مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره ده، دی ماه ۱۴۰۰(۲۹-۱۹)

کاهش انتشار ترکیبات آلی فرارتجهیزات فرآیندی صنایع پتروشیمی با اجرای برنامه LDAR

مجید اسماعیلی[۱]

کیوان صائب[*۲]

keivansaeb@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۱۲**

چکیده

زمینه و هدف: توسعه روز افزون صنعت پتروشیمی موجب افزایش میزان انتشار ترکیبات آلی فرار(VOC) به محیط زیست شده است و مشکلات جدی برای سلامتی عموم مردم، کاهش کیفیت هوا و افزایش گرمایش جهانی را به همراه داشته است. هدف از انجام این تحقیق شناسایی، تعیین و کاهش میزان نشت ترکیبات VOC در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی است.

روش بررسی: در این تحقیق از برنامه LDAR که نتایج آن مبتنی بر استفاده از دو آنالایزر مجهز به آشکارساز PID و دوربین مادون قرمز می باشد در پتروشیمی در سال ۱۳۹۵ استفاده شد. همچنین جهت تعیین میزان نشت ترکیبات نیز از روش اول EPA-21 استفاده شده است.

یافته‌ها: مقدارکل نشتی ممکن در واحد پتروشیمی منتخب با در نظر گرفتن کلیه تجهیزاتی که دارای پتانسیل بالقوه انتشار آلاینده‌ها هستند، میزان ۷۲۷/۴۰۱ تن در سال برآورد شد، در حالی که با اندازه گیری و تعیین دقیق اجزاء دارای نشتی میزان انتشار محاسبه شده، ۳۲۰/۱۶ تن درسال است که با انجام برنامه LDAR این میزان نشت رفع و حذف گردید.

بحث و نتیجه‌گیری: بر اساس نتایجی که جهت تخمین انتشار آلاینده‌های از روش محاسباتی تایید شده EPA در واحد پتروشیمی منتخب به دست آمد، مشخص گردید که وضعیت واحدهای مورد بررسی بسیار بهتر از متوسط جهانی می‌باشد و شیرآلات و اتصالات بیش‌ترین سهم را در انتشار ترکیبات آلی فرار دارند. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که اجرای صحیح و کامل برنامه LDAR ، نه تنها باعث کاهش انتشار VOCs و بهبود وضعیت اقتصادی خواهد شد، بلکه باعث کاهش هزینه‌ها و تولید محصولی بهتر و پاکترمی شود.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات VOC، صنعت پتروشیمی، LDAR، نشت تجهیزات فرآیندی، دروبین مادون قرمز.

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن *(مسوول مکاتبات)

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 10, January, 2022

Reducing the emissions of Volatile Organic Compounds from Process Equipments in petrochemical industry using the LDAR program

Majid Esmaeili[1]
Keivan Saeb[2*]
keivansaeb@gmail.com

Admission Date:October 3, 2020 Date Received: September 2, 2019

Abstract

Background and Objective: Developing of petrochemical industry has increased the amount of volatile organic compounds (VOCs) released to the environment and has caused to reduce air quality and to increase global warming and also serious problems for public health. The main objective of this research is to determine and reduce the amount of VOC compounds in oil, gas and petrochemical industries.

Material and Methodology: In this study, the LDAR program which its results are based on the use of two analyzers equipped with PID detector and infrared camera was used. The EPA-21 method was also used to determine the leakage of compounds.

Findings: The total amount of leakage potential was estimated to be 727.401 tons per year, considering all equipment, while the calculated emission components were precisely measured to be 320.16 tons; by doing the LDAR program these leakages were eliminated.

Discussion and Conclusion: Based on the results of estimating the emission of pollutants from EPA in the selected petrochemical unit, it was found that the condition of the studied unit is much better than the global average, it should be noticed that valves and fittings have the highest contribution in VOCs emissions. Regarding the findings of the present study, it can be concluded that the proper implementation of the LDAR program will not only reduce VOC emissions and improve the economic situation but also reduce costs and produce a better and cleaner product.

Keywords: VOC Compounds, Petrochemical Industry, LDAR, Process Equipment Leaks, IR Camera.

