

Determination of Solid Waste Components and Characteristics in Landfills of Astaneh Ashrafieh City, and Soil Qualitative and Biological status

Shayan Shariati^{1*}; Fatemeh Shariati^{2*}, Soheil Shokri³, Zahra Fallah Shamsi⁴

(Received: March 2025 Accepted: August 2025)

Abstract

The maintenance and storage of municipal solid waste in un-engineered and unsanitary landfills pose significant risks to soil performance, health, and quality. Unfortunately, there are open, unhygienic, and man-made landfills near cities and forest areas in the northern cities of Iran. This study aimed to investigate the soil quality (at depths of 0–30 cm and 30–60 cm) of the landfill in Astaneh Ashrafieh city and to determine the waste components of this landfill. The results showed that the pH of the soil downstream of the Azadsara drainage area was high, classifying it as highly alkaline soil. The impact of waste disposal on soil electrical conductivity was observed at all landfills and, in some cases, downstream (3.16 dS/m at a depth of 0–30 cm), which is unsuitable for growing sensitive crops. Total sodium and potassium concentrations were also higher than those at the upstream control at most discharge locations, and this effect was observed up to 50 and 100 meters downstream in some cases. It was also found that the largest component of urban and rural waste consists of perishable materials (61.57–69.51 percent), followed by agricultural and garden waste, rubber, plastic, and cardboard. Furthermore, comparison of the amounts of these components in summer and fall showed that their proportion in total waste was higher in summer. This is likely due to the tourist nature of the area and the increased use of disposable containers and cans by tourists and residents. In addition, the empirical formula of the city's solid waste was determined as $C_{33}H_{57}O_{18}N_2S$, and its calorific value was calculated as 20,012.42 kJ/kg, indicating that the waste can be used as a fuel source in waste-to-energy conversion processes such as incineration or gasification, provided that proper preprocessing and necessary controls to reduce pollutants are implemented.

Keywords: Electrical Conductivity, Municipal Solid Waste Components, Soil Quality, Soil pollution, Unengineered Landfill.

Shariati S., Shariati F., Shokri, S. and Fallah Shamsi R. 2026. Determination of solid waste components and characteristics in landfills of Astaneh Ashrafieh city, and soil qualitative and biological status. *Applied Soil Research*, 13(4): 21-35.

1- Assistant Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Department of Environment, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Mathematics and Statistics, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran

4 -Young Researchers and Elite Club, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

* Corresponding Author Email: shayan_shariati@ut.ac.ir and f.shariati@iau.ac.ir

تعیین اجزا و ویژگی های پسماند جامد محل های دفن زباله شهرستان آستانه اشرفیه و بررسی وضعیت کیفی و زیستی خاک

شایان شریعتی^{۱*}، فاطمه شریعتی^{۲*}، سهیل شکری^۳، زهرا فلاح شمسی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

چکیده

نگهداری و ذخیره سازی زباله های شهری در محل های دفن زباله مهندسی نشده و غیر بهداشتی تهدیدی جدی برای عملکرد و سلامت و کیفیت خاک است. متأسفانه در شهرهای شمالی کشور ایران نیز مشکل وجود محل های دفن زباله روباز، غیر بهداشتی و مهندسی شده در نزدیک شهرها و مناطق جنگلی وجود دارد. هدف از انجام این پژوهش بررسی وضعیت کیفیت خاک (عمق های ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری) محل های دفن زباله شهر آستانه اشرفیه و تعیین اجزای پسماند این اماکن دفن زباله بود. نتایج بررسی ها نشان گر آن بود که در پایین دست محل تخلیه کشل آزادسرا، pH خاک زیاد بوده و در گروه خاک های قلیایی قوی دسته بندی شد. اثر دفن زباله بر هدایت الکتریکی خاک در همه محل های دفن زباله و در برخی موارد پایین دست (۳/۱۶ dS m⁻¹) (در عمق ۰-۳۰ سانتی متر) مشاهده شد که برای کشت محصولات حساس نامناسب بود. همچنین غلظت سدیم و پتاسیم کل در اکثر اماکن تخلیه مورد نظر نسبت به شاهد بالادست بیشتر بودند که این تاثیر در بعضی موارد تا فواصل ۵۰ و ۱۰۰ متر پایین دست قابل مشاهده بود. همچنین مشخص گردید بیشترین جزء زباله های شهری و روستایی را اجزای فسادپذیر (۶۹/۵۱-۶۱/۵۷ درصد) تشکیل می دهد و پس از آن ضایعات کشاورزی، باغی، لاستیک، پلاستیک و مقوا می باشد. به علاوه مقایسه مقادیر این ضایعات در فصل تابستان و پاییز نشان داد که نسبت پلاستیک به کل زباله در تابستان بیشتر بوده که احتمالاً دلیل آن توریستی بودن منطقه و استفاده زیاد از ظروف یکبار مصرف و قوطی توسط گردشگران و ساکنین محلی می باشد. فرمول تجربی پسماند جامد شهرستان C₃₃H₅₇O₁₈N₂S و ارزش حرارتی آن ۲۰۰۱۲/۴۲ KJ Kg⁻¹ به دست آمد که نشان می دهد که پسماند می تواند به عنوان منبع سوخت در فرآیندهای تبدیل پسماند به انرژی مانند سوزاندن یا گازی سازی به کار گرفته شود، البته به شرط آنکه پیش فرآوری مناسب و کنترل های لازم برای کاهش آلاینده ها انجام شود.

کلیدواژه ها: آلودگی خاک، اجزای پسماند شهری، دفن زباله مهندسی نشده، کیفیت خاک، هدایت الکتریکی

شریعتی ش.، شریعتی ف.، شکری س.، فلاح شمسی ز. ۱۴۰۴. تعیین اجزا و ویژگی های پسماند جامد محل های دفن زباله شهرستان آستانه اشرفیه و بررسی وضعیت کیفی و زیستی خاک. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۳ شماره ۴. ص: ۲۱-۳۵.

۱- استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (مکاتبه کننده)

۲- دانشیار گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران. (مکاتبه کننده)

۳- استادیار گروه ریاضی و آمار، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.

* پست الکترونیک: f.shariati@iau.ac.ir و shayan_shariati@ut.ac.ir

مقدمه

(Godínez *et al.*, 2015). نتایج تحقیقی از لندفیل الملتقا (Al-Multaqaa) در عمان در دو فصل تابستان و زمستان نشان داد، بیشترین جز پسماند را مواد زیست تخریب پذیر و مواد زاید بازیافت شدنی تشکیل داد (Palanivel & Sulaiman, 2014). طی مطالعه‌ای که در خصوص آنالیز و ترکیب شیمیایی پسماند جامد شهری در شهر ارومیه صورت گرفت، نمونه‌ها طی چهار فصل جمع‌آوری شدند. یافته‌ها نشان داد که درصد پسماند غذایی ۶۸/۹ درصد، نسبت کربن به نیتروژن ۱۸:۳۲ (C/N) حاوی ۱۰/۴ درصد خاکستر و ۵۴ درصد رطوبت بود. فرمول تجربی پسماند آلی $C_{27.7}H_{43.1}O_{15.3}N_1S_{0.55}$ بوده و ارزش حرارتی آن $10^4 \text{ KJ/Kg} \times 2/2$ است (Mohammadi *et al.*, 2014). pH خاک یکی از شاخص‌های کلیدی تعیین‌کننده وضعیت شیمیایی خاک و دسترسی گیاهان به مواد مغذی است. خاک‌های قلیایی با pH بالاتر از ۷٫۵ معمولاً باعث کاهش جذب برخی عناصر غذایی مانند آهن، فسفر و منگنز می‌شوند که می‌تواند منجر به کمبودهای تغذیه‌ای در گیاهان گردد (Hazelton & Murphy, 2007). هدایت الکتریکی خاک (EC) معیاری برای اندازه‌گیری میزان نمک‌های محلول در خاک است و تأثیر مستقیم بر فشار اسمزی ریشه گیاهان و جذب آب و مواد مغذی دارد (Salem *et al.*, 2020). هدایت الکتریکی بالاتر از ۲ dS/m معمولاً برای گیاهان حساس محدودیت ایجاد می‌کند و می‌تواند باعث کاهش رشد و عملکرد شود (Borhannuddin Bhuyan *et al.*, 2019). در حال حاضر در در شمال ایران، روزانه به‌طور متوسط ۲۰۰۰ تن زباله در جنگل‌های شمال کشور در مساحتی در حدود ۳۰۰ هکتار انباشت می‌شود (Sadeghi Poor Shejany *et al.*, 2021). پیامد این انباشت، شیرابه است که سبب آلودگی خاک، آب‌های زیرزمینی و سطحی و از بین بردن موجودات زنده مسیر خود می‌شود (Rahmani *et al.*, 2020; Ashrafi *et al.*, 2022). هم‌اکنون در روستاهای استان گیلان، جمع‌آوری و حمل زباله به صورت ابتدایی بوده و تخلیه زباله‌های روستایی به مناطقی از جمله اطراف مناطق مسکونی، کنار جاده‌ها و اطراف منابع آبی انجام می‌شود. در بهترین شرایط، زباله‌های جمع‌آوری شده به مراکز دفع زباله‌های شهری که دارای مشکلات زیست محیطی بوده حمل و در این محل‌ها تخلیه می‌گردد. سوزاندن زباله‌ها در محیط آزاد نیز

