بررسی فصلی میزان انتشار ترکیبات آلی فرار در صنایع شیمیایی وابسته به نفت طی سال های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

زهرا مرادپور[۱]، عبدالرحمن بهرامی[۲]، علیرضا سلطانیان[۳]، فرشید قربانی شهنا[۴]، امیررضا نگهبان[۵]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۱۸ تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۰۳

چکیده

زمینه و هدف: ترکیبات آلی فرار از منابع مختلفی تولید و منتشر می‌شوند و ممکن است به طور زیان‌آوری بر سلامتی، رفاه و عملکرد انسان اثر گذار باشند. بدون شک اولین گام در راستای کنترل آلاینده‌ها اندازه گیری و تجزیه‌ی آنهاست، زیرا بدون آگاهی کامل از کیفیت و کمیت آلاینده‌ها امکان مقایسه با حدود مجاز و در نهایت کنترل آنها عملی نخواهد بود.

روش بررسی: این مطالعه توصیفی- تحلیلی در صنایع شیمیایی وابسته به نفت انجام شد. در این تحقیق از ۱۸ مجتمع مستقر در یک منطقه صنعتی حدود ۳۴۶ نمونه هوا در فصل زمستان سال ۱۳۹۱ و ۳۷۰ نمونه در فصل تابستان سال ۱۳۹۲ جمع آوری گردید. در این مطالعه ۱۴ ترکیب آلی فرار مورد بررسی و اندازه گیری قرار گرفت و نمونه‌برداری از ترکیبات مورد بررسی مطابق با متدهای انیستیتو ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (NIOSH) انجام گردید. در نهایت نمونه ها توسط دستگاه های GC-FID و GC-MASS مورد تجزیه قرار گرفت. تحلیل نتایج با نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

یافته‌ها: در این مطالعه میانگین اکثر ترکیبات در تمام مجتمع ها در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان برآورد شد ($p<0/05$) همچنین طبق نتایج، میانگین نسبت بنزن به BTX، BTEX و کل VOC ها بالاترین درصد (۶۴٪) و نسبت میانگین غلظت گزیلن به این سه متغیر پایین ترین درصد (۳ تا ۷٪) را در هر دو فصل زمستان و تابستان نشان داد.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان می دهد که تجمع تعداد زیادی از مجتمع ها در کنار هم و تعدد منابع تولید کننده آلودگی در این منطقه موجب افزایش میزان آلودگی منتشره در هوای منطقه گردیده است؛ بنابراین استفاده از راهکارهای مهندسی جهت کاهش میزان آلودگی توصیه می گردد.

کلیدواژه‌ها: صنایع شیمیایی، ترکیبات آلی فرار، بنزن، تابستان و زمستان.

مقدمه

کشف و کاربرد ده‌ها هزار نوع ماده شیمیایی با خواص مختلف فیزیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی مختلف چه به صورت مواد خام و چه به صورت مواد بینابینی و محصولات نهایی موجب آلودگی هوای شهرها و خصوصا محیط‌های کاری گردیده و سلامتی افراد شاغل در صنایع و ساکنین شهرها را به مخاطره انداخته است. بدون شک اولین گام در راستای کنترل آلاینده‌ها اندازه‌گیری و تجزیه‌ی آنهاست، زیرا بدون آگاهی کامل از کیفیت و کمیت آلاینده‌ها امکان مقایسه با حدود مجاز و در نهایت کنترل آنها عملی نخواهد بود [۱].

ترکیبات آلی فرار VOCs از منابع مختلفی تولید و منتشر می‌شوند و ممکن است به طور زیان‌آوری بر سلامتی، رفاه و عملکرد انسان اثر گذار باشند [۲]. ترکیبات آلی فرار در فضای شهری و صنعتی به طور عمده از اگزوز وسایل نقلیه موتوری و سایر فرآیندهای احتراقی دیگر در اثر استفاده از سوخت‌های فسیلی، ذخیره و توزیع نفت خام، استفاده از حلال و دیگر فرآیندهای صنعتی تولید شده و منجر به افزایش غلظت محیطی VOCs شوند. پوشش گیاهی نیز منبع مهمی برای انتشار برخی از هیدروکربن‌های واکنش‌پذیر است [۳].

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۳- دانشیار گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۴- (نویسنده مسئول) دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. fghorbani@umsha.ac.ir

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

از جمله اثرات ترکیبات آلی فرار، کمک به تخریب لایه ازن در لایه استراتوسفر، تشکیل ازن فتوشیمیایی تروپوسفری، اثرات سمی و سرطان‌زایی در انسان و تقویت اثر گلخانه‌ای جهان شناخته شده است [۴]. به طور کلی عملیات پالایش نفت در گروه تاسیسات بزرگ صنعتی قرار می گیرد که با انتشار مواد مختلف به اتمسفر همراه است. انتشار این مواد عمدتاً از طریق فرآیندهای تولید، مخازن ذخیره، خطوط لوله و حمل و نقل می‌باشد [۵, ۶]. از آن جا که غلظت بالایی از ترکیبات آلی فرار در نفت و بطور گسترده در تولیدات نفتی به عنوان منبع انرژی، حلال و در تولید سایر مواد شیمیایی آلی ایجاد می‌شوند، بنابراین یک خطر عمده برای سلامت عمومی و محیط زیست می‌باشند [۷]. در صنایع پتروشیمی بسیاری از ترکیبات آلی از نفت و در واقع از تنها تعداد کمی از هیدروکربن‌های پایه مانند متان، اتان، پروپان، بنزن، تولوئن و زایلن مشتق می‌شوند [۸]. برخی از این ترکیبات نیز مانند استیرن، تولوئن و زایلن، باعث مشکلاتی از قبیل بو و عوارض نامطلوب بهداشتی می گردند [۹].

