme tecniche o standard di riferimento né a livello italiano né europeo, sia relativamente alle caratteristiche strumentali che alle procedure di utilizzo dei nasi elettronici. Il CEN (European Committee for Standardization) all'interno del comitato tecnico relativo alla qualità dell'aria (CEN/TC 264) ha istituito un gruppo di lavoro (CEN/TC 264/WG 41 "Instrumental odour monitoring") avente il compito di redigere una norma tecnica che disciplini l'utilizzo di questi strumenti. Tale norma tecnica, una volta pubblicata, diventerà riferimento negli ambiti e per gli scopi in essa indicati. Per alcune delle indicazioni riportate nel presente documento si fa riferimento alla norma NTA 9055 "Air quality – Electronic air monitoring – Odour (nuisance) and safety", redatta dal Comitato Tecnico dei Paesi Bassi (Netherlands Technical Agreement – NTA), che fornisce indicazioni per l'uso dei nasi elettronici nel monitoraggio dell'aria ambiente.

Definizione di "naso elettronico" e sue modalità di funzionamento

Una definizione di naso elettronico molto diffusa in letteratura scientifica lo descrive come: "uno strumento costituito da un array di sensori elettronici di specie chimiche, caratterizzati da parziale specificità e da un appropriato sistema di riconoscimento di *pattern*, capace di riconoscere odori semplici o complessi" (Gardner and Bartlett, 1994).

I nasi elettronici, strumenti basati su diversi tipi di tecnologie che saranno descritte in seguito, vengono così chiamati perché strutturati in analogia al naso umano; essi però non valutano direttamente l'odore, bensì rilevano variazioni nella composizione dell'aria nell'ambiente correlate alla presenza di molecole odorogene.

Sono note diverse tipologie di nasi elettronici, che hanno in comune il fatto che, al contrario di altri strumenti di analisi, essi non forniscono direttamente la lettura di un numero, bensì un vettore o una matrice di valori rilevati dai sensori, per ciascuna miscela odorigena di gas alla quale sono esposti. Tale matrice è detta "pattern" ed è sul suo riconoscimento che si basa il funzionamento dei nasi elettronici: il pattern individuato viene infatti confrontato con quelli memorizzati precedentemente per stabilire a quale assomigli maggiormente e quindi quale miscela si sta analizzando. Rendere lo strumento capace di riconoscere dei pattern è ciò che viene definito addestramento o "training".

L'ottenimento di dati di output (in termini di riconoscimento delle tipologie di odore, della valutazione dell'intensità, e della rilevazione di frequenza e durata di eventuali episodi di molestia olfattiva) è quindi reso possibile da una preliminare procedura di addestramento o calibrazione sito-specifica¹ dello strumento, congiuntamente all'implementazione di procedure di analisi di dati (Gardner e Bartlett, 1999).

I nasi elettronici possono anche essere utilizzati in modalità "non-addestrata" per rilevare variazioni nella composizione dell'aria, permettendo a posteriori l'identificazione di tipologie di odore; questa modalità è di solito

¹ Un naso elettronico addestrato per specifiche emissioni odorogene non può essere utilizzato per monitoraggio di altre fonti o di un altro impianto, per il quale dovrà essere nuovamente addestrato.

applicata in fase di caratterizzazione preliminare di un sito in cui non siano ancora state individuate e ben definite le diverse fonti odorigene.

Le modalità di impiego dei nasi elettronici verranno discusse più in dettaglio successivamente.

Sistemi di sensori – elementi costituenti

I nasi elettronici sono costituiti da alcuni elementi base, ovvero:

1. un sistema di campionamento e condizionamento dell'aria da analizzare;
2. una matrice (*array*) di sensori che modificano le loro proprietà fisiche (es. resistenza elettrica) in base ad interazioni aspecifiche con specie e miscele odorigene presenti nell'aria analizzata;
3. un sistema di acquisizione e pretrattamento dei dati;
4. un algoritmo per il riconoscimento del *pattern*.

Le tipologie e il numero dei sensori possono essere variati in dipendenza delle esigenze di sensibilità e capacità discriminante richieste dal caso di studio.

Tra le tipologie di sensori maggiormente diffuse nei nasi elettronici attualmente in commercio, si annoverano ad esempio i sensori:

MOS (Metal Oxide Semiconductor), MOSFET (MOS Field Effect Transistor), QCM (Quartz Crystal Microbalance), SAW (Surface Acoustic Wave), SPR (Surface Plasmon Resonance), CP (intrinsically and doped Conductive Polymers) (Brattoli et al. 2011).