توسعه روزافزون شهرها و صنعت اگرچه مزایای بی‌شماری را به همراه دارد، ولی متأسفانه مشکلات خاصی همچون آلودگی محیط‌زیست را نیز به وجود می‌آورد. مدیریت مطلوب زباله‌های شهری و صنعتی با توجه به حجم بالای تولید روزانه آنها در تمامی کشورها از اهمیت ویژه‌ای به خصوص از دیدگاه زیست‌محیطی و بهداشتی برخوردار است. دفع پسماندهای شهری یکی از مهم‌ترین مشکلات در کشورهای دنیا، مخصوصاً کشورهای در حال توسعه است (Cittadino *et al.*, 2020; Rezapour *et al.*, 2019). در این زمینه، آلودگی اکوسیستم‌های خاکی و آبی یکی از مهم‌ترین مباحثی است که در سال‌های اخیر به آن توجه ویژه‌ای شده است. در واقع، زباله‌های شهری که خود ترکیبی از فضولات انسانی، حیوانی و بسیاری دیگر از مواد زاید صنعتی و کشاورزی است، متأسفانه در آخرین مرحله دفع به خاک و یا آب منتقل می‌شوند (Asghari *et al.*, 2023). کالاهای مصنوعی، تشکیل شده از مواد پلاستیکی، پس از استعمال به‌صورت مواد تجزیه‌نشده در زباله انباشته و در خاک باقی می‌مانند، زیرا پلیمرهای مصنوعی، بعلت نبودن آنزیم ویژه، سال‌ها جهت تجزیه در طبیعت بصورت خام و بدون تغییر باقی می‌ماند. این مواد در تبادل آب و هوا و دیگر عکس‌العمل‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اختلال به وجود می‌آورند (Rouhani & Hejman, 2024; Kooch *et al.*, 2023; Shariati *et al.*, 2022). معضلات مهم برای مدیریت پسماند جامد شهری عبارتند از اختلاط پسماندها، جمع‌آوری و ذخیره پسماند، حمل و نقل پسماند، سوزاندن پسماند تفکیک نشده، دفع غیرقانونی پسماندها و غیره (Kumar *et al.*, 2015). طی تحقیقی ترکیب زباله‌های شهری در کل مکزیک شامل ماده آلی (۵۰ درصد)، کاغذ و مقوا (نزدیک ۱۴ درصد) بود. مدیریت زباله شهری شامل جمع‌آوری از منازل، در شهرهای بزرگ، متوسط و کوچک در کل مکزیک ۷۸/۷ درصد و استان مورلوس ۸۹/۲ درصد بود. روش دیگر حذف پسماندهای جامد، سوزاندن رو باز (بیشتر در نواحی نیمه شهری و روستایی) است که در مکزیک و استان مورلوس به ترتیب ۱۴/۵ و ۶/۷ درصد بود. طی دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۲، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مدیریت پسماند جامد در مکزیک ۱۸۰ درصد و در مورلوس ۴۲/۸ درصد افزایش یافت (Castrejón-

جمعیت ۱۰۸۱۳۰ نفر از دو بخش مرکزی با ۴ دهستان (کشل آزادسرا، دهشال، کیسم و چهارده) و بخش بندر کیاشهر با ۲ دهستان (دهسر و دهکاء) تشکیل شده است. ۵۲ درصد جمعیت این شهرستان شهرنشین و ساکن در دو شهر آستانه اشرفیه و بندر کیاشهر و ۴۸ درصد روستانشین می باشند. روستاهای مورد بررسی شامل ۱- کشل آزاد سرا، ۲- امیرکیاسر (جمعیت امیرکیاسر ۹۵۰ نفر، شغل اصلی مردم ۷۰ درصد کشاورزی و ۳۰ درصد صیادی)، ۳- نازک سرا (جمعیت ۴۵۰ نفر و شغل اصلی مردم کشاورزی برنج و بادام زمینی و دامپروری) و ۴- کیسم: دهستان کیسم (جمعیت ۸۹۳۵ نفر و شغل ساکنین عمدتاً کشاورزی برنج و چای و پرورش کرم ابریشم) می باشد. میزان زباله شهری (تر و خشک) در شهر آستانه در سال ۹۵، روزانه ۳۲ تن، سال ۹۶، روزانه ۳۵ تن و سال ۹۷، روزانه حدود ۳۸ تن می باشد. همه زباله های محدوده شهری آستانه و برخی از روستاها به کشل آزاد سرا انتقال می یابد. میزان جمع اوری زباله خشک در آستانه اشرفیه روزانه ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم است. در این تحقیق به منظور بررسی تاثیر احتمالی تخلیه پسماند جامد بر خاک نواحی پایین دست محل های تخلیه زباله، در جهات شیب و در فواصل ۵۰ متری و در دو عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری برداشته شد. برای نمونه برداری از هر ایستگاه در خصوص خاک سطحی در ناحیه ای به شعاع ۱۰ متر، سه نمونه برداشته شد که در همان محل با یکدیگر ترکیب شدند تا نمونه ترکیبی به دست آید (جدول ۱).

یکی دیگر از راه های غیر بهداشتی نابود کردن این گونه مواد می باشد (Sadeghi Poor Sheijany *et al.*, 2021; Rouhani & Hejman, Akbarpour *et al.*, 2022; 2024). در پایش اکوسیستم های طبیعی شمال کشور، نیاز به اطلاعات کافی از وضعیت موجود، از نظر وضعیت ظاهری اکوسیستم و وضعیت خاک و آب است که اطلاعات به دست آمده در این پژوهش می تواند مبانی پایش مراحل دیگر قرار گیرد. هم چنین از اطلاعات به دست آمده می توان در ارزیابی اکوسیستم های تخریب شده و احیای آنها کمک گرفت. تاکنون، به علت فشردگی بالای کار در عرصه مورد مطالعه و آزمایشگاه و بالا بودن هزینه های مربوط به تعیین عناصر موجود در خاک و آب، پژوهش های محدودی در زمینه تاثیر دفع زباله بر روی خاک و منابع آبی حاشیه در شمال ایران انجام شده است. لذا با توجه به اهمیت مساله، در این تحقیق به بررسی تاثیر تخلیه پسماندهای جامد بر خاک حاشیه آن در یک منطقه از شمال کشور (شهرستان آستانه) پرداخته شد.

مواد و روش

محدوده مورد مطالعه

شهرستان آستانه در ۳۵ کیلومتری مرکز استان گیلان، رشت، موقعیت جغرافیایی ویژه ای در بین شهرستان های استان دارد. این شهرستان با وسعت ۴۲۶/۶ کیلومتر مربع در شرق گیلان در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۶ دقیقه شرق نصف النهار مبدا واقع شده است و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۳ متر است. شهرستان آستانه طبق آمار سال ۱۳۹۵، با

جدول ۱- مختصات جغرافیایی نقاط نمونه برداری

Table 1. Geographic coordinates of sampling points

Landfill Location	Longitude	Latitude
Kashal Azadsara (Astaneh)	4128588	405807
Kisom	4121156	397728
Nazoksara	4131034	406784
Amirkiasar	4143763	406263

کارتن است، می تواند به صورت مستقیم به کارخانه بازیافت کاغذ و کارتن منتقل شود. بدین ترتیب برنامه های جمع اوری زباله تفکیک شده در محل تولید، همواره مورد توجه قرار می گیرد. تعیین مواد تشکیل دهنده زباله شهری به علت غیر متجانس بودن نوع زباله، کار ساده ای نیست، لذا انجام روش آماری دقیق مشکلات