مواجهه با ترکیبات آلی فرار می‌تواند موجب اثرات حاد و مزمن مانند بیماری‌های تنفسی و در نتیجه افزایش خطر ابتلا به برخی بیماری‌ها از قبیل آسم گردد. همچنین بر روی سیستم عصبی، سیستم ایمنی و سیستم تولید مثل نیز می‌توانند تاثیر گذار باشند که از جمله علائم عصبی کلاسیک وجود گازهای فرار، احساس خستگی، سردرد، سرگیجه، تهوع، بی‌حالی و افسردگی است [۱۰, ۱۱]. این ترکیبات با توجه به نوع ترکیب و غلظت، اثرات گوناگونی را بر سلامت و بهداشت ایجاد می کنند که از جمله این اثرات مزاحمت بو، کاهش ظرفیت ریه و حتی سرطان می باشد. همچنین به دلیل بالا بودن سطح غلظت ترکیبات آلی فرار در برخی سایت های ایالات متحده آمریکا نیز سرطان، نقص های هنگام تولد و سایر بیماری های جدی گزارش شده است [۱۲]. در چین نیز انتظار می‌رود که غلظت ترکیبات آلی فرار تا سال ۲۰۲۰ به میزان ۶۰ درصد نسبت به سال ۱۹۹۰ افزایش یابد [۱۳].

بنابراین با توجه به تنوع ترکیبات آلی فرار و اثرات حاصله از آنها، همچنین با توجه به اهمیت سلامتی و رفاه افراد به ویژه نیروی انسانی در مواجهه با این ترکیبات، بر آن شدیم تا این تحقیق را جهت اندازه گیری و ارزیابی ترکیبات آلی فرار و تعیین نسبت آلاینده‌ها در فصول تابستان و زمستان در صنایع شیمیایی وابسته به نفت انجام دهیم.

روش بررسی

این مطالعه به صورت توصیفی- تحلیلی در مجتمع‌های مستقر در یک منطقه صنعتی وابسته به نفت انجام شد. در این تحقیق از ۱۸ مجتمع حدود ۳۴۶ نمونه در فصل زمستان سال ۱۳۹۱ و ۳۷۰ نمونه در فصل تابستان سال ۱۳۹۲ جمع آوری گردید. تعداد نمونه ها با توجه به انحراف معیار و حداکثر خطای مجاز در مطالعات گذشته و با در نظر گرفتن خطای نوع اول ۵ درصد، از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$n = \frac{\left(Z_{1-\alpha/2}\right)^2 \delta^2}{d^2}$$

در این تحقیق سعی شده است که تعداد نمونه های لازم در هر مجتمع بر حسب مساحت، بعد کارگری و تعداد مشاغل هر مجتمع به صورت سهمیه ای تقسیم گردد. به این ترتیب از مجتمع های با مساحت بیشتر و دارای تعداد شاغلین بیشتر، به نسبت تعداد نمونه بیشتری جمع‌آوری گردید که بیشترین تعداد نمونه متعلق به مجتمع شماره ۳ با تعداد ۸۴ عدد نمونه و کمترین تعداد نمونه متعلق به مجتمع شماره ۱۴ با ۴ عدد نمونه می باشد.

جمع آوری نمونه ها از طریق پمپ نمونه‌برداری فردی با دبی پایین مدل ۳-۲۲۲ ساخت شرکت SKC و لوله جاذب زغال فعال با منشا پوست نارگیل ۱۰۰/۵۰ میلی گرم ساخت شرکت SKC انجام شد. در این مطالعه ۱۴ ترکیب آلی فرار از جمله بنزن، تولوئن، گزیلن، استیرن، اتیل بنزن، کلروبنزن، اپی کلروهیدرین، تتراهیدروفوران، تترا کلرواتیلن، متیل اتیل کتون، ان هگزان، ۲ بوتانول، استن و ۱و۴ دی اتیل بنزن مورد بررسی و اندازه گیری

