

## بررسی میزان بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزین در واحد چاپ کارخانه کشت و صنعت

شمال در سال ۱۳۸۸

محمود محمدیان<sup>۱</sup>، اهام رحمان زاده حسن آبادی<sup>۱</sup>، مهدی قربانان اله آباد<sup>۲</sup>، اسمعیل قهرمانی<sup>۳</sup>

۱. عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی تهران نویسنده مسئول

۳. دانشجوی phd مهندسی بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس

۴. عضو هیات علمی و مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کردستان

### چکیده

**زمینه و هدف:** بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزین که به BTEX مشهورند؛ جزء ترکیبات آلی فرار هستند و در دسته ترکیبات سمی برای انسان طبقه بندی می‌شوند. تداوم تماس طولانی مدت کارگران با این ترکیبات سمی، سرطانزا و پایدار، عوارض جبران ناپذیر بهداشتی و اقتصادی را برای اجتماع در بر خواهد داشت. لذا لازم است با انجام یک برنامه پایش منظم مناطق آلوده را شناسایی نموده و نسبت به مدیریت، کاهش، کنترل و حذف این آلاینده‌ها اقدام نمود. این مطالعه با هدف بررسی و اندازه گیری غلظت BTEX در هوای منطقه تنفسی کارگران در معرض، با استفاده از یک روش ارزان و دقیق بوسیله دستگاه فوجک به صورت آبی<sup>۱</sup> و بدون نیاز به هیچ معرف و آزمایشگاهی انجام گرفت.

**مواد و روشها:** این مطالعه میدانی که از نوع مقطعی - توصیفی می‌باشد در کارخانه کشت و صنعت شمال در واحد چاپ قوطی انجام شد. غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزین توسط دستگاه قرائت مستقیم phochek 5000 EX در منطقه تنفسی کارگران دستگاه چاپ به صورت مستقیم و آبی در طول یک شیفت کاری اندازه گیری گردید. مدت نمونه برداری برای هر آلاینده ۵۷ دقیقه و تعداد نمونه‌ها برای آنالیز هر آلاینده حدود ۴۵۰ مورد بود. پس از تعیین غلظت آلاینده‌های فوق برحسب ppm، میزان میانگین زمانی - وزنی هر یک از آلاینده‌ها را محاسبه نمودیم. برای تجزیه و تحلیل و رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده شد.

**یافته ها:** میانگین وزنی زمانی بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزین به ترتیب ۱۰/۶۴، ۱۰/۹۸۳، ۱۲/۱۶۸ و ۱۹/۵۶ میلی گرم در لیتر بدست آمد.

**بحث و نتیجه گیری:** بعد از انجام عملیات محاسباتی روی داده ها و مقایسه با استانداردهای بین المللی متوجه شدیم که از بین آلاینده های BTEX میزان بنزن نسبت به استاندارد ها خیلی بالاست و در حدود ۲۰ برابر بیشتر از حد مجاز است. لذا توصیه می گردد ضمن آموزش کارگران در خصوص استفاده صحیح از لوازم حفاظت فردی، اقدامات لازم در زمینه طراحی و نصب هودهای مناسب انجام گیرد.

**کلمات کلیدی:** بنزن، اتیل بنزن، زایلن، تولوئن، فوجک، کارخانه کشت و صنعت شمال

## مقدمه

بزن، تولوئن، ایتیل بزن و ایزومرهای گزینان که به BTEX مشهورند؛ جزء ترکیبات آلی فرار هستند که به صورت گسترده در دود سیگار، چسب، رنگ نقاشی و سیالات مخصوص روانکاری، حلال‌های صنعتی، نفت، بزن و سایر تولیدات نفتی وجود دارند و به وفور در صنایع کک سازی، رنگ سازی، چرم سازی، لعاب کاری، چسب سازی، داروسازی و پتروشیمی بکار می‌روند (۱-۳). بزن و همولوگ‌های آن یعنی تولوئن و زایلن بر حسب مدت و سطح تماس، تأثیرات سمی زیادی بر بدن انسان دارند و جزء ترکیبات سمی برای انسان طبقه بندی می‌شوند (۴-۶). این ترکیبات می‌توانند ابتدا موجب شادی، نشاط و هیجان و سپس خستگی، ضعف، سردرد، تهوع، خواب آلودگی، کاهش حافظه، لرزش چشم، کاهش شنوایی، گشاد شدن مردمک چشم، عصبانیت، بزرگ شدن کبد و طحال، اسهال، زرد شدن رنگ پوست، خونریزی، کم خونی‌های شدید، سرطان خون و سرطان حاد مغز استخوان شوند و در غلظت‌های بالا منجر به اثرات نارکوتیک بر روی سیستم عصبی مرکزی، جنون، اختلالات تنفسی، بیهوشی و مرگ گردند (۷-۱۵).

