Characterization of chemicals released to the environment by electronic cigarettes use (ClearStream-AIR project): is passive vaping a reality?[3]

G. Romagna MD[1], L. Zabarini[1], L. Barbiero[1], E. Bocchietto[1], S. Todeschi[1], E. Caravati[1], D. Voster[1], K. Farsalinos MD[2]

September 1, 2012

[1] ABICH S.r.l., biological and chemical toxicology research laboratory, Verbania, Italy

[2] Onassis Cardiac Surgery Center, Athens, Greece

[3] Abstract was accepted and presented as poster at the SRNT meeting 2012 in Helsinki.

Abstract

Background Electronic cigarettes (e-CIG) have been marketed as a safer alternative habit to tobacco smoking. We have developed a group of research protocols to evaluate the effects of e-CIG on human health, called ClearStream. No studies have adequately evaluated the effects of e-CIG use on the release of chemicals to the environment. The purpose of this study was to identify and quantify the chemicals released on a closed environment from the use of e-CIG (ClearStream-AIR).

Methods A 60 m^3 closed-room was used for the experiment. Two sessions were organized, the first using 5 smokers and the second using 5 users of e-CIG. Both sessions lasted 5 h. Between sessions, the room was cleaned and ventilated for 65 h. Smokers used cigarettes containing 0.6 mg of nicotine while e-CIG users used commercially available liquid (FlavourArt) with nicotine concentration of 11 mg/ml. We measured total organic carbon (TOC), toluene, xylene, carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x), nicotine, acrolein, poly-aromatic hydrocarbons (PAHs) glycerin and propylene glycol levels on the air of the room.

Results During the smoking session, 19 cigarettes were smoked, administering 11.4 mg of nicotine (according to cigarette pack information). During the e-CIG session, 1.6 ml of liquid was consumed, administering 17.6 mg of nicotine. During the smoking session we found: TOC=6.66 mg/m^3, toluene=1.7 µg/m^3, xylene=0.2 µg/m^3, CO=11 mg/m^3, nicotine=34 µg/m^3, acrolein=20 µg/ml and PAH=9.4 µg/m^3. No glycerin, propylene glycol and NO_x were detected after the smoking session. During the e-CIG session we found: TOC=0.73 mg/m^3 and glycerin=72 µg/m^3. No toluene, xylene, CO, NO_x, nicotine, acrolein or PAHs were detected on room air during the e-CIG session.

Conclusions Passive vaping is expected from the use of e-CIG. However, the quality and quantity of chemicals released to the environment are by far less harmful for the human health compared to regular tobacco cigarettes. Evaporation instead of burning, absence of several harmful chemicals from the liquids and absence of sidestream smoking from the use of the e-CIG are probable reasons for the difference in results.

Introduzione

La rapida espansione, negli ultimi anni, del mercato della sigaretta elettronica, legata in parte alla possibilità di utilizzarla anche nei luoghi in cui è vietato fumare, ha fatto sorgere alcune perplessità sulla sua sicurezza in questi contesti. Ad oggi però queste perplessità si basano più su ragionamenti di tipo ipotetico che su valutazioni scientifiche. Scopo di questo esperimento, è quello di iniziare a comprendere e misurare qual è l'impatto del fumo elettronico sull'atmosfera di un ambiente chiuso, confrontandolo con il fumo tradizionale.

Protocollo

Per l'esperimento è stata predisposta una stanza, con un volume pari a circa $60\,m^3$, all'interno della quale sono stati allestiti dei sistemi di campionamento dell'aria.

Al fine di garantire una maggiore sensibilità e per rimuovere la variabile legata al ricircolo d'aria, l'esperimento è stato condotto in un ambiente senza rinnovo d'aria esterna.

I parametri analizzati sono stati:

- CO
- NO_x
- Acroleina
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)
- Carbonio Organico Totale (COT)
- Sostanze Organiche Volatili (SOV)
- Nicotina
- Glicerina
- Glicole Propilenico

Alcuni di questi parametri (CO, NO_x, COT) sono stati monitorati in continuo. Per tutti gli altri sono state impiegate delle fiale e delle membrane specifiche per catturare le varie famiglie di composti in esame in modo cumulativo.

Procedura

L'esperimento si è svolto in 2 sessioni, una per i fumatori ed una per i *vaper*[1], della durata di 5 h ciascuna ed ha coinvolto, per ogni sessione, 5 volontari.

[1] Termine anglosassone gergale, utilizzato per indicare un utilizzatore abituale di sigaretta elettronica.

Introduction

The rapid expansion of the e-cigarette market in recent years, due in part to the fact that they can be used also in no smoking areas, has given rise to perplexities on their safety in these contexts. However, thus far, these perplexities are based more on hypothetical reasons rather than scientific evaluations. The aim of this experiment is to understand and to measure what kind of impact e-cigarettes use has on a closed environment atmosphere compared to traditional cigarette smoking.

Protocol

A $60\,m^3$ volume room was used for the experiment. This room was fitted with air sampling systems.

