بسم الله الرحمن الرحيم

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

بررسی نوع و غلظت ترکیبات آلی فرار (VOC) و دی سولفیدهیدروژن در هوای مجتمع پردازش و دفع پسماند آرادکوه و منطقه شورآباد تهران و ارزیابی ریسک
دانش شهر ۸۰۷

معاونت مطالعات شهرسازی، خدمات شهری و امور بحران
مدیریت مطالعات خدمات شهری

نویسنده: مهرنوش ابطحی، فرزانه آرمان
ناظر علمی: حسن پاسالاری

حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران است ضمناً متن (PDF) از سایت ذیل و یا اسکن کد تصویری قابل دریافت است.

نشانی: تهران، خیابان شریعتی، پل رومی، خیابان شهید اکبری، نبش خیابان شهید آقابزرگی، شمارهٔ ۳۲، کدپستی ۱۹۶۴۶۳۵۶۱۱، امور مخاطبان: ۳. ۲۲۳۹۲۰۸۰
info.rpc@tehran.ir rpc.tehran.ir

دانش شهر ۸۰۷

بررسی نوع و غلظت ترکیبات آلی فرار (VOC) و دی سولفیدهیدروژن در هوای مجتمع پردازش و دفع پسماند آرادکوه و منطقه شورآباد تهران و ارزیابی ریسک

نویسنده: مهرنوش ابطحی، فرزانه آرمان

ناظر علمی: حسن پاسالاری

بهار ۱۴۰۲

فهرست مطالب

سخن نخست ۶
چکیده ۷
۱. کلیات ۸
۱-۱ - مقدمه ۸
۱-۲- تعریف پسماند ۹
۱-۳- انواع منابع تولید پسماند ۱۰
۱-۳-۱-منابع پسماند شهری ۱۰
۱-۳-۲- پسماندهای صنعتی ۱۲
۱-۳-۳- پسماندهای کشاورزی ۱۲
۱-۴- مدیریت پسماند شهری ۱۲
۱-۴-۱-کاهش تولید پسماند ۱۲
۱-۴-۲-جابجایی ۱۳
۱-۴-۳-جمع‌آوری ۱۳
۱-۴-۴-تفکیک و پردازش ۱۳
۱-۴-۵-دفع ۱۳
۱-۴-۶-دفن در زمین ۱۴
۱-۵- مشکلات ناشی از دفن در زمین ۱۴
۱-۶- سازوکار (مکانیسم) تولید ذرات معلق در محل پردازش و زمین دفن ۱۵
۱-۷- نگاه کلی به مجتمع‌های پردازش پسماند ۱۵
۱-۸-ارزیابی ریسک اثرات سرطان‌زایی و غیرسرطانزایی ۱۶
۱-۹-مدیریت پسماندها در کلان‌شهر تهران ۱۷
۲. اثرات بهداشتی آلاینده‌های گازی و ذرات معلق ۱۹
۲-۱- اثر بهداشتی دی‌کلرومتان ۲۰
۲-۲-اثر بهداشتی لیمونن ۲۰
۲-۳-اثرات آمین‌ها ۲۱
۲-۴-اثرات اسیدهای چرب ۲۱
۲-۵-اثرات ترکیبات احیاشده گوگرد ۲۱
۲-۶-اثرات آمونیاک ۲۲
۲-۷-اثرات ترکیبات آروماتیک ۲۳
۲-۷-۱-اثرات بنزن ۲۳
۲-۷-۲-اثرات تولوئن ۲۳
۲-۷-۳-اثرات اتیل بنزن ۲۴
۲-۷-۴-اثرات زایلن ۲۴
۲-۸-اثرات استایرن ۲۴
۲-۹-تأثیر بوی گاز محل دفن زباله بر روی افراد ۲۵
۳. بررسی نوع آلاینده‌های گازی منتشره در هوای مجتمع پردازش و دفع پسماند آرادکوه و منطقه شورآباد تهران ۲۶
۳-۱- روش نمونه‌برداری و نقاط نمونه‌برداری ۲۶
۳-۱-۱- روش نمونه‌برداری غیرفعال ۲۷
۳-۱-۲- روش نمونه برداری فعال ۲۸
۳-۲-نتایج اندازه‌گیری غیرفعال ۲۸
۳-۳-نتایج اندازه‌گیری در نقاط مختلف در اندازه‌گیری فعال ۳۲
۳-۴- نتایج اندازه‌گیری ذرات معلق با روش فعال ۳۹
۳-۲-میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده $PM_{2.5}$ و PM_{10} برحسب $\mu g/m^3$ ۳۹

۳-۵- نتایج ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش غیرفعال ۴۰
۳-۶-نتایج ارزیابی ریسک سرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش غیرفعال ۴۳
۳-۷-نتایج ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش فعال ۴۴
۳-۸-نتایج ارزیابی ریسک سرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش فعال ۴۶
۴. نتیجه‌گیری ۴۸
۵. پیشنهادات ۵۲
منابع ۵۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱- مقادیر ترکیبات گازی شناسایی شده در هوای مجتمع مدیریت پسماند و اطراف آن با روش غیرفعال برحسب $\mu g/m^3$ ۲۹
جدول شماره ۳-۴-مقادیر شاخص خطر (HI) در روش نمونه‌برداری فعال ۴۵

فهرست شکل‌ها

شکل شماره ۳-۱- نمایش نقاط نمونه‌برداری به روش غیرفعال (P) و فعال (S) در ناحیه مجتمع آرادکوه و اطراف آن ۲۷
شکل شماره ۳-۲- نمایش نقاط نمونه برداری به روش غیرفعال (P) و فعال (S) در ناحیه دامداری‌ها ۲۷
شکل شماره ۳-۳- تصویر جاذب VOC شرکت passam و محافظ (Shelter) نگهدارنده جاذب ۲۸
شکل شماره ۳-۴- نسبت سهم ترکیبات گازی شناسایی شده در هوای مجتمع مدیریت پسماند و اطراف آن با روش غیرفعال ۲۹
شکل شماره ۳-۵- مقایسه غلظت ترکیبات گازی شناسایی شده در هوای مجتمع مدیریت پسماند و اطراف آن با روش غیرفعال ۳۰
شکل شماره ۳-۶- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات اکسیژنه به روش فعال در نقاط مختلف ۳۲
شکل شماره ۳-۷- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات هالوژنه به روش فعال در نقاط مختلف ۳۳
شکل شماره ۳-۸- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات آروماتیک به روش فعال در نقاط مختلف ۳۳
شکل شماره ۳-۹- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات آمونیاک و لیمونن به روش فعال در نقاط مختلف ۳۳
شکل شماره ۳-۱۰- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات هیدروکربنه به روش فعال در نقاط مختلف ۳۴
شکل شماره ۳-۱۱- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات احیاء شده سولفور به روش فعال در نقاط مختلف ۳۴
شکل شماره ۳-۱۲- مقایسه درصد مشارکت هرگروه ترکیبات در کل نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های به روش فعال در نقاط منتخب ۳۴
شکل شماره ۳-۱۳- نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری غیرفعال ۴۰
شکل شماره ۳-۱۴- نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری غیرفعال(با حذف تتراکلرواتیلن) ۴۰
شکل شماره ۳-۱۵- نمایش HQ براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال ۴۱
شکل شماره ۳-۱۶- نمایش HQ براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال (با حذف تتراکلرواتیلن) ۴۱
شکل شماره ۳-۱۷- نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه شغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال ۴۳
شکل شماره ۳-۱۸- نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال ۴۳
شکل شماره ۳-۱۹-نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری فعال ۴۴
شکل شماره ۳-۲۰-نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری فعال(با حذف‌تری کلرواتیلن و دی‌هیدروژن سولفید) ۴۴
شکل شماره ۳-۲۱-نمایش HQ براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری فعال ۴۵
شکل شماره ۳-۲۲- نمایش HQ براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری فعال (با حذف تری کلرواتیلن و دی‌هیدروژن سولفید) ۴۵
شکل شماره ۳-۲۳-نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه شغلی در روش نمونه‌برداری فعال ۴۶
شکل شماره ۳-۲۴-نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری فعال ۴۶

سخن نخست

یکـی از مأموریت‌هـای مهـم مدیریـت شـهری در کلان‌شـهرها، مدیریـت اصولـی پسـماندهای جامـد اسـت. مدیریـت پسـماند از ابتـدای تولیـد، تفکیـک، جمـع‌آوری، انتقـال و بازیافت اهمیـت زیـادی دارد؛ ولـی مرحلهٔ دفع پسـماند، از پیچیدگی‌هـای فنـی و مدیریتـی خاصـی برخـوردار اسـت. در حـال حاضـر، پرکاربردتریـن روش دفـع پسـماند در کشـور، روش دفـن در زمیـن اسـت. نتایـج بدسـت آمـده از دومیـن طـرح جامـع مدیریـت پسـماند شـهر تهـران (مصوبـه شـورای اسـلامی شـهر تهـران در فروردیـن مـاه ۱۴۰۰) گویـای آن اسـت کـه سـرانه تولیـد پسـماند در ایـن کلانشـهر ۷۶۴ گـرم در روز بـوده کـه بـه صـورت میانگیـن ۵۵ درصـد از ایـن میـزان پسـماند تولیـدی سرنوشـتی بجـز دفـن در زمیـن ندارنـد. دفـن غیراصولـی پسـماندهای شـهری در محل‌هـای دفـع می‌توانـد منجـر بـه مخاطـرات شـدیدی بـرای محیط‌زیسـت و سـلامت انسـان شـود. دفـن پسـماندها در زمیـن عـلاوه بـر هـدر رفـت منابـع، باعـث آلودگـی محیط‌زیسـت از طریـق انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای می‌شـود، در ایـن میـان، آلودگـی هـوا بـه خصـوص بوهـای منتشـره از مجتمع‌هـای دفـع و پـردازش نیـز از چالش‌هـای مناقشـه‌آمیز می‌باشـد، کـه گاهـی بـوی ترکیبـات منتشـره از ایـن مجتمع‌هـا در مسـافت‌های دوری ماننـد شـهرها استشـمام می‌شـود و ایـن مجتمع‌هـا را در مظـان اتهـام تولیدکننـده بـو قـرار می‌دهـد.

براسـاس آنچـه بـدان اشـاره شـد و در راسـتای اهـداف دومیـن طـرح جامـع مدیریـت پسـماند شـهر تهـران مبنـی بـر کمینه‌سـازی اثـرات سـوء بهداشـتی و زیسـت‌محیطی سیسـتم مدیریـت پسـماند شـهری بـا پیـروی از راهبـرد استانداردسـازی فرایندهـا و روش‌هـای جـاری عملیـات سیسـتم مدیریـت پسـماند در جهـت اجـرای سیاسـت توقـف عملیـات دفـن غیرمهندسـی و غیربهداشـتی انـواع پسـماند شـهری، در مطالعـه حاضـر نـوع و غلظـت ترکیبـات آلـی فـرار و دی سـولفیدهیدروژن در هـوای مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند آرادکـوه و منطقه شـورآباد تهـران و ارزیابـی ریسـک مـورد بررسـی قـرار گرفتـه اسـت.

امیـد اسـت، مطالعـه‌ی پیـشِ رو بتوانـد عـلاوه بـر دسـت‌یابی بـه اهـداف طـرح جامـع مدیریـت پسـماند شـهر تهـران، تأثیـر مثبتـی بـر کیفیـت ارائـه‌ی خدمـات بـه شـهروندان و کیفیـت زندگـی در شـهر بـر جـا بگـذارد.

عطاءالله رفیعی آتانی

رئیس مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

چکیده

دفـن پسـماند روش اصلـی دفـع ضایعـات جامـد شـهری در جهـان اسـت، بهرحـال ایـن شـیوه منجـر بـه ایجـاد آلودگی‌هـای ثانویـه ، ماننـد آلودگـی آب‌هـا و انتشـار گازهـا و بـوی بـد می‌شـود. در سـال‌های اخیـر بـا افزایـش جمعیـت و گسـتردگی مناطـق مسـکونی شـورآباد و مهدی‌آبـاد در مجـاورت مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند آرادکـوه، بـرای جامعـه سـاکن ایـن روسـتاها مشـکلات عدیـده‌ای را پیـش آورده اسـت؛ لـذا در تحقیـق حاضـر میـزان مواجهـه افـراد سـاکن در ایـن مناطـق بـا آلودگـی هـوای منتشـره از مجتمـع آرادکـوه و ریسـک بالقـوه آن مـورد ارزیابـی قـرار گرفـت، بـرای اندازه‌گیـری آلاینده‌هـای هـوا در ایـن پایان‌نامـه از دو روش غیرفعـال و فعـال اسـتفاده شـد. روش غیرفعـال بـا اسـتفاده از جـاذب ترکیبـات آلـی فـرار (VOC) شـرکت پسـام صـورت گرفـت و براسـاس نتایـج بـه دسـت آمـده از آنالیـز کروماتوگرافـی غلظـت ۱۰ آلاینـده گزارش شـد. درروش غیرفعـال اندازه‌گیـری آلاینده‌هـای گازی بـا اسـتفاده از فوچـک و بـرای مجمـوع ۲۵ آلاینـده گازی انجـام شـد. اندازه‌گیـری ذرات معلـق بـا اسـتفاده از دسـتگاه داسـت آنالیـزر و بـرای ذرات معلـق $PM_{2.5}$ و PM_{10} انجـام شـد. نقـاط اندازه‌گیـری در روش غیرفعـال ۸ نقطـه و در روش فعـال ۱۰ نقطـه بـود. نمونه‌بـرداری در روش غیرفعـال در واحـد کمپوسـت، پـردازش، خیابـان صنعـت چهـارم (پایین‌دسـت دریاچـه شـیرابه)، داخـل روسـتای شـورآباد و روسـتای مهدی‌آبـاد، در بیابـان (یـک کیلومتـری غـرب کمپوسـت)، دامـداری فشـافویه و قدرتـی و در روش فعـال عـلاوه بـر ایـن نقـاط، مجـاور زمیـن دفـن و تصفیه‌خانـه شـیرابه انجـام شـد. نقـاط نامبـرده بـا انجـام پیش‌آزمـون و مشـورت بـا ذینفعـان (مـردم محلـی و مدیـران مجتمـع آرادکـوه) انتخـاب شـد. زمـان نمونه‌بـرداری هفتـه آخـر مـرداد مـاه و هفتـه اول شـهریورماه بـود.

در ایـن مطالعـه، آلاینده‌هایـی از گـروه ترکیبـات اکسـیژنه، ترکیبـات هالوژنـه، گـروه آروماتیک‌هـا، گـروه ترکیبـات احیـاء شـده سـولفور، گـروه ترکیبـات نیتروژنـه، گـروه ترپن‌هـا و گـروه هیدروکربن‌هـا اندازه‌گیـری شـدند. براسـاس نتایـج اندازه‌گیـری آلاینده‌هـا، مقادیـر ترکیبـات هالوژنـه، ترکیبـات احیـاء شـده سـولفور و آمونیـاک بـالا بـود. پـردازش، کمپوسـت و تصفیه‌خانـه شـیرابه از منابـع مهـم انتشـار آلاینـده از مجتمع محسـوب می‌شـوند. غلظـت مجمـوع آلاینده‌هـای اندازه‌گیـری شـده در پـردازش در روش غیرفعـال و فعـال بـه ترتیـب ۱/۴۷ و ۳/۳۶ میلی‌گـرم در مترمکعـب بـوده اسـت. مقـدار کل آلاینـده اندازه‌گیـری شـده در روش غیرفعـال در پـردازش ۴۰/۶۸٪ بیشـتر از شـورآباد بـود. مقایسـه مقادیـر $PM_{2.5}$ در نقـاط مختلـف نشـان‌دهنده بالاتـر بـودن نسـبی ایـن مقادیـر از اسـتاندارد ملـی اسـت.

محاسـبه ریسـک سـرطان‌زایی در اندازه‌گیـری فعـال نشـان داد کـه بـه ترتیـب تری‌کلرواتیلـن، تتراکلرواتیلـن، بنـزن و دی‌کلرومتـان ریسـک سـرطان‌زایی کاهشـی داشـته‌اند. بالاتریـن ریسـک سـرطان‌زایی برابـر ۰/۰۰۳ مربـوط بـه پـردازش و آلاینـده تری‌کلرواتیلـن اسـت.

براسـاس نتایـج مطالعـه حاضـر، به‌نظـر می‌رسـد، طراحـی و اجـرای عملیـات اصلاحـی ماننـد اصـلاح روش دفـن، تصفیـه آلاینده‌هـای منتشـره از پـردازش، بهبـود فراینـد کمپوست‌سـازی، بهـره بـرداری صحیـح تصفیه‌خانـه شـیرابه و خشـک یـا کوچـک کـردن دریاچـه شـیرابه، نقـش مؤثـری در کاهـش معضـلات بهداشـتی و محیـط زیسـتی ناشـی از فعالیـت مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند آرادکـوه خواهـد داشـت.

۱. کلیات

۱-۱ - مقدمه

دفـن پسـماند، روش اصلـی دفـع زائـدات جامـد شـهری[1] (MSW) در جهـان اسـت؛ زیـرا ایـن روش اقتصادی‌تریـن شـیوه اسـتراتژی مدیریـت پسـماند اسـت. بـا اینکـه روش دفـن پسـماند سـاده اسـت، امـا باعـث ایجـاد آلودگی‌هـای ثانویـه، ماننـد آلودگـی آب‌هـا و انتشـار گازهـا و بـوی بـد می‌شـود. ترکیبـات بـودار گازی کـه از محـل دفـن پسـماند سـاطع می‌شـوند، در دهه‌هـای اخیـر نگرانی‌هـای اجتماعـی و زیسـت‌محیطی را برانگیختـه اسـت. افـرادی کـه در نزدیکـی محل‌هـای دفـن پسـماند زندگـی می‌کننـد، نگـران تأثیـرات سـو احتمالـی ایـن آلاینده‌هـا بـر سـلامتی هسـتند، عـلاوه بـر ایـن، اثـرات مزاحـم بـوی بـد یکـی دیگـر از نگرانی‌های عمومـی اسـت؛ زیـرا بـر کیفیـت زندگـی سـاکنان تأثیـر منفـی می‌گـذارد، اگرچـه بیشـتر اجـزای موجـود در گازهـای معطـر بـا غلظـت کـم وجـود دارد؛ امـا پیامدهـای بالقـوه سـلامتی و اثـرات جـدی آزاردهنـده بـوی ایـن ترکیبـات خطرنـاک و بدبـو منجـر بـه شـکایت بسـیاری شـده اسـت. ایـن نگرانی‌هـا و شـکایات روزافـزون، نیـاز بـه ارزیابـی ترکیبـات گازی بـودار را افزایـش داده اسـت (Wu C, Liu J,2017).

تجزیـه پسـماندها توسـط میکروارگانیسـم‌ها بزرگ‌تریـن منبـع تولیـد گاز در محـل دفـن پسـماند[2] (LFG) اسـت. LFG مخلوطـی از چندیـن گاز، یعنی متان، دی‌اکسـید کربن، کربن مونوکسیـد، هیـدروژن، اکسیـژن، نیتـروژن، سـولفید هیـدروژن و ...اسـت؛ همچنین بخشـی از آلاینده‌هـای هوا، ترکیب آلـی غیرمتانـی[3] (NMOC) هسـتند. متـان و دی‌اکسـیدکربن گازهـای غالـب در LFG هسـتند، غلظـت آن‌هـا بیـن ۴۵ تـا ۶۰ درصـد متـان و ۴۰ تـا ۶۰ درصـد دی‌اکسـیدکربن اسـت. حجـم کل NMOCs حـدود ۱٪ از کل حجـم LFG اسـت.

EPA در محـل دفـن پسـماند در ایالات‌متحـده نشـان داده اسـت کـه NMOCs شـامل ترکیبـات آلـی فـرار[4] (VOCs) اسـت. درمجمـوع ۶۰ تـا ۳۸٪ VOC بـه ترتیـب در تابسـتان و زمسـتان شناسـایی شـدند. رایج‌تریـن VOCهـای موجـود در LFG ؛ عبارتانـد از: بنـزن، تولوئـن، اتیـل بنـزن و زایلن‌هـا (BTEX) کـه به‌عنـوان آلاینده‌هـای خطرنـاک هـوا (HAPs) طبقه‌بنـدی می‌شـوند (US EPA, 2003).

مکانیسـم‌های حاکـم بـر میـزان انتشـار آلاینده‌هـای آلـی از سـلول‌های دفـن پسـماند بـه دو دسـته تقسـیم می‌شـود: تولیـد و انتقـال. اولیـن مرحلـه حاکـم بـر مکانیسـم انتشـار، تولیـد آلاینده‌هـا در فـاز بخـار و گاز اسـت کـه ممکـن اسـت از یکـی از سـه مکانیسـم تبخیـر، تجزیـه بیولوژیکی یـا واکنش‌هـای شـیمیایی رخ دهـد. تجزیه بی‌هـوازی مـواد زائـد در ۳ مرحلـه کلـی رخ می‌دهـد:۱- هیدرولیـز۲- اسیدسـازی ۳- متـان سـازی.

در اولیـن مرحلـه، جامـدات و ترکیبـات آلـی پیچیـده محلول توسـط عـوامـل تخمیرکننـده هیدرولیز شـده و بـه اسـیدهای چـرب فـرار اولیـه، الکل‌هـا، هیـدروژن و دی‌اکسـیدکربن تبدیـل می‌شـوند. در دومیـن مرحلـه، باکتری‌هـای اسیدسـاز محصـولات مرحلـه اول را بـه اسـید اسـتیک تبدیـل می‌کننـد و در آخریـن مرحلـه، متـان به‌وسـیله باکتری‌هـای کـه شـامل باکتری‌هـای اسـید دوسـت بـا تبدیـل اسـید اسـتیک بـه متـان و دی‌اکسـیدکربن و باکتـری هـای هیـدروژن دوسـت (بـا تبدیـل هیـدروژن و دی اکسـید کربـن به متان) هسـتند،

1. Municipal solid waste
2. Landfill Gas
3. Non-methane organic compound
4. Volatile Organic Compounds (VOCs)

تولیـد مـی شـوند(Salar Y,2014). گاز لندفیـل حـاوی مجموعـه‌ای از گازهـای گلخانـه‌ای اسـت؛ بنابرایـن انتشـار گاز تولیـدی در لندفیـل بـه اتمسـفر، سـبب افزایـش گرمایـش جهانـی و آثـار مخـرب زیسـت‌محیطی می‌شـود (Moridi M,2017).

در تأسیسـات مدیریـت پسـماند جامـد، بیـش از هفتادوپنـج آلاینـده متعلـق بـه ترکیبـات بـودار شناسـایی شـدنده‌اند، کـه شـامل ترکیبـات گروه‌هـای اکسـیژن‌دار، ترکیبـات گـروه هالوژنه،گـروه آروماتیک‌هـا، اسـیدهای چـرب فـرار، گـروه ترپن‌هـا، گـروه ترکیبـات سـولفوره می‌باشـند (Cheng et al. 2019; Li et al. 2015; Yun et al. 2018). چهارترکیـب BTEX از ترکیبـات آروماتیکـی تولیدکننـده بـو محسـوب می‌شـوند کـه در زمین‌هـای دفـن و فراینـد کمپوسـت اندازه‌گیـری شـده‌اند. بنـزن و تولوئـن بویـی شـبیه تینرهـای معمولـی و ملایـم و شـیرینی دارنـد. اتیـل بنـزن بویـی شـبیه بنزیـن دارد و ترکیبـات زایلـن هـم بویـی شـیرین دارنـد (ATSDR). هرکـدام از ایـن بوهـا آسـتانه بویایـی متفاوتـی دارنـد، ولـی به‌هرحـال یکـی از ترکیبـات احتمالـی مـورد شـکایت تولیدکننـده بـو در زمین‌هـای دفـن محسـوب می‌شـوند (Ashmore MR,2009). دو گـروه، سـهم عمـده‌ای در تشـکیل بودارنـد. گـروه اول، شـامل اسـترها و ارگانوسـولفورها و ۲- بوتانـول و برخـی از حلال‌هـا کـه ممکن اسـت در پسـماند قـرار گیرنـد و گـروه دوم، شـامل آلکیـل بنزن‌هـا و لیمونـن از خانـواده ترپن‌هاسـت، کـه لیمونـن و آلکیـل بنـزن بـا سـایر هیدروکربن‌هـا باعـث ایجـاد بـو زمینـه‌ای در لندفیـل می‌شـوند (Brattoli M.2011).

غلظـت ترکیبـات بـودار معمـولاً بسـیار کـم اسـت، امـا آسـتانه بویایـی آن‌هـا در بعضـی مـوارد پایین‌تـر اسـت. بینـی انسـان حسـاس‌ترین حسـگر ایـن ترکیبـات اسـت؛ زیـرا غلظـت آن‌هـا اغلـب کمتـر از حـد تشـخیص اندازه‌گیـری تجهیـزات آنالیزگـر اسـت، ازایـن‌رو، روش‌هـای تحلیلـی حسـاس بـرای شناسـایی و تعییـن مقـدار مـواد سـمی ضـروری اسـت. منبـع تولیـد بـو در سـایت دفـن پسـماند مربوط بـه گازهـای منتشـره از محـل دفن، حوضچه‌هـای جمـع‌آوری شـیرابه و یـا زباله‌سـوزها می‌باشـد. آلاینده‌هـای منتشـره در هـوای ناشـی از لندفیـل را می‌تـوان در دسـته‌های گازهـای اسـیدی، میکروآلاینده‌هـای آلـی سـمی و دیگـر گازهـای تولیدکننـده بـو طبقه‌بنـدی نمـود (Macklin Y,2011).

۱-۲- تعریف پسماند

پسـماند، شـامل تمامـی مـوادی کـه از فعالیت‌هـای انسـان و حیـوان ناشـی می‌شـود و شـامل دورریزهـای همگـون (پسـماندهای کشـاورزی، صنعتـی و معدنـی) و ناهمگـون (پسـماند جوامـع شـهری) اسـت. از زمان‌هـای قدیـم بشـر بـرای دفـع پسـماند از زمیـن اسـتفاده می‌کردنـد. در ابتـدا بـا توجـه بـه تعـداد کم‌جمعیـت و فراوانـی زمیـن بـرای دفـع پسـماند مشـکل زیـادی بـه وجـود نمـی‌آورد. کشـاورزان از زمان‌هـای بسـیار قدیـم کار بازیافت پسـماند را از طریـق اسـتفاده از پسـماند به‌عنـوان کـود و سـوخت انجـام می‌دادنـد. مشـکلات مربـوط بـه دفـع از زمانـی شـروع شـد کـه منجـر بـه تکثیـر مـوش، مگـس و شـیوع بیمـاری طاعـون گردیـد. درنتیجـه از قـرن نوزدهـم نیـاز بـه برنامه‌هـای مدیریـت پسـماند بیشـتر احسـاس شـد. منابـع تولیـد پسـماند در یـک اجتمـاع در درجـه اول بسـتگی بـه کاربـری اراضـی و فعالیت‌هـا در منطقـه دارد.

۱-۳- انواع منابع تولید پسماند

منابع تولید پسماند به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱- منابع پسماند شهری (منابع مسکونی، منابع تجاری، مؤسسات، ساخت‌وساز و تخریب، خدمات و سرویس‌های شهری، تصفیه‌خانه‌ها) ۲- صنایع ۳- کشاورزی می‌باشد.