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

قرار گرفت. نمونه‌برداری از ترکیبات مورد بررسی مطابق با متدهای ۱۰۰۳، ۱۰۱۰، ۱۳۰۰، ۱۴۰۱، ۱۵۰۰، ۱۵۰۱، ۱۶۰۹، ۲۵۰۰ انیستیتو ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (NIOSH) انجام گردید [۱۴]. در این مطالعه آنالیز کیفی ترکیبات مورد نظر توسط دستگاه GC-MASS مدل CP-3380 , CP-3800 ساخت شرکت Varian, Inc کشور آمریکا و آنالیز کمی ترکیبات توسط دستگاه GC-FID مدل SHIMADZU-2010 ساخت کشور ژاپن انجام شد. جهت اطمینان از شناسایی تمام ترکیبات مورد نظر توسط دستگاه GC و GC-MS و همچنین مشخص شدن زمان ماند ترکیبات در ابتدا استانداردهای تمام ترکیبات اندازه گیری شده در مقادارهای ۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی لیتر [۱۴] در آزمایشگاه تهیه و به دستگاه های GC-FID و GC-MASS تزریق گردید. در هر دو دستگاه از ستون SGE با طول ۲۵ متر، قطر داخلی ۰/۲۲ میلی متر و قطر پوشش داخلی ۰/۲۵ میکرومتر استفاده گردید. برای آماده‌سازی نمونه‌ها از حلال کربن دی سولفید مطابق روش پیشنهادی NIOSH، استفاده شد. ویال های حاوی نمونه را به مدت ۳۰ دقیقه در داخل اولتراسونیک قرار داده تا آلاینده به طور کامل در حلال حل شود و سپس از بخش مایع بالای زغال فعال ته نشین شده استفاده گردید. برای تزریق نمونه به دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) از سرنگ هامیلتون ۱۰ میکرولیتری و برای تزریق نمونه به دستگاه گاز کروماتوگرافی طیف سنج جرمی (GC-MS) از سرنگ هامیلتون ۱ میکرولیتری استفاده شد. برنامه دمایی تنظیم شده برای هر دو دستگاه نیز مشابه بوده و حدود ۳۵ دقیقه تنظیم شد. همچنین دمای محل تزریق نیز ۱۷۰، دمای اولیه ستون ۴۰ و بالاترین دما نیز ۲۵۰ درجه در نظر گرفته شد. نمونه‌ها به ترتیب زمان نمونه‌برداری از مجتمع‌های پتروشیمی، آماده‌سازی شده و به دستگاه تزریق شدند که پس از پایان زمان آنالیز مقدار سطح زیر پیک کروماتوگرام هر تزریق و اسپکتروگرام آن جهت تشخیص کیفی، در داخل دستگاه ذخیره شد. برای مقایسه‌ی کمیت‌های اندازه‌گیری شده در گروه‌های قابل مقایسه، به دلیل نرمال نبودن اطلاعات حاصله، از آزمون ناپارامتری Mann-Whitney استفاده گردید و کلیه‌ی مقایسه ها در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ و با نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

یافته‌ها

در جداول ۱ و ۲ میانگین غلظت ۱۴ آلاینده هوای مورد بررسی به ترتیب در فصول تابستان و زمستان ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می شود میانگین تمامی ترکیبات بجز متیل اتیل کتون و اپی کلروهیدرین در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان بوده است. همچنین برخی ترکیبات از جمله تتراهیدروفوران، تتراکلرواتیلن و استن فقط در یک فصل یعنی فصل تابستان شناسایی و تعیین مقدار شده است لذا میانگین این ترکیبات در فصل زمستان صفر در نظر گرفته شد. حدود مجاز مواجهه با آلاینده ها نیز در جدول آمده است [۱۴].

در قدم بعدی میانگین نسبت بنزن، تولوئن و گزیلن به BTX (بنزن، تولوئن، گزیلن)، BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، گزیلن) و کل VOCهای مورد بررسی برآورد و نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به جدول مشخص شد که در هر دو فصل زمستان و تابستان میانگین نسبت بنزن به BTX، BTEX و کل VOCها دارای بالاترین درصد و نسبت میانگین غلظت گزیلن به این سه متغیر پایین ترین درصد را نشان داده است. شکل ۱ میانگین نسبت غلظت بنزن به BTEX را به طور واضح تر در مجتمع های مختلف نشان می دهد. بیشترین نسبت بنزن به BTEX به ترتیب در فصل تابستان و زمستان متعلق به مجتمع های ۱۴ و ۱۵ است و کمترین میزان نسبت بنزن نیز به ترتیب در فصول تابستان و زمستان برای مجتمع های ۱۰ و ۱۷ ثبت گردید. همچنین شکل ۲ نیز یک نمونه از کروماتوگرام مربوط به دستگاه GC-MS را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ۱- نتایج میانگین غلظت ترکیبات آلاینده های منتشره در هوای ۱۸ مجتمع مورد بررسی در فصل تابستان بر حسب ppm توسط GC و GC-MS

