



RILEVAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA NEL COMUNE DI CARINARO

con riferimento a composti organici volatili e molecole ad impatto olfattivo

Rapporto di Ricerca relativo all'Accordo tra il Comune di Carinaro e l'Università della Campania "Luigi Vanvitelli" – DiSTABiF per lo svolgimento di attività di interesse comune ai sensi dell'art. 15 della L.241/90.

Caserta, 15 settembre 2017

Redazione:	Coordinamento:
dott.ssa Roberta Lotito 	Prof.ssa Maria Laura Mastellone 

Sommario

1	Premessa	3
2	Normativa sulla qualità dell'aria urbana	4
2.1	Normativa di riferimento Italiana.....	4
2.2	Soglie limite internazionali per la valutazione della pericolosità.....	6
3	Metodologie di analisi	7
3.1	Campionamento Passivo	7
4	Classi di inquinanti monitorati	9
4.1	Composti Organici Volatili.....	9
4.2	Acido Solfidrico	10
5	Campagna Sperimentale	11
6	Risultati	15
7	Conclusioni	21
	Bibliografia.....	22

I Premessa

La valutazione della qualità dell'aria urbana è uno strumento importante per la stima dei possibili impatti sulla salute dei cittadini che possono originarsi dall'esposizione a molecole chimiche caratterizzate da tossicità per l'uomo e per l'ambiente in generale.

La presenza di attività antropiche che utilizzano o generano molecole potenzialmente pericolose, unitamente all'immissione dei prodotti di combustione dovuti al traffico veicolare determina un'alterazione della composizione naturale dell'atmosfera sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo; tale alterazione prende il nome di inquinamento atmosferico. L'emissione di inquinanti nel comparto atmosferico dalle sorgenti puntuali, continue o diffuse è poi inevitabilmente seguita dal trasporto degli stessi grazie a fenomeni legati alle caratteristiche meteo locali e dalla geomorfologia. A causa dei peculiari effetti delle condizioni meteo locali, della peculiare urbanizzazione, del tipo di sorgente e dalla sito-specificità in generale, i recettori che si trovano esposti agli inquinanti in misura maggiore possono essere anche distanti dalle sorgenti stesse.

La relazione riporta i risultati di una valutazione quali-quantitativa della qualità dell'aria nella zona urbana del territorio di Carinaro.

Il lavoro è incardinato all'interno di un rapporto più ampio stipulato tra il Comune di Carinaro ed il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali, Biologiche e Farmaceutiche dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli".

I risultati mostrati e commentati sono stati ottenuti da una prima indagine di valutazione della qualità dell'aria effettuata nel periodo 27 giugno 2017 – 11 luglio 2017.

2 Normativa sulla qualità dell'aria urbana

2.1 Normativa di riferimento Italiana

La norma quadro in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dal **Decreto Legislativo n. 155/2010** che sancisce il recepimento della direttiva europea 2008/50/CE: il decreto ha abrogato il Decreto Legislativo n. 351/99 e i rispettivi decreti attuativi (il D.M. 60/02, il Decreto Legislativo n.183/2004 e il DM 261/2002).

Il Decreto del 2010 introduce importanti novità nell'ambito del complesso e stratificato quadro normativo in materia di qualità dell'aria in ambiente, introducendo nuovi strumenti che si pongono come obiettivo di contrastare più efficacemente l'inquinamento atmosferico.

Oltre a fornire una metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), definisce i valori di riferimento che permettono una valutazione della qualità dell'aria, su base annuale, in relazione alle concentrazioni dei diversi inquinanti.

In particolar modo vengono presi in considerazione i seguenti inquinanti:

- Biossido di zolfo
- Biossido di azoto
- Benzene
- Monossido di Carbonio
- Particolato PM 10 e 2.5
- Piombo
- Arsenico

- Cadmio
- Nichel
- Benzo(a)pirene
- Ozono e suoi precursori

La valutazione, ed i limiti imposti, di tali composti sono in accordo con quanto sancito dalla World Health Association (WHO, 2005).