Sistemi di sensori – requisiti da valutare

La risposta dei sensori dovrebbe essere veloce, stabile, riproducibile e reversibile.

In dipendenza dell'applicazione prevista (es. monitoraggio delle emissioni, monitoraggio in impianto, monitoraggio di aria ambiente in un sito recettore sul territorio) si possono impiegare sistemi con caratteristiche prestazionali diverse, in termini di tempi di risposta e riassetto, sensibilità, capacità discriminante tra odori e stabilità dei segnali al variare delle condizioni ambientali.

È rilevante la valutazione di:

- la *capacità discriminante* del naso elettronico, ovvero l'adeguatezza dei sistemi proposti alla discriminazione degli odori rilevanti per il caso di studio; nel caso non siano note a priori le tipologie di odore rilevanti si deve prevedere l'uso di nasi elettronici ad adeguato numero di sensori, sensibili a diverse tipologie di molecole odorigene;
- la *sensibilità dei sensori* (minima quantità rilevabile rispetto a molecole odorigene indicatrici – es. n-butanolo, composti solforati, azotati, composti carbonilici);
- la *ripetibilità e stabilità delle risposte strumentali* rispetto alle variazioni di parametri ambientali (es. temperatura e umidità, alle cui variazioni i sensori possono essere altamente sensibili);
- la *ripetibilità e la stabilità delle risposte strumentali nel tempo* (i sensori sono soggetti a fenomeni di ageing – invecchiamento - e drifting – deriva dello “zero”);

- *l'accuratezza* nello stabilire se ci sia o meno odore (sì/no), ovvero nel distinguere un'aria odorigena da un'aria che non contiene molecole odorogene;
- *l'accuratezza nella classificazione* o identificazione di diverse tipologie di odore².

Modalità di impiego dei nasi elettronici

I nasi elettronici in genere sono realizzati in modo tale da essere in grado di misurare in continuo (24/7) campioni d'aria, fornendo così una rappresentazione dettagliata dell'aumentare o del diminuire dei segnali relativi a molecole/miscele odorogene presenti in aria. Inoltre, quando sono associati alla registrazione di una storia di reclami o percezioni, gli effetti di deriva ed invecchiamento possono essere compensati in misura significativa. Fintanto che un naso elettronico è esposto ad aria pulita a intervalli regolari, deriva ed invecchiamento possono essere monitorati con il procedere del tempo e l'utente può effettuare le opportune compensazioni.

Interpretazione dei risultati ottenuti

I nasi elettronici sono stati sviluppati per misurare una vasta gamma di sostanze e miscele odorogene e per identificare i *pattern* tramite confronto con i risultati delle misurazioni precedenti. Poiché in pratica il numero di sostanze / miscele può essere considerevole, non è sempre fattibile raccogliere un insieme di campioni rappresentativo per il *training*. Cionondimeno un naso elettronico ben progettato può generalizzare, ossia indicare che "questo campione assomiglia a...". Un naso elettronico dovrebbe quindi essere visto come uno strumento indicativo.

Addestramento qualitativo per sostanze / miscele

Ai fini dell'addestramento qualitativo del naso elettronico, una serie rappresentativa di campioni deve essere misurata utilizzando il naso elettronico. Questa serie contiene le sostanze / miscele che devono essere rilevate, preventivamente accanto ad altre sostanze / miscele. In tutti gli eventi dovranno essere inclusi anche dei campioni bianchi di riferimento (*blanks*). Poiché un naso elettronico genera sempre un vettore di numeri, anche per i bianchi di riferimento, di solito non c'è un punto zero o vettore nullo. Utilizzando tecniche di riconoscimento di pattern e l'insieme rappresentativo risultante, si può (mediante il *training*) costruire un modello che consenta di distinguere tra le sostanze / miscele da rilevare e sostanze / miscele non rilevanti e aria pulita.

L'accuratezza del modello, ossia la capacità di distinguere tra miscele diverse, dipende sia dalla tecnica di rilevamento di pattern utilizzata sia dalla qualità dei dati utilizzati.

