Investigating the Quantitative and Qualitative of laboratories wastes of Zakaria Razi Laboratory Complex (Tehran, 2014)

Negar Ordooei
MSc, Department of Environmental Management, Faculty of Environment and Energy, Islamic Azad University Tehran Sciences and Research Branch, Tehran, Iran.

Mohammad Hadi Dehghani
* Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. (Corresponding Author). hdehghani@tums.ac.ir

Aida Bayati
Assistant Professor, Department of Environmental Science, Graduate Faculty of Environment and Energy, Islamic Azad University Tehran Sciences and Research Branch, Tehran, Iran.

Kambiz Larijani
Assistant Professor, Department of Zakaria Razi, Islamic Azad University Tehran Sciences and Research Branch, Tehran, Iran.

Niaz Mahdi Esfahani
Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran..

Received: 09 May 2015
Accepted: 03 August 2015

ABSTRACT

Background and objective: Laboratory wastes are produced in small, but varied quantities. These wastes need to be managed correctly. Consequently, this research has undertaken a quantitative and qualitative assessment and management of the laboratory wastes of Zakaria Razi Laboratory Complex in Tehran Science Research Branch Islamic Azad University.

Materials and Method: This study, primarily with the help of interviews, determined the most productive laboratories of the Complex, which then led to the selection of two educational laboratories and two research laboratories for qualitative and quantitative sampling. After sampling which the samples were catalogued according to the four categories of corrosive, toxic, flammable and reactive.

Results: The findings of this research show that 54% of the hazardous waste of the research laboratories is flammable and in the educational laboratories 56% of the waste produced is corrosive.

Conclusion: In most of the laboratories in this complex (88%), a list of the hazardous waste produced is not compiled and stored, and in all but 16% of the laboratories where hazardous waste is disposed after being secured in appropriate containers, this waste is poured into the drain without any proper management. A list of produced wastes in each laboratory is required to be prepared, using the laboratory operator's assistance.

Keyword: Laboratories waste, Hazardous waste, educational research laboratory, Zakaria Razi Complex

▶ **Citation**: Ordooei, N. Dehghani, MH. Biati, A. Larijani, K. & Esfahani, NM. Investigating the Quantitative and Qualitative of laboratories wastes of Zakaria Razi Laboratory Complex (Tehran, 2014). Iranian Journal of Research in Environmental Health.Summer 2015;1 (2) : 125-133.

بررسی کمی و کیفی پسماندهای آزمایشگاهی مجتمع آزمایشگاهی زکریای رازی (تهران ۱۳۹۳)

نگار اردوئی
کارشناس ارشد مدیریت محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

محمد هادی دهقانی
* استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
Emaill: hdehghani@tums.ac.ir

آیدا بیاتی
استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

کامبیز لاریجانی
استادیار، مجتمع آزمایشگاهی زکریای رازی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

نیازمهدی اصفهانی
کارشناس، گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: پسماندهای آزمایشگاهی در حجم کم ولی تنوع زیاد تولید می‌شوند و از نظر معیار خطرپذیری دارای چهار خصوصیت خورندگی، سمیت، اشتعال‌پذیری و واکنش‌پذیری می‌باشند به همین دلیل در دسته‌ی پسماندهای خطرناک قرار می‌گیرند. برای جلوگیری از خسارت‌های وارده به انسان و محیط‌زیست، این پسماندها نیازمند مدیریت صحیح می‌باشند، به همین منظور این مطالعه با هدف ارزیابی کمی، کیفی و مدیریت پسماندهای آزمایشگاهی مجتمع زکریای رازی دانشگاه علوم و تحقیقات تهران به اجرا درامد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، با مصاحبه‌ی حضوری، آزمایشگاه‌های پر کاربرد مشخص و سپس از بین آن‌ها، دو آزمایشگاه آموزشی و دو آزمایشگاه پژوهشی برای نمونه‌گیری کمی و کیفی پسماند انتخاب شدند، پس از نمونه‌گیری، پسماندهای خطرناک بر اساس کلاس خطر آن‌ها به چهار گروه پسماند خورنده، سمی، اشتعال‌پذیر و واکنش‌پذیر طبقه‌بندی شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که آزمایشگاه‌های پژوهشی با ۵۴ درصد بیشترین سهم تولید پسماند اشتعال‌پذیر و آزمایشگاه‌های آموزشی با ۵۶ درصد بیشترین سهم تولید پسماند خورنده را به خود اختصاص داده‌اند.

نتیجه‌گیری: در اکثر آزمایشگاه‌های این مجتمع (۸۸درصد) لیست مشخصی از پسماندهای تولیدی وجود ندارد و همچنین به‌جز ۱۶ درصد از آزمایشگاه‌ها که پسماندهای خطرناک را تفکیک و در ظروف ایمن دفن می‌کنند، در سایر آزمایشگاه‌ها این پسماندها داخل سینک‌های فاضلاب تخلیه می‌گردند و مدیریت صحیح وجود ندارد و لازم است لیست پسماندهای تولیدی در هر آزمایشگاه با کمک مسئول آزمایشگاه‌ها تهیه شود.

