

---

# EMISSIONI DA IMPIANTI INDUSTRIALI CHE UTILIZZANO BITUME NEL TERRITORIO PROVINCIALE DI TREVISO



## CONTROLLI ALLE EMISSIONI E MONITORAGGI DELLA QUALITA' DELL'ARIA

## **ARPAV**

### **Direttore Generale**

*Loris Tomiato*

### **Dipartimento Provinciale di Treviso**

*Davide De Dominicis*

### **Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente**

*Rodolfo Bassan*

### **Progetto e realizzazione**

#### **Unità Organizzativa Controlli Ambientali di Treviso**

*Davide De Dominicis, Piero Silvestri*

#### **Unità Organizzativa Monitoraggio Aria**

*Claudia Iuzzolino*

### **Con la collaborazione di:**

#### **Dipartimento Regionale Laboratori**

*Alessandro Benassi*

#### **Provincia di Treviso**

#### **Settore Ambiente e Pianificazione Territoriale**

*Simone Busoni, Franco Giacomini*

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

Luglio 2022

# Indice

|   |    |
|---|----|
| 1. Introduzione e scopo del documento   | 2  |
| 2. I bitumi e la loro composizione  | 3  |
| 2.1 I fumi di bitume  | 4  |
| 2.2 L'esposizione ai fumi di bitume   | 5  |
| 2.3 La caratterizzazione chimica delle emissioni odorigene                      | 6  |
| 3. Controllo delle emissioni industriali  | 8  |
| 3.1 Impianti di produzione di conglomerati bituminosi                           | 8  |
| 3.2 Impianti di produzione membrane bituminose                                  | 11 |
| 3.3 Metodi di campionamento e analisi   | 12 |
| 3.4 Elaborazione dei risultati  | 12 |
| 4. Monitoraggio degli inquinanti atmosferici in aria ambiente                   | 20 |
| 4.1 Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi                           | 20 |
| 4.2 Il ruolo del meteo sulle concentrazioni atmosferiche degli inquinanti       | 21 |
| 4.3 Diossine (PCDD), Furani (PCDF) e Policlorobifenili diossina-simili (PCB-DL) | 22 |
| 4.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA su PTS e PM10                         | 24 |
| 4.5 Composti Organici Volatili COV, Aldeidi, Fenolo                             | 26 |
| 4.6 Acido Solfidrico H <sub>2</sub> S   | 28 |
| 5. Conclusioni  | 30 |
| Bibliografia  | 32 |

# 1. Introduzione e scopo del documento

La problematica relativa alle emissioni odorigene da attività industriali risulta sempre molto difficile da trattare. Di frequente infatti in aree industriali vengono prodotte emissioni in aria di diverse sostanze organiche e inorganiche che possono causare odori sgradevoli e che sono sempre meno tollerati dall'opinione pubblica. Si assiste quindi sempre più spesso a contenziosi mossi da popolazioni residenti contro la presenza nel territorio di attività produttive o di impianti percepiti come potenziali fonti di molestie olfattive.

D'altro canto in materia di odori non esiste alcun limite normativo e la problematica è spesso di difficile trattazione con tecniche analitiche laddove i componenti responsabili della sensazione olfattiva siano sostanze in concentrazioni molto basse, difficili quindi da rilevare, e presenti per brevi intervalli temporali.

Benché le emissioni odorigene non siano necessariamente associabili a rischi di tipo tossicologico, i cattivi odori possono essere causa di indubbio e persistente fastidio per la popolazione. Il disturbo olfattivo è infatti un fenomeno particolarmente sentito dai cittadini che può interferire negativamente sullo stato di benessere.

L'attuale assenza di una normativa di regolamentazione delle emissioni odorigene e delle relative modalità di indagine e valutazione specifica, nonché il fatto che i limiti normativi alle emissioni non risultano correlati alla percezione olfattiva dei composti odorigeni, non permette di avere adeguati strumenti per affrontare la problematica in modo efficace, in attesa che sia data completa attuazione ai principi introdotti dall'art. 272-bis del D.Lgs. 152/2006.

L'obiettivo del presente documento è quello di sintetizzare l'attività svolta da ARPAV nel territorio provinciale di Treviso al fine di valutare l'impatto ambientale delle sorgenti emissive che trattano bitume nel proprio ciclo produttivo, mediante verifica della presenza di alcuni inquinanti atmosferici in aria ambiente. Si precisa che i controlli e i monitoraggi eseguiti, seppure nati da segnalazioni da parte di cittadini per la presenza di odore sgradevole di bitume, non costituiscono indagini di tipo olfattometrico, ma una verifica del rispetto dei limiti normativi (ambientali e a camino) e un tentativo di caratterizzazione chimica delle emissioni odorigene.

Si ritiene che l'esperienza maturata possa costituire un primo elemento per affrontare in modo consapevole futuri casi di molestie olfattive per odore di bitume che si potranno verificare.

## 2. I bitumi e la loro composizione

Prima di esporre i risultati dei monitoraggi eseguiti, può essere utile definire e descrivere brevemente in cosa consiste la sorgente emissiva causa delle lamentele dei cittadini, ovvero il bitume, e gli altri prodotti derivati o erroneamente ad esso assimilabili quali asfalto e catrame. Il principale motivo di confusione tra i termini "bitume", "asfalto" e "catrame" è dovuto al fatto che, fra i diversi Paesi, esistono differenze sostanziali nel significato attribuito allo stesso termine. Per esempio, il bitume da petrolio è chiamato "asphalt" negli USA, mentre in Europa "asfalto" è la miscela di bitume e inerti (conglomerato bituminoso) usata per la pavimentazione stradale.

Si trovano in letteratura diverse definizioni o descrizioni dei bitumi; tra esse quelle riportate dall'EINECS (European Inventory of Existing Commercial Substances), che sono utilizzate per la catalogazione ufficiale in Europa:

**BITUME:** combinazione molto complessa di composti organici ad alto peso molecolare, contenente una quantità relativamente elevata di idrocarburi con numero di atomi di carbonio prevalentemente superiori a C25, ed alti rapporti carbonio-idrogeno. Contiene piccole quantità di vari metalli, quali Nickel, Ferro o Vanadio. Si ottiene come residuo non volatile della distillazione del petrolio grezzo, o mediante separazione in forma di raffinato da olio residuo, in un processo di deasfaltazione.

La International Agency for Research on Cancer (IARC) ha suddiviso i bitumi in 6 classi (IARC 103, 2013):

Classe 1). Bitumi Straight-run o da distillazione. Questi bitumi, CAS n. 8052-42-4, sono normalmente prodotti dalla distillazione del petrolio grezzo seguita da una successiva distillazione sotto vuoto e/o da una precipitazione con solvente. Vengono utilizzati nelle pavimentazioni stradali sia per la produzione di conglomerato bituminoso a caldo (140°C -160°C), sia di conglomerato bituminoso tiepido (100°C -140°C). I Bitumi duri, sono una sottoclasse dei straight-run, con un grado di penetrazione inferiore (> 15- PEN), generalmente indicati con prefisso H (es. H80/90) e vengono utilizzati per produrre asfalto colato (200°C-220°C).

Classe 2). Bitumi Ossidati. Questi bitumi, CAS n. 64742-93-4, sono prodotti insufflando aria nel bitume in condizioni controllate di temperatura, un processo che riduce la suscettibilità termica e aumenta la resistenza allo stress. Un'ossidazione intensa produce un bitume completamente ossidato che viene utilizzato nelle coperture (roofing), mentre una blanda ossidazione produce un bitume che ha un utilizzo simile a quello della Classe 1.

Classe 3). Bitumi Cutback o flussati. Questi bitumi, CAS non disponibile, si ottengono dal flussaggio con solventi dei bitumi di Classe 1 e 2, residui rotti termicamente (cracking), distillati da petrolio o catrame, al fine di fluidificarli e renderli meno viscosi e più maneggevoli per l'utilizzo in applicazioni stradali.

Classe 4). Emulsioni bituminose. Le emulsioni, CAS non disponibile, si ottengono dalla dispersione di fine goccioline di bitume della Classe 1 (Straight-run) in acqua. Si possono usare anche bitumi di Classe 3 o 5. Le emulsioni bituminose possono essere anioniche, cationiche o non ioniche e ciò dipende dal surfactante usato. Vengono utilizzate nelle applicazioni stradali.

Classe 5). Bitumi modificati. Questi bitumi, CAS non disponibile, si ottengono aggiungendo apprezzabili quantità (3-15%) di speciali additivi, come polimeri, polverino di gomma, elastomeri, zolfo, acido polifosforico, utilizzati per modificare le loro proprietà. Vengono impiegati nelle applicazioni stradali (asfalti tecnici, drenanti)

Classe 6). Bitumi da cracking termici. Questi bitumi, CAS n. 92062-05-0, si ottengono estendendo la distillazione del residuo del petrolio ad alte temperature (440°C-500°C). Il residuo rotto termicamente e prodotto da questo processo è distillato sotto vuoto e ulteriormente trattato per creare un materiale duro usato nei bitumi miscelati (blended) per la produzione di membrane e applicazioni stradali.

In Italia vengono normalmente prodotti ed utilizzati i bitumi di Classe 1, 4, 5 e 6, mentre quelli di Classe 2 non vengono utilizzati né nelle coperture roofing, né nel settore stradale, ma solo per ricoprire la scocca delle autovetture come antirombo, mentre i bitumi di classe 3 non sono presenti in Italia (né prodotti, né utilizzati) (SITEB).

**ASFALTO:** questo termine si riferisce ad una miscela di bitume con materiali inerti. Quando gli aggregati presentano anche dimensioni più consistenti la miscela prende il nome di conglomerato bituminoso (hot asphalt mix per la terminologia americana).

**CATRAME:** materiale con aspetto simile al bitume ma del tutto diverso per origine e composizione. Si presenta a temperatura ambiente come un liquido, più o meno viscoso, di colore nero o scuro e si ottiene dalla distillazione distruttiva del carbon fossile o dei materiali carboniosi.

È importante sottolineare che il catrame, a differenza del bitume, viene classificato dall'Unione Europea come sostanza pericolosa con conseguente netta riduzione di utilizzo e produzione. Nel caso delle opere di asfaltature delle strade ad esempio il catrame in Italia non viene utilizzato.

Le caratteristiche dei bitumi provenienti dalla raffinazione del petrolio dipendono molto dal tipo di grezzo di partenza e dal processo di produzione utilizzato. Poiché il bitume viene commercializzato con valori di specifica che sono essenzialmente di tipo fisico e non chimico, la produzione viene indirizzata al raggiungimento di tali valori e ne deriva pertanto che i bitumi presentano composizione chimica molto variabile.

L'analisi chimica elementare evidenzia che il bitume risulta costituito essenzialmente da (CICAD 59):

- Carbonio - tra il 79-88% in peso,
- Idrogeno – tra il 7 – 13% in peso
- Zolfo 8% in peso,
- Ossigeno 8% in peso
- Azoto 3% in peso
- tracce di metalli quali Vanadio, Nickel ecc..

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA contenuti nel bitume sono molto ridotti rispetto a quelli contenuti nel petrolio grezzo in quanto i processi di distillazione sottovuoto alla temperatura di circa 400 °C, da cui principalmente si ottiene bitume, assicurano la rimozione della massima parte di composti a basso peso molecolare, compresi gli Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA contenenti da 3 a 7 anelli condensati.

## 2.1 I fumi di bitume

Normalmente il bitume è utilizzato a caldo e le temperature di riscaldamento variano secondo il tipo di applicazione. Il riscaldamento, specie se non adeguatamente controllato, può dare origine a processi di cracking delle complesse strutture chimiche costituenti il bitume con la possibile formazione di quantità maggiori di IPA o di altre sostanze normalmente non presenti nel bitume.

Vapori ed aerosol prodotti dal bitume a caldo sono i cosiddetti “fumi del bitume” e la temperatura è il parametro che più ne influenza il livello di emissione.

Il dossier CONCAWE “Bitumens and bitumen derivatives” (Dossier n. 92/104 attualmente in revisione) segnala che, a prescindere dal poter giungere ad una conclusione certa sulle concentrazioni relative dei singoli IPA alle diverse temperature, sono le quantità dei fumi prodotte alle diverse temperature che risultano essere l'elemento critico per l'esposizione dell'uomo, dato che a 250 °C la quantità di fumi emessa è circa otto volte superiore rispetto a quella che si produce a 160 °C.

La quasi totalità dei processi di lavorazione e posa in opera di prodotti bituminosi ed asfaltici avviene a temperature relativamente elevate (conglomerato bituminoso standard: 130°-150°C; asfalto colato: 200°-220°C; asfalto drenante: 150°-170°C), con rilascio di “fumi di bitume” che contengono vapori costituiti da IPA leggeri (da 2 a 4 anelli aromatici) e materiale particolato, su cui sono adsorbiti gli IPA più pesanti.

La composizione chimica dei fumi dei bitumi è pertanto variabile e dipende dal grezzo di partenza, dal processo di produzione e dal tipo di applicazione in conseguenza alla temperatura di utilizzo. I costituenti principali sono composti organici alifatici, lineari e ciclici, con minori quantità di composti aromatici e di composti contenenti eteroatomi (sia aromatici che alifatici).

In Italia per gli IPA il DLgs 152/2006 prevede un limite alle emissioni industriali riferito alla sommatoria dei seguenti 11 composti: Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)antracene, Dibenzo(ah)antracene, Indeno(123-cd)pirene, Benzo(j)fluorantene, Dibenzo(a,l)pirene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,i)pirene, Dibenzo(a,h)pirene.

Per quanto riguarda la qualità dell'aria ambiente il Decreto Legislativo n.155 del 13 agosto 2010, che recepisce la Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, riporta per il Benzo(a)pirene il valore obiettivo di 1,0 ng/m<sup>3</sup> come media annuale e indica gli altri IPA di

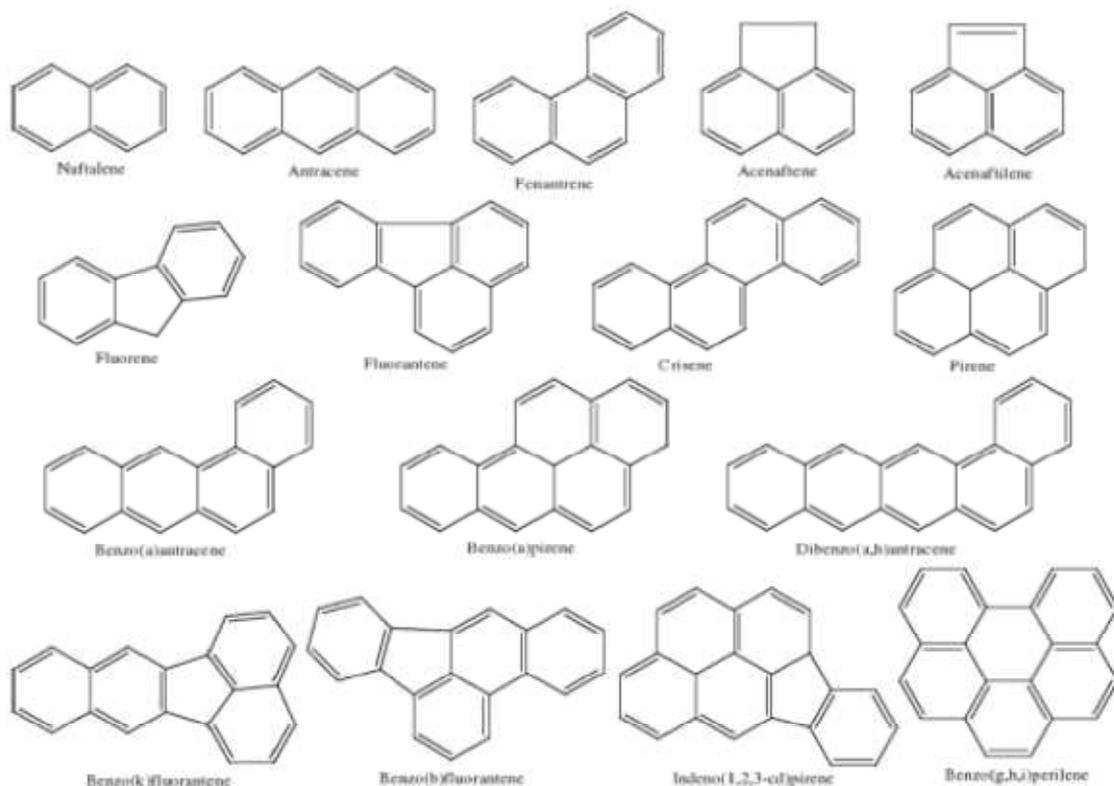
rilevanza tossicologica: Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)antracene, Benzo(ghi)perilene, Crisene, Dibenzo(ah)antracene, Indeno(123-cd)pirene.

## 2.2 L'esposizione ai fumi di bitume

Per quanto riguarda i rischi per la salute, rimandando per competenza all'ASL ogni valutazione in merito, si possono rinvenire in letteratura numerosi studi sui lavoratori esposti ai fumi di bitume prestando particolare attenzione agli IPA a cui è legata la possibile cancerogenicità dei bitumi.

Lo strumento di riferimento per la valutazione del rischio chimico, nel rispetto del D.Lgs 81/08 è rappresentato dalla scheda dati di sicurezza, così come ribadito dalle Linee Guida ECHA e dalla Commissione Consultiva Permanente per la Salute e Sicurezza sul Lavoro Comitato 9 – Sottogruppo "Agenti Chimici". La maggior parte delle schede di sicurezza relative alle materie prime (conglomerato bituminoso, emulsione bituminosa, bitume) riporta una classificazione di "preparato non pericoloso" in base al Regolamento CE 1272/2008 (CLP) ma poiché la produzione e la manipolazione avviene a temperatura elevata, un rischio potenziale è costituito dalla presenza di fumi caldi che possono presentare tracce di Acido Solfidrico H<sub>2</sub>S (gas tossico e infiammabile), che può accumularsi fino a raggiungere concentrazioni pericolose nei serbatoi di stoccaggio, e di IPA provenienti dal riscaldamento dei bitumi utilizzati.