۱-۳-۱-منابع پسماند شهری

۱-۳-۱-۱- منابع پسماند خانگی:

پسماندهای خانگی[1] درنتیجه مصرف مواد مختلف توسط ساکنین منازل تولید می‌شود و شامل مواد مختلف و متفاوتی هستند. پسماندهای خانگی محتوی پسماندهای آلی (قابل‌احتراق) و پسماندهای غیرآلی (غیرقابل‌احتراق) است. بخش آلی زائدات جامد خانگی شامل زائدات غذایی (پسماند تر)، انواع کاغذها،کارتن و مقوا، انواع پلاستیک‌ها، منسوجات، لاستیک چرخ و چوب می‌باشد. به بخشی از زائدات آلی خانگی که به‌سرعت تجزیه‌شده و باعث تولید بوهای ناخوشایند و رشد و تکثیر مگس می‌شود، پسماندهای فسادپذیر گفته می‌شود که عمدتاً، شامل پسماندهای غذایی است که از مراحل مختلف نگهداری، تهیه و پخت‌وپز و مصرف مواد غذایی در منازل تولید می‌شوند. در بسیاری از نقاط، طبیعت فسادپذیر این زائدات بر طراحی و راهبری سیستم جمع‌آوری پسماندها تأثیرگذار است. بخش غیرآلی زائدات جامد خانگی شامل شیشه، اجزاء گلی و سفالی، فلزات آهنی و غیرآهنی و خاکروبه است.

علاوه بر زائدات فوق دو گروه اصلی از زائدات در پسماندهای شهری یافت می‌شوند که؛ عبارتاند از: زائدات ویژه و خطرناک. زائدات ویژه حاصل از منازل مسکونی شامل اجزاء حجیم (اسباب و اثاثیه، قفسه کتاب، کابینت‌ها، مبلمان و ...)، تجهیزات الکترونیکی (رادیوضبط، تلویزیون، کامپیوتر و...)، تجهیزات رفاهی (یخچال، فریزر، اجاق‌گاز و ماشین‌های لباسشویی و ظرفشویی)، زائدات محوطه حیاط که جداگانه جمع‌آوری می‌شوند (شاخ و برگ درختان و باقیمانده هرس گیاهان)، باتری‌ها (باتری‌های وسایل الکترونیکی، باتری ماشین و...) روغن‌ها (روغن حاصل از سرویس وسایط نقلیه توسط صاحبان در منزل) و تایرها می‌باشد.

زائدات خطرناک شامل کلیه زائداتی است که بر اساس قانون حفاظت و بازیافت منابع (RCRA)[2] خطرناک تلقی می‌شوند. مهم‌ترین محصولات مصرفی خانگی که مولد پسماند خطرناک خانگی هستند؛ عبارتاند از : تمیزکننده‌های[3] خانگی، پودرهای پاک‌کننده زبر (ساینده)، آئروسل‌ها، ترکیبات آمونیاکی، سفیدکننده‌های کلره، شیشه پاکن، اجاق پاک‌کن، لکه برها، محصولات بهداشتی و آرایشی، آفت‌کش‌ها و کودها و انواع محصولات متفرقه دیگر مانند باتری‌ها و مواد شیمیایی عکاسی (Alavi SN, Babaii AA 2017).

۱-۳-۱-۲-پسماندهای تجاری

پسماندهای تجاری[4] درنتیجه فعالیت‌های تجاری مغازه‌ها، رستوران‌ها، بازارها، سوپرمارکت‌ها، هتل‌ها،

1. Household
2. Resource, Conservation and Recovery Act (RCRA)
3. Detergent
4. Commercial Solid Waste

تعمیرگاه‌هـا و کارگاه‌هـای درون‌شـهری تولیـد می‌شـوند. قسـمت عمـده پسـماند تولیـدی در ایـن واحدهـا شـامل کاغـذ و مقـوا و انـواع پلاسـتیک‌ها بـوده و در پسـماند آن‌هـا شیشـه، فلـزات، چـوب و پسـماندهای غذایـی دیـده می‌شـود(Alavi SN, Babaii AA 2017).

۱-۳-۱-۳-پسماندهای مؤسسات (ادارات، زندان‌ها و بیمارستان‌ها)

مؤسسـات مختلـف، ماننـد ادارات، مـدارس، آموزشـگاه‌ها، زندان‌هـا و بیمارسـتان‌ها نیـز از منابـع مهـم تولیـد پسـماند در شـهرهای مـورد مطالعـه هسـتند. به‌جـز بیمارسـتان‌ها و زندان‌هـا قسـمت عمـده پسـماند تولیـدی در ایـن واحدهـا مشـابه واحدهـای مسـکونی و تجـاری اسـت. بخـش کوچکـی از پسـماندهای بیمارسـتان‌ها و زندان‌هـا در رده پسـماندهای خطرنـاک بـوده و بایـد براسـاس مقـررات خـاص خـود مدیریـت شـوند.

۱-۳-۱-۴-پسماندهای تخریب و ساخت‌وساز (نخاله‌های ساختمانی)

بـه پسـماند حاصـل از سـاخت، تغییـر، بازسـازی و تعمیرخانه‌هـای مسـکونی شـخصی، سـاختمان‌های تجـاری و سـایر سـاختمان‌ها، پسـماند سـاخت گفتـه می‌شـود. ترکیـب ایـن پسـماندها متغیـر بـوده و عمدتـاً، شـامل مـوادی، ماننـد سـنگ، بتـون، آجـر، چـوب، آهـن، لولـه و سـایر تجهیـزات سـاختمانی اسـت. بـه پسـماندهای حاصـل از تخریـب سـاختمان‌ها، تخریـب خیابان‌هـا، پیاده‌روهـا، پل‌هـا و سـایر سـازه‌ها، پسـماند تخریـب گفتـه می‌شـود. ترکیـب عمـده پسـماند تخریـب مشـابه پسـماند سـاخت می‌باشـد، امـا ممکـن اسـت، در آن شیشـه‌های شکسـته و پلاسـتیک نیـز وجـود داشـته باشـد.

۱-۳-۱- ۵- پسماندهای خدمات شهری (رفت و روب و تنظیف معابر)

یکـی از منابـع تولیـد پسـماند در شـهرهای مختلـف، رفـت‌وروب خیابان‌هـا و معابـر، پارک‌هـا و مناظـر، پاکسـازی جوی‌هـای رواناب‌هـای سـطحی و فاضلاب‌هـا، سـواحل و تفریحگاه‌هـا و کانتینرهـا و سـطل‌های پسـماند مسـتقر در معابـر و خیابان‌هـا می‌باشـد کـه بسـته بـه وسـعت معابـر و اجـرای برنامه‌هـای پاکسـازی در سـطح شـهر مقـدار آن متفـاوت می‌باشـد. ایـن پسـماندها ، شـامل : خاکروبـه، بقایـای درختـان و فضـای سـبز، زائـدات معمـول دفـع شـده در کانتینرهـا و سـطل‌های پسـماند مسـتقر در معابـر و خیابان‌هـا، اجسـاد حیوانـات و وسـایط نقلیـه اسـقاطی می‌باشـند. بـا وجـود پراکندگـی ایـن نـوع پسـماند و مشـکلات جمـع‌آوری آن از سـطح شـهر، در مقایسـه بـا سـایر پسـماندها، ایـن منبـع سـهم کوچکـی در تولیـد پسـماند دارد.

۱-۳-۱-۶- پسماندهای تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب

پسـماندهای تصفیه‌خانه‌هـای آب و فاضـلاب به‌صـورت جامـد و نیمـه جامـد بـوده و بـه نـوع فراینـد و عملیـات تصفیه‌خانـه بسـتگی زیـادی دارد. زائـدات حاصـل از تصفیه‌خانه‌هـای آب و فاضـلاب عـلاوه بـر زائـدات حاصـل از بخش‌هـای اداری و پرسـنلی شـامل لجـن نیمـه جامـد اسـت کـه در صـورت دارا بـودن کمتـر از ۵۰ درصـد آب و عـاری بـودن از مایـع آزاد می‌تواننـد بـه همـراه پسـماندهای شـهری جمـع‌آوری شـوند. پسـماندهای حاصـل از سـایت‌های تصفیـه و بی‌خطرسـازی پسـماندهای جامـد معمولـی و خطرنـاک شـامل خاکسـتر ته‌مانـده می‌باشـد.

۱-۳-۲- پسماندهای صنعتی

امروزه، با رشد و توسعه تکنولوژی قلمرو صنعت محدوده شهرها و حتی روستاها را در بر گرفته است. صنایع یکی از منابع مهم تولید پسماندها در اجتماعات می‌باشند. هرچند طبق قوانین و مقررات جاری مثل قانون پسماندها، مدیریت پسماندهای صنعتی به عهده صاحبان صنایع می‌باشد، اما در برنامه‌های مدیریت پسماندهای شهر و خصوصاً در بحث بازیافت بهتر است نیم‌نگاهی هم به پسماندهای حاصل از صنایع داشت. منابع تولید پسماند در صنایع؛ عبارتاند از: ۱-فرآیند صنعت، ۲- انبارداری مواد خام اولیه، ۳- بسته‌بندی و انبارداری محصولات، ۴- بهره‌برداری و نگه‌داری از تأسیسات (تعمیرات، سرویس‌های دوره‌ای و تعویض قطعات)، ۵- تجهیزات و تسهیلات کنترل آلودگی‌ها (تجهیزات کنترل آلودگی هوا و تسهیلات تصفیه آب و پساب)، ۸- نگهداری و توسعه فضای سبز، ۹- آزمایشگاه و ۱۰- توسعه و نوسازی (نخاله‌های ساختمانی). بخشی از این پسماندها خصوصاً پسماندهای حاصل از فعالیت نیروی انسانی (بخش‌های اداری،تسهیلات غذاخوری و ...) فضای سبز و بسته‌بندی و انبارداری محصولات، دارای اجزاء قابل بازیافت می‌باشد.

۱-۳-۳- پسماندهای کشاورزی

پسماندها و بقایای حاصل از فعالیت‌های مختلف کشاورزی از قبیل کشت و برداشت انواع محصولات از مزارع و باغات، دامپروری، پرورش طیور، شیلات و پرورش ماهی تحت عنوان پسماندهای کشاورزی نامیده می‌شوند. پسماندهای حاصل از منابع کشاورزی عمدتاً شامل زائدات گیاهی و شاخه و برگ درختان، زائدات محصولات کشاورزی، فضولات دامی و طیور و لاشه حیوانات می‌باشد.

۱-٤- مدیریت پسماند شهری

اصول و فرایندهای مدیریت پسماند شامل فعالیت‌ها و تکنولوژی‌های مرتبط با تولید، نگهداری، ذخیره، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، پردازش و دفع پسماند است، برای آن‌که فرایند دفع پسماند پاسخگوی نیازهای عمومی باشد باید از اصول عملکردهای اجرائی، اقتصادی، قانونی معماری، برنامه‌ریزی و مهندسی را شامل شود. هر چه چهارچوب جامع مدیریت پسماند پایدارتر شود، احتمال دستیابی به تصمیم‌گیری جامع برای سرمایه‌گذاری یکسان، بیشتر خواهد بود

۱-۴-۱-کاهش تولید پسماند

کاهش تولید پسماند در مبدأ به‌منظور کاهش تولید پسماند و کاهش میزان سمی بودن پسماند تولید شده است،کاهش پسماند در نقطه تولید شامل تولید محصولاتی با بسته‌بندی‌های قابل استفاده مجدد است .

همچنین آموزش مردم برای خرید محصولات بادوام و دارای قابلیت تعمیر، در مورد جایگزینی مواد شیمیایی کمتر خطرناک به‌جای مواد شیمیایی خطرناک، حذف خریدهای احساسی و محصولاتی که نیازی به آن‌ها وجود ندارد و استفاده کمتر از لوازم یک‌بارمصرف، مثال‌هایی از صدها راهکار برای کاهش تولید پسماند است.

۱-۴-۲-جابجایی

درمجموع، جابه‌جایی به فعالیت‌های مرتبط با مدیریت پسماند تا زمان قرارگیری آن‌ها در ظروف ذخیره، قبل از جمع‌آوری توسط شهرداری یا تحویل به مراکز بازیافت اطلاق می‌شود.

۱-۴-۳-جمع‌آوری

جمع‌آوری، نه‌تنها شامل برداشت پسماند و مواد قابل بازیافت است، بلکه حمل مواد به محلی که در آنجا محتویات وسایل نقلیه جمع‌آوری تخلیه می‌شوند را نیز در برمی‌گیرد. این محل می‌تواند یک ایستگاه پردازش مواد، ایستگاه حمل و یا یک محل دفن باشد. در شهرهای کوچک که به محل دفن نهایی نزدیک است، حمل‌ونقل پسماند به‌عنوان یک مشکل جدی مطرح نیست، ولی در شهرهای بزرگ که مسافت حمل‌ونقل پسماند تا نقطه دفع بیش از ۱۵مایل (۱۵/۲۵ کیلومتر) است، حمل‌ونقل مشکلات اقتصادی عمده‌ای را ایجاد می‌کند. جمع‌آوری تقریباً ۵۰ -۷۰ درصد کل هزینه‌های سالیانه مدیریت پسماند شهری را در بر می‌گیرد.

۱-۴-۴-تفکیک و پردازش

بازیافت، بهترین و عملی‌ترین راهکار مدیریت پسماند پس از کاهش تولید است. تفکیک در مبدأ در جابجایی و نگهداری پسماند نقش بسیار مهمی داشته و توجه به بهداشت عمومی و ملاحظات زیبایی مکان نگهداری، اهمیت بسزایی دارد. بازیافت همراه با فواید فراوانی شامل حفظ منابع محدود و با ارزش، کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید از مواد خام و حتی کمک به ظرفیت محل دفن می‌باشد. بازیافت همچنین همراه با مزایای اقتصادی چشمگیری است و در بعضی از جوامع تبدیل به کسب‌وکار پررونق و رقابتی شده است. بازیافت ممکن است از مواد آلی پسماند و به‌صورت کمپوست صورت گیرد و یا اینکه بر پایه تبدیل یا استفاده مجدد پسماند به‌اصطلاح خشک باشد. در هر دو صورت علاوه بر مزایای متنوع، اغلب به دلایل بهره‌برداری نادرست همراه با اثرات سوء محیط زیستی مانند ایجاد آلودگی هوا است.

۱-۴-۵-دفع

دفع درازمدت مطمئن و قابل‌اعتماد پسماندهای جامد یک جزء مهم از مدیریت جامع پسماند می باشد. مواد باقیمانده، اجزایی از پسماند می‌باشند که بازیافت نمی‌شوند، پس از پردازش در تسهیلات پردازش باقی می‌مانند و یا بعد از بازیابی محصولات تبدیلی و یا انرژی برجا می‌مانند. از میان روش‌های مختلف دفع پسماند، دفن در زمین، روش غایی و نهایی دفع پسماند می‌باشد؛ زیرا دیگر روش‌های دفع، مانند سوزاندن نیز پسماندهای غیرقابل مدیریتی بر جا خواهد گذاشت که دفع آن‌ها در زمین‌های دفن، چاره نهایی است.

۱-۴-۶-دفن در زمین

به لحاظ تاریخی، دفن اقتصادی‌ترین و ازنظر زیست‌محیطی قابل‌قبول‌ترین روش برای دفع پسماند در سراسر جهان بوده است، حتی با اجرای برنامه‌های کاهش پسماند، بازیافت و فناوری‌های تغییر و تبدیل مواد، هنوز دفع مواد باقیمانده در محل‌های دفن به‌عنوان یک جزء مهم از راهبردهای مدیریت جامع پسماند می‌باشد، اگرچه درگذشته محل دفن به‌جایی اطلاق می‌شد که پسماند جایگذاری شده در آن، روزانه در پایان عملیات پوشانده می‌شد؛ امروزه محل دفن بهداشتی به عملیات مورد استفاده برای به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی و بهداشتی دفع پسماند شهری اطلاق می‌شود. برخی مواقع از یک محل دفن بهداشتی به عنوان یک واحد مدیریت پسماند یاد می‌شود.

۱-۵- مشکلات ناشی از دفن در زمین

دفن پسماند ساده‌ترین و معمولاً ارزان‌ترین روش برای دفع پسماند است. در بیشتر کشورهای درحال‌توسعه با درآمد کم تا متوسط، تقریباً همه پسماندهای جامد تولید شده، به محل دفن پسماند می‌روند، حتی در بسیاری از کشورهای پیشرفته، دفن پسماند محبوب‌ترین روش دفع است. در اتحادیه اروپا، اگرچه سیاست‌های کاهش و استفاده مجدد به‌شدت تشویق می‌شود، اما هنوز بیش از نیمی از کشورهای عضو اتحادیه بیش از ۷۵٪ پسماندهای خود را به محل دفن پسماند ارسال می‌کنند (Pfeiffer E, Gerlagh T ,2010).

اگرچه دفن پسماند هنوز یکی از راه‌حل‌های نهایی برای دفع پسماندهای تولیدی است، اما این شیوه با چالش‌های فراوانی همراه است؛ زیرا پسماند در فرایند تولید تا دفع نهایی همواره تحت تأثیر واکنش‌ها و دگرگونی‌های شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی است که گاهی منجر به تولید ترکیبات و مواد بسیار خطرناک برای سلامتی و محیط‌زیست می‌شود. محل دفن پسماند ، منبع بالقوه آلودگی آب‌های زیرزمینی، خاک و گیاهان توسط فلزات سنگین درون شیرابه می‌باشد.

تجزیه مواد آلی و واکنش شیمیایی مواد معدنی درون توده پسماند در مسیر حیات پسماند از تولید تا دفن نهایی نیز منجر به انتشار گازهای متعدد با غلظت قابل‌توجهی در محیط می‌شود؛ همچنین بعضی گازهای منتشره از توده پسماند در زمین دفن، مانند متان و گاز هیدروژن به‌شدت قابل اشتعال و انفجار هستند؛ بنابراین احتمال آتش‌سوزی در زمین دفن و توسعه آن به محیط‌های اطراف وجود دارد. شاید یکی از پرچالش‌ترین معضلات زیست‌محیطی مدیریت پسماند، انتشار گازهای آلاینده‌ای باشد که حتی در مقادیر بسیار ناچیز هم توسط افراد حساس جامعه قابل تشخیص است و موجب رنجش و آزار ذهنی افراد می‌شود. ضمن اینکه بعضی از آلاینده‌های گازی تولید شده سهمی در تولید آئروسل‌های آلی ثانویه[1] (SOA) و شرکت در واکنش‌های فتوشیمیایی اتمسفری را دارند. باتوجه به اهمیت ترکیبات گازی منتشره از فرایند مدیریت پسماند در ادامه به‌اجمال به هرکدام پرداخته خواهد شد.

1. Secondary organic aerosol

۱-۶- سازوکار (مکانیسم) تولید ذرات معلق در محل پردازش و زمین دفن

فعالیت‌های متعددی در مجتمع‌های مدیریت پسماند منجر به تولید ذرات معلق و گردوغبار می‌گردد. میزان ذرات معلق تولیدشده، بیشتر به نوع فعالیت و نحوه مدیریت در آن فعالیت خاص بستگی دارد؛ اما عواملی مانند میزان پسماند در حال فرآوری (پردازش یا دفن) و شرایط آب و هوایی نیز در میزان ذرات معلق تولید شده سهم دارند، از فعالیت‌های عمده‌ای که منجر به تولید ذرات معلق در مجتمع مدیریت پسماند می‌شود، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- جابه‌جایی پسماند در داخل و خارج از سایت؛
- انبار کردن پسماند و پردازش آن؛
- احتراق وسایل نقلیه به‌خصوص داخل سایت؛
- رفت‌وآمد و فعالیت وسایل نقلیه و دیگر وسایل موتوری به‌ویژه در زمین دفن؛
- تجهیزات مورد استفاده برای سوزاندن گاز زمین دفن شامل فلرها و موتورهای احتراق داخلی؛
- گردوغبار بلند شده از سطح زمین دفن درنتیجه فرسایش زمین؛
- زیرورو کردن توده کمپوست؛
- بادبردگی پسماند از سطح توده تلنبار شده؛
- بادبردگی هنگام تخلیه پسماند در سلول‌های دفع (Emília Hroncová 2020).

۱-۷- نگاه کلی به مجتمع‌های پردازش پسماند

در مجتمع‌های مدیریت پسماند، علاوه بر دفن مواد زائد ممکن است فعالیت‌های دیگری هم صورت بگیرد و به‌صورت مجتمع مدیریت جامع پسماند بهره‌برداری شود، در چنین مواردی ممکن است، در کنار زمین دفن تأسیسات دیگری همچون تسهیلات پردازش یا فرایندهای کمپوست و یا حتی زباله‌سوزها نیز دیده شوند.

انتظار می‌رود، اکثر ترکیبات بودار در طی تجزیه بی‌هوازی در زمین دفن شکل گیرند، اما مطالعات نشان داده است که واحدهای کمپوست، پردازش و نیز تصفیه‌خانه‌های شیرابه نیز پتانسیل تولید بو را دارند. ترکیبات بودار در محل دفن پسماندها در طول فرایند تجزیه پسماند شکل می‌گیرد. حضور مقادیر قابل‌توجهی از پسماندها صنعتی یا حلال‌های خانگی می‌تواند تعداد ترکیبات آزاد شده را افزایش دهد.

بوی منتشره از واحدهای جداسازی اغلب به‌دلیل بی‌هوازی شدن جزیی مواد زائد یا درنتیجه واکنش شیمیایی ناشی از تماس مواد زائد ایجاد می‌شود؛ همچنین شیرابه پسماند، بقایای پسماند درخردکن‌ها و آسیاب‌ها و غربال‌ها و سایر تجهیزات واحد جداسازی و پردازش از منابع تولیدکننده بو می‌باشند.

کمپوست گرچه فرایند هوازی است، درصورتی‌که فرایند کمپوست به درستی بهره‌برداری نشود، ایجاد شرایط بی‌هوازی در توده، انتشار گازهای متنوعی را موجب می‌شود. در صورت بهره‌برداری هوازی کمپوست بازهم احتمال انتشار گازهایی مانند بخارات اسید استیک، بوتریک اسید، پروپونیک

اسـید، اسـتون، بوتانـن، پنتانـن، اتانـول، ایزوپروپانـول، پروپانـول، بوتانـل، اتیـل اسـتات، پینـن، لیمونـن، گـروه ارگانـو سـولفید و متیـل سـولفیدها و نیـز تولوئـن، بنـزن و زایلـن وجـود دارد. ایجـاد شـرایط بی‌هـوازی در تـوده کمپوسـت، عـلاوه بـر گازهـای نامبـرده در بـالا، احتمـال انتشـار گازهایـی اسـتایرن، ترکیبـات سـولفیدی فـرار شـامل دی‌متیل‌سـولفید (DMS)، دی‌متیل‌دی‌سـولفید (DMDS)، هیـدروژن سـولفید، کربنیـل سـولفید و متیـل مرکاپتـان و ماننـد آن‌هـا را ایجـاد می‌نمایـد. همچنیـن تولیـد شـیرابه ناشـی از چگالـش پسـماندها بـر روی‌هـم و گـرم شـدن تـوده و متعاقـب آن آزاد شـدن گازهـای تولیدشـده، در نتیجـه واکنش‌هـای شـیمیایی، کمپوسـت را بالقـوه مسـتعد انتشـار بـو می‌نمایـد.

واحدهـای بی‌هـوازی تصفیه‌خانـه شـیرابه نیـز ممکـن اسـت در سـاعاتی از منابـع انتشـار ترکیبـات بـودار گازی باشـند. بهره‌بـرداری نامناسـب از زمیـن دفـن یکـی از منابـع بالقـوه تولیـد ترکیبـات بـودار می‌باشـد. به‌طورکلـی آلاینده‌هـای فـرار تولیـدی از زمیـن دفـن را می‌تـوان بـه چنـد گـروه عمـده ترکیبـات آروماتیک‌هـا، ترپن‌هـا، ترکیبـات سـولفوره، هیدروکربن‌هـای هالـوژن‌دار و اکسـیژنه تقسـیم‌بندی نمـود. از مهم‌تریـن ترکیبـات آروماتیـک منتشـره از زمیـن دفـن می‌تـوان بنـزن، تولوئـن، اتیـل بنـزن و زایلن‌هـا، ترکیبـات ترپـن، ماننـد لیمونـن و ترکیبـات اکسـیژنی، ماننـد اتیـل الـکل، اسـتون، ۲-بوتانـون، ۲- هگزانـون و ایزوپروپانـول و ترکیبـات سـولفیدی فـرار اشـاره نمـود (US EPA, 2003- Macklin Y,2011).

استنشـاق، مسـیر اصلـی بـرای ورود VOCs بـه بـدن اسـت. VOCsبه‌دلیل داشـتن فشـار بخـار بـه نسـبت بـالا، به‌طـور سـریع وارد مجـاری تنفسـی می‌شـود و گلـودرد و سـوزش چشـم و آسـم مزمـن را ایجـاد می‌کنـد. قـرار گرفتـن در معـرض HAPهـا می‌توانـد انـواع مشـکلات بهداشـتی ماننـد بیماری‌هـای سـرطانی، تحریـک تنفسـی و آسـیب بـه سیسـتم عصبـی مرکـزی را ایجـاد کنـد. آژانـس بین‌المللـی تحقیقـات سـرطان (IARC، 2014) بنـزن را به‌عنـوان گـروه ۱ طبقه‌بنـدی کـرد (سـرطان‌زا بـرای انسـان)، اتیـل بنـزن به‌عنـوان گـروه B2 (احتمـال سـرطان‌زا بـرای انسـان‌ها) و تولوئـن و زایلـن به‌عنـوان گـروه ۳ ("به‌عنـوان عامـل ایجـاد سـرطان بـرای انسـان‌ها طبقه‌بنـدی نمی‌شـود"). کـودکان نسـبت بـه بزرگ‌سـالان بیشـتر بـه آلاینده‌هـای هـوا حسـاس هسـتند ازآنجاکـه آن‌هـا بیشـتر نفـس می‌کشـند، بـه اثـرات مضـر آلاینده‌هـای هـوا آسـیب‌پذیر می‌شـوند درنتیجـه میـزان دریافـت هـوا در کـودکان نسـبت بـه بزرگ‌سـالان نسـبت به‌انـدازه بـدن آن‌هـا بیشـتر اسـت و همچنیـن کـودکان دارای ریـه نابالـغ و راه‌هـای هوایـی باریک‌تـری هسـتند. لوسـمی بـا در معـرض قرارگیـری بنـزن ایجـاد می‌شـود. عوامـل متعـددی بـر تولیـد گاز در محل‌هـای دفـن پسـماند تأثیـر دارنـد کـه می‌تـوان بـه دودسـته عوامـل غیرزیسـتی و عوامـل ناشـی از روش‌هـای مختلـف بهره‌بـرداری تقسـیم نمـود. عوامـل غیرزیسـتی[1] مؤثری بـر تولیـد گاز شـامل اکسـیژن، هیـدروژن، pH، قلیاییت، مـواد مغذی، ممانعـت کننده‌هـا، دمـا و رطوبـت اسـت.

۱-۸-ارزیابی ریسک اثرات سرطان‌زایی و غیرسرطانزایی

آنالیـز ریسـک مواجهـه بـا آلاینده‌هـا بـر روی سـلامتی انسـان، فراینـدی سیسـتماتیک بـرای ارزیابـی، مدیریت و تعییـن ارتبـاط خطـر آلاینده‌هـای محیـط بـا سـلامت انسـان اسـت. ارزیابـی ریسـک، نتایـج احتمالـی مثبـت

1. Abiotic

و منفی اقدامات گوناگون مدیریت ریسک را بر روی سلامت انسان تعیین می‌کند. درواقع این روش، شامل اصول و فرایندهای علمی پیشرفته است که بستر مناسبی را در جهت استفاده، از داده‌های علمی به‌منظور ارزیابی و مقایسه نتایج عوارض احتمالی بر سلامت انسان ناشی از مواجهه با خطرات مختلف (منابع ریسک) و خطرات منشأ گرفته از تصمیمات مدیریتی یا مداخلات گوناگون ارائه می‌دهد.