کلیدواژه‌ها: پسماند آزمایشگاهی، پسماند خطرناک، آزمایشگاه آموزشی و پژوهشی، مجتمع زکریای رازی

◀ **استناد:** اردوئی ن، دهقانی م، بیاتی آ، لاریجانی ک، اصفهانی ن. بررسی کمی و کیفی پسماندهای آزمایشگاهی مجتمع آزمایشگاهی زکریای رازی (تهران۱۳۹۳). فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. تابستان ۱۳۹۴؛۱ (۲): ۱۲۵-۱۳۳.

مقدمه

بر اساس مشخصات پسماند، می‌توان پسماند را در دو گروه خطرناک[1] و غیر خطرناک[2] دسته‌بندی نمود. تعریف پسماند خطرناک[3] اولین بار در ایالات‌متحده آمریکا در آغاز دهه ۱۹۸۰ انجام گرفت (۱). پسماندهای خطرناک گروهی از پسماندهای شیمیایی‌اند که دارای یکی از چهار خاصیت اشتعال‌پذیری، سمیت، واکنش‌پذیری و یا خورندگی می‌باشند و در صورت عدم مدیریت صحیح سبب ایجاد خطراتی برای انسان و محیط‌زیست می‌گردند. به همین دلیل کشورهای متعدد عضو اتحادیه اروپا بیش از ۴۰ درصد پسماندهای خطرناک تولیدی خود را تصفیه (جمع‌آوری، جداسازی، بازیافت و ...) می‌کنند (۲). بنابراین اولین گام در مدیریت پسماند تشخیص نوع و مقدار آن است (۳). پسماندهای خطرناک از لحاظ حالت فیزیکی به صورت جامد، مایع و یا گازی می‌باشند. در مواقعی که منابع مختلفی برای تولید انواع پسماندهای خطرناک وجود دارند؛ تصمیم‌گیری در مورد انتخاب روش مناسب جمع‌آوری و دفع آن‌ها کار ساده‌ای نیست. خصوصیات متنوع پسماندهای خطرناک سبب پیچیده شدن مشکل مدیریت این پسماندها می‌شود (۴و۳) زیرا انواع مختلف پسماندها به روش‌های مدیریتی، تصفیه و دفع گوناگونی نیاز دارند (۴و۵). با استفاده از روش‌های زیر می‌توان خطرناک بودن یک پسماند را تعیین نمود: ۱- پسماند موردنظر جزو یکی از پسماندهای فهرست شده باشد (فهرست P ، K، F و U) و یا ۲-دارای خصوصیات پسماند خطرناک یعنی : اشتعال‌پذیر، خورنده، واکنش‌پذیر یا سمی یا غیره باشد که از طریق آزمایش نمودن پسماند با روش‌های مورد تأیید سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA) یا دیگر روش‌های معادل و یا با استفاده از مشخصه‌های پسماند خطرناک تعیین می‌شوند (۶). همچنین ترکیب پسماندهای خطرناک و غیر خطرناک باهم نیز، جزو پسماند خطرناک محسوب می‌شود (۷). پسماندهای خطرناک توسط فعالیت‌های متعددی تولید می‌شوند که یکی از این فعالیت‌ها، آزمایشگاه‌های شیمی و سایر مراکز آزمایشگاهی است. بسیاری از پسماندهای تولید شده در این آزمایشگاه‌ها دارای ترکیبات بسیار خطرناکی‌اند که در صورت مدیریت ناصحیح می‌توانند صدمات شدیدی به انسان و همچنین محیط‌زیست وارد کنند. مراکز دانشگاهی در زمینه مدیریت پسماند در مقایسه با سایر مکان‌ها دارای چالش‌هایی می‌باشند، اول اینکه در آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها انواع بسیار زیادی از پسماندهای شیمیایی در مقادیر کم تولید می‌شوند ثانیاً تعداد دانش‌آموختگان این مراکز هرساله متغیر و زیاد است و سوم اینکه یک سیستم قوی ارباب‌رعیتی[4] در این مراکز وجود دارد و فشار مدیریتی روی این مکان‌ها در مقایسه با سایر مکان‌های صنعتی کمتر است. بنابراین اخیراً سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا یک بخش جدیدی به نام بخش (K) را به الزامات تولیدکننده‌های پسماندهای خطرناک (قانون بازیافت و حفظ منابع)[5] افزوده است. مقررات جدید به آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها و سایر مراکز آموزشی، انعطاف‌پذیری لازم را جهت مدیریت و معین پسماندهای خطرناک می‌دهد. تولیدکنندگان پسماندهای صنعتی معمولا مقادیر زیادی از چند نوع پسماند را تولید می‌کنند درحالی‌که این موضوع در آزمایشگاه‌ها برعکس است و در آزمایشگاه‌ها مقادیر کمی از انواع بسیار زیادی پسماند تولید شده که این امر تبعیت آزمایشگاه‌های مراکز دانشگاهی را از الزامات تولیدکنندگان صنعتی، مشکل خواهد کرد (۸). برنامه‌های مدیریت پسماند در مراکز آموزش عالی در کشورهای صنعتی از ۲۰ سال پیش آغاز گردیده و از فعالیت‌های داوطلبانه تا برنامه‌های مدون متغیر بوده است به‌نحوی‌که برخی از مراکز آموزش عالی عمدتا روی برنامه‌های بازیافت و کاهش پسماند تمرکز داشته‌اند و موفقیت‌هایی را نیز در این زمینه کسب کرده‌اند. در ایالات‌متحده آمریکا حدود ۸۰ درصد دانشگاه‌ها دارای برنامه مدون مدیریت پسماند می‌باشند.بر اساس کاتالوگ پسماند اروپا، پسماندهای سنگین مانند جیوه، آرسنیک و... به‌عنوان پسماند بالقوه خطرناک شناخته می‌شوند(۹).