In order to guarantee a higher sensitivity and remove air recirculation-dependant variables, the experiment was performed without renewal of indoor air.

The following parameters were analyzed:

- CO
- NO_x
- Acrolein
- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs).
- Total Organic Carbon (TOC)
- Volatile Organic Compounds (VOCs)
- Nicotine
- Glycerine
- Propylene Glycol

Some of these parameters (CO, NO_x, TOC) were monitored continuously. For all the other parameters, in order to capture the various types of compounds cumulatively, vials and specific membranes were used.

Procedures

The experiment was divided in two sessions: one for vapers[1] and one for smokers. Each session lasted 5 h and involved 5 volunteers.

Between the sessions the room was cleaned and ventilated for 65 h, in order to restore the original

[1] English slang term indicating an electronic cigarette user.

Tra le due sessioni la stanza è stata pulita ed arieggiata per complessive 65 h al fine di ripristinare le condizioni di neutralità iniziali.

Sessioni di Campionamento

Nel corso delle due prove, dopo aver allestito la stanza per il campionamento e rilevato i parametri di partenza, 5 volontari hanno fumato le loro sigarette o usato la loro personale sigaretta elettronica, a seconda della sessione in corso.

Ai volontari è stato spiegato che avrebbero potuto fumare/*svapare*[2] nelle quantità e nei tempi più adatti alle loro personali esigenze, a condizione di svolgere questa attività sempre all'interno del locale predisposto per l'esperimento.

La permanenza nel locale è stata tassativamente limitata al tempo strettamente necessario a fumare/*svapare*.

L'accesso e la permanenza nel locale sono stati consentiti ad un massimo di 3 volontari contemporaneamente.

La porta della stanza è rimasta chiusa se non per il tempo necessario ad entrare o ad uscire.

Tutti i volontari hanno firmato un consenso informato prima di prendere parte allo studio.

Per la sessione fumatori, si è provveduto ad annotare il numero di sigarette fumate, mentre per la sessione *vaper* è stato valutato il peso del liquido consumato, con una bilancia di precisione.

Volontari

I volontari fumatori avevano un età media di circa 21 anni con una storia media di 6.5 anni di fumo ed un consumo medio giornaliero di circa 17 sigarette. Il contenuto di nicotina delle sigarette fumate era pari a 0.6 mg per sigaretta. Nel corso della sessione di campionamento sono state fumate complessivamente 19 sigarette, che hanno dispensato ai fumatori circa 11.4 mg di nicotina, basandosi su quanto riportato sul pacchetto.

I *vaper* hanno dichiarato di usare la sigaretta elettronica in maniera esclusiva da circa 3 mesi (min 1, max 6) con un consumo giornaliero di liquido[3] pari a 1.5 ml e un contenuto di nicotina medio di 11 mg/ml. Tutti i volontari, hanno usato un liquido commerciale (*Heaven Juice* tradizionale) prodotto dalla ditta FlavourArt, mentre per la sessione di svapo è stata usata una sigaretta elettronica commerciale EGO Pulse della Smokie's®.

Durante la sessione di campionamento sono stati vaporizzati 1760 mg di liquido, pari a 1.6 ml contenenti

[2] Termine gergale largamente usato, derivato dall'inglese *to vape*, ed impiegato per indicare l'azione di chi fuma una sigaretta elettronica.

[3] Tutti i liquidi per sigaretta elettronica utilizzati nell'esperimento erano del tipo *Heaven Juice Tradizionale* di FlavourArt, contenenti circa il 40% di glicerolo USP, circa il 50% di glicole propilenico USP, da 0.9% a 1.8% di nicotina USP, <1% di componente aromatica, acqua depurata, secondo quanto ricavato dalla documentazione fornita del produttore.

The mean age of smokers was about 21 years and they were smoking on average 17 cigarettes per day for 6.5 years. The nicotine content in the smoked cigarettes was 0.6 mg per cigarette. During the sampling session, a total of 19 cigarettes were smoked which dispensed about 11.4 mg of nicotine, according to the information on cigarette packs.

Vapers declared that they had been using e-cigarettes exclusively for about 3 months (min 1, max 6), with a liquid[3] daily intake of 1.5 ml, and an average nicotine content of 11 mg/ml.

For e-cigarette users, a commercially available liquid (Heaven Juice traditional) produced by FlavourArt was used, and a commercial EGO Pulse device by Smokie's®.

During the sampling session, 1760 mg of liquid were vaporized, which is equal to 1.6 ml containing

neutral conditions.

Sampling Sessions

For the two tests, the room was initially prepared for the sampling and analyzed for baseline conditions. Then, 5 volunteers smoked their cigarettes or e-cigarettes, depending on the session.

Volunteers were allowed to smoke/vape[2] as much as and whenever they wanted, provided that they used the room set for the experiment.

The time that volunteers spent in the room was strictly limited to smoking/vaping.

Only a maximum of 3 volunteers were allowed in the room at the same time.

The door of the room was opened only to let volunteers in or out.