Di recente sono stati emanati il **DM Ambiente 29 novembre 2012** che, in attuazione del Decreto Legislativo n.155/2010, individua le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria, il **Decreto Legislativo n.250/2012** che modifica ed integra il Decreto Legislativo n.155/2010 definendo anche il metodo di riferimento per la misurazione dei composti organici volatili, il **DM Ambiente 22 febbraio 2013** che stabilisce il formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di monitoraggio e il **DM Ambiente 13 marzo 2013** che individua le stazioni per le quali deve essere calcolato l'indice di esposizione media per il PM_{2,5}. Il **DM 5 maggio 2015** stabilisce i metodi di valutazione delle stazioni di misurazione della qualità dell'aria di cui all'articolo 6 del Decreto Legislativo n.155/2010. In particolare, in allegato I, è descritto il metodo di campionamento e di analisi da applicare in relazione alle concentrazioni di massa totale e per speciazione chimica del materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5}, mentre in allegato II è riportato il metodo di campionamento e di analisi da applicare per gli idrocarburi policiclici aromatici diversi dal benzo(a)pirene. Il **DM 26 gennaio 2017** modifica ulteriormente il Decreto Legislativo n.155/2010, recependo i contenuti della Direttiva 1480/2015 in materia di metodi di riferimento per la determinazione degli inquinanti, procedure per la garanzia di qualità per le reti e la comunicazione dei dati rilevati e in materia di scelta e documentazione dei siti di monitoraggio.

2.2 Soglie limite internazionali per la valutazione della pericolosità

Ad ogni composto chimico è possibile associare determinati valori limite riguardanti la massima concentrazione a cui si viene esposti e che può procurare danni alla salute umana. In particolar modo, nelle schede tecniche stilate dalla *American Chemical Society*, vengono riportati valori quali TLV, PAC ed IDHL. Nella seguente tabelle vengono descritti i significati di ogni specifico limite.

Tabella 1 Significato dei limiti di pericolosità che è possibili applicare ad ogni composto chimico (CAMEO chemicals).

<i>ACRONIMO</i>	<i>DESCRIZIONE</i>
<i>TLV</i>	Concentrazione che procura un effetto negativo sulla salute umana di lavoratori adulti e senza problemi di salute.
<i>TWA</i>	Esposizione media sulla base di 8h/giorno lavorative e 40h/settimana
<i>STEL</i>	Esposizione media per brevi periodi considerando 8h/giorno lavorative per 40h/settimana
<i>CEILING</i>	Limite di concentrazione assoluto che non deve essere mai superato
<i>IDLH</i>	Concentrazione limite la cui esposizione ha elevate possibilità di provocare danni immediati o danni che si protraggono nel tempo o impediscono l'allontanamento dal luogo contaminato
<i>PAC</i>	È un dataset gerarchico che racchiude i limiti imposti da altri sistemi, ovvero: AGLEs, ERPGs e TLV. Un particolare composto pericoloso può essere menzionato in tutti i sistemi sopra indicati.

È importante precisare che non per tutte le sostanze sono disponibili i valori limiti riferiti ai sistemi sopra descritti: tale mancanza dipende in maggior luogo a casa di dati sperimentali certi.

3 Metodologie di analisi

3.1 Campionamento Passivo

Il campionamento passivo, a differenza di quello attivo, non prevede l'utilizzo di pompe per l'aspirazione dell'aria campione: la peculiarità di tale metodo è la possibilità di posizionare i campionatori di piccola taglia senza la necessità di usufruire di corrente elettrica continua. Inoltre, i campionatori passivi risultano essere efficaci per campionamenti di lunga durata: così facendo di fatti, le concentrazioni riscontrate vengono mediate su tutto il periodo di analisi restituendo un valore medio di concentrazione. Tuttavia, tali dispositivi non permettono la valutazione di picchi di concentrazione che possono essere avvenuti in un breve periodo temporale (emissioni temporanee causate da procedure di sicurezza, ecc.).

Nel caso specifico si è utilizzato un campionatore passivo diffusivo a simmetria radiale anulare.

Il ***principio di funzionamento*** del campionamento diffusionale sfrutta una legge naturale (quella della diffusione molecolare – Legge di Fick) per concentrare su di un substrato reattivo (specifico) o adsorbente (non specifico) le sostanze presenti nell'aria sotto forma di gas o vapori. La quantità raccolta nell'unità di tempo è – sotto specifiche condizioni – una costante ben determinata (Uptake Rate). Conoscendo quindi la quantità del gas trasferito sul campionatore in un determinato periodo di tempo è possibile calcolare la concentrazione media del gas in aria. Questa operazione viene effettuata semplicemente esponendo all'aria il dispositivo per il periodo di tempo necessario ad ottenere un campione significativo e sufficiente per l'analisi.