آزمایشگاه‌های شیمی در اکثر دانشگاه‌ها به دو گروه آموزشی

1. hazardous
2. non-hazardous
3. hazardous waste
4. Feudalism
5. Resource Conservation and Recovery Act

و پژوهشی طبقه‌بندی می‌شوند. آزمایشگاه‌های شیمی که تحت پوشش وزارت علوم تهران بزرگ هستند سطح وسیعی از آزمایشگاه‌ها را تشکیل می‌دهند، این آزمایشگاه‌ها پسماندهای شیمیایی خطرناک متعددی را ایجاد می‌کنند بنابراین مانند سایر پردیس‌های تولیدکننده پسماندهای خطرناک از قوانین و مقررات پسماند خطرناک نیز تبعیت کنند. مجتمع آزمایشگاهی زکریای رازی واقع در دانشگاه علوم تحقیقات تهران، با داشتن ۴۱ آزمایشگاه فعال، در هر ترم تحصیلی حدود ۱۰۰۰ دانشجوی پژوهشی و ۵۰۰۰ دانشجوی آموزشی دارد. به همین منظور در این پژوهش ابتدا به بررسی کمیت و کیفیت پسماند خطرناک تولیدی در آزمایشگاه‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها بر اساس کلاس خطر و سپس به ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی برای کاهش تولید پسماند خطرناک و روش‌های دفع مناسب آن‌ها پرداخته‌شده است تا علاوه بر کمک به بهبود وضع مدیریت پسماند این مجتمع، آغازی برای تحقیقات آتی در این زمینه باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، نخست با مسئولین مجتمع یک مصاحبه حضوری برای شناسایی آزمایشگاه‌هایی که بیشترین میزان پسماند خطرناک را تولید می‌کنند صورت گرفت و پس از کسب اجازه از مسئولین هر بخش، چهار آزمایشگاه به‌عنوان پایلوت برای اندازه‌گیری کمیت پسماند مایع تولیدی معرفی گردید که شامل دو آزمایشگاه پژوهشی و دو آزمایشگاه آموزشی می‌باشند. آزمایشگاه پژوهشی علوم دامی از بخش کشاورزی و منابع طبیعی، آزمایشگاه پژوهشی شیمی تجزیه از بخش علوم پایه و آزمایشگاه‌های آموزشی شیمی عمومی و عمومی ۵ از بخش آموزشی به‌عنوان پایلوت انتخاب گردیدند. جهت تعیین کمیت پسماندهای خطرناک تولید شده در هرکدام از این آزمایشگاه‌ها هشت بار نمونه‌گیری با استفاده از جداولی که میزان مواد مصرفی و دور ریز هر آزمایشگاه را مشخص می‌نماید، صورت گرفت. این نمونه‌گیری‌ها در فصول تابستان و مهر سال ۱۳۹۳ انجام پذیرفت. سپس مشخصات مربوط به هرکدام از پسماندهای خطرناک مایع و شماره شناسایی و کد مربوط به پسماندهای خطرناک مشخص گردید. برای جمع‌آوری اطلاعات موردنظر در رابطه با نحوی مدیریت پسماندهای خطرناک از آزمایشگاه‌های این مرکز صرفا از پرسشنامه استفاده شد که به صورت حضوری و در قالب مصاحبه تکمیل گردید. پرسش‌ها برحسب مورد به صورت باز یا بسته مطرح و به‌گونه‌ای طراحی گردید که جنبه‌های مختلف موردنظر را پوشش دهند. مواردی که نیاز به توضیحات بیشتر داشتند در قالب سؤالات باز مطرح شدند. همچنین آمار لاشه‌های حیوانات در یک‌ترم تحصیلی نیز توسط ملاحظات شخصی و مصاحبه از مسئولین آزمایشگاه‌های تولیدکننده‌ی این نوع پسماند به دست آمد. در انتها داده‌های به دست آماده جهت نتیجه‌گیری با نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۲ مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. سپس با مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای، راهکارهایی جهت بهبود مدیریت پسماندهای خطرناک این مجتمع ارائه گردید.