راه اصلی جذب بزن، تولوئن و زایلن از طریق استنشاق است ولی از راه پوست نیز به صورت جزئی جذب می‌شوند و موجب تحریک پوست، از بین رفتن چربی پوست همراه با التهاب و قرمز شدن آن، خشک شدن پوست، ورم، سوختگی، تاول و عوارض ثانوی عفونی می‌شوند (۱، ۳، ۷). تماس چشمی با تولوئن نیز می‌تواند منجر به ورم ملتحمه و التهاب قرنیه شود. بخارات تولوئن می‌تواند سبب تحریک و سوزش چشم و دستگاه تنفس گردد (۷).

در نشریات پزشکی و صنعتی موارد بسیار زیادی مرگ در اثر بزن و همولوگ‌های آن قید گردیده و بدون شک تعداد زیادی نیز بدون ثبت به وقوع پیوسته است (۱). با توجه به اینکه استیتوری ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (NIOSH)

و انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) بزن و تولوئن را جزء مواد سمی و سرطانی‌های انسانی طبقه بندی نموده اند (۱۶، ۱۷) و بزن و همولوگ‌های آن تحت شرایط هوایی تا ۲۰ روز در خاک و آب زیرزمینی باقی می‌مانند و تحت شرایط بی‌هوایی ممکن است تا سالهای طولانی پایدار باقی بمانند (۷).

لذا تماس طولانی مدت کارگران با این ترکیبات سمی، سرطانی‌ها و پایدار، عوارض جبران ناپذیر بهداشتی و اقتصادی را برای اجتماع در بر خواهد داشت. بنابراین لازم است با انجام یک برنامه پایش منظم مناطق آلوده را شناسایی نموده و نسبت به مدیریت، کاهش، کنترل و حذف این آلاینده‌ها اقدام نمود. ACGIH پیشنهاد کرده است به منظور پایش روتین ترکیبات بزنی، در پایان شیفت فنول موجود در ادار کارگران و یا بزن موجود در هوای بازدم اندازه‌گیری شود (۱۸).

البته اخیرا انجام یک آزمایش کنترل شده نشان داد که شاخص تماس بیولوژیکی<sup>۱</sup> (BEI) نمی‌تواند دقیقا مواجهه با TLV را پیش‌بینی کند (۱۹). اگرچه بیومانیورینگ بزن و همولوگ‌های آن از طریق ادار و هوای بازدم رایج‌ترین روش پایش است ولی دقیق‌ترین روش نیست (مخصوصا برای غلظت‌های پایین تماس). پایش فنول در ادار ممکن است توسط برخی از داروهای مداخله‌گر مانند پیتویسمول و کلرآسپتیک مغشوش شود. این داروها شامل فنیل سولفات روی و سدیم فنولات هستند که هر دو سطح فنول ادار را افزایش می‌دهند و در پایش زیستی اختلال ایجاد می‌نمایند (۲۰).

فاکتورهای مربوط به رژیم غذایی نیز ممکن است اثر شدیدی روی فنول اداراری داشته باشند [۷]. از دیگر فاکتورهای اختلال‌گر در بیومانیورینگ ترکیبات بزنی، تماس با ترکیبات پیچیده شیمیایی بویژه حلال‌ها است.

گرفته است اما موادی که با این هیدروکربنها ایزواریار هستند (مانند بنزآلدئید) می‌توانند مداخله ایزواریار ایجاد نمایند (۲۹). یکی دیگر از روشهای اندازه‌گیری مستقیم (آنی) BTEX در هوای آزاد روش MS/LPCI-MS/ روش طیفسنجی جرمی به همراه یونیزاسیون شیمیایی با فشار کم آ و روش APCI-MS/MS (روش اسپکترومتری جرمی به همراه یونیزاسیون شیمیایی در فشار یک اتمسفر<sup>۳</sup>) هستند اما دقت این روش‌ها برای اندازه‌گیری غلظت‌های زیر  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  پائین است (۲۷، ۲۸).