Addestramento quantitativo per le sostanze / miscele

A volte, un'affermazione (*statement*) quantitativa può essere fatta su sostanze / miscele. Tuttavia, l'utente deve essere consapevole che la risposta (vettoriale) di un naso elettronico è spesso correlata in modo non lineare alla concentrazione delle sostanze / miscele. I diversi componenti in una miscela si possono spesso influenzare reciprocamente in modo non lineare per ciò che riguarda la risposta del naso elettronico. Una determinazione

² In aria ambiente sono importanti entrambi gli aspetti (presenza di odore e caratterizzazione dello stesso), mentre alle emissioni la fonte è meno incerta (anche si potrebbero avere camini in cui confluiscono più processi e conseguente incertezza di caratterizzazione anche in questo caso).

quantitativa di solito richiede che una matrice dei componenti da rilevare sia misurata, per poter poi essere utilizzata per eseguirvi le interpolazioni. Anche in questo caso devono essere inclusi i bianchi (*blanks*) e l'accuratezza dipende fortemente dalla tecnica di elaborazione e dalla qualità dei dati utilizzati, non può pertanto essere definita a priori.

Addestramento per identificare eventi anomali

In un ambiente reale, il numero di sostanze / miscele cui un naso elettronico è esposto può essere tanto elevato da rendere non praticamente realizzabile la loro raccolta in un insieme di dati rappresentativi. Tuttavia, i nasi elettronici sono anche utilizzati per individuare anomalie. In tal caso, l'insieme di dati rappresentativi incorpora soltanto le esposizioni "normali". Nel caso più semplice, queste sono costituite da aria pulita con differenti livelli di umidità relativa. Se è disponibile un 'odore di fondo/*background*', possono essere inclusi campioni rappresentativi di tale odore di fondo. Questo set di dati viene utilizzato per determinare quale area di vettori generati dal naso elettronico è classificata come 'normale'. Se la risposta del naso elettronico supera questa zona, vi è un'anomalia. Non verrà definito cosa sia, ma sarà noto solo che si tratta di un *pattern* non 'normale', che sarà opportuno caratterizzare ulteriormente.

Output dei monitoraggi con nasi elettronici

I risultati dei monitoraggi effettuati con nasi elettronici devono includere:

1. rappresentazioni della frequenza delle tipologie di *pattern* rilevate (odore sì/no) oppure distribuzione del tempo in cui è stato rilevato dal naso un *pattern* associabile ad una specifica sorgente) ad esempio tramite grafici a torta, o in forma tabellare;
2. rappresentazioni della variazione nel tempo del livello del *pattern* attribuibile a ciascuna sorgente preliminarmente determinata.

Allegato D: Schede per la compilazione dei questionari previsti nella procedura per il controllo e monitoraggio delle molestie olfattive

Questionari per i recettori pregressi

La caratterizzazione dell'impatto già segnalato viene effettuata mediante interviste ai segnalatori che in questo caso vengono definiti "recettori pregressi".

I recettori pregressi sono individuati tra le persone che hanno presentato esposti al Comune o agli enti di controllo nel corso, indicativamente, degli ultimi 24 mesi.

Ai recettori pregressi viene richiesto di compilare un apposito questionario a risposte chiuse.

Poiché i questionari per le interviste ai recettori pregressi sono formulati in modo dettagliato, è preferibile che la compilazione venga effettuata dal recettore avvalendosi dell'aiuto di un tecnico comunale o dei rappresentanti del gruppo di lavoro costituitosi in seno alla procedura operativa. Di seguito un esempio di modulo per il questionario per i recettori pregressi.

Questionario segnalazioni pregresse¹

Dati recettore pregresso e sito del disturbo

Indirizzo _____ N° progressivo _____

Nome e cognome _____

Occupazione: studente ; lavoratore ; pensionato ; altro

Età: meno di 20 anni ; 21÷40 anni ; 41÷ 60 anni ; 61÷80 anni ; più di 81 anni ; _____

Durata presenza del recettore nel sito

– **gg festivi:** tutto il giorno ; mattina ; pomeriggio ; ore notturne ; altro ; _____

– **gg feriali:** tutto il giorno ; mattina ; pomeriggio ; ore notturne ; altro ; _____

Motivo presenza del recettore nel sito: residente ; lavoratore ; altro² _____

Caratteristiche qualitative del disturbo

Disturbo segnalato: solo odore ; altro³ _____

Intensità media dell'odore: odore percepibile ; odore forte ; odore molto forte ; _____

Caratteristiche (tono edonico): pungente ; irrespirabile ; dolciastro ; acre ; altro _____

Tipologia sorgente (qualità): sost. organica ; rifiuti ; solvente ; composti solforati ; altro _____