آنالیز و ترکیب فیزیکی زباله

برای ارزیابی و انتخاب سیستم حمل و نقل و لوازم مورد نیاز مواد زائد جامد از جمله مدیریت، برنامه ریزی و طرح های جمع اوری زباله، پی بردن به ترکیبات این مواد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای مثال، مواد زائد تولید شده در یک منطقه تجاری که غالباً کاغذ و

مواد آلی و معدنی به انضمام درصد رطوبت آن‌ها، ۳- مواد قابل احتراق: مواد خشک شده زباله حدوداً دارای ارزش حرارتی ۴۵۰۰ تا ۷۶۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم می‌باشد. به طور کلی این مقدار با وجود رطوبت طبیعی تا حدود ۸۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم کاهش می‌یابد؛ زیرا تغییرات ارزش حرارتی، بیشتر با وجود رطوبت موجود در زباله و مواد قابل احتراق در آن در ارتباط است. این تغییرات با مقایسه زباله در منطقه خشک و مرطوب به خوبی آشکار است. بدین منظور ۴۰ نمونه پسماند برای تجزیه عنصری آماده و ارسال شد. درصد عناصر توسط دستگاه آنالیز عنصری (CHNSO) (Costech -ECS 4010, USA) تعیین گردید. از روی درصد کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن و گوگرد فرمول تجربی محاسبه شد. برای محاسبه مقدار انرژی حاصل از سوزاندن پسماند، از فرمول اصلاح شده دولانگ (رابطه ۱) استفاده شد. در رابطه ۱ محتوای اکسیژن برای به حساب آوردن مقدار هیدروژنی که با اکسیژن موجود واکنش داده است، بر هشت تقسیم و از هیدروژن کم شده است. بنابراین مقدار اکسیژن واکنش داده در محتوای انرژی پسماند شرکت نمی‌کند (Hosseini et al., 2021; Jabari et al., 2016).

$$\text{Btu/Tb} = 145C + 610\left(\text{H}_2 - \frac{1}{8}\text{O}_2\right) + 40S + 10 \quad (1) \text{ رابطه}$$

C: درصد وزنی کربن، S: درصد وزنی گوگرد، H₂: درصد وزنی هیدروژن، N: درصد وزنی نیتروژن، O₂: درصد وزنی اکسیژن و Btu/Ib: واحد حرارتی بریتانیایی بر پوند است.

درصد خاکستر زباله

برای سنجش مواد آلی، ابتدا نمونه‌های خشک شده در کوره آزمایشگاهی سوزانده و خاکستر شدند. در این تحقیق برای تعیین درصد خاکستر، وزن مشخص از پسماند در بوته چینی در کوره به دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا تبدیل به خاکستر گردید. بوته چینی در دسیکاتور قرار گرفت و پس از هم‌دماشدن با محیط دوباره توزین و درصد خاکستر تولید شده محاسبه گردید (Aslani & Taghipour, 2018; Trombley et al., 2023).

ویژه‌ای را در بردارد. برای نمونه‌برداری مواد تخلیه شده به چهار قسمت تقسیم شد و هر قسمت نیز به چهار قسمت دیگر تقسیم شد و نمونه‌های ۱۰۰ کیلوگرمی تهیه گردید و از آن نمونه‌برداری گردید. برای این کار حدود ۱۰۰ کیلوگرم زباله شهری به صورت تصادفی از جدیدترین بار زباله شهری جدا شده و در محل ویژه‌ای به دور از جریان باد و تأثیرات عوامل محیطی نمونه‌های یک کیلوگرمی از آن برداشته شد. سپس اجزای آن که شامل: کاغذ و مقوا، اجزای فسادپذیر، شیشه، پت، پلاستیک، لاستیک، فلز، چوب، منسوجات و سایر مواد بودند، از کل نمونه جدا شده و تفکیک شدند. هر کدام از اجزای جدا شده از زباله، جداگانه وزن شده و محاسبه درصد اجزا صورت گرفت (Hosseini et al., 2021; Makgato, 2024; Gebreslassie et al., 2020).

درصد رطوبت

در این تحقیق، از مواد تخلیه شده هر کامیون به اندازه نیاز، نمونه‌هایی تهیه شده و در ظروف سر بسته زباله نگهداری گردید. بدین ترتیب یک ظرف پر شده زباله، حاصل جمع نمونه‌هایی است که در طول یک روز نمونه‌برداری شده‌اند. مواد نگهداری شده در ظرف زباله، روزانه به وسیله آسیاب مجهز به سرند خرد شدند. مواد سخت و محکم، مانند آهن به خردسازی نیاز نداشتند. پس از طی این مرحله، ۲ نمونه حدود یک کیلوگرمی از مواد خرد شده برداشته شد و پس از توزین در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. مقدار رطوبت زباله بر حسب میزان رطوبت در واحد وزن خشک نمونه اولیه اندازه‌گیری شد (ISO 21660-3, 2021).

ارزش حرارتی

پی بردن به ارزش سوختنی زباله برای دستگاه‌های زباله سوز از اهمیت خاصی برخوردار است. این سنجش به شرطی ارزشمند است که نمونه‌ها به صورت کافی و زیاد از مواد اولیه زباله جمع‌آوری شده، به خوبی نمودار حد متوسط زباله یک منطقه باشد. ارزش حرارتی زباله، به مواد تشکیل دهنده آن بستگی دارد که با توجه به موارد بیان شده در ادامه محاسبه می‌شود: ۱- پارچه و کهنه، کاغذ و کارتن، چرم، فلزات، شیشه، پسماندهای غذایی و پسماندهای گیاهی و خاکستر، ۲- چربی‌های

یک لایه در سطح لوله نمایان می‌گردد. تولید رنگ حدود ۱۵-۱۰ دقیقه به طول می‌انجامد و ایجاد رنگ قرمز، نشانه نتیجه مثبت تست است.

تست متیل رد

اساس این تست بر پایه تولید اسید از گلوکز توسط باکتری‌ها است. اشرشیاکلی گلوکز را تخمیر کرده و انواع اسیدها را به عنوان محصول فرعی یا نهایی تولید می‌کند. اشرشیاکلی بعد از ۴۸ ساعت رشد باعث کاهش pH محیط به ۴/۵ یا کمتر شده و رنگ متیل رد به قرمز تبدیل می‌شود. به منظور انجام این تست، بعد از کشت میکروبی در محیط MRVP و رشد آنها در انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، یک قطره از متیل رد به ازای هر میلی‌لیتر اضافه شد. تغییر رنگ سریع به قرمز نشانه تست مثبت و به زرد نشانه تست منفی بود.

تست وگس پرسکوئر^۲

اساس این تست بر پایه تولید استیل متیل کربونیل (که یک ماده خنثی است) از گلوکز می‌باشد. اشرشیاکلی نمی‌تواند استیل متیل کربونیل تولید کند، در صورتی‌که انتروباکتر کلبسیلا این توانایی را دارد. به منظور انجام این تست، بعد از کشت میکروبی در محیط MRVP و رشد آنها در انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، به ازای یک میلی‌لیتر محیط کشت، ۰/۶ میلی‌لیتر محلول آلفا نفتول و ۰/۲ میلی‌لیتر هیدروکسید پتاسیم ۴۰ درصد معرف را اضافه و به شدت بهم زده و عمل تکان دادن برای اختلاط را هر ۲ تا ۳ دقیقه یک بار تکرار شد. تولید رنگ به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه به طول انجامید و تولید رنگ صورتی تا قرمز تند نشان دهنده مثبت بودن تست بود.

تست مصرف سیترات

اساس این تست بر پایه آن است که بعضی از باکتری‌ها قادرند سیترات سدیم را به عنوان منبع کربن تجزیه نمایند. به منظور انجام این تست، بعد از کشت میکروبی در محیط سیمون سیترات و رشد آنها در انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، اگر رنگ از سبز به آبی تغییر کرده باشد، آزمایش مثبت و سیترات مصرف شده است.

آنالیز pH، شوری و سدیم و پتاسیم خاک

نمونه‌ها پس از خشک شدن، کوبیده و از الک ۲ میلی-متری عبور داده شدند. گل اشباع تهیه شد و عصاره گل اشباع جدا گردید. در عصاره حاصله pH توسط دستگاه pH متر (Metrohm) ساخت کشور سوئیس و هدایت الکتریکی توسط هدایت‌سنج (WTW) ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. با استفاده از محلول‌های استاندارد با غلظت مشخص و به کمک دستگاه فتومتر شعله‌ای (Sherwood) ساخت کشور انگلستان، غلظت سدیم و پتاسیم کل بر حسب ppm تعیین گردید (Carter & Gregorich, 2008). کلسیم و منیزیم به روش کلسیمتری اندازه‌گیری و بر حسب درصد بیان شد (Goli Kalanpa et al., 2025; Carter & Gregorich, 2008).