Tra i numerosi componenti della miscela bituminosa l'EPA americana ha classificato 16 IPA come inquinanti prioritari (acenaftene, acenaftilene, antracene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, crisene, fenantrene, fluorantene, fluorene, indeno(1,2,3-c,d)pirene, naftalene e pirene (EPA, 2014).



La IARC, sulla base di evidenze epidemiologiche e di studi condotti in animali di laboratorio, ha classificato alcuni IPA come cancerogeni certi (Gruppo 1), probabili (Gruppo 2A) o possibili (Gruppo 2B) per l'uomo (IARC 92, 2010), e la UE classifica i seguenti 7 IPA come cancerogeni: Benzo(a)pirene, Benzo(a)antracene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(j)fluorantene, dibenzo(a,h)antracene e naftalene (Regolamento CLP, 2008); agli stessi 7 IPA viene assegnata la frase di pericolo H350 (può provocare il cancro) e al BaP è assegnata anche la frase H340 (può provocare alterazioni genetiche); al naftalene è assegnata la frase H351 (sospettato di provocare il cancro).

Tabella 1– Classificazione di cancerogenicità attribuita ad alcuni IPA secondo IARC e UE ed elementi di etichettatura CLP.

| IPA                     | N° CAS   | Classificazione IARC | Classificazione UE armonizzata | Etichettatura CLP (indicazioni di pericolo) |
|-------------------------|----------|----------------------|--------------------------------|---|
| Benzo[a]antracene       | 56-55-3  | 2B                   | Carc. 1B                       | H350  |
| Benzo[a]pirene          | 50-32-8  | 1                    | Carc. 1B                       | H350 – H340                                 |
| Benzo[b]fluorantene     | 205-99-2 | 2B                   | Carc. 1B                       | H350  |
| Benzo[k]fluorantene     | 207-08-9 | 2B                   | Carc. 1B                       | H350  |
| Benzo[j]fluorantene     | 205-82-3 | 2B                   | Carc. 1B                       | H350  |
| Crisene                 | 218-01-9 | 2B                   | Carc. 1B                       | H350  |
| Dibenzo[a,h]antracene   | 53-70-3  | 2A                   | Carc. 1B                       | H350  |
| Naftalene               | 91-20-3  | 2B                   | Carc. 2                        | H351  |
| Indeno[1,2,3-c,d]pirene | 193-39-5 | 2B                   | -                              | -   |
| Acenaftene              | 83-32-9  | 3                    | -                              | -   |
| Antracene               | 120-12-7 | 3                    | -                              | -   |
| Benzo[g,h,i]perilene    | 191-24-2 | 3                    | -                              | -   |
| Fenantrene              | 85-01-8  | 3                    | -                              | -   |
| Fluorantene             | 206-44-0 | 3                    | -                              | -   |
| Fluorene                | 86-73-7  | 3                    | -                              | -   |
| Pirene                  | 129-00-0 | 3                    | -                              | -   |

In Italia in merito alla potenza cancerogena degli IPA, l'Allegato A del DM 5/5/2015 sottolinea che per un approccio omogeneo alla valutazione della "qualità" o "tossicità" ambientale sembra necessario definire, in un prossimo futuro, indicatori e valori parametrici condivisi per effettuare le stime. Manca ancora un accordo sui valori della potenza cancerogena relativa degli IPA individuali, comparata con quella del BaP, poiché le ricerche sinora eseguite hanno prodotto risultati simili, ma non uguali.

Per valutare se l'esposizione ad una sostanza, come nella fattispecie i fumi di bitume, può avere influenza sulla salute dei lavoratori si è soliti seguire le indicazioni riportate dall'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) e in particolare vengono confrontate le concentrazioni rilevate nei campioni raccolti nell'ambiente di lavoro con un valore limite indicato genericamente come TLV-TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average).

I TLV-TWA costituiscono le "concentrazioni ambientali per le quali si ritiene che quasi tutti i lavoratori possono essere esposti giorno dopo giorno per tutta la vita lavorativa senza effetti dannosi". Va ricordato che tali limiti sono da intendersi relativi agli ambienti di lavoro riferiti a soggetti adulti, sani, che si considerano esposti a questi valori per 8 ore al giorno per una settimana lavorativa di 40 ore e per 5 giorni alla settimana per l'intera vita lavorativa.

Per quanto riguarda l'esposizione a breve termine, in assenza di un'indicazione precisa, un limite di riferimento può essere desunto dal valore relativo all'intero turno; la ACGIH raccomanda che la durata di picco di esposizione, fino a un livello pari a tre volte il valore numerico del limite su 8 ore, non deve eccedere i trenta minuti al giorno, mentre un livello di cinque volte il valore numerico del limite sulle 8 ore non dovrebbe mai essere superato nemmeno per periodi molto brevi. Il limite TLV-TWA indicato per i fumi di bitume è pari a 0,5 mg/m<sup>3</sup>, calcolato come parte solubile in benzene della frazione inalabile del particolato nell'aria.

## 2.3 La caratterizzazione chimica delle emissioni odorigene

La bassa soglia olfattiva di molti dei composti odorigeni emessi nei processi produttivi fa sì che l'immissione nell'ambiente esterno, anche se a bassa o bassissima concentrazione, venga avvertita dalla popolazione presente nelle aree circostanti suscitando allarmi e proteste.

Non è nota una relazione quantitativa che legghi la composizione chimica di un'aria osmogena con la sua concentrazione di odore; un'informazione utile, anche se parziale, è fornita dal calcolo degli Odour Activity Value (OAV) delle sostanze che costituiscono una miscela odorigena, ottenuto dal rapporto tra la concentrazione di ogni analita e la sua soglia di percezione olfattiva (Odour Threshold Concentration, OTC); la somma degli OAV di una miscela è proporzionale in prima approssimazione alla sua concentrazione di odore.

Nel presente documento i valori di soglia olfattiva considerati sono tratti da *Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method*. Yoshio Nagata (Japan Environmental Sanitation Center) in "Odor Measurement Review" – Office of Odor, Noise and Vibration Environmental Management Bureau Ministry of

*the Environment, Government of Japan, 2003* (a cui si rimanda per eventuali approfondimenti), soglie peraltro riprese anche dal documento ARPAV “Orientamento operativo per la valutazione dell’impatto odorigeno nelle istruttorie di Valutazione Impatto Ambientale e Assoggettabilità” di gennaio 2020. Altri confronti possono essere fatti riferendosi al documento: *Metodi di misura delle emissioni olfattive. Quadro normativo e campagne di misura – APAT Manuali e Linee Guida 19/2003*.

Come detto, la composizione chimica dei fumi dei bitumi è variabile e i costituenti principali sono composti organici alifatici, lineari e ciclici, con minori quantità di composti aromatici e di composti contenenti eteroatomi (sia aromatici che alifatici). Per quanto riguarda in particolare i composti odorigeni dei fumi di bitume il dossier CONCAWE “Odour management guidance for refineries” (Dossier n. 1/20) individua tra le potenziali sorgenti nella produzione di bitume la formazione e presenza di Acido Solfidrico, Aldeidi, acidi organici e Fenoli.

In Italia per questi composti il DLgs 152/2006 prevede dei limiti alle emissioni industriali che non risultano tuttavia correlati alla percezione olfattiva degli stessi inquinanti, mentre il DLgs 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa” non prevede alcun limite in aria ambiente. L’assenza di una normativa di regolamentazione delle emissioni odorigene e delle relative modalità di indagine e valutazione specifica non permette pertanto di disporre di adeguati strumenti per affrontare la problematica in modo efficace.

In questo contesto un’azione sinergica di controllo delle fonti di emissioni a camino e d’individuazione in aria ambiente di alcune sostanze, sia per rilevanza sia per odore, fornisce una caratterizzazione chimica dei fumi di bitume che, pur non essendo un’indagine di tipo olfattometrico, permette di fornire un quadro conoscitivo al decisore pubblico ed alla sanità per le eventuali valutazioni di competenza.

### 3. Controllo delle emissioni industriali

Per affrontare correttamente il problema delle emissioni odorigene e individuare le possibili soluzioni, è necessario innanzitutto individuare e caratterizzare l'emissione procedendo ad un'analisi chimica presso lo stabilimento allo scopo di valutare sia il rispetto dei limiti normativi che la presenza di eventuali composti chimici potenzialmente responsabili dell'emissione odorigena.

La Tabella 2 elenca i parametri ricercati durante i controlli analitici eseguiti alle emissioni da ARPAV – Dipartimento Provinciale di Treviso in alcuni impianti, indicati in tabella con le lettere da A a N, che trattano bitume nel proprio ciclo produttivo, analizzati con riferimento non esclusivo ai parametri presenti in autorizzazione.

Tabella 2 - parametri ricercati nelle emissioni a camino di impianti che trattano bitume nel territorio provinciale di Treviso

| Impianto                              | Anno | Polveri | Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn, Cd+Ti,Hg | COV (benzene) | COT | IPA | PCDD/PCDF | HCl | HF | H <sub>2</sub> S | CO | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | Aldeidi | Fenoli | Nebbie oleose | O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> |
|---------------------------------------|------|---------|--|---------------|-----|-----|-----------|-----|----|------------------|----|-----------------|-----------------|---------|--------|---------------|----------------------------------|
| Conglomerati bituminosi (A,B,C,D,E,F) | 2014 | X       | X                                      | X             | X   | X   | X         | X   |    |                  | X  | X               | X               |         |        |               | X                                |
|                                       | 2014 | X       | X                                      | X             | X   | X   | X         | X   |    |                  | X  | X               | X               | X       |        |               | X                                |
|                                       | 2019 | X       | X                                      | X             | X   | X   | X         | X   |    |                  | X  | X               | X               | X       |        |               | X                                |
|                                       | 2019 | X       |  |               | X   | X   | X         |     |    |                  |    |                 |                 |         |        |               |                                  |
|                                       | 2019 | X       | X                                      |               | X   | X   | X         | X   | X  |                  | X  | X               | X               |         |        |               | X                                |
|                                       | 2021 | X       |  | X             |     |     |           | X   | X  | X                | X  | X               | X               |         |        |               | X                                |
| Membrane bituminose (G,H,I,K,L,M,N)   | 2015 | X       |  | X             |     | X   |           |     |    |                  |    |                 |                 | X       |        | X             |                                  |
|                                       |      | X       |  | X             |     | X   |           |     |    |                  |    |                 |                 | X       |        | X             |                                  |
|                                       | 2016 | X       |  | X             |     | X   |           |     |    | X                |    |                 |                 | X       |        | X             |                                  |
|                                       |      |         |  | X             |     | X   |           |     |    | X                |    |                 |                 | X       |        |               |                                  |
|                                       | 2020 | X       |  | X             | X   | X   |           |     |    | X                |    |                 |                 | X       | X      | X             |                                  |
|                                       | 2021 | X       |  |               | X   | X   |           |     | X  |                  |    |                 |                 | X       | X      |               |                                  |
|                                       |      | X       |  |               |     | X   |           |     |    |                  | X  |                 |                 |         | X      |               | X                                |

Gli impianti controllati sono sostanzialmente riconducibili a due sole tipologie: impianti per la produzione di conglomerati bituminosi a caldo e impianti di produzione membrane bituminose ad uso edilizio. Come si vedrà nei successivi paragrafi, in relazione a tali attività le soluzioni impiantistiche utilizzate nella fase di abbattimento sono sostanzialmente differenti.

Di seguito si descrive brevemente il ciclo produttivo delle due diverse tipologie di impianti.

#### 3.1 Impianti di produzione di conglomerati bituminosi

La gran parte della lavorazione per la produzione dei conglomerati bituminosi viene effettuata tramite impianti a ciclo chiuso automatizzati e supervisionati da una sala controllo posta a ridosso dell'impianto stesso. Le unità produttive solitamente occupano superfici molto ampie per le necessità di effettuare lo stoccaggio degli inerti e di disporre di estesi spazi interni per la movimentazione e il carico delle materie prime, per lo scarico dei prodotti finiti, nonché per l'allocazione degli impianti di produzione e dei silos di stoccaggio.

I conglomerati bituminosi si distinguono in base alle modalità di preparazione in:

- 1) Conglomerati a caldo
- 2) Conglomerati a freddo
- 3) Conglomerati tiepidi (a bassa temperatura) detti "warm asphalt".

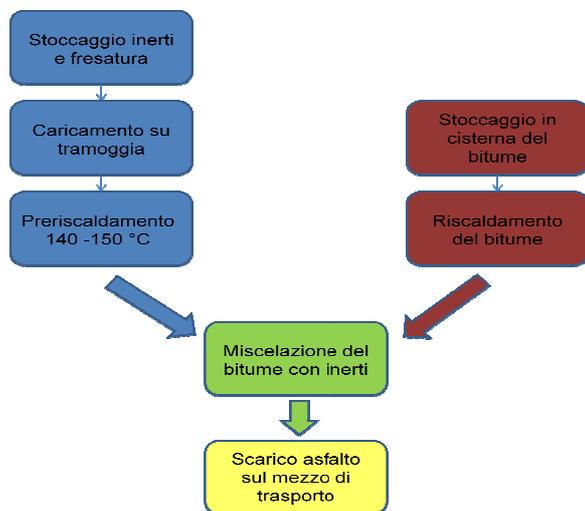
Per la preparazione del conglomerato secondo la modalità “a caldo”, che rappresenta il processo di produzione più utilizzato, si utilizza bitume di classe 1) o *straight-run* o da distillazione. Questo tipo di conglomerato è una miscela composta da aggregati lapidei (95%) impastati e rivestiti con bitume (5%), che contiene anche una percentuale di filler (materiale polverulento) indispensabile per formare la pellicola bituminosa che avvolge gli aggregati.

Il conglomerato bituminoso può essere costituito anche in parte dal fresato proveniente dalla demolizione selettiva delle vecchie pavimentazioni e asportato tramite fresa meccanica (interventi da 2-3 cm fino a 10-15 cm). La sua composizione è uguale a quella del conglomerato bituminoso d'origine (bitume ed inerti) e può essere riutilizzato a caldo e a freddo con percentuali variabili in funzione della macchina e della tipologia di prodotto finito. Nelle tecniche a freddo “in situ”, viene recuperato/riciclato fino al 100%, mentre nelle tecnologie a caldo l'impiego medio è solo del 25%.

Gli inerti e i fresati utilizzati nel ciclo di produzione, rispettivamente prodotti in loco o acquistati e stoccati in apposite aree interne all'impianto stesso, vengono trasportati a mezzo di pale meccaniche e caricati in apposite tramogge, che alimentano, con nastri trasportatori, un essiccatore ovvero un forno a tamburo costituito da un cilindro d'acciaio rotante che solleva il materiale e lo riscalda fino ad eliminare l'acqua in eccesso.

Dopo il preliminare trattamento di riscaldamento ed essiccamento nel quale raggiungono temperature di 140-150°C, i materiali passano, mediante un elevatore a caldo, nella parte più alta della torre di mescolamento. Qui gli aggregati caldi sono sottoposti ad un ulteriore vaglio di controllo e separazione delle pezzature. I materiali così ottenuti vengono poi stoccati in una serie di tramogge da cui, attraverso spillamenti successivi, vengono dosati i quantitativi per le singole pezzature di controllata granulometria, destinate alla miscelazione con il bitume.

Negli impianti a mescolamento discontinuo la dosatura degli inerti viene effettuata solitamente a peso e il dosatore è costituito da una tramoggia a bilico. In questi stessi impianti il conglomerato pronto viene scaricato sugli autocarri per il trasporto. Negli impianti a mescolamento continuo, pur potendo consentire anche il dosaggio a peso, vengono generalmente utilizzati sistemi di dosaggio degli aggregati a volume: la dosatura avviene mediante nastri trasportatori che prelevano il materiale in quantità proporzionale all'apertura di apposite saracinesche.



Il bitume, trasportato in stato semisolido da autocisterne, viene stoccato in serbatoi metallici posti in aree ben delimitate, riscaldato a 130-150°C e mantenuto a temperatura costante per omogeneizzarne la composizione. Tramite una pompa viene poi inviato e dosato nel mescolatore.

Il bitume e gli inerti pretrattati vengono infine miscelati in appositi mescolatori costituiti generalmente da vasche con il fondo apribile per lo scarico del materiale impastato. La miscelazione si ottiene per l'azione di alberi paralleli rotanti (30-80 giri/min) muniti di palette o braccia. I mescolatori consentono di ottenere, quale prodotto finito, l'asfalto. Quest'ultimo fuoriesce dalla zona di mescolamento mediante un apposito convogliatore, può essere trasportato alle tramogge di carico e quindi direttamente agli automezzi, oppure inviato ad un silos per lo stoccaggio provvisorio.

Il conglomerato bituminoso, per le caratteristiche del materiale, non può essere prodotto con largo anticipo e

l'attività dell'impianto pertanto è strettamente legata alle richieste dei cantieri. L'attività risulta quindi molto discontinua nell'arco dell'intera giornata, con periodi di produzione effettiva che la ditta stessa, spesso, non è in grado di prevedere.

L'emissione del forno a tamburo rotante e della fase di miscelazione sono aspirate ad una sottostazione filtrante a maniche che provvede alla depolverazione del flusso gassoso, con successiva emissione a camino.