مجتمع	بنزن	تولوئن	استیرن	گزیلن	استن	ان هگزان	تتراهیدروفوران	ایی کلروهیدرین	۲بوتانول	تتراکلرواتیلن	کلروبنزن	اتیل بنزن	متیل اتیل کتون	۱و۴ دی اتیل بنزن
تعریف نشده	۲۰۰	۲۰	۱۰	۲۵	۱۰۰	۰/۵	۵۰	۵۰	۵۰۰	۱۰۰	۲۰	۱۰۰	۲۰۰	۲۰۰
حد مجاز	0/5	20	20	۱۰۰	۵۰۰	۵۰	۵۰	۰/۵	۱۰۰	۲۵	۱۰	۲۰	۲۰۰	۲۰۰
مواجهه														
مجتمع ۱	1/04	1/31	1/67	3/79	0	0	0	0	0	0	0/12	0/11	0	0
مجتمع ۲	0/62	0/04	0/08	0/04	3/89	19/42	15/13	0/05	0/10	0/03	0/04	0/01	0/038	0/018
مجتمع ۳	0/74	0/74	1/82	0/24	6/18	0/68	6/46	0/08	0/81	4/66	0/05	0/03	0/002	0/005
مجتمع ۴	0/20	9/19	0/83	8/88	0	0	0	0	0	0	0	11/56	0	0
مجتمع ۵	0/66	0/08	0/35	0/09	0/51	0/13	0	0	0	0	0	0/05	0	0
مجتمع ۶	0/14	0/20	0/42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
مجتمع ۷	0/04	0	0/01	0/08	0	0	0	0	0	0	0	0/09	0	0
مجتمع ۸	0/26	0/06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
مجتمع ۹	1/08	0/62	0/15	0	3/82	0	0	0	9/58	0	0	0	0	0/15
مجتمع ۱۰	۰/03	0/23	0/05	0	0	0	0	0	0	0	0/06	0	0	0
مجتمع ۱۱	2/91	26/82	0/57	0	1/18	0/37	0/33	0	0/80	0	0	0	0	0/17
مجتمع ۱۲	0/65	0	0/14	0	0/44	0/08	0	0	0	0	0	0	0	0
مجتمع ۱۳	0/23	9/70	1/59	0/52	0	0	0	0	0	0	0	11/14	0	0
مجتمع ۱۴	0/39	0	1/27	0/13	0/36	0/17	0	0	0/20	0/09	0	0	0	0
مجتمع ۱۵	0/53	0	0/08	0	0	0	0/35	0	0	0	0	0	0	0
مجتمع ۱۶	0	0/35	0	0/27	0	0	0	0	0	0	0	0/18	0	0
مجتمع ۱۷	0/33	0/07	0	0/05	0/57	0/09	0/16	0	0	0	0	0	0	0
مجتمع ۱۸	0/49	0/19	0/48	0	1/12	0	0/63	0	0/29	0	0	0	0	0
کل	0/58	2/19	0/91	1/12	1/94	1/47	2/54	0/02	0/59	1/09	0/04	1/60	003	0/01

جدول۲- نتایج میانگین غلظت ترکیبات آلاینده های منتشره در هوای ۱۸ مجتمع مورد بررسی در فصل زمستان بر حسب ppm توسط GC و GC-MS

مجتمع	بنزن	تولوئن	استیرن	گزیلن	استن	ان هگزان	تتراهیدروفوران	ایی کلروهیدرین	۲بوتانول	تتراکلرواتیلن	کلروبنزن	اتیل بنزن	متیل اتیل کتون	۱و۴ دی اتیل بنزن
تعریف نشده	۰/۵	۲۰	۲۰	۱۰۰	۵۰۰	۵۰	۵۰	۰/۵	۱۰۰	۲۵	۱۰	۲۰	۲۰۰	۲۰۰
حد مجاز	۰/۵	۲۰	۲۰	۱۰۰	۵۰۰	۵۰	۵۰	۰/۵	۱۰۰	۲۵	۱۰	۲۰	۲۰۰	۲۰۰
مواجهه														
مجتمع ۱	0/16	0/32	.	0/01	.	.	.	0	0/01	.	.	.	0/03	.
مجتمع ۲	0/17	0/06	.	0	.	.	.	0/02	0/03	.	.	.	.	.
مجتمع ۳	0/20	0/19	0	0/22	.	0/06	.	0/02	0/05	.	0	0/02	0	0
مجتمع ۴	0/75	2/11	.	1/78	.	.	.	0/23	0/04	.	.	0/29	0	0
مجتمع ۵	0/13	0/14	.	0/01	.	.	.	0	0/02	.	0/01	0/01	0	0/01
مجتمع ۶	0/10	0/08	.	0/03	.	.	.	0/02	0/17	.	.	0	0/03	0
مجتمع ۷	0/17	0/11	.	0/06	.	.	.	0	0/05	.	0/01	0/04	.	.
مجتمع ۸	0/54	0/10	.	0/06	.	.	.	0/09	0/08	.	0/02	0/04	5/50	0/03
مجتمع ۹	0/20	0/11	.	0/02	.	0/03	.	0/11	0/02	.	0/03	0/01	0/03	0
مجتمع ۱۰	0/23	0/38	.	0/04	.	.	.	0/03	0/04	.	0/31	0/01	0/01	0/01
مجتمع ۱۱	0/22	0/12	.	0/09	.	.	.	0/12	0/02	.	.	0/06	0/14	.
مجتمع ۱۲	0/15	0/20	.	0/02	.	.	.	0/19	0/04	.	0/07	0/07	0/23	.
مجتمع ۱۳	0/27	0/31	.	0/24	.	.	.	0/27	0/07	.	0/01	0/04	0/07	0
مجتمع ۱۴	0/20	0/01	.	.	.	0/11	.	.	.	.	.	.	.	.
مجتمع ۱۵	0/28	0/05	8/45	0	.	.	.	0/04	.	.	.	.	0/01	.
مجتمع ۱۶	0/26	1/93	.	0/01	.	.	.	0/23	0/01	.	0	0	2/36	0
مجتمع ۱۷	0/17	0/23	.	0/15	.	.	.	0/16	0/55	.	0/01	0/06	0/21	.
مجتمع ۱۸	0/07	0/02	.	.	.	.	.	0/01	.	.	0	.	0/01	.
کل	0/23	0/99	0/19	0/20	0	0/01	0	0/07	0/06	0	0/03	0/03	0/28	0/004