آنالیز میکروبی نمونه‌های خاک

نمونه‌های خاک شاهد و محل تخلیه از کشل آزادسرا، نازکسرا و امیرکیاسر برای آزمایش میکروبی در دمای صفر درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه میکروبیولوژی انتقال داده شده و آزمایش^۱ IMViC بر روی آنها انجام شد که تفسیر آن بر اساس جدول ۲ صورت می‌گیرد. از این تست برای تمایز قائل شدن بین باسیل‌های گرم منفی روده به بویژه اشرشیاکلی و گروه انتروباکتر -کلبسیلا استفاده می‌شود. این تست شامل چهار تست مختلف است: ۱- Indole -۲، ۳- Methyl red، ۴- Voges-Proskauer و Citrate utilization.

تست ایندول

ایندول توسط بعضی از میکروارگانیسم‌های معین در تریپتون برات تولید می‌شود. تریپتون برات غنی از اسید آمینه تریپتوفان است که توسط این باکتری‌ها به عنوان منبع کربن و نیتروژن و انرژی استفاده می‌شود. همه باکتری‌ها و حتی همه باکتری‌های روده‌ای گرم منفی قادر به مصرف تریپتوفان و تولید ایندول با این روش نیستند. بنابراین تولید ایندول می‌تواند یک روش تشخیص باشد. به منظور انجام تست ایندول، بعد از کشت میکروبی در محیط تریپتون برات و رشد آنها در انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، ۲ تا ۳ قطره معرف به ازای هر ۵ میلی‌لیتر محیط کشت اضافه شد. در صورت وجود ایندول رنگ قرمز تولید شده و به صورت

2- Voges-Proskauer

1- Indole, Methyl red, Voges-Proskauer, Citrate utilization

نتایج و بحث

اجزای پسماند جامد محل‌های دفن زباله (آستانه اشرفیه)

براساس نتایج حاصله مشاهده می‌گردد در این محل‌های دفن زباله در دو فصل تابستان و پائیز اجزای فسادپذیر بیشترین درصد را تشکیل داده که از ۶۱/۵۷ تا ۶۹/۵۱ درصد متغیر است (جدول ۳). طی آزمایشات صورت گرفته درصد رطوبت و میزان خاکستر زباله‌های جمع‌آوری شده محاسبه گردید و بر اساس نتایج، مقدار رطوبت و درصد خاکستر به ترتیب در محدوده ۶۷-۷۹ درصد و ۹-۱۸ درصد بود. نتایج تجزیه عنصری ۴۰ نمونه درصد کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن و گوگرد را مشخص نمود و از روی آن فرمول تجربی $C_{33}H_{57}O_{18}N_2S$ به دست آمد. طبق رابطه ۱، ارزش حرارتی این پسماند kj/kg ۲۰۱۲/۴۲ است. این مقدار انرژی نشان می‌دهد که پسماند می‌تواند به عنوان منبع سوخت در فرآیندهای تبدیل پسماند به انرژی مانند سوزاندن یا گازی‌سازی به کار گرفته شود، البته به شرط آنکه پیش‌فرآوری مناسب و کنترل‌های لازم برای کاهش آلاینده‌ها انجام شود. همچنین، محتوای نسبتاً بالای اکسیژن در فرمول تجربی نشان‌دهنده وجود رطوبت و مواد زیست‌تخریب‌پذیر است که می‌تواند بازده انرژی خالص را کاهش دهد، مگر اینکه پسماند به درستی خشک یا پیش‌فرآوری شود. در کل، فرمول تجربی و ارزش حرارتی به دست آمده نشان می‌دهد که پسماند جامد شهری منطقه دارای بخش قابل توجهی از مواد قابل اشتعال با پتانسیل انرژی مناسب است، اما وجود رطوبت و برخی ترکیبات دیگر ممکن است بر خصوصیات احتراق آن تأثیرگذار باشد (Panahandeh *et al.*, 2018). جباری و همکاران (Jabari *et al.*, 2016) میزان ارزش حرارتی زباله شهری مخلوط با پسماند

خروجی از تاسیسات پردازش زباله شهر قزوین را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد میزان ارزش حرارتی پایین پسماند مخلوط شهر قزوین معادل Mj/Kg ۶/۱۳۳ می‌باشد، همچنین میزان رطوبت معادل ۵۰/۳٪ و درصد خاکستر و مواد قابل احتراق به ترتیب ۳۰/۱ و ۲۷/۹ درصد محاسبه شد. ارزش حرارتی پسماند خروجی از تاسیسات پردازش نیز معادل Mj/Kg ۱۱/۸ برآورد گردید، میزان خاکستر، مواد قابل احتراق و رطوبت نیز به ترتیب ۴۹/۴۶، ۴۲/۲۵ و ۲۰/۸۹ درصد اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج حاصله مشاهده می‌گردد که درصد پلاستیک در شهر آستانه (ایستگاه کشل) بیشتر از روستاهای مورد بررسی بوده است. ضمناً در هر چهار مکان مورد بررسی میزان پلاستیک در فصل تابستان بیشتر از پاییز بوده که احتمالاً به دلیل توریستی بودن منطقه و مصرف بیشتر پلاستیک در این فصل توسط گردشگران و ساکنین می‌باشد (جدول ۳). بررسی نسبت کاغذ و مقوا به کل پسماند نشان می‌دهد که در شهر آستانه میزان کاغذ و مقوا بیشتر از روستاهای مورد بررسی بود. در تمام اماکن تخلیه مورد بررسی میزان کاغذ و مقوا در فصل پاییز بیشتر از تابستان مشاهده گردید که دلیل آن می‌تواند استفاده بیشتر دانش‌آموزان و دانشجویان در فصل تحصیل باشد. بررسی مقدار فلزات مقدار بالا و قابل توجه آن‌ها در شهر آستانه را در تابستان نشان می‌دهد. مشاهده گردید که در فصل تابستان درصد فلزات نسبت به پاییز بیشتر بود که می‌تواند به دلیل استفاده زیاد از انواع قوطی‌های فلزی و کنسرو در فصل تابستان توسط گردشگران و سکنه شهر باشد. مقدار شیشه نیز در تابستان نسبت به پاییز در تمام محل‌های مورد بررسی بیشتر بود که احتمالاً دلیل آن استفاده بیشتر از نوشابه‌ها در فصل گردشگری است.

جدول ۲- الگوهای تست IMViC برای باکتری‌های اشرشیاکلی و گروه انتروباکتر- کلبسیلا

Table 2. IMViC Test patterns for *Escherichia coli* and *Enterobacter-Klebsiella* group bacteria

Test	Indole	Methyl red	Voges-Proskauer	Citrate
<i>Escherichia coli</i>	+	+	-	-
<i>Enterobacter-Klebsiella</i>	-	-	+	+

جدول ۳- اجزای پسماند جامد شهر آستانه اشرفیه در روستاهای نازکسرا، امیرکیاسر و کیسم در دو فصل تابستان و پاییز
Table 3. Solid waste components of Astaneh Ashrafiyeh city in the villages of Nazok Sara, Amirkiaser and Kisom in the two seasons of summer and autumn

Sample	Season	Plastic	Paper and Cardboard	Metal	Glass	Perishable	Fabric	Rubber	Wood and Agricultural and Garden Waste	Moisture	Ash
Amirkiasar	Autumn	7.78	7.22	0.94	1.32	62.46	1.74	8.91	10.22	75	17
Amirkiasar	Summer	8.23	7.03	0.98	1.69	62.75	1.52	9.12	8.61	67	18
Kisom	Autumn	8.37	7.12	0.95	1.12	61.57	3.50	7.41	9.96	74	12
Kisom	Summer	8.57	7.98	1.03	1.38	64.92	2.71	7.33	6.08	78	16
Kashal	Autumn	8.60	7.30	0.51	1.04	66.22	3.10	6.23	7.00	74	11
Kashal	Summer	9.35	7.14	1.20	1.21	69.51	3.12	4.85	3.62	68	9
Nazoksara	Autumn	7.79	6.86	0.85	1.35	63.59	2.10	7.45	10.01	75	14
Nazoksara	Summer	8.07	6.93	0.93	1.40	64.31	2.35	8.32	7.87	79	14

