مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

شهرداری تهران

سازمان مدیریت پسماند

تهیه و تدوین طرح جامع مدیریت پسماند شهر تهران

گزارش عملیات نمونه‌برداری نوبت اول

شهریور و مهر ماه ۱۳۹۸

مدیر طرح :

شرکت ایده‌پردازان توسعه

مشاور:

شرکت مهندسین مشاور سبزاندیش پایش

اسفند ماه ۱۳۹۸

تهیه و تدوین طرح جامع مدیریت پسماند شهر تهران

تهیه‌کننده: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران/ معاونت امور زیرساخت و طرح جامع

مجری: مهندسین مشاور سبز اندیش پایش

راهبری و نظارت: شرکت ایده پردازان توسعه

بهره‌بردار: سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران

فهرست مطالب

گزارش عملیات نمونه‌برداری نوبت اول طرح جامع پسماند شهر تهران ۱۱
چکیده ۱۱
۱-برنامه‌ی پیشنهادی عملیات نمونه‌برداری ۱۳
۱-۱- مروری بر مطالعات گذشته ۱۴
۱-۱-۱- آنالیز فیزیکی پسماند (در مبدأ) در اواسط سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۶۴ ..... ۱۴
۱-۱-۲- طرح آنالیز فیزیکی پسماند (در مبدأ) از بهمن ماه سال ۱۳۶۹ ..... ۱۴
۱-۱-۳- آنالیز فیزیکی در محل دفن - سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۷۹ ..... ۱۴
۱-۱-۴- آنالیز فیزیکی در محل دفن – سال ۱۳۸۲ ..... ۱۵
۱-۱-۵- آنالیز فیزیکی پسماند در مبدأ، ایستگاه انتقال و محل دفن-سال ۱۳۸۷ ..... ۱۵
۱-۱-۶- آنالیز فیزیکی پسماند در مدفن در سال ۱۳۹۶ ..... ۱۶
۱-۲- دستورالعمل‌های نمونه‌برداری ۶
۱-۲-۱- الزامات روش‌های نمونه‌برداری مختلف ۷
۱-۲-۱-۱- محل نمونه‌برداری ۷
۱-۲-۱-۲- اندازه (تعداد) نمونه ۹
۱-۲-۱-۳- وزن نمونه ۱۲
۱-۲-۱-۴- تعداد فصول نمونه‌برداری ۱۲
۱-۲-۱-۵- زمان نمونه‌برداری ۱۴
۱-۳- طراحی سیستم نمونه‌برداری پسماند شهر تهران ۱۴
۱-۳-۱- مقدمه ۱۴
۱-۳-۲- محدوده عملیات نمونهبرداری ۱۴
۱-۳-۲-۱- تعداد نمونه‌ها ۱۵
۱-۳-۲-۲- منابع تولید ۱۷
۱-۳-۲-۳- زیرجمعیت‌های مورد مقایسه ۱۷
۱-۳-۲-۴- دقت نتایج ۱۷
۱-۳-۲-۵- فصول نمونه‌برداری ۱۷
۱-۳-۳- محدودیت‌های اجرایی طرح ۱۸
۱-۳-۴- برنامه‌ی پیشنهادی مطالعات ۱۸
۱-۳-۴-۱- نمونه‌برداری در مقصد ۱۸
۱-۳-۴-۲- نمونه‌برداری از مبدأ ۲۰
۱-۳-۴-۳- آنالیز میدانی ۲۲
۱-۳-۴-۴- آنالیز آزمایشگاهی ۲۴

۱-۳-۵- برنامه‌ی اجرایی ۲۷
۱-۳-۵-۱- خودروی جمع‌آوری ۲۷
۱-۳-۵-۲- نیروی انسانی ۲۸
۱-۳-۵-۳- تجهیزات و تاسیسات مورد نیاز ۲۸
۱-۳-۵-۴- نحوه تامین نیروی انسانی و تجهیزات ۲۹
۱-۳-۵-۵- نمونه‌برداری از بخش‌های فرایندی ۲۹
۱-۳-۵-۶- زمان‌بندی ۲۹
۱-۳-۵-۷- انتقال نمونه‌ها ۳۰
۱-۳-۵-۸- بهداشت، ایمنی و محیط زیست ۳۱
۱-۴- ثبت داده‌ها و نتایج ۳۱
۱-۵- نتیجه‌گیری ۳۱
۲- اجرای عملیات نمونه‌برداری ۳۴
۲-۱- هماهنگی عملیات نمونه‌برداری از مبدأ ۳۴
۲-۱-۱- برگزاری جلسه توجیهی برای مدیران مناطق و آموزشگران ۳۴
۲-۱-۲- آماده‌سازی نقشه‌ی واحدهای نمونه‌برداری از مبدأ ۳۶
۲-۱-۳- آماده‌سازی فرم‌های مستندسازی و پکیج‌های مخصوص آموزشگران مناطق ۳۸
۲-۱-۴- عملیات شناسایی واحدهای خانگی و غیرخانگی ۴۴
۲-۲- عملیات جمع‌آوری نمونه‌ها ۴۵
۲-۲-۱- مبادی تولید ۴۶
۲-۲-۲- خودروهای فان ۴۹
۲-۲-۳- خودروهای سمی‌تریلر ۵۴
۲-۳- عملیات آنالیز فیزیکی نمونه‌ها ۵۶
۲-۳-۱- تجهیز ایستگاه آزادگان ۵۷
۲-۳-۲- توزین نمونه‌ها ۵۷
۲-۳-۳- تعیین درصد اجزاء ۵۷
۲-۳-۴- تعیین چگالی ۵۹
۲-۳-۵- تعیین رطوبت ۵۹
۲-۳-۶- دانه‌بندی ۵۹
۲-۴- عملیات آنالیز شیمیایی نمونه‌ها ۶۰
۲-۴-۱- آماده‌سازی نمونه ۶۰
۲-۴-۲- اندازه گیری ترکیبات فرار و آزمایش خاکستر ۶۴
۳-نتایج ۶۶

۳-۱- آنالیز فیزیکی ۶۶
۳-۱-۱- سرانه پسماند تولیدی در مبدأ ۶۶
۳-۱-۱-۱- پسماند مسکونی ۶۶
۳-۱-۱-۲- کمیت پسماند غیرمسکونی ۶۸
۳-۱-۱-۳- سرانه پسماند شهر تهران ۷۰
۳-۱-۲- ترکیب پسماند تولیدی در مبدأ ۷۲
۳-۱-۲-۱- ترکیب پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ ۷۲
۳-۱-۲-۲- ترکیب پسماند غیرمسکونی شهر تهران در مبدأ ۸۲
۳-۱-۲-۳- تعیین ترکیب پسماند در مبادی تولید (تلفیق پسماند مسکونی و غیرمسکونی) ۸۳
۳-۲- نتایج آنالیز فیزیکی خودروهای مکانیزه (فان) ۹۲
۳-۳- نتایج آنالیز فیزیکی خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه ۱۰۳
۳-۳-۱- پسماند ورودی از ایستگاه‌های انتقال ۱۰۳
۳-۳-۲- پسماند ورودی از سایر شهرها ۱۱۲
۳-۴- دانه‌بندی پسماند ۱۱۳
۳-۵- آنالیز شیمیایی ۱۱۳
۳-۵-۱- آنالیز تقریبی ۱۱۳
۳-۵-۲- آنالیز نهایی و ارزش حرارتی ۱۱۵
۳-۵-۳- بحث ۱۱۵
۳-۵-۳-۱- محاسبه بر اساس آنالیز عنصری ۱۱۷
۳-۵-۳-۲- محاسبه بر اساس درصد وزنی و ارزش حرارتی جزء ۱۱۷
۴-تجزیه و تحلیل آماری ۱۱۹
۴-۱-۱- سرانه ۱۱۹
۴-۱-۱-۱- مقایسه پسماند مسکونی مناطق ۱۱۹
۴-۱-۱-۲- تاثیر خصوصیات خانوار بر سرانه تولید پسماند ۱۲۱
۴-۱-۲- ترکیب پسماند در مبدأ ۱۲۳
۴-۱-۲-۱- پسماند مسکونی ۱۲۳
۴-۱۲-۲- پسماند غیرمسکونی ۱۲۹
۴-۱-۳- ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه ۱۳۰
۴-۱-۳-۱- پسماند تر ۱۳۰
۴-۱-۳-۲- پسماند خشک ارزشمند ۱۳۲
۴-۱-۳-۳- پسماند خشک غیرارزشمند ۱۳۴
۴-۱-۴- ترکیب پسماند سمی‌تریلرها (آرادکوه) ۱۳۵