یافته‌ها

میزان کلی پسماند تولیدشده و میانگین هفتگی پسماند در آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی در جدول ۱ نشان داده‌شده است، در ابتدا آزمونی انجام گرفت تا مشخص گردد آیا میانگین پسماندهای مایع در آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی باهم برابرند یا خیر؟ برای بررسی نرمال بودن توزیع مقدار پسماندهای مایع هر چهار آزمایشگاه از آزمون KS[1] استفاده شد. دراین آزمون مشاهده گردید که به دلیل پراکندگی خیلی زیاد داده‌ها (مقدار پسماندها) توزیع پسماندهای مایع دارای توزیع نرمال نیست. لذا برای انجام آزمون برابری میانگین‌ها، لگاریتم پسماندها یعنی Ln آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. توزیع لگاریتم پسماندهای آموزشی و پژوهشی دارای توزیع نرمال است. سپس برای مقایسه برابری میانگین پسماندها در آزمایشگاه‌های پژوهشی و آزمایشگاه‌های آموزشی لگاریتم‌های پسماندها باهم مقایسه گردیدند. آزمون

1. Kolmogorov Smirnov

T-Test نشان داد که اختلاف معناداری بین میانگین پسماندهای مایع در آزمایشگاه‌های پژوهشی و آزمایشگاه‌های آموزشی وجود ندارد (P-Value =۰/۱۹۸).

جدول ۱: توزیع میانگین و انحراف معیار پسماندهای مایع در آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی

نوع آزمایشگاه	تعداد نمونه پسماند مایع	حجم کل پسماند مایع (ml)	میانگین هفتگی پسماند مایع(ml)	انحراف معیار پسماند مایع
پژوهشی	۱۶	۶۶۹۵۱,۵۲	۴۱۸۴,۴۷	۱۷۵۲,۸۴
آموزشی	۱۶	۹۸۱۶۹,۹۲	۶۱۳۵,۶۲	۴۲۹۹,۰۶
مجموع	۳۲	۱۶۵۱۲۱,۴	۵۱۶۰,۰۴	۳۳۷۸,۱۶

با توجه به جدول ۲ آزمونی برای مقایسه‌ی برابری پسماندهای مایع در چهار آزمایشگاه شیمی تجزیه، علوم دامی، عمومی ۵ و شیمی عمومی انجام گرفت تا مشخص شود که آیا میانگین پسماندهای مایع تولیدی در هرکدام از این آزمایشگاه‌ها باهم برابرند و یا خیر؟ برای انجام این آزمون از تست آنالیز واریانس[1] استفاده شد. برای انجام این تست نیز همانند آزمون قبل چون مقدار پسماندهای مایع دارای توزیع نرمال نبود، از لگاریتم پسماندها استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۲ نیز مشاهده می‌شود، بین میانگین پسماندهای مایع در آزمایشگاه‌های شیمی تجزیه، علوم دامی، عمومی ۵ و شیمی عمومی اختلاف معناداری وجود دارد (P-Value=۰/۰۱۸).

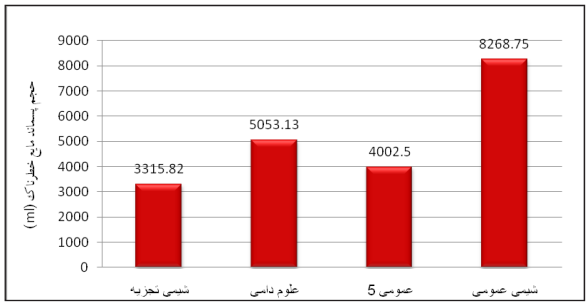
چون مشاهده گردید که بین میانگین پسماندهای مایع تولیدی در چهار آزمایشگاه شیمی تجزیه، علوم دامی، عمومی ۵ و شیمی عمومی اختلاف معناداری وجود دارد، برای بررسی مقایسه‌های دوبه‌دو در آزمایشگاه‌ها از آزمون شفه[2] استفاده شد. که با انجام این آزمون مشاهده گردید که فقط بین میانگین پسماندهای مایع آزمایشگاه‌های شیمی تجزیه و شیمی عمومی اختلاف معناداری وجود دارد (P-Value=۰/۰۳۱) ولی اختلاف معناداری بین مقایسه‌ی دوبه‌دوی سایر آزمایشگاه‌ها وجود نداشت زیرا در بقیه‌ی مقایسه‌ها میزان P-Value بیشتر از ۰/۰۵ مشاهده گردید.