متأسفانه تا کنون غلظت BTEX در هوای کارگاه چاپ کارخانه کشت و صنعت شمال اندازه‌گیری نشده است. از طرفی به دلیل عدم آگاهی کارگران، از وسایل کنترل آلودگی مناسبی در این کارگاه استفاده نمی‌شود. اطلاعات و پرونده‌های موجود نشان می‌دهد که موارد متعددی از بیماری‌های تنفسی، عصبی، پوستی و چشمی نیز در کارگران این واحد وجود دارد. بررسی‌های مقدماتی بعمل آمده نشان داد که غلظت BTEX در هوای واحد چاپ کارخانه کشت و صنعت شمال بیش از حدود مجاز است و تماس طولانی مدت کارگران با این ترکیبات پایدار عوارض جبران‌ناپذیر بهداشتی و اقتصادی را باعث خواهد شد. لذا این مطالعه با هدف بررسی و اندازه‌گیری غلظت BTEX در هوای منطقه تنفسی کارگران در معرض با استفاده از یک روش ارزان و دقیق بوسیله دستگاه فوجک به صورت آنی و بدون نیاز به هیچ معرف و آزمایشگاهی و ارایه راه‌های کنترل آلودگی هوا در محیط کار انجام گرفت.

#### مواد و روشها

این مطالعه میدانی که از نوع مقطعی - توصیفی می‌باشد در کارخانه کشت و صنعت شمال انجام شد. جامعه آماری این

مطالعات نشان می‌دهد که تماس با تولوئن و زایلین نیز تخمین تماس بنزن را شدیداً دشوار می‌ساز (۲۱). با توجه به مشکلاتی که در بیومانیورینگ بنزن، تولوئن و گزیرلین وجود دارد توصیه می‌شود بجای سنجش آنها در بدن میزان آنها را در هوای منطقه تنفسی کارگران مورد سنجش قرار دهیم چرا که این روش هم ارزانتر و هم آسانتر و دقیق‌تر است (۲۲، ۲۳).

از آنجا که سنجش BTEX موجود در هوای آزاد توسط روش‌های معمول مانند گاز کروماتوگرافی، کروماتوگرافی مایع، طیف‌بینی جرمی و ... زمان‌بر و نیازمند کار آزمایشگاهی می‌باشد و انجام آن برای صاحبان صنایع دشوار است اخیراً تلاش‌های زیادی به منظور یافتن راهی برای اندازه‌گیری آنی و مستقیم این ترکیبات بوسیله دستگاه‌های قابل حمل انجام گرفته است که یکی از جدیدترین این دستگاه‌ها، فوجک است که قادر می‌باشد بصورت آنی و پیوسته غلظت BTEX را محاسبه نماید.

البته روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آنی چنین ترکیباتی در هوای آزاد وجود دارد و اخیراً تجدید نظر جامعی در مورد روش‌های پایش آنی و پیوسته ترکیبات آلی فرار موجود در هوای آزاد صورت گرفته است ولی هر کدام دارای نواقصی هستند که در زیر به برخی از این روش‌ها و نواقص آنها اشاره می‌شود (۲۳).

اسپکتروسکوپی جذب نوری افتراقی<sup>۱</sup> (DOAS) به طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری آنی BTEX در هوای آزاد بکار رفته است (۲۴، ۲۵) اما حضور اکسیژن، ازن و چند هیدروکربن که دارای طیف‌های مشابه BTEX هستند مداخله‌های شدیدی در اندازه‌گیری BTEX ایجاد می‌کنند (۲۶).

روش PTR-MS (ترکیب روش طیفسنجی جرمی و واکنش‌های انتقال پروتون<sup>۲</sup>) در چندین مطالعه میدانی برای پایش آنی BTEX موجود در اتمسفر مورد استفاده قرار

3. low-pressure chemical ionization/tandem mass spectrometry (LPCI-MS/MS)  
4. atmospheric pressure chemical ionization/tandem mass spectrometry (APCI-MS/MS)