۴-۱-۵- تحلیل جریان پسماند از کامیون‌های مکانیزه تا مقصد ۱۳۷
۵ نتیجه‌گیری ۱۳۹
۶-منابع و مراجع ۱۴۱
پیوست ۱: فرم‌های مستندسازی ۱۴۲
پیوست ۲: دیاگرام فرایند نمونه‌برداری ۱۴۳

فهرست جداول

جدول ۱- متوسط درصد هر یک از اجزای پسماند تولیدی توسط خانوارهای مناطق ۲۲گانه شهر تهران در پاییز ۱۳۸۷ ..... ۵
جدول ۳- آنالیز پسماند ورودی به مرکز دفع و پردازش آرادکوه در سال ۱۳۹۶ ..... ۶
جدول ۴- تعداد نمونه‌ی مورد نیاز برای شناسایی پسماند به منظور مقاصد برنامه‌ریزی [13] ۱۳
جدول ۵: تعداد نمونه در مکان‌های مختلف ۲۲
جدول ۶: خلاصه نتایج برنامه نمونه‌برداری طرح جامع مدیریت پسماند تهران ۳۳
جدول ۷ – تعداد نمونه‌ی شناسایی شده در هر دسته از کاربری بخش غیرخانگی ۳۶
جدول ۸ - تعداد آموزشگران مورد نیاز مناطق ۲۲ گانه ۴۱
جدول ۹- تقسیم نواحی تحت پوشش آموزشگران در مناطق ۲۲ گانه جهت نمونه‌برداری از منابع خانگی ۴۲
جدول ۱۰ - برنامه‌ی خودروهای مکانیزه جمع‌آوری جهت نمونه‌برداری و تخلیه بار در ایستگاه آزادگان ۵۰
جدول ۱۱ – نمونه‌های برداشت شده از خودروهای مکانیزه جمع‌آوری در ایستگاه آزادگان (۷) و سایر ایستگاه‌ها (#) ۵۳
جدول ۱۲ – برنامه برداشت نمونه از خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه ۵۵
جدول ۱۳- اقلام تفکیکی پسماند ۵۸
جدول ۱۴: سرانه پسماند تولیدی در مبدأ شهر تهران (کیلوگرم در روز) ۷۰
جدول ۱۵: ترکیب اجزای پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ (درصد)، تابستان ۹۷ ..... ۷۳
جدول ۱۶: سه جزء اصلی پسماند تولیدی در واحدهای مسکونی شهر تهران (درصد) ۷۴
جدول ۱۷: ترکیب پسماند شهر تهران در مبدأ (درصد)(تابستان ۹۸) ۸۴
جدول ۱۸: اجزای اصلی پسماند شهر تهران در مبدأ (درصد) ۸۵
جدول ۱۹. ترکیب پسماند شهر تهران در خودروهای مکانیزه (درصد) (تابستان ۱۳۹۸) ۹۳
جدول ۲۰. سه جزء اصلی پسماند خودروهای مکانیزه (فان) (درصد) (تابستان ۱۳۹۸) ۹۴
جدول ۲۱. ترکیب پسماند شهر تهران ورودی به مجتمع آرادکوه (درصد) (تابستان ۱۳۹۸) ۱۰۴
جدول ۲۲. سه جزء اصلی پسماندهای ورودی به مجتمع آرادکوه (درصد) (تابستان ۱۳۹۸) ۱۰۵
جدول ۲۳: نتایج آنالیز تقریبی پسماند شهر تهران ۱۱۴
جدول ۲۴: درصد توزیع عناصر پسماند (با آب) و نتایج ارزش حرارتی ۱۱۶
جدول ۲۵: محاسبه ارزش حرارتی پسماند شهر تهران بر اساس ارزش حرارتی هر جزء ۱۱۸
جدول ۲۶: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد سرانه پسماند در مناطق مختلف تهران ۱۲۰
جدول ۲۷: گروه‌بندی میانگین سرانه مناطق بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه ۱۲۱
جدول ۲۸: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند تر در مبدأ در مناطق مختلف تهران ۱۲۴
جدول ۲۹: گروه‌بندی پسماند تر مناطق تهران بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه ۱۲۵
جدول ۳۰: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک ارزشمند در مبدأ در مناطق تهران ۱۲۶
جدول ۳۱: گروه‌بندی پسماند خشک ارزشمند مناطق تهران بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه ۱۲۷
جدول ۳۲: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵درصد پسماند خشک غیرارزشمند در مبدأ در مناطق تهران ۱۲۸

جدول ۳۳: گروه‌بندی پسماند خشک غیر ارزشمند مناطق تهران بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه..... ۱۲۹
جدول ۳۴: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد ترکیبات پسماند غیرمسکونی..... ۱۳۰
جدول ۳۵: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند تر در خودروهای مکانیزه در مناطق تهران..... ۱۳۱
جدول ۳۶: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک ارزشمند در خودروهای مکانیزه مناطق تهران ۱۳۳
جدول ۳۷: گروه‌بندی میزان پسماند خشک ارزشمند خودروهای مکانیزه در مناطق شهر تهران..... ۱۳۴
جدول ۳۸: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک غیرارزشمند در خودروهای مکانیزه مناطق ۱۳۵
جدول ۳۹: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد ترکیبات پسماند در آرادکوه ۱۳۶
جدول ۴۰: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد ترکیبات پسماند در آرادکوه (بدون داده‌های پرت) ۱۳۶
جدول ۴۱: پارامترهای آماری ترکیبات پسماند در خودروهای مکانیزه و آرادکوه..... ۱۳۷

فهرست اشکال

شکل ۱ - گراف آژانس محیط زیست ایرلند برای نمونه‌برداری از پسماند نواحی شهری)..... ۱۱
شکل ۲ - محدوده‌ی موضعی برنامه‌ی نمونه‌برداری از مبدأ (خطوط قرمز رنگ) ۱۶
شکل ۳ - فرایند آماده‌سازی نمونه برای انجام آنالیزهای شیمیایی (ارزش حرارتی و آنالیز عنصری).....۲۶
شکل ۴ – جلسات توجیهی آموزشگران مناطق ۲۲ گانه..... ۳۵
شکل ۵ – جلسه هماهنگی با مدیران بازیافت مناطق ۲۲ گانه ۳۵
شکل ۶- کروکی واحد خانگی..... ۳۷
شکل ۷- کروکی واحد غیرخانگی..... ۳۷
شکل ۸- نقشه پراکندگی نمونه‌ها در سطح ناحیه ۳۸
شکل ۹- نمونه پکیج آموزشگران..... ۳۹
شکل ۱۰- برگه‌ی اطلاع‌رسانی شهروندان از طرح نمونه‌برداری ۴۰
شکل ۱۱- شناسایی واحدهای خانگی..... ۴۵
شکل ۱۲: دریافت نمونه از منازل مسکونی و انتقال توسط خودروهای ملودی به ایستگاه‌ها..... ۴۷
شکل ۱۳- دریافت کیسه‌ها و تکمیل فرم شماره ۳ توسط ناظر ایستگاه ۴۸
شکل ۱۴- توزیع هدایا بین خانوارهای مشارکت‌کننده در طرح..... ۴۸
شکل ۱۵- برداشت نمونه در ایستگاه‌هایی که خودروی کافی را ارسال ننموده‌اند..... ۵۲
شکل ۱۶- تخلیه‌ی بار خودروهای مکانیزه در سایت آزادگان و دریافت نمونه توسط مشاور ۵۴
شکل ۱۷- برداشت نمونه در مجتمع آرادکوه..... ۵۶
شکل ۱۸: محل عملیات آنالیز در سایت آزادگان..... ۵۷
شکل ۱۹: محل عملیات آنالیز در سایت آزادگان..... ۵۹
شکل ۲۰: الک کردن نمونه‌ها به منظور دانه‌بندی..... ۶۰
شکل ۲۳- تخلیه نمونه‌ها در محوطه کارگاه..... ۶۱
شکل ۲۲ - وارد کردن نمونه‌ها به کراشر..... ۶۲
شکل ۲۳: هم زدن نمونه‌های کراش شده ۶۲
شکل ۲۴: نمونه‌های دوبار کراش شده..... ۶۳
شکل ۲۵: نمونه‌های سه بار کراش شده ۶۳
شکل ۲۶: نمونه‌های کراش شده زیر ۲ سانتی متر به همراه شیرابه ۶۳
شکل ۲۷: خشک کردن نمونه‌ها در آون..... ۶۴
شکل ۲۸: کوره آزمایش ۶۵