جدول ۲: توزیع میانگین و انحراف معیار پسماندهای مایع در آزمایشگاه‌های شیمی تجزیه، علوم دامی، عمومی ۵ و شیمی عمومی

نام آزمایشگاه‌ها	تعداد نمونه پسماند مایع	حجم کل پسماند مایع(ml)	میانگین پسماند مایع(ml)	انحراف معیار پسماند مایع
شیمی تجزیه	۸	۲۶۵۲۶,۴۸	۳۳۱۵,۸۱	۱۱۲۰,۸۱
علوم دامی	۸	۴۰۴۲۴,۹۶	۵۰۵۳,۱۲	۱۸۹۸,۱۱
عمومی ۵	۸	۳۲۰۱۶,۴	۴۰۰۲,۰۵	۱۸۱۸,۱۷
شیمی عمومی	۸	۶۶۱۵۰	۸۲۶۸,۷۵	۵۰۸۹,۰۰
مجموع	۳۲	۱۶۵۱۲۱,۴	۵۱۵۰,۰۴	۳۳۷۸,۱۶

پس از اندازه‌گیری پسماندهای مایع آزمایشگاه‌های مختلف، از روی برگه‌ی اطلاعات هر ماده‌ی شیمیایی اقدام به مشخص کردن کلاس خطر پسماندها به چهار گروه پسماندهای خورنده (C)، پسماندهای اشتعال‌پذیر (F)، پسماندهای سمی (T) و پسماندهای واکنش‌پذیر (R) گردید که مشخص شد در این چهار آزمایشگاه پایلوت پسماند واکنش‌پذیری تولید نشده است به همین علت در نمودارها، پسماند واکنش‌پذیر آورده نشده است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، آزمایشگاه شیمی عمومی که یک آزمایشگاه آموزشی است، بیشترین حجم پسماند خطرناک (۸۲۶۸,۷۵ میلی‌لیتر در هفته) و آزمایشگاه شیمی تجزیه که یک آزمایشگاه پژوهشی است، کمترین حجم پسماند خطرناک (۳۳۱۵,۸۲ میلی‌لیتر در هفته) را تولید می‌کند.

لازم به ذکر است، ازآنجایی‌که هرکدام از مواد شیمیایی ممکن است بیش از یک کلاس خطر را به خود اختصاص دهند، مجموع پسماندهای خورنده، اشتعال‌پذیر و سمی در هر آزمایشگاه، با میزان کلی پسماندهای خطرناک تولیدی در همان آزمایشگاه برابر نیست و ممکن است بیشتر باشد.



شکل ۱: میانگین هفتگی حجم پسماند خطرناک مایع تولیدی در تمام آزمایشگاه‌ها (ml)

1. ANOVA
2. Scheffe

با توجه به جدول ۳ با بررسی میزان پسماند خطرناک بین آزمایشگاه‌های پژوهشی مشخص گردید که آزمایشگاه علوم دامی پسماند اشتعال‌پذیر (۵۵ درصد) و سمی (۴۵ درصد) بیشتری نسبت به آزمایشگاه شیمی تجزیه تولید می‌کند ولی چون آزمایشگاه علوم دامی پسماند خورنده تولید نمی‌کند، میزان پسماند خورنده در آزمایشگاه شیمی تجزیه (با میزان ۵ درصد) بیشتر است.

جدول ۳: توزیع فراوانی پسماندهای مایع خطرناک برحسب آزمایشگاه‌های پژوهشی

نوع آزمایشگاه	شیمی تجزیه		علوم دامی	
نوع پسماند	مقدار (ml)	درصد	مقدار (ml)	درصد
پسماند خورنده	۲۶۳,۸۱	۵	۰*	۰
پسماند اشتعال‌پذیر	۲۸۸۸,۷۵	۵۱	۴۴۲۷,۵	۵۵
پسماند سمی	۲۴۴۶,۳۸	۴۴	۳۵۹۶,۸۸	۴۵
جمع	۵۵۹۸,۹۴	۱۰۰	۸۰۲۴,۳۸	۱۰۰

*توضیح: در آزمایشگاه علوم دامی به دلیل نوع آزمایش‌های متفاوت اصلا پسماند خورنده تولید نمی‌شود.

برای بررسی وجود همبستگی بین نوع پسماند و نوع آزمایشگاه در آزمایشگاه‌های پژوهشی، از آزمون کا-اسکوئر[1] استفاده شد که بر طبق نتایج این آزمون مشخص گردید بین نوع پسماند خطرناک تولیدی در هر آزمایشگاه و نوع آزمایشگاه رابطه‌ی همبستگی وجود دارد، به این معنی که نسبت‌های پسماند خطرناک تولیدی در هر آزمایشگاه متفاوت است.

(X2 = 383.80 Df = 2 P-value < 0.001)

با توجه به جدول ۴ با بررسی میزان پسماند خطرناک بین آزمایشگاه‌های آموزشی مشخص گردید که آزمایشگاه عمومی ۵ با میزان ۸۲ درصد، بیشترین مقدار پسماند اشتعال‌پذیر و آزمایشگاه شیمی عمومی با میزان ۷۹٪ بیشترین مقدار پسماند خورنده را تولید می‌کنند. در مقابل آزمایشگاه عمومی ۵ با میزان ۸ درصد کمترین پسماند خورنده و آزمایشگاه شیمی عمومی با میزان ۹ درصد، کمترین میزان پسماند اشتعال‌پذیر را تولید می‌کند.