1- PhD Student, Department of Environment College of Natural Resources, IAU of Tonekabon.
2- Associate professor, Department of Environment College of Natural Resources, IAU of Tonekabon.
*(*Corresponding author*)

مقدمه

ترکیبات آلی فرار (VOCs) در محیط شهری و صنعتی عمدتا از اگزوز وسایل نقلیه موتوری و سایر فرآیندهای احتراق سوخت‌های فسیلی، مخازن نفت، حلال‌ها و سایر فرآیندهای صنعتی منشا می‌گیرند، انتشار از گیاهان نیز یک منبع مهم از بعضی گونه‌های هیدروکربن‌ها است (۱). فرایندهای تولید مواد شیمیایی و پتروشیمی می‌تواند تعداد زیادی از آلاینده‌ها را تشکیل دهد(۲). به طور عمده در مناطق صنعتی، ترکیبات آلی فرار (VOCs) همراه با ترکیباتی مانند دی اکسید گوگرد، مونوکسید کربن، اکسید نیتروژن و ذرات معلق منتشر می‌شود (۱). بر اساس آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (USEPA)، VOCs ترکیبات آلی با فشار بخار ۱۳/۳۳- ۵۰/۶۶کیلوپاسکال در دمای ۲۵ درجه سیلسیوس هستند (۳). ترکیبات آلی فرار تمایل زیادی به حضور در واکنش‌های فتو شیمیایی دارند که منجر به تولید محصولات مضر یا حتی سمی می‌شوند. ترکیبات آلی فرار مسبب ایجاد مشکلات جدی برای سلامتی انسان است، زیرا تعدادی از آن‌ها دارای خواص سمی، سرطان زایی و جهش زا هستند و مشکلات آلرژی، سردرد، و تحریک غشای مخاطی بینی، گلو و چشم را به همراه دارند (۴ و۵). علاوه بر این، بسیاری از آن‌ها دارای ویژگی ناسازگار هستند که می‌تواند باعث کاهش کیفیت هوا شود (۶-۸).

سازمان بهداشت جهانی (WHO[2]) ترکیبات آلی فرار را به عنوان مهمترین آلاینده‌های هوا در محیط داخلی معرفی کرده است. مقدار مجاز VOCs کمتر از ۱۰۰ میکروگرم در متر مکعب درهوا تعریف شده است (۱). در این رابطه، در ادامه به برخی از تحقیقات صورت گرفته در خصوص VOCs و تاثیر آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست اشاره شده است: Hu (2018) و همکاران، به بررسی میزان، خصوصیات و ارزیابی ریسک VOCs و تاثیر آن بر سلامت انسان در شهر در حال توسعه Hefei چین پرداختند، نتایج نشان داد که در بخش-های دارای غلظت بیش تر VOCs، ریسک ابتلا به سرطان بالاتر است. علاوه بر این، میزان ریسک و خطرزایی با توجه به نوع ترکیب آلی متفاوت بود (۹). Wang (2018) و همکاران، بیان کردند که پوشش سطحی یکی از کلیدی‌ترین راه‌های کنترل انتشار ترکیبات آلی فرار VOC و ازون ترپوسفری از منابع ثابت آلاینده‌ها در صنایع هستند (۱۰). Thepanondh (2011) و همکاران، بیان کردند، غلظت ترکیبات آلی فرار VOCدر مجاورت صنایع پتروشیمی سه برابر حدمجاز در هوا است و همچنین ثابت کردند که هر دو منابع ثابت و متحرک نقش مهمی در توزیع این آلاینده‌ها دارند، اگرچه کنترل آلاینده‌ها در منابع ثابت به مراتب آسان‌تر از منابع متحرک است (۱۱). کرامتی و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که درهوای منطقه ویژه پارس جنوبی غلظت ترکیبات آلی فرار در فصل سرد بیش تر از فصل گرم بوده و در تمامی ایستگاه‌های نمونه-برداری بالاتر از حد مجاز بوده است (۱۲). Tiwari (2010) و همکاران، در شش نقطه شامل مناطق صنعتی، تجاری و مسکونی شهر یوکوهامای ژاپن به بررسی مقادیر ترکیبات آلی فرار پرداختند، نتایج نشان داد که غلظت بالایی از BTEX[3] و VOCs در مناطق صنعتی مشاهده می‌شود و کم ترین مقدار مربوط به مناطق مسکونی است (۱۳). Cetin (2003) و همکاران، در اطراف مجتمع پتروشیمی و پالایشگاه نفتی، در سه ناحیه در ازمیر ترکیه به بررسی VOC ها پرداختند، نتایج نشان دادکه غلظت VOCs در هوا در اطراف مجتمع پتروشیمی چهار تا بیست برابر بیش تر از مقادیر اندازه‌گیری شده آن در نواحی خارج از شهر ازمیر بود (۱۴).