آزمون ناپارامتری Mann-Whitney بین نتایج حاصله در فصول تابستان و زمستان نیز نشان داد که اکثر ترکیبات مورد بررسی در فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی داری داشتند. این آزمون در سطح معنی داری ۰/۰۵ انجام شد که نتایج این آزمون به همراه میانگین و انحراف معیار ترکیبات آلی فرار در فصول

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

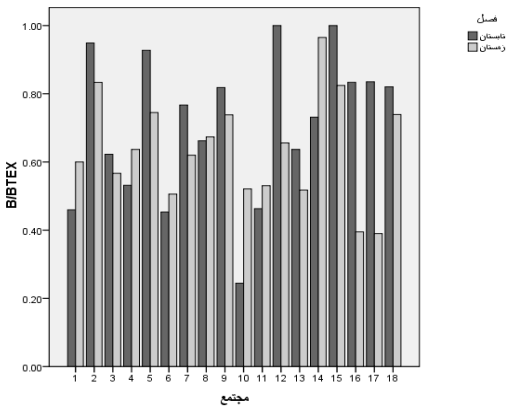
جدول ۳- میانگین نسبت (درصد) بنزن، تولوئن و گزیلن به BTX، BTEX و کل VOCهای مورد بررسی در هوای ۱۸ مجتمع مورد بررسی

فصل		مجموع غلظت آلاینده‌ها (ppm)			نسبت ها (٪)							
		BTX	BTEX	VOCs	B/BTX	B/BTEX	B/VOCs	T/BTX	T/BTEX	T/VOCs	X/BTX	X/BTEX	X/VOCs
تابستان	میانگین	66/2	22/3	79/11	64	64	32	27	26	15	7	6	3
	انحراف معیار	/13 10	/18 65	14/38	35	35	30	31	31	23	19	17	11
زمستان	میانگین	43/1	47/1	00/2	61	60	46	29	28	21	9	8	6
	انحراف معیار	38/9	46/9	71/10	24	25	27	22	21	19	14	13	10

جدول ۴- نتایج مقایسه غلظت آلاینده ها در فصلول تابستان و زمستان در ۱۸ مجتمع مورد بررسی در سال های ۹۱ و ۹۲، با استفاده از آزمون ناپارامتری Mann-Whitney (قسمت های تیره مشخص شده اختلاف معنی داری را نشان نمی دهند)

	آزمون آماری	میانگین± انحراف معیار	
نوع آلاینده	p-value آماره آزمون Mann-Whitney	زمستان	تابستان
بنزن	-2/895	± ./38 0/23	/57 ± 1/12 0
تولوئن	-1/756	± 8/91 0/99	± 9/61 2/14
استیرن	-11/139	± 1/68 0/19	± 5/08 0/89
زایلن	-5/901	± 1/42 0/2	± 8/40 1/09
استن	-7/830	0 0 ±	± 8/32 1/91
ان‌هگزان	-2/763	± 0/11 0/02	± 1/71 1/43
تتراهیدروفوران	-5/716	0 ± 0	± 15/09 2/47
اپی‌کلروهیدرین	-8/648	± 0/24 0/08	± 0/15 0/02
۲بوتانول	-4/526	0/06± 0/23	± 5/36 0/57
تتراکلرواتیلن	-2/762	0 ± 0	± 14/31 1/06
کلروبنزن	-1/473	± 0/14 0/03	± 0/19 0/037
اتیل بنزن	-4/064	0/04± 0/23	± 1/35 1/56
متیل اتیل کتون	-5/609	± 2/3 /28 0	± 0/03 0/003
۱و۴ دی اتیل بنزن	-3/741	0/004 ± 0/01	± 0/06 0/01

تابستان و زمستان در جدول ۴ آمده است.



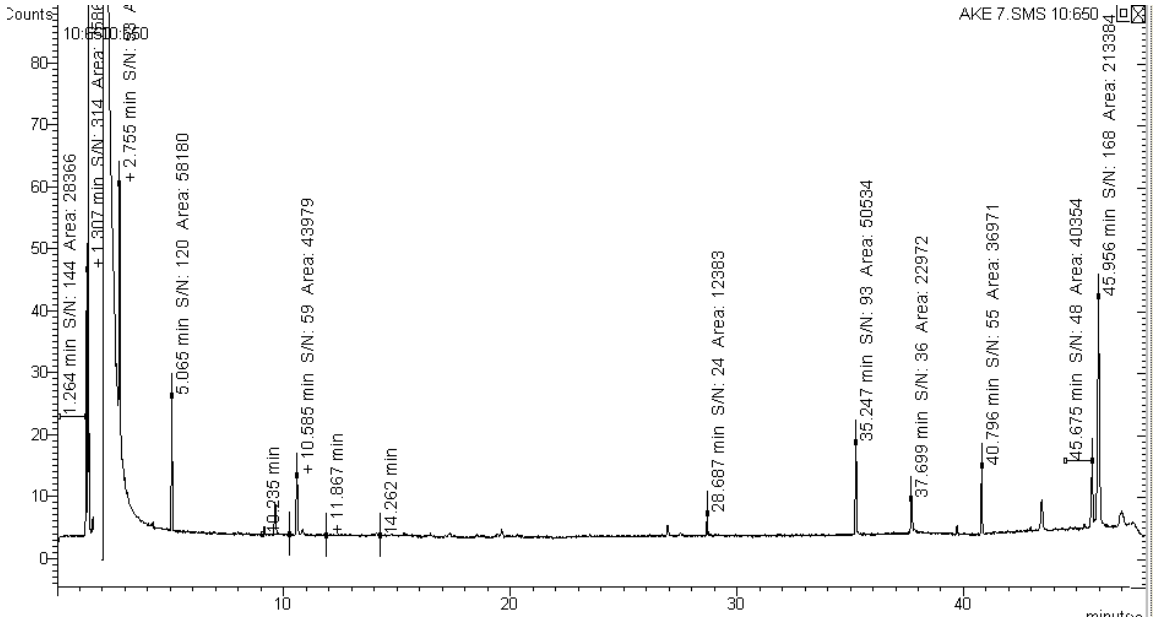
شکل ۱- میانگین نسبت بنزن به BTEX در فصول زمستان و تابستان در ۱۸ مجتمع مورد بررسی در سال های ۹۱ و ۹۲