Un ***campionatore diffusivo a simmetria radiale*** è caratterizzato da una superficie diffusiva cilindrica (anziché piana), da un dispositivo adsorbente anch'esso di forma cilindrica, interno e coassiale alla superficie diffusiva, e un percorso diffusivo parallelo al raggio. Il campionatore a simmetria radiale consente, a parità di accuratezza e

precisione, una velocità di captazione maggiore di quella ottenibile con la simmetria assiale e quindi una sensibilità più elevata.

Per quanto concerne il campionamento dei COV, il dispositivo è costituito da un corpo diffusivo cilindrico di polietilene poroso, una rete cilindrica concentrica in lamierino d'acciaio inox microstirato del diametro di 9 mm ed un corpo cilindrico coassiale pieno del diametro di 4 mm, anch'esso in acciaio inox. L'intercapedine di sezione anulare compresa tra il corpo cilindrico coassiale e la rete è riempita con carbone attivo minerale granulare (30-40 mesh) avente una superficie specifica di circa $10^3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$.

Per la determinazione dei BTX in aria ambiente, i tempi di campionamento ottimali (quelli cioè che consentono di ottenere una quantità di campione tale da minimizzare l'errore analitico) variano da tre giorni a quattro settimane. Nelle aree extraurbane e nei periodi di minimo traffico (normalmente luglio e agosto) è preferibile impiegare tempi di campionamento lunghi mentre per i siti critici (incroci semaforici in zone ad alto traffico, tunnel urbani e simili) saranno sufficienti brevi periodi.

4 Classi di inquinanti monitorati

4.1 Composti Organici Volatili

Appartengono a questa classe numerosi composti chimici quali idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, aldeidi, terpeni, alcoli, esteri e chetoni. Tra questi, i più diffusi negli edifici residenziali sono il limonene, il toluene, ma il più importante da un punto di vista tossicologico e mutageno è la formaldeide. In base al comma 11, art.268 del D. Lgs. 152/2006, vengono definiti Composti Organici Volatili (COV), i composti organici allo stato di gas alle condizioni di temperatura e pressione esistenti a livello troposferico. I COV possono essere causa di una vasta gamma di effetti che vanno dal disagio sensoriale fino a gravi alterazioni dello stato di salute; ad alte concentrazioni negli ambienti interni essi possono causare effetti a carico di numerosi organi o apparati, in particolare a carico del sistema nervoso centrale. Alcuni di essi sono riconosciuti cancerogeni per l'uomo (benzene) o per l'animale (tetracloruro di carbonio, cloroformio, tricloroetilene, tetracloroetilene). Per quanto riguarda l'introduzione di composti organici da parte dell'uomo si può affermare che la fonte maggiore è sicuramente quella dovuta al traffico autoveicolare; infatti mentre nei fumi di combustioni delle centrali termiche (combustione a pressione costante) il contributo all'inquinamento atmosferico in idrocarburi incombusti, o parzialmente combusti sotto forma di aldeidi o acidi organici è modesto, quello dovuto alla combustione per la motorizzazione risulta assai elevato (combustione a volume costante). Un altro fattore di rilascio d'idrocarburi da processi di combustione è correlato alle caratteristiche del combustibile stesso: mentre il metano brucia in maniera pressoché completa, con l'aumento del peso molecolare degli idrocarburi e andando verso le miscele più dense (GPL--->benzina--->gasolio--->ATZ, BTZ), aumenta la probabilità di rilascio di VOC.

Altri idrocarburi, variamente derivati, sono dovuti alle emissioni di solventi ad uso industriale o di altri prodotti riconducibili a cicli produttivi. Le maggiori fonti sono derivanti dai processi di verniciatura, produzione di monomeri per l'industria delle

materie plastiche e alle industrie collegate alla produzione e utilizzo dell'etilene, a livello civile non sono trascurabili i contributi derivanti dall'area tessile in cui gli alchilbenzeni sono utilizzati come oleanti di filatura ed immessi in atmosfera nei processi di asciugatura dei tessuti.