فهرست نمودار

نمودار ۱:سرانه پسماند خانگی تولیدی در مناطق ۲۲ گانه (تابستان ۹۸)..... ۶۷
نمودار ۲: سرانه پسماند غیرخانگی به تفکیک کاربری‌ها (تابستان ۱۳۹۸)..... ۶۸
نمودار ۳: سرانه پسماند غیرمسکونی تولیدی در شهر تهران (تابستان ۱۳۹۸)..... ۶۹
نمودار ۴: سرانه پسماند تولیدی در شهر تهران (تابستان ۹۸)..... ۷۱
نمودار ۵: ترکیب پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)..... ۷۵
نمودار ۶: مقایسه اجزای اصلی ترکیب پسماند در مبدا - آنالیز سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۸..... ۷۵
نمودار ۶: اجزاء اصلی پسماند مسکونی به تفکیک مناطق..... ۸۰
نمودار ۷: میزان جزء تر پسماند مسکونی تولیدی در شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)..... ۸۱
نمودار ۹: میزان اقلام خشک ارزشمند در پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)..... ۸۱
نمودار ۱۰: پسماند خشک غیرارزشمند در واحدهای مسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)..... ۸۲
نمودار ۱۱: ترکیب پسماند غیرمسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)..... ۸۳
نمودار ۱۱:ترکیب اجزای پسماند شهر تهران در مبدأ (تابستان۹۸)..... ۸۶
نمودار ۱۲: درصد اجزای اصلی پسماند شهر تهران به تفکیک مناطق..... ۹۰
نمودار ۱۳: پسماند غذایی شهر تهران به تفکیک مناطق در مبدأ..... ۹۱
نمودار ۱۴: پسماند خشک ارزشمند شهر تهران به تفکیک مناطق در مبدأ..... ۹۱
نمودار ۱۵: پسماند خشک غیرارزشمند شهر تهران به تفکیک مناطق در مبدأ..... ۹۲
نمودار ۱۶. میانگین ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه (فان) (تابستان ۱۳۹۸)..... ۹۵
نمودار ۱۷. میزان جزء تر پسماند ورودی ایستگاه‌های انتقال در مناطق (تابستان ۱۳۹۸)..... ۹۶
نمودار ۱۸. میزان جزء خشک ارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۱۳۹۸)..... ۹۶
نمودار ۱۹. میزان جزء خشک غیرارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۱۳۹۸)..... ۹۷
نمودار ۲۰. میزان جزء خشک غیرارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۱۳۹۸)..... ۹۷
نمودار ۲۱. درصد اجزای اصلی پسماند خودروهای مکانیزه (فان) به تفکیک مناطق (تابستان ۱۳۹۸)..... ۱۰۲
نمودار ۲۲. میانگین ترکیب پسماند خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)..... ۱۰۶
نمودار ۲۳. میزان جزء تر پسماند در خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)..... ۱۰۷
نمودار ۲۴. میزان اقلام خشک ارزشمند پسماند در خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)..... ۱۰۷
نمودار ۲۵. میزان اقلام خشک غیرازشمند در خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)..... ۱۰۸
نمودار ۲۶. میزان جزء خشک غیرارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۹۸)..... ۱۰۸
نمودار ۲۷. درصد اجزای اصلی پسماند ورودی به مجتمع آرادکوه به تفکیک ایستگاه‌های انتقال (تابستان ۱۳۹۸)..... ۱۱۱
نمودار ۲۸: نمودار دانه‌بندی پسماند ورودی به سایت آرادکوه..... ۱۱۳
نمودار ۲۹: رابطه بعد خانوار و سرانه تولید پسماند خانگی در شهر تهران..... ۱۲۲
نمودار ۳۰: ارتباط سطح سواد با سرانه تولید پسماند در جامعه تحت مطالعه..... ۱۲۲

نمودار ۳۱: نمودار جعبه‌ای میزان پسماند تر در خودروهای مکانیزه مناطق ۲۲گانه..... ۱۳۲
نمودار ۳۲: نمودار جعبه‌ای پسماند تر و نمایش داده‌های پرت..... ۱۳۷

گزارش عملیات نمونه‌برداری نوبت اول طرح جامع پسماند شهر تهران

چکیده

در این گزارش، به ارائه روش‌شناسی و نتایج عملیات نمونه‌برداری از پسماند شهر تهران در نوبت اول که در چارچوب مطالعات طرح جامع مدیریت پسماند شهر تهران انجام شده است، پرداخته شده است. این گزارش مشتمل بر مبانی طراحی دستورالعمل عملیات نمونه‌برداری، بیان نحوه‌ی اجرای عملیات، ارائه‌ی نتایج و جمع‌بندی و نتیجه‌گیری است. در این راستا، در بخش اول ابتدا مطالعات مرتبط گذشته در شهر تهران مرور و سپس دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی معرفی و الزامات آن‌ها بررسی شده است. براین اساس، تعداد نمونه مورد نیاز در دو بخش نمونه‌برداری از مبدأ (شامل خانگی و غیرخانگی) و هم‌چنین نمونه‌برداری از مقصد (شامل نمونه‌برداری از ورودی ایستگاه‌های انتقال و محل‌های دفع) مشخص شده است. در نهایت، برنامه‌ی اجرایی نمونه‌برداری شامل تعیین ماشین‌آلات، نیروی انسانی و تجهیزات مورد نیاز و زمان‌بندی نمونه‌برداری آورده شده است. در بخش دوم روش انجام عملیات شامل نحوه‌ی مستندسازی، عملیات شناسایی، جمع‌آوری، انتقال و ذخیره نمونه‌ها و همچنین نحوه انجام عملیات آنالیز فیزیکی و شیمیایی ارائه شده است.

در بخش سوم نتایج حاصل از عملیات شامل تعیین میزان سرانه، ترکیب پسماند، میزان رطوبت، دانه‌بندی، چگالی، نتایج آنالیز شیمیایی به تفکیک منابع دریافت نمونه‌ها ارائه و تحلیل آماری بر روی نتایج انجام شده است. در بخش پایانی نیز جمع‌بندی و ارائه‌ی پیشنهادات به منظور لحاظ کردن در نمونه‌برداری نوبت دوم ارائه شده است.

بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده، سرانه تولید پسماند در شهر تهران برابر ۷۶۴ گرم بر روز است که از این میان، ۴۹۲ گرم مربوط به بخش خانگی و ۲۷۲ گرم به بخش غیرخانگی اختصاص دارد. سرانه مذکور با در نظر گرفتن دو فرض اساسی محاسبه شده است: ۱) میزان پسماند دریافتی از واحدهای غیرخانگی، مبیّن میزان واقعی تولید پسماند نبوده است؛ و ۲) میزان پسماند تفکیک‌شده از مخازن توسط بخش غیررسمی که عمدتا به‌صورت شبانه فعالیت دارند، برابر میزانی است که توسط پیمانکار رسمی منطقه اظهار می‌شود. از آنجا که محاسبه تناژ روزانه تولید پسماند با استفاده از سرانه‌ی حاصل از نمونه‌برداری، دقیقا برابر مجموع تناژ ورودی به ایستگاه‌های انتقال و تناژ بازیافت‌شده توسط پیمانکاران خشک بوده است، لذا سهم بازیافت‌شده توسط بخش غیررسمی (۶۳۰ تن در روز) به میزان سرانه افزوده شده است.

نتایج کلی ترکیبات پسماند در شهر تهران نشان می‌دهد که:

- میزان پسماند فسادپذیر در مبدأ برابر ۵۸ درصد است که این عدد در بخش خانگی برابر ۶۴ درصد و در بخش غیرخانگی برابر ۴۳ درصد محاسبه شده است؛
- میزان پسماند فسادپذیر در خودروهای مکانیزه‌ی تمام مناطق دارای میزان یکسانی از نظر آماری هستند و تفاوتی دیده نمی‌شود که این مسئله حاکی از نرخ تفکیک از مخزن یکسان در تمام مناطق است؛
- میزان پسماند فسادپذیر در آرادکوه کمتر از میزان آن در خودروهای مکانیزه به‌دست آمده است. انتقال رطوبت از پسماند فسادپذیر به سایر اجزا، یکی از دلایل این مسئله می‌تواند باشد؛ ضمن این‌که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نیست؛
- ارزش حرارتی پسماند شهر تهران برابر ۸۵۹۰ کیلوژول بر کیلوگرم محاسبه شد که بالاتر از تخمین‌ها و اندازه‌گیری‌های پیشین است. این مسئله می‌تواند ناشی از دقت پایین فرایند

۱- برنامه‌ی پیشنهادی عملیات نمونه‌برداری

به منظور انجام طرح جامع مدیریت پسماند شهر تهران، نمونه‌برداری از جریان پسماند تولیدی در دستور کار قرار دارد. این برنامه نمونه‌برداری به صورتی طراحی می‌شود تا موارد زیر را تعیین کند:

الف- میانگین ترکیب پسماند تولیدی در شهر تهران در طول سال

ب- مشخصات فیزیکی پسماند مانند درصد رطوبت، چگالی و دانه‌بندی

ج- مشخصات شیمیایی پسماند نظیر عناصر تشکیل‌دهنده، ارزش حرارتی، ...