Sadeghi Poor) و همکاران (al., 2014) و صادقی پور شیجانی و همکاران (Sheijany et al., 2021) که عدم تغییرات pH در محل های دفن زباله سراوان و کلکته هند را گزارش کرده بودند، مطابقت دارد. یلگی و همکاران (Yeilagi et al., 2021) نیز گزارش کردند میزان pH در خاک در معرض شیرابه محل دفن زباله شهر میانداوب (آذربایجان غربی) تفاوتی با خاک شاهد نداشت. مطالعات سایر محققین نیز نشان داد علیرغم وجود تفاوت در pH خاک نقاط مختلف محل های دفن زباله و اطراف آن، تفاوت معنی دار نبوده است (Islam et al., 2024). عدم مشاهده تغییرات معنی دار در pH خاک می تواند به دلایل مختلف از جمله ویژگی های ذاتی خاک نظیر حالت بافری آن باشد که باعث مقاومت در برابر ورود شیرابه با pH متغیر گردد. نتایج هدایت الکتریکی مناطق کشل آزادسرا، نازکسرا و کیسم نشان دهنده افزایش این عامل در محل تخلیه و در محل پایین دست آن تا فاصله به ترتیب ۲۰۰، ۵۰ و ۵۰ متری است که این افزایش در هر دو عمق مورد بررسی یعنی ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متر مشاهده می شود، ولی مطابق با استاندارد، تاثیر شوری ناچیز و قابل نظر کردن است (جداول ۵ و ۶). اما در منطقه امیرکیاسر کلاس هدایت الکتریکی در خاک محل تخلیه و در پایین دست آن به فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متر به گونه ای است که عملکرد گیاهان حساس تحت تاثیر قرار می گیرد. محققین بیان کردند شیرابه به طور معمول دارای pH قلیایی است و وجود مقدار بالایی آمونیوم و کلسیم و منیزیم موجب افزایش pH خاک می شود (Salem et al., 2008). مطالعه تریپاتی و همکاران (Tripathy et al., 2014) در محل دفن زباله های کلکته نشان داد، هدایت الکتریکی خاک در محل تخلیه و ایستگاه های پائین دست بالاتر از شاهد بود.

وضعیت pH، شوری و غلظت سدیم و پتاسیم خاک
نتایج اندازه گیری ویژگی های مختلف در دو عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری نشان داد، پارامترهای اندازه گیری شده تفاوت معنی داری نداشتند ($p > 0.05$) (جدول ۴). مقایسه شوری و pH خاک های محل های دفن زباله و اطراف آنها با طبقه بندی استاندارد صورت پذیرفت (جداول ۵ و ۶) (Hazelton & Murphy, 2007). مقایسه pH خاک (دو عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری) در مناطق مختلف نشان داد به ترتیب ایستگاه های کشل آزادسرا، کیسم، نازکسرا و امیرکیاسر در طبقه بندی واکنش خاک در رده قلیایی قوی-متوسط، قلیایی ضعیف، قلیایی ضعیف و قلیایی ضعیف قرار گرفتند. بررسی نتایج مناطق تخلیه، پائین دست و بالادست در عمق های مختلف نشان داد که علیرغم وجود تفاوت مقدار pH در نقاط نمونه برداری یک محل دفن زباله، رده واکنش خاک در آنها یکسان بود. pH خاک جز خصوصیات پایای خاک می باشد و تغییرات آن به دلیل خصوصیات بافری خاک به سختی انجام می شود. pH خاک در محل های دفن زباله به ویژه کشل آزادسرا به محدوده قلیایی قوی (تا ۸/۷۵) رسیده است که نشان دهنده تغییرات شدید شیمیایی خاک و احتمالاً تجمع ترکیبات بازی ناشی از تجزیه مواد زباله است. این تغییرات می تواند حاصلخیزی خاک را کاهش داده و برای کشت محصولات حساس محدودیت ایجاد کند (Borhannuddin Bhuyan et al., 2019). نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه تریپاتی و همکاران (Tripathy et

جدول ۴- میانگین مقادیر pH، EC و عناصر در دو عمق مختلف (۰-۳۰ سانتی‌متر و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر)
Table 4. Average values of pH, EC and elements at two different depths (0-30 cm and 30-60 cm)

Depth/ Parameters	Mg (%)	Ca (%)	K (mg L ⁻¹)	Na (mg L ⁻¹)	EC	pH
0-30 cm	0.85	3.97	47.91	57.45	0.755	8.3
30-60 cm	0.83	4.05	35.41	56.16	0.735	8.2

جدول ۵- مقایسه pH و EC خاک (۰-۳۰ سانتی‌متری) نقاط نمونه‌برداری (Borhannuddin Bhuyan *et al.*, 2019; Hazelton & Murphy, 2007)

Table 5. Comparison of soil pH and EC (0-30 cm) of sampling points (Borhannuddin Bhuyan *et al.*, 2019; Hazelton & Murphy, 2007)

Locations/ Parameters	pH	Soil pH class	EC (dS m ⁻¹)	Soil EC class
Kisom disposal site	7.85	Slightly alkaline	0.65	Salinity effects are negligible
Downstream of Kisom (50a)	7.84	Slightly alkaline	0.63	Salinity effects are negligible
Downstream of Kisom (50b)	7.80	Slightly alkaline	0.65	Salinity effects are negligible
Upstream of Kisom (-50)	7.75	Slightly alkaline	0.59	Salinity effects are negligible
Average	7.72	Slightly alkaline	0.63	Salinity effects are negligible
Kashal Azadsara disposal site	8.37	Moderately alkaline	0.7	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (50a)	8.75	Strongly alkaline	0.26	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (100a)	8.54	Strongly alkaline	0.75	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (200a)	8.42	Moderately alkaline	0.72	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (50b)	8.60	Strongly alkaline	0.55	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (100b)	8.58	Strongly alkaline	0.66	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (200b)	8.51	Strongly alkaline	0.89	Salinity effects are negligible
Upstream of Kashal Azadsara (-50)	8.75	Strongly alkaline	0.47	Salinity effects are negligible
Average	8.54	Strongly alkaline	0.62	Salinity effects are negligible
Nazoksara disposal site	7.85	Slightly alkaline	0.65	Salinity effects are negligible
Downstream of Nazoksara (50a)	7.84	Slightly alkaline	0.68	Salinity effects are negligible
Downstream of Nazoksara (50b)	7.80	Slightly alkaline	0.59	Salinity effects are negligible
Upstream of Nazoksara (-50)	7.75	Slightly alkaline	0.54	Salinity effects are negligible
Average	7.86	Slightly alkaline	0.61	Salinity effects are negligible
Amirkiasar disposal site	7.83	Slightly alkaline	1.87	Salinity effects are negligible
Downstream of Amirkiasar (50a)	7.81	Slightly alkaline	3.16	Yields of very sensitive crops may be restricted
Downstream of Amirkiasar (100a)	7.80	Slightly alkaline	2.87	Yields of very sensitive crops may be restricted
Downstream of Amirkiasar (50b)	7.69	Slightly alkaline	0.49	Salinity effects are negligible
Downstream of Amirkiasar (100b)	7.67	Slightly alkaline	0.61	Salinity effects are negligible
Upstream of Amirkiasar (-50)	7.66	Slightly alkaline	0.6	Salinity effects are negligible
Upstream of Amirkiasar (-100)	7.61	Slightly alkaline	0.56	Salinity effects are negligible
Average	7.72	Slightly alkaline	1.45	Salinity effects are negligible

کاتیون‌ها و آنیون‌ها و همچنین کل مواد جامد محلول در خود شیرابه است (Yeilagi *et al.*, 2021). نتایج مطالعه هدایت الکتریکی خاک محل دفن زباله آچان هند نشان داد حداکثر میانگین EC در مرکز (۳/۰۴ dS m⁻¹)، پس از آن در داخل (۲/۰۱ dS m⁻¹)، خارج (۰/۸۶ dS m⁻¹) و حداقل در شاهد (۰/۴۰ dS m⁻¹) ثبت شد. بر اساس نتایج، غلظت فلزات سدیم و پتاسیم در نقاط نمونه‌برداری محل دفن زباله کشل آزادسرا نشان داد که در محل تخلیه پسماند، در هر دو عمق مورد بررسی مقدار این فلزات از ایستگاه شاهد بالادست و نقاط