1. Differential Optical Absorption Spectroscopy  
2. Proton-transfer reaction / mass spectro metry

دستگاه چاپ کارخانه کشت و صنعت شمال بود. برای نمونه

#### یافته ها

همانطور که در جداول ۱ تا ۴ مشاهده می کنید؛ ۴۰ دقیقه پس از شروع شیفت کاری صبح، نمونه برداری شروع شد و در هر یک دقیقه میزان یکی از آلاینده های BTEX سنجش شد (تقریباً در هر یک دقیقه ۱۰ نمونه گرفته شد). این کار تا ساعت ۹ صبح که وقت صبحانه بود ادامه پیدا کرد. از آنجا که غلظت آلاینده ها تغییر چندانی نداشت، بعد از وقت صبحانه در هر ۵ دقیقه غلظت یکی از آلاینده ها سنجش می شد (تقریباً در هر ۵ دقیقه ۵۰ نمونه گرفته شد) و در ۵ دقیقه بعدی غلظت آلاینده بعدی اندازه گیری می شد تا نوبت به آلاینده اول برسد و این سیکل نمونه برداری تا آخر شیفت ادامه داشت. بدین ترتیب کل زمان نمونه برداری برای هر یک از هیدروکربن های مورد بررسی ۵۷ دقیقه بود. جدول شماره ۱: میانگین غلظت بنزن در ساعات مختلف یک شیفت کاری

تحقیق آلاینده های موجود در هوای منطقه تنفسی اپراتوران برداری و آنالیز هوای بخش چاپ، غلظت ۴ هیدروکربن آروماتیک (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیزلن) توسط دستگاه قرائت مستقیم phochek 5000 EX، ساخت کشور انگلستان، در منطقه تنفسی کارگران دستگاه چاپ به صورت مستقیم و آبی<sup>۱</sup> در طول یک شیفت کاری اندازه گیری گردید. در طول ۶ ساعت کار دستگاه، مدت نمونه برداری برای هر آلاینده ۵۷ دقیقه و تعداد نمونه ها برای آنالیز هر آلاینده حدوداً ۴۵۰ مورد بود. (حساسیت دستگاه فوچک EX 5000<sup>۱</sup> در حدود ۵٪ است و می تواند با استفاده از دکتور PID غلظت های بین ۱ ppb تا ۱ ppm را اندازه گیری نماید). پس از تعیین غلظت آلاینده های فوق بر حسب ppm، میزان میانگین زمانی-وزنی هر یک از آلاینده ها را محاسبه نموده و آنها را با استانداردهای OSHA و NIOSH مطابقت داده و در صورت تجاوز از استانداردها پیشنهادات لازم را به مسئولین صنعت مورد نظر اعلام داشتیم. برای تجزیه و تحلیل و رسم نمودارها از نرم افزار MS-Excel استفاده شد.

ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت بنزن	غلظت در زمان	ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت بنزن	غلظت در زمان
۱	۷:۲۰	۱	۱۲/۸۲	۸/۲	۱۲	۱۲:۸۲	۱	۱۲/۸۲	۱۲/۸۲
۲	۷:۲۵	۱	۶/۱۲	۱۴/۷۵	۱۵	۶/۱۲	۱	۶/۱۲	۱۴/۷۵
۳	۷:۵۰	۱	۱۱/۰۵	۹/۰۸	۱۶	۱۱/۰۵	۱	۱۱/۰۵	۹/۰۸
۴	۷:۵۵	۱	۱۲/۰۸	۶/۰۹۸	۱۷	۱۲/۰۸	۱	۱۲/۰۸	۶/۰۹۸
۵	۸:۰۰	۱	۱۲/۰۸	۸/۹۶۵	۱۸	۱۲/۰۸	۱	۱۲/۰۸	۸/۹۶۵
۶	۸:۰۵	۱	۲۰/۳۸	۹/۵۲۵	۱۹	۲۰/۳۸	۱	۲۰/۳۸	۹/۵۲۵
۷	۸:۱۰	۱	۱۴/۷۹	۶/۳۲۸	۲۰	۱۴/۷۹	۱	۱۴/۷۹	۶/۳۲۸
۸	۸:۱۵	۱	۹/۲۲	۱۲/۳۵۶	۲۱	۹/۲۲	۱	۹/۲۲	۱۲/۳۵۶
۹	۸:۲۰	۱	۶/۱۷	۹/۶۷۷	۲۲	۶/۱۷	۱	۶/۱۷	۹/۶۷۷
۱۰	۸:۲۵	۱	۱۲/۴۹	۱۴/۳۹۱	۲۳	۱۲/۴۹	۱	۱۲/۴۹	۱۴/۳۹۱
۱۱	۸:۳۰	۱	۸:۳۰	۱۶/۵۲۷	۲۴	۸:۳۰	۱	۸:۳۰	۱۶/۵۲۷
۱۲	۸:۳۵	۱	۱۵/۵۱	۶/۲۱۲	۲۵	۱۵/۵۱	۱	۱۵/۵۱	۶/۲۱۲
۱۳	۸:۴۰	۱	۱۱/۰۵	۶:۰۶:۵۲		۱۱/۰۵	۱	۱۱/۰۵	۶:۰۶:۵۲
			جمع کل				۵۷	۲۲۲/۳۲	