د- تغییرات مکانی و زمانی عوامل ذکر شده در بخش‌های الف و ب

هـ- عوامل تاثیرگذار در تغییرات مشخصات فیزیکوشیمیایی پسماند

هدف اصلی از برنامه‌ی فوق، شناسایی و ترسیم روند تغییرات میزان و ترکیبات پسماند در طول مسیر خود از مبدأ تولید تا ورود به خطوط پردازش و مشخصات فیزیکی شیمیایی پسماند وارده شده به مرکز دفع است. این هدف کلان به اهداف جزئی زیر قابل تجزیه است:

- تعیین سرانه پسماند خانگی و برآورد سهم سایر منابع تولید؛
- تعیین ترکیبات پسماند تولیدی به همان‌صورتی که در مبدأ تولید شده است برای مشخص شدن میزان اجزای خشک ارزشمند و قابل بازیافت و پتانسیل اقتصادی آن؛
- شناسایی ترکیبات پسماند در ایستگاه‌های انتقال و به تبع آن تعیین نقش و میزان تفکیک (اعم از رسمی و غیر رسمی) از ظروف ذخیره در محل بر ترکیبات پسماند؛
- تعیین ترکیبات پسماند در ورودی محل دفن به منظور بررسی پتانسیل اقتصادی بازیافت اجزای خشک، شناسایی تغییرات صورت گرفته در محل ایستگاه انتقال و تعیین نسبت نهایی پسماند آلی فسادپذیربه پسماند خشک برای مقاصد پردازش؛
- تعیین مشخصات فیزیکوشیمیایی پسماند جهت امکان‌سنجی فنی اجرای سیستم‌های مختلف نگهداری در محل، جمع‌آوری، پردازش و دفع.

به منظور تحقق اهداف فوق لازم است نمونه‌برداری در چند مقطع و در طول زمان انجام شود. در اینجا منظور از زمان، مواقعی است که انتظار می‌رود تغییرات معنی‌داری در مشخصات فیزیکوشیمیایی پسماند تولیدی در شهر تهران حاصل شود.

در ادامه، ابتدا به بررسی سابقه‌ی مطالعات انجام شده در شهر تهران پرداخته خواهد شد و کاستی‌های موجود مورد بحث قرار خواهد گرفت. سپس با مرور ادبیات فنی، انواع روش‌ها و دستورالعمل‌های مختلف درباره‌ی نمونه‌برداری از پسماند معرفی و الزامات هر یک درباره جنبه‌های مختلف نمونه‌برداری بیان می‌شود. سپس سیستم نمونه‌برداری برای شهر تهران طراحی شده و ملاحظات ضروری آورده خواهد شد.

۱–۱– مروری بر مطالعات گذشته

سابقه‌ی مدون از آنالیز پسماند تهران به سال ۱۳۶۲ بازمی‌گردد. تاکنون در مقاطع مختلف پسماند تهران مورد آنالیز فیزیکی و شیمیایی قرار گرفته است. آنالیزهای صورت گرفته در مقاطع زمانی متفاوت و با رویکردهای متفاوت صورت پذیرفته است و از الگوی یکسان برخوردار نبوده است. این امر موجب شده است که روند تغییرات ترکیبات پسماند تهران قابل ارزیابی بلندمدت نباشد. در ادامه سعی شده است برنامه‌های شاخص آنالیز پسماند که اطلاعات آن در دسترس بوده است مرور شود. عمده‌ی این مطالب از مرجع [1] گرفته شده است.

۱–۱–۱– آنالیز فیزیکی پسماند (در مبدأ) در اواسط سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۶۴

روش مورد استفاده در این تحقیق توسط ستاد مرکزی طرح تهیه کود آلی وزارت کشور ارائه شده است. در این تحقیق که به مدت دو سال ادامه داشته است، پسماند از درب منازل جمع آوری شده و برای انجام آنالیز فیزیکی به کارگاه آنالیز ارسال شده است. تعداد کل نمونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق ۶۰۶۰ واحد نمونه برای چهار فصل سال بوده است. بدین ترتیب که در هر فصل به صورت تصادفی به ۳۰۳ بلوک شهری مراجعه و سپس پنج خانوار به عنوان نمونه مورد مطالعه قرارگرفته‌اند.

۱–۱–۲– طرح آنالیز فیزیکی پسماند (در مبدأ) از بهمن ماه سال ۱۳۶۹

این طرح توسط اداره کودگیاهی (سازمان بازیافت) به مدت یک سال و به تفکیک منطقه انجام شده است. در این طرح با مشاوره کارشناسان مرکز آمار ایران، از تمامی مناطق، خانوارهایی به عنوان نمونه انتخاب شده و کیسه‌های زباله هر منطقه پس از توزین، مخلوط شده و اندازه‌گیری‌های لازم برای تعیین چگالی، دانه‌بندی زباله و آنالیز فیزیکی انجام شده است.

۱–۱–۳– آنالیز فیزیکی در محل دفن – سال‌های ۱۳۷۸–۱۳۷۹

در این طرح نمونه‌برداری از سمی‌تریلرهای ورودی به محل دفن صورت پذیرفته است. در هر روز کاری از هر ماه، نمونه‌ای به حجم یک بشکه از قسمت‌های ابتدا، انتها و وسط سمی‌تریلر انتخاب گردیده و مورد آنالیز فیزیکی قرار گرفته است. این طرح به مدت ۱۴ ماه ادامه یافته و از تمامی مناطق نمونه‌هایی برای انجام آنالیز فیزیکی انتخاب شده است.

۱-۱-۴- آنالیز فیزیکی در محل دفن - سال ۱۳۸۲

در این طرح نیز نمونه‌برداری از سمی‌تریلرهای ورودی به محل دفن صورت پذیرفته است و مورد آنالیز فیزیکی قرار گرفته است. این طرح به مدت یک سال ادامه یافته و در انتخاب نمونه‌ها سعی شده است تمامی مناطق تحت پوشش قرار گیرد. این طرح به مدت یک سال و در طول سال ۱۳۸۲ انجام گرفته است.

۱-۱-۵- آنالیز فیزیکی پسماند در مبدأ، ایستگاه انتقال و محل دفن-سال ۱۳۸۷

طرح نمونه‌برداری انجام شده در سال ۱۳۸۷ توسط معاونت امور مناطق سازمان بازیافت و تبدیل مواد (نام سابق سازمان مدیریت پسماند) انجام شده است. سرانه متوسط پسماند خانگی اندازه‌گیری شده در این طرح برای مناطق ۲۲ گانه شهر تهران برابر ۵۳۰ گرم در روز است. در این تحقیق آنالیز فیزیکی در سه سطح شامل (۱) مبادی تولید شامل منابع خانگی و غیرخانگی (۲) ورودی ایستگاه‌های انتقال و (۳) ورودی مرکز دفع و پردازش آرادکوه انجام شده است. طبق مدارک موجود، روش کلی اخذ نمونه‌ها در هر یک از مراحل، تلفیقی از توصیه‌های ASTM، WHO و روش‌های نمونه‌گیری و آماری متداول بوده است.

در برخی از ایستگاه‌های خدمات شهری، جداسازی مواد ارزشمند از پسماند ورودی به ایستگاه انجام می‌شود. از آن‌جا و این امر بر کیفیت و همچنین کمیت پسماند ارسال شده به مرکز دفع و پردازش آرادکوه اثرگذار است و این امر یکی از دلایل آنالیز مجدد در مرکز دفع بوده است. این آنالیز معرف پسماند خروجی از ایستگاه انتقال و هم‌چنین پسماند ارسال شده به مرکز دفع از مبادی غیر از ایستگاه‌های انتقال است.