4.2 Acido Solfidrico

La letteratura scientifica è unanime nel riconoscere la tossicità dell'acido solfidrico - H₂S. Una esposizione ad alte dosi può anche provocare la morte istantanea. L'attuale ricerca scientifica porta alla conclusione che anche livelli di H₂S al di sotto delle norme stabilite per legge hanno gravissime potenzialità nocive per la popolazione. L'acido solfidrico a basse dosi può causare disturbi neurologici, respiratori, motori, cardiaci e potrebbe essere collegato ad una maggiore ricorrenza di aborti spontanei nelle donne. Da risultati recentissimi emerge anche la sua potenzialità, alle basse dosi, di stimolare la comparsa di cancro al colon (D'Orsogna and Chou, 2010).

5 Campagna Sperimentale

La campagna di campionamento ha previsto l'identificazione e successivo posizionamento dei campionatori passivi presso sette località opportunamente scelti in base alle caratteristiche urbane del comune di Carinaro, la presenza di ricettori sensibili e la possibile presenza di sorgenti inquinanti.

I campionamenti sono stati organizzati e predisposti dal gruppo di ricerca DiSTABiF e sono avvenuti dal 27 giugno 2017 all'11 luglio 2017 così come specificatamente riportato:

- RVOC_1, per l'analisi dei composti organici volatili;
- RVOC_2, per l'analisi dei composti organici volatili;
- RVOC_3, per l'analisi dei composti organici volatili;
- RVOC_4, per l'analisi dei composti organici volatili;
- RVOC_5, per l'analisi dei composti organici volatili;
- RVOC_6, per l'analisi dei composti organici volatili;
- RH2S_1, per l'analisi dell'acido solfidrico.

Le indagini chimiche sono state effettuate dalla MERIEUX NutriSciences - Chelab srl su specifico incarico dato dal gruppo di ricerca al fine di ottenere valori certificati aventi anche valore legale.

In Figura 1 si riporta la localizzazione dei punti di campionamento. La disposizione dei campionatori, oltre ai principi sopra elencati, è stata definita per agevolare la verifica dell'origine dei contaminanti

tenendo presente che la loro posizione “sotto vento” rispetto alla zona industriale ASI Aversa Nord.

In

Tabella 2 sono riportate le specifiche di campionamento di ogni singolo campionatore.