با توجه به تنوع ترکیبات آلی فرار و اثرات حاصل از آن‌ها و همچنین با توجه به اهمیت سلامتی و رفاه افراد به ویژه نیروی انسانی در مواجهه با این ترکیبات، اتخاذ راهکارهایی جهت پیشگیری از انتشار این آلاینده‌ها به هوا ضروری است. لذا در این مقاله سعی بر این است که میزان نشت ترکیبات آلی فرار در پتروشیمی منتخب شناسایی، نشت یابی و تاحدممکن کاهش و یابه طور کامل رفع گردند. روش-های مختلفی در این زمینه وجود دارد، در این مقاله از برنامه

1- Volatile Organic Compounds
2- World Health Organization
3- benzene, toluene, ethylbenzene and xylene

LDAR که دارای پنج رکن تعیین اجزاء، تعریف نشتی، اندازه گیری، تعمیر و ثبت بوده و تحت استاندارد EPA-021 آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا می باشد، جهت شناسایی نقاط دارای نشت هیدروکربن بااستفاده از تصویربرداری مادون قرمز و آنالایزر مجهز به آشکارساز PID طبق EPA-021 ،استفاده گردید. این برنامه حاوی روش تشخیص و اندازه گیری میزان نشت گازها و بخارات از تجهیزات بوده و دارای الگوریتم برای اجرای برنامه شناسایی و رفع نشتی در مدت زمان معین می باشد که موجب افزایش بهره‌وری، افزایش ایمنی محل کار، اطمینان از ظرفیت و استانداردهای عملیاتی، بهبود کیفیت هوا و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش زمان و هزینه تعمیر و نگهداری (۱۵)، خواهد شد.

مواد وروش ها

✓ منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه یکی از شرکت‌های تولیدکننده محصولات اتیلن و پلی اتیلن می باشدکه در زمینی به مساحت ۷۱/۰۷۸۶ هکتار در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس جنوبی (عسلویه) در استان بوشهر (در عرض شمالی "27°28'34 و طول شرقی "52°36'27) واقع شده است.

✓ واحدهای این شرکت

واحدهای فرآیندی آن شامل الفین (C2 Cracker) ، پلی اتیلن سنگین و متوسط(MD/HD) ، پلی اتیلن خطی (LD) و واحد غیرفرآیندی آفسایت می‌باشد. تولیدات اصلی این شرکت اتیلن، پلی اتیلن سبک، پلی اتیلن متوسط و سنگین و برش‌های سه کربنه و سنگین‌تر و خوراک آن شامل اتان و پروپان (از شرکت پتروشیمی پارس)، هگزن و پروپیلن(از پتروشیمی جم) و هگزان(واردات) می‌باشد. همچنین ظرفیت واحد تولید اتیلن یک میلیون تن در سال، واحدهای MD/HD و LD هر کدام ۳۰۰ هزار تن در سال می‌باشد که به مصارفی مانند خوراک واحدهای فرآیندی پائین¬دستی، تولید لوازم خانگی، فیلم، قطعات صنعتی، ظروف، روکش کابل و غیره می‌رسد. ورودی‌ها به فرآیند شامل منابع و انرژی مصرفی، مواد اولیه و سوخت مصرفی در واحد آفسایت ذخیره می‌شوند. لازم به ذکر است که واحد آفسایت محصولی ندارد، ولی منابع مصرفی این واحد به نوعی مربوط به کل سیستم است.

روش کار

شیوه انجام این تحقیق، مروری و پایش زمینی بوده و در آن تمامی قوانین، دستورالعمل‌ها و مطالعات انجام شده در مورد نشت‌یابی ترکیبات آلی فرار در صنایع پتروشیمی مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی مطالعات نشان داد که روش‌ها مختلفی در شناسایی و نشت یابی ترکیبات آلی فرار وجود دارد که در تمامی شیوه‌های مورد استفاده، دو روش استفاده از دستگاه اندازه گیری مانند آنالایزر مجهز به آشکارساز یونی (Photo) ionization detection و دوربین مادون قرمز (IR Camera) مشترک است. در این مقاله نیز از این روش‌ها به همراه بازدید و بررسی میدانی استفاده شد.

✓ تجهیزات مورداستفاده

در این تحقیق از دستگاه دوربین مادون قرمز به منظور تشخیص زمان واقعی نشت و تجسم انتشارات گازها و بخارات از تجهیزات صنایع نفت و گاز که با چشم غیرمسلح قابل رویت نیست، استفاده شد. کاربرد اصلی این دوربین در برنامه تشخیص نشتی و ارزیابی (LDAR) است.

دوربین‌های مادون قرمز منطبق با اصل جذب نور مادون قرمز در یک طول موج خاص توسط بخارات هیدروکربن های انتشار یافته، کار می‌کنند. این دوربین‌ها، از این مشخصه برای تشخیص انتشارات گازی از تجهیزات توسط تبدیل سطح اسکن شده به عکس متحرک در یک زمان واقعی استفاده می‌کنند و گازها به علت جذبشان از نور مادون قرمز قابل رویت می‌شوند. این تشعشعات در دامنه مادون قرمز از اسپکتروم الکترومغناطیس (بین ۳ تا ۵ میکرون) تشخیص داده می‌شود و در نتیجه گازها شناسایی خواهند شد. همچنین از پیشرفته ترین آنالایزر مجهز به آشکارساز (PID) جهت شناسایی و تعیین میزان ترکیبات آلی فرار (VOCs)استفاده گردیده است که قابلیت اندازه گیری مقدار آلاینده ها از ۰ تا ppm ۱۰۰۰۰ را دارند.