در نمونه‌برداری از خودروهای جمع‌آوری از استاندارد ASTM D5231 با دقت ۱۰ درصد و سطح اطمینان ۹۰ درصد استفاده شده است. پس از انجام آنالیزها، سطح دقت واقعی محاسبه و با میزان ۱۰ درصد فرض شده، مقایسه خواهد شد.

در بخش تولیدکنندگان پسماند خانگی با توجه به وجود طبقات اجتماعی مختلف در شهر و وجود تفاوت‌های فرهنگی در سطح مناطق و نواحی شهری، نمونه‌گیری با روش طبقه‌بندی دو مرحله‌ای متناسب با تراکم جمعیتی در هر یک از طبقات به تفکیک منطقه و ناحیه، انجام شده است. در این نمونه‌گیری طبقات اصلی معادل مناطق و طبقات فرعی معادل نواحی هر منطقه فرض شده است. ایراد اصلی در محاسبه تعداد نمونه در این گزارش، تعیین تعداد نمونه بر اساس یک خطای مشخص در سطح کل شهر تهران و سپس گزارش نتایج به صورت منطقه‌ای است. در این حالت، خطای نتایج مناطق بسیار بیشتر از خطای کل شهر تهران خواهد بود. در نتیجه تعداد نمونه برای رسیدن به یک خطای مشخص باید برای هر منطقه به صورت مجزا محاسبه شود.

در بخش تولیدکنندگان پسماند غیرخانگی نیز روش نمونه‌گیری با طبقه‌بندی دو مرحله‌ای انتخاب گردید. در این بخش طبقات اصلی شامل هشت گروه عمده فعالیت‌های شهر تهران و بسته به ماهیت کلی فعالیت‌های مربوطه، تعداد زیرطبقات بین شش الی بیست و هشت متغیر است. مبنای این گروه‌بندی نیز به گونه‌ای انتخاب شده است که با اطلاعات موجود در بانک اطلاعات املاک شهرداری تهران هم‌خوانی داشته باشد تا در صورت نیاز بتوان یافته‌های این پژوهش را در قالب بانک اطلاعاتی مذکور منطبق نمود. در شکل ۲-۱ نیز میانگین اجزای خشک پسماند خانگی شهر تهران بر اساس این مطالعات ارائه شده است.

۱-۱-۶- آنالیز فیزیکی پسماند در مدفن در سال ۱۳۹۶

در سال‌های اخیر، آنالیز فیزیکی فصلی در ورودی مرکز دفع و پردازش آرادکوه در دستور کار سازمان مدیریت پسماند قرار گرفته است. در جدول ۲ آنالیز مربوط به سال ۱۳۹۶ ارائه شده است.

جدول ۱- متوسط درصد هر یک از اجزای پسماند تولیدی توسط خانوارهای مناطق ۲۲گانه شهر تهران در پاییز ۱۳۸۷

منطقه	نان	پلاستیک	پت	مشمع	طلق	فوم	کاغذ	مقوا	آهنی	فلزات غیر آهنی	پارچه	شیشه	چوب	لاستیک	چرم	خاک	تتراپک	ویژه	پسماند تر	سایر
۱	3.70	3.70	1.60	2.30	0.60	0.20	7.50	7.80	1.40	1.20	0.40	2.50	0.10	0.00	0.30	0.00	0.10	1.10	65.10	0.60
۲	3.50	3.00	1.30	4.50	0.50	0.10	8.30	3.20	2.00	0.60	0.80	2.50	0.40	0.10	0.20	0.30	0.30	2.70	65.40	0.40
۳	2.40	3.00	1.90	4.10	0.30	0.20	7.10	4.40	1.10	0.30	0.80	1.40	0.90	0.40	0.00	0.00	0.30	2.30	69.30	0.00
۴	4.80	2.50	0.80	3.70	0.70	0.40	3.90	5.50	1.50	0.40	1.10	1.80	0.60	0.60	0.10	0.70	0.30	1.80	68.90	0.00
۵	4.20	2.70	1.30	2.90	0.70	0.10	7.00	4.30	0.80	0.90	0.70	2.00	0.60	0.10	0.10	0.40	0.20	2.90	68.10	0.10
۶	3.30	2.70	0.80	2.60	0.10	0.10	11.30	4.50	1.30	1.00	1.20	3.40	0.00	0.30	0.10	0.00	0.30	4.50	62.00	0.30
۷	5.40	2.90	1.20	2.90	0.30	0.20	5.60	2.80	2.80	0.80	1.00	3.60	0.20	0.00	0.30	0.60	1.10	2.80	65.50	0.00
۸	5.30	3.10	1.50	3.00	0.70	0.30	5.90	3.50	1.60	0.10	2.90	1.60	0.00	0.30	0.00	0.10	0.30	2.00	67.60	0.10
۹	4.60	3.70	1.20	3.90	0.60	0.30	5.30	3.60	2.90	0.30	2.00	2.20	1.90	0.40	0.10	1.30	0.30	2.90	62.60	0.10
۱۰	4.40	1.90	0.90	1.90	0.80	0.90	3.90	3.50	3.10	1.40	2.60	1.20	3.00	1.70	1.20	2.20	1.20	4.80	58.90	0.50
۱۱	6.10	2.60	1.50	2.40	0.40	0.50	5.40	2.60	4.00	0.00	1.20	1.90	0.00	0.10	0.00	0.10	0.50	0.00	70.70	0.00
۱۲	3.00	4.20	1.60	2.80	0.30	0.20	5.60	4.70	1.70	0.20	1.50	1.20	0.00	0.00	0.10	0.20	0.20	3.60	67.40	1.40
۱۳	5.30	2.20	1.00	4.40	0.80	0.40	5.10	4.20	2.50	0.50	1.10	1.90	0.20	0.20	0.10	1.10	0.30	3.80	64.70	0.10
۱۴	3.80	2.20	0.80	2.40	0.30	0.10	3.60	6.70	1.90	0.20	1.30	0.50	0.40	0.00	0.10	0.00	0.20	1.00	74.50	0.00
۱۵	5.70	2.40	1.00	3.60	0.80	0.10	4.50	3.70	2.80	0.00	1.50	2.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	3.10	68.00	0.30
۱۶	5.80	1.40	1.00	4.10	0.60	0.20	3.00	4.60	1.80	0.00	0.60	0.90	0.10	0.00	0.00	0.70	0.10	4.00	71.00	0.00
۱۷	5.30	3.00	0.90	3.30	0.50	0.20	4.50	2.90	2.00	0.10	0.70	1.30	0.30	0.00	0.20	0.20	0.10	0.80	73.40	0.40
۱۸	3.00	2.60	1.20	2.20	1.40	0.10	5.50	0.80	2.40	0.10	0.80	2.10	0.10	0.90	0.00	1.50	0.10	2.40	72.70	0.00
۱۹	5.10	2.70	1.70	3.60	0.20	0.20	3.60	4.30	2.20	0.20	1.80	1.20	0.30	0.00	0.00	0.40	0.10	3.50	68.80	0.20
۲۰	3.00	1.20	0.60	2.50	0.40	0.20	3.00	2.60	1.60	0.20	1.20	2.30	0.10	0.60	0.00	0.70	0.50	2.20	77.00	0.00
۲۱	5.40	2.50	1.70	3.50	0.90	0.40	5.50	4.10	3.20	0.50	1.30	1.40	0.20	0.00	0.50	0.10	0.50	1.30	66.60	0.30
۲۲	4.20	2.40	0.90	3.10	0.60	0.20	4.80	4.00	2.70	0.20	1.70	2.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.20	1.40	71.60	0.00
میانگین	4.40	2.60	1.20	3.20	0.60	0.20	5.50	4.20	2.00	0.40	1.20	1.90	0.40	0.30	0.10	0.50	0.30	2.50	68.30	0.20