همچنین صادقی‌پور شیجانی و همکاران (Sadeghi Poor & Sheijany *et al.*, 2021) طی مطالعه‌ای که بر روی خصوصیات خاک محل دفن سراوان داشتند گزارش کردند که میانگین مقدار هدایت الکتریکی در بالادست محل دفن زباله به طور معنی‌داری از پائین‌دست بیشتر بود. ییلاقی و همکاران (Yeilagi *et al.*, 2021) میزان EC خاک در معرض شیرابه و شاهد در ۴ نقطه محل تخلیه زباله شهر میاندوآب را به ترتیب در محدوده ۳/۴-۵/۹۸ و ۱/۶۵-۲/۸ دسی‌زیمنس/متر گزارش کردند. دلیل این افزایش احتمالاً به دلیل وجود مقادیر بالای

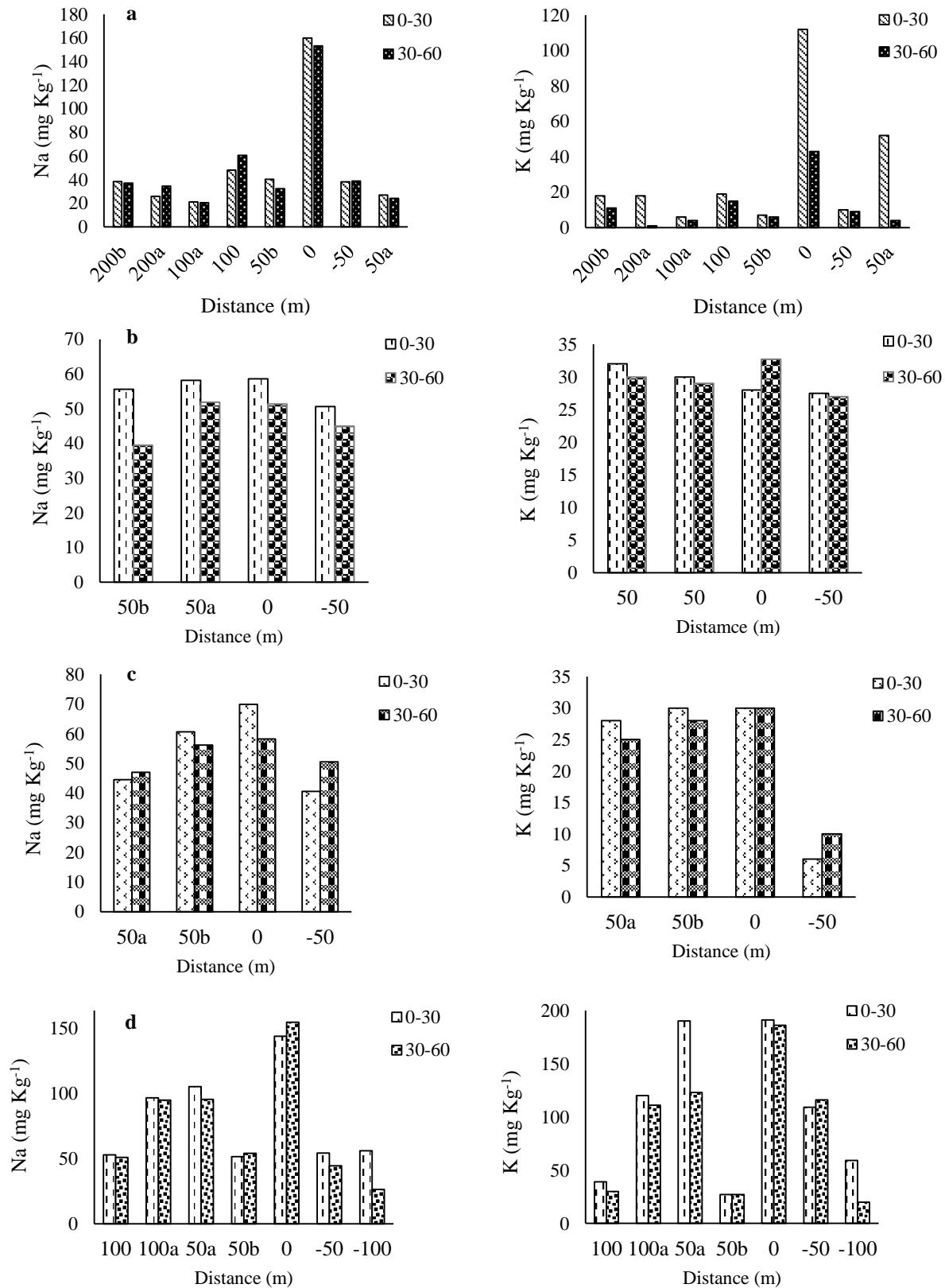
غلظت سدیم و پتاسیم تبادلی در خاک محل دفن زباله در ایالت اوندو، واقع در بخش جنوب غربی در نیجریه بسیار بیشتر از سایر نقاط بود و با فاصله گرفتن از محل دفن غلظت این عناصر کاهش یافت. ایسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2024) پژوهشی در زمینه تاثیر شیرابه محل دفن زباله آچان بر کیفیت خاک در هیمالیا را انجام دادند. بر اساس نتایج ایشان میانگین غلظت پتاسیم قابل دسترس در خاک در مرکز محل دفن زباله، داخل محل دفن زباله، خارج از محل دفن زباله و خاک شاهد به ترتیب ۲۶۵/۷۱، ۲۴۲/۳۵، ۲۲۵/۸۵ و ۱۱۶/۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

پایین دست بیشتر است. در محل های دفن زباله کیسم و نازک- سرا، غلظت فلزات سدیم و پتاسیم در محل تخلیه و ایستگاه پایین دست در هر دو عمق مورد بررسی بالاتر از ایستگاه شاهد بود. در محل تخلیه امیرکیاسر، غلظت فلزات سدیم و پتاسیم در محل تخلیه و ایستگاه پایین دست ۵۰a و ۱۰۰a متر در هر دو عمق مورد بررسی بالاتر از مقدار این فلزات در ایستگاه شاهد بود (a و b در شکل بیانگر جهت های مختلف نمونه برداری است) (شکل ۱). در این خصوص محققین گزارش کردند شیرابه محل دفن زباله عموماً دارای غلظت بالایی از کاتیون- های نظیر سدیم و پتاسیم است (Emadi Baladehi, 2024). آکینبیل و همکاران (Akinbile *et al.*, 2012) گزارش دادند

جدول ۶- مقایسه pH و EC خاک (۳۰-۶۰ سانتی متری) نقاط نمونه برداری (Borhannuddin Bhuyan *et al.*, 2019; Hazelton & Murphy, 2007)

Table 6. Comparison of soil pH and EC (30-60 cm) of sampling points (Borhannuddin Bhuyan *et al.*, 2019; Hazelton & Murphy, 2007)

Locations/ Parameters	pH	Soil pH class	EC (dS m ⁻¹)	Soil EC class
Kisom disposal site	8	Moderately alkaline	0.65	Salinity effects are negligible
Downstream of Kisom (50a)	7.87	Slightly alkaline	0.60	Salinity effects are negligible
Downstream of Kisom (50b)	7.71	Slightly alkaline	0.64	Salinity effects are negligible
Upstream of Kisom (-50)	7.77	Slightly alkaline	0.56	Salinity effects are negligible
Average	7.78	Slightly alkaline	0.61	Salinity effects are negligible
Kashal Azadsara disposal site	8.18	Moderately alkaline	0.67	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (50a)	8.25	Moderately alkaline	0.27	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (100a)	8.54	Strongly alkaline	0.41	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (200a)	8.46	Moderately alkaline	0.61	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (50b)	8.65	Strongly alkaline	0.42	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (100b)	8.4	Moderately alkaline	0.89	Salinity effects are negligible
Downstream of Kashal Azadsara (200b)	8.50	Strongly alkaline	0.69	Salinity effects are negligible
Upstream of Kashal Azadsara (-50)	8.68	Strongly alkaline	0.43	Salinity effects are negligible
Average	8.46	Moderately alkaline	0.54	Salinity effects are negligible
Nazoksara disposal site	7.6	Slightly alkaline	0.72	Salinity effects are negligible
Downstream of Nazoksara (50a)	7.83	Slightly alkaline	0.72	Salinity effects are negligible
Downstream of Nazoksara (50b)	7.85	Slightly alkaline	0.65	Salinity effects are negligible
Upstream of Nazoksara (-50)	7.86	Slightly alkaline	0.63	Salinity effects are negligible
Average	7.79	Slightly alkaline	0.68	Salinity effects are negligible
Amirkiasar disposal site	7.68	Slightly alkaline	2.47	Yields of very sensitive crops may be restricted
Downstream of Amirkiasar (50a)	7.83	Slightly alkaline	2.47	Yields of very sensitive crops may be restricted
Downstream of Amirkiasar (100a)	7.91	Moderately alkaline	2.24	Yields of very sensitive crops may be restricted
Downstream of Amirkiasar (50b)	7.63	Slightly alkaline	0.51	Salinity effects are negligible
Downstream of Amirkiasar (100b)	7.66	Slightly alkaline	0.47	Salinity effects are negligible
Upstream of Amirkiasar (-50)	7.79	Slightly alkaline	0.56	Salinity effects are negligible
Upstream of Amirkiasar (-100)	7.78	Slightly alkaline	0.53	Salinity effects are negligible
Average	7.75	Slightly alkaline	1.32	Salinity effects are negligible