ارزیابی ریسک اطلاعات مربوط به‌اندازه و مشخصات مربوط به یک خطر را فراهم می‌کند. مدیریت ریسک اقدامات صورت گرفته، به‌منظور کنترل خطر را شامل می‌شود. ارتباط ریسک، تبادل اطلاعات و نظرات مربوط به خطر و عوامل مرتبط با خطر در میان ارزیابی‌کنندگان ریسک، مدیران ریسک و سایر افراد که به‌نوعی با این مسئله ارتباط دارند را به عهده دارد. باتوجه به تمامی زمینه‌هایی که در آن‌ها ارزیابی ریسک انجام می‌شود، مدل‌های متعددی برای ارزیابی ریسک وجود دارد (Yaghmaien K, 2019). حتی اقدامات کوچکی در تعیین سطح ریسک می‌تواند در تشخیص فرایندهای پیچیده علت و معلولی ارزشمند و مفید باشد. براین اساس، در مطالعه حاضر بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده در مرحله نمونه‌برداری و آنالیز، ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی ترکیبات آلاینده انجام خواهد شد.

۱-۹-مدیریت پسماندها در کلان‌شهر تهران

شهر تهران با توجه به جمعیت تخمینی ۸/۷ میلیون نفر (سرشماری سال ۱۳۹۵) سالیانه نزدیک به ۲/۵ میلیون تن مواد زائد تولید می‌کند. بیشتر این زائدات تولیدشده از طریق دفن مستقیم در مرکز دفن کهریزک (تنها مرکز دفن تهران) با مساحتی حدود ۱۴۰۰هکتار از سال ۱۳۳۹ مورد بهره‌برداری قرارگرفته است، دفع می‌گردد. بر طبق آخرین آمار میزان تولید پسماند در تهران بالغبر ۵۵۰۰ تا ۷۴۶۰ تن در روز بوده که۹۱٪ آن پسماند خانگی، و ۱٪ بیمارستانی و ۸٪ مربوط به شرکت‌ها وشهرک‌هاست. میزان کاغذ موجود در این پسماندها در حدود ۷۰۰ تن (حدود۱۰٪ ازکل) و میزان پسماندهای بیمارستانی و کلینیک‌ها نیز در حدود ۸۰-۷۰ تن تخمین زده‌شده است. بر طبق آمار؛ همچنین تولید سرانه پسماند هر شهروند تهرانی ۹۲۰ گرم برآورد شده است که ۹ درصد آن را مواد پلاستیکی، ۸ درصد را کاغذ و مقوا، ۳/۵ درصد پارچه، ۳ درصد شیشه، ۲/۵ درصد انواع فلزات و بین ۶۸ تا ۷۰ درصد را پس‌مانده‌های غذایی، میوه و سبزی‌های به خود اختصاص داده است. بخش قابل‌توجهی از این پسماندها را پسماندهای تر (در حدود۷۰٪) تشکیل داده و مابقی را پسماندهای خشک (۳۰٪) شامل می‌گردد.

با توجه به استقرار بیش از ۵۰ هزار مخزن ذخیره‌سازی پسماند در سطح شهر تهران و جمع‌آوری روزانه آن‌ها توسط خودروهای موجود، پسماندهای جمع‌آوری‌شده، باید در اسرع وقت به سایت دفع نهایی ارسال‌شده تا مشکلات بهداشتی و بصری موجود به حداقل ممکن برسد. به همین منظور هر یک از خودروهای جمع‌آوری، پس از پرشدن مخزن خود بلافاصله به ایستگاه انتقال میانی مشخص‌شده، مراجعه نموده و نسبت به تخلیه بار خود به درون سمی تریلی‌های موجود اقدام می‌کنند. سمی‌تریلی‌ها نیز، پس از پر شدن نسبت به انتقال پسماندها از ایستگاه‌های انتقال میانی به مجتمع پردازش و دفع آرادکوه اقدام می‌کنند. به‌صورت متوسط در شهر تهران مسافت طی شده رفت‌وبرگشت، برای سمی

تریلی‌هـا از ایسـتگاه‌های انتقالـی میانـی موجـود ۶۶کیلومتـر می‌باشـد.

مجتمـع پـردازش و دفـع آرادکـوه در منطقـه کهریـزک-در جنـوب شـهر تهـران- واقـع شـده اسـت. ایـن مجتمـع دارای بخش‌هـای مختلـف پیش‌پـردازش، تولیـد کمپوسـت، دفـن پسـماند بی‌خطرسـازی شـده، مراکـز بهداشـتی و درمانـی، دفـن پسـماند و تصفیـه شـیرابه می‌باشـد.

بخـش پیش‌پـردازش، در واقـع نقـش جداسـازی مـواد بازیافتـی باقیمانـده در پسـماند منتقل شـده بـه مجتمع آرادکـوه را دارد و مـواد بازیافتـی همچـون پلاسـتیک، شیشـه و فلـزات از حجـم پسـماند جداسـازی می‌شـود. مـواد خروجـی از واحـد پیش‌پـردازش بـه دوبخـش مـواد آلـی و مـواد دفعـی (ریجکتـی) تقسـیم می‌شـوند کـه بـه ترتیـب بـه بخـش کمپوست‌سـازی و زمیـن دفـن فرسـتاده می‌شـوند. در ایـن واحـد مـواد خشـک بـه طورنسـبی از جریـان پسـماند جداسـازی شـده و بـه چرخـه تولیـد بازخواهنـد گشـت کـه ایـن موجـب بهبـود محیط‌زیسـت شـهری و بهبـود وضعیـت اجتماعـی و بهداشـتی مـردم خواهـد شـد. کاهـش شـیرابه و عـدم تولید گازهـای گلخانـه‌ای (متـان)، کاهـش میـزان مـواد دفنـی و افزایـش طـول عمـر مراکـز دفـن، جلوگیـری از دفـن مـواد بـا ارزش از دیگـر مزایـای زیسـت‌محیطی واحدهـای پیش‌پـردازش می‌باشـد.

بـا توجـه بـه میـزان بسـیار زیـاد پسـماند تولیـدی در شـهر و همچنیـن بـا توجـه بـه اینکـه حـدود ۷۰ درصـد پسـماندهای شـهر تهـران را مـواد آلـی تشـکیل می‌دهـد، اسـتفاده از فراینـد کمپوست‌سـازی بـه جهـت دفـع صحیـح و بهداشـتی زائـدات تولیـدی و انجـام پـردازش علمـی بـر روی زائـدات تولیـدی، منطقـی به نظر می‌رسـد. در واحـد کمپوسـت سـازی، پسـماندهای آلـی کـه از پسـماندهای خشـک جداسـازی شـده، در فراینـد هوادهـی وینـدرو بـه کمپوسـت تبدیـل می‌شـود. تهیـه کمپوسـت از پسـماندها عـلاوه بـر کاهـش میـزان پسـماندهای دفـن شـده و کاهـش تولیـد شـیرابه و گاز متـان و بـوی نامطبـوع شـده، باعـث بهبـود هـوای منطقـه و حفـظ سـلامتی افـراد سـاکن در اطـراف مجتمـع و حفـظ بهداشـت محیـط نیـز شـده و اثـرات اقتصادی زیـر را نیـز دارد کـه شـامل کاهـش هزینه‌هـا در مرکـز دفـن به‌دلیـل جلوگیـری از دفـن پسـماند، تولیـد کـود آلـی، فـروش آن و کسـب درآمـد، جلوگیـری از هـدر رفتـن سـالیانه چندیـن هکتـار زمیـن ناشـی از دفـن پسـماندها، ایجاد اشـتغال و درآمدزائـی بـا بازیافـت پسـماند خشـک بـاارزش، فـروش آن‌هـا و کسـب درآمـد می‌باشـد. زمیـن دفـن بخـش دیگـری از مجتمـع آراد کـوه اسـت کـه بـا توجـه بـه دوره‌هـای مختلـف دفـن پسـماند در آن بـه چهـار قسـمت A, B, C و D تقسـیم‌بندی گردیـده اسـت.

قاسـم‌آباد (شـورآباد)، روسـتایی از توابـع بخـش کهریـزک شهرسـتان ری در اسـتان تهـران ایـران اسـت. ایـن روسـتا در دهسـتان کهریـزک قـرار دارد لازم بـه ذکـر اسـت ایـن روسـتا نزدیک‌تریـن محـل جمعیتـی نسـبت بـه مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند آرادکـوه مـی باشـد. بـر اسـاس سرشـماری مرکـز آمـار ایـران در سـال ۱۳۹۵، جمعیـت آن ۲۴۳۳ نفـر (۶۶۲خانـوار) بـوده اسـت. در مجـاورت شـورآباد، روسـتای بـه نـام مهدی‌آبـاد قرار دارد. جمعیـت ایـن دو روسـتا ۱۵۶۴۸ نفـر (۴۲۸۷ خانـوار) می‌باشـد. طبـق اسـتعلام انجـام شـده از شـهرداری بخـش کهریـزک، کارگاه‌هـا و انبارهـای موجـود در روسـتا از نـوع انبارهـای باربـری و سـردخانه میـوه می‌باشـند؛ بنابرایـن احتمـال اینکـه ایـن کارگاه‌هـا خـود منشـأ پراکنـش ترکیبـات بـودار باشـند کـم اسـت و یـا اینکه سـهم آن‌هـا ناچیـز می‌باشـد (Ghasemabad Shuroabad , 2020).

۲. اثرات بهداشتی آلاینده‌های گازی و ذرات معلق

بسیاری از آلاینده‌ها در غلظت‌هایی هستند که بوی آن‌ها توسط جمعیت قابل‌درک نیستند (فقط افراد با بویایی قوی آن‌ها را حس می‌کنند)، حتی اگر احتمال داشته باشد که برای سلامتی انسان مضر باشند (Capelli L ,2013).

علاوه بر اثرات سلامتی آلاینده‌های منتشره از تسهیلات مدیریت پسماند، چنین مکان‌هایی دارای معضلات زیست‌محیطی فراوانی نیز هستند، به‌طور مثال اهمیت زیست‌محیطی ترکیبات آلی فرار (VOCs) به‌دلیل ارتباط آن‌ها با واکنش‌های فتوشیمیایی منجر به تشکیل ازن در ترپوسفر و همچنین شرکت در واکنش‌های مخرب ازن استراتوسفر به‌خوبی شناخته‌شده است. بااین‌حال، به‌دلیل تنوع در گونه شیمیایی و خصوصیات منبع VOCs، عوامل و فرآیندهای مؤثر بر حضور این آلاینده‌ها در محیط نسبتاً ناشناخته باقی‌مانده است.

ترکیبات آلی فرار متعددی (VOCs) ناشی از تجزیه مواد زائد منتشر می‌شود. انتشار ترکیبات آروماتیک[1] (AC) از لندفیل‌ها در میان منابع عمده VOC در کنار انتشار از صنایع و وسایل نقلیه است. به‌طور قابل‌توجهی در غلظت VOC اتمسفری سهیم است. به عبارتی VOCs ، علاوه برداشتن خصوصیات نروتوکسیک، کارسینوژن، تتراژن، ترکیبات آروماتیک به‌عنوان مهم‌ترین عامل پیش‌ساز در تشکیل آئروسل‌های آلی ثانویه[2] (SOA) در تروپوسفر می‌باشد.

افزایش رویدادهای افزایش غلظت $PM_{2.5}$ در سال‌های اخیر عمدتاً درنتیجه تشکیل SOA می‌باشد. تخمین انتشار AC از منطقه در حال کار زمین دفن که روزانه زباله دریافت می‌کنند، دشوارتر از تخمین انتشار از صنایع و وسایل نقلیه است، اگرچه شناسایی و کمی‌سازی AC در هوای شهرها به‌صورت گسترده مورد بررسی قرار گرفته است؛ اما ویژگی‌های انتشار AC از محل دفن زباله در حال کار و تأثیر سوء آن بر کیفیت هوا به‌ندرت گزارش می‌شود. فاکتور انتشار یک مقدار نماینده است که میزان آلاینده منتشرشده، به اتمسفر را با فعالیت مرتبط با انتشار آلاینده را ارتباط می‌دهد (Abtahi M, 2018).

برای بررسی تأثیرات بهداشتی ترکیبات منتشره از تسهیلات مدیریت پسماند، باید نوع ماده شیمیایی در نظر گرفته شود. همچنین مهم است، که اثرات تجمعی احتمالی آن‌ها را نیز در نظر بگیریم. به‌طورکلی، بعید است که میزان کم‌گازهای تسهیلات مدیریت پسماند باعث اثرات بهداشتی آشکار و فوری شود. با این حال، بررسی و ارزیابی اثرات بالقوه بهداشتی از در معرض قرار گرفتن طولانی‌مدت با میزان کم‌گازهای محل دفن زباله که در هوای اطراف، چندان ساده‌ای نیست، به‌دلیل اینکه اطلاعاتمان در زمینه مواجهه از این طریق کم است.

به‌طورکلی آلاینده‌های تولیدی از تسهیلات مدیریت پسماند را می‌توان به چند گروه عمده ترکیبات آروماتیک، ترپن‌ها، ترکیبات سولفوره، ترکیبات نیتروژنه، هیدروکربن‌ها، ترکیبات هالوژن‌دار و اکسیژنه تقسیم‌بندی نمود، از مهم‌ترین ترکیبات آروماتیک منتشره از زمین دفن می‌توان بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن‌ها و ترکیبات ترپن‌ها، مانند لیمونن و ترکیبات اکسیژنی، مانند اتیل الکل، استون،

1. Aromatic compound
2. Secondary Organic Aerosol

۲-بوتانون، ۲- هگزانون و ایزوپروپانول و ترکیبات سولفوره، مثل اتیل سولفید و کربن سولفید و ترکیبات هالوژنیتد، مانند دی‌کلرومتان، کلروبنزن، وینیل کلراید، کلرواتان و هیدروکربن‌ها مانند هگزان، پروپیلن، اکتان و ۱- بوتن اشاره نمود (Macklin Y, Kibble A, 2011) .

متان و دی‌اکسید کربن علاوه بر اثرات زیست‌محیطی مربوط به اثر گلخانه‌ای این آلاینده‌ها ممکن است، اثر بهداشتی ناشی از کمبود اکسیژن یا آسفیکسی خفگی را داشته باشند که به‌دلیل جایگزینی متان و دی‌اکسیدکربن به‌جای اکسیژن جوی رخ می‌دهد. البته این خطر محدود به هوای داخل در ساختمان‌های مجاور زمین دفن می‌باشد.

از گروه ترکیبات اکسیژنه (آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، استرها و اسیدهای آلی)، ترکیبات استون، اتانول، استات اتیل، بوتیل استات، اسید استیک و ۲-بوتانون شناسایی شدند. چنین ترکیبات فراری در طی تخریب گلوکیدها، لیپیدها و پروتئین‌ها تولید می‌شوند. آلاینده‌های گروه ترکیبات اکسیژنه مانند فرمالدئید، استون، آکرولین، اتانول و متانول در اندازه‌گیری‌های تسهیلات مدیریت پسماند فراوانی بیشتری داشته‌اند. فرمالدئید ماده‌ای محرک و التهاب‌آور است که باعث تحریک و سوزش چشم شده و بر سیستم تنفسی اثر می‌گذارد؛ همچنین، موجب آسیب به پوست و مخاط شده و می‌تواند منجر به سرطان سینونازال، نازوفارنکس، ریه، حلق و مغز گردد. اکرولین می‌تواند، منجر به استرس اکسایشی شود و محتوای سیتوکین اشک و سطح چشم را تغییر داده و باعث تورم و خشکی چشم شود. استون از دسته موادی است که اثر برگشت‌پذیر روی پوست، چشم و غشاء مخاطی می‌شوند اما اثراتش آن‌قدر شدید نیست که بتواند اختلال جدی بر انسان ایجاد کنند. بخار متانول سبب سوزش چشم، بینی، گلو و دستگاه تنفس می‌شود (Boroumand ASaN, 2012).

از میان ترکیبات مهم گازی هالوژنه در تسهیلات مدیریت پسماند، دی‌کلرومتان، تتراکلریدکربن، وینیل کلراید، کلروفرم و خانواده تری‌کلرواتان را می‌توان برشمرد. برخی از ترکیبات کلرینه شناسایی شده، در این دسته آلاینده‌های احتمالاً از زباله حاوی حلال‌ها یا تخریب PVC منتج می‌شوند.

۲-۱- اثر بهداشتی دی‌کلرومتان

اختلال بر عملکرد سیستم عصبی مرکزی، آسیب‌رسانی به کبد، کلیه و آریتمی قلب است. تتراکلرید کربن و وینیل کلراید نیز بر روی سیستم اعصاب مرکزی اثر می‌گذارند که نشانه‌های آن؛ عبارت از: سردرد، تهوع، گیجی و خواب‌آلودگی، استفراغ و عدم هماهنگی است. درمواجهه‌های کوتاه‌مدت با این مواد صدمات کبدی و کلیوی دیده‌شده است. مواجهه با کلروفرم ممکن است، سبب بیهوشی، فلج دستگاه تنفسی، توقف ضربان قلب و مرگ دیررس به علت ضایعات کبدی و کلیوی شود.

۲-۲-اثر بهداشتی لیمونن

لیمونن به عنوان شاخص‌ترین ترکیب از دسته ترپن‌ها معمولاً به‌عنوان مولکول‌های معمول ساطع شده از توده مواد زائد جامد هستند. ترپن‌ها با تخریب لیگنین موجود در چوب و همچنین میوه‌ها

و گیاهـان (پرتقـال ، نعنـاع) تولیـد می‌شـوند. ترپن‌هـا نه‌تنهـا بـوی خوبـی تولیـد می‌کننـد، بلکـه مطالعـات نشـان داده اسـت کـه ایـن مـواد فعالیت‌هـای ضدالتهابـی، ضـد تومـوری یـا محافظـت در برابـر نـورون در بـدن انجـام می‌دهـد.

لیمونـن معمول‌تریـن مـاده شـیمیایی اسـت کـه در انتشـار گاز از مـواد زائـد جامـد شـرکت دارد و می‌توانـد، به‌عنـوان یـک ترکیـب اصلـی بـرای پایـش گازهـا بـودار اسـتفاده شـود، امـا لیمونـن منابـع بیوژنیـک (طبیعـی) و انسـانی (مصنوعـی) زیـادی دارد، یکـی از منابـع، جنگل‌هـا هسـتند؛ بنابرایـن از ایـن ترکیـب بـرای ردیابـی بـوی زبالـه تـازه در روسـتاها و مناطـق نزدیـک مجـاور جنگل‌هـا نمی‌تـوان کمـک گرفـت (Cho KS, 2017)

۲-۳-اثرات آمین‌ها

از گـروه آمین‌هـا، ترکیبـات دی‌متیل‌فرامیـد، آنیلیـن و اکریلونیتریـل بـه میـزان بیشـتری اندازه‌گیـری شـدند. مواجهـه طولانـی یـا مسـتمر بـا ترکیبـات آنیلیـن منجـر به کاهـش اشـتها، کم‌خونـی، کاهـش وزن، اثربرسیسـتم عصبـی، تخریـب کلیـه، کبـد و مغـز اسـتخوان می‌شـود. در کارگرانـی کـه در معـرض ذرات اکریلونیتریـل قـرار گرفته‌انـد، سـرطان ریـه گـزارش شـده اسـت.

۲-٤-اثرات اسیدهای چرب

اسـید چـرب، اسـید کربوکسـیلیک اسـت کـه دارای زنجیـره بلنـد و خطـی آلیفاتیـک می‌باشـد. اکثر اسـیدهای چـرب کـه به‌طـور طبیعـی تولیـد می‌شـوند، یـک زنجیـره بـا یـک عـدد زوج از اتم‌هـای کربـن (۴ تـا ۲۸) دارنـد. اسـیدهای چـرب معمـولاً از تری‌گلیسـریدها یـا فسـفولیپیدها نشـأت گرفته‌انـد. از میـان اسـیدهای چـرب، اسـید اسـتیک، اسـید پروپانوییـک و اسـید بوتانوییـک در زمین‌هـای دفـن بیشـتر اندازه‌گیـری شـده‌اند. مقادیـر زیـاد آئروسـل‌های اسـیدی تقریبـاً همیشـه بـا مقادیـر زیـادی از سـایر آلاینده‌هـای هـوا همـراه بـوده و ممکـن اسـت اثـرات شـناخته شـده یـا مشـکوکی بـر دسـتگاه تنفسـی داشـته باشـند؛ بـه همیـن دلیـل، درک مکانیسـم‌های بالقـوه اثـرات بهداشـتی آئروسـل اسـیدی نیـاز بـه شـواهد اثبات‌شـده در آزمایشـگاه دارد، جایـی کـه می‌تـوان مواجهـه بـا دیگـر عوامـل را کنتـرل نمـود. مطالعـات پاسـخ فیزیولوژیکـی کمـی را نشـان می‌دهـد کـه احتمـالاً به‌دلیـل توانایـی بافـری راه‌هـای هوایـی در غلظـت کـم ایـن آلاینده‌هاسـت، اگرچـه شـواهدی از اختـلال و تغییـرات کـم در عملکـرد ریـه وجـود دارد؛ امـا هیـچ مدرکـی از التهـاب مجـاری تنفسـی یـا تغییـر پاسـخ برونش غیراختصاصـی درنتیجـه در معـرض قـرار گرفتـن آئروسـل اسـیدی وجـود نـدارد، امـا ایـن نکتـه وجـود دارد کـه همراهـی ذرات معلـق بـا اسـیدهای چـرب شـانس نفـوذ آن‌هـا را بـه اعمـاق ریـه بالابـرده و بنابرایـن خطـرات بیشـتری به‌خصـوص بـرای افـراد حسـاس محتمـل می‌باشـد.

۲-۵-اثرات ترکیبات احیاشده گوگرد

ترکیبـات احیـا شـده گوگـردی در میـان ترکیبـات گازی منتشـره، از محـل دفـن زبالـه به‌دلیـل مشـارکت در انتشـار بـوی بـد، مشـکلات بهداشـتی و تغییـرات جهانـی اقلیـم توجـه بسـیاری را بـه خـود جلـب کـرده اسـت.

H_2S و دی متیل دی سولفید تقریباً در هر نمونه هوا شناسایی‌شده است که ۷۶/۶ درصد از کل غلظت ترکیبات احیا شده گوگردی را تشکیل می‌دهد. سولفید هیدروژن، دی‌متیل سولفید و مرکاپتان سه ترکیب احیا شده گوگرد متداول هستند. این گازها حتی در غلظت بسیار کمی بوی تخم‌مرغ فاسد شده می‌دهند، از این سه سولفید، سولفید هیدروژن با بالاترین میزان و غلظت از محل دفن زباله‌ها منتشر می‌شود.

دی‌هیدروژن سولفید (H_2S) گازی بی‌رنگ، قابل اشتعال و با بوی شبیه تخم‌مرغ گندیده است. میزان تولید سولفید هیدروژن به نوع مواد زائد و مدیریت طراحی سایت وابسته است. تماس کوتاه‌مدت (حاد) با سولفید هیدروژن باعث ایجاد سوزش و حساسیت در حلق، بینی، چشم و ریه‌ها می‌شود. تماس با غلظت‌های بالاتر، آثار جدی بر سلامت به‌جا گذاشته و منجر به مرگ می‌گردد. انسان نسبت به بوی سولفید هیدروژن بسیارحساس است و می‌تواند چنین بوهایی را در غلظت ppb ۱ - ۰/۵ نیز تشخیص دهد. در مقادیر نزدیک به ppb ۵۰ ، افراد می‌توانند منشأ بوی ناخوشایند را بیابند. غلظت متوسط زمینه سولفید هیدروژن در هوای محیط ppb ۰/۳۳ - ۰/۱۱ است. طبق اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط اداره بهداشت Connecticut، غلظت سولفید هیدروژن در هوای محیط اطراف محل دفن زباله معمولاً نزدیک به ppb ۱۵ است. این گاز می‌تواند سبب تحریک و التهاب چشم و ملتحمه شود. ادامه مواجهه با غلظت‌های بالا زمینه‌ساز ادم تنفسی، کوتاهی تنفس و مرگ خواهد شد. مواجهه مزمن با غلظت‌های پایین سولفید هیدروژن سبب ایجاد سردرد، خستگی، گیجی، بی‌قراری و از دست رفتن میل جنسی خواهد شد. استنشاق بوی سولفید هیدروژن در غلظت‌های کم موجب سردرد، سرگیجه، تهوع، گرفتگی عضلات و خواب‌آلودگی می‌شود.

۲-۶-اثرات آمونیاک

آمونیاک (NH_3) یکی دیگر از گازهای محل دفن زباله است که با تجزیه ماده آلی حاوی نیتروژن در محل دفن زباله تولید می‌شود. انسان‌ها نسبت به بوی آمونیاک نسبت به بوهای سولفید بسیار حساس‌تر هستند. آستانه بو برای آمونیاک بین ppb ۲۸۰۰۰-۵۰۰۰۰ است و مقادیر آمونیاک در هوای زمین دفن زباله ppb ۱۰۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰۰۰ آمونیاک یا ۱/۱-۱٪ آمونیاک ازنظر حجم گزارش شده است. غلظت آمونیاک هوا در محیط اطراف محل دفن زباله بسیار پایین‌تر انتظار می‌رود.

آمونیاک سبب تحریکات سیستم تنفسی، پوست و چشم شده و با آسیب رساندن به ریه‌ها در اثر مواجهه با حجم زیاد این گاز می‌تواند سبب مرگ شود. انتشار این گاز می‌تواند مسائل انسانی و اکولوژیکی چون تحریک گلو، التهاب چشم، ایجاد سرفه، علائم شدید تنفسی، ادم ریوی و پنومونی بشود. مطالعات تأثیرات بهداشتی ناشی از در معرض آمونیاک قرار گرفتن نشان داده است که افرادی که ppb ۵۰۰۰۰ آمونیاک را در هوا در کمتر از یک روز استنشاق کنند، تحریک جزئی و موقت را تجربه می‌کنند. بنابراین، تحریک در غلظت بالاتر از آستانه بو شروع می‌شود. یک مطالعه در مورد مواجهه طولانی‌مدت با آمونیاک نشان داد که افرادی که بیش از ۶ هفته در معرض آمونیاک با غلظت ppb ۱۰۰۰۰۰ در هوا

قـرار داشـتند، تحریـک چشـم، بینـی و گلـو را تجربـه کردهانـد، امـا غلظـت آمونیـاک موجـود در هـوای محیـط اطـراف محـل دفـن زبالـه بسـیار پایینتـر از حـدی اسـت کـه در آن هرگونـه عارضـه جانبـی سـلامتی رخ دهـد.

۲-۷-اثرات ترکیبات آروماتیک

ترکیبـات آروماتیـک، عمدهتریـن بخـش از ترکیبـات آلـی فـرار منتشـره از تسـهیلات مدیریت پسـماند، ازجمله زمیـن دفـن رادارنـد. از میـان ترکیبـات آروماتیـک، اسـتایرن و BTEX میتوانـد بهعنـوان نشـانگر جسـتجوی بـو در اطـراف زمیـن دفـن شناسـایی شـود. ترکیبـات آروماتیـک در مناطـق مرتبـط بـا مدیریـت پسـماند ممکـن اسـت از فـرار و تخریـب مـواد آلـی و پلاسـتیک نشـأت بگیـرد.

۱-۷-۲-اثرات بنزن

بنـزن یـک ترکیـب آروماتیکـی شـامل یـک حلقـه بـا شـش کربـن و غیراشـباع اسـت و قـرار گرفتـن در معـرض بنـزن یـک نگرانـی مهـم بهداشـتی محسـوب میشـود. بهوضـوح مشخصشـده اسـت، کـه قـرار گرفتـن در معـرض بنـزن انسـان، نهتنهـا بـه سـرطانهای هماتولوژیـک منجـر میشـود، بلکـه همچنیـن بـه طیـف وسـیعی از اثـرات غیرمخاطـی، ازجملـه اختلالات عملکردی دسـتگاه تنفسـی، عصبـی، ایمنـی، هماتولوژی، کبـدی، کلیـوی، قلـب و عـروق و تولیدمثـل منجـر میشـود. علائـم ناشـی از مواجهـه مزمـن حاصـل از استنشـاق مقادیـر جزئـی بنـزن شـامل سـردرد، گیجی، خسـتگی، از دسـت دادن اشـتها، عـدم راحتـی، عصبانیـت، خونریزی از بینـی و سـایر صورتهـای خونریـزی خواهـد بـود. مهمتریـن اثـر زیـانآور بنـزن مسـمومیت سیسـتم خونسـاز اسـت. مواجهـه مزمـن انسـان بـا بنـزن در محیـط منجـر بـه آسـیب مغـز اسـتخوان میشـود کـه در ابتـدا بهصـورت آنمـی لوکوپونـی یـا ترمبوسیسـتوپنی بـروز میکنـد. بنـزن در دسـته مـواد سـرطانزا قـرار دارد.