#### L'autorizzazione alla realizzazione ed esercizio degli impianti

Le emissioni in atmosfera che caratterizzano uno stabilimento in cui si producono conglomerati bituminosi afferiscono sostanzialmente alle seguenti operazioni:

- lo stoccaggio del bitume ed inerti;
- le fasi di "essiccazione" e "mescolamento" con emissioni convogliate attraverso specifici punti di emissione;
- le fasi di "carico/scarico materiali" generalmente caratterizzate da emissioni di tipo diffuso ed altre fasi "accessorie al funzionamento dell'intero lay-out impiantistico" prive di un punto specifico di misurazione.

Per la realizzazione ed esercizio di questi impianti la normativa sulle emissioni in atmosfera individua (al paragrafo 12 della parte III dell'allegato I alla Parte Quinta del D.Lgs. 152/2006) specifici limiti di emissione:

- Polveri 20 mg/Nm<sup>3</sup> (dall'effluente gassoso proveniente dall'essiccatore a tamburo e dal miscelatore)
- Ossidi di zolfo 1.700 mg/Nm<sup>3</sup>

valori limite riferiti ad in tenore di ossigeno di riferimento nell'effluente gassoso anidro del 17 % v/v.

Se nella produzione di conglomerati bituminosi vengono utilizzati i rifiuti speciali non pericolosi costituiti da materiali di scarifica del manto stradale le attività di recupero degli stessi sono disciplinate dal D.M. 05/02/1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22" che individua, al punto 7.6 dell'allegato 1, Suballegato 1, le attività di recupero (R5), le caratteristiche dei prodotti/materie prime ottenuti ed i valori limite di emissione associati agli inquinanti individuati nel Suballegato 2.

Con l'emanazione del D.M. 28/03/2018, n. 69: "Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di conglomerato bituminoso ai sensi dell'art. 184-ter, comma 2 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152" il rifiuto che deriva da operazioni di fresatura a freddo delle pavimentazioni stradali può cessare la natura giuridica di rifiuto fermo restando l'applicazione dei valori limite di emissione individuati dal D.M. 05/02/1998<sup>1</sup>.

Nei provvedimenti adottati per le emissioni convogliate dai processi a caldo per la produzione di conglomerati bituminosi vengono stabiliti i seguenti valori limite di emissione:

##### Valori medi di 1 ora

|   |      |                    |
|---|------|--------------------|
| Cadmio + Tallio   | 0,05 | mg/Nm <sup>3</sup> |
| Mercurio  | 0,05 | mg/Nm <sup>3</sup> |
| Antimonio + Arsenico + Piombo + Cromo + Cobalto + Rame +<br>Manganese + Nichel + Vanadio + Stagno | 0,5  | mg/Nm <sup>3</sup> |
| Ossidi di azoto - NO <sub>x</sub> (come NO <sub>2</sub> )   | 400  | mg/Nm <sup>3</sup> |
| Silice cristallina  | 5    | mg/Nm <sup>3</sup> |

##### Valori medi su 30 minuti

|  |     |                    |
|--|-----|--------------------|
| Polveri totali                           | 20  | mg/Nm <sup>3</sup> |
| Composti organici (espressi come C.O.T.) | 50  | mg/Nm <sup>3</sup> |
| Cloruro di idrogeno - HCl                | 60  | mg/Nm <sup>3</sup> |
| Biossido di zolfo - SO <sub>2</sub>      | 200 | mg/Nm <sup>3</sup> |

##### Valori medi di 8 ore

|  |      |                    |
|--|------|--------------------|
| Idrocarburi Policiclici Aromatici - I.P.A.               | 0,01 | mg/Nm <sup>3</sup> |
| P.C.D.D. + P.C.D.F. (espressi come diossina equivalente) | 0,1  | ng/Nm <sup>3</sup> |

<sup>1</sup> Vedasi nota del Ministero dell'Ambiente del 05/10/2018.

Tenore di ossigeno di riferimento nell'effluente gassoso anidro: 17 % v/v.

In relazione agli Idrocarburi Policiclici Aromatici - I.P.A. si precisa che il limite è riferito alla sommatoria dei seguenti 11 composti:

- Benzo(a)antracene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(j)fluorantene
- Benzo(a)pirene
- Indeno(1,2,3-cd)pirene
- Dibenzo(a,h)antracene
- Dibenzo(a,l)pirene
- Dibenzo(a,e)pirene
- Dibenzo(a,i)pirene
- Dibenzo(a,h)pirene

Negli impianti esistenti soggetti ad interventi di modifica, vengono prescritti interventi per il contenimento delle emissioni di tipo diffuso volti a segregare le attrezzature/macchinari che originano le emissioni captando e rendendo misurabili gli inquinanti emessi e, se necessario, presidiando le emissioni con adeguati sistemi di abbattimento.

In ragione dell'entità delle emissioni attese o dell'ubicazione degli impianti viene talvolta richiesta, ai fini conoscitivi, la quantificazione del livello odorigeno associato alle emissioni convogliate integrato, all'occorrenza, con una valutazione delle ricadute al suolo degli odori.

### 3.2 Impianti di produzione membrane bituminose

Con il termine membrana bitume-polimero si definisce un prodotto utilizzato nell'edilizia per l'impermeabilizzazione costituito da più componenti di base i cui principali costituenti della miscela sono il bitume e polimeri accoppiati con l'armatura che vengono aggiunti per migliorare le proprietà fisiche e meccaniche e rendere il prodotto funzionale e pratico sia durante la posa in opera, sia nell'esercizio.

Il processo produttivo varia in funzione delle particolarità di membrane prodotte e generalmente si divide in una sezione che opera in discontinuo, durante la quale viene prodotto il compound bituminoso, e una sezione continua durante la quale viene prodotta e rifinita la membrana.

La sezione discontinua si compone di una serie di agitatori all'interno dei quali, partendo dai vari componenti, vengono prodotte le mescole che vengono successivamente utilizzate nella sezione continua per la produzione e la finitura delle varie tipologie delle membrane.

Le fasi più importanti della sezione continua risiedono nella vasca di impregnazione e nella zona di calandratura. Nella prima, l'armatura viene immersa nella miscela, trasportando una certa quantità di compound che formerà poi la massa impermeabilizzante della membrana, durante la fase di calandratura verrà ottenuto il prodotto dello spessore e peso voluto.

La membrana in uscita dalla calandratura viene raffreddata rapidamente per evitare le cinetiche che porterebbero alla separazione di fase; il sistema di raffreddamento si compone generalmente in un bagno di acqua in controcorrente rispetto alla direzione di scorrimento della membrana. Dopo il raffreddamento la membrana viene rapidamente asciugata mediante aria calda.

Una volta completa la membrana viene imballata con un sistema automatico e stoccata in un magazzino in attesa di essere caricata o spedita.

Il sistema di abbattimento maggiormente presente in tale tipologia produttiva è costituito da impianti di 'lavaggio' fumi con tecnologia a umido; solo in un caso risultano installati combustori a presidio dell'emissione.

#### L'autorizzazione alla realizzazione ed esercizio degli impianti

L'individuazione dei parametri e dei valori limite di emissione in generale dipendono dalle specificità del processo produttivo e dalle tecniche di abbattimento installate. I valori limite normalmente prescritti vengono di seguito riportati:

|  |   |
|--|---|
| Polveri                                    | 50 mg/Nm <sup>3</sup> con flusso di massa ≥ 0,5 kg/h  |
| Composti organici (espressi come C.O.T.)   | 50 mgC/Nm <sup>3</sup>                                |
| Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) | 0,1 mg/Nm <sup>3</sup> con flusso di massa ≥ 0,5 g/h. |

In alcuni casi può essere necessario integrare il set di inquinanti con la quantificazione delle nebbie oleose, dei composti solforati, delle Aldeidi e degli altri I.P.A. non ricompresi nella tabella sopra citata.

In particolare in presenza di nebbie oleose si chiede di determinare il materiale raccolto su membrana filtrante, campionato secondo la norma UNI EN 13284-1, dopo termostatazione del filtro a temperatura di 50°C, 105°C e infine a 160°C.

Gli interventi di mitigazione delle emissioni diffuse e di valutazione delle emissioni odorigene valgono le medesime considerazioni espresse per gli impianti di produzione conglomerato bituminoso.

### 3.3 Metodi di campionamento e analisi

In relazione alle emissioni convogliate in atmosfera degli impianti sopra descritti, ARPAV ha condotto negli anni numerosi controlli quasi sempre connessi alla presenza di lamentele più o meno ricorrenti riferite all'impatto odorigeno. Di seguito vengono elencati i parametri monitorati e i metodi di prelievo e analisi cui si è fatto riferimento:

- polveri: campionamento e determinazione secondo le indicazioni della norma UNI EN 13284-1;
- nebbie oleose: campionamento secondo le indicazioni del metodo UNI EN 13284-1 e analisi secondo le indicazioni del metodo ASTM D7066-04 per estrazione con clorotrifluoroetilene (S-316) e determinazione mediante FT-IR;
- nebbie oleose: campionamento secondo le indicazioni del metodo UNI EN 13284-1 e determinazione gravimetrica dopo condizionamento a diverse temperature;
- biossido di zolfo: campionamento e analisi secondo le indicazioni della norma UNI EN 14791;
- acidi cloridrico e fluoridrico: campionamento e analisi secondo le indicazioni del metodo riportato nel D.M. 25/08/2000 (in alternativa per il solo HCl è possibile eseguire la determinazione secondo le indicazioni della norma UNI EN 1911);
- gas di combustione: monitoraggio mediante analizzatore in continuo HORIBA PG-250:
  - o ossigeno: sensore paramagnetico – norma UNI EN 14789;
  - o ossidi di azoto: sensore a chemiluminescenza – norma UNI EN 14792;
  - o anidride carbonica: sensore NDIR;
  - o monossido di carbonio: sensore NDIR – norma UNI EN 15058;
- sostanze organiche volatili: campionamento e analisi secondo le indicazioni della norma UNI CEN/TS 13649;
- sostanze organiche espresse come carbonio organico totale (C.O.T.): campionamento e analisi secondo le indicazioni della norma UNI EN 12619;
- Aldeidi: campionamento secondo le indicazioni del metodo NIOSH 2018 e successiva analisi in HPLC (metodo EPA TO-11A);
- PCDD/PCDF, IPA: campionamento secondo le indicazioni della norma UNI EN 1948-1 e determinazione analitica rispettivamente secondo la norma UNI EN 1948-2,3 e ISO 11338;
- acido solfidrico: campionamento e analisi secondo le indicazioni del metodo UNICHIM 634;
- fenoli: campionamento e analisi secondo le indicazioni del metodo EPA TO-8;
- umidità: secondo le indicazioni della norma UNI EN 14790;
- portata: secondo le indicazioni della norma UNI EN ISO 16911-1.

Nel fissare i parametri oggetto di controllo si è sempre fatto riferimento in via prioritaria a quanto previsto dallo specifico provvedimento di autorizzazione vigente al momento dei prelievi, integrando tuttavia il set analitico con inquinanti che potessero concorrere alla problematica odorigina al fine di ampliare il quadro emissivo.

### 3.4 Elaborazione dei risultati

In considerazione di quanto riportato ai punti precedenti, sono stati ricercati numerosi parametri comprendenti alcuni composti odorigeni potenzialmente presenti nei fumi di bitume quali Aldeidi, fenoli, IPA e acido solfidrico al fine di confrontare le concentrazioni a camino sia con i limiti autorizzativi alle emissioni che, a titolo conoscitivo, con le rispettive soglie olfattive tratte da letteratura ove disponibili.

Gli esiti analitici sono di seguito analizzati per tipologia impiantistica dal momento che i limiti emissivi sono differenti in virtù della peculiarità dei processi che originano l'emissione. In particolare, pur essendo assimilabili per l'utilizzo in entrambi del bitume, è da sottolineare che l'emissione degli impianti di produzione del conglomerato bituminoso, previa depolverazione, convogliano principalmente in atmosfera i fumi di combustione derivanti dalla reazione ossidativa che assicura il necessario apporto termico al processo (in particolare al preliminare trattamento di riscaldamento ed essiccamento degli inerti) con conseguente fissazione di un tenore di ossigeno di riferimento pari al 17% v/v. Non altrettanto vale per gli impianti di produzione membrane dove l'emissione è invece da imputare al mantenimento in depressione delle zone di impregnazione, calandratura e raffreddamento in cui, per l'elevata temperatura della miscela, si generano fumi che è necessario inviare al sistema di abbattimento e, quindi, in atmosfera, e pertanto i limiti non sono riferiti ad un tenore di ossigeno di riferimento.

È da evidenziare che i dati riferiti ai campionamenti riassunti in Tabella 2 hanno rilevato un generale rispetto dei limiti alle emissioni imposte per entrambe le tipologie impiantistiche, salvo un singolo superamento per il parametro polveri riferibile ad un disservizio del sistema di depolverazione installato ed un singolo superamento del parametro COT.

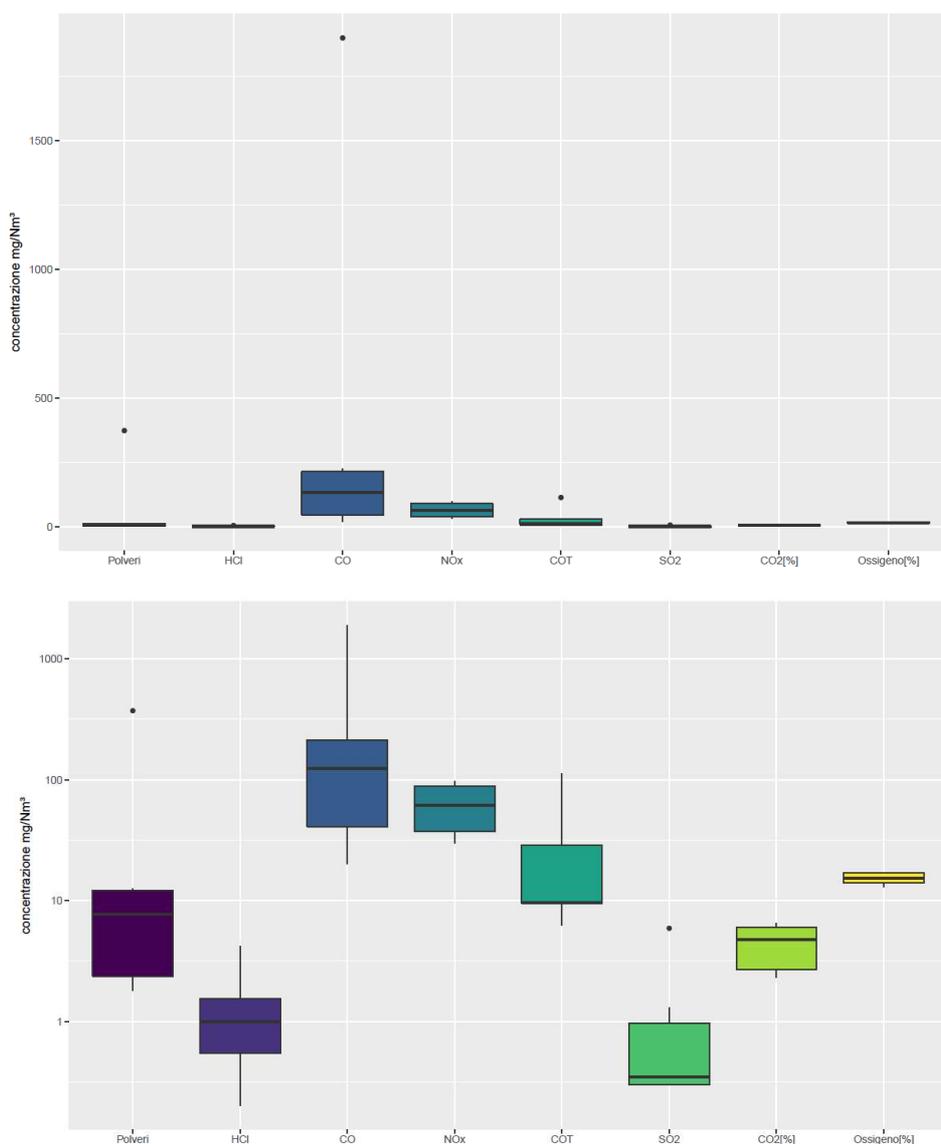


Figure 1a e 1b – concentrazioni dei principali parametri analitici ricercati nelle emissioni a camino di impianti di produzione conglomerato bituminoso – scala lineare (sopra) e logaritmica (sotto)

Le Figure 1 e 2 rappresentano gli esiti analitici per i principali parametri determinati nelle due diverse tipologie impiantistiche, conglomerati bituminosi e membrane bituminose, descritti in scala lineare e in scala logaritmica.

Si sottolinea che nella rappresentazione grafica, i valori dei parametri ricercati che sono stati determinati inferiori al limite di quantificazione del metodo nelle condizioni di campionamento, sono stati posti pari alla metà del limite stesso. In particolare, in relazione all'acido solfidrico  $H_2S$  da impianti di produzione membrane bituminose, si evidenzia che due soli valori di concentrazione sono risultati superiori al limite di quantificazione.