1- Leak Detection and Repair

✓ **روش‌های برآورد انتشارات**

- **روش اول: روش اســـتفاده از ضـــرایب انتشـــار متوسط**

اطلاعات مورد نیاز این روش شامل: ۱- تعداد تجهیزات مختلف (شیر، اتصالات و ...) ۲- نوع سیال و سرویس هر تجهیز (گـاز، مایع سبک یا مایع سنگین) ۳- غلظت TOC[1] جریان مربوطه و ۴- مدت زمانی که هر تجهیـز در سـرویس مـی‌باشـد، اسـت. ضرایب انتشار متوسط برای واحـدهای فراینـدی SOCMI در جدول (۱) ارائه شده‌اند. ضـرایب انتشـار مربـوط بـه واحـدهای فرایندیSOCMI، پایانه های بارگیری و عملیات هـای تولیـد نفت و گاز برای محاسبه شدت انتشار کل ترکیبات آلی بـه کـار می‌روند، در حالی که ضرایب انتشار مربوط به پالایشگاه‌ها شدت انتشار ترکیبات آلی به غیر از متان را پیش‌بینی می‌کنند. داده-های مربوط به پمپ‌های با مایع سبک می‌توانند برای همزن‌هـا به کار روند (۱۶). در این تحقیق از این روش برای برآورد میزان نشت استفاده شده است.

در این روش به صورت عمومی بـرای هـر تجهیـز یـک ضـریب انتشار خاص آن تجهیـز در مراجـع مربوطـه ارائـه شـده اسـت. بنابراین با داشتن تعداد هر یک از تجهیزات در هر واحد و ضرب ضریب انتشار هـر تجهیـز در تعـداد آن تجهیـز، مقـدار انتشـار حاصل از آن به دست می آید و مقـدار انتشـار کلـی نیـز برابـر مجموع انتشار انواع مختلف تجهیزات موجود در واحد می‌باشد.

در این روش جهـت تخمـین شـدت جرمـی انتشـار TOC از تجهیزات از رابطه زیر استفاده شد:

$$E_{TOC} = F_A \times WF_{TOC} \times N$$

که در آن:

E_{TOC}: شـدت انتشـار TOC از تجهیـزات بـا نـوع مشـخص (kg/hr)

F_A: ضریب انتشار برای تجهیز مربوطه (kg/hr)

WF_{TOC}: کسر جرمی TOC در جریان مربوطه.

N: تعداد تجهیزات از نوع مشخص دارای WF_{TOC} یکسان اگـر سیال عبوری از تجهیز مورد نظر تماماً مواد آلی باشد، WF_{TOC} برابر ۱ خواهد بود. و شـدت انتشـار کـل از واحـد برابـر E_{TOC} مربوط به انواع مختلف تجهیزات خواهد بود.

البته ضریب انتشار هر نوع تجهیز بر اساس نوع صنعت متفـاوت خواهد بود. در این پروژه از ضـرایب انتشـار مربـوط بـه صـنایع ساخت مواد آلـی شـیمیایی مصـنوعی (SOCMI) اسـتفاده شده است.

- **روش دوم: تقسیم‌بندی بر اساس محدوده انتشار (مجزا کردن محدوده‌های مختلف)**

این روش نیازمند داده‌های حاصل از بازرسی تجهیزات موجود در واحد فرایندی می‌باشد. داده‌های حاصل از اسکرین (بازرسی) تجهیزات، معیاری از شدت نشتی می‌باشند. در این روش فرض می‌شود که تجهیزات دارای مقادیر نشتی بالاتر از 10000ppm شدت انتشار متوسط متفاوتی نسبت به تجهیزاتی دارند که دارای مقادیر نشتی پایین‌تر از ppm ۱۰۰۰۰ می‌باشند. یعنی در این روش تجهیزات به دو دسته تجهیزات با نشتی بالاتر ازppm ۱۰۰۰۰ و تجهیزات با نشتی پایین‌تر از ppm ۱۰۰۰۰ تقسیم شده و به هریک از این دسته-ها ضریب انتشار خاصی اختصاص داده می‌شود، بر خلاف روش اول که در آن همه تجهیزات یکسان در نظر گرفته می‌شد(۱۶).

- **روش سوم: استفاده از روابط**EPA[3]

این روش از طریق ارائه معادله‌ای (EPA-21)که شدت انتشار جرمی را به صورت تابعی از مقادیر به دست آمده از بازرسی‌ها برای انواع مختلف تجهیزات تعیین می‌کند، یک اصلاح اضافی برای تخمین مقدار انتشار از نشتی تجهیزات ارائه می‌دهد (۱۶).