Caratteristiche temporali del disturbo

Percezione occasionale: giorno _____; durata _____

Percezione continuativa:

- **da quanto tempo percepisce il disturbo:** anni n° _____; mesi n° _____; giorni n° _____
- **il recettore era presente nel sito prima dell'inizio della percezione:** sì ; no ; _____
- **durata indicativa del disturbo rilevato:** tutto l'anno ; 6 mesi ; 4 mesi ; 1 mese ; _____
- **periodi dell'anno di maggiore intensità:** sempre ; estate ; inverno ; altro ; _____
- **durata indicativa del disturbo al giorno:** tutto il giorno ; 12 ore ; meno di 4 ore ; altro _____
- **ore del giorno di maggiore intensità:** sempre ; prima mattina ; sera ; ore notturne ; altro _____

Condizioni meteo di maggiore intensità: soleggiato ; bassa pressione ; ventilato ; piovoso ; altro _____

Caratteristiche spaziali del disturbo e potenziali sorgenti

Percezione del disturbo da parte di altre persone: no ; sì quali _____

Area interessata⁴: abitazione ; via ; quartiere ; altro _____

Punto di emissione: _____

Attività a cui sono associate le emissioni più intense⁵: _____

Note⁶: _____

Si autorizza, ai sensi dell'art. 13 del D.Lgs 196/2003, l'acquisizione e il trattamento dei dati personali solo ed esclusivamente ai fini del monitoraggio in atto. La presentazione dei risultati conseguiti avverrà solo in forma anonima, tutelando l'identità dei segnalatori.

Data _____

Firma del recettore

Riportare le risposte solo quando il recettore è in grado di circostanziare, altrimenti scrivere "non sa".

² Eventuali altri motivi di presenza es. attività ricreative, ferie (estive, natalizie ecc), visita parenti ecc.

³ Riportare se vi sono altri disturbi (nausea, allergia, cattivo odore del bucato, disturbo a recettori occasionali ecc.)

⁴ Specificare se è in grado di definire i limiti entro cui si sente l'odore

⁵ Se è in grado di individuare la fase operativa dell'attività della sorgente individuata es. spandimento in campo, fase di caricamento polli, pulizia stabulari, apertura portoni dei magazzini, conferimento rifiuti ...

⁶ Altre informazioni utili sui recettori es. rapporti con il gestore dell'attività che origina le emissioni. Eventi particolari che hanno determinato emissioni particolarmente elevate o contenute ecc.

Il questionario a risposte chiuse permette di quantificare le caratteristiche del disturbo in termini di qualità (come percepita dai segnalatori), in termini temporali (storicizzazione dell'impatto e descrizione della giornata tipo) ed in termini spaziali (definizione dell'area interessata dal disturbo olfattivo).

Dalle indicazioni temporali si possono ottenere inoltre informazioni relative al contributo meteorologico alla molestia e di conseguenza ipotizzare la tipologia di sorgente.

I questionari sono uno strumento utile anche per rilevare il grado di tollerabilità della popolazione residente al disturbo e la presenza di particolari sorgenti sentite comunemente come causa del problema.

Questionari per i recettori nei siti di controllo

I recettori nei siti di controllo (detti anche recettori di controllo) sono i volontari che si rendono disponibili a compilare sistematicamente i questionari di disturbo "real time" per il periodo di durata del monitoraggio.

I recettori di controllo sono individuati all'interno della procedura operativa ed a seguito dell'analisi delle informazioni ottenute dai questionari ai recettori pregressi.

E' opportuno che i recettori di controllo vengano individuati in modo il più possibile omogeneo sul territorio allo scopo di coprire l'intera area interessata dal disturbo olfattivo ed anche un'area esterna a questo, detta "di bianco", che risulta meno impattata dal disturbo stesso. A titolo di esempio, suddivisa in ottanti l'area di interesse con centro nelle ipotetiche sorgenti, sono da individuare, per ciascun ottante, almeno due recettori nell'area impattata ed un recettore nell'area di bianco.

Gli obiettivi del monitoraggio sistematico sono: la quantificazione dell'impatto odorigeno presente, come percepito dalla popolazione residente, e la determinazione delle sorgenti.

Il questionario per i recettori di controllo è snello e di facile compilazione. Può essere compilato sia con modulo cartaceo che su supporto informatico nel caso in cui sia disponibile un apposito software di segnalazione.