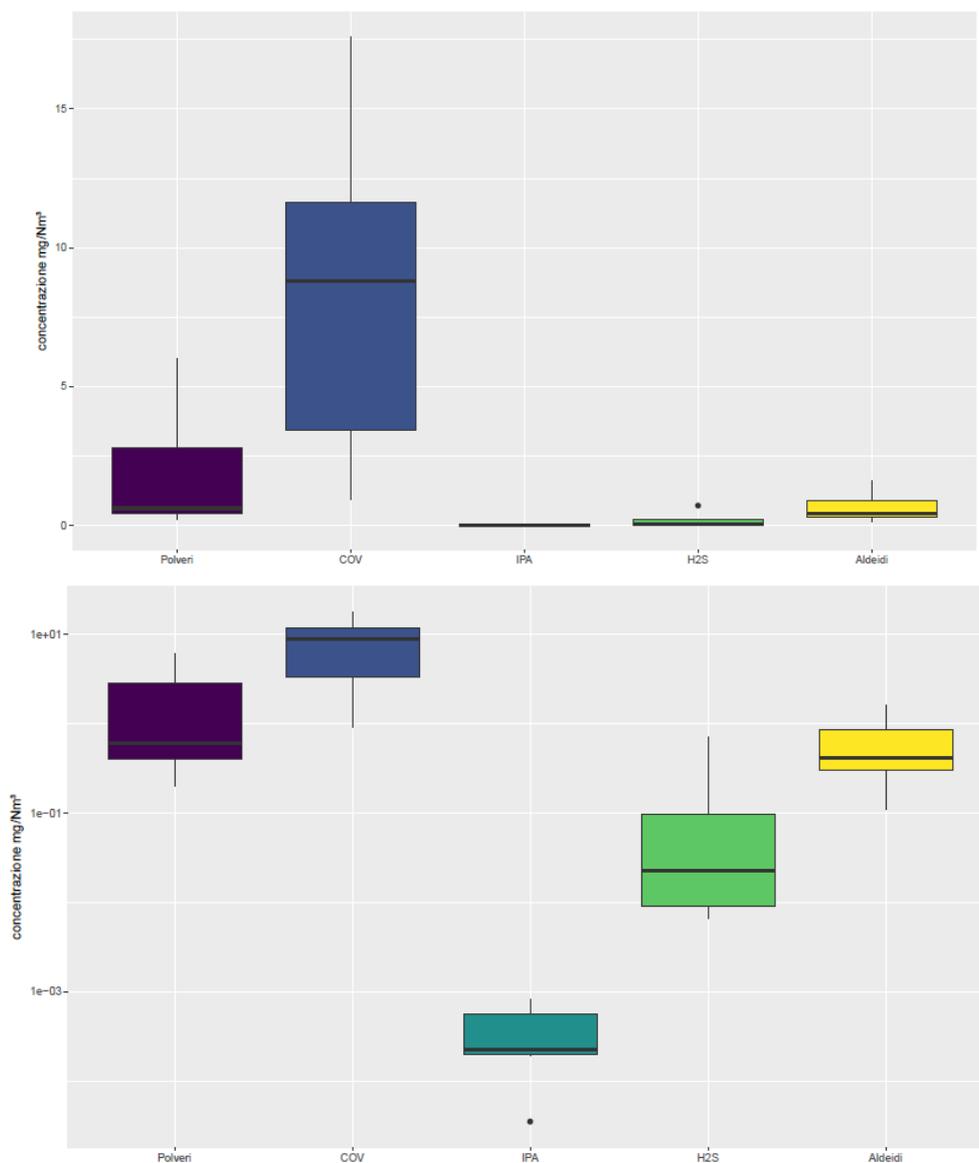


Figure 2a e 2b - concentrazioni dei principali parametri analitici ricercati nelle emissioni a camino di impianti di produzione membrane bituminose – scala lineare (sopra) e logaritmica (sotto)

### ➤ **Le nebbie oleose**

L'utilizzo di sistemi di abbattimento ad umido, tipica della produzione delle membrane bituminose, ha dato riscontro in diversi casi della significativa presenza in emissione di nebbie oleose, evidenziata visivamente fin dalla fase del campionamento dal più o meno considerevole sporco delle sonde di prelievo.

Queste nebbie oleose, costituite da un insieme di micro particelle d'olio o di emulsione oleosa in sospensione nell'aria, si rilevano tipicamente nel settore dell'industria meccanica e metalmeccanica, dove lavorazioni quali tornitura, fresatura, molatura, rettificazione, trafilatura, foratura, ecc., dei materiali metallici ne sono la fonte primaria per fenomeni di evaporazione e atomizzazione degli oli lubro-refrigeranti utilizzati.

A differenza dei fumi che sono composti da aerosol con particelle solide provenienti dalla combustione incompleta di sostanze carboniose o dalla condensazione di sostanze gassose, le nebbie si possono quindi definire quali aerosol di particelle liquide di dimensioni inferiori a 1  $\mu m$  disperse nell'aria, generate da processi di evaporazione e condensazione, di atomizzazione, di nebulizzazione, ecc.

Pur trattandosi di un inquinante ben noto nel campo dell'igiene del lavoro che trova peraltro specifico richiamo anche nella normativa tecnica relativa agli impianti di abbattimento, nello specifico costituita dalla UNI 11304-1/2:2008 *Impianti di abbattimento polveri, nebbie oleose, aerosol e composti organici volatili (VOC) - Requisiti minimi prestazionali e di progettazione*, il parametro nebbie d'olio non trova alcun richiamo normativo in Allegato I alla parte V del D.Lgs. 152/2006. La norma pertanto non prevede per le emissioni convogliate il parametro Nebbie oleose e conseguentemente non ne specifica alcun valore limite, mentre in ambito igiene del lavoro si fa riferimento al valore del TLV italiano pari a 5 mg/m<sup>3</sup> o al più restrittivo TLV-TWA indicato da ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) pari a 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

Analogamente non risultano sviluppati specifici metodi analitici per la determinazione delle nebbie oleose nelle emissioni in atmosfera da sorgente fissa. In tale ambito, se per la parte di campionamento è ovvio riferirsi alla UNI EN 13284-1 data la presenza di particelle liquide per le quali si ravvisa la necessità di effettuare il campionamento su idonea membrana filtrante in condizioni di isocinetismo, meno scontata è la definizione della successiva determinazione analitica. Nelle verifiche effettuate da questo Dipartimento, in accordo con il Dipartimento Regionale Laboratorio, si è fatto riferimento a quanto indicato dal metodo ASTM D7066-04 che utilizza per l'estrazione un dimero/trimero del clorotrifluoroetilene (S-316) seguita dalla determinazione mediante spettrofotometria di assorbimento all'infrarosso (FT-IR). Nelle indagini degli ambienti di lavoro si trova sovente il riferimento al metodo NIOSH 5026 che dopo prelievo su filtro prevede invece l'estrazione con tetracloruro di carbonio e determinazione analitica ancora in spettrofotometria IR.

Nell'esperienza sul campo si è altresì proposto, quantomeno a scopo conoscitivo, di procedere alla semplice determinazione gravimetrica prevista dalla UNI EN 13284-1 a temperature crescenti di condizionamento dei filtri campionati (50, 105 e 160°C) al fine di quantificare le frazioni che volatilizzano nel portare le membrane alla temperatura prevista dalla norma. Con tale procedimento, accolto in alcuni provvedimenti di autorizzazione rilasciati dalla Provincia di Treviso, sono stati ottenuti i risultati riepilogati nella successiva Tabella 3. Le prove in doppio effettuate non sembrano dare risultati confrontabili rispetto al metodo ASTM D7066-04.

Tabella 3 –Concentrazioni complessive degli inquinanti depositati sul filtro termostato a temperature crescenti espresse in mg/Nm<sup>3</sup>

| Impianto membrane bituminose | G    | H    | I    | L   | N   |
|------------------------------|------|------|------|-----|-----|
| a 50 °C                      | 23,4 | 44,5 | 11,3 | 3,0 | 6,4 |
| a 105 °C                     | 17,6 | 20,0 | 5,4  | 1,6 | 3,9 |
| a 160 °C                     | 2,8  | 6,0  | 0,4  | 0,6 | 0,2 |

#### ➤ **Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA**

I grafici che seguono visualizzano gli esiti analitici per gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) a camino su tutti gli impianti considerati. In questo caso nella rappresentazione grafica, data la scarsa uniformità del set di dati connessa alle varianti analitiche di volta in volta adottate, si sono posti pari a zero i valori dei parametri ricercati che sono stati determinati inferiori al limite di quantificazione del metodo nelle condizioni di campionamento.

La Figura 3 visualizza le concentrazioni degli 11 Idrocarburi Policiclici Aromatici che rientrano nella sommatoria di tabella A1 Allegato 1 Parte V D.Lgs. 152/2006 ricercati su tutti gli impianti.

Appare evidente che, indipendentemente dalla tipologia impiantistica, i composti rilevati più diffusamente e in maggiore concentrazione sono sostanzialmente costituiti da Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene e Benzo(a)pirene. Al contrario praticamente sempre al di sotto del limite di quantificazione sono risultati i composti di cui al riquadro rosso in figura.

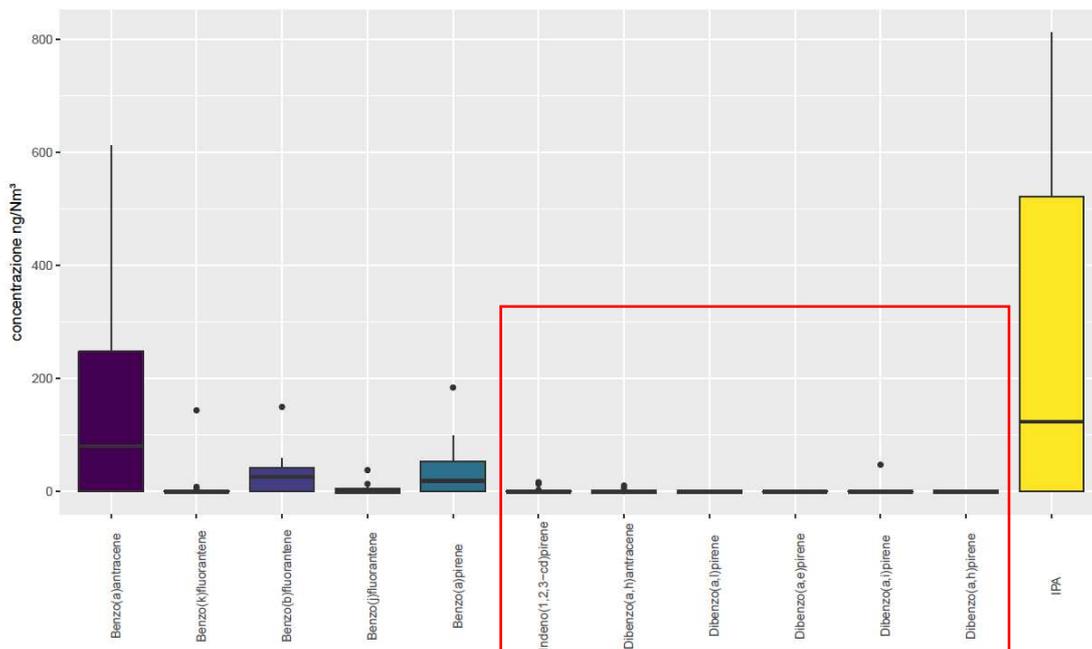


Figura 3 – Concentrazioni degli 11 Idrocarburi Policiclici Aromatici che rientrano nella sommatoria (tabella A1 – DLgs 152/2006) su tutti gli impianti.

In riferimento alla problematica degli odori, oltre agli 11 composti che rientrano nella sommatoria per la quale è fissato il valore limite di emissione, in molti casi si è effettuata anche la quantificazione di altri composti IPA che potrebbero concorrere alla molestia olfattiva.

La Figura 4 visualizza le concentrazioni di suddetti composti sui diversi impianti considerati, sottolineando che sono stati ricercati su tutti gli impianti di produzione membrane e su un solo impianto di produzione di conglomerato bituminoso. Si evidenzia che la scala delle concentrazioni di Figura 4 è diversa da quella di Figura 3, risultando per i composti non normati concentrazioni generalmente più elevate.

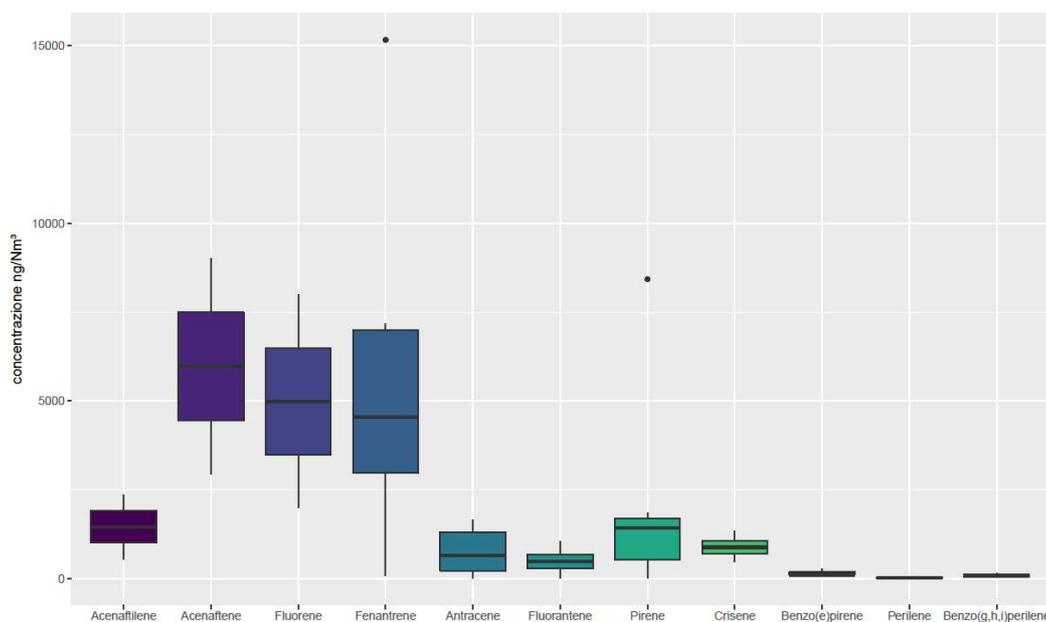


Figura 4 – Concentrazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici leggeri che rientrano nella sommatoria su tutti gli impianti

Negli anni, per problematiche di ordine analitico, non è più stata possibile la quantificazione dei composti più leggeri (Acenafilene, Acenaftene e Fluorene), che sono stati quantificati solo in due impianti.

Escludendo Acenafilene, Acenaftene e Fluorene, dagli esiti analitici il composto di maggiore presenza sembra essere il Fenantrene e in seconda battuta il Pirene. Per il Fenantrene, unico tra gli IPA, risulta disponibile da letteratura un valore di soglia olfattiva, pari a 57.500 ng/m<sup>3</sup>. Il confronto delle concentrazioni

rilevate con tale valore è visualizzato in Figura 5; la concentrazione più elevata riscontrata a camino per il Fenantrene è risultata dell'ordine del 25% della soglia olfattiva.

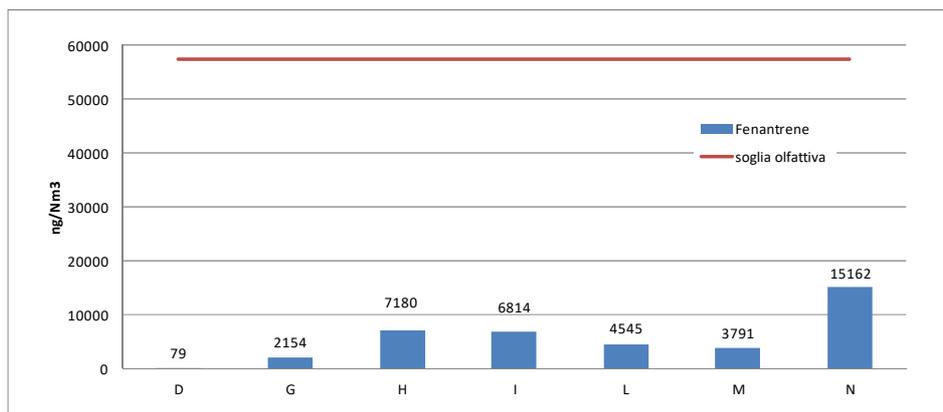


Figura 5 - Concentrazioni di Fenantrene determinate alle emissioni di impianti di conglomerati bituminosi (D) e membrane bituminose (dalla G alla N)

### ➤ **Composti organici volatili espressi come Carbonio organico totale**

Il parametro Composti organici volatili COV espressi come Carbonio organico totale COT è in linea teorica determinabile sia mediante campionamento su fiale di carbone attivo, successiva determinazione analitica per via GC ed espressione del risultato come concentrazione di Carbonio totale secondo le indicazioni della norma UNI CEN/TS 13649, sia mediante misura diretta con analizzatori portatili FID in accordo alla norma UNI EN 12619.

In relazione alla disponibilità strumentale, nelle determinazioni effettuate si è cercato di operare con entrambi i metodi in modo da poter disporre anche della quantificazione gascromatografica dei singoli composti; in generale tuttavia la complessità della matrice organica presente in emissione, nonché le condizioni fluidodinamiche a camino per gli impianti di produzione del conglomerato, comportano una evidente sottostima nel valore di concentrazione calcolato con il metodo UNI CEN/TS 13649. Il confronto tra le concentrazioni rilevate è visualizzato in Figura 6.