$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{606.523}{57} = 10.64 \text{ ppm}$$

1 real time

جدول شماره ۲: میانگین غلظت تورلین در ساعات مختلف یک شیفت کاری

ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان	ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان
۱	۷/۴۱	۱	۸/۴۶	۵/۸۹۳	۱۴	۱۸/۸۷	۱	۱۶/۸۷	۱۶/۸۷
۲	۷/۴۶	۱	۸/۵۱	۱۰/۳۵۶	۱۵	۱۸/۹۲	۱	۱۶/۹۲	۱۶/۹۲
۳	۷/۵۱	۱	۸/۵۶	۹/۲۴۴	۱۶	۱۹/۰۱	۱	۱۷/۲۴	۱۷/۲۴
۴	۷/۵۶	۱	۹/۰۱	۱۳/۲۴۶	۱۷	۱۹/۰۶	۱	۱۷/۲۹	۱۷/۲۹
۵	۸/۰۱	۱	۹/۰۶	۱۱/۴۲۸	۱۸	۱۹/۱۱	۱	۱۷/۳۴	۱۷/۳۴
۶	۸/۰۶	۱	۹/۱۰	۱۲/۴۰۵	۱۹	۱۹/۱۶	۱	۱۷/۳۹	۱۷/۳۹
۷	۸/۱۱	۱	۹/۱۴	۲۴/۳۰۵	۲۰	۱۹/۲۱	۱	۱۷/۴۴	۱۷/۴۴
۸	۸/۱۶	۱	۹/۱۸	۲۸/۳۷	۲۱	۱۹/۲۶	۱	۱۷/۴۹	۱۷/۴۹
۹	۸/۲۱	۱	۹/۲۲	۱۶/۸۷	۲۲	۱۹/۳۱	۱	۱۷/۵۴	۱۷/۵۴
۱۰	۸/۲۶	۱	۹/۲۶	۲۴/۳۶	۲۳	۱۹/۳۶	۱	۱۷/۵۹	۱۷/۵۹
۱۱	۸/۳۱	۱	۹/۳۰	۹/۸۱۳	۲۴	۱۹/۴۱	۱	۱۸/۰۴	۱۸/۰۴
۱۲	۸/۳۶	۱	۹/۳۴	۱۲/۸۷۷	۲۵	۱۹/۴۶	۱	۱۸/۰۹	۱۸/۰۹
۱۳	۸/۴۱	۱	۹/۳۸	۸/۲۰۷	۲۶	۱۹/۵۱	۱	۱۸/۱۴	۱۸/۱۴
جمع کل				۲۷۹/۲۲	۵۷	۱۸۸/۲۹	۱	۱۸۸/۲۹	۱۸۸/۲۹

$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{626.06}{57} = 10.98 \text{ ppm}$$