۲-۷-۲-اثرات تولوئن

تولوئـن از شـامل یـک گـروه متیـل متصـل بـه حلقـه بنزنـی و دارای خواصـی مشـابه بنـزن، ولـی بسـیار کمخطرتـر از ایـن مـاده اسـت. راههـای ورود تولوئـن بـه بـدن انسـان از طریـق بلـع جـذب پوسـتی، تنفـس و غشـاهای مخاطـی اسـت. نشـانههای حـاد قـرار گرفتـن در معـرض تولوئـن؛ عبارتانـد از: تحریـک چشـم و بینـی؛ ضعـف، خسـتگی، سـردرگمی، ناامیـدی، سـرگیجه، سـردرد در کـودکان، سـوزش (تخلیه اشـک)؛ اضطراب، خسـتگی عضلانـی، بیخوابـی؛ بیحسـی و تحریـک پوسـتی و آسـیب کبـد و کلیـه اشـاره کـرد. بـه نظـر میرسـد، تنفـس بـالا تولوئـن در دوران بـارداری منجـر بـه سـقط خـود بـه خـودی جنیـن میشـود. غلظـت بـالا تولوئـن، معمـولاً در یـک فضـای کوچـک و بـدون تهویـه میتوانـد، باعـث از دسـت دادن هوشـیاری، افسـردگی و مـرگ شـود. تخریـب اعصـاب مرکـزی در صـورت مواجهـه بـا غلظـت بـالا تولوئـن اتفـاق میافتـد. خوابآلودگـی، عـدم تعـادل، لـرزش، آتروفـی مغـزی، حـرکات غیـر ارادی چشـم و اختـلال در تکلـم و بینایـی و تحریک دسـتگاه تنفسـی فوقانـی و چشـم و گلـودرد و مشـکل خـواب دیـده شـده و التهـاب و انحطـاط بینـی و ضایعـات ریـوی در موشهـا دیـده شـد (Yousefian F,2020).

۳-۷-۲-اثرات اتیل بنزن

اتیل بنزن، بویی شبیه به بنزین دارد و برای تولید استایرن به کار می‌رود و همچنین در نفت خام و احتراق سوخت و پتروشیمی وجود دارد. حساسیت چشم و گلو می‌تواند، زمانی رخ دهد که قرار گرفتن در معرض اتیل بنزن در هوا زیاد باشد. مواجهه با غلظت‌های بالاتر می‌تواند موجب سرگیجه شود. هنگامی که درون بدن قرار می‌گیرد، اتیل بنزن به ۱-فنیل اتیلن، استئوفنون، فنیل گلیکوزیل اسید، اسید ماندلیک، اسید بنزوئیک و اسید هیپوریک تبدیل می‌شود. اثرات تنفسی، مانند سوزش گلو و انقباض قفسه سینه، سوزش چشم‌ها و عوارض عصبی، مانند سرگیجه، در مواجهه حاد استنشاقی با اتیل بنزن در انسان ذکر شده است؛ همچنین بعضی از مطالعات تأثیر زیان‌آور مواجهه مزمن با اتیل بنزن بر روی سیستم خونی و کبد را گزارش کرده‌اند.

۴-۷-۲-اثرات زایلن

زایلن دارای سه ایزومر ارتو- زایلن، متا- زایلن و پارا- زایلن می‌باشد. این ماده، مایعی شفاف، بی‌رنگ، قابل اشتعال با خصوصیت تبخیری بالا با بوی شیرین و بسیار زننده است. زایلن به‌سرعت از طریق هیدرواکسید شدن شاخه جانبی به اسید بنزوییک که سمیت کمتری دارد، تبدیل می‌شود؛ بنابراین سمیت کمتری نسبت به بنزن خواهند داشت؛ زیرا شاخه جانبی بیشتر در معرض تأثیرات آنزیمی هستند. طبق بررسی‌ها ۹۵٪ زایلن جذب شده متابولیزه می‌شود. تنگی نفس، سوزش گلو و بینی و اثرات گوارشی، مانند تهوع و استفراغ و درد معده و همچنین عوارض عصبی مانند اختلال کوتاه‌مدت و کاهش عملکرد در توانایی عددی و تغییر در تعادل و توازن بدن از اثرات حاد این ماده است. اثرات مزمن آن شامل سردرد، خستگی، گیجی، لرزش، ناهماهنگی و اضطراب و اختلال در حافظه کوتاه‌مدت و ناتوانی در تمرکز و اختلال در تنفس و افزایش تپش قلب درد شدید در قفسه سینه و نوار قلب غیرطبیعی و اثر بر روی کلیه گزارش شده است.

۲-۸-اثرات استایرن

استایرن یک هیدروکربن آروماتیک مشتق شده از بنزن با فرمول C_8H_8 می‌باشد که دارای بوی شیرین بوده و بی‌رنگ است. عامل اصلی ایجاد مشکل سلامتی در مواجهه شغلی با استایرن، منومر استایرن می‌باشد و پلیمر استایرن از نظر بیولوژیکی خنثی است. از عوارض استایرن، تحریک غشاهای مخاطی و چشم‌ها، درماتیت تماسی، عوارض حاد و مزمن هم در سیستم عصبی مرکزی و هم در سیستم عصبی محیطی و بالاخره عوارض کبدی به‌صورت افزایش آنزیم‌های کبدی و اسیدهای صفراوی در مقادیر بالا است. همچنین استایرن ممکن است، ایجاد سرطان نماید.

آستانه بویایی برای بنزن ppm ۵ -۱/۵ و برای تولوئن ppm ۹/۲ است. آستانه بویی زایلن ppm ۱ و ۱۰۰ برابر کمتر از حدود مجاز تماس OSHA است. این مقدار برای اتیل بنزن ppm ۳/۲ است. این مقادیر هشدار کمی قبل از رسیدن غلظت این آلاینده‌ها در هوا به میزان خطرناک شرایط حاد خواهد داد (EPA).

اکثـر ترکیبـات بـودار در طـی تجزیـه بی‌هـوازی شـکل می‌گیرنـد. در طـول مراحـل اولیـه تجزیـه، میـزان الکل‌هـا قابل‌توجـه اسـت. غلظـت اولیـه اتانـول ممکـن اسـت، بیـش از ۱ گـرم در مترمکعـب باشـد. مشـکلات عمـده بـوی درمرحلـه نهایـی بایـد مرتبـط بـا تجزیـه بـی هـوازی متانـوژن می‌باشـد.

۲-۹-تأثیر بوی گاز محل دفن زباله بر روی افراد

تأثیـر بـوی گاز محـل دفـن زبالـه بـر روی جمعیت‌هـای حسـاس، ماننـد افـرادی دارای بیماری‌هـای تنفسـی قبلـی، به‌خوبـی مسـتند یـا درک نشـده اسـت. یـک مطالعـه انجـام شـده در جزیـره اسـتاتن، افزایـش خس خس سـینه در بیـن افـرادی کـه مبتـلا بـه آسـم بودنـد و در نزدیکـی محـل دفـن زبالـه سـاکن بودنـد را در روزهـای بـا گـزارش پراکنـش بـو، نشـان داد. پایـش هـوای محیـط اطـراف زمیـن دفـن معمـولاً مقادیـر اندازه‌گیـری شـده را بسـیار پایین‌تـر از مقادیـر شناخته‌شـده بـا عـوارض جانبـی سـلامتی گـزارش داده‌انـد، هرچنـد همـراه بـا ترکیبـات بـودار، حضـور آلاینده‌هـای دیگـری ماننـد ذرات معلـق، بیوآئروسـل‌ها و ماننـد ایـن می‌توانـد تشـدید کننـده مشـکلات ایجـاد شـده باشـد.

۳. بررسی نوع آلاینده‌های گازی منتشره در هوای مجتمع پردازش و دفع پسماند آرادکوه و منطقه شورآباد تهران

۳-۱- روش نمونه‌برداری و نقاط نمونه‌برداری.

در این مطالعه، علاوه بر ترکیبات گازی بودار ازجمله ترکیبات آلی فرار و دی‌هیدروژن سولفید، ذرات معلق نیز اندازه گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار، از دو روش فعال و غیر فعال استفاده شد. لازم به ذکر است NH_3, H_2S و ذرات معلق توسط روش فعال مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نقاط نمونه برداری به روش غیرفعال مجاورت واحد کمپوست (۱)، سوله پردازش (۲)، پایین دست دریاچه شیرابه (۳)، شورآباد (در این نقطه ۲ جاذب گذاشته شد) (۴و۵)، مهدی‌آباد (۶)، فاصله یک کیلومتری از واحد کمپوست در بیابان (۷)، یک کیلومتری دامداری فشافویه (۸) و ۵۰۰ متری دامداری قدرتی (۹) بودند. این فواصل از دامداری‌ها به دلایل مشکلات حفاظتی در خصوص استقرار جاذب‌ها به وجود آمد.

نقاط نمونه‌برداری درروش فعال نقاط پیش‌گفته را پوشش می‌داد، همچنین نقاطی را هم اضافه داشت. نقاط اندازه‌گیری آلاینده‌های گازی و ذرات معلق شامل واحد کمپوست (۱)، سوله پردازش (۲)، مجاورت زمین دفن (۳)، مجاورت تصفیه‌خانه شیرابه (۴)، پایین‌دست دریاچه شیرابه و در انتهای خیابان صنعت چهارم (۵)، شورآباد (۶)، مهدی‌آباد (۷)، فاصله یک کیلومتری از واحد کمپوست در بیابان (۸)، یک کیلومتری دامداری فشافویه (۹) و ۵۰۰ متری دامداری قدرتی (۱۰) بودند. ذکر این توضیح ضروری است، که نقاط اندازه‌گیری شده، درنتیجه بازدید میدانی، مصاحبه با افراد محلی، مشورت با مدیران سازمان مدیریت پسماند تهران و دیگر افراد ذی‌صلاح انتخاب شدند. دلیل انتخاب دو نقطه دامداری، علاوه بر نقاط مجتمع و اطراف آن، بررسی امکان تأثیرگذاری آلاینده‌های دامداری‌ها در آلودگی هوای و انتشار بو تا فرودگاه امام خمینی بوده است؛ همچنین به‌دلیل محدودیت‌های مالی و فنی امکان توسعه بیشتر این نقاط نبوده است. نقاط درون تسهیلات با توجه به واحدها و فرایندهایی که پتانسیل تولید آلاینده هوا داشتند انتخاب شدند و برای بررسی تأثیر آلودگی بر ساکنین اطراف تسهیلات، نقاطی از مناطق مسکونی اطراف و با فواصل ۱ کیلومتری از دیوار تسهیلات انتخاب شدند.

شکل شماره ۳-۱- نمایش نقاط نمونه‌برداری به روش غیرفعال (P) و فعال (S) در ناحیه مجتمع آرادکوه و اطراف آن

شکل شماره ۳-۲- نمایش نقاط نمونه برداری به روش غیرفعال (P) و فعال (S) در ناحیه دامداری‌ها

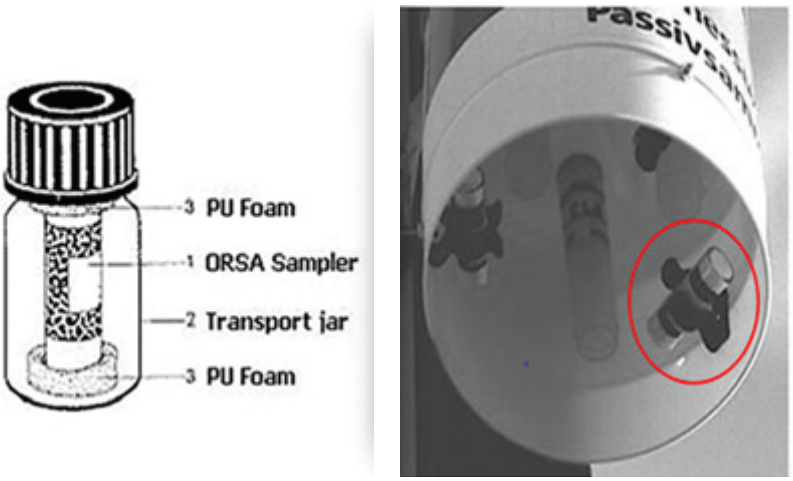
۳-۱-۱- روش نمونه‌برداری غیرفعال

در این مطالعه به‌منظور نمونه‌برداری از ترکیبات VOCs هوا از روش غیرفعال و از نمونه‌بردارهای شرکت Passam استفاده‌شده است.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، جاذب درواقع یک ظرفی شیشه‌ای است که داخل آن تیوب استوانه‌ای وجود دارد که با جاذب زغال فعال (activated charcoal) پرشده و دو انتهای آن باز است.

ایـن تیـوب اسـتوانه‌ای طـول حـدود ۲ سـانتی‌متر و قطـر ۰/۵ سـانتی‌متر دارد. هنگامی‌کـه جریـان هـوا در جـاذب پخـش شـوند، آلاینده‌هـا از طریـق کربـن فعـال جـذب شـده و از طریـق cellulose acetate مانـع انتشـار آلاینـده بـه اطـراف شـده، در نتیجـه آلاینده‌هـا در آن محبـوس می‌گـردد، بـرای قـرار دادن جاذب‌هـا و مـدت زمـان مواجهـه ابتـدا چنـد پیـش آزمـون صـورت گرفـت، از پیـش آزمـون بـا اسـتفاده از چارکـول و نمونـه بـردار SKC جـواب دقیقـی حاصـل نشـد.

بـرای جایگـذاری جاذب‌هـا اصـول نمونه‌بـرداری USEPA و نیـز شـرایط عمومـی ارائـه شـده توسـط شـرکت پسـام در نظـر گرفتـه شـد. فاصلـه قرارگیـری جاذب‌هـا بـا دیـوار حداقـل ۱ متـر و فاصلـه بـا جـاده اصلـی ۵۰۰ متـر بـود. جاذب‌هـا در ارتفـاع تقریبـاً ۱/۵ متـری از سـطح زمیـن (در منطقـه تنفـس انسـان)، در داخـل سـایبان (shelter)، بـه منظـور محافظـت از نمونه‌هـا در برابـر تأثیـرات جـوی، ماننـد آشـفتگی بـاران و بـاد قرار داده شـدند. تمامـی تیوب‌هـا توسـط شـرکت (Schellenstrasse 44 ، Passam ag ، زوریـخ ، سـوئیس) Passam سـاخته شـده اسـت و بـا اسـتفاده از دی سـولفید کربـن واجـذب شـدند(Yousefian F,2020, . Ighodaro A,2015).



شکل شماره ۳-۳- تصویر جاذب VOC شرکت passam و محافظ (Shelter) نگهدارنده جاذب

۲-۱-۳- روش نمونه برداری فعال

در ایـن مطالعـه به‌دلیـل محدودیت‌هـای پیش‌آمـده از دسـتگاه فوچـک (Phocheck Tiger) بـرای اندازه‌گیـری فعـال ترکیبـات آلـی فـرار و دی‌هیـدروژن سـولفید و آمونیـاک اسـتفاده شـد و ذرات معلـق بر اسـتفاده از دسـتگاه سـیار Dust Analyzer اندازه‌گیـری شـد.

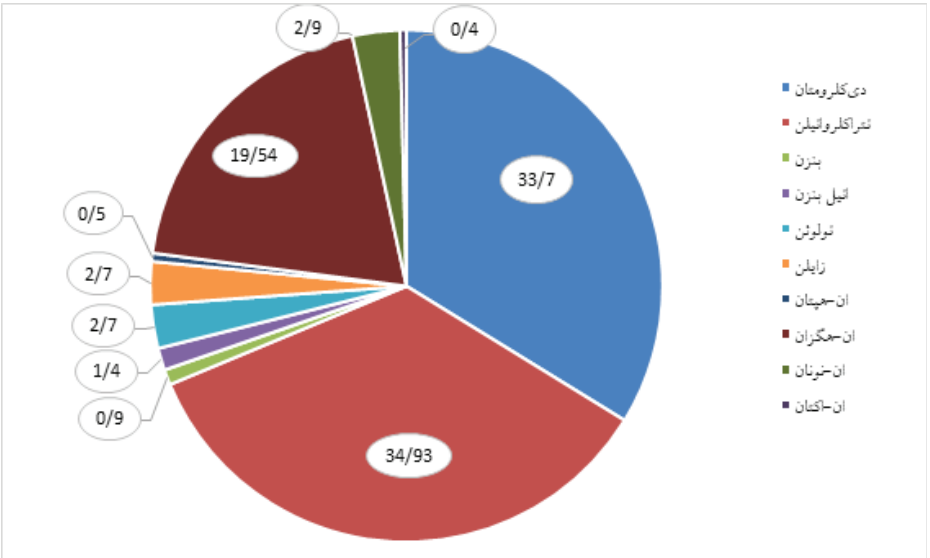
۲-۳-نتایج اندازه‌گیری غیرفعال

در روش غیرفعـال ۱۰ آلاینـده، شـامل بنـزن، تولوئـن، اتیـل بنـزن، زایلـن، ان-هگـزان، ان-هپتـان، ان-اکتـان، ان-نونـان، تتراکلرواتیلـن، دی‌کلرومتـان اندازه‌گیـری شـدند و ۳ آلاینـده شـامل لیمونـن، متیـل سـیکلوپنتان و سـیکلوهگزان قابـل انـدازه گیـری تشـخیص داده شـدند، ولـی به‌دلیـل نبـود منحنـی کالیبراسـیون دقیـق در دسـتگاه مـورد نظـر، موفـق بـه تعییـن مقادیـر نشـد. ۵ آلاینـده دیگـر هـم غیرقابل‌اندازه‌گیـری اعـلام شـد کـه،

شامل استون، بوتیل استات، کلروفرم، استایرن و تری کلرواتیلن می‌باشند، که به نظر می‌رسد، به‌دلیل نبود منحنی اندازه گیری دقیق این آلاینده‌ها در دستگاه GC/FID[1] مربوطه و عدم دقت در اندازه‌گیری این ۵ آلاینده باشد؛ چراکه اندازه‌گیری فعال این آلاینده‌ها حضور مقادیری از آن‌ها را مشخص کرد. نقاط اندازه‌گیری شامل مجاور واحدهای کمپوست، پردازش، دریاچه شیرابه و همچنین یک نقطه در بیابان غرب و با فاصله یک کیلومتری از واحد کمپوست، دو نقطه در شورآباد و مهدی آباد و دو نقطه در دامداری‌های نزدیک به فرودگاه بودند.

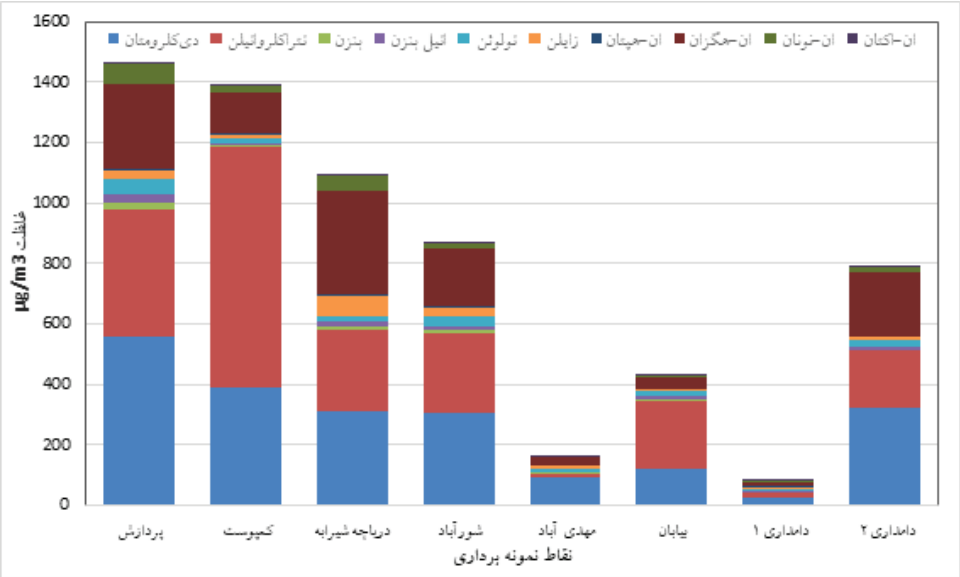
جدول ۳-۱- مقادیر ترکیبات گازی شناسایی شده در هوای مجتمع مدیریت پسماند و اطراف آن با روش غیرفعال برحسب $\mu g/m^3$

نام ترکیبات / نقاط نمونه‌برداری	دی‌کلرومتان	تتراکلرواتیلن	بنزن	تولوئن	اتیل بنزن	زایلن	ان-هپتان	ان-هگزان	ان-نونان	ان-اکتان
کمپوست	۳۸۷/۵۲	۷۹۷/۳۳	۴/۶۲	۱۶/۰۲	۶/۵۵	۱۱/۸۳	۴/۶۷	۱۳۷/۳۸	۲۴/۴۱	۳/۶۴
پردازش	۵۵۵/۷۶	۴۲۰/۷۲	۲۶/۵۷	۵۱/۰۸	۲۴/۴۹	۲۸/۶۰	۷/۵۳	۲۷۶/۷۶	۶۹/۱۷	۵/۲۸
دریاچه شیرابه	۳۱۱/۷۳	۲۶۶/۶۳	۱۳/۲۶	۲۰/۴۱	۱۴/۹۶	۶۶/۰۷	۵/۹۷	۳۴۰/۱۲	۵۱/۳۳	۵/۰۷
شورآباد	۳۰۶/۰۲	۲۶۵/۴۱	۶/۷۷	۳۰/۸۷	۱۵/۰۲	۳۱/۵۱	۵/۱۱	۱۸۷/۶۸	۱۶/۴۹	۴/۵۹
مهدی آباد	۹۴/۳۶	۱۰/۳۹	۴/۲۴	۱۱/۰۱	۲/۲۳	۸/۹۷	۲/۰۸	۲۴/۵۹	۱/۸۲	۱/۴۷
بیابان	۱۱۸/۶۰	۲۲۷/۶۷	۲/۷۰	۱۴/۸۳	۱۲/۷۱	۷/۲۰	۳/۰۳	۳۵/۴۹	۵/۹۷	۲/۳۴
دامداری فشافویه	۲۷/۵۳	۱۵/۶۷	۱/۱۶	۹/۱۱	۱/۸۵	۵/۹۲	۰/۷۸	۱۴/۶۳	۲/۴۲	۰/۷۸
دامداری قدرتی	۳۲۲/۹۰	۱۹۱/۷۵	۱/۲۳	۱۹/۹۵	۱۰/۰۱	۱۰/۱۶	۳/۸۱	۲۱۱/۸۳	۱۶/۱۹	۲/۱۶



شکل شماره ۳-۴- نسبت سهم ترکیبات گازی شناسایی شده در هوای مجتمع مدیریت پسماند و اطراف آن با روش غیرفعال

1. Gas Chromatography With Flame Ionization Detection



شکل شماره ۳-۵- مقایسه غلظت ترکیبات گازی شناسایی شده در هوای مجتمع مدیریت پسماند و اطراف آن با روش غیرفعال

مجموع آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در نقاط نمونه‌برداری به ترتیب ۱/۴۷، ۱/۳۹، ۱/۱۰، ۰/۸۷، ۰/۱۶، ۰/۴۳، ۰/۰۸ و ۰/۷۹ میلی‌گرم در مترمکعب در پردازش، کمپوست، پایین دست دریاچه شیرابه، شورآباد، مهدی‌آباد، بیابان (در فاصله یک کیلومتری از کمپوست)، دامداری فشافویه و دامداری قدرتی بود، به‌نحوی‌که مقدار جمع آلاینده‌ها در پردازش ۴/۹۱٪ بیشتر از کمپوست و ۴۰/۶۸٪ بیشتر از شورآباد بود، این مقدار برای مهدی‌آباد و بیابان نسبت به پردازش به ترتیب حدود ۸۹ و ۷۱ درصد بود. با اینکه فاصله شعاعی نقاط اندازه‌گیری در شورآباد، مهدی‌آباد و بیابان نسبت به پردازش به ترتیب حدود ۳، ۲/۵ و ۱/۲ کیلومتر بود؛ اما مجاورت شورآباد با مجتمع و نزدیکی به تصفیه‌خانه و دریاچه شیرابه (فاصله تقریبی ۲/۲۵ کیلومتر) منجر به افزایش غلظت آلاینده‌ها در شورآباد شده است. ذکر این نکته ضروری است، که مجاورت این نقاط با اتوبان قدیم تهران-قم احتمال افزایش غلظت آلاینده‌ها در هر نقطه را افزایش می‌دهد که به‌دلیل یکسان بودن فاصله نسبی اتوبان به هر نقطه اثر آن نادیده گرفته شده است.

با بررسی غلظت آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در همه نقاط مشاهده می‌شود که غلظت آلاینده‌ها به ترتیب برای تتراکلرواتیلن (۲۷۴/۴۳)، دی‌کلرومتان (۲۶۵/۵۵)،ان- هگزان (۱۵۳/۵۶)، ان نونان(۲۳/۴۷)، تولوئن(۲۱/۶۶)، زایلن(۲۱/۲۸)، اتیل بنزن(۱۰/۹۷)، بنزن(۷/۵)، ان-هپتان(۴/۱) و ان اکتان (۳/۱۶)کاهش می‌یابد. بالاترین مقدار اندازه گیری شده دی کلرومتان در روش غیرفعال ۵۵۵/۷۶ µg/m^3 در محل پردازش است. هیچ‌کدام از مقادیر اندازه‌گیری شده در این مطالعه از مقادیر رهنمودی WHO برابر ۳۰۰۰ (میانگین ۲۴ ساعته) بیشتر نیست. استاندارد معرفی شده توسط OSHA برای این ماده نیز ۸۶/۷۵ mg/m^3 است که بالاتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در نقاط شغلی مطالعه حاضر است.

غلظت تتراکلرواتیلن با اندازه‌گیری غیرفعال در نقاط مختلف از ۴۲۰/۷۲ تا ۱۰/۳۹ میکروگرم در مترمکعب با میانگین حسابی ۲۷۴/۴۵ به‌دست‌آمده است.

مقایسه مقادیر با استاندارد USEPA و WHO نشان می‌دهد که مقادیر اندازه‌گیری شده در این مطالعه در بیشتر موارد از استاندارد $\mu g/m^3$ ۴۰ USEPA بالاتر و از رهنمود WHO با مقدار $\mu g/m^3$ ۳۰۰۰ پایین‌تر است. مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده، در پردازش و کمپوست آن را پایین‌تر از مقدار $\mu g/m^3$ ۶۷۸ تعیین شده توسط OSHA نشان می‌دهد.

مقادیر بنزن در این مطالعه بین ۱/۱۶ تا $\mu g/m^3$ ۲۶/۵۷ با میانگین $\mu g/m^3$ ۷/۵۷ اندازه گیری شده است. که تقریباً همه اندازه‌گیری‌های شغلی و شورآباد بالاتر و اندازه‌گیری‌های در سایر نقاط غیرشغلی کمتر از استاندارد ملی و اتحادیه اروپا ($\mu g/m^3$ ۵) و نیز ($\mu g/m^3$ ۱/۷ WHO) می‌باشد؛ البته مقادیر اندازه‌گیری شده در نقاط شغلی کمتر از استانداردهای شغلی (mg/m^3 ۳/۱۹ OSHA) بود. اگرچه مقادیر اندازه‌گیری شده در نقاط غیرشغلی کمتر از استاندارد ملی است اما در مقادیر بنزن در شورآباد بالاتر و در مهدی‌آباد به استاندارد نزدیک است که باتوجه به اثرات بهداشتی این آلاینده قابل‌توجه ویژه می‌باشد.