Informed consent was obtained by all subjects before participating to the study.

During the smokers' session, the number of smoked cigarettes was noted down. During the vapers' session, the weight of consumed liquid, was evaluated using a precision scale.

Volunteers

[2] English term *to vape* indicating the act of e-smoking.

[3] Heaven Juice Traditional e-cigarette liquids by Flavour Art were used during the experiment. They contained about 40% of USP glycerol, 50% of USP propylene glycol, from 0.9% to 1.8% of USP nicotine, <1% aromatic component, purified water, according to the information provided by the producer.

Composti Analizzati Analyzed compounds	Supporto di campionamento Sampling medium	Litri campionati (teorici) Sampled liters (theoretical)	Metodo Method
Nicotina **Nicotine**	Fiala XAD-2 XAD-2 vial	600	NIOSH 2544
Glicoli - Glicerina **Glycols - Glycerine**	Filtro in fibra di vetro + fiala XAD-7 Glass fiber filter + XAD-7 vial	600	NIOSH 5523
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) **Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)**	Filtro in fibra di vetro + fiala XAD-2 Glass fiber filter + XAD-2 vial	600	NIOSH 5515
Acroleina **Acrolein**	Fiala di Silica gel + DPNH Silica gel vial + DPNH	60	NIOSH 2018
SOV **VOCs**	Fiala di carbone attivo Activated carbon vial	60	UNI EN 13649

Tab. 1: Metodi utilizzati per il campionamento dei composti. / Methods used for substances sampling.

to da *FlavourArt* e un dispositivo EGO Pulse di Smokie's®.

Durante la sessione di campionamento, sono stati vaporizzati 1760 mg di liquido, pari a circa 1.6 ml e contenenti circa 17.6 mg di nicotina.

Materiali e Metodi

Per le metodiche di campionamento sono state adottate diverse procedure sia della normativa UNI che NIOSH, impiegando differenti fiale SKC specifiche per i diversi componenti da ricercare. Per alcune molecole sono state utilizzate anche delle membrane filtranti in fibra di vetro o in PTFE con porosità di 0.8 µm (Tab. 1).

Ogni fiala è stata collegata ad un campionatore aspirante portatile, calibrato e impostato per aspirare uno specifico volume, in funzione della durata dell'esperimento e delle specifiche della metodica in uso.

A questi sistemi di campionamento cumulativo, sono stati affiancati, un rilevatore di CO, CO_2, NO_x, e un rilevatore di COT a ionizzazione di fiamma FID.

A fine esperimento, le fiale e le membrane sono state sigillate e trasportate presso i laboratori ABICH S.r.l.[4] per le analisi.

Risultati

Le analisi dei campioni hanno evidenziato numerose e sostanziali differenze tra fumo di sigaretta e fumo elettronico, sia in termini di impatto sulla qualità dell'aria, sia anche in termini di tossicità. (Tab. 2).

Per il campionamento sono state impiegate delle membrane in PTFE e siamo rimasti colpiti dal co-

[4]ABICH S.r.l., Verbania (VB), Italia

about 17.6 mg of nicotine.

Materials and Methods

Considering the sampling methodologies different procedures both from UNI and NIOSH have been used. Different SKC vials specific for the different components to search were used. For some molecules, also fiberglass or PTFE 0.8 µm porosity membrane filters were used (Tab. 1).

Each vial was linked with a portable suction sampler, calibrated and set to aspirate a specific volume, depending on the duration of the experiment and on the method details.

In addition to these cumulative sampling systems, a CO and CO_2 and NO_x detector and a FID flame ionization TOC detector were used.

At the end of the experiment, the vials and the membranes were sealed and taken to the ABICH S.r.l.[4] labs for the analysis.

Results

The sampling analysis underlined many and fundamental differences between cigarette smoking and e-cigarette smoking, both in terms of impact on air quality and also on toxicity. (Tab. 2).

PTFE membranes have been used for the sampling. We were surprised by the colour of the mem-

[4]ABICH S.r.l.,Verbania (VB), Italy

Parametro Parameter	Volume Campionato* Sampled Volume* [L]	Concentrazione Media* Mean Concentration* [mg/m^3]	
		Sigaretta Tradizionale Traditional Cigarette	Sigaretta Elettronica Electronic Cigarette
Nicotina / Nicotine	600	0.034	< 0.001**
Glicerina / Glycerine	600	< 0.001**	0.072
Glicolene Propilenico / Propylene Glycol	600	< 0.01**	< 0.01**
Acroleina / Acrolein	60	0.020	< 0.0016**

Tempo di campionamento: 300 minuti. / Sampling time: 300 minutes.

* dati relativi alle condizioni operative di riferimento (20°C e 0.101 MPa) riprodotte dall'attrezzatura / values refer to ideal working conditions (20°C and 0.101 MPa) simulated by the equipment

** inferiore alla soglia rilevabile dalla metodica / below the instrument sensitivity

Tab. 2: Sostanze rilevate. / Detected substances.

lore assunto dalle membrane alla fine delle sessioni. Questo, pur non costituendo un dato analitico di per sé, in qualche modo ci ha dato un'idea dei risultati che avremmo ottenuto (Fig. 3 e 4).