جدول شماره ۳: میانگین غلظت گزین در ساعات مختلف یک شیفت کاری

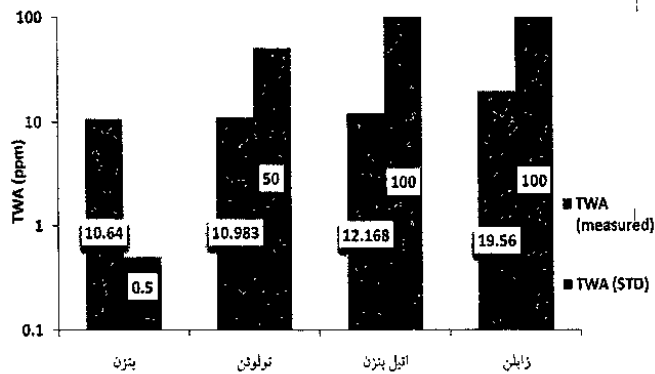
ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان	ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان
۱	۷/۴۱	۱	۸/۴۷	۱۲/۰۸۱	۱۴	۱۹/۵۱	۱	۱۷/۲۴	۱۷/۲۴
۲	۷/۴۶	۱	۸/۵۲	۱۰/۸۲۴	۱۵	۱۹/۵۶	۱	۱۷/۲۹	۱۷/۲۹
۳	۷/۵۱	۱	۸/۵۷	۹/۵۱۴	۱۶	۱۹/۶۱	۱	۱۷/۳۴	۱۷/۳۴
۴	۷/۵۶	۱	۹/۰۲	۲۲/۸۳۳	۱۷	۱۹/۶۶	۱	۱۷/۳۹	۱۷/۳۹
۵	۸/۰۱	۱	۹/۰۵	۱۶/۸۲۱	۱۸	۱۹/۷۱	۱	۱۷/۴۴	۱۷/۴۴
۶	۸/۰۶	۱	۹/۰۹	۱۴/۵۸	۱۹	۱۹/۷۶	۱	۱۷/۴۹	۱۷/۴۹
۷	۸/۱۱	۱	۹/۱۳	۱۷/۰۴۹	۲۰	۱۹/۸۱	۱	۱۷/۵۴	۱۷/۵۴
۸	۸/۱۶	۱	۹/۱۷	۱۵/۹۷	۲۱	۱۹/۸۶	۱	۱۷/۵۹	۱۷/۵۹
۹	۸/۲۱	۱	۹/۲۰	۹/۶۰۹	۲۲	۱۹/۹۱	۱	۱۸/۰۴	۱۸/۰۴
۱۰	۸/۲۶	۱	۹/۲۴	۱۹/۷۵۷	۲۳	۱۹/۹۶	۱	۱۸/۰۹	۱۸/۰۹
۱۱	۸/۳۱	۱	۹/۲۸	۱۹/۴۵۶	۲۴	۱۹/۱۰۱	۱	۱۸/۱۴	۱۸/۱۴
۱۲	۸/۳۶	۱	۹/۳۰	۲۰/۳۵۴	۲۵	۱۹/۱۰۶	۱	۱۸/۱۹	۱۸/۱۹
۱۳	۸/۴۱	۱	۹/۳۴	۱۹/۱۱۳	۲۶	۱۹/۱۱۱	۱	۱۸/۲۴	۱۸/۲۴
جمع کل				۲۵۳/۹۶	۵۷	۱۹۱/۱۱۳	۱	۱۹۱/۱۱۳	۱۹۱/۱۱۳

$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{1115.02}{57} = 19.56 \text{ ppm}$$

جدول شماره ۴: میانگین غلظت اتیل بنزن در ساعات مختلف یک شیفت کاری

ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان	ردیف	غلظت در زمان	میانگین غلظت	مدت سنجش (دقیقه)	ساعت سنجش	ردیف				
۱	۷/۲۲	۱	۱۵/۳	۱۲/۸۳	۱۳	۱۵/۳	۱۵/۳	۱	۸/۲۸	۱۳				
۲	۷/۲۸	۱	۹/۲۶	۱۶/۰۷	۱۵	۹/۲۶	۹/۲۶	۱	۸/۵۲	۱۵				
۳	۷/۵۲	۱	۱۲/۵۴۴	۸/۴۶۷	۱۶	۱۲/۵۴۴	۱۲/۵۴۴	۱	۸/۵۸	۱۶				
۴	۷/۵۸	۱	۱۹/۸۶۷	۶/۰۲۵	۱۷	۱۹/۸۶۷	۱۹/۸۶۷	۱	۹/۰۲	۱۷				
۵	۸/۰۲	۱	۷/۹۵۷	۲۶/۹۵	۱۸	۷/۹۵۷	۷/۹۵۷	۵	۱۰	۱۸				
۶	۸/۰۸	۱	۱۵/۲۲۹	۹/۷۸	۱۹	۱۵/۲۲۹	۱۵/۲۲۹	۵	۱۰/۲۰	۱۹				
۷	۸/۱۲	۱	۸/۱۵۵	۸/۰۱	۲۰	۸/۱۵۵	۸/۱۵۵	۵	۱۰/۲۰	۲۰				
۸	۸/۱۸	۱	۹/۵۱۸	۸/۳۳۷	۲۱	۹/۵۱۸	۹/۵۱۸	۵	۱۱/۲۰	۲۱				
۹	۸/۲۲	۱	۱۰/۲۵	۱۲/۱۸۶	۲۲	۱۰/۲۵	۱۰/۲۵	۵	۱۱/۲۰	۲۲				
۱۰	۸/۲۸	۱	۱۰/۳۵	۱۶/۱۲۶	۲۳	۱۰/۳۵	۱۰/۳۵	۵	۱۱/۲۰	۲۳				
۱۱	۸/۳۲	۱	۱۴/۵۸۱	۸/۰۲۵	۲۴	۱۴/۵۸۱	۱۴/۵۸۱	۵	۱۲/۲۰	۲۴				
۱۲	۸/۳۸	۱	۲۱/۱۲۵	۱۵/۴۴۷	۲۵	۲۱/۱۲۵	۲۱/۱۲۵	۵	۱۲/۵۵	۲۵				
۱۳	۸/۴۲	۱	۲۱/۲۸۶	۶۳/۵۹۲	جمع کل					۲۱/۲۸۶	۲۱/۲۸۶	۱	۸/۴۲	۱۳