مقایسه مقادیر تولوئن در این مطالعه با میانگین ۲۱/۶۶ و بازه حداقل و حداکثر ۹/۱۱ و $\mu g/m^3$ ۵۱/۰۸ با مطالعات دیگر نیز تفاوت‌هایی نشان می‌دهد. این آلاینده در مطالعه یوسفیان و همکاران بین $\mu g/m^3$ ۳/۸ در زمین دفن ۵ سال تعطیل‌شده تا ۵۸/۹ در کمپوست گزارش شده است. مقایسه نتایج این مطالعه با مقادیر استاندارد USEPA و شغلی OSHA به ترتیب $\mu g/m^3$ ۴۰۰ و $\mu g/m^3$ ۷۵۴ نشان می‌دهد که خوشبختانه مقادیر اندازه‌گیری شده بسیار کمتر از مقادیر استاندارد است؛ همچنین مقدار تولوئن در شورآباد و مهدی‌آباد نسبت به پردازش به ترتیب ۵۱ و ۷۸ درصد کاهش یافته است. مقدار تولوئن در منطقه پرترافیک تهران $\mu g/m^3$ ۵۸/۶ گزارش شده است.

مقادیر اتیل بنزن در این مطالعه با میانگین ۱۰/۹۸ و بازه حداقل و حداکثر ۱/۸۵ و $\mu g/m^3$ ۲۴/۴۹ بدست آمده است. این مقادیر به‌مراتب از مقادیر استاندارد USEPA و شغلی OSHA به ترتیب $\mu g/m^3$ ۱۰۰۰ و $\mu g/m^3$ ۴۳۵ کمتر است.

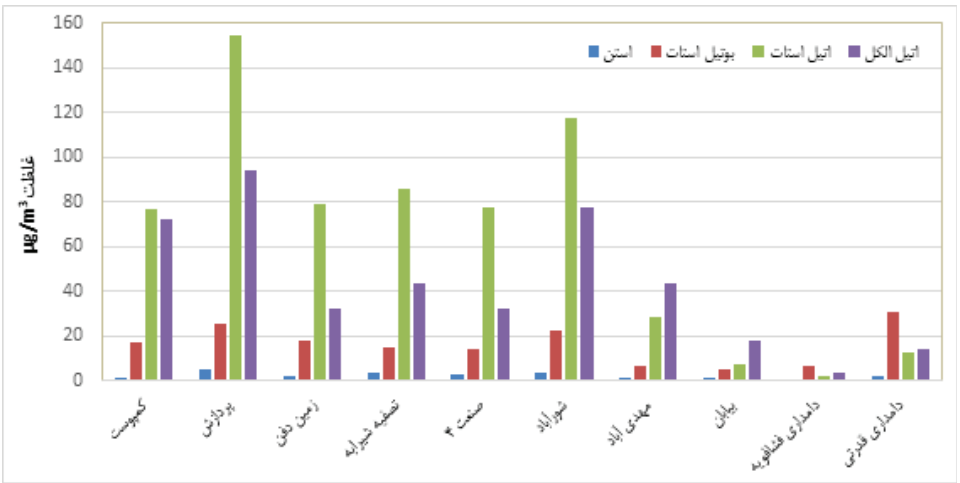
زایلن یکی دیگراز آلاینده‌های گروه BTEX است، که به‌دلیل فراوانی حضور و اثرات بهداشتی دارای اهمیت خاصی است. بیشترین و کمترین مقدار زایلن در مطالعه حاضر به ترتیب ۶۶/۰۷ و $\mu g/m^3$ ۵/۹۲ در پایین دست دریاچه شیرابه و دامداری فشافویه بوده است.

از میان آلاینده‌های اندازه‌گیری شده، گروه هیدروکربن‌ها، به ترتیب مقادیر بیشتر به کمتر ان-هگزان، ان-نونان، ان-هپتان و ان-اکتان برای میانگین کل ثبت شدند. این مقادیر بیشترین اندازه را در پردازش یا پایین‌دست دریاچه شیرابه به خود اختصاص می‌دادند و در بقیه نقاط کمتر اندازه‌گیری شدند؛ به‌نحوی‌که مقادیر ان-هپتان، ان-هگزان، ان-نونان، و ان-اکتان در مهدی‌آباد به ترتیب ۲/۰۸، ۲۴/۵۹، ۱/۸۲ و $\mu g/m^3$ ۱/۴۷ اندازه‌گیری شد. مقادیر ثبت‌شده در دامداری فشافویه از بقیه نقاط کمتر است. از میان ترکیبات فوق فقط ان-نونان استاندارد محیطی وضع شده توسط و اتحادیه اروپا ($\mu g/m^3$ ۱۰۶ ×۱/۰۵) دارد و بنابراین مقادیر اندازه‌گیری شده در این مطالعه از استاندارد کمتر است. همچنین با مقایسه نتایج مطالعه با استانداردهای شغلی OSHA به ترتیب برای ان-هپتان و ان- اکتان ۲۰۰۰ و mg/m^3 ۱۵ و NIOSH برای ان- نونان mg/m^3 ۱۰۵۰ مشخص می‌گردد که همه مقادیر اندازه‌گیری شده کمتر از استاندارد هستند.

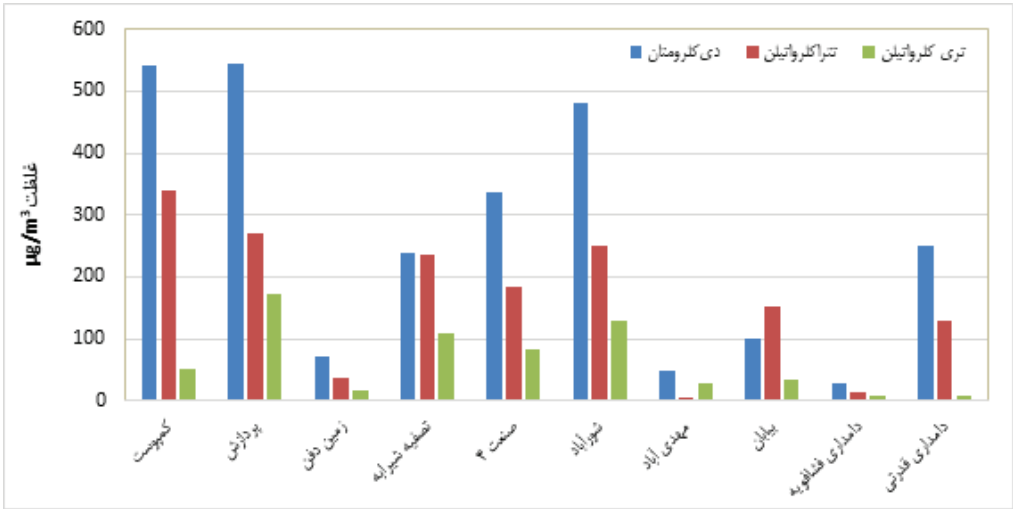
در مطالعه حاضر گروه هیدروکربن‌ها نقش بیشتری در ایجاد آلودگی ازنظر میزان آلاینده نسبت به آروماتیک‌ها دارند؛ درحالی‌که با توجه به سطور بالا مقادیر اندازه‌گیری شده هیدروکربن در مطالعات دیگر نسبت به مطالعه حاضر کمتر می‌باشد، با اینکه سهم آروماتیک‌های اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر نسبت به سایر آلاینده‌ها در جمع کل مقدار آلاینده‌ها کمتر است؛ اما به‌دلیل مشکلات و اثرات بهداشتی جدی‌تر از اهمیت بیشتری برخوردارند، علاوه براینکه مقادیر بنزن اندازه گیری شده، در شورآباد بالاتر از استاندارد محیطی و در مهدی‌آباد نزدیک به استاندارد محیطی بود.

تمام آلاینده‌های هوای که از منابع نقطه‌ای یا سطحی منتشر می‌شوند توسط شرایط جوی و توپوگرافی انتقال، پراکنده و متمرکز می‌شوند. سیکل انتقال توسط هوا با انتشار آلاینده و انتقال و پخش آن در اتمسفر صورت می‌گیرد. درطی زمانی که آلاینده‌ها توسط هوا منتقل می‌شوند، ممکن است دستخوش تغییرات فیزیکی و شیمیایی شوند. این تغییرات ممکن است مثبت یا منفی باشد، به این معنی که غلظت آلاینده‌ها با پراکنش یا با فرایند Washout از اتمسفر جدا شود؛ همچنین برهمکنش فوتوشیمیایی آلاینده‌ها و یا تولید آئروسل‌های آلی ثانویه از تغییرات در جهت منفی آلاینده‌ها محسوب می‌شود. شرایط پایداری و وارونگی نیز از مواردی است که بر تغلیظ آلاینده‌ها در یک منطقه تأثیر می‌گذارد.

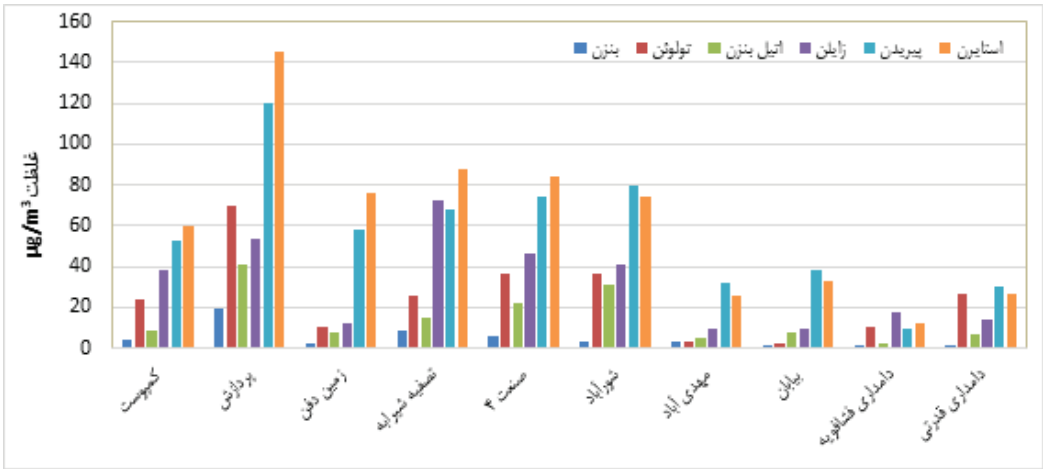
۳-۳-نتایج اندازه‌گیری در نقاط مختلف در اندازه‌گیری فعال



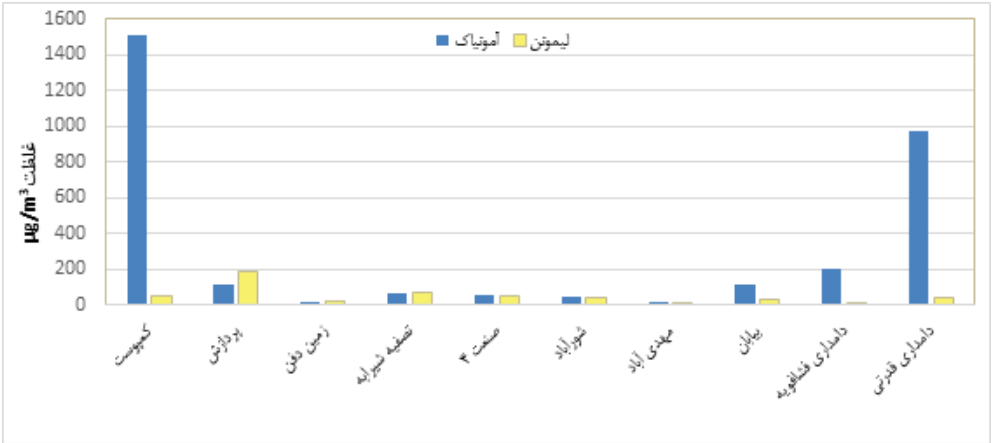
شکل شماره ۳-۶- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات اکسیژنه به روش فعال در نقاط مختلف



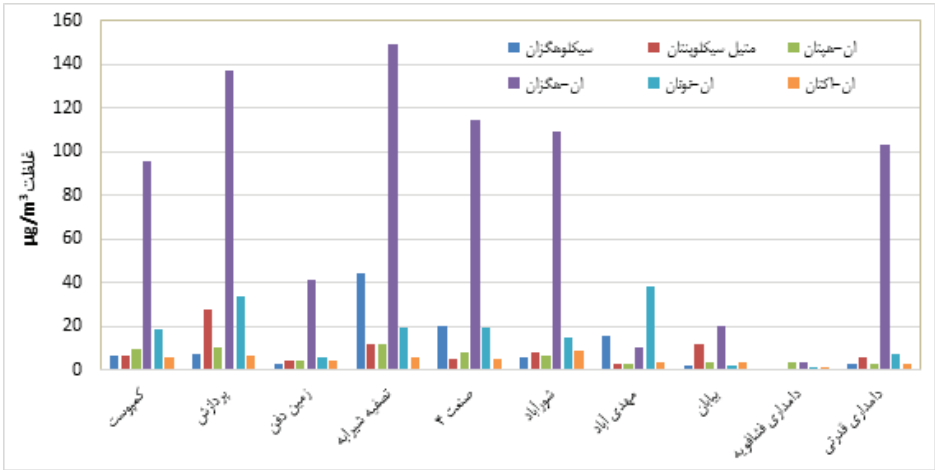
شکل شماره ۳-۷- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات هالوژنه به روش فعال در نقاط مختلف



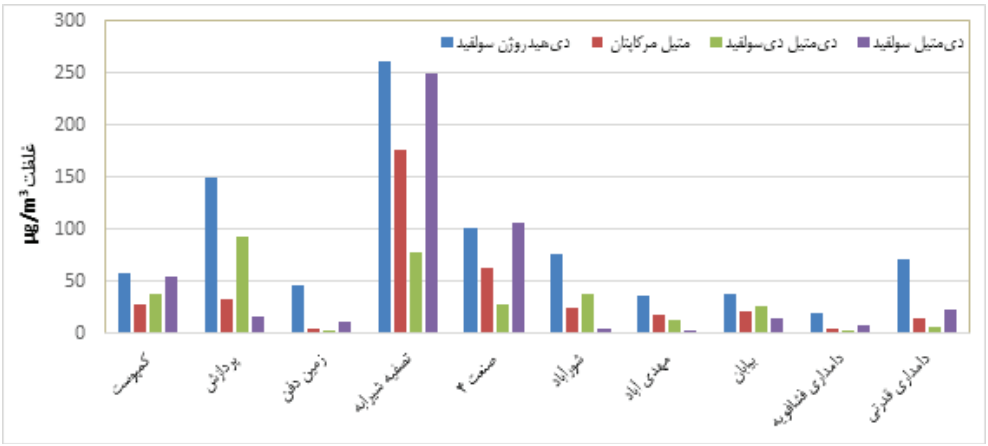
شکل شماره ۳-۸- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات آروماتیک به روش فعال در نقاط مختلف



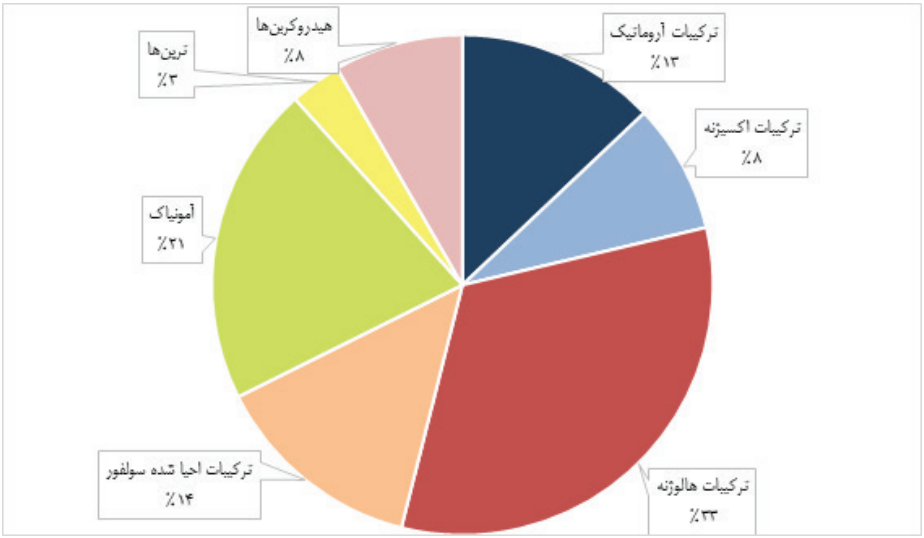
شکل شماره ۳-۹- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات آمونیاک و لیمونن به روش فعال در نقاط مختلف



شکل شماره ۳-۱۰- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات هیدروکربنه به روش فعال در نقاط مختلف



شکل شماره ۳-۱۱- مقایسه نتایج اندازه‌گیری ترکیبات احیاء شده سولفور به روش فعال در نقاط مختلف



شکل شماره ۳-۱۲- مقایسه درصد مشارکت هرگروه ترکیبات در کل نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های به روش فعال در نقاط منتخب

توسط روش فعال، در محل نمونه‌برداری کمپوست، فراوانی آلاینده‌ها به ترتیب در گروه‌های هیدروکربن‌ها، آمونیاک، ترکیبات هالوژنه، آروماتیک‌ها، ترکیبات احیاء شده سولفور، ترکیبات اکسیژنه و ترپن‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد توده کمپوست در شرایط نسبتاً هوازی بهره‌برداری می‌شده است؛ زیرا سهم آمونیاک در ترکیبات اندازه‌گیری شده بالاست، ضمن اینکه ترکیبات احیاء شده سولفور، مانند دی‌هیدروژن سولفید ممکن است از شیرابه ناشی از کمپوست متصاعد شود.

در بخش پردازش (شکل ۳-۴)، ترکیبات هالوژنه با حدود ۳۵ درصد بالاترین سهم در انتشار آلاینده‌ها را دارد. ترکیبات هالوژنه بیشتر در نتیجه واکنش شیمیایی و همچنین بر اثر تجزیه بیولوژیکی در محیط منتشر می‌شوند. در رتبه‌های بعدی هیدروکربن‌ها، آروماتیک‌ها، ترکیبات احیاء شده سولفور و ترکیبات اکسیژنه فراوانی دارد. همان‌طور که انتظار می‌رود، به‌دلیل این‌که هنوز تجزیه بیولوژیکی چه بی‌هوازی و چه هوازی در پسماند تحت پردازش شدت نگرفته است، ترکیبات ناشی از این فرایندها سهم کمتری در آلاینده‌ها داشته‌اند.

اندازه‌گیری آلاینده‌های انتشاریافته از زمین دفن در مجاورت بخش‌های در حال کار برداشته شده است و نمونه‌برداری دقیقاً از روی سلول‌های دفن انجام‌نشده است، در این اندازه‌گیری سهم آروماتیک‌ها، ترکیبات اکسیژنه، هالوژنه و هیدروکربن‌ها از سایر ترکیبات بیشتر است. آروماتیک‌ها به‌ویژه BTEX ناشی از تجزیه مواد شیمیایی در توده پسماند می‌باشند، همچنین این ترکیبات از آلاینده‌های منتشره از کامیون‌ها و ماشین‌آلاتی که در مجتمع‌های مدیریت پسماند کار می‌کنند، منتشر می‌شوند.

نمونه‌برداری در تصفیه‌خانه شیرابه در بخش غربی تصفیه‌خانه و مجاور دریاچه شیرابه صورت گرفته است. در اندازه‌گیری فعال از این واحد به ترتیب سهم مشارکت ترکیبات احیاء شده سولفور، ترکیبات هالوژنه، هیدروکربن‌ها، آروماتیک‌ها، ترکیبات اکسیژنه، ترپن‌ها و آمونیاک بیشترین فراوانی را داشته‌اند. فراوانی بیشتر ترکیبات سولفوره در آلاینده‌های این محل به‌دلیل غالب بودن تجزیه بی‌هوازی در تصفیه‌خانه و دریاچه شیرابه می‌باشد.

خیابان صنعت ۴ نزدیک‌ترین فاصله به مجتمع آراد کوه و در واقع تصفیه‌خانه شیرابه و دریاچه را دارد. از میان ترکیبات اندازه‌گیری شده در این محل، ترکیبات هالوژنه و بعد ترکیبات احیاء شده سولفور فراوانی بیشتری دارند. هیدروکربن‌ها، آروماتیک‌ها، ترکیبات اکسیطنه، آمونیاک و ترپن‌ها در رتبه‌های بعدی قرار دارند. با اینکه فاصله این محل نمونه‌برداری به تصفیه‌خانه و دریاچه شیرابه بسیار نزدیک بود، اما نتایج فراوانی این دو نقطه تفاوت داشت که می‌تواند مربوط به تغییرات اتمسفری ترکیبات احیاء شده گوگردی باشد؛ همچنین توضیح این نکته ضروری است که در خیابان‌های صنعت، انبارهای نگهداری مواد وجود دارند و بعضی از آن‌ها انبار مواد شیمیایی هستند، هرچند در این خیابان انبار سیم و کابل برق و منسوجات و حتی کتاب هم وجود دارد.

محل نمونه‌برداری شورآباد مربوط به نقطه‌ای نزدیک به منازل مسکونی است، اگرچه خیابان صنعت ۴ نیز در روستای شورآباد قرار داد. اندازه‌گیری ترکیبات آلاینده در این نقطه فراوانی ترکیبات هالوژنه و آروماتیک‌ها را بیشتر از بقیه آلاینده‌ها نشان داده است. آلاینده‌هایی، مانند ترکیبات احیاء شده سولفوره

و آمونیـاک کـه ایجـاد بـوی کمتـری می‌کننـد در کل آلاینده‌هـای اندازه‌گیـری شـده در ایـن منطقـه سـهم کمتـری دارنـد.

یـادآوری ایـن نکتـه ضـروری اسـت، کـه محـل نمونه‌بـرداری شـورآباد بـا پـردازش حـدود ۳ کیلومتـر، بـا دریاچـه شـیرابه ۲/۲۵ کیلومتـر و بـا صنعـت ۴ حـدود ۲ کیلومتـر فاصلـه داشـت و ضمـن اینکـه در نزدیکـی اتوبـان قدیـم تهران-قـم اسـت.

محـل نمونه‌بـرداری مهدی‌آبـاد نیـز در نزدیکـی مناطـق مسـکونی بـا فاصلـه ۵۰۰ متـری از اتوبـان انتخـاب شـده اسـت. ایـن نقطـه بـا کمپوسـت ۲/۵ کیلومتر و بـا دریاچـه شـیرابه ۲/۶ کیلومتر فاصلـه دارد (فاصله شـعاعی اسـت). فراوانـی ترکیبـات در ایـن نقطـه بـه ترتیـب هیدروکربن‌هـا، ترکیبـات اکسـیژنه، آروماتیک‌هـا، ترکیبـات هالوژنـه، ترکیبـات احیـاء شـده سـولفور، آمونیـاک و ترپن‌هـا هسـتند.

محـل نمونه‌بـرداری بیابـان نزدیک‌تریـن نقطـه بـه کمپوسـت و پـردازش خـارج از مجتمـع می‌باشـد. ایـن نقطـه بـا کمپوسـت و پـردازش بـه ترتیـب ۱ و ۱/۲ کیلومتـر فاصلـه دارد. در ایـن نقطـه بـه ترتیـب ترکیبـات هالوژنـه، هیدروکربن‌هـا، آمونیـاک، ترکیبـات احیـاء شـده سـولفور، آروماتیک‌هـا، ترکیبـات اکسـیژنه و ترپن‌هـا اندازه‌گیـری شـده‌اند. بـا اینکـه ایـن محـل در بالادسـت بـاد غالـب مجتمـع قـرار دارد بازهـم در اندازه‌گیـری فعـال آلاینده‌هـای به‌ویـژه حاصـل از فرایندهـای بیولوژیکـی ماننـد دی‌هیـدروژن سـولفید و آمونیـاک (هرچنـد به میـزان کمتـر) اندازه‌گیـری شـده‌اند، شـاید نبـود موانـع طبیعـی و مصنوعـی موجـب بادبردگـی ایـن آلاینده‌هـا بـه ایـن نقطـه می‌شـود.

در ایـن مطالعـه دامداری‌هـا به‌عنـوان منبـع دیگـر آلودگـی انتخـاب شـدند. در ایـن دونقطـه میـزان هیدروکربن‌هـا و آمونیـاک فراوانـی بیشـتری داشـته‌اند کـه مربـوط بـه فعالیـت بیوژنیـک دام‌هـا می‌باشـد.

مقادیـر دی‌کلرومتـان کمپوسـت، پـردازش و شـورآباد بالاتـر از بقیـه نقـاط اسـت. مقادیـر در ایـن نقـاط بـه ترتیـب ۵۴۵،۵۴۲ و ۴۸۲ $\mu g/m^3$ به‌دسـت‌آمده اسـت. مقادیـر بـالای دی‌کلرومتـان در کمپوسـت و پـردازش و حتـی صنعـت ۴ و تصفیه‌خانـه شـیرابه قابل‌انتظـار اسـت؛ امـا مقادیـر بـالا اندازه‌گیـری شـده در شـورآباد نیـاز بـه جسـتجوی منبـع دیگـری را بـه ذهـن مـی‌آورد. البتـه در نمونه‌بـرداری غیرفعـال همیـن مطالعـه مقـدار دی‌کلرومتـان در تصفیه‌خانـه شـیرابه نزدیـک بـه شـورآباد اندازه‌گیـری شـده اسـت.

ترکیبـات آروماتیـک در مجتمع‌هـای پـردازش به‌دلیـل اثـرات بهداشـتی و تولیـد بـوی ناشـی از ترکیبـات ایـن گـروه، از آلاینده‌هـای مهـم محسـوب می‌شـوند. ایـن گـروه ترکیبـات عـلاوه برداشـتن خصوصیـات نروتوکسـیک، کارسـینوژن، تتـراژن، ترکیبـات آروماتیـک به‌عنـوان مهم‌تریـن عامـل پیـش سـاز در تشـکیل آئروسـل‌های آلـی ثانویـه (SOA) در تروپوسـفر می‌باشـد. ترکیبـات آروماتیـک در مناطـق مرتبـط بـا مدیریـت پسـماند ممکـن اسـت از فـرار و تخریـب مـواد آلـی و پلاسـتیک نشـأت بگیـرد. ترکیبـات آروماتیـک به‌ویـژه BTEX عـلاوه بـر انتشـار از واکنش‌هـای شـیمیایی و تجزیـه بیولوژیکـی در تـوده پسـماند، ناشـی از فعالیـت وسـایل نقلیـه در رابطـه بـا مدیریـت پسـماند هسـتند. بـه نظـر می‌رسـد کـه تجزیـه بیولوژیکی لیگنیـن در پسـماند شـهری منجر بـه تشـکیل آروماتیک‌هـای جایگزیـن و در نهایـت بنـزن، تولوئـن، فنـل، الـکل، کتـون و اسـترها می‌گـردد. میـزان تولیـد ترکیبـات آلـی غیرمتانـی در طـی تجزیـه بیولوژیکـی بـه در دسـترس بـودن مـواد مغـذی بـرای

باکتری‌ها، ترکیب تشکیل‌دهنده پسماند، رطوبت پسماند، اکسیژن در دسترس، سن سلول دفن پسماند، حضور بازدارنده‌های تجزیه بیولوژیکی، دما و pH بستگی کامل دارد. از میان ترکیبات آروماتیک، استایرن و پیریدین به ترتیب دارای بیشترین فراوانی هستند و بنزن در همه نقاط از کمترین مقدار در میان سایر آلاینده‌ها برخوردار است. میزان کل این ترکیبات در پردازش، تصفیه شیرابه، صنعت ۴، شورآباد، کمپوست، زمین دفن، مهدی‌آباد و بیابان به ترتیب از زیاد به کم کاهش یافت. میزان کل این گروه در دامداری قدرتی بیشتر از دامداری فشافویه بود. یادآوری این نکته ضروری است، که برای این ترکیبات منابع غیربیوژنیک در این منطقه وجود دارد و همچنین میزان بالای این گروه ترکیبات در شورآباد می‌تواند، ناشی از مجاورت این محل با دریاچه شیرابه ، صنعت ۴ و اتوبان تهران-قم باشد، هرچند که مهدی‌آباد نیز در مجاورت اتوبان قرار دارد. بالاترین مقدار بنزن ثبت شده به روش فعال در این مطالعه در کمپوست و به میزان ۱۹/۶۴ میکروگرم در مترمکعب می‌باشد.