1- Total Organic Carbon
2- Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industry

3- Environmental Protection Agency

جدول ۱- ضرایب انتشار متوسط برای صنایع ساخت مواد آلی شیمیایی مصنوعی (SOCMI)(۱۶)

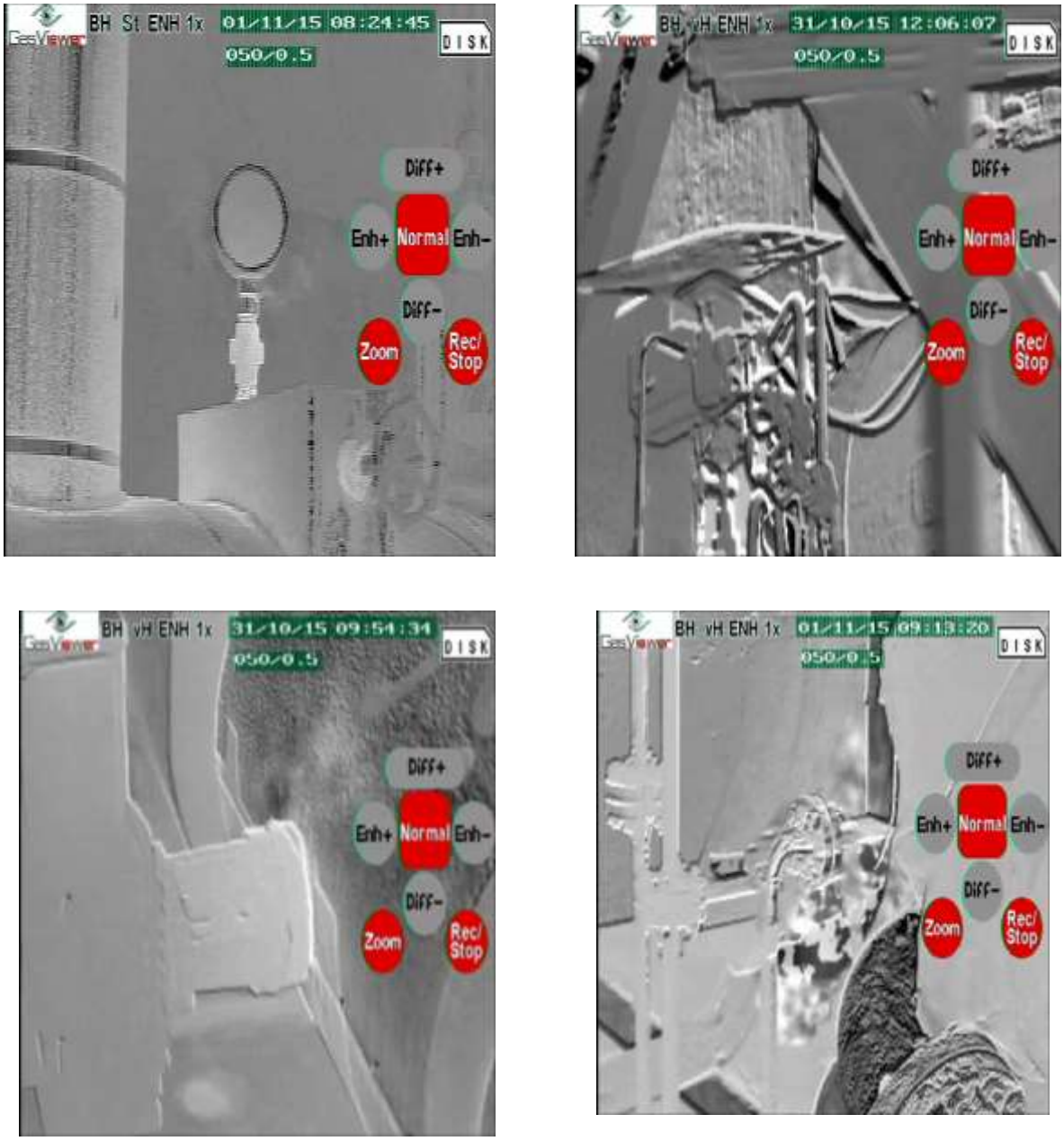
Table 1. Average emission coefficient for Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industries

نوع تجهیزات	نوع سوخت	فاکتور انتشار(کیلوگرم/ساعت/منبع)
شیرها	گاز	۰/۰۰۵۹۷
	مایع سبک	۰/۰۰۴۰۳
	مایع سنگین	/۰۰۰۲۳
پمپ ها	مایع سبک	۰/۰۱۹۹
	مایع سنگین	۰/۰۰۸۶۲
کمپرسورها	گاز	۰/۲۲۸
شیرهای کاهش فشار(ایمنی	گاز	۰/۱۰۴
اتصالات	همه	۰/۰۰۱۸۳
خطوط لوله	همه	۰/۰۰۱۷
مکان‌های نمونه برداری	همه	۰/۰۱۵۰