$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{693.5936}{57} = 12.168 \text{ ppm}$$



شکل شماره ۱: مقایسه میانگین زمانی - وزنی BTEX با مقادیر استاندارد آنها

تنفسی مناسبی تهیه شود، استفاده از آن با وجود گرمای بیش از حد محیط بسیار مشکل است. لذا بهترین راه کنترل این آلاینده ها طراحی ر نصب یک هود موضعی مناسب، با قدرت مکش مطلوب بین کارگر و آلاینده است تا قبل از رسیدن آلاینده به منطقه تنفسی کارگر، آنرا مکش و به بیرون هدایت کند. (البته مکان تخلیه آلودگی باید طوری باشد که سبب مشکلات ثانویه ای برای انسان یا محیط زیست نگردد).

### بحث و نتیجه گیری

همانطور که در شکل شماره ۱ و جداول ۱ تا ۴ نشان داده شده است حاصلضرب مجموع میانگین غلظت بنزن در مجموع زمان اندازه گیری آن  $6.6/523$  و میانگین زمانی - وزنی بنزن  $10/64$  بود که این مقدار بیش از ۲۰ برابر مقدار استاندارد ارائه شده از سوی انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا<sup>۱</sup> ( $TWA_{STD}=0.5 \text{ ppm}$ ) بود و مطابق جدول شماره ۲ حاصلضرب مجموع میانگین غلظت تولوئن در مجموع زمان اندازه گیری آن  $626/06$  و میانگین زمانی - وزنی تولوئن  $10/98$  بود که این مقدار در حدود ۵ برابر کمتر از مقدار استاندارد انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا ( $TWA_{STD}=50 \text{ ppm}$ ) بود و لذا مواجهه با آن خطرناک نیست. همچنین در مورد گزین نیز میانگین زمانی - وزنی  $19/56$  بود که این مقدار نیز در حدود ۵ برابر کمتر از مقدار استاندارد انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا ( $TWA_{STD}=100 \text{ ppm}$ ) بود.

میانگین وزنی زمانی اتیل بنزن نیز  $12/168$  محاسبه شد که  $8/2$  برابر کمتر از استاندارد انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا ( $TWA_{STD}=100 \text{ ppm}$ ) بود.

همانطور که در بالا توضیح داده شد از بین آلاینده های BTEX میزان بنزن نسبت به استاندارد ها خیلی بالاست و در حدود ۲۰ برابر حد مجاز است. این در حالی است که بنزن نسبت به همه همولوگ هایش خطرناک تر است (در مورد خطرانش قبلاً توضیح داده شد). با توجه به اینکه کارگران هر روز ۷ ساعت و هر هفته ۴۲ ساعت بدون وسیله حفاظت فردی مناسب در معرض این آلاینده های خطرناک قرار دارند توصیه می شود با ارائه آموزش های لازم توجه آنها را به استفاده صحیح از این لوازم و اجتناب از در معرض قرار گیری بی مورد جلب نمایم و از آنجا که در این واحد، کوره حرارتی نیز وجود دارد بنابراین حتی اگر ماسک