در مطالعه حاضر اندازه‌گیری بنزن در مناطق مسکونی شورآباد و مهدی‌آباد به ترتیب ۲/۸۱ و $\mu g/m^3$ ۳/۵۱ به‌دست‌آمده است. نکته حائز اهمیت بالا بودن مقادیر مطالعات از استانداردهای محیطی بنزن است؛ درحالی‌که همین مقادیر در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده در محیط‌های ترافیکی اغلب کمتر است.

مقادیر تولوئن در بعضی از محل‌های نمونه‌برداری بیشترین مقادیر را بین ترکیبات BTEX داشت. مقادیر ثبت شده به ترتیب در کمپوست، پردازش، زمین دفن، تصفیه شیرابه، صنعت ۴، شورآباد، مهدی‌آباد و بیابان ۲۴/۱۱، ۶۹/۹۶، ۹/۹۹، ۲۵/۲۲، ۳۵/۹۸، ۳۶/۳۴، ۳/۳۲ و $\mu g/m^3$ ۲/۱۶ می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان تولوئن در ابتدای فرایند مدیریت پسماند بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است و میزان آن در شورآباد قابل‌توجه است.

مقادیر اتیل بنزن نیز در پردازش بیشترین مقدار (۴۰/۴۶) به خود اختصاص داده است، این مقادیر به‌مراتب از مقادیر استاندارد USEPA و شغلی OSHA به ترتیب $\mu g/m^3$ ۱۰۰۰ و $\mu g/m^3$ ۴۳۵ کمتر است.

زایلن در مطالعه حاضر بین ۷۲/۳۸ در تصفیه‌خانه، ۵۳/۷۷ در پردازش، ۴۰/۹۸ در شورآباد و $\mu g/m^3$ ۵/۳۱ در مهدی آباد تفاوت نشان داده است. تفاوت بین مقادیر ثبت شده در شورآباد و مهدی‌آباد نقش فاصله از زمین دفن و جهت باد را در کاهش میزان آلاینده اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۳-۷ مشخص می‌گردد که ۴ ترکیب دی‌هیدروژن سولفید، متیل مرکاپتان، دی‌متیل دی‌سولفید و دی‌متیل سولفید از میان ترکیبات احیاء شده گوگرد در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است و از میان این ترکیبات دی‌هیدروژن سولفید و دی‌متیل سولفید در مقادیر بالاتری اندازه‌گیری شده‌اند. در میان محل‌های اندازه‌گیری در تصفیه‌خانه شیرابه و پردازش به میزان بیشتری اندازه‌گیری شدند. تجزیه بی‌هوازی پسماندها در پردازش، زمین دفن و تصفیه‌خانه و دریاچه شیرابه باعث انتشار و پراکنش این گروه ترکیبات می‌شود.

ترکیبات سولفیدی فرار (VSCs) در گروه ترکیبات آلی فرار قرار می‌گیرند و شامل دی‌متیل‌سولفید (DMS)، دی‌متیل‌دی‌سولفید (DMDS)، هیدروژن سولفید، کربنیل سولفید و متیل مرکاپتان می‌باشد. این

ترکیبات در اثر شرایط بی‌هوازی یا کمبود اکسیژن در توده منتشر می‌شوند. ترکیبات گوگردی فرار دارای آستانه تشخیص پایین هستند؛ بنابراین در غلظت‌های خیلی پایین نیز برای افراد قابل تشخیص می‌باشند. شیرابه پسماند یک منبع انتشار غیرمستقیم برای ترکیبات بودار می‌باشد و انتشار آن بین ۲۰ تا ۴۰ درصد بر حسب وزن مرطوب مواد کمپوست می‌باشد. در بین مطالعات مختلف این اتفاق نظر وجود دارد، که انتشار ترکیبات سولفیدی فرار به دلیل شرایط بی‌هوازی یا کمبود اکسیژن در طول فرآیند منتشر می‌شوند؛ همچنین ممکن است، انتشار قابل توجهی از ترکیبات سولفیدی فرار حتی در شرایط هوازی رخ دهد. انتقال ضعیف اکسیژن درنتیجه هوادهی ناکافی دلیل اصلی انتشار بو در فرآیند تولید کمپوست از پسماندهای جامد شهری می‌باشد، دی‌متیل سولفید و دی‌متیل دی‌سولفید در اثر واکنش‌های متیلاسیون از سولفید هیدروژن تولید می‌شوند؛ همچنین متیل‌مرکاپتان در اثر واکنش اکسیداسیون به دی‌متیل دی سولفید تبدیل می‌شود. طبق مطالعات انجام شده، هر چه هوادهی بیشتر باشد دی متیل سولفید و دی متیل دی سولفید کمتر خواهد بود (Zhang H 2016).

شکل شماره ۳-۹ مقادیر آمونیاک و لیمونن اندازه گیری شده در محل‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. از میان ترکیبات نیتروژنه در زمین‌های دفن، آمونیاک، تری‌متیل آمین و بنزونیتریل ردیابی شده‌اند که NH_3 و تری‌متیل آمین محصول تجزیه پروتئین‌ها هستند و بنزونیتریل از رنگ‌ها، داروها یا لاستیک متصاعد می‌شوند. در این مطالعه اما فقط آمونیاک اندازه‌گیری شده است.

بالاترین مقادیر ثبت شده در کمپوست و دامداری قدرتی با مقادیر ۱۵۰۵ و ۹۷۳ میکروگرم در مترمکعب بوده است. در سایر نقاط میزان NH_3 به شدت کاهش یافته است. مقادیر آن در کمپوست، تصفیه‌خانه، شورآباد و مهدی‌آباد به ترتیب ۱۱۴/۶۱، ۶۴/۷۲، ۴۵/۷۳ و ۲۱/۸۹ $\mu g/m^3$ ثبت شده است. یکی از عواملی که بر انتشار آمونیاک از کمپوست هوازی مؤثر است، نسبت کربن به نیتروژن توده کمپوست است. مقدار مناسب نسبت کربن به نیتروژن ۲۵ تا ۳۰ به ۱ می‌باشد. نسبت‌های بالای کربن به نیتروژن (کربن بیشتر و نیتروژن کمتر) یا به عبارتی نسبت کربن به نیتروژن بیشتر از ۳۰ باعث کند شدن فرآیند تجزیه می‌شود و در نسبت‌های کربن به نیتروژن پایین (نیتروژن بیشتر و کربن کمتر) یا به عبارتی کمتر از ۲۵، نیتروژن مازاد توسط میکروارگانیسم‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و در مرحله‌ای که pH توده به مقدار ۸/۵-۸ می‌رسد به‌صورت گاز آمونیاک از سیستم کمپوست آزاد می‌شود و بوی ناخوشایندی را ایجاد می‌کند (از دست رفتن نیتروژن به شکل انتشار گاز آمونیاک). طبق مطالعات انجام شده، در سیستم تولید کمپوست به روش ویندرو در نسبت کربن به نیتروژن بالا در فیداستوک انتشار ترکیبات آلی فرار کمتر از زمانی بوده است، که نسبت کربن به نیتروژن پایین در نظر گرفته شده است (Nguyen V-T, 2020).

شکل شماره ۳-۱۰- نتایج اندازه‌گیری هیدروکربن‌ها در هر نقطه را نشان می‌دهد. انتخاب این ۶ هیدروکربن براساس فراوانی اندازه‌گیری در مراکز مدیریت پسماند صورت گرفته است. باتوجه به شکل مقادیر بالاتر ان-هگزان وسیکلوهگزان نسبت به سایر آلاینده‌ها مشخص می‌شود. بالاترین مقادیر در تصفیه‌خانه شیرابه، پردازش، صنعت ۴، شورآباد، کمپوست و دامداری قدرتی مشاهده شده است.

میانگین، حداقل و حداکثر مقادیر اندازه‌گیری شده برای ان- هگزان به‌ترتیب ۸۲/۷۳، ۲/۸۷ و $\mu g/m^3$ ۱۷۲/۸۳ و برای سیکلوهگزان ۱۲/۳۵، ۰/۱۱ و $\mu g/m^3$ ۵۱/۶۳ می‌باشد.

شکل شماره ۳-۱۲ درصد مشارکت هر گروه ترکیبات را در کل نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌ها را نشان می‌دهد. براساس این شکل مشخص می‌شود، میزان ترکیبات هالوژنه در بین همه آلاینده‌ها بیشتر است. باتوجه به اینکه این دست ترکیبات از پلاستیک‌ها و حلال‌ها تولید می‌شوند، اجرای مدیریت پسماند خطرناک بر کاهش این آلاینده‌ها تأثیر احتمالی خواهد داشت. این گروه ترکیبات هم ازنظر بهداشتی مهم هستند و هم به‌دلیل حاوی کلر بودن، برای محیط‌زیست مشکلاتی ایجاد خواهند کرد، ضمن اینکه از دسته ترکیبات ایجادکننده بو هستند. اگرچه از ترکیبات نیتروژنه فقط آمونیاک در این مطالعه سنجیده شده است، اما این ترکیب به‌تنهایی به‌دلیل مقادیر بالای اندازه‌گیری شده در واحد کمپوست موجب شده است تا سهم قابل توجه ۲۱ درصد بیابد، آمونیاک اثربهداشتی مستقیم ندارد، ولی ازنظر ایجاد بو از ترکیبات پرچالش مدیریت پسماند محسوب می‌شود. یادآوری این نکته ضروری است که غلظت‌های محیطی اندازه‌گیری شده آمونیاک در دامداری قدرتی بالا بود و غلظت‌های اندازه‌گیری شده، در اطراف مجتمع مدیریت همگی پایین‌تر از استانداردهای محیطی بودند. گروه‌های بعدی ترکیبات احیاء شده سولفور و آروماتیک‌ها هستند که هردو از ترکیباتی هستند که اثر بهداشتی داشته و ایجاد بو می‌کنند. در گروه آروماتیک‌ها بنزن، پیریدین و استایرن از نظر اثرات بهداشتی دارای اهمیت بالاتری هستند. ترکیبات اکسیژنه و هیدروکربن‌ها گروه‌های بعدی مشارکت‌کننده در ایجاد آلودگی هستند و در آخر لیمونن از دسته ترپن‌ها کمترین سهم را داشته است.

۳-٤- نتایج اندازه‌گیری ذرات معلق با روش فعال

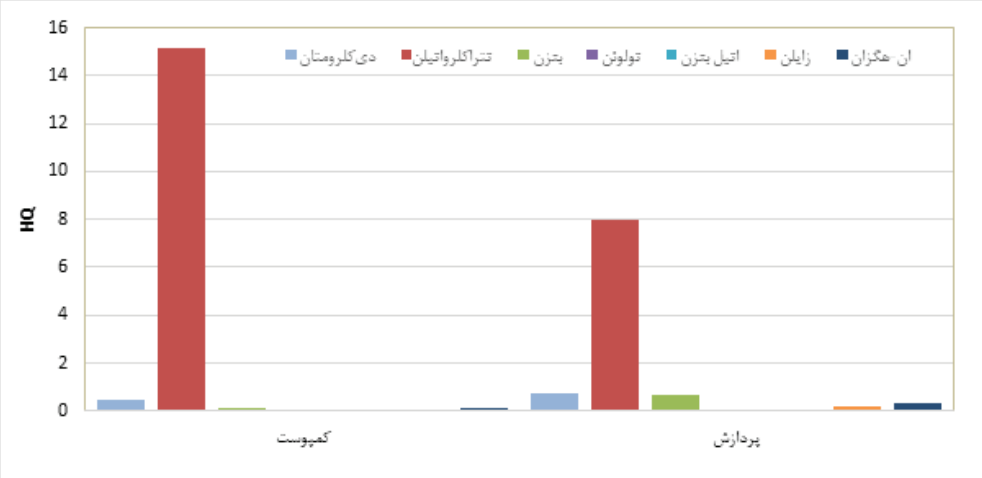
مقایسه مقادیر $PM_{2.5}$ در نقاط مختلف نشان‌دهنده بالاتر بودن نسبی این مقادیر از استاندارد ملی ۳۵ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد. به‌طوری‌که مقدار $PM_{2.5}$ در کمپوست فقط یک روز پایین‌تر از استاندارد ملی بوده است و در شورآباد ۵ روز و مهدی‌آباد ۳ روز مقادیر کمتر از استاندارد ملی بوده است.

۲-۳-میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده $PM_{2.5}$ و PM_{10} برحسب $\mu g/m^3$

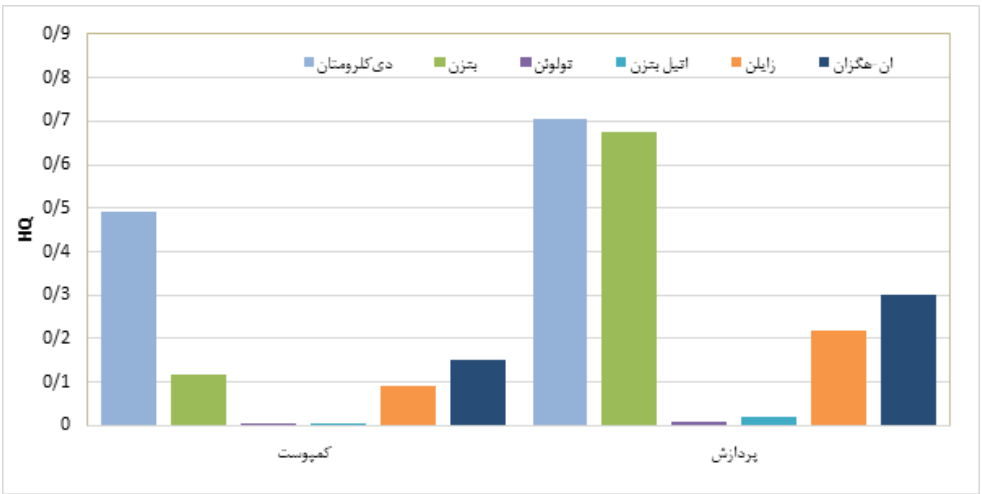
محل نمونه‌برداری	$PM_{2.5}$	PM_{10}
کمپوست	۲۹	۱۳۴
پردازش	۳۹	۲۰۲
زمین دفن	۲۴	۱۰۶
تصفیه‌خانه شیرابه	۳۷	۱۳۱
صنعت ۴	۳۱	۱۲۹
شورآباد	۲۵	۱۶۳

محل نمونه‌برداری	$PM_{2.5}$	PM_{10}
مهدی‌آباد	۳۵	۱۵۶
بیابان	۲۴	۱۱۱
دامداری فشافویه	۵۵	۱۷۷
دامداری قدرتی	۳۱	۹۴

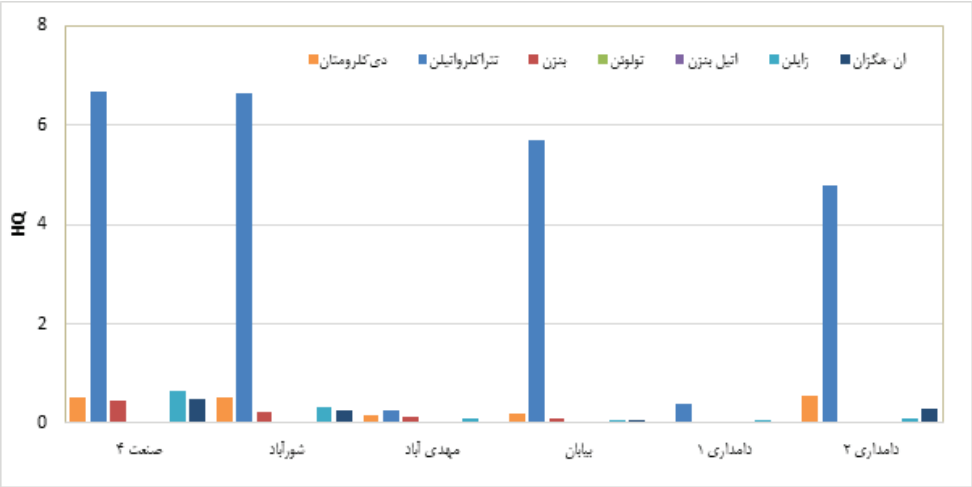
۳-۵- نتایج ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش غیرفعال



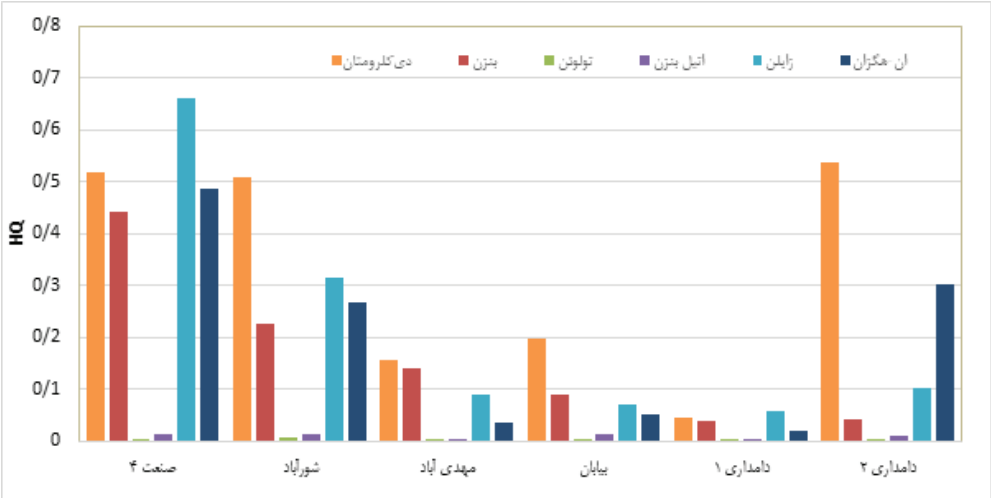
شکل شماره ۳-۱۳- نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری غیرفعال



شکل شماره ۳-۱۴- نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری غیرفعال (با حذف تتراکلرواتیلن)



شکل شماره ۳-۱۵- نمایش HQ[1] براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال



شکل شماره ۳-۱۶- نمایش HQ براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال (با حذف تتراکلرواتیلن)

مقادیر کل سهم خطر (THQ)[2] در روش نمونه‌برداری غیرفعال

محل نمونه‌برداری	THQ
کمپوست	۱۶/۰۳
پردازش	۹/۹۳
صنعت ۴	۸/۷۹
شورآباد	۷/۹۸
مهدی‌آباد	۰/۶۹
بیابان	۶/۱۲
دامداری فشافویه	۰/۵۶
دامداری قدرتی	۵/۷۹

1. Hazard quotient non-carcinogenic compounds
2. Total hazard quotient non-carcinogenic compounds

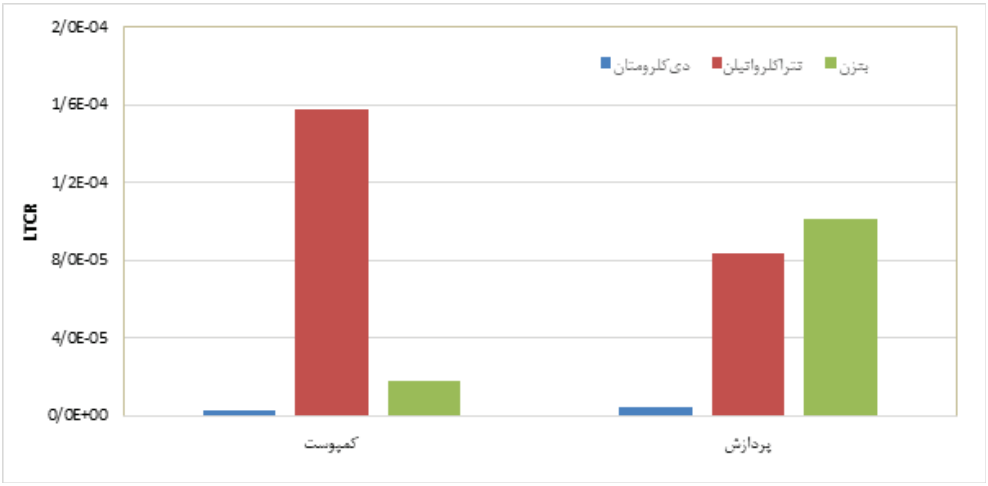
ارزیابی ریسک در این مطالعه با استفاده از روش سامانه جامع اطلاعات ریسک (IRIS) انجام شد، براین اساس، نتایج کمپوست و پردازش در نمونه‌برداری غیرفعال برای مواجهه شغلی ارزیابی شد و نتایج صنعت ۴ (پایین‌دست دریاچه شیرابه)، شورآباد، مهدی‌آباد، بیابان، دامداری فشافویه و دامداری قدرتی برای مواجهه غیرشغلی ارزیابی شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، از روش غیرفعال و براساس فاکتور خطر و فاکتور شیبی که توسط IRIS ارائه شده است، برای ۷ آلاینده ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی و ۳ آلاینده ریسک سرطان‌زایی صورت گرفت. مشاهده شکل شماره ۳-۱۰ نشان می‌دهد که از بین آلاینده‌های اندازه‌گیری شده، در این مطالعه تتراکلرواتیلن به‌دلیل داشتن فاکتور خطر کوچک‌تر از بقیه و نیز بالا بودن غلظت اندازه‌گیری شده، ریسک غیرسرطان‌زایی بالایی (بیش از ۳۰ برابر سایر آلاینده‌ها) ایجاد می‌کند به‌همین دلیل در شکل ۳-۱۱ این آلاینده نمایش داده نشده است. با بررسی دوباره نتایج مشاهده می‌شود که بعد از تتراکلرواتیلن، دی‌کلرومتان و بنزن ریسک غیرسرطان‌زایی بیشتری ایجاد می‌کنند. مجموع ریسک ایجاد شده در واحد پردازش بیشتر از کمپوست می‌باشد.

نتایج ارزیابی ریسک غیر سرطان‌زایی غیر شغلی بر روی نتایج خارج از مجتمع انجام شده است، ازآنجایی‌که اندازه‌گیری آلاینده‌ها در محل دامداری‌ها خارج از این دامداری بوده است، نتایج در دسته مواجهه غیر شغلی قرار داده شده است، اگرچه در اطراف این دامداری‌ها مناطق مسکونی وجود ندارد و تصور شد ذینفعان مسافران وسایل نقلیه‌ای هستند که از جاده‌های مجاور دامداری رفت‌وآمد می‌نمایند. باتوجه به شکل شماره ۳-۱۲ تتراکلرواتیلن دارای ریسک بالاتر (بیش از ۱۰ برابر دیگر آلاینده‌ها) می‌باشد و شکل شماره ۳-۱۳ریسک بالاتر دی‌کلرومتان، زایلن، ان-هگزان و بنزن را نسبت به دیگر آلاینده‌ها نشان می‌دهد.

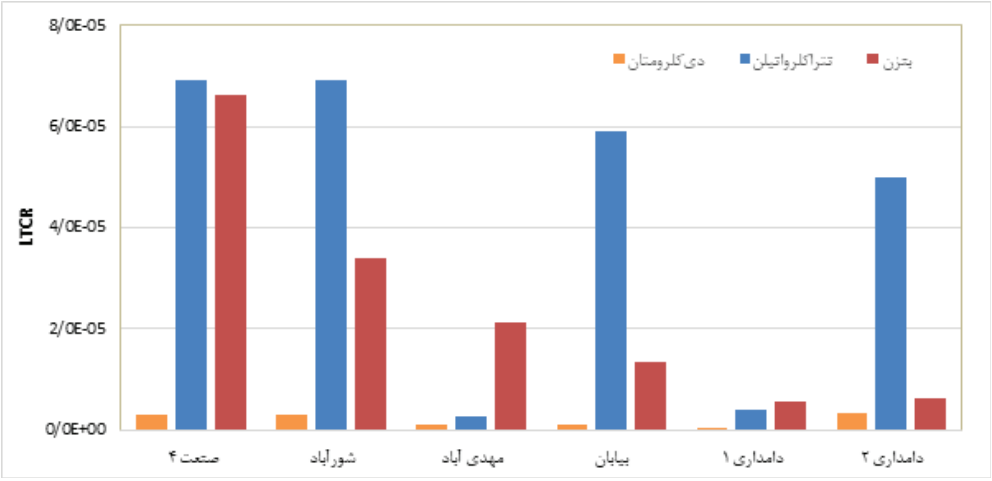
HQ مواجهه شغلی با تتراکلرواتیلن در کارکنان واحد کمپوست برابر ۱۵/۱۷ و در پردازش ۸/۰۰ می‌باشد که این اعداد به‌مراتب بزرگ‌تر از ۱ می‌باشند و نشان‌دهنده خطر غیر سرطان‌زایی بالای مواجهه با تتراکلرواتیلن می باشد و در واقع این عدد کل سهم خطر یا THQ را هم افزایش داده است. درحالی‌که فاکتور خطر محاسبه شده، برای سایر آلاینده‌ها کمتر از ۱ می‌باشد و در دی کلرومتان که بالاترین مقدار را دارد برابر ۰/۷۰ در واحد پردازش است. این وضعیت برای مواجهه غیرشغلی نیز صدق می‌کند؛ به عبارتی سهم خطر همه آلاینده‌ها به‌جز دی‌کلرومتان کمتر از یک است. البته سهم خطر تتراکلرواتیلن در دو محل مهدی‌آباد و دامداری فشافویه نیز کمتر از ۱ است. بررسی کل سهم خطر در محل‌های نمونه‌برداری، خطر بالاتر به ترتیب در کمپوست، پردازش، صنعت ۴، شورآباد، بیابان، دامداری قدرتی، مهدی‌آباد و دامداری فشافویه را نشان می‌دهد.

سهم خطر بنزن در مطالعه حاضردر کمپوست، پردازش، صنعت ۴ و شورآباد به ترتیب ۰/۱۲، ۰/۶۷، ۰/۴۴ و ۰/۲۳ به‌دست‌آمده است.

۳-۶-نتایج ارزیابی ریسک سرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش غیرفعال



شکل شماره ۳-۱۷- نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه شغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال



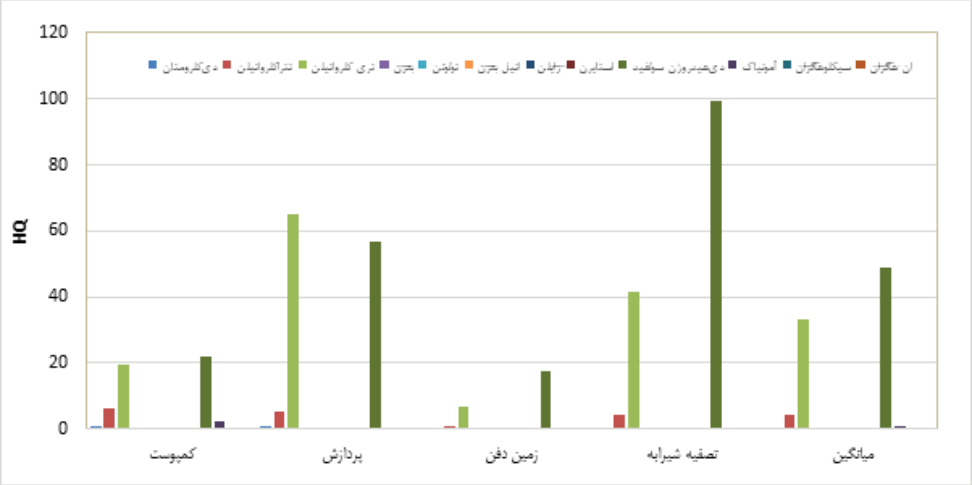
شکل شماره ۳-۱۸- نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری غیرفعال

مقایسه ریسک سرطان‌زایی ۳ آلاینده بررسی شده در مواجهه شغلی، ریسک بالاتر بنزن را نسبت به سایر آلاینده‌ها نشان می‌دهد. مقادیر ریسک سرطان‌زایی تتراکلرواتیلن هم قابل توجه است. این آلاینده هم فاکتور شیب پایین‌تری دارد و هم در مطالعه حاضر در غلظت‌های بالاتری اندازه‌گیری شده است، البته ریسک افزوده سرطان بنزن نیز در مواجهه شغلی بالاست. مجموع ریسک افزوده سرطان دی‌کلرومتان، تتراکلرواتیلن و بنزن در مواجهه شغلی (کمپوست و پردازش) بر این اساس ۵-۱۰ × ۴/۶ ، ۳-۱۰ × ۱/۲ و ۳-۱۰ × ۱/۲ محاسبه شد، که در خصوص دی‌کلرومتان در بازه آستانه خطر (قابل‌چشم‌پوشی) و در مورد ۲ آلاینده دیگر ریسک خطر قابل‌ملاحظه داشته‌اند.