شکل ۱- غلظت سدیم و پتاسیم محلول خاک در نقاط نمونه برداری محل های دفن زباله a. کشل آزادسرا، b. کیسم، c. نازکسرا و d. امیرکیاسر

Figure 2. The Concentration of sodium and potassium in soil solution at sampling points of landfill solutions: a. Kashal Azadsara, b. Kisom, c. Nazoksara, and d. Amirkiasar

نتایج آنالیز میکروبی خاک

بررسی میکروبی خاک محل تخلیه در کشل آزادسرا، امیرکیاسر و نازکسرا در مقایسه با شاهد صورت گرفت که براساس نتایج حاصله، در خاک محل های تخلیه به خصوص خاک سطحی (۰-۳۰ سانتی متری) میکروکوکس، مخمر، باسیلوس، تشکیل دهنده اسپور و کلیفرم مشاهده گردید (جدول ۷). مطالعات میکروبیولوژی خاک نشان می دهد که خاک سطحی (۰-۳۰ سانتی متر) به دلیل دارا بودن مواد آلی بیشتر و اکسیژن کافی، میزبان تنوع و تراکم بالاتری از میکروارگانیسم ها از جمله باسیلوس های اسپورساز، اکتینومیسیت ها، میکروکوکس، مخمرها و کلیفرم ها است (Akhavan Sepahi & Farahani, 2014). این یافته ها با نتایج جدول ۷ که حضور گسترده این گروه ها را در خاک سطحی محل های تخلیه نشان می دهد، همخوانی دارد. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متر، کاهش اکسیژن باعث افزایش جمعیت باکتری های بی هوازی مانند کلوستریدیوم و باسیلوس های اسپورساز می شود که توانایی بقاء در شرایط سخت را دارند (Akhavan Sepahi & Farahani, 2014). باسیلوس های اسپورساز به دلیل تولید اسپور، در شرایط

نامساعد محیطی و خاک های آلوده مقاومت بالایی دارند و حضور آن ها نشان دهنده فعالیت میکروبی بالا و تجزیه مواد آلی است. اکتینومیسیت ها نقش کلیدی در تجزیه مواد آلی پیچیده و حفظ سلامت خاک دارند و حضورشان در همه نمونه ها طبیعی است (Akhavan Sepahi & Farahani, 2014). کلیفرم ها به عنوان شاخص آلودگی میکروبی، حضورشان در خاک سطحی محل های تخلیه می تواند نشانه آلودگی ناشی از فاضلاب باشد که ممکن است خطرات بهداشتی ایجاد کند. کلوستریدیوم و باکتری های بی هوازی در شرایط کم اکسیژن عمق خاک فعالیت می کنند و نشان دهنده وجود مواد آلی قابل تخمیر هستند (Jalili & Sadeghzadeh, 2019). ورود مواد آلی و فاضلاب به خاک محل های تخلیه باعث افزایش جمعیت میکروارگانیسم های خاص و تغییر در ترکیب جامعه میکروبی می شود که می تواند منجر به آلودگی میکروبی خاک و انتقال احتمالی عوامل بیماری زا به محیط زیست شود. مدیریت صحیح محل های تخلیه و پایش مستمر میکروبی خاک برای کاهش خطرات زیست محیطی و بهداشتی ضروری است (Akhavan Sepahi & Farahani, 2014).

جدول ۷- نتایج تست های میکروبی نمونه های خاک

Table 7. Results of microbial tests of soil samples

Location	Depth (cm)	Results
Kashal disposal site	0-30	<i>Bacillus</i> spore forming + <i>Actinomycetes</i> + <i>Micrococcus</i> +yeasts
Upstream of Kashal	0-30	Actinomycetes +some coliform
Kashal disposal site	30-60	Most anaerobic especially <i>Clostridium</i> + <i>Bacillus</i>
Upstream of Kashal	30-60	Actinomycetes +some coliform
Amirkiasar disposal site	0-30	Most coliform+ <i>Actinomycetes</i> + <i>Micrococcus</i> +yeasts
Upstream of Amirkiasar	0-30	Actinomycetes +some coliform
Amirkiasar disposal site	30-60	Anaerobic bacteria+ <i>Bacillus</i> spore forming
Upstream of Amirkiasar	30-60	Actinomycetes+ <i>Bacillus</i>
Nazoksara disposal site	0-30	Most <i>Bacillus</i> spore forming+yeasts
Upstream of Nazoksara	0-30	Actinomycetes +some coliform
Nazoksara disposal site	30-60	Most anaerobic especially <i>Clostridium</i>
Upstream of Nazoksara	30-60	Actinomycetes+ <i>Bacillus</i>

نتیجه گیری کلی

در خصوص کیفیت خاک، پارامترهایی نظیر pH، EC و فلزات سدیوم و پتاسیم در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک اندازه گیری شد. نتایج نشان داد، بیشترین جزء زباله های شهری و روستایی را اجزای فسادپذیر (۶۹/۵۱-۶۱/۵۷ درصد) تشکیل می دهد و پس

از آن در روستاها ضایعات کشاورزی و باغی، لاستیک، پلاستیک و مقوا می باشد که البته درصد ضایعات کشاورزی و باغی در شهر آستانه نسبت به روستا کمتر بود. همچنین مقایسه مقادیر پلاستیک، شیشه، فلز و پت در فصل تابستان و پاییز نشان داد که نسبت این اجزا به کل زباله در تابستان بیشتر بوده که احتمالا دلیل آن

فراتر مشاهده شد. بر اساس نتایج دفن غیراصولی زباله در مناطق مورد مطالعه موجب افزایش pH و EC خاک شده است که این تغییرات می‌تواند به کاهش حاصلخیزی خاک، محدودیت رشد گیاهان حساس و آلودگی محیط زیست منجر شود. مدیریت یکپارچه پسماند، اصلاح خاک و پایش مستمر پارامترهای شیمیایی خاک از جمله اقدامات ضروری برای حفظ سلامت خاک و محیط زیست در این منطقه است. مطالعات بیشتر در خصوص راهکارهای کاهش pH خاک‌های قلیایی نظیر کاربرد مواد اسیدی مانند گوگرد و استفاده از گیاهان شورپسند برای کاهش EC خاک پیشنهاد می‌شود. پایش دقیق pH و EC خاک در محل‌های دفن زباله و مناطق پایین‌دست برای پیشگیری از گسترش آلودگی ضروری است.

تعارض منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچگونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی می‌باشد که توسط اداره کل حفاظت محیط زیست استان گیلان تامین مالی و حمایت شده است.

توریستی بودن منطقه و استفاده زیاد از ظروف یکبار مصرف و قوطی توسط گردشگران و ساکنین محلی می‌باشد. در این خصوص تفکیک اجزای قابل بازیافت و انتقال به مراکز بازیافت به منظور کاهش حجم پسماند ورودی به محل دفن توصیه می‌شود. در مورد خصوصیات کیفی خاک، در محل تخلیه قدیمی کشل آزادسرا pH تغییرات زیادی نسبت به شاهد ندارد که البته دلیل آن قدیمی بودن محل تخلیه است، زیرا محل تخلیه فعلی به ارتفاع چندین متر انباشته از زباله بود و امکان نمونه‌برداری از خاک وجود نداشت، اما پایین‌دست محل تخلیه جدید pH خاک زیاد بوده و در گروه خاک‌های قلیایی قوی دسته‌بندی می‌شود. اما خاک سایر اماکن تخلیه شامل نازکسرا، امیرکیاسر و کیسم جزء قلیایی ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند. هدایت الکتریکی در تمام اماکن تخلیه و در برخی موارد تا پایین دست تحت تاثیر تخلیه زباله بوده که تاثیر گاهی تا عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر نیز مشاهده گردید. در برخی مناطق نظیر پایین دست محل تخلیه امیرکیاسر درجه‌بندی خاک به گونه‌ای است که عملکرد گیاهان حساس تحت تاثیر قرار می‌گیرد. همچنین عناصر سدیم و پتاسیم در اکثر اماکن تخلیه موردنظر نسبت به شاهد بالادست بیشتر بودند که این تاثیر در بعضی موارد تا فواصل ۵۰ و ۱۰۰ متر پایین دست آن بالاتر از شاهد بود، اگرچه در برخی محل‌های تخلیه مقدار آن در شاهد نیز از حد آستانه پیشنهادی برای خاک