Fig. 3: Membrana in PTFE al termine della sessione di fumo tradizionale. / PTFE membrane at the end of the cigarette smoking session.



Fig. 4: Membrana in PTFE al termine della sessione di fumo elettronico. / PTFE membrane at the end of the e-cigarette session.

CO (Monossido di Carbonio) [12] Il monossido di carbonio non ha mostrato alcuna variazione con il fumo elettronico, rimanendo al di sotto dei limiti di rilevabilità dello strumento, mentre il fumo di sigaretta ha prodotto un costante incremento della sua concentrazione durante tutta la durata del campionamento, raggiungendo un picco di 11 mg/m^3, valore questo, al di sopra della soglia di legge (10 mg/m^3)[5] (Fig. 5).

Il monossido di carbonio è un gas tossico con una elevata affinità per l'emoglobina, compromettendo

CO (Carbon Monoxide) [12] The levels of carbon monoxide did not show any variation during e-cigarette smoking, remaining below the detection limits of the tool. On the contrary cigarette smoking produced a steady elevation in CO throughout the sampling period. It reached a peak of 11 mg/m^3, which is above the legal threshold (10 mg/m^3)[5] (Fig. 5).

Carbon monoxide is a toxic gas with a high affinity for haemoglobin, compromising its ability to transport oxygen. Smokers, continue to exhale out high levels of CO several hours after smoking their

[5]Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

[5]Legislative decree 13th August 2010, n.155. Application of the directive 2008/50/CE concerning the quality air in the environment for a clearer air in Europe.

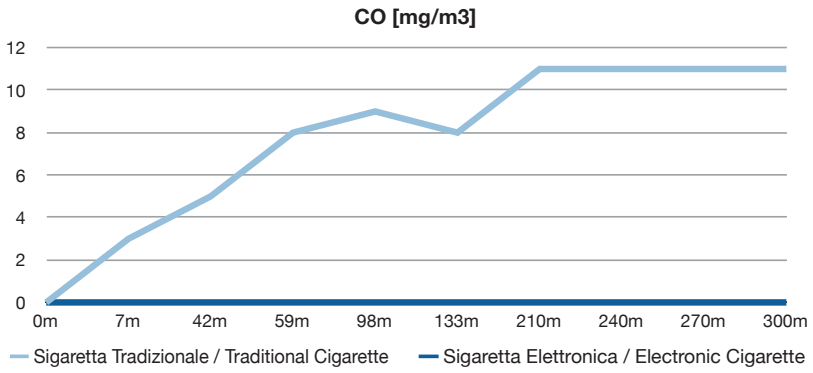


Fig. 5: Concentrazione di CO durante l'esperimento. / CO concentration during the experiment.

la sua capacità di trasportare ossigeno. Un fumatore continua ad emettere elevati livelli di monossido di carbonio, anche molte ore dopo aver fumato l'ultima sigaretta [5].

Nicotina Tra gli aspetti più interessanti, abbiamo osservato che la nicotina, pur presente nei liquidi utilizzati per l'esperimento, non è stata rilevata durante la sessione relativa al fumo elettronico. Per contro sono stati dosati 34 µg/m^3 di nicotina, con il fumo tradizionale. Va precisato che, stando a quanto riportato sui pacchetti, la quota di nicotina inalata dai fumatori, ammonta complessivamente a circa 11.4 mg, mentre i *vaper* hanno inalato nicotina per un totale di 17.6 mg. Tuttavia la quota di nicotina indicata sul pacchetto tiene conto solo della quota inalata, senza fornire alcuna informazione relativa a quella effettivamente presente nella sigaretta e liberata nell'aria durante la sua combustione.

Basandosi sui risultati osservati è possibile dedurre che il fumo di sigaretta produce una contaminazione da nicotina nell'aria, almeno 35 volte superiore a quella del fumo elettronico, il che equivale a dire che servono almeno 35 *vaper* per produrre un livello di nicotina equivalente a quello prodotto da un singolo fumatore.

Se inoltre avessimo bilanciato le prove, chiedendo ai fumatori, di consumare sigarette, in quantità tali da eguagliare il consumo di nicotina dei *vaper*, questi avrebbero dovuto fumare circa 29 sigarette, producendo una concentrazione di nicotina stimata in circa 52 µg/m^3.

Argomentare sulle ragioni di questi risultati è estremamente difficile, si potrebbe ipotizzare che esista per i *vaper* una differente cinetica di assorbimento della nicotina, o più semplicemente che le quantità in gioco siano estremamente contenute se paragonate a quelle effettivamente liberate dal fumo tradizionale. Ma al di là di queste ipotesi, tutte da verificare, il risultato in sé rimane un fatto: 5 *vaper* che utilizzano la sigaretta elettronica, per 5 h, in una last cigarette, even if the last cigarette was put out many hours before [5].