1. chi-square

جدول ۴: توزیع فراوانی پسماندهای مایع خطرناک برحسب آزمایشگاه‌های آموزشی

نوع آزمایشگاه	عمومی ۵		شیمی عمومی	
نوع پسماند	مقدار (ml)	درصد	مقدار (ml)	درصد
پسماند خورنده	۳۴۷	۸	۷۱۴۳,۷۵	۷۹
پسماند اشتعال‌پذیر	۳۴۲۵	۸۲	۸۱۰	۹
پسماند سمی	۴۰۵,۵	۱۰	۱۱۲۵	۱۲
جمع	۴۱۷۷,۵	۱۰۰	۹۰۷۸,۷۵	۱۰۰

همچنین برای فهمیدن وجود همبستگی بین نوع پسماند و نوع آزمایشگاه در آزمایشگاه‌های آموزشی، از آزمون کا-اسکوئر استفاده شد که بر طبق نتایج این آزمون مشخص گردید بین نوع پسماند خطرناک تولیدی در هر آزمایشگاه و نوع آزمایشگاه رابطه‌ی همبستگی وجود دارد، به این معنی که نسبت‌های پسماند خطرناک تولیدی در هر آزمایشگاه متفاوت است.

(X2 = 7306.37 Df = 2 P-value < 0.001)

برای مقایسه‌ی بهتر میزان کلی پسماند در آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی با توجه به جدول ۵، ابتدا اقدام به جمع میزان پسماند مایع خطرناک تولیدی در هر گروه از آزمایشگاه‌ها گردید و سپس نتایج زیر به دست آمد، همان‌طور که از جدول مشخص است، کمترین میزان پسماند خطرناک ، پسماند خورنده متعلق به گروه آزمایشگاه‌های پژوهشی است که میزان ۲ درصد از کل پسماندها را به خود اختصاص داده است و همچنین بیشترین میزان پسماند خطرناک، پسماند خورنده متعلق به گروه آزمایشگاه‌های آموزشی با ۵۶ درصد مقدار کل پسماندهای خطرناک است.

جدول ۵: توزیع فراوانی پسماندهای مایع خطرناک برحسب آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی

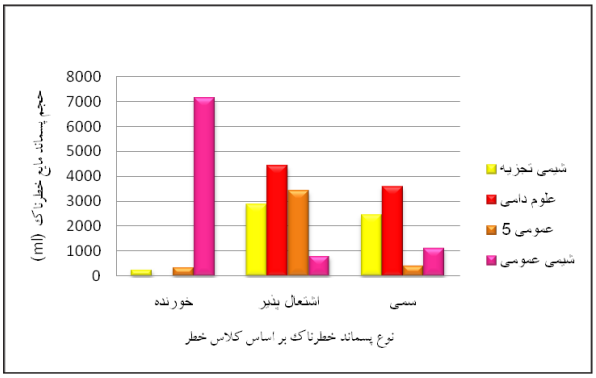
نوع آزمایشگاه	مجموع پژوهشی		مجموع آموزشی	
نوع پسماند	مقدار (ml)	درصد	مقدار (ml)	درصد
پسماند خورنده	۲۶۳,۸۱	۲	۷۴۹۰,۷۵	۵۶
پسماند اشتعال‌پذیر	۷۳۱۶,۲۵	۵۴	۴۲۳۵	۳۲
پسماند سمی	۶۰۴۳,۲۶	۴۴	۱۵۳۰,۵	۱۲
جمع	۱۳۶۲۳,۳۲	۱۰۰	۱۳۲۵۶,۲۵	۱۰۰

برای فهمیدن وجود همبستگی بین نوع پسماند و نوع

آزمایشگاه در آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی، از آزمون کا-اسکوئر استفاده شد که بر طبق نتایج این آزمون مشخص گردید بین نوع پسماند خطرناک تولیدی در هر آزمایشگاه و نوع آزمایشگاه رابطه‌ی همبستگی وجود دارد، به این معنی که نسبت‌های پسماند خطرناک تولیدی در هر آزمایشگاه متفاوت است.

(X2 = 10242.55 Df = 2 P-value < 0.001)

با توجه به نتایج کلی این مطالعه مشخص شد که آزمایشگاه آموزشی شیمی عمومی بیشترین حجم پسماند خطرناک (۸۲۶۸٫۷۵ میلی‌لیتر در هفته) و آزمایشگاه پژوهشی شیمی تجزیه ، کمترین حجم پسماند خطرناک (۳۳۱۵٫۸۲ میلی‌لیتر در هفته) را تولید می‌کنند. پس از طبقه‌بندی پسماندها بر اساس کلاس خطر آن‌ها با توجه به شکل ۲ مشخص گردید که بیشترین میزان پسماند خطرناک متعلق به گروه پسماندهای خورنده و مربوط به آزمایشگاه شیمی عمومی است که میزان آن ۷۹٪ است. و کمترین میزان پسماندهای خطرناک بازهم متعلق به گروه پسماندهای خورنده و مربوط به آزمایشگاه شیمی تجزیه با مقدار ۵ درصد است.