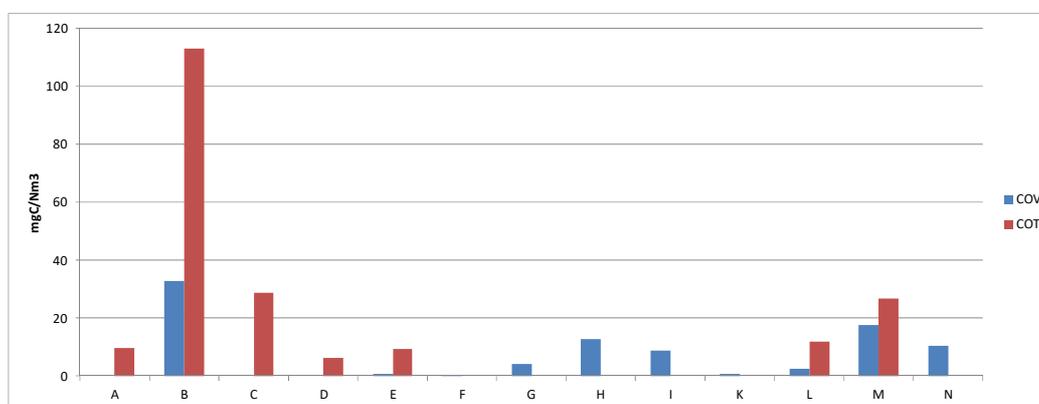


Figura 6 - Concentrazioni di COV e COT determinati alle emissioni di impianti di conglomerati bituminosi (dalla A alla F) e membrane bituminose (dalla G alla N)

### ➤ **Diossine PCDD e Furani PCDF**

In relazione alla peculiarità del processo produttivo e, conseguentemente, ai valori limite di emissione imposti, la determinazione delle concentrazioni a camino di diossine e furani espressi in termini di tossicità equivalente (I-TE) è stata circoscritta agli impianti di produzione del conglomerato bituminoso.

I dati analitici riassunti nella successiva Figura 7, danno evidenza di un ampio rispetto del limite pari 0,1 ng/Nm<sup>3</sup> per tutti gli impianti oggetto di controllo con concentrazioni che anche nel caso peggiore risultano inferiori di oltre un ordine di grandezza.

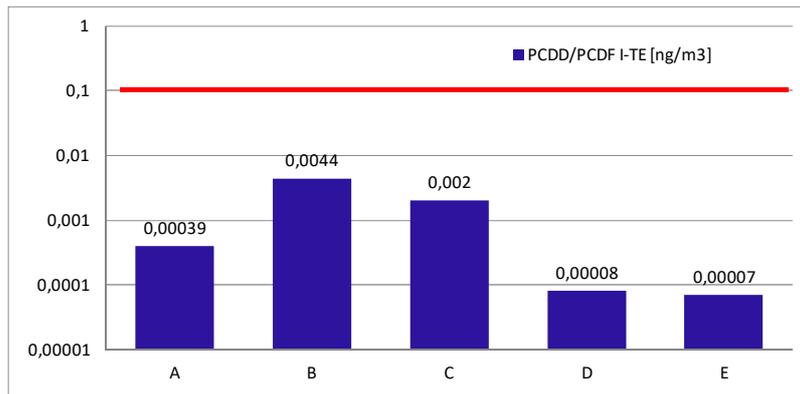


Figura 7 - Concentrazioni di PCDD/PCDF I-TE determinati alle emissioni di impianti di produzione conglomerato bituminoso (in rosso il valore limite di 0,1 ng/Nm<sup>3</sup>)

### ➤ Aldeidi

In Figura 8 sono rappresentate le concentrazioni di Aldeidi rilevate a camino nei diversi impianti; in relazione ai dati visualizzati, si evidenzia che solo gli impianti B e D sono relativi ad unità di produzione conglomerato bituminoso, mentre tutti gli altri sono punti di emissione relativi a impianti di produzione membrane. Anche per le Aldeidi, data la scarsa uniformità del set di dati connessa alle varianti analitiche di volta in volta adottate, i valori dei parametri ricercati che sono stati determinati inferiori al limite di quantificazione del metodo nelle condizioni di campionamento, sono stati posti in Figura 8 pari a zero.

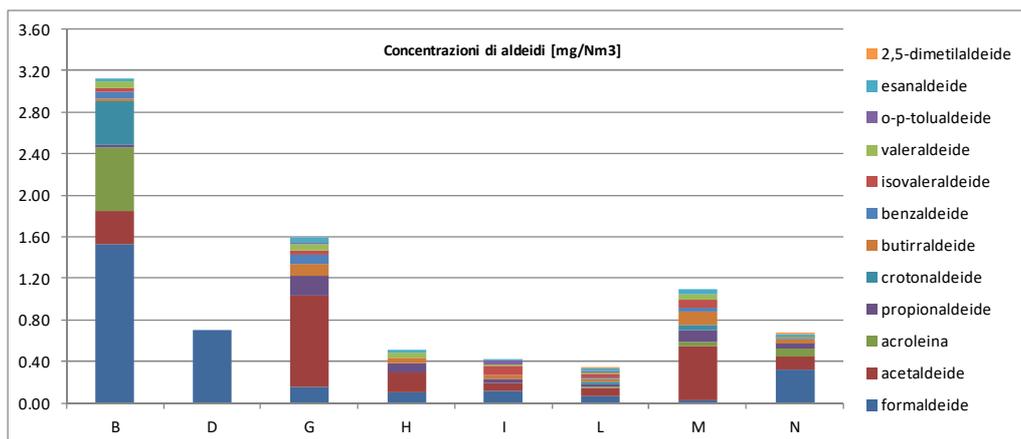


Figura 8 - Concentrazioni di Aldeidi determinate alle emissioni di impianti di conglomerati bituminosi (B e D) e membrane bituminose (dalla G alla N)

In relazione alle emissioni di Aldeidi i valori assoluti di concentrazioni risultano contenuti. La distribuzione dei diversi composti quantificati rileva una prevalenza dei composti a catena più corta: in particolare la somma dei valori di formaldeide, acetaldeide e propionaldeide ammontano ad un quantitativo che oscilla tra il 50 e il 75% del totale.

La Figura 9 riporta il fattore di superamento della soglia olfattiva determinato per le singole Aldeidi. La figura evidenzia chiaramente che in relazione al possibile impatto odorigeno dell'emissione appaiono particolarmente critiche le concentrazioni rilevate di acetaldeide e di isovaleraldeide, che hanno dato spesso riscontro di valori di due ordini di grandezza superiori alla soglia olfattiva, ed in seconda battuta le concentrazioni di propionaldeide e valeraldeide.

È del tutto evidente che le concentrazioni realmente presenti presso i recettori sono di molto inferiori rispetto a quelle riscontrate a camino, in rapporto alla capacità di dispersione atmosferica del momento.

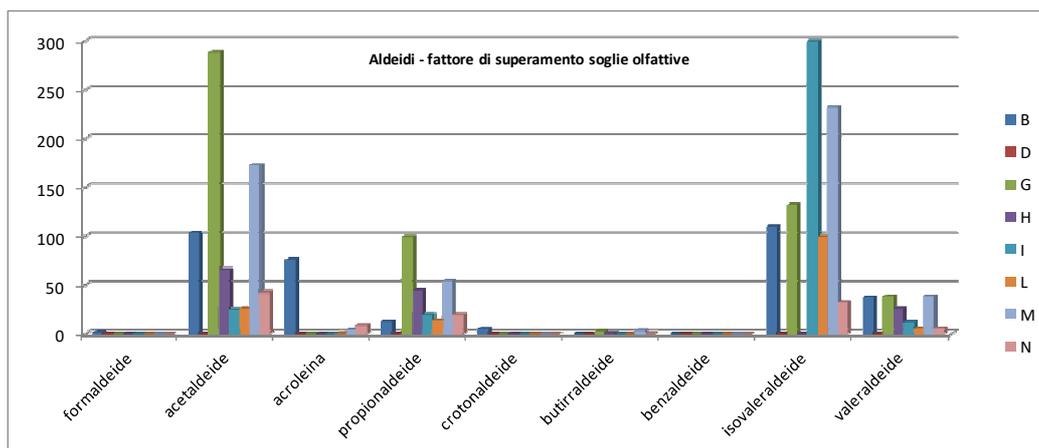


Figura 9 – Superamento delle soglie olfattive per le Aldeidi determinate alle emissioni di impianti di conglomerati bituminosi (B e D) e membrane bituminose (dalla G alla N)

### ➤ **H<sub>2</sub>S e Fenolo**

Sempre allo scopo di acquisire maggiori informazioni possibili relativamente alla problematica delle molestie olfattive, pur se in parte non previsti dai provvedimenti autorizzativi rilasciati, sono stati talora ricercati l'Acido Solfidrico e il Fenolo in quanto composti potenzialmente associabili all'uso del bitume, che potrebbero concorrere alla sensazione odorigena.

Pur non avendo eseguito i campionamenti in modo sistematico nell'ambito dei controlli condotti in impianto, gli esiti analitici tendono ad escludere la presenza significativa in emissione di fenolo, sempre risultato al di sotto del limite di quantificazione associato al metodo utilizzato. Nonostante la possibile presenza di H<sub>2</sub>S collegata all'utilizzo del bitume, le verifiche effettuate portano inoltre a ritenere generalmente modesta anche la concentrazione di tale inquinante.

Per tale ultimo parametro infatti, solamente in un impianto di produzione membrane bituminose sui cinque monitorati in totale (si veda Tabella 2) è stata determinata una concentrazione apprezzabile pari a 0,7 mg/Nm<sup>3</sup>, risultando nei restanti casi prossima (0,1 mg/Nm<sup>3</sup>) o inferiori al limite di quantificazione.

Quanto sopra non permette comunque di escludere un contributo alla problematica odorigena connessa all'utilizzo del bitume, considerata la soglia olfattiva estremamente bassa dell'acido solfidrico (0,00041 ppm, pari a 0,00057 mg/Nm<sup>3</sup>), di molto inferiore ai limiti di quantificazione dati dal metodo analitico.

## 4. Monitoraggio degli inquinanti atmosferici in aria ambiente

I monitoraggi eseguiti in aria ambiente in prossimità di impianti industriali con utilizzo di bitume come materia prima, oltre ai parametri classici di qualità dell'aria, sono stati mirati anche alla determinazione di inquinanti potenzialmente prodotti nei processi produttivi compatibilmente con la disponibilità della strumentazione analitica e di campionamento. Sono stati ricercati in particolare PCDD/DF, PCB-DL, IPA, COV e composti potenzialmente odoriferi quali Aldeidi, Fenolo ed Acido Solfidrico.

In assenza di norme specifiche relative a limiti olfattometrici, il monitoraggio in aria ambiente di questi particolari inquinanti è stato effettuato per tentare di caratterizzare il fenomeno odorifero in correlazione con i controlli delle sorgenti emissive, per le quali si ribadisce sussistono dei limiti normativi cogenti tuttavia non correlati alle relative soglie olfattive. I risultati analitici ottenuti, in taluni casi limitati e parziali a causa di oggettive difficoltà tecniche di rilevamento e quantificazione, non potendo essere confrontati con dei limiti di legge per la qualità dell'aria, hanno carattere informativo e si è scelto di utilizzare come riferimento il documento "WHO Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, 2000" o i limiti indicati per gli ambienti di lavoro ed in particolare i TLV-TWA.

La Tabella 4 elenca per il periodo 2019-2021 le campagne di monitoraggio in aria ambiente eseguite da ARPAV nel territorio provinciale di Treviso in seguito ad esposti di cittadini per la presenza di odore di bitume proveniente da attività produttive locali. Nella tabella vengono inoltre riportati i parametri inquinanti ricercati e la relativa frequenza di campionamento.

Le relazioni tecniche di valutazioni dei dati di ciascuna campagna di monitoraggio sono pubblicate nel sito dell'Agenzia all'indirizzo <https://www.arpa.veneto.it/arpav/chi-e-arpav/file-e-allegati/dap-treviso/aria/dap-treviso-campagne-di-monitoraggio-qualita>

Tabella 4 – Campagne di monitoraggio in aria ambiente eseguite in prossimità di impianti che trattano bitume nel territorio provinciale di Treviso – 2019/2021

| Comune         | Periodo   | Parametri monitorati  | Frequenza di campionamento |
|----------------|---|---|----------------------------|
| Spresiano      | 2019<br>(10/4-23/5)(5/10-20/11)                 | COV, Aldeidi, Fenolo, H <sub>2</sub> S, PCDD/DF-PCB-DL                          | settimanale                |
|                |   | PM10, IPA su PM10   | giornaliera                |
| San Fior       | 2019 – 2020<br>(19/12/19-12/2/20)(14/8-30/9/20) | COV, Aldeidi  | settimanale                |
|                |   | PM10, IPA su PM10, PM2,5  | giornaliera                |
|                |   | CO, SO <sub>2</sub> , NO/NO <sub>2</sub> /NOx, O <sub>3</sub>                   | oraria                     |
| Carbonera      | 2019<br>(16/10 – 5/11)                          | COV, Aldeidi, Fenolo  | settimanale                |
| Vedelago       | 2019<br>(20/8 – 12/11)                          | COV, Aldeidi, Fenolo, H <sub>2</sub> S, PCDD/DF-PCB-DL                          | settimanale                |
|                |   | PM10, IPA su PM10   | giornaliera                |
| Paese          | 2020 - 2021<br>(14/11/20-4/1/21) (15/6–5/8/21)  | COV, Aldeidi, Fenolo  | settimanale                |
|                |   | PM10, IPA su PM10, PM2,5  | giornaliera                |
|                |   | H <sub>2</sub> S, CO, SO <sub>2</sub> , NO/NO <sub>2</sub> /NOx, O <sub>3</sub> | oraria                     |
| Ponte di Piave | 2020<br>(22/5-1/7)(2/10-9/11)                   | COV, Aldeidi  | settimanale                |
|                |   | PM10, IPA su PM10, PM2,5  | giornaliera                |
|                |   | CO, SO <sub>2</sub> , NO/NO <sub>2</sub> /NOx, O <sub>3</sub>                   | oraria                     |
| Salgareda      | 2021<br>(20/2/21-17/5/21)                       | COV, Aldeidi, Fenolo, H <sub>2</sub> S, PCDD/DF-PCB-DL                          | settimanale                |
|                |   | PM10, IPA su PM10, PM2,5  | giornaliera                |
|                |   | H <sub>2</sub> S, CO, SO <sub>2</sub> , NO/NO <sub>2</sub> /NOx, O <sub>3</sub> | oraria                     |

In linea generale va considerato che l'effetto diretto delle sorgenti emissive locali che si manifesta limitatamente a un'area più o meno estesa a seconda dei singoli casi considerati, si somma all'inquinamento di fondo, omogeneamente distribuito ed associabile all'insieme delle sorgenti emissive caratteristiche di un ampio territorio. Pertanto, al fine di meglio determinare l'effetto emissivo delle sorgenti locali, le concentrazioni degli inquinanti determinati durante ciascuna campagna di monitoraggio sono state comparate con quelle rilevate presso le stazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPAV in modo da poter avere un effettivo riferimento dell'inquinamento di fondo.

### 4.1 Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Durante le campagne di monitoraggio in aria ambiente sono state utilizzate diverse tipologie di strumentazione in dotazione ad ARPAV per il campionamento e l'analisi.

Generalmente sono state utilizzate stazioni rilocabili all'interno delle quali sono presenti analizzatori e campionatori per la determinazione degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente inerente l'inquinamento atmosferico e più precisamente: monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NOX), Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), polveri inalabili PM10, polveri respirabili PM2.5 e Benzene.

Le determinazioni analitiche degli idrocarburi policiclici aromatici (benzo(a)pirene e altri IPA) sul PM10 sono state effettuate al termine del ciclo di campionamento sui filtri in quarzo mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) "metodo UNI EN 15549:2008".

In alcuni casi è stato effettuato il campionamento di diossine PCDD furani PCDF, policlorobifenili PCB-DL e idrocarburi policiclici aromatici IPA su polveri totali sospese PTS tramite campionatore ad "alto volume". Il monitoraggio è stato eseguito impostando un flusso di aspirazione del campionatore pari a 225 l/min per la durata di circa una settimana conformemente a quanto indicato dal metodo US-EPA TO13A e TO9. Tale scelta è stata effettuata con la finalità di ottimizzare le modalità di campionamento in funzione dei limiti analitici, considerato che allo stato attuale non esistono riferimenti tecnici uniformi e/o raccomandati dalla normativa per la qualità dell'aria per tali parametri. Le analisi degli inquinanti sono state eseguite sul particolato atmosferico campionato su filtri in fibra di quarzo e sulla frazione volatile adsorbita su schiuma poliuretanica PUF posizionata a valle del filtro. Per le analisi si è fatto riferimento al metodo US-EPA 1613B:1994 per la determinazione di diossine e furani, al metodo 1668C:2010 per PCB diossina simili e al metodo ISO 11338:2:2003 per la determinazione degli IPA.

In molte campagne è stato eseguito il campionamento dei Composti Organici Volatili COV, Aldeidi, Fenolo e Acido Solfidrico H<sub>2</sub>S tramite utilizzo di campionatori passivi. Il "campionamento passivo" è una tecnica di monitoraggio così definita poiché la cattura dell'inquinante avviene per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore e non richiede quindi l'impiego di un dispositivo per l'aspirazione dell'aria. Tale sistema di monitoraggio consente di quantificare, contemporaneamente ed in più punti del territorio oggetto di studio, le concentrazioni di alcune sostanze presenti in aria. Il campionamento è mediato su un periodo di durata settimanale. Si ricorda che il campionamento passivo non è considerato dalla vigente normativa tra i metodi ufficiali di riferimento per la valutazione della qualità dell'aria e pertanto i dati rilevati hanno valore indicativo.

L'analisi di COV è stata effettuata tramite desorbimento chimico e gascromatografia capillare, l'analisi di H<sub>2</sub>S per via spettrofotometrica, mentre l'analisi delle Aldeidi e del Fenolo è stata effettuata mediante cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC).