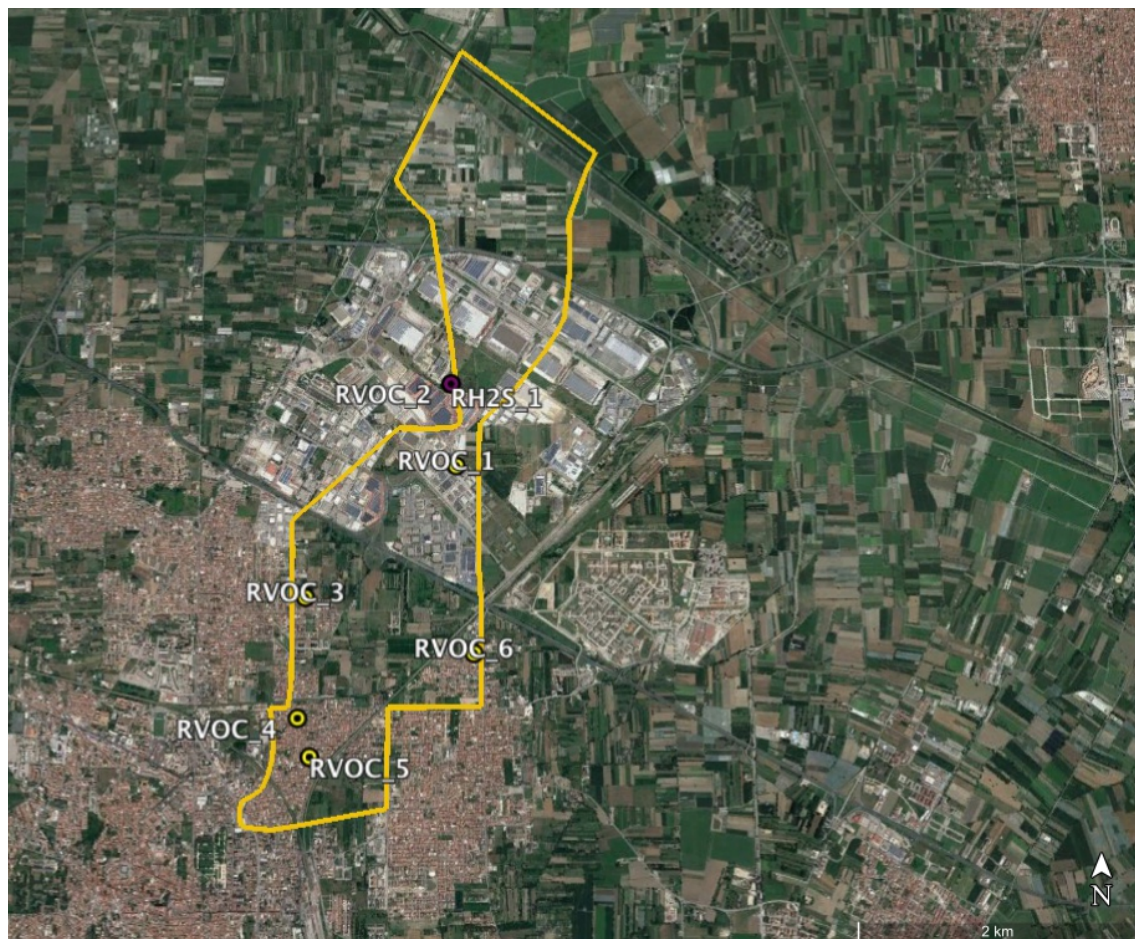


Figura 1 Localizzazione dei punti di campionamento

Tabella 2 Coordinate dei punti di campionamento

ID	COORDINATE		TIPOLOGIA	INIZIO		FINE	
				CAMPIONAMENTO		CAMPIONAMENTO	
<i>RVOC_1</i>	41° 0'6.76"N	14°13'50.71"E	COV	10:21	27/06/17	12:14	11/07/17
<i>RVOC_2</i>	41° 0'27.20"N	14°13'49.12"E	COV	11:23	27/06/17	12:01	11/07/17
<i>RVOC_3</i>	40°59'34.90"N	14°13'2.35"E	COV	11:44	27/06/17	12:36	11/07/17
<i>RVOC_4</i>	40°59'6.50"N	14°13'0.36"E	COV	12:06	27/06/17	13:24	11/07/17
<i>RVOC_5</i>	40°58'57.56"N	14°13'4.28"E	COV	12:32	27/06/17	12:48	11/07/17
<i>RVOC_6</i>	40°59'21.64"N	14°13'56.06"E	COV	12:53	27/06/17	13:02	11/07/17
<i>RH2S_1</i>	41° 0'27.20"N	14°13'49.12"E	H ₂ S	11:23	27/06/17	12:01	11/07/17

Infine, è possibile suddividere la localizzazione sopra descritta in tre fasce di interesse ovvero, proseguendo da Nord verso Sud:

- una prima fascia all'interno della zona industriale (*RVOC_1*, *RVOC_2*; *RH₂S_1*);
- una seconda fascia di *transito* tra la zona industriale ed il centro urbano (*RVOC_3*; *RVOC_6*);
- un'ultima fascia propriamente urbana (*RVOC_4*; *RVOC_5*).

La scelta di tale griglia risulta di particolare interesse nella valutazione della presenza di composti chimici provenienti dall'area di sviluppo industriale dalla quale possono essere trasportati. Proprio al fine di tale valutazione, i campionatori sono stati posizionati presso civili abitazioni (*RVOC_3*; *RVOC_6*), presso la piazza principale (*RVOC_4*) ed infine presso la scuola localizzata a via Manzoni.

6 Risultati

I risultati specifici di ogni campionatore sono riportati nell'ALLEGATO I, così come consegnati dal laboratorio di analisi. Tali dati sono stati convertiti in $\mu\text{g m}^{-3}$ attraverso una formula che tiene conto del tempo di campionamento e del coefficiente diffusivo di ogni singolo elemento (1).

$$C [\mu\text{g m}^{-3}] = \frac{10^6 Q [\mu\text{g}]}{t [\text{min}] \cdot \phi [\text{ml min}^{-1}]} \quad (1)$$

Inoltre è stato applicato un ulteriore fattore di correzione per la temperatura (2).

$$\varepsilon = \left(\frac{273.15 + T}{298} \right)^{1.5} \quad (2)$$

Le concentrazioni dei **composti organici volatili** in ambiente sono riportate in Tabella 3.