جدول ۲- آنالیز پسماند ورودی به مرکز دفع و پردازش آرادکوه در سال ۱۳۹۶

ردیف	نام مواد	فصل بهار	فصل تابستان	فصل پائیز	فصل زمستان	میانگین
1	نان	0.95	0.93	0.80	0.92	0.90
2	پلاستیک	2.44	3.01	2.31	3.27	2.76
3	پت	1.24	1.73	1.38	1.11	1.37
4	مشمع	6.87	8.95	7.28	6.60	7.43
5	کاغذ	3.97	4.69	3.74	3.71	4.03
6	مقوا	5.23	7.30	4.95	4.27	5.44
7	فلزات آهن	0.82	1.13	0.79	0.84	0.90
8	فلزات غیر آهنی	0.54	0.60	0.44	0.36	0.49
9	پارچه	4.11	5.67	4.46	3.84	4.52
10	شیشه	1.81	2.10	1.89	1.99	1.95
11	چوب	0.38	0.93	0.92	0.81	0.76
12	چرم	0.20	0.47	0.36	0.66	0.42
13	خاک و نخاله	0.69	1.48	1.56	0.99	1.18
14	تتراپک	0.77	1.57	1.42	0.46	1.06
15	ضایعات ویژه	5.78	6.38	5.27	5.87	5.83
16	فوم	0.49	0.95	0.67	0.63	0.69
17	طلق	1.30	1.16	1.38	1.47	1.33
18	لاستیک	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01
19	باتری	0.05	0.08	0.05	0.03	0.05
20	گونی	0.00	0.00	0.00	0.37	0.09
21	پسماند تر	62.33	50.71	60.33	61.65	58.76

۱-۲- دستورالعمل‌های نمونه‌برداری

روش‌های مختلفی عمدتا در کشورهای توسعه یافته برای تعیین مشخصات کمّی و کیفی پسماند تدوین شده است. محتوای اصلی بسیاری از این روش‌ها عبارت است از مطالبی درباره کلاس‌بندی[1]، تعیین اندازه‌ی نمونه، وزن نمونه، محل نمونه‌برداری، فرایند انجام نمونه‌برداری، تجهیزات مورد نیاز، مباحث بهداشتی و

[1] Stratification

ایمنی، و نحوه‌ی گزارش نتایج. برخی از این روش‌ها در ادامه آورده شده و الزامات اساسی آن‌ها در بخش‌های بعد مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۱) استاندارد ASTM D5231- 92(2016)
۲) دستورالعمل اتحادیه اروپا (SWA-Tool)
۳) راهنمای برنامه محیط زیست ملل متحد (UNEP)
۴) دستورالعمل سازمان محیط زیست ایرلند
۵) دستورالعمل وزارت محیط زیست کانادا
۶) دستورالعمل Nordtest
۷) راهنمای مدیریت جامع پسماند بانک توسعه آسیایی
۸) پروتکل سازمان محیط زیست نیوزلند
۹) روش دپارتمان بازیافت منابع کالیفرنیا

۱-۲-۱- الزامات روش‌های نمونه‌برداری مختلف

دستورالعمل‌های مورد اشاره در فوق در مواردی چند با یک‌دیگر مشابهت‌ها و تفاوت‌هایی دارند. در این قسمت ضمن بررسی این موارد، تلاش خواهد شد روش‌شناسی مناسب برای انجام مطالعات شهر تهران استخراج شود.

۱-۲-۱-۱- محل نمونه‌برداری

بررسی ادبیات موضوع حاکی از آن است که نمونه‌برداری از پسماند در چهار بخش ذیل قابل تعریف است:

۱) نمونه‌برداری از مبدأ (شامل منازل مسکونی، واحدهای تجاری و واحدهای اداری)
۲) نمونه‌برداری از ظروف ذخیره در محل
۳) نمونه‌برداری از ایستگاه‌های انتقال
۴) نمونه‌برداری از محل دفع نهایی

که موارد ۳ و ۴ به صورت نمونه‌برداری از خودروی جمع‌آوری قابل تجمیع هستند. با این وجود، برخی دستورالعمل‌ها مانند ASTM صرفاً بر نمونه‌برداری از ایستگاه‌های انتقال و محل دفع [2] و برخی مانند دستورالعمل کشور ایرلند صرفاً بر نمونه‌برداری از خانوار تمرکز دارند [3]. راهنمای مطالعات شناسایی پسماند در ایالت واشنگتن عنوان می‌کند در صورتی که عملیات شناسایی پسماند در ایستگاه انتقال انجام می‌شود، نباید عملیات در محل دفع نیز انجام شود، مگر اینکه برخی پسماندها بدون اینکه به هیچ ایستگاه انتقالی وارد شوند، مستقیماً به محل دفن حمل شوند. در این حالت، نمونه‌برداری در هر دو نقطه (ایستگاه

انتقال و محل دفن) توصیه می‌شود [4]. دستورالعمل اتحادیه اروپا ضمن تقسیم محل‌های نمونه‌برداری - که از آن به سطح نمونه‌برداری[1] تعبیر می‌کند- به سه سطح نمونه‌برداری از خانوار، از ظروف ذخیره در محل و از خودروی جمع‌آوری، پیش‌نیازهایی را برای تعیین سطح مناسب مطرح می‌کند [5]. در وهله‌ی اول، سطح نمونه‌برداری مورد استفاده باید الزامات آماری مد نظر را تامین کند. هم‌چنین باید امکان انطباق و ارزیابی معیار کلاس‌بندی سطح خانوار مانند ساختار مسکونی و نوع سیستم جمع‌آوری با نتایج آنالیز پسماند را فراهم کند. در نهایت، سطح نمونه‌برداری نباید موجب ایجاد صعوبت در فرایند تفکیک دستی و آنالیز پسماند شود. نمونه‌برداری از خانوار علیرغم تامین کلیه‌ی معیارهای بالا با دو مشکل اساسی روبرو است؛ مشکل اول دسترسی به خانوارها و ظروف موجود درون منازل و مشکل دوم نیز امکان تغییر در رفتار تولید پسماند شهروندان پس از مطلع شدن از فرایند نمونه‌برداری است. نمونه‌برداری از ماشین جمع‌آوری (پایین‌ترین سطح) به دلیل مخلوط بودن پسماند خانگی، اداری و تجاری، موجب عدم امکان انطباق نتایج آنالیز فیزیکی با نتایج نمونه‌برداری از خانوار خواهد بود. به باور این دستورالعمل، فرایند مخلوط و یک چهارم سازی بارِ خودروی جمع‌آوری برای آنالیز آن باعث افزایش خطاهای آماری نمونه‌برداری شده و در نتیجه الزامات مد نظر طرح را برآورده نمی‌کند [5].

از سوی دیگر، برخی دستورالعمل‌ها مانند وزارت محیط زیست کانادا، با تقسیم فرایند نمونه‌برداری به خانوار-محور[2] و لندفیل-محور[3]، انتخاب یکی یا ترجیحاً ترکیبی از این دو روش نمونه‌برداری را وابسته به اهداف طرح و در دسترس بودن منابع (زمان و بودجه) می‌داند [6]. نمونه‌برداری از خانوار دارای انعطاف بیشتری بوده و امکان کلاس‌بندی یک بخش به چندین زیرگروه با خصوصیات تولید پسماند مشابه را فراهم می‌کند. از سوی دیگر، نمونه‌برداری در محل دفن ساده‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر است. به علاوه، نمونه‌برداری در محل دفن می‌تواند دید بهتری از کل جریان پسماند ورودی به محل دفن و تخمین مناسب‌تری از حجم پسماندهای حجیم به‌دست دهد. دستورالعمل UNEP نیز توصیه‌های مشابهی برای انتخاب محل نمونه‌برداری دارد [7].

[1] Level of Sampling

[2] Generator-based

[3] Landfill-based

۱-۲-۱-۲- اندازه (تعداد) نمونه

تعیین اندازه نمونه[1] از پارامترهای اصلی طراحی هر سیستم نمونه‌برداری است. اساساً هر برنامه نمونه‌برداری بر اساس مبانی علم آمار طراحی می‌شود. ازآن‌جاکه نمونه‌برداری در تمامی المان‌های یک جامعه از منظر زمان و هزینه امکان‌پذیر نیست، لذا می‌بایست تعداد نمونه‌ای که بتواند معرف شرایط کلی جامعه آماری باشد، تعیین شود. این آیتم تحت عنوان اندازه نمونه شناخته می‌شود.

به منظور تعیین نمونه‌های مورد نیاز جهت آنالیز و دستیابی به ترکیب پسماند روش‌های مختلفی وجود دارد. در این روش‌ها که مبتنی بر روابط آماری هستند، عموماً مواردی از قبیل سطح اطمینان مورد نیاز، خطای قابل قبول، و میانگین و انحراف معیار اجزای پسماند مورد نیاز است.