Il modulo per i recettori di controllo contiene: una parte anagrafica per l'individuazione del recettore e le caselle per le segnalazioni di un'intera settimana. La risoluzione temporale per la segnalazione è un'ora.

Si richiede che il recettore indichi non solo l'ora nella quale è stato percepito il disturbo ma anche le ore di presenza vigile nel sito. L'ora di presenza vigile nel sito viene definita come presenza nel sito del recettore, in condizione di recepire il disturbo, per più di 30 minuti.

La segnalazione della presenza è particolarmente utile per l'analisi comparata tra i diversi recettori.

La percezione del disturbo viene riportata utilizzando tre livelli di intensità utilizzando una scala di intensità convenzionale: + = odore percepibile; ++ = odore forte; +++ = odore molto forte. Nel caso di più episodi in un'unica ora è sufficiente riportarne uno solo.

Non viene richiesta l'indicazione qualitativa del disturbo. Nel caso in cui il recettore desideri comunque fornire tale indicazione, è disponibile un campo note o comunque lo spazio libero sul retro del modulo stesso.

Di seguito un esempio di scheda per il questionario per i recettori nei siti controllo.

Scheda di rilevazione del disturbo olfattivo per i siti di controllo

| | | | | | |
|--------------------|--|------------------|---------------|--------------------------|--|
| Recettore | | | | Foglio n. | |
| Indirizzo | | | Comune | | |
| Data inizio | | Data fine | | Sito di controllo | |

| | Lunedì | | Martedì | | Mercoledì | | Giovedì | | Venerdì | | Sabato | | Domenica | |
|---------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| ora | Pres. ¹ | Od. ² |
| 0 - 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 - 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 - 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 - 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 - 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 - 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 - 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 - 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 - 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 - 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 - 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 - 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 - 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 - 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 - 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 - 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 - 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 - 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 - 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 - 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 - 21 | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 - 22 | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 - 23 | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 - 24 | | | | | | | | | | | | | | |

Si autorizza, ai sensi dell'art. 13 del D.Lgs 196/2003, l'acquisizione e il trattamento dei dati personali solo ed esclusivamente ai fini del monitoraggio in atto. La presentazione dei risultati conseguiti avverrà solo in forma anonima, tutelando l'identità dei segnalatori.

Firma

¹ Segnare con una P le ore di presenza vigile nel sito di controllo. L'ora di controllo viene segnata se la presenza vigile nel sito, per quell'ora, è superiore ai 30 minuti.

² Scala di intensità convenzionale: + = odore percepibile; ++ = odore forte; +++ = odore molto forte. Nel caso di più episodi in un'unica ora è sufficiente indicarne uno solo.

La distribuzione delle schede da compilare da parte dei recettori di controllo e la raccolta delle schede compilate devono avvenire in modo da garantire la tutela dell'anonimato dei recettori di controllo. Dovrà essere seguita la seguente procedura:

- l'ufficio comunale del Comune capofila della procedura operativa distribuisce, ed in seguito raccoglie, le schede ai recettori;
- le schede vengono consegnate ai recettori di controllo sia durante l'assemblea pubblica prevista nella procedura operativa che consegnate a domicilio ogni mese;
- ogni mese vengono consegnati i moduli da compilare raccolti in una busta con la dicitura "Campagna di monitoraggio odori". Le schede di segnalazione e le buste devono essere comunque disponibili presso l'ufficio comunale indicato per tutta la durata del monitoraggio;
- è opportuno che al momento della consegna della busta con le schede da compilare, in ciascuna scheda vengono riportate la data di inizio, la data di fine della rispettiva settimana di monitoraggio nonché le date in corrispondenza di ciascun giorno della settimana. Se necessario, il tecnico comunale compila, assieme al recettore di controllo, un modulo di esempio.
- Periodicamente l'ufficio comunale incaricato consegna le schede compilate all'ARPA quale soggetto incaricato dell'elaborazione.

Al fine di assicurare la corretta modalità di compilazione delle schede ed evitare grossolani errori che vanificherebbero il lavoro dei volontari, i tecnici ARPA effettuano, indicativamente a distanza di 15 giorni dall'inizio del monitoraggio, una visita ai recettori per controllare le schede già compilate.

Le informazioni riportate nelle schede di controllo vengono analizzate da ARPA al fine di ottenere indicatori quantitativi del disturbo olfattivo.

Questionari per le attività potenziali sorgenti di odori

Il monitoraggio del disturbo olfattivo effettuato mediante schede compilate dai recettori di controllo volontari viene affiancato al monitoraggio delle attività potenziali sorgenti di odore.