Per convenzione le concentrazioni ambientali dei vari congeneri di PCDD/DF e PCB-DL sono state riferite alle condizioni di campionamento "ambientali o tal quali" cioè senza alcuna normalizzazione rispetto a specifici standard di temperatura e pressione; e ancora, sempre per convenzione, i valori inferiori al limite di quantificazione sono stati assunti sempre uguali a zero.

Per i restanti parametri determinati si è assunto che la rappresentazione dei valori inferiori al limite di quantificazione segue una distribuzione statistica di tipo gaussiano normale, in cui la metà del limite di quantificazione rappresenta il valore più probabile. Si è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di quantificazione, differente a seconda dello strumento impiegato e della metodologia adottata.

Nei paragrafi seguenti vengono descritti nel dettaglio i risultati dei monitoraggi eseguiti con particolare riferimento agli inquinanti la cui presenza in aria può essere in qualche modo collegata alla sorgente emissiva o che comunque rivestono un particolare interesse scientifico. Per la valutazione dei restanti parametri monitorati durante le campagne si rimanda alle relative relazioni tecniche pubblicate sul sito dell'Agenzia.

## 4.2 Il ruolo del meteo sulle concentrazioni atmosferiche degli inquinanti

In via generale si ricorda che la stabilità atmosferica regola fortemente le caratteristiche diffusive e quindi la capacità di disperdere più o meno rapidamente gli inquinanti che vengono immessi nell'atmosfera; a parità di quantità di inquinanti emessi (emissioni), le concentrazioni osservate (immissioni) possono essere molto diverse nei vari periodi dell'anno.

La diffusione verticale degli inquinanti risulta essere fortemente influenzata da fenomeni di stratificazione termica dell'atmosfera e dallo sviluppo di moti convettivi che possono interessare lo strato di atmosfera adiacente al suolo per uno spessore che va mediamente da alcune decine ad alcune migliaia di metri. I moti convettivi che operano il trasporto verticale dell'inquinante tendono a diffonderlo in modo uniforme in tutto lo strato in cui sono attivi, da cui il nome di strato di rimescolamento (Hmix).

L'altezza di rimescolamento mostra variazioni nelle 24 ore (ciclo giorno-notte) e stagionali (stagione calda-fredda). Tale altezza agisce come una sorta di parete naturale mobile di un contenitore; in corrispondenza di basse altezze dello strato di rimescolamento, ovvero durante la sera e nelle stagioni fredde il "coperchio" del contenitore si abbassa e gli inquinanti hanno così a disposizione un volume più piccolo per la dispersione favorendo un aumento della loro concentrazione.

#### 4.3 Diossine (PCDD), Furani (PCDF) e Policlorobifenili diossina-simili (PCB-DL)

Diossine (PCDD), Furani (PCDF) e Policlorobifenili diossina-simili (PCB-DL) sono dei microinquinanti che di norma non vengono monitorati dalle centraline fisse e dalle stazioni rilocabili ma sono determinati in caso di eventi accidentali, specialmente durante incendi in attività produttive, o nell'ambito di specifiche campagne di monitoraggio finalizzate a determinare l'impatto di sorgenti puntuali su una determinata area. Per loro natura queste misurazioni sono effettuate secondo tempi e modalità molto diverse rendendo difficile la comparazione dei dati provenienti da diversi campionamenti.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità non ha proposto una linea guida per le diossine in aria ambiente poiché l'inalazione diretta di questi composti costituisce una piccola parte dell'esposizione totale, con contributi generalmente minori del 5% della dose giornaliera introdotta con cibo. Poiché tuttavia la presenza in aria ambiente di PCDD/F e PCB-DL costituisce una via indiretta importante di esposizione per l'essere umano, a causa del bioaccumulo di tali composti nella catena trofica, è importante avere un'informazione anche indicativa dei livelli di questi inquinanti in aria ambiente, oltre al controllo costante delle maggiori sorgenti emissive.

Pur non essendo noti riferimenti bibliografici che attestino la presenza di questo tipo di inquinanti nei fumi di bitume, si è ritenuto opportuno effettuare dei campionamenti durante alcune campagne di monitoraggio di aria ambiente nel territorio provinciale di Treviso.

Si ricorda che con il termine generico di 'diossine' viene indicato un gruppo di 210 composti chimici aromatici policlorurati che si possono classificare in due famiglie: dibenzo-p-diossine (PCDD) e dibenzo-p-furani (PCDF). Esistono 75 congeneri di diossine e 135 di furani dei quali solo 17 (7 PCDD e 10 PCDF rispettivamente) risultano particolarmente rilevanti dal punto di vista tossicologico-ambientale. La tossicità dei vari congeneri di "diossine" dipende dal numero e dalla posizione degli atomi di cloro sugli anelli aromatici. La 2,3,7,8-tetraclorodibenzodiossina (TCDD) è il congenere maggiormente tossico riconosciuto possibile cancerogeno per l'uomo.

Generalmente le diossine non vengono rilevate come singoli composti, ma piuttosto come miscele complesse dei diversi congeneri a differente grado di tossicità. Con l'obiettivo di esprimere e comparare la tossicità dei vari congeneri, è stato introdotto il concetto di fattore di tossicità equivalente (TEF). I TEF forniscono un grado di tossicità dei singoli congeneri rispetto a quello della 2,3,7,8-TCDD che viene preso come valore unitario di riferimento.

Per esprimere la concentrazione complessiva di diossine si è, quindi, introdotto il concetto di tossicità equivalente (TEQ) che si ottiene sommando i prodotti tra i valori TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni (C) secondo la seguente formula:

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

Per i TEF sono stati proposti due schemi di classificazione: il primo, sviluppato in ambito NATO nel 1989, è utilizzato principalmente per misurare i livelli di concentrazione delle diossine nelle diverse matrici ambientali (acqua, aria, suolo) in relazione agli standard di qualità stabiliti da norme e regolamenti (sistema I-TE, International Toxicity Equivalent); il secondo, sviluppato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), è utilizzato per valutare il grado di tossicità di questi composti in relazione agli effetti sulla salute umana (sistema WHO-TE aggiornato al 2005) e comprende anche alcuni policlorobifenili diossina-simili (PCB-DL).

Per quanto riguarda la regolamentazione europea dei livelli di PCDD/F in aria ambiente non sono al momento stati stabiliti né a livello europeo, né a livello nazionale o regionale valori limite o soglie di riferimento. Dal punto di vista dei riferimenti tecnici-normativi esiste solo un orientamento della Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (Di Domenico, 1988) che prevede per l'ambiente atmosferico esterno una concentrazione (I-TEQ) pari a 40 fg/m<sup>3</sup>, mentre per l'OMS una presenza in aria di 300 fg/m<sup>3</sup> è da considerare come un possibile indice di sorgenti locali di emissione che devono essere opportunamente identificate e controllate.

I PCB-DL sono composti organici clorurati di sintesi con struttura derivata dal bifenile. Dal punto di vista

chimico-fisico sono composti estremamente stabili, sostanzialmente non infiammabili, dalle ottime proprietà dielettriche, scarsamente solubili in acqua e poco volatili; risultano, invece, particolarmente solubili nei solventi organici, negli oli e nei grassi. Per tali caratteristiche i PCB nel passato sono stati estensivamente impiegati nel settore elettrotecnico in qualità di isolanti (condensatori e trasformatori), come lubrificanti negli impianti di condizionamento, nella preparazione delle vernici e come additivi di sigillanti nell'edilizia. La resistenza all'azione di agenti chimici e biologici, nonché il loro uso indiscriminato nel recente passato, hanno reso i PCB pressoché ubiquitari.

Come già detto il monitoraggio è stato eseguito utilizzando strumentazione portatile ad "alto volume" impostando un flusso di aspirazione del campionatore pari a 225 l/min per la durata di circa una settimana. Al fine di disporre di un dato differenziale, ciascun campionamento nel sito indagato è stato affiancato da un contemporaneo campionamento presso la centralina di riferimento della qualità dell'aria sita a Treviso in via Lancieri di Novara non influenzata dalla presenza delle sorgenti industriali oggetto di valutazione.

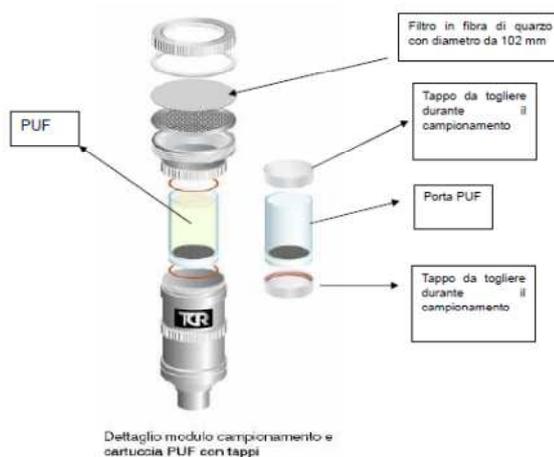


Figura 10 – Campionatori ad alto volume per la determinazione di PCDD, PCDF e PCB-DL e dettaglio della testa di campionamento

Le campagne di campionamento pianificate sono state distribuite in periodi diversi dell'anno per permettere di indagare i livelli di PCDD, PCDF e PCB-DL nel corso di diverse stagioni e in condizioni meteorologiche differenti. Contrariamente a PCDD e PCDF, i PCB tendono ad mostrare livelli massimi durante i mesi caldi e concentrazioni minime nel periodo invernale. La tendenza di questi composti a mostrare variazioni di concentrazione nell'anno, per quanto contenute, non è di immediata comprensione, dato che non dovrebbe sussistere per essi una significativa componente emissiva primaria, essendo composti banditi dal mercato. Tuttavia la variazione stagionale dei PCB con picchi massimi in estate è documentata in letteratura. Le fonti attribuiscono l'aumento dei PCB in aria durante i mesi più caldi ad una maggiore volatilizzazione di questi composti dal suolo, dovuta essenzialmente all'aumento delle temperature.

Nella seguente Tabella 5 vengono riassunti e messi a confronto i valori delle sommatorie riferiti ai due schemi ponderali I-TEQ 1989 e WHO-TEQ 2005 per PCDD/F e PCB-DL rilevati presso alcuni siti indagati e presso la stazione fissa di Treviso. Nel caso dello schema I-TEQ vengono considerati 17 congeneri (solamente diossine e furani) mentre nel caso dello schema WHO-TEQ la valutazione si riferisce a 29 congeneri perché oltre a diossine e furani comprende anche alcuni PCB-DL. Si ricorda che i valori di concentrazione inferiori al limite di quantificazione LQ sono stati assunti, per convenzione, pari a zero.

Tabella 5 – Sommatoria I-TEQ e WHO-TEQ relative al monitoraggio eseguito in prossimità dei siti indagati in cui sono presenti attività che trattano bitume e per confronto presso la stazione fissa di Treviso. Confronto tra concentrazioni rilevate nel periodo caldo e nel periodo freddo dell'anno. Campioni medi settimanali.

|   | Spresiano<br>via Croda Granda |                   | Treviso<br>via Lancieri di<br>Novara |                   | Spresiano<br>via Croda Granda  |                   | Treviso<br>via Lancieri di<br>Novara |                   |      |
|---|-------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|--|-------------------|--------------------------------------|-------------------|------|
|   | Congeneri<br>>LQ              | fg/m <sup>3</sup> | Congeneri<br>>LQ                     | fg/m <sup>3</sup> | Congeneri<br>>LQ   | fg/m <sup>3</sup> | Congeneri<br>>LQ                     | fg/m <sup>3</sup> |      |
| I-TEQ 1989  | 6                             | 0,4               | 4                                    | 0,5               | I-TEQ 1989   | 16                | 10,7                                 | 16                | 9,2  |
| WHO-TEQ 2005  | 16                            | 2,3               | 15                                   | 2,5               | WHO-TEQ<br>2005  | 27                | 11,7                                 | 27                | 10,4 |
| Sommatorie I-TEQ e WHO-TEQ relative al monitoraggio presso i siti di Spresiano e Treviso – campagna periodo caldo |                               |                   |                                      |                   | Sommatorie I-TEQ e WHO-TEQ relative al monitoraggio presso i siti di Spresiano e Treviso – campagna periodo freddo |                   |                                      |                   |      |

|                 | Vedelago<br>Rotonda di<br>Albaredo |                   | Treviso<br>via Lancieri di<br>Novara |                   |                 | Vedelago<br>Rotonda di<br>Albaredo |                   | Treviso<br>via Lancieri di<br>Novara |                   |
|-----------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|
|                 | Congeneri<br>>LQ                   | fg/m <sup>3</sup> | Congeneri<br>>LQ                     | fg/m <sup>3</sup> |                 | Congeneri<br>>LQ                   | fg/m <sup>3</sup> | Congeneri<br>>LQ                     | fg/m <sup>3</sup> |
| I-TEQ 1989      | 7                                  | 1,8               | 9                                    | 1,4               | I-TEQ 1989      | 14                                 | 7,3               | 16                                   | 9,2               |
| WHO-TEQ<br>2005 | 18                                 | 3,1               | 20                                   | 3,4               | WHO-TEQ<br>2005 | 25                                 | 8,1               | 27                                   | 10,4              |

Sommatorie I-TEQ e WHO-TEQ relative al monitoraggio presso i siti di Vedelago e Treviso – campagna periodo caldo

Sommatorie I-TEQ e WHO-TEQ relative al monitoraggio presso i siti di Vedelago e Treviso – campagna periodo freddo

Nel complesso i monitoraggi eseguiti non hanno dato evidenza di criticità e le concentrazioni nei siti indagati sono risultate confrontabili con quelle rilevate nei medesimi periodi presso la centralina fissa di Treviso via Lancieri di Novara.

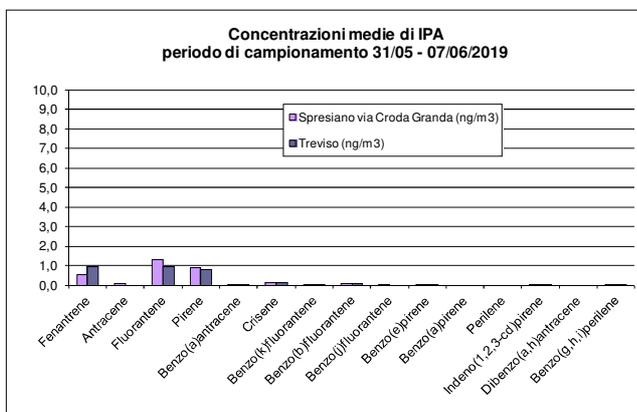
#### 4.4 Idrocarburi Policiclici Aromatici IPA su PTS e PM10

Nella maggior parte dei casi gli IPA sono presenti nell'aria come miscele di composizione talvolta molto complessa e sono molto spesso associati alle polveri sospese. In questo caso la dimensione delle particelle del particolato aerodisperso rappresenta il parametro principale che condiziona l'ingresso e la deposizione nell'apparato respiratorio e quindi la relativa tossicità. Presenti nell'aerosol urbano sono generalmente associati alle particelle con diametro aerodinamico minore di 2 micron. Poiché è stato evidenziato che la relazione tra Benzo(a)Pirene e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di B(a)P viene spesso utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali. Poiché gli IPA sono potenzialmente presenti nei fumi di bitume si è ritenuto opportuno effettuare dei campionamenti in prossimità degli impianti industriali effettuando opportuni confronti differenziali con un sito non coinvolto direttamente dall'attività ed in particolare è stata utilizzato come sito di riferimento la centralina di monitoraggio della qualità dell'aria di Treviso in via Lancieri di Novara.

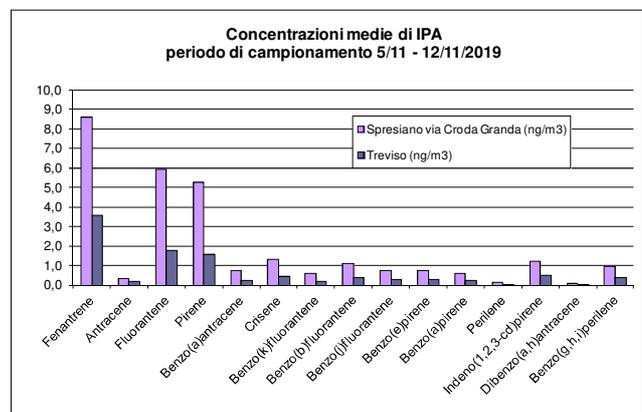
La determinazione è stata effettuata sulla parte depositata sulle polveri totali PTS e sulla frazione volatile adsorbita su schiuma poliuretana PUF utilizzando strumentazione ad "alto volume" impostando un flusso di 225 l/min per una settimana di campionamento.

Gli IPA sono stati determinati sui medesimi campioni su cui sono state analizzati PCDD, PCDF e PCB-DL, e in particolare sono state quantificate le concentrazioni di Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(j)fluorantene, Benzo(e)pirene, Benzo(a)pirene, Perilene, Indeno(1,2,3-cd)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene.

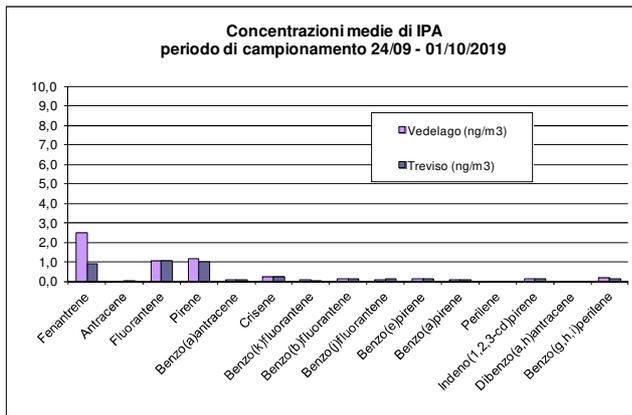
In Figura 11 vengono messe a confronto le concentrazioni medie settimanali di IPA determinati sui campioni eseguiti rispettivamente durante il monitoraggio nel periodo caldo e in quello freddo presso alcuni siti indagati e per confronto nei medesimi periodi presso la stazione fissa di Treviso di via Lancieri di Novara. Presso i siti di Spresiano e Vedelago si osservano maggiori concentrazioni di IPA rispetto al sito di fondo di Treviso, in particolare durante il periodo freddo del monitoraggio, con particolare riferimento agli IPA Fenantrene, Fluorantene e Pirene. Si ricorda che per tali composti la normativa nazionale non prevede dei limiti in aria ambiente.