بسیاری از دستورالعمل‌ها و کتب مرجع از رابطه آماری مشابهی برای تعیین تعداد نمونه استفاده می‌کنند[9] ,[8] ,[2]. به عنوان مثال، ASTM رابطه زیر را برای برآورد حداقل تعداد نمونه در یک جامعه پیشنهاد می‌کند:

$$n = \left(\frac{t \times s}{e \times \bar{x}}\right)^2$$

که در آن:

- n: حداقل تعداد نمونه مورد نیاز
- t: آماره متناسب با سطح اطمینان
- s: انحراف معیار جزء حاکم در نمونه
- e: میزان خطای قابل قبول
- $\bar{x}$: میانگین جزء حاکم در نمونه

مقادیر آماره t به عنوان تابعی از تعداد نمونه‌ها و سطح اطمینان در پیوست ۱ آورده شده است. در این روش، مثلا در محدوده اطمینان ۹۰٪، ابتدا در حالت تعداد نمونه بینهایت، مقدار t=1.645 انتخاب می شود. سپس، تعداد نمونه در رابطه قرار می‌گیرد و آماره‌ی t اصلاح شده به‌دست می آید. سپس مقدار آماره‌ی $t_{90\%}$ متناظر با n بدست آمده محاسبه خواهد شد. نهایتا از $t_{90\%}$ تعیین شده برای محاسبه n نهایی به روش تکرار استفاده خواهد شد. این فرآیند تا زمانی که اختلاف مقدار n به کمتر از ۱۰ درصد برسد ادامه یافته و در نهایت n بزرگتر انتخاب می‌شود.

[1] Sample size

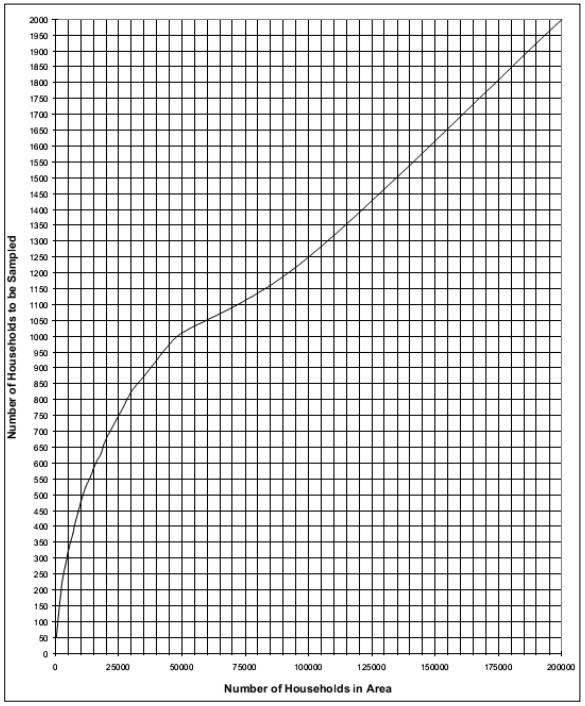
یکی از موارد مهم در کاربرد رابطه فوق، انتخاب سطح اطمینان[1] مناسب است. استاندارد ASTM-D5231 به صورت ضمنی انتخاب یکی از دو عدد ۹۰٪ یا ۹۵٪ را پیشنهاد می‌کند [2]، در صورتی که اتحادیه اروپا حداقل قابل قبول را ۹۵٪ در نظر می‌گیرد [5]. با این وجود، برخی دستورالعمل‌ها استفاده از مقادیر کمتر تا ۸۰٪ را نیز کافی می‌دانند [7] ,[4].

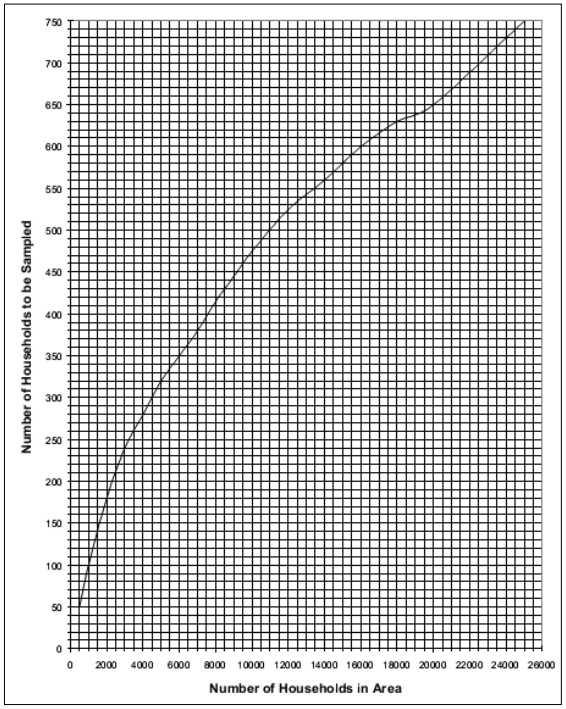
رابطه فوق عمدتا برای نمونه‌برداری از خودروهای جمع‌آوری در ایستگاه میانی یا محل دفن استفاده می‌شود. سازمان محیط زیست نیوزلند با رویکردی مشابه، انتخاب ۵۰۰-۳۰۰ خودروی جمع‌آوری را برای به‌دست آوردن دقتی در حدود ۲۰-۱۰ درصد (بر اساس خصوصیات پسماند نیوزلند) پیشنهاد می‌کند [10].

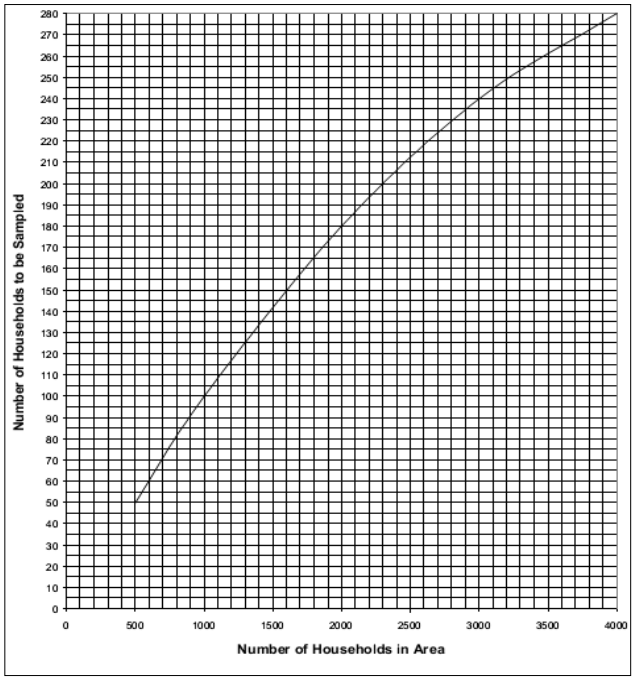
در صورتی که نمونه‌برداری از خانوار مد نظر باشد، دستورالعمل‌های مختلف اعداد و ارقام مختلفی را توصیه کرده اند که انتخاب یکی از این ارقام تا حدودی دشوار است. در این میان، سازمان محیط زیست ایرلند نمودارهایی برای انتخاب تعداد خانوار برای نمونه‌برداری با توجه به تعداد کل خانوار موجود ارائه کرده است (شکل ۱). مطابق این نمودار، با افزایش تعداد خانوار از ۵۰۰ به بیش از ۲۰۰,۰۰۰، درصد خانوارهایی که باید نمونه‌برداری شوند از ۱۰٪ به ۱٪ کاهش می‌یابد[3].

دستورالعمل Nordtest برای نمونه‌برداری از خانوار در یک جامعه مشخص، بین ۲۰۰-۱۰۰ خانوار را توصیه می‌کند که معادل ۲/۵-۱ تن پسماند طی یک بازه‌ی یک هفته‌ای خواهد شد. در صورتی که کلاس‌بندی از منظر کلاس اجتماعی-اقتصادی، نوع خانه و طبقات، سایز خانوار و غیره انجام شده باشد، برای هر کلاس بین ۱۰۰-۴۰ خانوار قابل توصیه است. این دستورالعمل توضیحات بیشتری در مورد حجم جامعه مورد بحث ارائه نمی‌کند [8]. با این حال برای شهر تهران هر منطقه را می‌توان به عنوان یک جامعه در نظر گرفت. دستورالعمل سازمان محیط زیست نیوزلند، انتخاب ۵۰۰-۳۰۰ خانوار برای اجزای اصلی پسماند را توصیه می‌کند. این تعداد نمونه، دقتی نزدیک به ۱۰-۵ درصد برای سه جزء اصلی (مواد فسادپذیر، کاغذ و پلاستیک)، ۱۵-۱۰ درصد برای کل فلزات و ۳۰-۲۰ درصد برای شیشه و دیگر اجزا به‌دست می‌دهد [10].