Nicotine Among all, the most interesting aspects we observed was that nicotine was not detected in air during the e-smoking session, although liquids used for experiments contained it. On the other hand, 34 µg/m^3 of nicotine were found during the smoking session. It should be made clear that, according to the information on packs, the amount of nicotine inhaled by smokers was about 11.4 mg, while the amount of nicotine inhaled by vapers was about 17.6 mg. However the amount of nicotine reported on packs is the inhaled amount. This information does not give details about the real amount of nicotine inside the cigarettes and released in the air during combustion and from side stream smoke.

Based on the observed results, we can conclude that cigarette smoking produces nicotine contamination in the air at least 35 times higher than e-smoking. This means that we need at least 35 vapers to produce nicotine level in air similar to the level produced by a single smoker.

Moreover if we had balanced the tests, asking cigarette smokers to consume the amount of cigarettes necessary to match the amount of nicotine used by vapers, the latter should have smoked about 29 cigarettes, producing an expected nicotine concentration of about 52 µg/m^3.

It's extremely difficult to discuss about the reasons for these results. We could suppose that there is a different absorption kinetics for nicotine. Or maybe the amount in play is extremely low, when compared to the nicotine amount released during traditional smoking. However beyond all these hypotheses, which have not been verified, there is one fact: 5 vapers using e-cigarettes for 5 h in a small room without renewal of indoor air do not produce detectable levels of nicotine in the air.

Parametro Parameter	Volume Campionato* Sampled Volume* [L]	Concentrazione Media* Mean Concentration* [µg/m³]	
		Sigaretta Tradizionale Traditional Cigarette	Sigaretta Elettronica Electronic Cigarette
Metiletilchetone / Methylethylketone	60	4.2	4.4
1-etil-3-metil benzene / 1-ethyl-3-methylbenzene	60	0.2	3.4
Limonene / Limonene	60	12.5	0.1
Decano / Decane	60	0.4	4.2
Undecano / Undecane	60	4.2	0.7
Dodecano / Dodecane	60	3.7	0.3
Cedrene / Cedrene	60	0.3	0.9
Longifolene / Longifolen	60	18.3	30.3
Toluene / Toluene	60	1.7	-
O,m,p – Xilene / o,m,p – Xylene	60	0.2	-
1-etil-2-metil benzene / 1-ethyl-2-methylbenzene	60	4.9	-
1,2,4-trimetil benzene / 1,2,4-Trimethylbenzene	60	0.3	-
Mentene / Menthene	60	0.5	-
BHT (Butilidrossitoluene / Butylhydroxytoluene)	60	-	0.4
Terpene / Terpene (u.s.)	60	-	2.3
Longiciclene / Longicyclene	60	-	2.2
Cariofillene / Caryophillene	60	-	1.0
n.i. totali / total u.s.	60	14.7	12.6

n.i. sostanza non identificabile / u.s. unidentifiable substance

Tempo di campionamento: 300 minuti. / Sampling time: 300 minutes.

* dati relativi alle condizioni operative di riferimento (20°C e 0.101 MPa) riprodotte dall'attrezzatura / values refer to ideal working conditions (20°C and 0.101 MPa) simulated by the equipment

** inferiore alla soglia rilevabile dalla metodica / below the instrument sensitivity

Tab. 6: Sostanze Organiche Volatili. / Volatile Organic Compounds.

stanza di piccole dimensioni e senza rinnovo d'aria, non producono livelli rilevabili di nicotina nell'aria.

Glicole Propilenico Altro parametro inatteso è il glicole propilenico, che non è stato rilevato durante la prova con il fumo elettronico, pur costituendo il 50% del liquido[3].

Questo curioso fenomeno è stato osservato anche in un altro studio simile [11]. Anche questo studio non ha rilevato nicotina nel vapore passivo di una stanza sperimentale (significativamente più piccola della stanza da noi utilizzata). Alcuni esperimenti suggeriscono che l'assorbimento del glicole propilenico per via inalatoria sia estremamente rapido [17] e questo potrebbe spiegare perché questa molecola pur così abbondante non è stata rilevata.

Glicerina e Acroleina Non è stata rilevata glicerina relativamente al fumo di sigaretta, mentre ne è stata rilevata una traccia con il fumo elettronico, pari a 72 µg, valore molto al di sotto della soglia di

Propylene Glycol Results on propylene glycol were also unexpected. During e-smoking tests, propylene glycol was not detected, although 50% of liquid[3] consisted of propylene glycol.

This curious phenomenon has also been observed in a similar study [11]. Even in that case, nicotine was not detected in an experimental room of the passive vaping (which was significantly smaller than the room we used). Some studies suggest that propylene glycol absorption via inhalation is extremely rapid [17]. This could explain why this molecule has not been detected even though it was present in significant amounts in the liquid used.