Tabella 3 Risultati dell'attività sperimentale

	RVOC_1	RVOC_2	RVOC_3	RVOC_4	RVOC_5	RVOC_6
	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$	$\mu\text{g m}^{-3}$
<i>Cicloesano</i>	8.29	4.10	3.59	4.01	5.09	3.59
<i>Etere etilico</i>	<RL	15.48	<RL	5.97	6.45	<RL
<i>Etilacetato</i>	23.31	11.62	11.91	7.74	19.88	18.09
<i>Isoottano</i>	<RL	<RL	<RL	101.76	<RL	<RL
<i>m+p Xileni</i>	2.34	2.34	2.33	2.33	2.34	2.34
<i>N-eptano</i>	78.91	79.06	60.62	51.36	94.40	82.92
<i>N-esano</i>	<RL	<RL	4.86	4.10	23.59	7.46
<i>Toluene</i>	3.81	3.62	5.07	5.20	4.01	4.36
<i>Xileni</i>	2.58	2.58	2.58	2.57	2.58	2.58

È importante sottolineare che in nessuna scheda di analisi i valori dei COV non riportati in tabella è uguale a 0: come è possibile notare dalle schede allegate, la quantità di tali composti era appena al di sotto della soglia di rilevazione ma la loro presenza è stata verificata. Medesima considerazione deve essere effettuata per l'acido solfidrico che risulta presente sebbene in concentrazioni non preoccupanti.

Da un'analisi comparativa è possibile affermare che le concentrazioni di toluene e xilene, facenti parte della categoria degli aromatici denominata brevemente con la sigla BTEX, sono in accordo con i dati bibliografici riferiti ad ambienti poco contaminati – mediamente contaminati (Buczynska et al., 2009; Caselli et al., 2010). Inoltre, le concentrazioni di tali elementi risultano essere costanti, o comunque comparabili, in tutti i siti esaminati: ciò rivela un inquinamento diffuso e non dovuto a sorgenti locali puntuali.

Effettuando invece un'analisi spaziale di tipo grafico, ordinando i punti di campionamento da nord verso sud (RVOC_2; RVOC_1; RVOC_3; RVOC_6; RVOC_4; RVOC_5), è possibile notare come nel sito di campionamento RVOC_1 vi sia un aumento delle concentrazioni di cicloesano, etilacetato e n-eptano rispetto al campionario situato più a nord (RVOC_2) ed ai campionatori a sud (Figura 1).