شکل ۲: نمودار توزیع فراوانی پسماندهای مایع خطرناک برحسب آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی

همچنین نتایج کلی حاصل از پرسشنامه‌ها نشان داد که پسماندهای مایع خطرناک در ۸۴ درصد از آزمایشگاه‌ها بدون هیچ کنترلی به داخل سینک‌های فاضلاب خالی می‌گردند و تنها ۱۶ درصد از آن‌ها پسماندهای خطرناک را جدا و در ظروف مخصوصی در محوطه‌ی اطراف مجتمع دفن می‌کنند. همچنین در مورد لاشه‌های جانوران مشخص گردید که در هر ترم تحصیلی حدود ۴۵ کیلوگرم پسماند لاشه جانوری در آزمایشگاه‌های تولیدکننده‌ی این نوع پسماند تولید می‌گردند که تمامی این لاشه در چاه‌های آهک تعبیه شده برای تجزیه‌ی لاشه‌ها ریخته نمی‌شوند و بخشی از این لاشه‌ها به‌عنوان پسماند خانگی و عادی دور ریخته می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج کلی این مطالعه مشخص شد که به‌طورکلی پسماندهای خورنده در آزمایشگاه‌های آموزشی و پسماندهای اشتعال‌پذیر و سمی در آزمایشگاه‌های پژوهشی بیشتر تولید می‌شوند.

همچنین بر طبق نتایج پرسشنامه مشخص گردید که در اکثر آزمایشگاه‌های این مجتمع (۸۸ درصد)، لیست مشخصی از پسماند زائد تولیدی وجود ندارد. همچنین ظروف و تجهیزات مناسب و دربسته برای جمع‌آوری پسماند خطرناک در آزمایشگاه‌ها وجود ندارد، برنامه‌هایی برای کاهش تولید پسماند در آزمایشگاه‌ها تنها برای برخی از مسئولین آزمایشگاه‌ها برگزار شده است (۲۲ درصد) اما تاکنون هیچ‌کدام آن‌ها به مرحله‌ی اجرا نرسیده اند. در اکثر آزمایشگاه‌ها (۶۳ درصد) تفکیک پسماندهای خطرناک از پسماندهای عادی صورت نمی‌گیرد زیرا طبقه‌بندی‌ای برای تفکیک این نوع پسماندها وجود ندارد. در بخش استراتژی‌های دفع زباله مشاهده گردید که مجتمع سیستم تصفیه فاضلاب جداگانه‌ای برای پسماندهای آزمایشگاهی ندارد و به دلیل اینکه به‌جز ۱۶ درصد از آزمایشگاه‌ها، در سایر آزمایشگاه‌ها ظروف ایمن و مخصوصی برای جمع‌آوری پسماندهای خطرناک وجود ندارد، در ۸۴ درصد از آزمایشگاه‌ها، دانشجویان پسماندهای خود را بدون تفکیک در سینک‌های فاضلاب تخلیه می‌کنند. زیرا تاکنون هیچ ارگانی برای جمع‌آوری پسماندهای خطرناک اقدام نکرده است و فقط برخی از مسئولین آزمایشگاه‌ها، پسماندهای

خطرناک خود را در ظروفی جمع‌آوری کرده و اقدام به دفن آن می‌کنند. و یا اینکه در برخی از آزمایشگاه‌ها پسماندهای خطرناک را در ظروف خاصی جمع‌آوری می‌کنند ولی این ظروف مدت زیادی در آزمایشگاه‌ها باقی‌مانده و هیچ مسئول یا ارگانی اقدام به جمع‌آوری این ظروف نکرده است.

در سطح بین‌المللی گزارش‌های زیادی در مورد برنامه‌های مدیریت پسماند در سطح دانشگاه‌ها وجود ندارد، در ایالات‌متحده آمریکا حدود ۸۰٪ دانشگاه‌ها دارای برنامه مدیریتی مدون برای پسماند هستند. در دانشگاه تورنتو اکثر پسماندهای شیمیایی بازیافت می‌شوند، برای مثال صد در صد پسماند آلی تولیدی در این دانشگاه از طریق فعالیت‌های مختلف بازیافت می‌گردند. همچنین بسته به ترکیب شیمیایی مواد غیر آلی حدود ۵۰ الی ۷۰ درصد آن‌ها نیز بازیافت می‌شوند(۱۰و۱۱). البته چنین به نظر می‌رسد که به دلیل هزینه‌های بالایی که باید برای مدیریت پسماند خطرناک در محیط‌های آموزشی صرف شود تمایلی برای انجام این کار وجود ندارد. همچنین Kikuchi و Gerardo در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ نشان دادند که اولویت‌های اقتصادی اغلب تأثیر عمده‌ای بر اجرای برنامه‌های مدیریتی دارند. بر اساس گزارش این محققین اجرای برنامه‌های مدیریتی در کشور پرتغال به دلیل مشکلات مالی ۱۰ سال است که به تعویق افتاده است. بنابراین برنامه‌های مدیریتی مدرن ازنقطه‌نظر حفاظت محیط‌زیست پسماندها باید دارای کارایی تکنیکی، راندمان اقتصادی و مقبولیت اجتماعی باشد(۲). علاوه بر مسائل ذکرشده، یکی از مهم‌ترین مباحث در مدیریت پسماند خطرناک در سطح دنیا، بازیافت مواد مصرف‌شده و استفاده مجدد از این مواد است که متأسفانه در کشور ما تاکنون علاقه‌ی خاصی به این موضوع نشان داده نشده است.