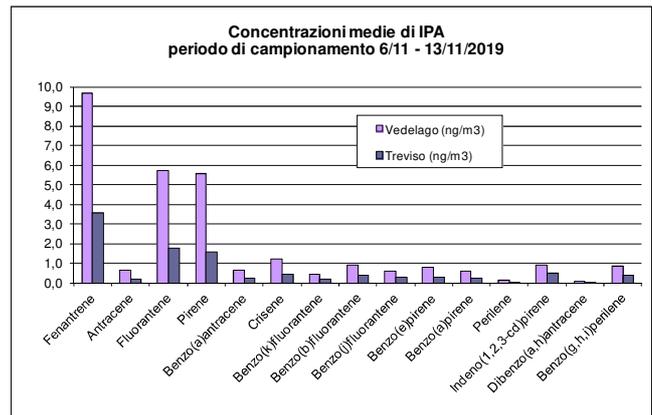
Concentrazione media settimanale di IPA rilevati a Spresiano – campagna periodo caldo



Concentrazione media settimanale di IPA rilevati a Spresiano – campagna periodo freddo



Concentrazione media settimanale di IPA rilevati a Vedelago – campagna periodo caldo



Concentrazione media settimanale di IPA rilevati a Vedelago – campagna periodo freddo

Figura 11 – Concentrazioni medie di IPA su PTS e sulla frazione volatile adsorbita su PUF determinate durante le campagne di monitoraggio e confronto con le concentrazioni rilevate presso la stazione di Treviso

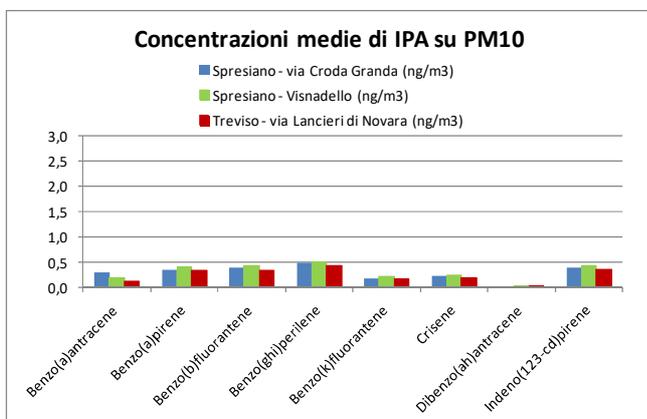
La determinazione degli IPA è stata effettuata anche sui campioni di PM10 secondo le indicazioni del D.Lgs 155/2010. In particolare sono state determinati i composti che lo stesso decreto indica di rilevanza tossicologica ovvero Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)antracene, Benzo(ghi)perilene, Crisene, Dibenzo(ah)antracene, Indeno(123-cd)pirene.

La Figura 12 mette a confronto le concentrazioni medie di IPA rilevati su alcuni campioni di PM10 giornalieri prelevati durante l'intera campagna di monitoraggio, che comprende il periodo caldo e il periodo freddo, presso alcuni dei siti indicati in Tabella 4 e per confronto nel medesimo periodo presso la stazione fissa di Treviso di via Lancieri di Novara.

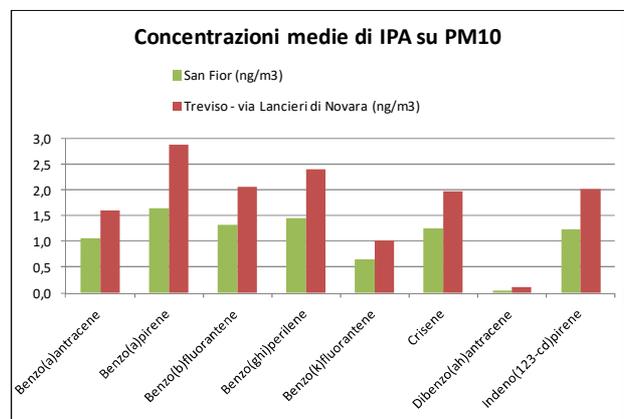
I monitoraggi eseguiti non hanno dato evidenza di criticità e le concentrazioni nei siti indagati sono state confrontabili o inferiori a quelle rilevate nel medesimo periodo presso la centralina fissa di Treviso via Lancieri di Novara.



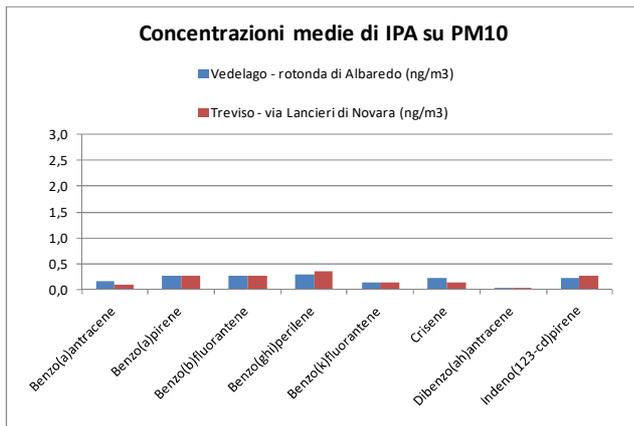
Si ricorda che il valore obiettivo per il Benzo(a)pirene previsto dal D.Lgs. 155/2010 è stato superato presso la centralina di Treviso ogni anno dal 2009 al 2013 e dal 2015 al 2021 mentre è stato rispettato nell'anno 2014 grazie alle particolari condizioni meteorologiche che sono state particolarmente favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Negli anni 2019, 2020 e 2021 il valore obiettivo per il Benzo(a)pirene di 1,0 ng/m<sup>3</sup> è stato superato presso la stazione fissa di Treviso - via Lancieri di Novara rispettivamente con un valore medio annuale di 1,2, 1,7 e 1,2 ng/m<sup>3</sup>.



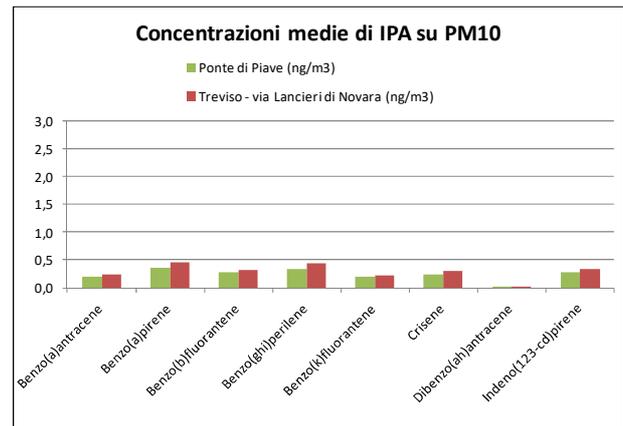
Concentrazione media di IPA su PM10 rilevati a Spresiano – intera campagna (periodo caldo e freddo)



Concentrazione media di IPA su PM10 rilevati a San Fior – intera campagna (periodo caldo e freddo)



Concentrazione media di IPA su PM10 rilevati a Vedelago – intera campagna (periodo caldo e freddo)



Concentrazione media di IPA su PM10 rilevati a Ponte di Piave – intera campagna (periodo caldo e freddo)

Figura 12 - Concentrazioni medie di IPA su PM10 determinate durante le campagne di monitoraggio e confronto con le concentrazioni rilevate presso la stazione di Treviso

Si ritiene utile evidenziare che gli IPA e le relative concentrazioni riportate rispettivamente in Figura 11 e in Figura 12 non sono direttamente confrontabili in quanto le tecniche di campionamento sono molto diverse tra loro. Nel primo caso infatti la concentrazione di IPA viene determinata su un campione settimanale di polveri totali PTS e su schiuma poliuretanicca PUF mentre nel secondo caso viene determinata come media di molteplici campioni giornalieri di PM10 prelevati in modo omogeneo nel periodo caldo e in quello freddo di monitoraggio. In particolare su quest'ultimi campioni non vengono determinati gli IPA non normati quali Fenantrene, Fluorantene e Pirene riscontrati in quantità più elevate nei campioni prelevati con la prima tecnica in prossimità degli impianti industriali rispetto a Treviso come evidenziato in Figura 11.

#### 4.5 Composti Organici Volatili COV, Aldeidi, Fenolo

La presenza in atmosfera di Composti Organici Volatili COV è dovuta alle emissioni naturali, legate alla vegetazione e alla degradazione del materiale organico, e alle emissioni antropiche, principalmente dovute alle attività industriali, alla combustione incompleta degli idrocarburi ed all'evaporazione di solventi e carburanti. Per le sostanze che è possibile determinare in aria ambiente, ad esclusione di casi particolari, difficilmente si riesce a distinguere i contributi delle diverse sorgenti.

Tra le numerose sostanze organiche volatili presenti in aria, le Aldeidi rivestono notevole interesse sia per le loro proprietà tossicologiche sia perché sono precursori di altri inquinanti fotochimici. Le Aldeidi possono essere emesse direttamente da fonti mobili o stazionarie, oppure possono formarsi in atmosfera in seguito alla fotoossidazione degli idrocarburi. Le reazioni atmosferiche di formazione delle Aldeidi avvengono principalmente nel periodo diurno, ma hanno luogo anche nel periodo notturno, quando siano presenti ossidanti come l'ozono ed il radicale nitrato.

La presenza di fenolo in aria ambiente è prevalentemente di origine industriale.

Per il monitoraggio dei COV, Aldeidi e Fenolo durante ciascuna campagna di monitoraggio sono stati utilizzati campionatori passivi che permettono la cattura dell'inquinante per diffusione molecolare della sostanza attraverso il campionatore e non richiedono quindi l'impiego di un dispositivo per l'aspirazione dell'aria.

Tale sistema di campionamento è stato scelto in quanto ha il vantaggio di consentire la quantificazione ad ampio spettro di sostanze presenti in aria e date le caratteristiche tecniche consente il monitoraggio in più punti contemporaneamente del territorio oggetto di studio. Per contro, per raggiungere dei bassi limiti di quantificazione analitica, è necessario che i campionatori vengano esposti per circa una settimana e pertanto i dati che vengono forniti sono il risultato di una mediazione su lungo periodo che non permette di rilevare la presenza di eventuali picchi di concentrazione di breve durata.



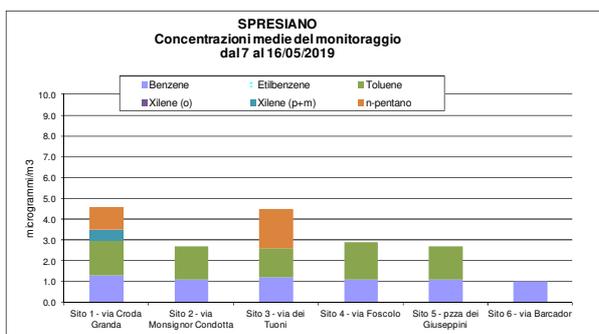
La Tabella 6 riassume sinteticamente le informazioni relative ai siti e ai campionamenti che sono stati effettuati al fine di valutare la presenza degli inquinanti COV, Aldeidi e Fenolo che potenzialmente possono essere emessi anche dalle attività industriali oggetto di studio. La tabella evidenzia che in tre anni, dal 2019 al 2021, sono stati monitorati 26 siti al fine di valutare l'impatto di 7 impianti industriali che trattano bitume nel proprio ciclo produttivo. Tra i siti ne sono stati individuati in prossimità degli impianti stessi, presso i cittadini esponenti, presso siti sensibili e in zone verosimilmente non direttamente esposte alle ricadute degli impianti al fine di valutare i valori differenziali. In totale sono stati quindi analizzati 361 campioni e quantificati 1809 composti.

Tabella 6– Resoconto dei campioni di aria ambiente prelevati ed analizzati durante le campagne di monitoraggio eseguite in prossimità di impianti che trattano bitume nel territorio provinciale di Treviso – 2019/2021

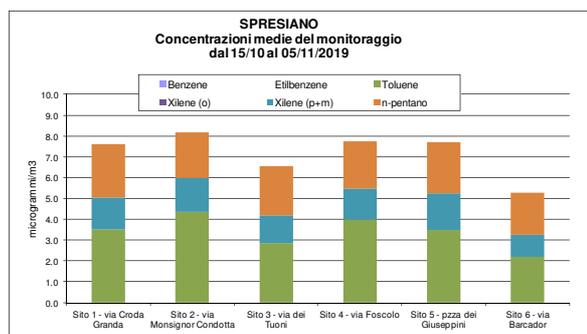
| Comune         | Siti monitorati | Campioni prelevati |         |            |                  | Parametri analizzati |         |             |                  |
|----------------|-----------------|--------------------|---------|------------|------------------|----------------------|---------|-------------|------------------|
|                |                 | COV                | Aldeidi | Fenolo     | H <sub>2</sub> S | COV                  | Aldeidi | Fenolo      | H <sub>2</sub> S |
| Spresiano      | 6               | 24                 | 18      | 23         | 24               | 144                  | 162     | 23          | 24               |
| San Fior       | 3               | 9                  | 9       | -          | -                | 54                   | 81      | -           | -                |
| Carbonera      | 3               | 9                  | 9       | 9          | -                | 63                   | 81      | 9           | -                |
| Vedelago       | 5               | 30                 | 30      | 21         | 15               | 180                  | 270     | 21          | 15               |
| Paese          | 1               | -                  | 4       | 4          | -                | -                    | 36      | 4           | -                |
| Ponte di Piave | 3               | 9                  | 9       | 9          | -                | 54                   | 81      | 9           | -                |
| Salgareda      | 4               | 16                 | 16      | 16         | 16               | 96                   | 144     | 16          | 16               |
| Treviso        | 1               | 5                  | 21      | 7          | -                | 30                   | 189     | 7           | -                |
| <b>TOTALE</b>  | <b>26</b>       |                    |         | <b>361</b> |                  |                      |         | <b>1809</b> |                  |

La Figura 13 riporta a titolo di esempio le concentrazioni medie di COV ed Aldeidi determinate durante alcune campagne di monitoraggio indicate in Tabella 6 in diversi siti indagati rispettivamente durante il periodo caldo e in quello freddo. Si osserva che, al contrario dei COV, le Aldeidi sono presenti in concentrazioni superiori nel periodo caldo in virtù delle reazioni radicaliche di formazione che avvengono in presenza di ossidanti come l'ozono. Nella stessa figura sono riportati alcuni esempi di concentrazioni medie di Fenolo rilevate in ulteriori siti di monitoraggio.

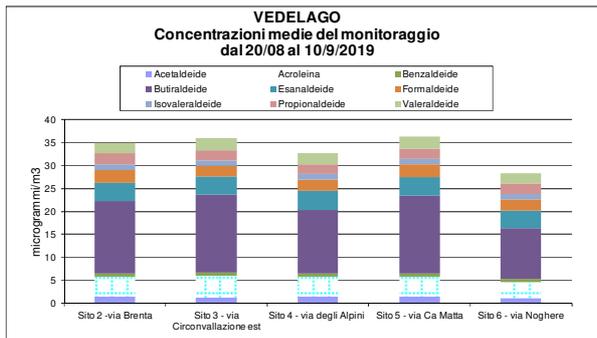
Rimandando alle singole relazioni tecniche il dettaglio delle valutazioni dei dati rilevati durante ciascuna campagna, si può concludere che i monitoraggi non evidenziano criticità legate alla presenza degli inquinanti ricercati e non si evidenzia un contributo chiaro delle sorgenti industriali sui valori medi osservati.