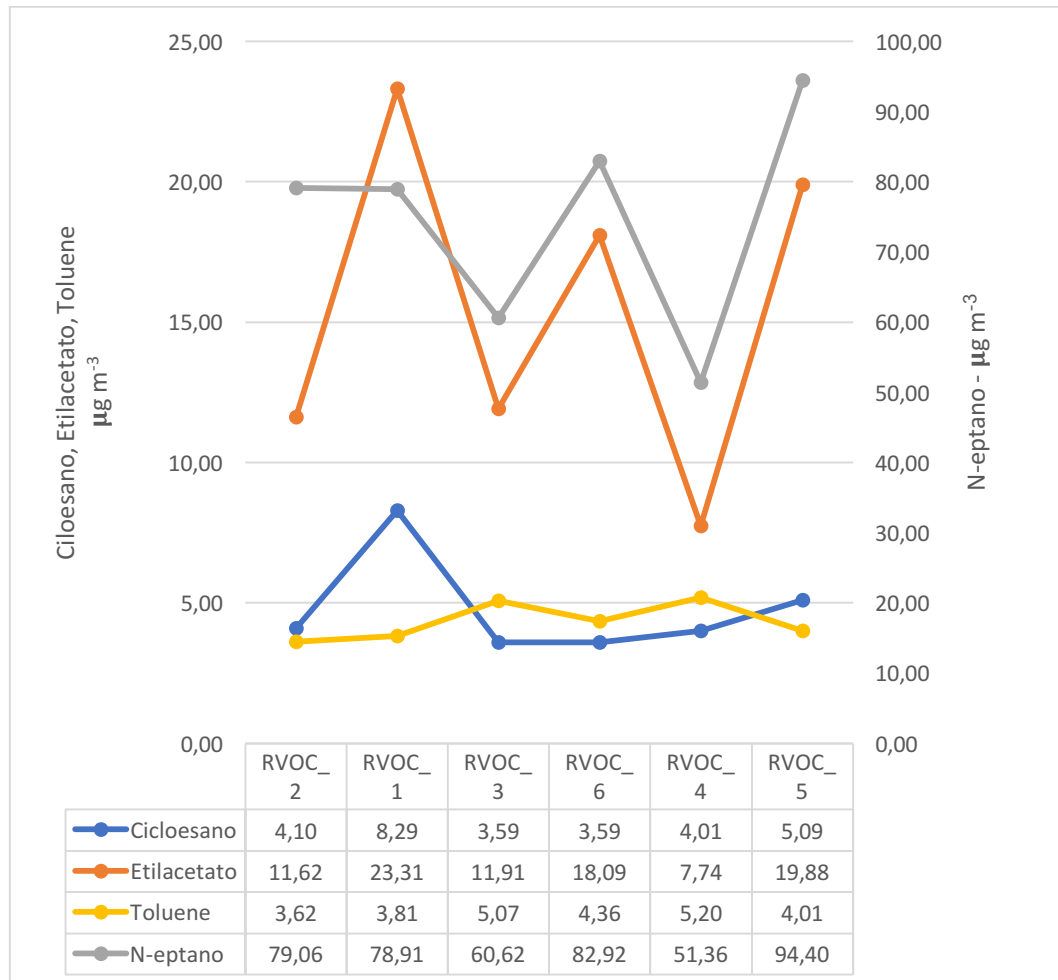


Figura 2 Distribuzione di alcuni COV analizzati

La fascia industriale risulta essere più contaminata rispetto alle altre, soprattutto nel punto RVOC_1.

Considerato che l'etilacetato trova largo uso come solvente per vernici, resine e colle (essendo relativamente meno tossico di altri solventi clorurati e che la sua presenza è concomitante con il picco del cicloesano, (altro solvente ampiamente utilizzato in ambito industriale) vi è la evidenza della presenza di una sorgente emissiva di tali sostanze. Con

riferimento all'analisi delle sorgenti industriali note si può ipotizzare che l'origine dei VOC riconducibili a solventi sia il polo calzaturiero localizzato a sud del campionario.

La presenza di una sorgente emissiva che interessa l'intera area è inoltre rafforzata dalla presenza di n-eptano in tutti i siti: tale composto è utilizzato nei processi calzaturifici e di produzione della gomma.

Le concentrazioni ritrovate sono state successivamente comparate con i limiti di sicurezza (Tabella 4) descritti nel paragrafo §2.2.

Tabella 4 Valori limite di sicurezza degli elementi ritrovati

	TLV-TWA	IDLH	Limite di rilevabilità dell'odore	PAC-1	PCA-2	PAC-3
	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>mg m⁻³</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>	<i>ppm</i>
<i>Cicloesano</i>	300	1300	1.44E+00	300	1700	10000
<i>Etere etilico</i>	400	1900	9.90E-01	-	-	-
<i>Etilacetato</i>	400	2000	1.96E-02	1200	1700	10000
<i>Isoottano</i>	300	1000	7.25E+02	-	-	-
<i>m+p Xileni</i>	-	-	2.00E+02	-	-	-
<i>N-eptano</i>	400	750	-	500	830	5000
<i>N-esano</i>	50	1100	8.03E+00	260	2900	8600
<i>Toluene</i>	50	500	3.48E-01	67	560	3700

I valori superati sono quelli riferiti alla soglia di rilevabilità dell'odore dell'etilacetato nei siti RVOC_1 e RVOC_5, mentre non sono superati i valori di soglia per la tossicità umana.

Per i siti RVOC_3 e RVOC_6 si è molto vicini alla soglia indicata per cui è possibile che la rilevazione olfattiva sia avvertita da persona più sensibili in alcuni momenti della giornata/notte.

È utile ricordare che le misure effettuate sono mediate e non istantanee e che un valore vicino alla soglia è sicuramente indice di superamenti nel corso del tempo.

Infine, confrontando i risultati ottenuti dalla presente campagna sperimentale rispetto a quella condotta nel 2014, è possibile notare un effettivo miglioramento della concentrazione di BTEX all'interno dell'area comunale.