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه در ۱۸ مجتمع از صنایع شیمیایی وابسته به نفت انجام پذیرفت و نمونه برداری فردی در طی فصول زمستان سال ۹۱ و تابستان سال ۹۲ انجام گردید. بیش از ۴۰ ترکیب آلی فرار در نمونه های هوا یافت شد که در این تحقیق ۱۴ ترکیبی که در اکثر نمونه های هوا یافت گردید مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بیشترین مقادیر غلظت، در فصل تابستان برای ترکیبات تولوئن و تتراهیدروفوران و در فصل زمستان برای تولوئن ثبت گردید. این مقادیر برای تولوئن ppm ۷۹/۵۱ در فصل تابستان و ppm ۱۱۴/۶۱ در فصل زمستان بدست آمد که به ترتیب متعلق به مجتمع های ۱۱ و ۱۶ می باشند. همچنین بیشترین مقدار غلظت مربوط به تترا هیدروفوران نیز ۱۳۴ قسمت

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

در میلیون ثبت گردید که این مقدار متعلق به مجتمع ۳ می باشد. بالاترین غلظت های مربوط به بنزن ppm ۷/۹۲ در فصل تابستان و ppm ۴/۶۹ در فصل زمستان است که نسبت به ترکیبات دیگر قابل توجه است. طبق نتایج بدست آمده، مشخص گردید که در بین تمام آلاینده ها میانگین غلظت بنزن در بین مجتمع ها بالاتر از حد مجاز مواجهه شغلی می باشد که این نتایج به دلیل پایین بودن حد مجاز مواجهه شغلی بنزن که ppm ۰/۵ می‌باشد [۱۵]، نسبت به سایر آلاینده ها است. بنابراین اگر چه تراکم غلظت بنزن در هر دو فصل تابستان و زمستان نسبت به سایر ترکیبات آلاینده، کمتر است اما از سوی دیگر به دلیل حد مجاز مواجهه شغلی پایین، تراکم این آلاینده در فصل تابستان تقریبا ۱۶ برابر و در فصل زمستان بیشتر از ۹ برابر حد مجاز مواجهه شغلی می باشد. اگرچه تراکم غلظت بنزن نسبت به سایر ترکیبات آلاینده پایین تر برآورد شد همانطور که در بالا ذکر شد میانگین غلظت این ترکیبات در کل مجتمع ها در فصول تابستان و زمستان، در جدول ۵ آورده شده است. میانگین تمام آلاینده ها در ۱۸ مجتمع مورد نظر، صرف نظر از اپی‌کلروهیدرین و متیل اتیل کتون در تابستان بیشتر از زمستان بدست آمد. این نتایج با مطالعاتی که در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ در ترکیه انجام شد و همچنین پژوهش هایی که در سال ۲۰۰۷ در مناطق صنعتی ترکیه انجام پذیرفت مطابقت دارد [۱۶, ۱۷]. در این تحقیقات نیز مقادیر غلظت در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان بالاتر بوده است. از آنجایی که اطلاعات مربوط به غلظت ترکیبات مورد نظر از توزیع نرمال پیروی نمی کردند بنابراین جهت انجام دادن آزمون های آماری به منظور مقایسه میانگین غلظت ها در فصول تابستان و زمستان از آزمون آماری ناپارامتری Mann-Whitney استفاده گردید. طبق نتایج حاصل از این آزمون میانگین غلظت اکثر ترکیبات مورد بررسی تفاوت معنی داری در فصول تابستان و زمستان دارند. طبق مطالعه موهان و همکاران در سال ۲۰۱۲ تولوئن در میان سایر ترکیبات آلی فرار بیشترین مقادیر غلظت را به خود اختصاص داد که این نتایج مشابه مطالعه حاضر می باشد [۱۸]. همچنین در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۵ در مناطق صنعتی کویت



شکل ۲- یک نمونه از کروماتوگرام مربوط به دستگاه GC-MS

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

انجام شده است، بیشترین مقادیر غلظت ترکیبات آلی فرار، برای تولوئن ثبت گردیده است [۱۹].