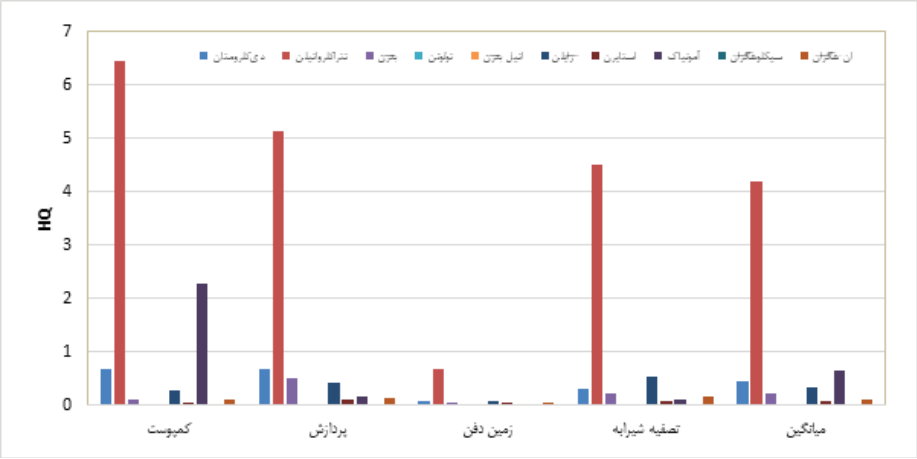
ارزیابی ریسک سرطان‌زایی مواجهه غیرشغلی نیز به ترتیب ریسک تتراکلرواتیلن، بنزن و دی‌کلرومتان

را به‌ترتیب کاهشی نشان داده است. بالاترین مقدار ریسک سرطان‌زایی در صنعت ۴ و شورآباد برای تتراکلرواتیلن با مقادیر ۵-۱۰ × ۶/۹۳ و ۵-۱۰ × ۶/۹۰ به دست آمد. ریسک سرطان‌زایی بنزن در این دو محل ۵-۱۰ × ۶/۶۳ و ۵-۱۰ × ۳/۳۹ محاسبه شد. ریسک سایر آلاینده‌ها کمتر محاسبه شدند.

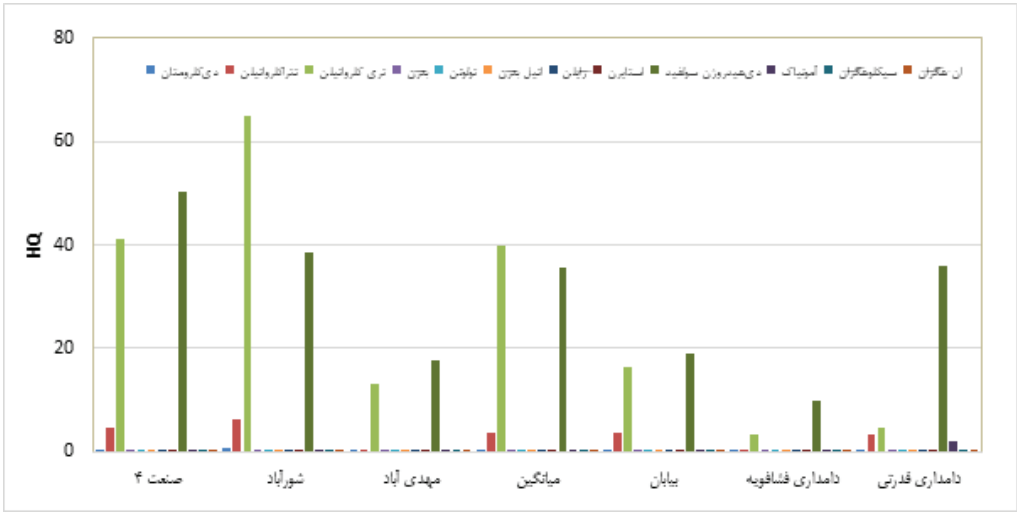
۳-۷-نتایج ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش فعال



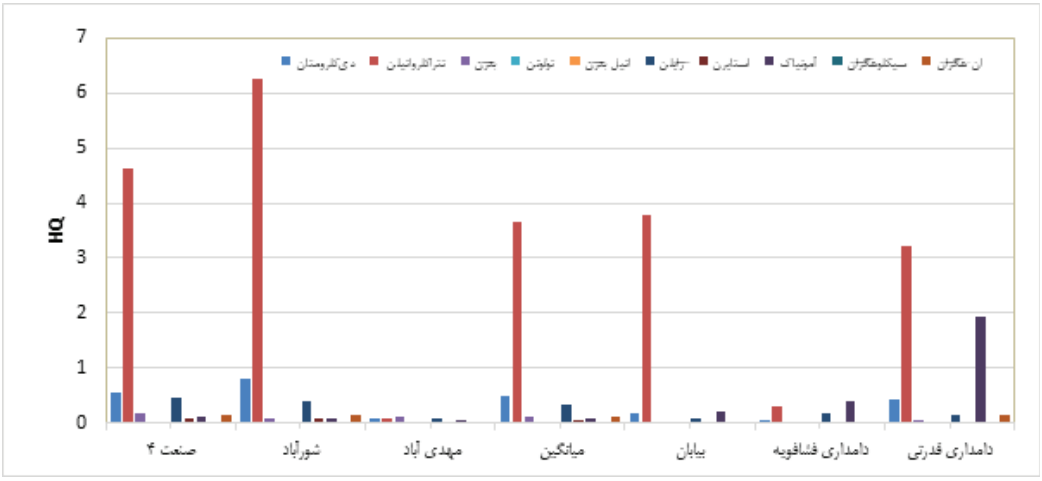
شکل شماره ۳-۱۹-نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری فعال



شکل شماره ۳-۲۰-نمایش HQ براساس مواجهه شغلی در کمپوست و پردازش در روش نمونه‌برداری فعال (با حذف تری کلرواتیلن و دی‌هیدروژن سولفید)



شکل شماره ۳-۲۱-نمایش HQ براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری فعال



شکل شماره ۳-۲۲- نمایش HQ براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری فعال (با حذف تری کلرواتیلن و دی‌هیدروژن سولفید)

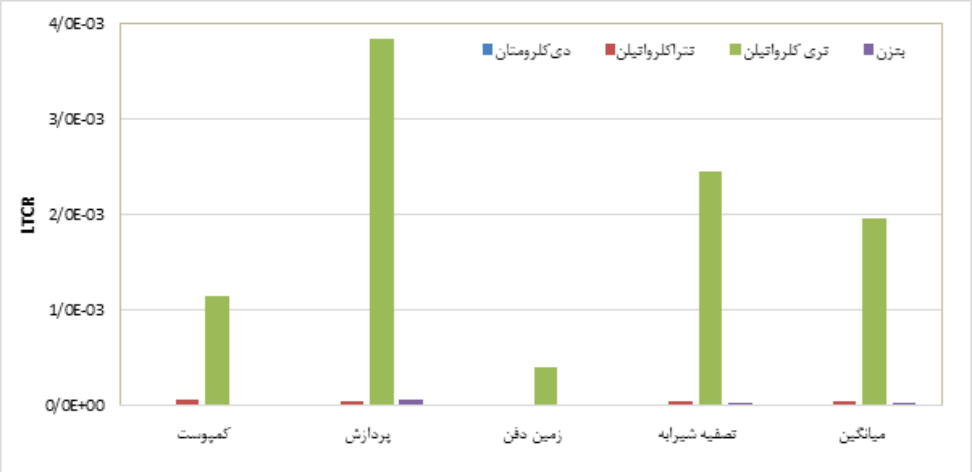
جدول شماره ۳-۴-مقادیر شاخص خطر (HI)[1] در روش نمونه‌برداری فعال

محل نمونه‌برداری	THQ	THQ(-T4,T3,H2S)	THQBTEX
کمپوست	۵۱/۲۹	۳/۵۴	۰/۴۱
پردازش	۱۲۹/۲۸	۲/۰۸	۰/۹۵
زمین دفن	۲۵/۴۴	۰/۳۷	۰/۱۵
تصفیه شیرابه	۱۴۷/۲۳	۱/۴۳	۰/۷۹
میانگین مواجهه شغلی	۸۸/۳۱	۱/۸۵	۰/۵۷
صنعت ۴	۹۷/۸۱	۱/۵۹	۰/۶۷

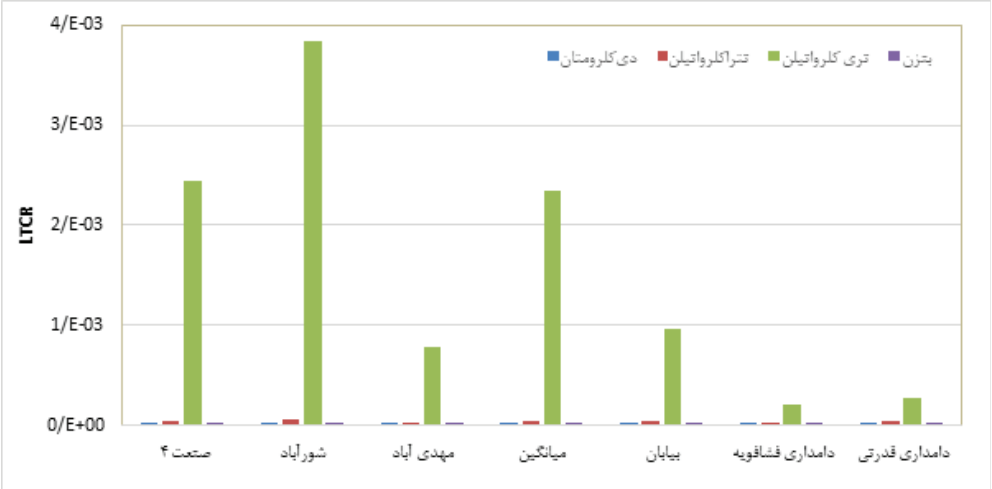
1. Hazard Index

محل نمونه‌برداری	THQ	THQ(-T4,T3,H2S)	THQBTEX
شورآباد	۱۱۱/۳۶	۱/۶۷	۰/۵۴
مهدی‌آباد	۳۱/۵۴	۰/۳۸	۰/۲۲
میانگین مواجهه غیرشغلی در شورآباد و مهدی‌آباد	۸۰/۲۴	۱/۲۱	۰/۴۸
بیابان	۳۹/۷۰	۰/۵۸	۰/۱۲
دامداری فشافویه	۱۴/۲۹	۰/۶۷	۰/۲۱
دامداری قدرتی	۴۶/۴۳	۲/۷۵	۰/۲۱

۸-۳-نتایج ارزیابی ریسک سرطان‌زایی برای نتایج اندازه‌گیری به روش فعال



شکل شماره ۳-۲۳-نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه شغلی در روش نمونه‌برداری فعال



شکل شماره ۳-۲۴-نمایش خطر سرطان‌زایی (CR) براساس مواجهه غیرشغلی در روش نمونه‌برداری فعال

نتایج ارزیابی ریسک در این بخش از داده‌های به‌دست‌آمده، با نمونه‌برداری فعال با استفاده از فوچک محاسبه شده است. براساس روش ارزیابی ریسک از بین ۲۵ آلاینده اندازه‌گیری شده در این بخش، برای ۱۲ آلاینده ارزیابی ریسک غیرسرطان‌زایی و برای ۴ آلاینده ارزیابی ریسک سرطان‌زایی انجام شده است. نتایج کمپوست، پردازش، زمین دفن و تصفیه‌خانه شیرابه در نمونه‌برداری فعال، برای مواجهه شغلی ارزیابی شد و نتایج صنعت ۴ (پایین دست دریاچه شیرابه)، شورآباد، مهدی‌آباد، بیابان، دامداری فشافویه و دامداری قدرتی برای مواجهه غیر شغلی ارزیابی شد.

با مطالعه شکل‌های شماره ۳-۱۳تا ۳-۱۶ مشاهده می‌شود که به‌دلیل دوز مرجع مواجهه پایین‌تر و غلظت‌های بالای اندازه‌گیری شده، دو آلاینده تتراکلرواتیلن، تری‌کلرواتیلن و دی‌هیدروژن سولفید ریسک غیرسرطان‌زایی بیشتری را محتمل می‌کنند، به‌طوری‌که فقط مجموع ریسک غیرسرطان‌زایی این ۳ آلاینده در کمپوست، پردازش، زمین دفن و تصفیه شیرابه برابر با ۴۷/۸، ۱۲۷/۲، ۲۵/۱ و ۱۴۵/۸ می‌باشد. بقیه آلاینده‌ها (شکل شماره۳ -۱۶) ریسک غیرسرطان‌زایی زیر ۱ دارند، به‌جز آمونیاک در واحد کمپوست که به‌دلیل مقادیر زیاد اندازه‌گیری شده، در این واحد، ریسک غیرسرطان‌زایی ۲/۳ را محتمل می‌نماید.

مجموع ریسک غیر سرطان‌زایی تتراکلرواتیلن، تری‌کلرواتیلن و دی‌هیدروژن سولفید در صنعت ۴، شورآباد، مهدی‌آباد، بیابان، دامداری فشافویه و دامداری قدرتی به‌ترتیب ۹۶/۲، ۱۰۹/۷، ۳۱/۲، ۳۹/۱، ۱۳/۶ و ۴۳/۷ محاسبه شده است. بقیه آلاینده‌ها ریسک غیرسرطان‌زایی کمتر از یک نشان دادند.

با فرض تردد افراد بین مناطق، در محاسبات ارزیابی ریسک فعال، میانگین آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در محل‌های درون مجتمع به‌عنوان میانگین مواجهه شغلی و در بیرون از مجتمع (صنعت ۴، شورآباد و مهدی‌آباد) به‌عنوان میانگین مواجهه غیرشغلی در نظر گرفته شد. با مقایسه میانگین مواجهه شغلی و غیرشغلی باهم می‌توان مشاهده نمود که ریسک خطر غیرسرطان‌زایی اگرچه در مواجهه غیرشغلی پایین‌تر است، اما نزدیک به مواجهه شغلی است.

مقایسه شکل‌های ۳-۱۷ و ۳-۲۴ نشان‌دهنده محاسبه ریسک سرطان‌زایی در مطالعه حاضر می‌باشد. از شکل‌ها مشخص می‌گردد، که به ترتیب تری‌کلرواتیلن، تتراکلرواتیلن، بنزن و دی‌کلرومتان ریسک سرطان‌زایی کاهشی داشته‌اند. بالاترین ریسک سرطان‌زایی برابر با میانگین ۰/۰۰۳ مربوط به پردازش و آلاینده تری‌کلرواتیلن است. میانگین ریسک سرطان‌زایی این آلاینده در مواجهه شغلی برابر با ۰/۰۰۲ به‌دست‌آمده است، که نشان‌دهنده ریسک سرطان‌زایی قابل‌توجه است. در خصوص بنزن این میانگین ۵-۱۰ × ۳/۲۸ و برای تتراکلرواتیلن و دی‌کلرومتان نیز به ترتیب ۵-۱۰ × ۴/۳۶ و ۶-۱۰ × ۲/۶۶ می‌باشد. با مقایسه اعداد مشخص می‌شود، که تری‌کلرواتیلن ریسک خطر سرطان‌زایی قابل‌ملاحظه داشته است و ریسک خطر سرطان‌زایی تتراکلرواتیلن، بنزن و دی‌کلرومتان در محدوده آستانه خطر (قابل‌چشم‌پوشی) پیش‌بینی می‌کند.

میانگین ریسک سرطان‌زایی مواجهه غیر شغلی (فقط برای صنعت ۴، شورآباد و مهدی‌آباد) برای تری‌کلرواتیلن ۰/۰۰۱ و برای شورآباد این عدد ۰/۰۰۴ محاسبه شده است. میانگین ریسک خطر

سـرطان‌زایی بـرای بنـزن ۵-۱۰ × ۱/۹۵ و بـرای تتراکلرواتیلـن و دی‌کلرومتـان نیـز بـه ترتیـب ۵-۱۰ × ۳/۸۰ و ۶-۱۰ × ۲/۸۸ به‌دست‌آمده اسـت. دلیـل نزدیکـی اعـداد مواجهـه غیرشـغلی بـا شـغلی، علیرغـم مقادیـر بالاتـر اندازه‌گیـری شـده، در داخـل مجتمـع آراد کـوه، مربـوط بـه سـاعات مواجهـه ۲۴ سـاعته در ارزیابـی ریسـک غیرشـغلی نسـبت بـه ۸ سـاعته در شـغلی اسـت.

۴. نتیجه‌گیری

در ایـن مطالعـه اندازه‌گیـری آلاینده‌هـا در زمیـن دفـن بـه دو روش فعـال و غیرفعـال انجـام شـد، اگرچـه اندازه‌گیـری غیرفعـال به‌دلیـل نماینـده دو هفتـه اندازه‌گیـری در سـاعات مختلـف شـبانه‌روز نتایـج ارزشـمندتری در اختیـار می‌گذاشـت، امـا محدودیت‌هـای مالـی، منجـر بـه اسـتفاده از هـردو روش در گردیـد.

هـدف اصلـی در ایـن مطالعـه جسـتجوی آلاینده‌هـای منتشـره از مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند آراد کـوه و میـزان انتشـار و پراکنـش آن آلاینـده در اطـراف مجتمـع بـود. براسـاس نتایـج نمونه‌بـرداری فعـال مشـخص شـد کـه بـه ترتیـب در واحدهـای پـردازش، کمپوسـت و پاییـن دسـت دریاچـه شـیرابه میـزان آلاینـده بیشـتر از سـایر نقـاط اسـت.

سـؤال دیگـر در ایـن مطالعـه، میـزان و نقـش مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند آرادکـوه در انتقـال آلودگـی بـه فـرودگاه امـام خمینـی اسـت؛ لـذا برایـن اسـاس در دامـداری فشـافویه و قدرتـی کـه در نزدیکـی فـرودگاه امـام خمینـی نمونه‌بـرداری انجـام گردیـد. در نمونه‌بـرداری غیرفعـال مشـخص شـد کـه میـزان آلاینده‌هـا در مجـاورت دامـداری قدرتـی از بقیـه بخش‌هـا (شـورآباد، مهدی‌آبـاد، بیابـان و دامـداری فشـافویه) بیشـتر اسـت. مقـدار کل آلاینـده اندازه‌گیـری شـده در پـردازش ۴۰/۶۸٪ بیشـتر از شـورآباد بـود، ایـن مقـدار بـرای مهدی‌آبـاد و بیابـان نسـبت بـه پـردازش بـه ترتیـب حـدود ۸۹ و ۷۱ درصـد کمتـر بـود. بـا اینکـه فاصلـه شـعاعی نقـاط اندازه‌گیـری در شـورآباد، مهدی‌آبـاد و بیابـان نسـبت بـه پـردازش بـه ترتیـب حـدود ۳، ۲/۵ و ۱/۲ کیلومتـر بـود؛ امـا مجـاورت شـورآباد بـا مجتمـع و نزدیکـی بـه تصفیه‌خانـه و دریاچـه شـیرابه (فاصلـه تقریبـی ۲/۲۵ کیلومتـر) منجـر بـه افزایـش غلظـت آلاینده‌هـا در شـورآباد شـده اسـت. ذکـر ایـن نکتـه ضـروری اسـت ،کـه مجـاورت ایـن نقـاط بـا اتوبـان قدیـم تهران-قـم احتمـال افزایـش غلظـت آلاینده‌هـا در هـر نقطـه را افزایـش می‌دهـد کـه به‌دلیـل یکسـان بـودن فاصلـه نسـبی اتوبـان بـه هرنقطـه اثـر آن نادیـده گرفتـه شـده اسـت.

بـا بررسـی غلظـت آلاینده‌هـای اندازه‌گیـری شـده در همـه نقـاط مشـاهده می‌شـود کـه غلظـت آلاینده‌هـا بـه ترتیـب بـرای تتراکلرواتیلن(۲۷۴/۴۳)،دی‌کلرومتان(۲۶۵/۵۵)،ان-هگزان(۱۵۳/۵۶)،اننونان(۲۳/۴۷)،تولوئن(۲۱/۶۶)، زایلـن(۲۱/۲۸)، اتیـل بنـزن(۱۰/۹۷)، بنـزن(۷/۵)، ان-هپتـان(۴/۱) و ان اکتـان (۳/۱۶)کاهـش می‌یابد.

در اندازه‌گیـری فعـال نیـز پـردازش بیشـترین انتشـار آلاینـده را داشـت و تصفیه‌خانـه شـیرابه، کمپوسـت و زمیـن دفـن در رتبه‌هـای بعـدی قـرار داشـتند. میـزان آلاینـده اندازه‌گیـری شـده، در انتهـای خیابـان صنعـت ۴ و شـورآباد نیـز بالابـود، ولـی مقادیـر اندازه‌گیـری شـده در محـل بیابـان و مهدی‌آبـاد نیـز قابـل توجـه بـود. میـزان آلاینده‌هـای اندازه‌گیـری شـده، در دامـداری قدرتـی نیـز ۱/۸ میلی‌گـرم در مترمکعـب بـود.

از مقایسـه سـهم گـروه ترکیبـات اندازه‌گیـری شـده، در روش فعـال مشـخص می‌شـود کـه سـهم ترکیبـات

هالوژنـه بـا ۳۳ درصـد بالاتـر از سـایر ترکیبـات اسـت کـه بـا توجـه بـه خطـرات غیرسـرطان‌زایی و سـرطان‌زایی ایـن ترکیبـات قابل‌تأمـل اسـت. آمونیـاک در رتبـه بعـدی سـهم‌بندی وجـود دارد کـه البتـه به‌دلیـل مقادیـر بـالای اندازه‌گیـری شـده در واحـد کمپوسـت بـوده اسـت و در بقیـه نقـاط به‌دلیـل پراکنـش جـوی و واکنش‌های اتمسـفری مقـدار آن کاهش‌یافتـه اسـت. ترکیبـات احیـاء شـده سـولفور و آروماتیک‌هـا در رتبه‌هـای بعـدی قـرار دارنـد، گـروه اول به‌دلیـل مشـارکت قـوی در تولیـد بـو و گـروه آروماتیک‌هـا به‌دلیـل خطـرات سـلامتی ثابت‌شـده شایسـته توجـه هسـتند، اگرچـه مقادیـر اندازه‌گیـری شـده ترکیبـات اکسـیژنه و هیدروکربن‌هـا پاییـن و اثـرات سـلامتی مسـتقیم ایـن دو گـروه ترکیبـات کـم اسـت، امـا مشـارکت ایـن دو گـروه آلاینـده در تولیـد اکسـیدان‌های فوتوشـیمیایی و آئروسـل‌های آلـی ثانویـه ایـن دو گـروه را شایسـته توجـه ویـژه می‌نمایـد.

مقایسـه مقادیـر $PM_{2.5}$ در نقـاط مختلـف نشـان‌دهنده بالاتـر بـودن نسـبی ایـن مقادیـر از اسـتاندارد ملـی ۳۵ میکروگـرم بـر مترمکعـب می‌باشـد. آزمـون آمـاری بیـن مقادیـر میانگیـن ذرات معلـق $PM_{2.5}$ در محل‌هـای نمونه‌بـرداری اختـلاف معنـی‌دار نشـان داد ($p<05/0$). امـا میانگیـن ذرات معلـق PM_{10} در محل‌هـای نمونه‌بـرداری باهـم اختـلاف معنـی‌داری نشـان ندادنـد.

ارزیابـی ریسـک سـرطان‌زایی و غیرسـرطان‌زایی بـرای اندازه‌گیـری فعـال و غیرفعـال در دودسـته مواجهـه شـغلی انجـام شـد. براسـاس ارزیابـی ریسـک غیرسـرطان‌زایی بـرای نتایـج اندازه‌گیـری غیرفعـال، HQ مواجهـه شـغلی بـا تتراکلرواتیلـن در کارکنـان واحـد کمپوسـت برابـر ۱۵/۱۷ و در پـردازش ۸/۰۰ می‌باشـد، کـه ایـن اعداد به‌مراتـب بزرگ‌تـر از ۱ می‌باشـند و نشـان‌دهنده خطـر غیرسـرطان‌زایی بـالای مواجهـه بـا تتراکلرواتیلـن می‌باشـد و در واقـع ایـن عـدد کل سـهم خطـر یـا THQ را هـم افزایـش داده اسـت، درحالی‌کـه فاکتـور خطـر محاسـبه شـده، بـرای سـایر آلاینده‌هـا کمتـر از ۱ می‌باشـد و در دی کلرومتـان کـه بالاتریـن مقـدار را دارد برابـر ۰/۷۰ در واحـد پـردازش اسـت. ایـن وضعیـت بـرای مواجهـه غیرشـغلی نیـز صـدق می‌کنـد. بـه عبارتـی سـهم خطـر همـه آلاینده‌هـا به‌جـز دی‌کلرومتـان کمتـر از یـک اسـت.

مقایسـه ریسـک سـرطان‌زایی ۳ آلاینـده بررسـی شـده در مواجهـه شـغلی، ریسـک بالاتـر بنـزن را نسـبت بـه سـایر آلاینده‌هـا نشـان می‌دهـد. مقادیـر ریسـک سـرطان‌زایی تتراکلرواتیلـن هـم قابـل توجـه اسـت. ایـن آلاینـده هـم فاکتـور شـیب پایین‌تـری دارد و هـم در مطالعـه حاضـر در غلظت‌هـای بالاتـری اندازه‌گیـری شـده اسـت. البتـه ریسـک افـزوده سـرطان بنـزن نیـز در مواجهـه شـغلی بالاسـت. مجمـوع ریسـک افـزوده سـرطان دی‌کلـرومتان، تتراکلرواتیلـن و بنـزن در مواجـهه شـغلی (کمپـوست و پـردازش) بر این اسـاس ۵-۱۰ × ۴/۶ ، ۳-۱۰ × ۱/۲ و ۳-۱۰ × ۱/۲ محاسـبه شـد. کـه در خصـوص دی‌کلرومتـان در بـازه آسـتانه خطـر (قابـل چشم‌پوشـی) و در مـورد ۲ آلاینـده دیگـر ریسـک خطـر قابل‌ملاحظـه داشـته‌اند.

ارزیابـی ریسـک سـرطان‌زایی مواجهـه غیرشـغلی نیـز بـه ترتیـب ریسـک تتراکلرواتیلـن، بنـزن و دی‌کلرومتـان را به‌ترتیـب کاهشـی نشـان داده اسـت. بالاتریـن مقـدار ریسـک سـرطان‌زایی در صنعـت ۴ و شـورآباد بـرای تتراکلرواتیلـن بـا مقادیـر ۵-۱۰ × ۶/۹۳ و ۵-۱۰ × ۶/۹۰ بـه دسـت آمـد. ریسـک سـرطان‌زایی بنـزن در ایـن دو محـل ۵-۱۰ × ۶/۶۳ و ۵-۱۰ × ۳/۳۹ محاسـبه شـد. ریسـک سـایر آلاینده‌هـا کمتـر محاسـبه شـدند.