1. ACGIH

**Reference**

1. sanace, G.H., sam shenasi sanati. Vol. 1. 1371, Tehran: Tehran university.
2. Yassaa, N., et al., Isomeric analysis of BTEXs in the atmosphere using B-cyclodextrin capillary chromatography coupled with thermal desorption and mass spectrometry. *Chemosphere* 2006. 63: p. 502-508.
3. Patty, F.A., *Industrial Hygiene and Toxicology*. 1967: Interscience Publishers N. Y.
4. Ueno, Y., et al., Microfluidic Device for Airborne BTEX Detection. *Anal. Chem.*, 2001. 73: p. 4688-4693.
5. Shojania, S., et al., The active and passive sampling of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes compounds using the inside needle capillary adsorption trap device. *Talanta* 1999. 50: p. 193-205.
6. Han, X. and L.P. Naeher, A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environ. Int.*, 2006. 32: p. 106-120.
7. Harbison, R.D., Aromatic hydrocarbon, in Hamilton & Hardy's industrial toxicology. 1998, Mosby-Year Book, inc.
8. Aksoy, M., S. Erdem, and G. Dincol, Types of Leukemia in chronic benzene poisoning: a study in thirty-four patients. *Acta Haematol*, 1976. 55: p. 65-72.
9. Infante, p., et al., Leukemia in benzene workers. *Lancet* ii, 1977: p. 76-79.
10. Rinsky, R., R. Young, and A. Smith, Leukemia in benzene workwers. *Am J Ind Med*, 1981 :۲ .p. 217-245.
11. Crump, K., Risk of benzene-induced Leukemia: a sensitivity analysis of the pilofilm cohort with additional follow-up and new exposure estimates. *J Toxicol Environ Health*, 1994. 42: p. 219-242.
12. Van Oettingen, W., et al., The toxicity and potential dangers of toluene-preliminary report. *JAMA*, 1942. 118: p. 579.
13. Van Oettingen, W., et al., The toxicity and special dangers of toluene with special reference to its maximal permissible concentration. *Public Health Service Bull*, 1942 :۲۷۹ .p. 1-53.
14. Hollo, G. and M. Varga, Toluene and visual loss (letter). *Neurology*, 1992. 42: p. 266.
15. Hormes, J., C. Filley, and N. Rosenberg, Neurologic sequelae of chronic solvent vapor abuse. *Neurology*, 1986. 36: p. 698-702.
16. NIOSH, Pocket guide to chemical hazards,. 1994, US Department of Health and Human Services: Washington, DC.
17. ACGIH. Threshold limit values (TLVs) for chemical substances and physical agents and Biological Exposure Indices. in American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 1996. Cincinnati.
18. ACGIH. TLVs for chemical substances and physical agents and Biological Exposure indices (BeIs). in American Conference of Governmental Industrial Hygienist. 1995. Cincinnati.
19. Thomas RS, et al, Variability in biological exposure indices using physiologically based pharmacokinetic modeling and Monte carlo simulation. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1996. 57: p. 23-32.
20. Fishbeck WA, Langner RR, and Kosiba RJ, Elevated urinary phenol levels not related to benzene exposure. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1975. 36: p. 820-824.
21. Ikeda, M., Exposure to complex mixtures: implications for biological monitoring. *Toxicol Lett*, 1995. 77: p. 85-91.



22. Mulligan, C.C., et al., Direct monitoring of toxic compounds in air using a portable mass spectrometer. *Analyst* 2006. 131: p. 556-567.
23. Badjagbo, K., S. Moce, and S. Sauvé, Real-time continuous monitoring methods for airborne VOCs. *Trends Anal. Chem.*, 2007. 26: p. 931-940.
24. Lee, C., et al., Measurement of atmospheric monoaromatic hydrocarbons using differential optical absorption spectroscopy: Comparison with on-line gas chromatography measurements in urban air. *Atmos. Environ.*, 2005. 39: p. 2225-2234.
25. Axelsson, H., et al., Measurement of Aromatic Hydrocarbons with the DOAS Technique. *Appl. Spectrosc.*, 1995. 49: p. 1254-1260.
26. Badjagbo, K., et al., Direct Atmospheric Pressure Chemical Ionization-Tandem Mass Spectrometry for the Continuous Real-Time Trace Analysis of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes in Ambient Air. *J Am Soc Mass Spectrom*, 2009. 20: p. 829-836.
27. Chen, Q.F., et al., Air monitoring of a coal tar cleanup using a mobile TAGA LPCI-MS/MS. *J. Hazard. Mater.*, 2002. B91: p. 271-284.
28. Mickunas, D.B., et al., Ambient air monitoring of a SARA Title III facility using the TAGA 6000E MS/MS. *J. Hazard. Mater.*, 1995. 43: p. 45-54.