طبق نتایج حاصل از جداول ۲ و ۳ می توان استنباط نمود که مقادیر غلظت آلاینده ها با توجه به جهت باد نیز متغیر است. با توجه به اینکه جهت باد غالب در مکان مجتمع های مورد نظر در زمان نمونه گیری عمدتا" از سوی شمال غرب و غرب به سوی جنوب شرق و شرق می باشد، بنابراین انتظار می رود که مجتمع هایی که در سمت جنوب شرق و شرق قرار گرفته اند غلظت بالاتری از آلاینده ها را داشته باشند. بر این اساس می توان گفت بالا بودن مقادیر غلظت آلاینده ها بخصوص بنزن، تولوئن، استیرن و زایلن در مجتمع های ۱، ۳ و ۴ به دلیل قرار گرفتن در قسمت‌های جنوبی تر قابل توجیح می باشد. به این ترتیب مقادیر غلظت در این مجتمع ها مجموعی از آلودگی خود مجتمع و آلودگی های منتقل شده توسط باد در این مجتمع ها می باشد.

نسبت بین غلظت های ترکیبات آلی فرار بخصوص بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن، اطلاعات بسیار مهم و مفیدی را جهت پی بردن به منابع ایجاد کننده غلظت‌های مختلف این ترکیبات، فرآهم می کند. نتایج حاصل از مطالعات انجام شده توسط لی و بوکزینسکا به ترتیب در سال های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۹ نشان داد که نسبت بین ترکیبات آلی فرار به تعداد منابع ایجاد کننده آن‌ها وابسته است [۲۰, ۲۱]. در این مطالعه نسبت آلاینده‌هایی که بین اکثر مجتمع های مورد نظر مشترک بودند نسبت به جمع غلظت های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، گزیلن و تمام آلاینده های هدف گرفته شد. با مشاهده جدول ۴ می توان گفت که با توجه به مجاور بودن مجتمع های مورد نظر و نزدیک بودن آنها از نظر مسافت و همچنین با توجه به تعداد منابع ایجاد کننده آلودگی در هر مجتمع، این نسبت ها بخصوص نسبت‌های بنزن و تولوئن نسبت به سایر آلاینده ها درصد بالایی را به خود اختصاص داده اند. با توجه به مطالعه امیر زالل و همکاران در سال ۲۰۰۸ می‌توان دریافت که علاوه بر تعداد منابع ایجاد کننده آلودگی، انرژی خورشیدی نیز از طریق اکسیداسیون و میزان رادیکال های آزاد موجود در هوا می‌تواند باعث تغییر این نسبت‌ها گردد [۲۲]. بنابراین با در نظر گرفتن این موضوع میزان غلظت رادیکال های آزاد در هوا را می‌توان به عنوان یک شاخص برای تولید گازها در هنگام اندازه گیری در نظر گرفت. همچنین طی تحلیل‌های انجام شده مشخص گردید که بیشترین نسبت بنزن به BTEX به ترتیب در فصل تابستان و زمستان متعلق به مجتمع های ۱۴ و ۱۵ بوده است. از سوی دیگر کمترین میزان نسبت بنزن نیز به ترتیب در فصول تابستان و زمستان برای مجتمع های ۱۰ و ۱۷ ثبت گردید. این نتایج با جهت وزش باد در منطقه که غالبا به سوی جنوب و جنوب غرب می باشد سازگاری داشته و مورد تائید می باشند. بنابراین نسبت بالای بنزن در مجتمع‌های ۱۴ و ۱۵ به دلیل قرار گرفتن این مجتمع‌ها در قسمت های جنوبی تر نسبت به سایر مجتمع ها قابل توجیه می باشد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تجمع تعداد زیادی از مجتمع‌ها در کنار هم و تعدد منابع تولید کننده آلودگی در این منطقه موجب افزایش میزان آلودگی منتشره در هوای منطقه گردیده است. با توجه به بالا بودن میزان غلظت بنزن نسبت به سایر ترکیبات که از جمله ترکیبات سرطانزا و زیان آور برای انسان می باشد می‌توان گفت که اجرای راهکارهای مهندسی، پیشنهادی مناسب جهت بهبود وضعیت حاضر می باشد. از جمله این راهکارها و روش های کنترل هیدروکربن‌ها می توان به سوزاندن با شعله باز، سوزاندن در کوره و بازیافت کربنی اشاره کرد.

منابع

1. Bahrami A. Methods of sampling and analysis of air pollutants. 2, editor. tehran: fanavaran; 2008.

2. Xu J, Grunewald J, Zhang J, Guo B, editors. Modeling the Formaldehyde Emission from Multi-layer Work surfaces used in Office Workstation Systems. The 6th international conference on

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

indoor air quality, ventilation&energy conservation in buildings Sendai, Japan; 2007.

3. Kalabokas P, Hatzianestis J, Bartzis J, Papagiannakopoulos P. Atmospheric concentrations of saturated and aromatic hydrocarbons around a Greek oil refinery. Atmospheric Environment. 2001;35(14):45-55.

4. Dewulf J, Van Langenhove H. Anthropogenic volatile organic compounds in ambient air and natural waters: a review on recent developments of analytical methodology, performance and interpretation of field measurements. Journal of Chromatography A. 1999;843(1):77-163.