Glycerine and Acrolein No glycerine was detected in air during cigarette smoking. On the other hand, 72 µg/m^3 were detected during e-smoking. This amount is much lower than the threshold safety

Parametro Parameter	Volume Campionato* [L] Sampled Volume*	Concentrazione Media* [µg/m³] Mean Concentration*	
		Sigaretta Tradizionale Traditional Cigarette	Sigaretta Elettronica Electronic Cigarette
Naftalene / Naphthalene	600	**2.78**	< 0.02**
Acenaftilene / Acenaphthylene	600	< 0.02**	< 0.02**
Acenaftene / Acenaphthene	600	**0.19**	< 0.03**
Fluorene / Fluorene	600	**0.47**	< 0.06**
Fenantrene / Phenanthrene	600	**0.37**	< 0.08**
Antracene / Anthracene	600	< 0.04**	< 0.04**
Fluorantene / Fluoranthene	600	**0.13**	< 0.02**
Pirene / Pyrene	600	< 0.01**	< 0.01**
Benzo(a)antracene / Benzo(a)anthracene	600	< 0.16**	< 0.16**
Crisene / Chrysene	600	**5.46**	< 0.14**
Benzo(b)fluorantene / Benzo(b)fluoranthene	600	< 0.33**	< 0.33**
Benzo(k)fluorantene / Benzo(k)fluoranthene	600	< 0.74**	< 0.74**
Benzo(a)pirene / Benzo(a)pyrene	600	< 0.62**	< 0.62**
Indeno(1,2,3-cd)pirene / Indeno(1,2,3-cd)pyrene	600	< 1.47**	< 1.47**
Dibenzo(a,h)antracene / Dibenzo(a,h)anthracene	600	< 1.47**	< 1.47**
Benzo(ghi)perilene / Benzo(g,h,i)perylene	600	< 1.60**	< 1.60**

Tempo di campionamento: 300 minuti. / Sampling time: 300 minutes.

* dati relativi alle condizioni operative di riferimento (20°C e 0.101 MPa) riprodotte dall'attrezzatura / values refer to ideal working conditions (20°C and 0.101 MPa) simulated by the equipment

** inferiore alla soglia rilevabile dalla metodica / below the instrument sensitivity

Tab. 7: Idrocarburi Policiclici Aromatici. / Polycyclic Aromatic Hydrocarbons.

azione (TWA-TLV 10 mg/m^3) e ben al di sotto della soglia definita di rischio moderato o irrilevante [4].

Tuttavia, bisogna rilevare che l'acroleina, molecola che si forma della disidratazione ad elevate temperature della glicerina, era presente e ben rilevabile nell'aria della stanza, durante la prova dei fumatori (20 µg/m^3).

È noto infatti che la glicerina viene spesso aggiunta ai tabacchi come umettante e durante la combustione si trasformi in acroleina [3]. L'assenza di processi di combustione nel fumo elettronico, è di fondamentale importanza per comprendere come mai l'acroleina non sia stata rilevata nell'aria durante la prova.

L'acroleina è una sostanza notoriamente molto tossica e irritante, inoltre è attualmente sospetta per avere un ruolo nei processi di cancerogenesi [1].

limit (TWA-TLV 10 mg/m^3) and much lower than the threshold for moderate risk [4].

However, it's important to note that acrolein, a molecule formed by dehydration of glycerine due to high temperatures, was present in the air of the room during cigarette smoking test (20 µg/m^3).

In fact, it is well known that glycerine is often added to moisten tobacco. During combustion glycerine is transformed into acrolein [3]. The fact that no combustion is involved when using e-cigarettes probably plays a fundamental role in the absence of acrolein from indoor air during their use.

As everyone knows, acrolein is a very toxic and irritating substance. Moreover it is currently suspected of having a fundamental role in the carcinogenic process [1].

SOV Dall'analisi delle sostanze organiche volatili, sono state evidenziate fondamentalmente componenti aromatiche, in particolare il longifolene, tipico dell'aroma di pino, era presente in entrambe le prove. È probabile che questo composto facesse parte dei prodotti detergenti o deodoranti impiegati per pulire la stanza prima dell'esperimento. In merito

VOCs During the analysis of volatile organic compounds, aromatic components were detected, in particular longifolen, typical of pine aroma, in both tests. One of the detergents used to clean the room before the test could have contained this compound. Regarding cigarette smoking, xylene and toluene were detected. These are two very common toxic

al fumo di sigaretta, si rilevano comunque tracce di xilene e toluene, due composti tossici, normalmente presenti nel fumo di sigaretta. Il limonene, terpene dell'olio essenziale di limone, è stato rilevato solo durante la prova con il fumo tradizionale ed in effetti questa molecola è stata riscontrata anche da altri studi come componente del fumo di sigaretta [11] (Tab. 6).

IPA Tra i composti più rilevanti, in termini di tossicità cronica del fumo di tabacco, ci sono certamente gli idrocarburi policiclici aromatici. Questi composti, prodotti durante il processo di combustione, sono noti per gli effetti cancerogeni e mutageni.