در ارزیابـی ریسـک اندازه‌گیـری فعـال، بـرای ۱۲ آلاینـده ارزیابـی ریسـک غیـر سـرطان‌زایی و بـرای ۴

آلاینـده ارزیابـی ریسـک سـرطان‌زایی انجـام شـده اسـت. نتایـج کمپوسـت، پـردازش، زمیـن دفـن و تصفیه‌خانـه شـیرابه در نمونه‌بـرداری فعـال بـرای مواجهـه شـغلی ارزیابـی شـد و نتایـج صنعـت ۴ (پایین‌دسـت دریاچـه شـیرابه)، شـورآباد، مهدی‌آبـاد، بیابـان، دامـداری فشـافویه و دامـداری قدرتـی بـرای مواجهـه غیـر شـغلی ارزیابـی شـد. براسـاس نتایـج ارزیابـی، دو آلاینـده تتراکلرواتیلـن، تری‌کلرواتیلـن و دی‌هیـدروژن سـولفید ریسـک غیرسـرطان‌زایی بیشـتری را محتمـل می‌کننـد، به‌طوری‌کـه فقـط مجمـوع ریسـک غیرسـرطان‌زایی ایـن ۳ آلاینـده در کمپوسـت، پـردازش، زمیـن دفـن و شـیرابه برابـر بـا ۴۷/۸، ۱۲۷/۲، ۲۵/۱ و ۱۴۵/۸ می‌باشـد. بقیـه آلاینده‌هـا ریسـک غیرسـرطان‌زایی زیـر ۱ دارنـد به‌جـز آمونیـاک در واحـد کمپوسـت کـه به‌دلیـل مقادیـر زیـاد اندازه‌گیـری شـده در ایـن واحـد، ریسـک غیرسـرطان‌زایی ۲/۳ را محتمـل می‌نمایـد.

محاسـبه ریسـک سـرطان‌زایی در روش اندازه‌گیـری فعـال نشـان داد کـه بـه ترتیـب تری‌کلرواتیلـن، تتراکلرواتیلـن، بنـزن و دی‌کلرومتـان ریسـک سـرطان‌زایی کاهشـی داشـته‌اند. بالاتریـن ریسـک سـرطان‌زایی برابـر بـا ۰/۰۰۳ مربـوط بـه پـردازش و آلاینـده تری‌کلرواتیلـن اسـت. میانگیـن ریسـک سـرطان‌زایی ایـن آلاینده در مواجهـه شـغلی برابـر بـا ۰/۰۰۲ به‌دسـت‌آمده اسـت کـه نشـان‌دهنده ریسـک سـرطان‌زایی قابل‌توجـه اسـت. در خصـوص بنـزن ایـن میانگیـن ۵-۱۰ × ۳/۲۸ و بـرای تتراکلرواتیلـن و دی‌کلرومتـان نیـز بـه ترتیـب ۵-۱۰ × ۴/۳۶ و ۶-۱۰ × ۲/۶۶ می‌باشـد. بـا مقایسـه اعـداد مشـخص می‌شـود کـه تری‌کلرواتیلـن ریسـک خطـر سـرطان‌زایی قابل‌ملاحظـه داشـته اسـت و ریسـک خطـر سـرطان‌زایی تتراکلرواتیلـن، بنـزن و دی‌کلرومتـان در محـدوده آسـتانه خطـر (قابل‌چشم‌پوشـی) پیش‌بینـی می‌کنـد. میانگیـن ریسـک سـرطان‌زایی مواجهـه غیرشـغلی (فقـط بـرای صنعـت ۴، شـورآباد و مهدی‌آبـاد) بـرای تری‌کلرواتیلـن ۰/۰۰۱ و بـرای شـورآباد ایـن عـدد ۰/۰۰۴ محاسـبه شـده اسـت. میانگیـن ریسـک خطـر سـرطان‌زایی بـرای بنـزن ۵-۱۰ × ۱/۹۵ و بـرای تتراکلرواتیلـن و دی‌کلرومتـان نیـز بـه ترتیـب ۵-۱۰ × ۳/۸۰ و ۶-۱۰ × ۲/۸۸ به‌دسـت‌آمده اسـت. دلیـل نزدیکـی اعـداد مواجهـه غیرشـغلی بـا شـغلی، علیرغـم مقادیـر بالاتـر اندازه‌گیـری شـده در داخـل مجتمـع آراد کـوه، مربـوط بـه سـاعات مواجهـه ۲۴ سـاعته در ارزیابـی ریسـک غیرشـغلی نسـبت بـه ۸ سـاعته در شـغلی اسـت.

کل نتایـج مطالعـه حاضـر، نشـان‌دهنده نقـش مجتمـع پـردازش و دفـع پسـماند آرادکـوه در انتشـار آلاینده‌هـا و ایجـاد مشـکلات در محیـط اطـراف اسـت. ماهیـت عملیـات و فراینـد مدیریـت پسـماند همـراه بـا مسـائل بهداشـتی و زیسـت‌محیطی اسـت کـه موجـب مشـکلاتی در جوامـع اطـراف می‌شـود و دامنـه مشـکلات ممکـن اسـت بسـته بـه شـرایط آب و هوایـی تـا کیلومترها گسـترش یابـد. در انتخـاب مکان مدیریـت پسـماند، معیارهای متعـددی دخالـت دارد یکـی از ایـن معیارهـا، فاصلـه از اماکـن مسـکونی و نیـز هزینه‌هـای مالـی اسـت، ازایـن‌رو بـه نظـر می‌رسـد، بـا تغییـر نحـوه مدیریـت مجتمـع بتـوان از انتشـار آلاینده‌هـا بـه اطـراف کاسـت.

یکـی از منابـع انتشـار آلاینـده در مجتمـع آرادکـوه، واحـد پـردازش می‌باشـد. عملیـات پـردازش در کارگاه نیمه محفوظـی انجـام می‌شـود. تهویـه بـا کارایـی بـالا، جمـع‌آوری و تصفیـه آلاینده‌هـای منتشـره از ایـن فراینـد می‌تـوان مشـکلات سـلامتی و محیـط زیسـتی را بـرای کارکنـان مجتمـع و نیـز ذینفعـان به‌ویـژه سـاکنین روسـتاهای شـورآباد و مهدی‌آبـاد بـه نحـو قابل‌توجهـی کاهـش دهـد.

فراینـد کمپوسـت در ایـن مجتمـع به‌صـورت وینـدرو بهره‌بـرداری می‌شـود. در کنتـرل انتشـار آلاینده‌هـای

گازی عوامـل متعـددی دخالـت دارنـد، به‌هرحـال به‌نظـر می‌رسـد هوادهـی بـا تنـاوب بیشـتر می‌توانـد در کاهـش آلاینده‌هایـی ماننـد آمونیـاک و دی‌هیـدروژن سـولفید مؤثـر بـود.

زمیـن دفـن، اگرچـه سـهم کمـی در انتشـار آلاینـده در مطالعـه حاضـر داشـت، امـا بخشـی از آن بـه ایـن مسـئله برمی‌گشـت کـه مشـکلات مالـی و فنـی مطالعـه منجـر بـه نمونه‌بـرداری از مجـاورت زمیـن دفـن شـد؛ بنابرایـن بایسـتی بـه زمیـن دفـن نیـز به‌عنـوان یـک منبـع مهـم در انتشـار آلاینده‌هـا توجـه داشـت. زمیـن دفـن هـم می‌توانـد منبـع انتشـار ذرات و هـم آلاینده‌هـای گازی باشـد، ضمـن اینکـه وسـایل نقلیـه مشـغول بـه‌کار در مدیریـت پسـماند نیـز جزئـی از منابـع انتشـار آلاینده‌هـا می‌باشـند. یـک رویکـرد مؤثـر به‌منظـور کنتـرل انتشـار آلاینده‌هـا از زمیـن دفـن و به‌طورکلـی مجتمـع مدیریـت پسـماند، پوشـش سـطوح زمیـن دفـن و هدایـت گازهـای تولیـدی به‌منظـور جمـع‌آوری و دفـع بـا روش صحیـح می‌باشـد. نگهـداری منظـم جاده‌هـا از انتشـار ذرات معلـق در نتیجـه بادبردگـی و عبـور وسـایل نقلیـه می‌کاهـد، باتوجـه بـه اینکـه ذرات معلق منتشـره از زمیـن دفـن حـاوی مـواد آلـی و فلـزات سـنگین خطرناکـی اسـت، بـرای پوشـش سـطوح در جاده‌هـای زمیـن دفـن اسـتفاده از سـنگ ماسـه از تعلیـق ذرات بـه نحـو مؤثـری می‌کاهـد. کاشـت درختـان در اطـراف مجتمـع مدیریـت پسـماند راه بسـیار مؤثـری در کاهـش انتشـار آلاینده‌هاسـت، ضمـن اینکـه درختـان خـود بیوفیلترهای طبیعـی محسـوب می‌شـوند. انتخـاب درختـان مناسـب شـرایط آب و هوایـی، مقـاوم بـه آلودگـی و بـا کارایـی بـالای جـذب و پالایـش آلاینده‌هـا، روش بسـیار کاربـردی در کاهـش آلودگـی خواهـد بـود.

یکـی از منابـع مؤثـر در انتشـار آلاینده‌هـا تصفیه‌خانـه و دریاچـه شـیرابه بـود. دریاچـه شـیرابه دریافت‌کننـده شـیرابه واحـد کمپوسـت و زمیـن دفـن اسـت. ایـن منبـع به‌ویـژه نقـش مؤثرتـری در انتشـار بـو داشـت. جمـع‌آوری شـیرابه دریاچـه و بهره‌بـرداری مناسـب تصفیه‌خانـه و کاشـت گیاهـان پالاینـده محیطـی در اطـراف ایـن منابـع، همـه از کارهـای راهگشـا در کاهـش انتشـار آلاینـده از ایـن منابـع می‌باشـد. شـایان ذکـر اسـت کـه بازگـردش آب دریاچـه بـر روی زمیـن دفـن از سیاسـت‌های مدیریـت مجتمـع آرادکـوه می‌باشـد؛ امـا بـه نظـر می‌رسـد ایـن روش در زمان‌هایـی کـه بارندگـی زیـاد اسـت نمی‌توانـد نقـش مؤثـری در کاهـش حجـم دریاچـه شـیرابه داشـته باشـد.

درنهایـت بـه نظـر می‌رسـد طراحـی و اجـرای عملیـات اصلاحـی بـر فرایندهـای درحـال انجـام مجتمـع پـردازش و دفـن پسـماند آرادکـوه گزینـه مناسـبی بـرای کاهـش معضـلات ناشـی از آن، بـرای بهداشـت و محیط‌زیسـت منطقـه می‌باشـد.

۵. پیشنهادات

- بررسی غلظت ترکیبات بودار (به‌ویژه NH_3 و H_2S) در فصول مختلف سال در مجتمع آرادکوه و اطراف؛
- بررسی اکسیدان‌های فوتوشیمیایی به‌ویژه ازن و آئروسل‌های آلی ثانویه در مجتمع آرادکوه و اطراف؛
- بررسی غلظت ذرات معلق منتشره از زمین دفن و ماهیت فیزیکی و شیمیایی آن؛
- بررسی روش‌های مختلف تصفیه هوا برای کنترل آلودگی واحد پردازش؛
- بررسی روش‌های کاهش بو از فرایند کمپوست ویندرو؛
- بررسی کارایی درختان سازگار با محیط‌زیست کهریزک به‌عنوان رویکرد کاهش آلودگی.

منابع

1. Alavi SN, Babaii AA. Integrated municipal solid waste management . Tehran: Farhang zebarjad Publication. 2017. (In Persian).
2. Ashmore MR, Dimitroulopoulou C. Personal exposure of children to air pollution. Atmospheric Environment. 2009 Jan 1;43(1):128-41.
3. Aljaradin M, M Persson K. Environmental impact of municipal solid waste landfills in semi-arid climates-case study–Jordan. The Open Waste Management Journal. 2012;5(1).
4. Ahaghotu E, Babu RJ, Chatterjee A, Singh MToxicology letters. 2005;159(3):261-71.
5. ATSDR. Available from: https://www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/html/ch2.html. Accessed nov,24.2020.
6. Abtahi M, Fakhri Y, Oliveri Conti G, Ferrante M, Taghavi M, Tavakoli J, Heshmati A, Keramati H, Moradi B, Amanidaz N, Mousavi Khaneghah A. The concentration of BTEX in the air of Tehran: a systematic review-meta analysis and risk assessment. International journal of environmental research and public health. 2018;15(9):1837.
7. Abtahi M, Naddafi K, Mesdaghinia AR, Yaghmaeian K, Nabizadeh R, Jaafarzadeh N, et al. Performance of a hybrid bubble column/biofilter bioreactor for removal of dichloromethane from waste gas streams %J Iranian Journal of Health and Environment. 2015;7(4):455-68. (in Persian). Hafizifard H, Moradi F, Kargarzadeh Ravari A, Ebrahimpour K. Occupational Exposure Rate of Staffs of Bushehr Forensic Medicine Toxicology Lab to Chloroform, Diethyl Ether and Ammonia. Iranian Journal of Forensic Medicine. 2019;25(3):113-9.
8. Availablefrom:https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults.xhtml?searchQuery=PB88182175&starDB=GRAHIST. Accessed nov,24.2020.Young, P.J. and A. Parker. Origin and Control of Landfill Odors. Chemistry and Industry. November 198.
9. Abtahi M, Dobaradaran S, Torabbeigi M, Jorfi S, Gholamnia R, Koolivand A, Darabi H, Kavousi A, Saeedi R. Health risk of phthalates in water environment: occurrence in water resources, bottled water, and tap water, and burden of disease from exposure through drinking water in Tehran, Iran. Environmental research. 2019 ;173:469-79.
10. Air.tehran.ir. Available from: https://air.tehran.ir/portals/0/ReportFiles/AirPollution/58.pdf. Accessed nov,24.2020(inPersian).
11. Boroumand ASaN. The effects of air pollution on human health. First National Conference on Strategies for Achieving Sustainable Development (Agriculture, Natural Resources and E Bond GG, McLaren EA, Baldwin CL, Cook RR. An update of mortality among chemical workers exposed to benzene. Occupational and Environmental Medicine. 1986;43(10):685-91.nvironment). 2012. (in Persian).
12. Baslo A, Aksoy M. Neurological abnormalities in chronic benzene poisoning. A study of six patients with aplastic anemia and two with preleukemia. Environmental Research. 1982;27(2):457-65.
13. Blazy V, de Guardia A, Benoist JC, Daumoin M, Lemasle M, Wolbert D, Barrington S. Odorous gaseous emissions as influence by process condition for the forced aeration composting of pig slaughterhouse sludge. Waste management. 2014 Jul 1;34(7):1125-38.
14. Brattoli M, de Gennaro G, de Pinto V. Odour impact monitoring for landfills. INTECH Open Access Publisher; 2011 Aug 23.
15. Barsan ME (2007) NIOSH pocket guide to chemical hazards. Department of Health and Human Services, Center for Disease Control and Prevention, DHHS (NIOSH). Publication No. 2005-149. NIOSH

Publications, US. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/npg/.
16. Capelli L, Sironi S, Del Rosso R, Guillot JM. Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: A review. Atmospheric Environment. 2013 Nov 1;79:731-43.
17. Cho KS, Lim YR, Lee K, Lee J, Lee JH, Lee IS. Terpenes from forests and human health. Toxicological Research. 2017;33(2):97-106.
18. Crittenden JC, Rhodes TR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. Water treatment: principles and design. 2nd ed. New Yourk: John Wiley & Sons Inc; 2005. p. 200-215. (in Persian).
19. Cheremisinoff NP. Handbook of solid waste management and waste minimization technologies. Butterworth-Heinemann; 2003 Jan 10.
20. CCOHS.Availablefrom: https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/toluene.html.Accessed nov,24.2020.
21. Conti C, Guarino M, Bacenetti J. Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. Environment international. 2020;134:105261.
22. Cheng Z, Zhu S, Chen X, Wang L, Lou Z, Feng L. Variations and environmental impacts of odor emissions along the waste stream. Journal of hazardous materials. 2020;384:120912.
23. Cheng Z, Sun Z, Zhu S, Lou Z, Zhu N, Feng L. The identification and health risk assessment of odor emissions from waste landfilling and composting. Science of the total environment. 2019;649:1038-44.
24. Choi S-W, Park S-W, Lee C-S, Kim H-J, Bae S, Inyang HI. Patterns of VOC and BTEX concentration in ambient air around industrial sources in Daegu, Korea. Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2009;44(1):99-107.
25. Charles W, Ho G. Biological methods of odor removal in solid waste treatment facilities. InCurrent Developments in Biotechnology and Bioengineering 2017 (pp. 341-365). Elsevier.
26. Deed C. Monitoring of particulate matter in ambient air around waste facilities, Technical Demirel G, Özden Ö, Döğeroğlu T, Gaga EO. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO2 and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. Science of the total environment. 2014;473:537-48.
27. Dincer F, Odabasi M, Muezzinoglu A. Chemical characterization of odorous gases at a landfill site by gas chromatography–mass spectrometry. Journal of chromatography A. 2006;1122(1-2):222-9.
28. Durmusoglu E, Taspinar F, Karademir A. Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment. Journal of hazardous materials. 2010;176(1-3):870-77.
29. Damghani AM, Savarypour G, Zand E, Deihimfard R. Municipal solid waste management in Tehran: Current practices, opportunities and challenges. Waste management. 2008;28(5):929-34.
30. Duprey R. Compilation of Air Pollutant Emission Factors: US Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service …; 1968.De la Rosa DA, Velasco A, Rosas A, Volke-Sepulveda T. Total gaseous mercury and volatile organic compounds measurements at five municipal solid waste disposal sites surrounding the Mexico City Metropolitan Area. Atmospheric Environment. 2006;40(12):2079-88.
31. Epstein E. Industrial Composting. Taylor & Francis Group CRC Press. 2011.
32. European Environment Agency. Air quality in Europe — 2019 report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019.
33. EPA.Availablefrom:https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-08/documents/aniline.pdf. Accessed nov,24.2020
34. (EPA). EPA. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Municipal Solid Waste Landfills Residual Risk and Technology Review; Correction. the daily journal of the unitedstates goverment. 2020 Oct.

35. Emília Hroncová JLaDL. LANDFILL AIR POLLUTION BY ULTRAFINE AND MICROPARTICLES IN CASE OF DRY AND WINDLESS WEATHER CONDITIONS. multidisciplinary journal for waste resources et residues. 2020.
36. Fang JJ, Yang N, Cen DY, Shao LM, He PJ. Odor compounds from different sources of landfill: characterization and source identification. Waste Management. 2012;32(7):1401-10.
37. Fan ZT, Zhu X, Jung KH, Ohman-Strickland P, Weisel CP, Lioy PJ. Exposures to volatile organic compounds (VOCs) and associated health risks of socio-economically disadvantaged population in a "hot spot" in Camden, New Jersey. Atmospheric environment. 2012;57:72-79.
38. González D, Guerra N, Colón J, Gabriel D, Ponsá S, Sánchez A. Characterization of the Gaseous and Odour Emissions from the Composting of Conventional Sewage Sludge. Atmosphere. 2020;11(2):211.
39. Green PG. Compost Volatile Organic Compounds and Ozone Formation. Dept of Civil & Environmental Engineering. Spring 2010.
40. González CR, Björklund E, Forteza R, Cerda V. Volatile organic compounds in landfill odorant emissions on the island of Mallorca. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2013;93(4):434-49.
41. Ghasemabad Shuroabad. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/ Qasemabad_shorabad. Accessed nov,24.2020. (in Persian).
42. Guidance Document (Monitoring) M17, Publ. Environment Agency, Bristol. 2004;33:114.
43. Ghanbarian M, Ghanbarian M, Ghanbarian M, Mahvi AH, Hosseini M. Determination of bacterial and fungal bioaerosols in municipal solid-waste processing facilities of Tehran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2020:1-8.
44. Harati B, Shahtaheri SJ, Karimi A, Azam K, Ahmadi A, Afzali Rad M, Harati A. Risk assessment of chemical pollutants in an automobile manufacturing. Health and Safety at Work. 2017 Jun 10;7(2):121- (in Persian).
45. Ighodaro A, Anegbe B, Okuo JJNJoAS. Emission levels of volatile organic compounds from open dumpsite in Benin Metropolis. 2015;33:253-64.
46. Industry OCITSWM. : https://odourpro.com.au/information-and-news/odour-control-in-the-solid-waste-management-industry#:~:text=Surface%20treatment%20is%20used%20like,solid%20waste%20site%20is%20dormant. Accessed nov,24.2020.
47. International Conference on Chemical Applications in New Technologies. 2017; 5-7 May. Isfahan (in Persian).
48. Jia Q, Huang Y, Al-Ansari N, Knutsson S. Dust emissions from landfill deposition: a case study in Malmberget mine, Sweden. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. 2013;3(3):25-34.
49. Kim KH, Jahan SA, Kabir E. A review of diseases associated with household air pollution due to the use of biomass fuels. Journal of hazardous materials. 2011;192(2):425-31.
50. Kim KH, Shon ZH, Kim MY, Sunwoo Y, Jeon EC, Hong JH. Major aromatic VOC in the ambient air in the proximity of an urban landfill facility. Journal of Hazardous Materials. 2008 Feb 11;150(3):754- NTRL. Health And Environmental Effects Profile for Styrene(1984).
51. Kotb MA, Ramadan HS, Motaweh HA, Shehata RR, El-Bassiouni EA. Changes in some biophysical and biochemical parameters in blood and urine of workers chronically exposed to benzene. European Scientific Journal. 2013;9(24).
52. Kim KH, Pandey SK, Kabir E, Susaya J, Brown RJ. The modern paradox of unregulated cooking activities and indoor air quality. Journal of Hazardous materials. 2011;195:1-0.

53. Liu Y, Lu W, Li D, Guo H, Caicedo L, Wang C, Xu S, Wang H. Estimation of volatile compounds emission rates from the working face of a large anaerobic landfill in China using a wind tunnel system. Atmospheric Environment. 2015 ;111:213-21.
54. Li D, Lu W, Liu Y, Guo H, Xu S, Ming Z, et al. Analysis of relative concentration of ethanol and other odorous compounds (OCs) emitted from the working surface at a landfill in China. PloS one. 2015;10(3):e0119305.
55. Liu Y, Lu W, Guo H, Ming Z, Wang C, Xu S, Liu Y, Wang H. Aromatic compound emissions from municipal solid waste landfill: Emission factors and their impact on air pollution. Atmospheric Environment. 2016;139:205-13.
56. Moridi M, Talai AM, Darvar P. Evaluation of carbon dioxide, methane and Non methan organic gas emissions from Bandar Abbas landfill. Proceeding of 6th 6th National Conference and First International Conference on Chemical Applications in New Technologies. 2017; 5-7 May. Isfahan (in Persian).
57. Mandiracioglu A, Akgur S, Kocabiyik N, Sener U. Evaluation of neuropsychological symptoms and exposure to benzene, toluene and xylene among two different furniture worker groups in Izmir. Toxicology and Industrial Health. 2011;27(9):802-9.
58. Maheshwari R, Gupta S, Das K. Impact of landfill waste on health: an overview. Journal of Environmental Science, Toxicollogy and Food Technology. 2015;1(4).
59. Meteorological Organization of the country. Available from: http://www.irimo.ir/far/wd/701-weather-forecast-airport-airport-imam.html. Accessed nov,24.2020. (in Persian).
60. Macklin Y, Kibble A, Pollitt F. Impact on health of emissions from landfill sites: advice from the Health Protection Agency. Health Protection Agency; 2011.
61. Nguyen V-T, Le T-H, Bui X-T, Nguyen T-N, Vo T-D-H, Lin C, et al. Effects of C/N ratios and turning frequencies on the composting process of food waste and dry leaves. Bioresource Technology Reports. 2020;11:100527.
62. Park JW, Shin HC. Surface emission of landfill gas from solid waste landfill. Atmospheric Environment. 2001 Jul 1;35(20):3445-51.
63. Pasmand.tehran. Available from: https://pasmand.tehran.ir/Default.aspx?tabid=116. Accessed nov,24.2020. (in Persian).
64. Pichtel J. Waste Management Practices Taylor & Francis Group CRC Press. 2005 :688.
65. Pfeiffer E, Gerlagh T. Energy recovery from MSW in European Union. How to go one step further. Report by German Energy Agency (DENA). 2010.
66. St. Croix Sensory I. A Detailed Assessment of The Science and Technology of Odor Measurement 30 June 2003.
67. Sullivan RJ. Air Pollution Aspects of Odorous Compounds. 1969.
68. Salar Y, moatar F, Khezri M. The effective factors on gas produced in landfill. Human & Environment. 2014;12(28):31-9. (in Persian).
69. Santamouris M, Synnefa A, Asssimakopoulos M, Livada I, Pavlou K, Papaglastra M, Gaitani N, Kolokotsa D, Assimakopoulos V. Experimental investigation of the air flow and indoor carbon dioxide concentration in classrooms with intermittent natural ventilation. Energy and Buildings. 2008;40(10):1833-43 .
70. Schnatter AR, Glass DC, Tang G, Irons RD, Rushton L. Myelodysplastic syndrome and benzene exposure among petroleum workers: an international pooled analysis. Journal of the National Cancer Institute. 2012 Nov 21;104(22):1724-37.
71. USEPA. Air Emissions from Municipal Solid Waste Landfills–Background Information for Proposed

Standards and Guidelines. Report No. EPA/450/3-90; 1991.
72. US EPA, National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants: Municipal Solid Waste Landfills, U.S. Environmental Protection Agency (US EPA), Office of Air Quality Planning and Standards, Report 68/FR/2227, Washington, DC, 2003.
73. USEPA. Toxicological Review and Summary Documents. United States Environmental Protection Agency. Available from: https://www.epa.gov/sites/production/.
74. Wenjing L, Zhenhan D, Dong L, Jimenez LMC, Yanjun L, Hanwen G, et al. Characterization of odor emission on the working face of landfill and establishing of odorous compounds index. Waste management. 2015;42:74-81.
75. Wikipedia. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Ethylbenzene. Accessed nov,24.2020.
76. Wu C, Liu J, Zhao P, Li W, Yan L, Piringer M, Schauberger G. Evaluation of the chemical composition and correlation between the calculated and measured odour concentration of odorous gases from a landfill in Beijing, China. Atmospheric Environment. 2017;164:337-47.
77. WHO. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. World Health Organization; 2006.
78. Yaghmaien K, Hadei M, Hopke P, Gharibzadeh S, Kermani M, Yarahmadi M, Emam B, Shahsavani A. Comparative health risk assessment of BTEX exposures from landfills, composting units, and leachate treatment plants. Air Quality, Atmosphere & Health. 2019;12(4):443-51.
79. Ying D, Chuanyu C, Bin H, Yueen X, Xuejuan Z, Yingxu C, Weixiang W. Characterization and control of odorous gases at a landfill site: A case study in Hangzhou, China. Waste management. 2012 Feb 1;32(2):317-26.
80. Yousefian F, Hassanvand MS, Nodehi RN, Amini H, Rastkari N, Aghaei M, Yunesian M, Yaghmaeian K. The concentration of BTEX compounds and health risk assessment in municipal solid waste facilities and urban areas. Environmental Research. 2020;191:110068.
81. Zhang H, Li G, Gu J, Wang G, Li Y, Zhang D. Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH 3 emissions during aerobic composting of kitchen waste. Waste Management. 2016;58:369-75.
82. Zang B, Li S, Michel Jr F, Li G, Luo Y, Zhang D, Li Y. Effects of mix ratio, moisture content and aeration rate on sulfur odor emissions during pig manure composting. Waste Management. 2016 Oct 1;56:498-505.