5. Brocco D, Fratarcangeli R, Lepore L, Petricca M, Ventrone I. Determination of aromatic hydrocarbons in urban air of Rome. Atmospheric Environment. 1997;31(4):55-66.

6. Westaway M, Brockis G. Petroleum refineries. Industrial air pollution handbook London: McGraw-Hill. 1978.

7. Lokhande P, Patil V, Mujawar H. Multivariate statistical study of seasonal variation of BTEX in the surface water of Savitri River. Environmental monitoring and assessment. 2009;157(1-4):51-61.

8. Rountree R. Roundoc Rx: The Science of Nutrigenomics. Alternative and Complementary Therapies. 2009;15(3):104-8.

9. Peng CY, Lan CH, Wu TJ. Investigation of indoor chemical pollutants and perceived odor in an area with complaints of unpleasant odors. Building and Environment. 2009;44(10(:2106-2113.

10. Weschler CJ, Shields HC. Potential reactions among indoor pollutants. Atmospheric environment. 1997;31(21):3487-95.

11. Baroja O, Rodríguez E, Gomez de Balugera Z, Goicolea A, Unceta N, Sampedro C, et al. Speciation of volatile aromatic and chlorinated hydrocarbons in an urban atmosphere using TCT-GC/MS. Journal of Environmental Science and Health. 2005;40(2):343-67.

12. Nguyen HT, Kim K-H, Kim M-Y. Volatile organic compounds at an urban monitoring station in Korea. Journal of hazardous materials. 2009;161(1):163-74.

13. Klimont Z, Streets DG, Gupta S, Cofala J, Lixin F, Ichikawa Y. Anthropogenic emissions of non-methane volatile organic compounds in China . Atmospheric Environment. 2002;36(8):1309-1322.

14. The National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods,. fourth ed. 2003.

15. Environmental Io. Requirements, guidelines and specific guidelines of Center for Health and the Workplace. 2014.

16. Bozlaker A, Muezzinoglu A, Odabasi M. Atmospheric concentrations, dry deposition and air–soil exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an industrial region in Turkey. Journal of Hazardous Materials. 2008;153(3):1093-10102.

17. Cetin E, Odabasi M, Seyfioglu R. Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. Science of the Total Environment. 2003;312(1):103-12.

18. Mohan S, Ethirajan R. Assessment of hazardous volatile organic compounds (VOC) in a residential area abutting a large petrochemical complex. Journal of Tropical Forestry and Environment. 2012;2(1).

19. Al-Awadhi L, Ahmed M, Khan A. Measurement of volatile organic compounds (vocs) in ambient air in kuwait (1997-98). Emirates Journal for Engineering Research. 2005;10(1):89-99.

20. Lee S, Chiu M, Ho K, Zou S, Wang X. Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong. Chemosphere. 2002;48(3):375-83.

21. Buczynska AJ, Krata A, Stranger M, Locateli Godoi AF, Kontozova-Deutsch V, Bencs L, et al. Atmospheric BTEX-concentrations in an area with intensive street traffic. Atmospheric Environment. 2009;43(2):311-8.

22. Zalel A, Broday DM. Revealing source signatures in ambient BTEX concentrations. Environmental pollution. 2008;156(2):553-62.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

Seasonal comparison of emissions of volatile organic compounds in the chemical industry based on oil during the years 2013 and 2014

Z. Moradpour[1], A. Bahrami[2], A. Sultanian[3], F. Ghorbani Shahna[4], A.R. Negahban[5]

Received: 2014/05/17 Revised: 2014/10/10 Accepted: 2014/11/24

Abstract

Background and aims: Volatile organic compounds (VOCs) are emitted from a variety of sources which may be harmful to the health, welfare and human performance. No doubt the first step to control VOCs are measuring and analyzing pollutants, because without full knowledge of the quality and quantity of pollutants the possibilities of their control would not be practical.

Methods: This cross - sectional study was conducted in the chemical industry dependent on oil. In this study from 18 plants located in an industrial area about 346 air samples in winter 2013 and 370 samples during the summer in 2014 were collected. In this study 14 VOCs were analyzed according to the analysis methods of America National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Finally the samples were analyzed by GC-FID and GC-MASS devices. Analysis of the results was performed using SPSS software version 16.

Results: The mean of the majority of components in all plant were estimated in summer more than in winter. Also, according to the results the mean ratio of benzene to BTX, BTEX, and total VOC was the highest (64%) and xylene concentration ratio to these three variables, the lowest (3 to 7%) in both summer and winter samples.

Conclusion: These results indicate that accumulation of a large number of plants together and multiple sources of released pollution in the region increases air pollution in the zone. Thus, we recommend adoption of engineering strategies for reducing VOCs pollution.

Keywords: Chemical industry, Volatile organic compounds, Benzene, Summer and winter.

1. MSc student, Department of Occupational Hygiene, Faculty of public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
2. Department of Occupational Hygiene, Faculty of public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
3. Department of Biostatistics and Epidemiology, Faculty of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
4. (**Corresponding author**) Department of Occupational Hygiene, Faculty of public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. fghorbani@umsha.ac.ir
5. MSc student, Department of Occupational Hygiene, Faculty of public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]