Queste attività, o sottoprocessi, vengono individuati durante un sopralluogo eseguito dal gruppo di lavoro presso le aziende, potenziali sorgenti di odori, prima dell'avvio del monitoraggio. A ciascun sottoprocesso individuato viene assegnato un codice identificativo. Il gestore, per il periodo del monitoraggio, compila la scheda dell'attività indicando sul modulo, giorno per giorno, l'ora nella quale viene svolto il sottoprocesso.

Di seguito un esempio di scheda di attività.

Diario attività

Tab. 1: anagrafica azienda

| | | | | | |
|---------------------|--|------------------|--|------------------|--|
| Nome azienda | | | | Foglio n. | |
| Indirizzo | | | | | |
| Data inizio | | Data fine | | Firma | |

Tab. 2: attività svolte. Riportare in corrispondenza delle ore e del giorno indicato il codice dell'attività svolta come identificato nella tabella 3

| ora | Lunedì | Martedì | Mercoledì | Giovedì | Venerdì | Sabato | Domenica |
|---------|--------|---------|-----------|---------|---------|--------|----------|
| 0 - 1 | | | | | | | |
| 1 - 2 | | | | | | | |
| 2 - 3 | | | | | | | |
| 3 - 4 | | | | | | | |
| 4 - 5 | | | | | | | |
| 5 - 6 | | | | | | | |
| 6 - 7 | | | | | | | |
| 7 - 8 | | | | | | | |
| 8 - 9 | | | | | | | |
| 9 - 10 | | | | | | | |
| 10 - 11 | | | | | | | |
| 11 - 12 | | | | | | | |
| 12 - 13 | | | | | | | |
| 13 - 14 | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|
| 14 – 15 | | | | | | | |
| 15 – 16 | | | | | | | |
| 16 – 17 | | | | | | | |
| 17 – 18 | | | | | | | |
| 18 – 19 | | | | | | | |
| 19 – 20 | | | | | | | |
| 20 – 21 | | | | | | | |
| 21 – 22 | | | | | | | |
| 22 – 23 | | | | | | | |
| 23 – 24 | | | | | | | |

Tab. 3: codice delle attività individuate come potenziali sorgenti di odore.

| Codice | Descrizione attività |
|--------|----------------------|
| | |
| | |
| | |

Note:

Le schede compilate delle attività vengono raccolte dai tecnici del comune e consegnate ad ARPA per l'analisi.

Calcolo degli indicatori

Le informazioni raccolte con la compilazione delle schede vengono informatizzate ed analizzate con semplici sistemi di calcolo.

L'analisi permette di ottenere numerose informazioni sul tipo di impatto, sulle modalità di diffusione dello stesso, sulle caratteristiche diffusive della sorgente e sulla sensibilità dei recettori.

Di seguito si riporta un elenco, non esaustivo, degli indicatori che possono essere calcolati sulla base dei dati raccolti e che vengono utilizzati per la quantificazione dell'impatto.

Scheda per i recettori pregressi.

I questionari per i recettori pregressi vengono analizzati per ottenere maggiori informazioni possibili sulle caratteristiche del disturbo, durata, intensità. Le risposte ai questionari vengono inoltre valutate per definire

l'opportunità di procedere o meno con il monitoraggio sistematico considerando anche le dichiarazioni rilasciate nel campo note.

Gli esiti, per ciascuna domanda del questionario, vengono riportati in grafici a barre e utilizzati per ottenere informazioni relativamente ai seguenti ambiti:

- caratteristiche del campione: uniformità, rappresentatività in relazione alla popolazione ed al sito;
- caratteristiche qualitative del disturbo: concomitanza con altre tipologie di disturbo, intensità media, tipologia di odore riconoscimento della fonte sulla base del tono edonico;
- caratteristiche temporali del disturbo: durata, frequenza, modulazione;
- relazione del disturbo con la stagionalità e la meteorologia;
- ampiezza del disturbo in termini spaziali: percezione puntuale o di area vasta;
- percezione dei recettori e qualità della vita.

Scheda per i recettori di controllo.

Le schede compilate dai recettori di controllo vengono riportate su foglio elettronico con riferimento all'ora solare.