جدول ۲- تعداد انواع تجهیزات و میزان ترکیبات آلی فرار بدون اعمال برنامه LDAR در صنایع پتروشیمی و شیمیایی (۱۷)

Table 2. Number of equipment and amount of volatile organic compounds without application of LDAR in petrochemical and chemical industries

تجهیزات	حدود	میانگین	VOC قابل نشر (تن/سال)	درصد کل انتشار
پمپ ها	۳۶۰-۱۰	۱۰۰	۱۹	۳
شیرآلات	۴۶۰۰۰-۱۵۰	۷۴۰۰	۴۰۸	۶۲
اتصالات	۶۰۰۰۰-۶۰۰	۱۲۰۰۰	۲۰۱	۳۱
شیرایمنی	۱۶۰۰-۱	۵۶۰	۹	۱
محل نمونه برداری	۲۰۰-۲۰	۸۰	۱۱	۲
شیرهای کاهش فشار	۳۶۰-۵	۹۰	۵	۱
کل			۶۵۳	-



شکل ۱ -نمونه ای از تجهیزات دارای نشت شناسایی شده توسط LDAR

Figure 1. An example of leak detection from equipments using LDAR

بحث و نتیجه‌گیری

تصویربرداری مادون قرمز در حال حاضر به کاربران اجازه می-دهد خیلی از گازها و ترکیبات شیمیایی و صنعتی که برای چشم‌های انسان قابل رویت نیستند(ترکیبات آلی فرار) را شناسایی کنند (۱۵). این دوربین، گازهای غالبا با بوی نامطبوع و سبک‌تر از هوا را که ممکن است سمی و قابل اشتعال باشد را به وضوح نشان می دهد.

شکل زیر نمونه‌هایی از نشت‌یابی‌های پتروشیمی مدنظر را نشان می دهد.

قابلیت تصویربرداری از راه دور دوربین‌های IR مانند GasFindIRTM و دوربین‌های حرارتی به طور چشمگیری باعث پیداکردن نشت ترکیبات می‌شود، حتی وقتی که گازها با محیط اطرافشان کنتراست کم دارند، حرکت گاز در یک محیط استاتیک باعث می‌شود دیدن نشت‌های کوچک یا نشت‌های

بزرگتر در فاصله بیشتر امکان‌پذیر شود. در این تحقیق با استفاده از روش ضرایب انتشار متوسط به محاسبه میزان انتشار آلاینده‌ها پرداخته شد.

- ✓ شدت انتشار محاسبه شده از پتروشیمی موردمطالعه بااستفاده از روش اول EPA

با استفاده از این روش و با در نظر گرفتن ضرایب انتشار مربوط به صنایع ساخت مواد آلی شیمیایی مصنوع برای کل واحدهای پتروشیمی مورد مطالعه و همچنین در نظر گرفتن ۱۳۲۰۳عدد اتصالات و فلنج‌ها و ابزاردقیق مختلف، ۵۷۳۷ عدد انواع شیرهای دستی و کنترلی، ۲۷۲ عدد شیرهای ایمنی دمایی و فشاری، ۶۹ عدد پمپ، ۱۲ عدد کمپرسور برای این واحد، مقدار نشتی سالیانه از واحد الفین حدود ۳۷۰ تن در سال تخمین زده شده است. البته قابل ذکر است که تعداد به دست آمده برای تجهیزات مختلف به صورت دقیق و خطای کم از طرف پتروشیمی ارائه شده است.

جدول۳- شدت انتشار محاسبه شده از روش اول برای پتروشیمی موردمطالعه، الف)تخمین برآورد کل انتشارات، ب) تعیین میزان نشت و کاهش آن با برنامه LDAR

Table 3. Calculated emission rate using the first method for the studied petrochemical company, a) total rate of emissions, b) estimating the emission rate and reducing it by LDAR program