La prova ha identificato 6 dei 16 IPA ricercati, durante la sessione con il fumo tradizionale, mentre non è stato rilevato nulla con il fumo elettronico (Tab. 7).

COT [15] L'analisi del carbonio organico totale, non ci dà informazioni specifiche sulla tossicità. È un modo per valutare globalmente la quantità di materia organica immessa nell'aria, senza distinguere tra sostanze tossiche e non tossiche. Tuttavia questo parametro ci fornisce una visione globale del grado di contaminazione dell'aria, durante tutta la durata dell'esperimento.

Nel grafico è possibile osservare l'andamento dei livelli di COT nell'aria durante le 5 h di campionamento.

Dal grafico è stato sottratto il valore di fondo presente all'inizio del campionamento ($1\,mg/m^3$).

Due aspetti sono interessanti a mio parere. In primo luogo i livelli massimi con il fumo di sigaretta sono oltre 9 volte più alti che con il fumo elettronico, in secondo luogo, il fumo impiega appena 11 minuti, a raggiungere il valore massimo raggiunto dalla sigaretta elettronica ($0.73\,mg/m^3$), nel tempo di 5 h (Fig. 8).

compounds in cigarette smoking. Limonene which is an oil lemon terpene, was detected only during the traditional smoking test. In fact this molecule was found as a component in cigarette smoke even in other studies [11] (Tab. 6).

PHAs Polycyclic aromatic hydrocarbons are, without doubt, among the most important compounds in terms of chronic toxicity caused by tobacco smoking. These substances, which are produced during the combustion process, are well known for their carcinogenic and mutagenic effects.

During the traditional cigarette smoking session, 6 out of 16 PAHs were identified. Nothing was identified during the e-cigarette session (Tab. 7).

TOC [15] The total organic carbon analysis does not give us specific information about toxicity. It is a measure of the overall amount of organic matter released in the air. There is no distinction between toxic and non-toxic substances. However this parameter gives us a global view of the degree of contamination of air, throughout the whole experiment.

The chart shows the TOC level trends in the air during the 5 h sampling.

The chart does not contain the original value of air at the beginning of the sample ($1\,mg/m^3$).

In my opinion there are two interesting aspects which should be underlined. Firstly, the maximum levels during cigarette smoking sessions are 9 times higher than the e-smoking session. Secondly, cigarette smoking takes just 11 minutes to reach a value similar to the maximum value measured for the e-cigarette ($0.73\,mg/m^3$), in 5 h (Fig. 8).

Conclusioni

L'esperimento su descritto ha evidenziato, limitatamente ai parametri osservati, che il fumo elettronico non comporta l'immissione nell'aria di un ambiente chiuso, di sostanze tossiche o cancerogene in quantità rilevabili. Ulteriori studi sono necessari, per approfondire e meglio definire tutti gli aspetti coinvolti, ma questa valutazione preliminare suggerisce che l'impatto del fumo elettronico passivo, se confrontato con quello del fumo di sigaretta, è talmente ridotto da essere appena rilevabile e non presenta le caratteristiche di tossicità e di cancerogenicità rilevate nel fumo di sigaretta. L'assenza di combustione e la mancanza di fumo secondario (*sidestream smoke*), noto per i suoi effetti tossici [2, 6], sono probabilmen-

Conclusions

The above experiment, within the limits of the observed parameters, has underlined that e-smoking does not produce detectable amounts of toxic and carcinogenic substances in the air of an enclosed space. Further studies are needed to better understand all the involved aspects. However this preliminary assessment indicates that passive vaping impact, when compared to the traditional cigarette smoking, is so low that it is just detectable, and it does not have the toxic and carcinogenic characteristics of cigarette smoking. The absence of combustion and the lack of sidestream smoking, with its known toxic effects [2, 6] are probably the main reasons for the differences observed in air pollution characteristics