Viene effettuata una valutazione della qualità della compilazione per ciascun recettore. I fattori che vengono valutati sono:

| Ambito | Descrizione | Utilizzo |
|--|---|---|
| Anomalie nella compilazione in generale | Compilazione intermittente o incoerente: il recettore ha compilato le schede in modo non continuativo senza dichiarare la sua astensione nei periodi mancanti oppure ha compilato solo alcune parti della scheda in modo non continuativo (ad esempio la presenza vigile è stata compilata solo per un periodo) | I moduli non vengono utilizzati per valutare gli esiti del monitoraggio sistematico. |
| | mancano le date nei moduli compilati | |
| Anomalie nella colonna della presenza vigile | non è stata compilata la presenza vigile, la colonna non presenta alcun segno. | I moduli non vengono considerati per il calcolo degli indicatori che richiedono la segnalazione della presenza vigile |
| | il recettore risulta sempre presente e vigile | |
| | Il disturbo viene indicato anche nella colonna della presenza vigile e viceversa | |
| Anomalie nella colonna della segnalazione del disturbo | tutte le ore di disturbo sono segnalate con la stessa intensità | I moduli vengono utilizzati per valutare gli esiti del monitoraggio sistematico salvo l'emergere di altre criticità. |
| | Le ore di disturbo coincidono con quelle di presenza vigile | |
| | Non ci sono ore di disturbo | |

Tabella 2: fattori di qualità da considerare nella valutazione della compilazione dei questionari dei recettori di controllo.

I moduli che hanno superato il test sulla qualità vengono analizzati utilizzando particolari indicatori. Di seguito si riportano alcune definizioni utilizzate per l'analisi dei dati.

Durata del monitoraggio: totale delle ore di monitoraggio dalla data di inizio alla data di fine;

Numero di recettori: numero di recettori di controllo che hanno partecipato al monitoraggio e che hanno consegnato moduli utilizzabili per la valutazione del disturbo;

Recettori assidui: recettori che hanno partecipato al monitoraggio per un numero di ore superiore alla metà del totale delle ore di monitoraggio;

Numero di recettori che hanno compilato la presenza vigile: numero di recettori di controllo che hanno consegnato moduli nei quali è stato compilato il campo della presenza vigile con un livello di qualità adeguato;

Ore di controllo: per ciascun recettore la somma delle ore di compilazione dei questionari, a partire dalla data di inizio del primo modulo fino alla data di fine dell'ultimo modulo compilato ad eccezione dei periodi nei quali il recettore dichiara di astenersi dalla compilazione;

Ore di presenza vigile: per ciascun recettore la somma delle ore nelle quali è stata segnalata la presenza vigile.

Ore di disturbo: per ciascun recettore somma delle ore nelle quali è stato segnalato il disturbo indipendentemente dal livello indicato.

Le informazioni che è possibile estrarre dai moduli compilati sono molte. Gli indicatori di base sono i seguenti:

Percentuale di disturbo sulle ore di controllo: per ciascun recettore rapporto percentuale tra ore di disturbo e ore di controllo;

Percentuale di disturbo su ore di presenza vigile: per ciascun recettore rapporto percentuale tra ore di disturbo e ore di presenza vigile

Giorno tipo del disturbo: per ciascun recettore o per gruppi omogenei di recettori, viene rappresentato su un grafico l'andamento del rapporto, ora per ora, tra la somma delle ore di disturbo e le ore di controllo.

Settimana tipo del disturbo: per ciascun recettore o per gruppi omogenei di recettori, viene rappresentato su un grafico l'andamento del rapporto, per giorno della settimana, tra la somma delle ore di disturbo e le ore di controllo.

Scheda per il diario di attività

Le schede compilate dai gestori degli impianti vengono riportate su foglio elettronico con riferimento all'ora solare.

I dati vengono analizzati al fine di trovare delle correlazioni con le segnalazioni. Risultano pertanto particolarmente utili le rappresentazioni della *settimana tipo dell'attività* ed il *giorno tipo delle attività* monitorate. Per ottenere queste rappresentazioni, per ciascun sottoprocesso, vengono sommate le ore in funzione rispettivamente del giorno della settimana e dell'ora del giorno.

Esempi di valutazione dei dati

Gli esiti del monitoraggio devono essere utilizzati per ottenere le informazioni relative alla quantificazione dell'impatto olfattivo, al confronto con stime preventive ed all'individuazione della sorgente per l'applicazione di eventuali misure di mitigazione.

Di seguito si riportano alcune modalità di analisi di dati:

Confronto con stime preventive

I dati ottenuti dal monitoraggio dei recettori di controllo devono essere elaborati al fine di ottenere un parametro analogo a quello utilizzato in sede di valutazione preventiva.