پارامتر	واحد	شیر(گاز)	شیر (مایع سبک)	شیر (مایع سنگین)	شیرایمنی	اتصالات	پمپ‌ها (مایع سبک)	پمپ (مایع سنگین)	کمپرسور
تعداد کل تجهیزات صنعت	تعداد	۳۴۷۴	۱۷۶۴	۴۹۹	۲۷۲	۱۳۲۰۳	۵۶	۱۳	۱۲
فاکتور انتشار هر تجهیز	-	۰/۰۰۵۹۷	۰/۰۰۴۰۳	۰/۰۰۰۲۳	۰/۱۰۴	۰/۰۰۱۸۳	۰/۰۱۹۹	۰/۰۰۸۶۲	۰/۲۲۸
انتشارکل به ازای هرتجهیز	کیلوگرم بر ساعت	۲۰/۷۳۹	۷/۱۰	۰/۱۱۴	۲۸/۲۸	۲۴/۱۶	۱/۱۱۴	۰/۱۱۲	۲/۷۳۶
الف) انتشارکل به ازای هرتجهیز	تن در سال	۱۸۱/۵۸۶	۶۲/۲۷۴	۱/۰۰۵	۲۴۷/۸۰۲	۲۱۱/۶۵۴	۹/۷۶۹	۰/۹۸۱	۲۳/۹
کل انتشار سالیانه به ازای کل تجهیزات	تن در سال	۷۳۷/۴۰۱							
تعداد تجهیزات دارای نشت واقعی بعداز انجام برنامه **LDAR**	تعداد	۱۱۳۵	۸۰۱	۱۵۴	۱۳۳	۵۵۲۰	۲۴	۸	۹
میزان نشر براساس تجهیزات دارای نشرواقعی، بعداز انجام برنامه **LDAR**	کیلوگرم بر ساعت	۶/۷۷	۳/۲۲	۰/۰۳۵	۱۳/۸۳	۱۰/۱۰	۰/۴۷۷	۰/۰۶۸	۲/۰۵۲

ب) میزان نشر براساس تجهیزات دارای نشرواقعی، بعداز برنامه **LDAR**	تن در سال	۵۹/۳۵۷	۲۸/۲۷	۰/۳۱۶	۱۲۱/۱۳	۸۸/۴۹۰	۴/۱۸۳	۰/۶۰۴	۱۷/۸۱
میزان نشر براساس تجهیزات دارای نشر واقعی، بعداز برنامه**LDAR**	**%**	۱۸/۵۳	۸/۸۲	۰/۰۹	۳۷/۸۳	۲۷/۶۳	۱/۳۰	۰/۱۸	۵/۵۶
کل انتشار سالیانه براساس تجهیزات دارای نشر واقعی دارای نشر، بعداز برنامه**(LDAR)**	کیلوگرم بر ساعت	۳۲۰/۱۶							

باتوجه به نتایج به دست آمده می توان بیان کرد که در این شرکت به طور کلی، ۷۲۷/۴۰۱ تن در سال پتانسیل بالقوه انتشار ترکیبات آلی فرار وجود دارد، ولی به طور بالفعل میزان نشت ترکیبات آلی فرار حدود ۳۲۰/۱۶ تن در سال برآورد شده است، با توجه به بررسی‌ها و نشت یابی انجام شده و کاهش آن با استفاده از برنامه LDAR تمامی این مقدار شناسایی و انتشار آن‌ها پس از انجام تعمیرات و یا تعویض قطعه و اقدامات کنترلی مهار شد. براساس نتایج به دست آمده پتروشیمی مورد مطالعه می‌توان بیان کرد که شیرآلات و اتصالات بیشترین سهم(٪۹۰) را در انتشار ترکیبات آلی دارند که در این بین بیشترین سهم (٪۶۳) مربوط به شیرآلات است. نتایج به دست آمده از این تحقیق در راستای نتایج تحقیق انجام شده توسط Zhao و همکارانش درسال ۲۰۱۸ می‌باشد که بیان کردند: شیرآلات و اتصالات ۹۰٪ از انتشارات گازهای آلی فرار ناشی از نشت تجهیزات را منتشر می کنند (۱۸). اگرچه سهم انتشار از اتصالات و شیرآلات بالای ۹۰٪ است، شیرآلات تقریبا دوبرابر اتصالات نشت آلاینده دارند. با وجود این که تعداد اتصالات بسیار بیشتر از تعداد شیرآلات هستند اما میزان نشت از شیرآلات تقریبا دوبرابر اتصالات است و از این رو شیرآلات، نیازمند توجه بیشتر تعمیرات جهت کاهش میزان آلاینده است.

نتیجه گیری کلی

با توجه به ریسک محیط زیستی و بهداشتی و ایمنی تجهیزات در صنایع پتروشیمی، شناسایی تجهیزات دارای نشت گاز بسیار حائز اهمیت است، با توجه به این که هر میزان انتشار را نمی-توان به عنوان یک نشتی تلقی نمود، نیاز به یک رویه منطبق بر استاندارد کاملا محسوس می باشد، لذا انجام برنامه LDAR تنها روشی است که می تواند برای تخمین مقدار نشتی هر واحد و تجهیزات دارای نشر به کار رود. کنترل نشت این ترکیبات، باعث کاهش سطح تماس جوامع با ترکیبات آلی فرار، کاهش هزینه اتلاف محصول، افزایش ایمنی کارگران و اپراتورها، کاهش هزینه ناشی از انتشارات و جلوگیری از تخریب تجهیزات می شود. بر اساس نتایجی که از روش اول به دست آمد دیده می‌شود که وضعیت پتروشیمی موردنظر با در نظرگرفتن کل تجهیزات، دارای پتانسیل بالقوه انتشار آلاینده ۷۲۷/۴۰۱ تن درسال است ولی اندازه‌گیری‌های انجام شده بیانگر میزان ۳۲۰/۱۶ تن نشت هیدروکربن‌های نفتی درسال است. این مقدار معادل ٪۴۳/۴ از کل پتانسیل بالقوه انتشار از تجهیزات است که با انجام برنامه LDAR این میزان شناسایی، رفع و حذف گردید. لازم به ذکر است که حذف این حجم از انتشارات بسیار بهتر از متوسط جهانی می‌باشد. با انجام مکرر برنامه LDAR در سال‌های آتی باتوجه به خوردگی و