برنامه‌ی پیشنهادی جهت مدیریت پسماندهای خطرناک

- اجرای یک دیدگاه مدیریتی وسیع به‌طوری که از مراحل بالاتر اقدام به پیدا کردن راه‌حل منطقی برای دفع پسماند گردد زیرا فقط انتقال پسماند از محلی به محل دیگر کافی نیست.
- دادن آموزش‌های لازم به کارشناسان آزمایشگاه‌ها در خصوص نحوه مدیریت صحیح پسماندهای آزمایشگاهی. که لازم است این آموزش‌ها از سطح مدیران ارشد مجتمع آغاز شود و تا سطح خدمه پیش رود.
- تدوین یک برنامه مدون مدیریتی در سطح ملی شامل دستورالعمل‌های جمع‌آوری، انتقال و دفع مواد زائد و نظارت بر اجرای آن توسط سازمانی مشخص، که امری لازم و ضروری است.
- تشکیل کارگاه‌های آموزشی برای دانشجویان به‌منظور آشنا نمودن آنان با اصول کلی مدیریت پسماندهای آزمایشگاهی به‌منظور آموزش روش‌های تفکیک پسماندهای خطرناک و جلوگیری از تخلیه پسماندها به سینک‌های فاضلاب.
- تهیه‌ی فهرست‌های به‌خصوص برای مشخص شدن میزان پسماند تولیدی خطرناک در هر آزمایشگاه که سر آغازی برای انجام سایر اعمال مدیریتی است.
- تهیه‌ی یک سری ظروف ایمن و مناسب درب دار به‌جای سطل‌های زباله معمولی و برچسب زدن آن‌ها به‌منظور تفکیک پسماندهای خطرناک مایع و جامد از پسماندهای عادی.
- تحقیق در مورد پالایشگاه‌های بازیافت پسماندهای شیمیایی، که می‌تواند امری مفید برای خود آزمایشگاه باشد.
- صرف هزینه برای راه‌اندازی سیستم سپتیک تصفیه فاضلاب آزمایشگاهی.
- استفاده‌ی بهینه و بهتر از سیستم چاه‌های آهک مجتمع و دادن آموزش‌های لازم به مسئولین جمع‌آوری لاشه‌های حیوانات تا دیگر لاشه‌ها وارد پسماندهای عادی نشوند.

تشکروقدردانی

این مقاله از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران استخراج گردیده است. بدینوسیله اززحمات و همکاری کارشناسان محترم مجتمع آزمایشگاهی زکریای رازی تشکر و قدردانی می‌نماییم.

References

1. Marinkovic N, Vitale K, Holcer NJ, Dzakula A, Pavic T. (2008). Management of hazardous medical waste in Croatia. Waste Management; 28:1049–56.
2. Kikuchi R, Gerardo R. (2009). More than a decade of conflict between hazardous waste management and public resistance: a case study of NIMBY syndrome in Souselas (Portugal). J Hazard Mater; 172(2-3):1681-85.
3. Navia R, Bezama A. (2008). Hazardous waste management in Chilean main industry: an overview. J Hazard Mater; 158(1):177-84.
4. Nema AK, Gupta SK. (1999). Optimization of regional hazardous waste management systems: an improved formulation. Waste Management; 19:441-51.
5. LaGrega MD, Buckingham PL, Evans J. (1994). Hazardous Waste Management. New York: McGraw-Hill.
6. Pichtel J.(2005). Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial. London: CRC Perss.
7. Harvard University.(2002). Harvard university hazardous waste program. USA: [citet 12 Jul 2009]. Available from: http://www.uos.harvard.edu/ehs/ env_pro_haz_manu.html.
8. Federal Regulations.(2006). 40 CFR parts 261 and 262: Standards applicable to generators of hazardous waste, subpart K-Standards Applicable to academic laboratories, proposed Rule. USA: Federal Regulations.
9. Vega CAD. (2008). Benitez SO, Ram?rez Barreto ME. Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. Waste Management; 28:521.
10. Dehghani MH, Azam K, Changani F, Dehghanifard E. (2008). Assessment of medical waste management in educational hospitals of Tehran University Medical Sciences. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering; 5: 131-136.
11. Nadafi K, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Mesdaghinia AR, Yaghmaeian K, Momeniha F. (2009). Investigation of existing status of hazardous wastes management in Central Campus of Tehran University Medical Sciences, Iran. Iranian Journal of Health and Environment; 3:214-23 (in Persian).