Tabella 5 Concentrazione COV: in rosso i valori superati rispetto ai limiti riportati nei paragrafi precedenti

	RVOC_1		RVOC_2		RVOC_3		RVOC_4		RVOC_5		RVOC_6	
	mg m ⁻³	ppm - mg/kg	mg m ⁻³	ppm - mg/kg	mg m ⁻³	ppm - mg/kg	mg m ⁻³	ppm - mg/kg	mg m ⁻³	ppm - mg/kg	mg m ⁻³	ppm - mg/kg
<i>Cicloesano</i>	8.29E-03	7.03E-03	8.29E-06	7.03E-06	3.59E-03	3.04E-03	4.01E-03	3.40E-03	5.09E-03	4.32E-03	3.59E-03	3.05E-03
<i>Etere etilico</i>	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.97E-03	5.07E-03	6.45E-03	5.48E-03	0.00E+00	0.00E+00
<i>Etilacetato</i>	2.33E-02	1.98E-02	2.33E-05	1.98E-05	1.19E-02	1.01E-02	7.74E-03	6.57E-03	1.99E-02	1.69E-02	1.81E-02	1.54E-02
<i>Isoottano</i>	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.02E-01	8.64E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
<i>m+p Xileni</i>	2.34E-03	1.98E-03	2.34E-06	1.98E-06	2.33E-03	1.98E-03	2.33E-03	1.98E-03	2.34E-03	1.99E-03	2.34E-03	1.99E-03
<i>N-eptano</i>	7.89E-02	6.70E-02	7.89E-05	6.70E-05	6.06E-02	5.15E-02	5.14E-02	4.36E-02	9.44E-02	8.01E-02	8.29E-02	7.04E-02
<i>N-esano</i>	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.86E-03	4.13E-03	4.10E-03	3.48E-03	2.36E-02	2.00E-02	7.46E-03	6.33E-03
<i>Toluene</i>	3.81E-03	3.24E-03	3.81E-06	3.24E-06	5.07E-03	4.30E-03	5.20E-03	4.41E-03	4.01E-03	3.41E-03	4.36E-03	3.70E-03

7 Conclusioni

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria realizzata presso il comune di Carinaro ha posto sotto verifica analitica sette punti appositamente selezionati in accordo con l'amministrazione comunale allo scopo di avere un quadro globale della situazione.

Le analisi hanno dimostrato un miglioramento generale del comparto atmosferico rispetto alle condizioni precedentemente riscontrate nell'anno 2014/2015 con una presenza inferiore di composti organico volatili e sostanze odorogene.

Le concentrazioni di toluene e xileni sono comparabili con i dati di letteratura scientifica concernenti città *poco o mediamente inquinate*: l'origine di tale contaminazione è principalmente il traffico veicolare, fonte principale di tali composti.

Tuttavia, sono state rilevate criticità per alcuni composti organico volatili: etilacetato e cicloesano, la cui origine non è adducibile al traffico veicolare e/o al riscaldamento. Essi sono infatti riconducibili a processi manifatturieri che utilizzano solventi: tali composti, seppur con concentrazioni al di sotto delle soglie considerate rischiose per la salute umana, dimostrano la presenza di una fonte emissiva, puntuale o diffusa, a monte dei punti di campionamento ovvero all'interno dell'area di sviluppo industriale Aversa Nord.

Il valore particolarmente elevato di isottano rilevato presso RVOC_4 indica la presenza di una sorgente nelle vicinanze del punto di analisi: l'assenza di tale composto in tutti gli altri campioni caratterizza la fonte come puntuale.

Bibliografia

Buczynska, A.J., Krata, A., Stranger, M., Locateli Godoi, A.F., Kontozova-Deutsch, V., Bencs, L., Naveau, I., Roekens, E., Van Grieken, R., 2009. Atmospheric BTEX-concentrations in an area with intensive street traffic. *Atmospheric Environment* 43, 311-318.

CAMEO chemicals, Database of Hazardous Materials, 2.7 rev.1 ed, <https://cameochemicals.noaa.gov/>.

Caselli, M., de Gennaro, G., Marzocca, A., Trizio, L., Tutino, M., 2010. Assessment of the impact of the vehicular traffic on BTEX concentration in ring roads in urban areas of Bari (Italy). *Chemosphere* 81, 306-311.

D'Orsogna, M.R., Chou, T., 2010. Danni alla salute umana causati dall'idrogeno solforato.

Decreto Legislativo, 155/2010. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa., *Gazzetta Ufficiale*.

WHO, 2005. WHO Air quality guidelins for particular matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.