Se la stima preventiva è stata effettuata valutando l'impatto nell'arco di un anno, è opportuno verificare che la ore di monitoraggio siano sufficienti a rappresentare tale periodo. In tal caso risulta adeguato un monitoraggio che si è svolto in due tranches di tre mesi ciascuna in diversi periodi dell'anno.

L'indicatore da utilizzare è la percentuale di disturbo sulle ore di controllo. Per questo indicatore viene considerata una soglia pari al valore utilizzato in fase preventiva (tipicamente il 2%). Per effettuare la verifica del valore di concentrazione stimata di 1 OU/m³, si considera il numero di recettori con valori dell'indicatore superiore alla soglia rispetto al numero complessivo di recettori presenti all'interno dell'isolinea 1OU/m³. Se i recettori con valori sopra soglia sono inferiori alla metà dei recettori presenti nell'area sottesa all'isolinea considerata, l'impatto misurato si può ritenere congruente con l'impatto misurato.

Analogamente può essere condotta utilizzando la percentuale di disturbo sulle ore di presenza vigile o utilizzando i soli recettori assidui.

Incidenza delle attività delle sorgenti

Per questo tipo di valutazione vengono messi a confronto gli andamenti temporali (giorno tipo e settimana tipo) delle segnalazioni e delle attività. Il confronto può essere sia di tipo qualitativo riportando gli andamenti su uno stesso grafico che di tipo quantitativo valutando i coefficienti di correlazione.

Incidenza del meteo

La disponibilità di dati meteorologici acquisiti nel sito di indagine permette di correlare le caratteristiche meteo della zona alle segnalazioni. Oltre ad una valutazione puntuale effettuata su picchi di disturbi segnalati correlando la direzione del vento con l'attività della sorgente, è possibile sintetizzare le informazioni in una "rosa dei disturbi" per recettore ottenuta pesando la rosa dei venti con i disturbi segnalati dal recettore. Si ottiene un'indicazione della direzione di provenienza della sorgente.

Bibliografia

Bliss P. J., Jiang K., Schulz T. J., 1995. The Development of a Sampling System for Determining Odor Emission Rates from Areal Surfaces: Part II. Mathematical Model. *Journal of the Air & Waste Management Association* 45, 989-994.

Bockreis A., Steinberg I., 2005. Measurement of odour with focus on sampling techniques. *Waste Management* 25, 859-863.

Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., Céntola P., 2009. Design and validation of a wind tunnel system for odour sampling on liquid area sources. *Water Science and Technology* 59, 1611-1620.

Frechen F.B., Frey M., Wett M., Löser C., 2004. Aerodynamic performance of a low-speed wind tunnel. *Water Science and Technology* 50, 57-64.

Gostelow P., Longhurst P., Parsons S.A., Stuetz R.M., 2003. Sampling for Measurement of odours. Scientific and Technical Report No. 17, IWA Publishing, London, UK.

NTA 9055 "Air quality – Electronic air monitoring – Odour (nuisance) and safety", Novembre 2012

Gardner, J.W.; Bartlett, P.N. A brief history of electronic noses; 1994 *Sens. Actuators B* 18-19, 211-220

Gardner, J.W.; Bartlett, P.N. *Electronic Noses – Principles and Applications*; 1999 Oxford University Press; Oxford, UK

Brattoli M.; de Gennaro, G.; de Pinto, V.; Demarinis Liotile, A.; Lovascio, S.; Penza, M. Odour Detection Methods: Olfactometry and Chemical Sensors (review) 2011 *Sensors*, 11, 5290-5322

D.g.r. Lombardia n. IX/3018; Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno; 15 febbraio 2012

D.g.p. Trento n. 1087 del 24 giugno 2016 Linee guida per la caratterizzazione, l'analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività ad impatto odorigeno

Sozzi R. La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria. APAT, RTI CTN_ ACE XX/2003

Craig C. Odor dispersion fundamentals. *Atmospheric behavior*, June 2013, pp 26 – 29

Tyndall J, Colletti J, Mitigating swine odor with strategically designed shelterbelt systems: a review. *Agroforest Syst* (2007) 69:45–65

Hernandez-Ramirez G. Sauer J., Hatfield L., Pruger J. Quantifying atmospheric stability conditions at swine facility and an adjacent corn field in Iowa, USA. *Their Appl. Climatol* (2011) 105:495-503