فرسودگی بیشتر تجهیزات به مرور زمان می‌توان سالیانه حجم قابل توجه‌تری را کاهش داد. براساس کل نتایج بدست آمده از پتروشیمی مورد مطالعه با توجه به این که شیرآلات بیش ترین سهم(٪۶۳) را در انتشارات ترکیبات آلی فرار دارند وجود یک برنامه مدون و بلندمدت جهت کاهش ورفع نشتی‌ها از این تجهیزات ضروری است.

References

1. Kalabokas PD, Hatzaianestis J, Bartzis JG, Papagiannakopoulos P. Atmospheric concentrations of saturated and aromatic hydrocarbons around a Greek oil refinery. Atmos Environ 2001; 35:2545 –2555.
2. Xue, Y. (2013) A Review of the Development of China's Coal Industry. Journal of technology, 15, 87-94.
3. United states environmental protection agency Washington, D.C. 20460, 2010, method 21 - determination of volatile organic compound leaks.
4. World Health Organization Publications. Air Quality Guidelines for Europe; European Series No. 91;2000, World Health Organization: Copenhagen, Denmark, 2000.
5. Zabiegała, B.; Partyka, M.; Zygmunt, B.; Namie´snik, J. Determination of volatile organic compounds in indoor air in the Gdansk area using permeation passive samplers. Indoor Built Environ. 2009, 18, 492–
6. Capelli, L.; Sironi, S.; Barczak, R.; Il Grande, M.; del Rosso, R. Validation of a method for odor sampling on solid area sources. Water Sci. Technol. 2012, 66, 1607–1613.
7. Bokowa, A.H. Review of odour legislation. Chem. Eng. Trans. 2010, 23, 31–36.
8. Trincavelli, M.; Coradeschi, S.; Loutfi, A. Odour classification system for continuous monitoring applications. Sens. Actuator B Chem. 2009, 139, 265–273.
9. Hu, R., Liu, G., Zhang, H., Xue, H. and Wang, X., 2018. Levels, characteristics and health risk assessment of VOCs in different functional zones of Hefei. Ecotoxicology and environmental safety, 160, pp.301-307.
10. Wang, Q., Li, S., Dong, M., Li, W., Gao, X., Ye, R. and Zhang, D., 2018. VOCs emission characteristics and priority control analysis based on VOCs emission inventories and ozone formation potentials in Zhoushan. Atmospheric Environment, 182, pp.234-241.
11. Thepanondh, S., Varoonphan, J., Sarutichart, P. and Makkasap, T., 2011. Airborne volatile organic compounds and their potential health impact on the vicinity of petrochemical industrial complex. Water, Air, & Soil Pollution, 214(1-4), pp.83-92.
12. Keramati, A., Nabizadeh Nodehi, R., Rezaei Kalantary, R., Nazmara, S., Zahed, A., Azari, A., Bahramifar, H. and Mahvi, A.H., 2016. TVOCs and BTEX Concentrations in the Air of South Pars Special Economic Energy Zone. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 25(133), pp.236-244 (In persian).

13. Tiwari, V., Hanai, Y. and Masunaga, S., 2010. Ambient levels of volatile organic compounds in the vicinity of petrochemical industrial area of Yokohama, Japan. Air Quality, Atmosphere & Health, 3(2), pp.65-75.
14. Cetin, E., Odabasi, M. and Seyfioglu, R., 2003. Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. Science of the Total Environment, 312(1-3), pp.103-112.
15. Tegstam, J. F., & Danjoux, R. (2007). Gas leak detection in the oil and gas industry using infrared optical imaging. *FLIR Systems.*
16. EPA.Profile of the petroleum refining industry.Sector notebook project EPAy310-R-95-013 SIC2911.EPA Office of Compliance, 1995.
17. Li, R. (2016) Application of LDAR Technology in Huizhou Petrochemical co., LTD and the VOCs Emission Reduction Effect. Chemical Intermediate , 34-35.
18. Zhao, J., & Chen, M. (2018). Leak Detection and Repair (LDAR) Standard Review for Self-Inspection and Management for VOC Emission in China's Traditional Energy Chemical Industry. *Journal of Environmental Protection*, *9*(11), 1155.