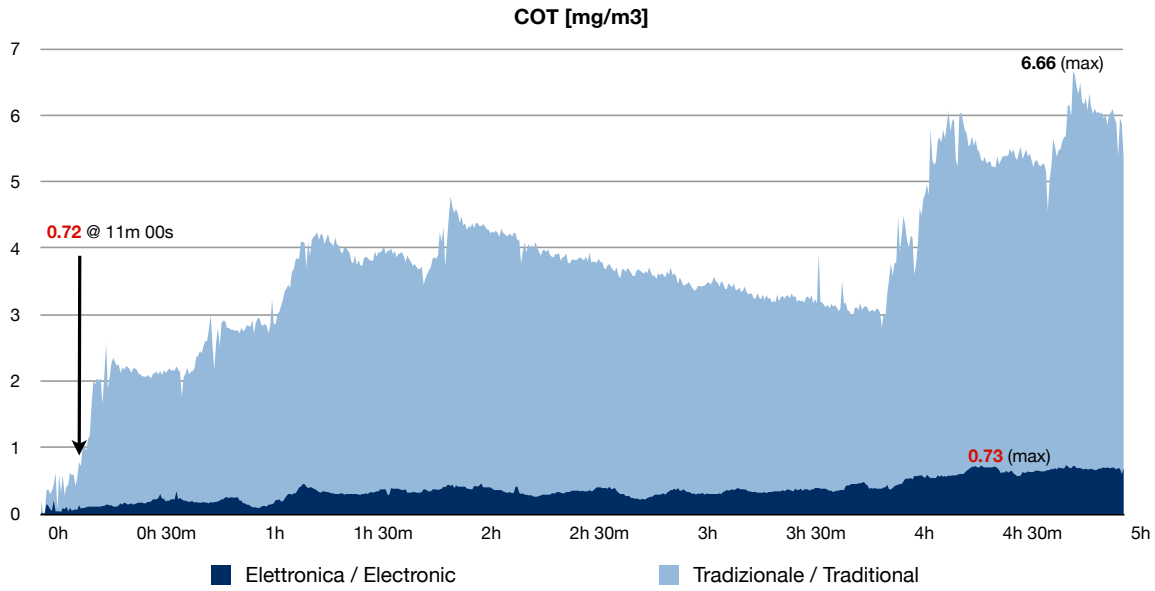


Fig. 8: Carbonio Organico Totale. / Total Organic Carbon.

te alla base delle differenze osservate, in termini di inquinamento dell'aria, tra fumo di tabacco e fumo elettronico.

Come considerazione finale, basandosi sui risultati ottenuti e sui dati dell'ARPA in materia di inquinamento urbano, potrebbe essere meno salutare, respirare l'aria di una grande città nell'ora di punta, piuttosto che sostare in una stanza con qualcuno che usa una sigaretta elettronica.

between e-cigarettes and tobacco smoking.

On the base of the obtained results and on ARPA data about urban pollution, we can conclude by saying that could be more unhealty to breath air in big cities compared to staying in the same room with someone who is vaping.

References

[1] K. Bein and G. D. Leikauf. "Acrolein - a pulmonary hazard". In: *Mol Nutr Food Res* 55.9 (Sept. 2011), pp. 1342–1360.

[2] J. T. Bernert et al. "Increases in tobacco exposure biomarkers measured in non-smokers exposed to sidestream cigarette smoke under controlled conditions". In: *Biomarkers* 14.2 (Mar. 2009), pp. 82–93.

[3] E. L. Carmines and C. L. Gaworski. "Toxicological evaluation of glycerin as a cigarette ingredient". In: *Food Chem. Toxicol.* 43.10 (Oct. 2005), pp. 1521–1539.

[4] *Direttiva 98/24/CE e il D.Lgs. 25/02. "rischio moderato o irrilevante"; art. 72-sexies comma 2 D.Lgs. 626/94.*

[5] D. N. Leitch et al. "Relation of expired carbon monoxide to smoking history, lapsed time, TLCO measurement and passive smoking". In: *Respir Med* 99.1 (Jan. 2005), pp. 32–38.

[6] F. Marchetti et al. "Sidestream tobacco smoke is a male germ cell mutagen". In: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 108.31 (Aug. 2011), pp. 12811–12814.

[7] *NIOSH 2018, Aldeidi - Acroleina / Determination of Aldehydes - Acrolein.*

[8] *NIOSH 2544/EPA 8270, Determinazione della Nicotina / Determination of Nicotine.*

[9] *NIOSH 5515/EPA 8270, Determinazione di Idrocarburi Policiclici Aromatici (metodo GCMS) / Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (GC-MS method).*

[10] *NIOSH 5523, Determinazione dei Glicoli / Determination of Glycols.*

[11] T. Schripp et al. “Does e-cigarette consumption cause passive vaping?” In: *Indoor Air* (June 2012).

[12] *UNI 14626/14211, Determinazione CO e NOx / Determination of CO and NOx.*

[13] *UNI EN 1076:1999, Tubi di assorbimento mediante pompaggio per la determinazione di gas e vapori. Requisiti e metodi di prova / Absorbtion tubes by pumping for the determination of gas and vapors Requirements and test methods.*

[14] *UNI EN 1232:1999, Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova / Atmosphere in the workplace. Pumps for personal sampling of chemical agents Requirements and test methods.*

[15] *UNI EN 12619/135226, Determinazione carbonio organico totale (COT) (metodo continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma FID). L'utilizzo della norma UNI 12619/13526 é stato effettuato al semplice scopo di dare una valutazione sommaria dell'immissione di sostanze organiche totali in ambiente. / Determination of Total Organic Carbon (TOC) (continuous method with flame ionization detector FID). The standard UNI 12619/13526 has been used simply to give a rough estimate of the release of organic substances in the environment.*

[16] *UNI EN 13649:2002, Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa. Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente. / Determination of the mass concentration of each organic compound in gaseous form. Method by means of active carbons and desorption through the solvent.*

[17] M. S. Werley et al. “Non-clinical safety and pharmacokinetic evaluations of propylene glycol aerosol in Sprague-Dawley rats and Beagle dogs”. In: *Toxicology* 287.1-3 (Sept. 2011), pp. 76–90.