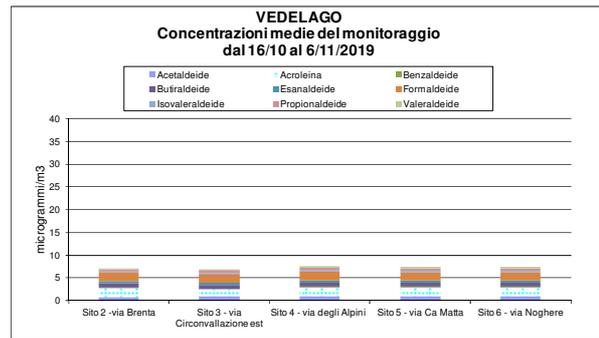
Concentrazioni medie di COV rilevati presso i siti di Spresiano – campagna periodo caldo



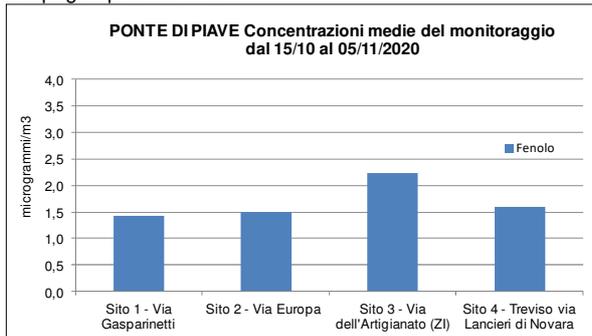
Concentrazioni medie di COV rilevati presso i siti di Spresiano – campagna periodo freddo



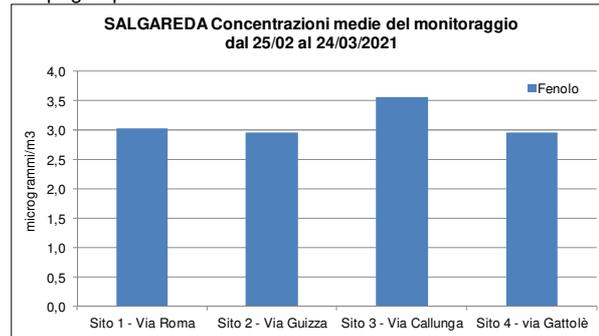
Concentrazioni medie di Aldeidi rilevati presso i siti di Vedelago – campagna periodo caldo



Concentrazioni medie di Aldeidi rilevati presso i siti di Vedelago – campagna periodo freddo



Concentrazioni medie di Fenolo rilevato presso i siti di Ponte di Piave – campagna periodo freddo



Concentrazioni medie di Fenolo rilevato presso i siti di Salgareda – campagna periodo freddo

Figura 13 – Concentrazioni medie di COV, Aldeidi e Fenolo determinate in diversi siti durante le campagne di monitoraggio nel periodo caldo e in quello freddo dell'anno

In particolare per quanto riguarda Aldeidi e fenolo, le analisi hanno evidenziato concentrazioni paragonabili in tutti i siti monitorati a prova che la loro presenza è da considerarsi diffusa in tutto il territorio. Il confronto con i limiti di esposizione per gli ambienti di lavoro evidenzia valori di concentrazioni di 1-3 ordini di grandezza inferiori al rispettivo valore di TLV-TWA/100 preso cautelativamente a riferimento, mentre la concentrazione di formaldeide supera di poco tale riferimento in tutti i siti e costituisce un'informazione nota in letteratura.

Per quanto riguarda il possibile impatto odorigeno si ribadisce che i valori medi di concentrazione rilevati dai campionatori passivi considerano l'intero periodo di esposizione e dai dati disponibili non è pertanto possibile escludere il verificarsi di occasionali picchi di concentrazione degli inquinanti di breve durata. Per tale motivo non è quindi possibile escludere il verificarsi di fenomeni odorigeni nei siti monitorati, seppur occasionali e con durate limitate.

## 4.6 Acido Solfidrico H<sub>2</sub>S

La presenza dell'acido solfidrico in aria ambiente è prevalentemente di origine naturale e le attività umane influiscono solamente per il 10% sull'emissione globale di quest'ultimo inquinante. L'idrogeno solforato che si forma prevalentemente dalla degradazione di sostanze organiche contenenti zolfo in condizioni di carenza di ossigeno, oltre ad avere un'elevata tossicità, è caratterizzato da una soglia olfattiva molto bassa e pertanto risulta percettibile anche in bassissime concentrazioni. Taluni soggetti sono infatti in grado di percepire l'odore già a 0,2 µg/m<sup>3</sup> (WHO Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, 2000), e in corrispondenza di 7 µg/m<sup>3</sup> la quasi totalità dei soggetti esposti distingue l'odore caratteristico. Tale valore non è consolidato, per cui potrà variare nel tempo.

Il monitoraggio di H<sub>2</sub>S è stato eseguito tramite campionatori passivi posizionati per la durata di una settimana in diversi siti dei territori comunali di Spresiano, Vedelago e Salgareda (Tabella 6). Dai dati non sono emerse criticità né valori maggiori dell'inquinante in prossimità delle attività industriali.

Come per COV, Aldeidi e Fenolo, l'utilizzo dei campionatori passivi per la determinazione dell'H<sub>2</sub>S non permette di rilevare picchi di concentrazione di breve durata e pertanto fenomeni odorigeni di durata limitata nel tempo.

Solo recentemente presso la centralina mobile di monitoraggio della qualità dell'aria in dotazione al Dipartimento Provinciale ARPAV di Treviso è stato attivato un analizzatore automatico di H<sub>2</sub>S. I dati orari sono stati registrati durante la campagna di monitoraggio eseguita nel territorio comunale di Paese in

prossimità di un impianto di conglomerati bituminosi. In quest'ultimo caso è stato possibile osservare un chiaro segnale di presenza dell'inquinante in concomitanza dello svolgimento dell'attività produttiva.

La registrazione delle segnalazioni degli esponenti ha confermato con precisione quanto rilevato dalla strumentazione automatica. Le concentrazioni di H<sub>2</sub>S hanno raggiunto valori massimi orari di 40 µg/m<sup>3</sup> durante l'attività svolta generalmente la mattina.

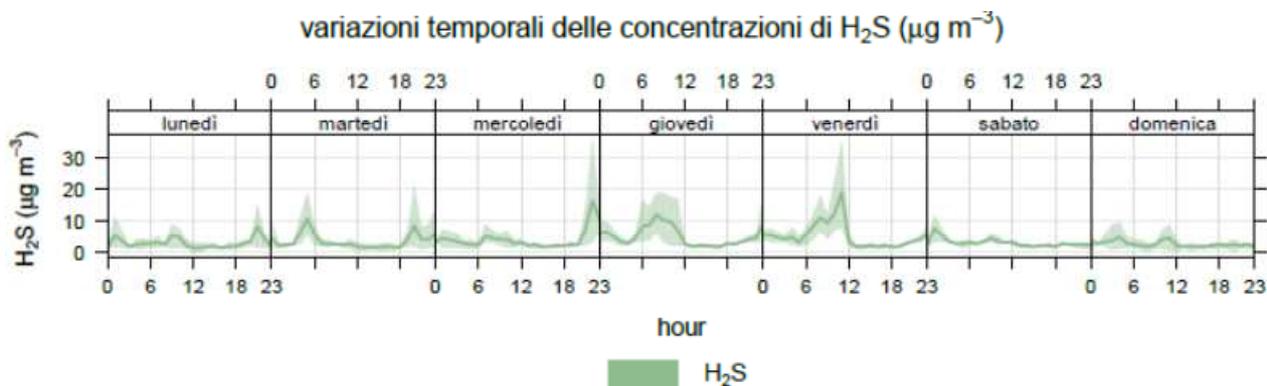


Figura 14 – Concentrazioni medie di H<sub>2</sub>S determinate con frequenza oraria durante la campagna di monitoraggio eseguita nel comune di Paese

A fronte dei valori orari di H<sub>2</sub>S osservati durante la campagna di monitoraggio, sicuramente superiori alla rispettiva soglia olfattiva, preme ricordare che non esiste per tale inquinante un limite normativo in aria ambiente e l'Organizzazione Mondiale per la Sanità fissa il valore guida di 150 µg/m<sup>3</sup> come media su 24 ore per la concentrazione in aria. Il massimo valore giornaliero osservato durante la campagna eseguita a Paese ha raggiunto il valore pari a 8 µg/m<sup>3</sup> ampiamente inferiore al valore guida.

Rimandando per competenza all'ASL ogni valutazione in merito, si ricorda che il documento di riferimento "WHO Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, 2000" riporta quanto segue: "Il livello più basso in cui si manifestano effetti avversi dovuti all'idrogeno solforato è di 15 mg/m<sup>3</sup>, con irritazione agli occhi. In considerazione del forte aumento della curva dose-effetto che riporta segnalazioni di gravi lesioni oculari a 70 mg/m<sup>3</sup>, si raccomanda un fattore di protezione relativamente alto (di sicurezza) pari a 100, il che porta ad un valore operativo di 0,15 mg/m<sup>3</sup> (150 µg/m<sup>3</sup>) con un tempo di mediazione di 24 ore."

## 5. Conclusioni

In diversi territori comunali della provincia di Treviso sono presenti impianti per la produzione di conglomerati bituminosi e membrane bituminose ad uso edilizio che sono causa di lamentele da parte di alcuni residenti per la presenza di odore di bitume.

Nel presente documento è stato sintetizzato quanto svolto da ARPAV nel territorio provinciale di Treviso al fine di fornire un quadro conoscitivo relativamente alle sorgenti emissive che trattano bitume nel proprio ciclo produttivo. I controlli alle emissioni industriali e i monitoraggi ambientali eseguiti, seppure originati da segnalazioni da parte di cittadini per la presenza di sgradevole odore di bitume, non costituiscono indagini di tipo olfattometrico ma hanno come scopo la verifica del rispetto dei limiti normativi a camino e una quantificazione in aria ambiente di alcuni composti derivanti da tali emissioni.

L'estesa esperienza maturata può costituire un utile supporto per affrontare in modo consapevole futuri casi di molestie olfattive per odore di bitume che si potranno verificare.

### Controllo alle emissioni

Il controllo analitico delle emissioni in atmosfera derivanti da impianti di produzione che utilizzano bitume (conglomerato bituminoso a caldo e membrane) non ha evidenziato in generale criticità di rilievo. Le sole anomalie registrate nel settore conglomerato sembrano da correlare all'utilizzo di tecnologie di vecchia data o a specifiche disfunzioni dei sistemi di abbattimento installati. Tuttavia con impianti in regime di normale efficienza le concentrazioni a camino dei diversi inquinanti appaiono ampiamente inferiori ai limiti alle emissioni imposti dai diversi provvedimenti di autorizzazione.

Gli approfondimenti effettuati in relazione alle lamentate molestie odorigene connesse all'utilizzo a caldo del bitume hanno consentito di mettere in evidenza la presenza in emissione di Aldeidi in concentrazioni superiori alla rispettiva soglia olfattiva (in particolare acetaldeide, isovaleraldeide, propionaldeide e valeraldeide) che pur essendo in concentrazioni estremamente contenute rispetto ad eventuali valori limite applicabili, potrebbero contribuire al periodico occasionale ripetersi di ricadute odorigene nelle aree limitrofe agli impianti. Non è da escludere che a tale fattore possa aggiungersi un contributo odorigeno legato alla presenza di alcuni Idrocarburi Policiclici Aromatici la cui influenza è tuttavia difficile da stimare dato che sono disponibili da letteratura valori di soglia olfattiva per il solo Fenantrene. Inoltre, le verifiche parziali effettuate su alcuni impianti per la determinazione di fenolo e acido solfidrico, se da un lato portano ad escludere la presenza apprezzabile del primo, dall'altro non consentono di escludere un contributo alla problematica odorigena del secondo, considerata la soglia olfattiva estremamente bassa dell'acido solfidrico di molto inferiore ai limiti di quantificazione del metodo analitico.

Come ampiamente prevedibile non appare dirimente, in relazione all'impatto odorigeno delle attività considerate, la verifica del rispetto dei valori limite alle emissioni, evidenziato che i limiti alle emissioni non sono correlati alle rispettive soglie olfattive.

### Monitoraggi ambientali

I monitoraggi eseguiti in aria ambiente in prossimità di impianti industriali con utilizzo di bitume come materia prima sono stati mirati alla determinazione di inquinanti potenzialmente prodotti nei processi produttivi compatibilmente con la disponibilità della strumentazione analitica e di campionamento. Sono stati in particolare ricercati PCDD/F, PCB-DL, IPA, COV e composti odorigeni quali Aldeidi, Fenolo ed H<sub>2</sub>S.

I risultati delle indagini non trovano confronto con un limite di legge in quanto per la maggior parte di questi composti il D.Lgs. 155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" non prevede dei limiti e i risultati analitici ottenuti, spesso limitati e parziali a causa di oggettive difficoltà tecniche di rilevamento e quantificazione, hanno mero carattere informativo.

Dal punto di vista analitico, per poter ottenere una quantificazione della presenza degli inquinanti ricercati, è stato spesso necessario procedere tramite campionamenti di lungo periodo che rendono impossibile rilevare la presenza di picchi di breve durata. Tale limitazione tecnica costituisce un condizione importante nella determinazione dei fenomeni odorigeni che spesso risultano occasionali e di durata limitata nel tempo. In particolare durante le campagne di monitoraggio effettuate nel periodo 2019-2021 per COV, Aldeidi, Fenolo e H<sub>2</sub>S sono stati prelevati in totale 361 campioni settimanali tramite campionatori passivi ed analizzati 1809 parametri che non hanno dato evidenza di chiari incrementi di inquinanti dovuti alla presenza delle attività produttive rispetto a valori di fondo. Per quanto riguarda le Aldeidi, le analisi hanno evidenziato concentrazioni paragonabili in tutti i siti monitorati a prova che la loro presenza è da considerarsi diffusa in

tutto il territorio. Il confronto con i limiti di esposizione per gli ambienti di lavoro evidenzia valori di concentrazioni di 1-3 ordini di grandezza inferiori al rispettivo valore di TLV-TWA/100 preso cautelativamente a riferimento, mentre la concentrazione di formaldeide supera di poco tale riferimento in tutti i siti e costituisce un'informazione nota in letteratura.

Per quanto detto tuttavia non è possibile escludere durante il periodo di monitoraggio il verificarsi di possibili fenomeni odorigeni dovuti alla presenza di picchi di concentrazione degli inquinanti non rilevabili con la tecnica di campionamento utilizzata.

A conferma di quanto detto è interessante il risultato del monitoraggio di H<sub>2</sub>S eseguito tramite strumentazione automatica che ha fornito valori orari dell'inquinante evidenziando chiaramente la presenza di picchi di concentrazioni superiori ai valori di fondo, coerenti con le segnalazioni dei cittadini, ma ampiamente inferiori ai riferimenti indicati dal WHO.

L'utilizzo di campionatori ad alto volume ha permesso analogamente di quantificare la presenza di PCDD/F, PCB-DL e IPA in campioni di breve durata. Mentre nei siti monitorati le concentrazioni di PCDD/F e PCB-DL non sono risultate critiche e i valori sono risultati confrontabili a quelli rilevati presso la stazione di fondo urbano di Treviso, è stata riscontrata la presenza di concentrazioni di alcuni IPA in quantità superiore ai valori di fondo con particolare riferimento ai medesimi IPA rilevati anche al controllo alle emissioni ed in particolare Fenantrene, Fluorantene e Pirene.

In conclusione dalle indagini eseguite non sono emerse criticità ambientali connesse alle attività produttive che utilizzano bitume rispetto ai valori di fondo di lungo periodo. Con riferimento alla presenza delle sorgenti emmissive, richiamate le premesse del presente lavoro, si sono rilevati in alcuni casi segnali distinti dai valori di fondo per i parametri determinati con più elevata frequenza di campionamento ed in particolare per alcuni IPA non normati e per il parametro H<sub>2</sub>S, anch'esso non normato ma come noto caratterizzato da bassa soglia olfattiva.

Compatibilmente con le dotazioni strumentali, si ritiene che nella pianificazione di eventuali future campagne di aria ambiente sarebbe auspicabile utilizzare tecniche di rilevamento ad elevata frequenza specialmente per la determinazione di parametri potenzialmente odorigeni, non tanto per valutare l'esposizione complessiva per la quale è necessario disporre di un dato medio, quanto piuttosto per la necessità di rilevare eventuali picchi correlabili con le segnalazioni della popolazione esposta.

## Bibliografia

APAT Manuali e Linee Guida 19/2003 - Metodi di misura delle emissioni olfattive. Quadro normativo e campagne di misura – appendice 5

CICAD 59 - Concise International Chemical Assessment Document 59  
<https://www.who.int/ipcs/publications/cicad/pdf/en/>

CONCAWE “Odour management guidance for refineries” (Dossier n. 1/20)  
<https://www.concawe.eu/publication/odour-management-guidance-for-refineries/>

INAIL “Impianti di produzione dei conglomerati bituminosi – valutazioni e contenimento dei rischi lavorativi”  
<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/impianti-di-produzione-dei-conglomerati-bituminosi.html>

Regione Lombardia, D.D. 25 giugno 2019, n. 9203 - Linee di indirizzo per la valutazione e la gestione del rischio da esposizione a idrocarburi policiclici aromatici nelle opere di asfaltatura in regione Lombardia  
[https://olympus.uniurb.it/images/stories/normativa\\_regionale/2019/Allegato\\_9203.pdf](https://olympus.uniurb.it/images/stories/normativa_regionale/2019/Allegato_9203.pdf)

SITEB – Strade Italiane e Bitumi <https://www.siteb.it/dossier/>

EPA, U.S. (2014). Environmental Protection Agency. List of priority pollutants, Code of Federal Regulations 40 CFR 401.15: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/methods/pollutants.cfm>

IARC [International Agency for Research on Cancer] (2010). Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. IARC Monogr Carcin Risks Hum 92: 1-852 <http://www.iarc.fr>

IARC [International Agency for Research on Cancer] (2013). Bitumens and Bitumen Emissions, and Some N- and S-Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. IARC, Monogr Carcin Risks Hum 103: 1-361  
<http://www.iarc.fr>

WHO - Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, 2000  
<https://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe>

Yoshio Nagata (Japan Environmental Sanitation Center) - Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method [https://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02\\_3\\_2.pdf](https://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02_3_2.pdf)

Dipartimento di Treviso  
Unità Organizzativa Controlli Ambientali  
Via Santa Barbara, 5/A  
31100 Treviso (TV)  
Italy  
Tel. +39 0422 558515  
Fax +39 0422 558516  
e-mail: [daptv@arpa.veneto.it](mailto:daptv@arpa.veneto.it)



**ARPAV**

Agenzia Regionale  
per la Prevenzione e  
Protezione Ambientale  
del Veneto

Direzione Generale  
Via Ospedale Civile, 24  
35137 Padova

Italy

tel. +39 049 82 39 301

fax. +39 049 66 09 66

e-mail: [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)

e-mail certificata: [protocollo@pec.arpav.it](mailto:protocollo@pec.arpav.it)

[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)