References

- Akbarpour M., Amiri A., and Azimi S. 2022. Analysis of Rural Waste Management Using Analysis of PLS Structural Model (Case Study Mahidasht Village, Kermanshah). *Rural Development Strategies*, 9(1): 123-140. (In Persian)
- Akhavan Sepahi, A., and Farahani, S. (2014). *Soil Micorobiology*. Etemad Publishing, Tehran, Iran. (In Persian)
- Akinbile C. O., 2012. Environmental Impact of Landfill on Groundwater Quality and Agricultural Soils in Nigeria. *Soil & Water Research*, 7(1): 18-26.
- Ashrafi S. M., mollashahi M. and ravanbakhsh H. 2022. Investigating the effects of Urban Landfill on soil and plant biodiversity of Zarandin forest. *Journal of Environmental Science Studies*, 7(2): 5024-5031. (In Persian).
- Asghari F., Salavati M., Hakimi Asiabar S., and Shariati, F. 2023. Geochemical and environmental assessment of river sediments in the East of Guilan province (case study: Otaghvarrud, Shalmanrud, and Polrud rivers), Northern Iran. *Toxin Reviews*, 42(4): 681-700.
- Aslani H., and Taghipour H. 2018. Seasonal characterization and quantification of municipal solid waste: Energy content and statistical analysis. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 6(1): 34-43.

- Borhannuddin Bhuyan M. H. M., Hasanuzzaman M., Nahar, K., Mahmud J. A., Parvin K., Bhuiyan T. F., and Fujita M. 2019. Plants behavior under soil acidity stress: Insight into morphophysiological, biochemical, and molecular responses. *Plant abiotic stress tolerance: Agronomic, molecular and biotechnological approaches*, Springer, pp. 35-82.
- Carter M.R. and Gregorich E.G. 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis (2nd Ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida, 1204p.
- Castrejon-Godines M. L., Sanchez-Salinas E., Rodriguez A., and Ortiz-Hernandez M. L. 2015. Analysis of solid waste management and greenhouse gas emissions in Mexico: A study case in the central region. *Journal of environmental protection*, 6 (02):146.
- Cittadino A., Ocello N., Majul M.V., Ajhuacho R., Dietrich P., and Igarzabal M.A. 2020. Heavy metal pollution and health risk assessment of soils from open dumps in the Metropolitan Area of Buenos Aires, Argentina. *Environmental monitoring and assessment*, (192):1-9.
- Emadi Baladehi S. M. 2024. The effect of landfill leachate irrigation on different soil characteristics and plant nutrition: a review. *Water and Soil Management and Modelling*, 4(2): 33-54. (In Persian)
- Gebreslassie M. G., Gebreyesus H. B., Gebretsadik M. T., Bahta S. T., and Birkie S. E. 2020. Characterization of municipal solid waste's potential for power generation at Mekelle City as a waste minimisation strategy. *International Journal of Sustainable Engineering*, 13(1): 68-75.
- Hazelton, P. A., Murphy, B. W. 2007. Interpreting Soil Test Results: What Do All the Numbers Mean? CSIRO Publishing.
- Hosseini Largani S. A., Rafiee S., and Mohtasebi S. S. 2021. Calculation of power, energy and heat in different technologies of municipal solid waste treatment with recycling - Case study: Tehran. *Journal of Natural Environment*, 73(4): 649-663. (In Persian)
- Islam S., Bano H., Malik A. A., and Alotaibi F. 2024. Landfill leachate: An invisible threat to soil quality of temperate Himalayas. *PloS one*, 19(11): e0314006.
- ISO 21660-3. 2021. Solid Recovered Fuels—Determination of Moisture Content Using the Oven Dry Method—Part 3: Moisture in General Analysis Sample. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, p. 10.
- Jabari V., Safari A., and Ranaei A. 2016. Measuring the Heating value of municipal solid waste mixed with the output waste from processing facilities and comparing the results with Tanner triangle for assessment of combustibility of Waste (A case study on the garbage of Qazvin). *Journal of Research in Environmental Health*, 1(4): 306-313.
- Jalili, B., and Sadeghzadeh, F. 2019. Soil Microbiology and Laboratory Manual. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press, Sari, Iran (In Persian)
- Goli Kalanpa, E., Khanzadeh, M., Shahab, H., and Alizadeh, M. 2025. Evaluation of the Supply Status of NPK and some Chemical Properties in a Number of Agricultural Soils in the Ivriq Region of Ardabil. *Applied Soil Research*, 13(1): 1-18. (In Persian)
- Kooch Y., Nouraei A., Haghverdi K., Kolb S., and Francaviglia R. 2023. Landfill leachate has multiple negative impacts on soil health indicators in Hyrcanian forest, northern Iran. *Science of The Total Environment*, (896): 166341.
- Kumar, Ch., Kumar, R., and S. Jaiswal. 2015. Sites and scope of recycling solid waste in Delhi and NCR. *International Journal of Science Technology & Management*, (04): 641-647.
- Makgato S. S. 2024. Analysis of Municipal Solid Waste in Soweto, Johannesburg Municipality, South Africa: Implications for Sustainable Waste Management Practices. *Chemical Engineering Transactions*, 109: 37-42.
- Mohammadi A., Ebrahimi A., and Amin M.M. 2014. Feasibility energy recovery potential of municipal solid waste in northwest of Iran. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 1(1): 71-74.
- Palanivel T. M., and Sulaiman H. 2014. Generation and composition of municipal solid waste (MSW) in Muscat, Sultanate of Oman. *APCBEE Procedia*, (10): 96-102.
- Panahandeh, M., Ghanavati, H., and Shariatmadari, H. 2018. Calculation of Energy and Heat Production and Consumption in Various Solid Waste Treatment Technologies Considering Recycling – Case Study: Tehran City. *Iranian Journal of Natural Resources*, 70(4): 655-670.

- Rahmani M., Azari T., and Mollaaghajanzadeh S. 2020. Effects of Heavy Metal Contamination Caused by Residual Leachate on Forest Soil in Babol Anjilsi Region, Iran. *GeoRes*, 35 (1) :31-42. (In Persian)
- Rouhani A., and Hejman M. 2024. A review of soil pollution around municipal solid waste landfills in Iran and comparable instances from other parts of the world. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-18.
- Rezapour, S., Samadi, A., and Kafei, F. 2019. Effects of landfill leachate on the pollution degree of heavy metals in the calcareous soils of Miandoab region. *Applied Soil Research*, 7(3): 110-121. (In Persian)
- Sadeghi Poor Sheijany M., Shariati F., Yaghmaeian Mahabadi N., and Karimzadegan H. 2021. Evaluation of the effect of municipal solid waste disposal site activity on the quality of adjacent soil- Case study- Saravan Rasht dumpsite. *Agricultural Engineering*, 44(1): 59-80. (In Persian)
- Salem Z., Hamouri K., Djemaa R., and Allia K. 2008. Evaluation of landfill leachate pollution and treatment. *Desalination*, 220 (1-3): 108-114.
- Salem, M. A., Bedade, D. K., Al-Ethawi, L., and Al-Waleed, S. M. 2020. Assessment of physiochemical properties and concentration of heavy metals in agricultural soils fertilized with chemical fertilizers. *Heliyon*, 6(10).
- Shariati, S., Pourbabaee, A. A., Alikhani, H. A., and Rezaei, K. 2022. Degradation of phthalic acid esters by the microbial consortium isolated from a contaminated soil. *Applied Soil Research*, 10(2): 1-13. (In Persian)
- Tripathy S., Bhattacharyya P., Mohapatra R., Som A., and Chowdhury D. 2014. Influence of different fractions of heavy metals on microbial ecophysiological indicators and enzyme activities in century old municipal solid waste amended soil. *Ecological engineering*, (70): 25-34.
- Trombley J. B., Wang C., and Thennadil S. N. 2023. Model-free measurements of calorific content and ash content of mixed garden wastes using a bomb calorimeter. *Fuel*, 352 (129105): 1-8.
- Yeilagi S., Rezapour S., and Asadzadeh F. 2021. Degradation of soil quality by the waste leachate in a Mediterranean semi-arid ecosystem. *Scientific reports*, 11(1): 11390.