[1] Confidence interval







شکل ۱ - گراف آژانس محیط زیست ایرلند برای نمونه‌برداری از پسماند نواحی شهری کم جمعیت (راست)، جمعیت متوسط (وسط) و جمعیت زیاد (چپ)

بر اساس مرور گزارش‌های متعدد شناسایی پسماند در کانادا و ایالات متحده آمریکا که در دهه ۹۰ میلادی انجام شده‌اند، تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده از هر کلاس بین ۴ تا ۱۰ نمونه متغیر بوده است. به‌طور کلی، برخی مطالعات بیش از ۱۰۰ نمونه و برخی تنها ۱۰ نمونه (بر مبنای وزن معادل) را انتخاب کرده‌اند. تنها تعداد کمی از مطالعات، تعداد نمونه‌ها را بر اساس سطح دقت و اطمینان مورد نیاز انتخاب کرده‌اند [6].

از مجموع موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت بر خلاف نمونه‌برداری از ایستگاه انتقال یا محل دفن، نمونه‌برداری از خانوارها مبنای دقیق و مشخصی در ادبیات موضوع نداشته و کاملاً وابسته به شرایط محلی و امکانات موجود است.

۱-۲-۱-۳- وزن نمونه

یکی از مواردی که بیشترین سازگاری در بین دستورالعمل‌های مختلف درباره آن مشاهده می‌شود، وزن نمونه انتخابی است. تمامی دستورالعمل‌ها، حداقل وزن ۱۰۰-۹۰ کیلوگرم را برای نمونه مستخرج از یک خودروی جمع‌آوری شده پیشنهاد می‌کنند. در روش ASTM، حداقل وزن قابل قبول هر نمونه بین ۹۱ تا ۱۳۶ کیلوگرم پیشنهاد شده است. این عدد در بسیاری از گزارش‌ها و دستورالعمل‌های نمونه‌برداری از پسماند در آمریکای شمالی (ایالات متحده و کانادا) مورد پذیرش و استفاده بوده است [6]. کمترین عدد مربوط به راهنمای بانک توسعه آسیایی است که ۸۰ کیلوگرم را به عنوان وزن نمونه‌ی مستخرج از خودروی جمع‌آوری قابل قبول می‌داند [11].

در نمونه‌برداری از خانوار رویکردهای متفاوتی بین منابع مختلف مشاهده می‌شود. دستورالعمل ایرلند پیشنهاد می‌کند کل بار یک ماشین که پسماند یک هفته خانوارهای هدف را جمع‌آوری می‌کند با تکنیک یک‌چهارم-سازی به ۲۰۰-۱۰۰ کیلوگرم کاهش یافته و سپس این نمونه به اجزای مختلف تقسیم شود [3]. کمیته‌ی مدیریت جامع پسماند کالیفرنیا [12] و راهنمای ایالت واشنگتن [4] حداقل وزن نمونه در نمونه‌برداری از خانوار را ۱۲۵ پوند معادل تقریبا ۵۷ کیلوگرم در نظر گرفته‌اند.

دپارتمان بازیافت منابع کالیفرنیا در دستورالعمل خود موسوم به «روش همسان شناسایی دفع پسماند»، جدول ۳-۱ را برای تعیین حداقل تعداد نمونه از منابع مختلف پیشنهاد می‌کند.

۱-۲-۱-۴- تعداد فصول نمونه‌برداری

بسیاری از دستورالعمل‌های موجود بین المللی نمونه‌برداری در فصول مختلف را برای شناسایی کامل پسماند و در نظر گرفتن تغییرات فصلی ضروری می‌دانند. این تغییرات می‌تواند ناشی از عوامل زیر باشد:

- قوطی نوشیدنی‌ها (مانند نوشابه و آبمیوه) که در تابستان آمار مصرف آن‌ها بسیار بیشتر است؛

- پسماند تولیدی ناشی از فعالیت‌های خانه تکانی
- پسماندهای کشاورزی ناشی از زراعت‌های فصلی
- پسماندهای باغبانی
- پسماندهای ساختمانی ناشی از فعالیت‌های فصلی ساختمانی

جدول ۳- تعداد نمونه‌ی مورد نیاز برای شناسایی پسماند به منظور مقاصد برنامه‌ریزی [13]

نوع مطالعات	حداقل تعداد نمونه در سال	حداقل وزن نمونه
نمونه‌برداری لندفیل-محور برای پسماند بخش خانگی	۳۰ نمونه، توزیع شده در حداقل دو فصل	۹۱ کیلوگرم
نمونه‌برداری لندفیل-محور برای پسماند بخش غیر خانگی	۴۰ نمونه، توزیع شده در حداقل دو فصل	۹۱ کیلوگرم
نمونه‌برداری خانوار-محور برای بخش خانگی	۴۰ نمونه، توزیع شده در حداقل دو فصل	۵۷ کیلوگرم، یا ۱/۱ متر مکعب یا کل نمونه
نمونه‌برداری از تولیدکننده برای بخش غیر خانگی- سطح مطالعه	۴۰ نمونه، توزیع شده در حداقل دو فصل	۵۷ کیلوگرم، یا ۱/۱ متر مکعب یا کل نمونه
نمونه‌برداری از تولیدکننده برای بخش غیر خانگی- سطح زیرجمعیت با مشاغل مشابه در هر زیرجمعیت	۲۵ نمونه، توزیع شده به صورتی که معرف فصول باشد	۵۷ کیلوگرم، یا ۱/۱ متر مکعب یا کل نمونه
نمونه‌برداری از تولیدکننده برای بخش غیر خانگی- سطح زیرجمعیت با مشاغل غیر مشابه در هر زیرجمعیت	۴۰ نمونه، توزیع شده به صورتی که معرف فصول باشد	۵۷ کیلوگرم، یا ۱/۱ متر مکعب یا کل نمونه

دستورالعمل UNEP با توجه به پرهزینه بودن اجرای عملیات در تمام فصول، در صورتی نمونه‌برداری در فصول مختلف را ضروری می‌داند که به صورت کیفی وجود تغییرات احتمالی در ترکیبات پسماند (ناشی از عوامل فوق‌الذکر یا دیگر عوامل) قابل تعیین باشد [7]. دستورالعمل کشور ایرلند حداقل دو فصل در سال و به صورت ایده‌آل چهار فصل را پیشنهاد می‌کند [3] در صورتی که اتحادیه اروپا حداقل سه فصل را الزامی می‌داند [5]. راهنمای مطالعات شناسایی پسماند در کانادا ضمن بررسی مطالعات پیشین موجود، به این نتیجه رسیده است که به استثنای پسماند باغبانی، تغییرات قابل توجه دیگری در اجزای پسماند گزارش نشده است. این راهنما نیز حداقل دو فصل نمونه‌برداری را ضروری می‌داند [12].

۱-۲-۱-۵- زمان نمونه‌برداری

تقریبا تمامی دستورالعمل‌های بررسی شده، نمونه‌برداری در طول یک هفته را به عنوان مقدار ضروری و مطلوب در نظر گرفته‌اند. در مواردی که فرایند جمع‌آوری به صورت دو هفته‌ای است، فرایند نمونه‌برداری نیز باید دو هفته را در برگیرد [5]. با این حال، راهنمای تدوین طرح‌های جامع پسماند بانک توسعه آسیایی، سه روز نمونه‌برداری در هر دوره را قابل قبول تلقی می‌کند [11].

۱-۳- طراحی سیستم نمونه‌برداری پسماند شهر تهران

۱-۳-۱- مقدمه

با توجه به موارد بررسی شده در بخش قبل، می‌توان به طراحی سیستم نمونه‌برداری شهر تهران پرداخت. طراحی مطالعات یک بخش اساسی از هر مطالعات شناسایی کمّی و کیفی پسماند است. اهداف مطالعات و الزامات دقت آماری به صورتی تعریف شده‌اند که یک طرح موثر و کارا در قالب بودجه‌ی موجود اجرا شود. در ادامه، اجزای طراحی سیستم نمونه‌برداری پسماند آورده شده است.

۱-۳-۲- محدوده عملیات نمونه‌برداری

به‌طور کلی برنامه‌ریزی برای هر عملیات نمونه‌برداری مستلزم تعیین محدوده موضعی (Study area) و محدوده موضوعی (Scope) است که این موارد در مفاد قرارداد طرح حاضر فی‌مابین مشاور و مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهرداری تهران (مشخصا بند "د" از پیشنهاد مالی که در پیشنهاد فنی منضم به قرارداد مورد اشاره قرار گرفته است) در قالب موارد زیر مورد توجه قرار گرفته است:

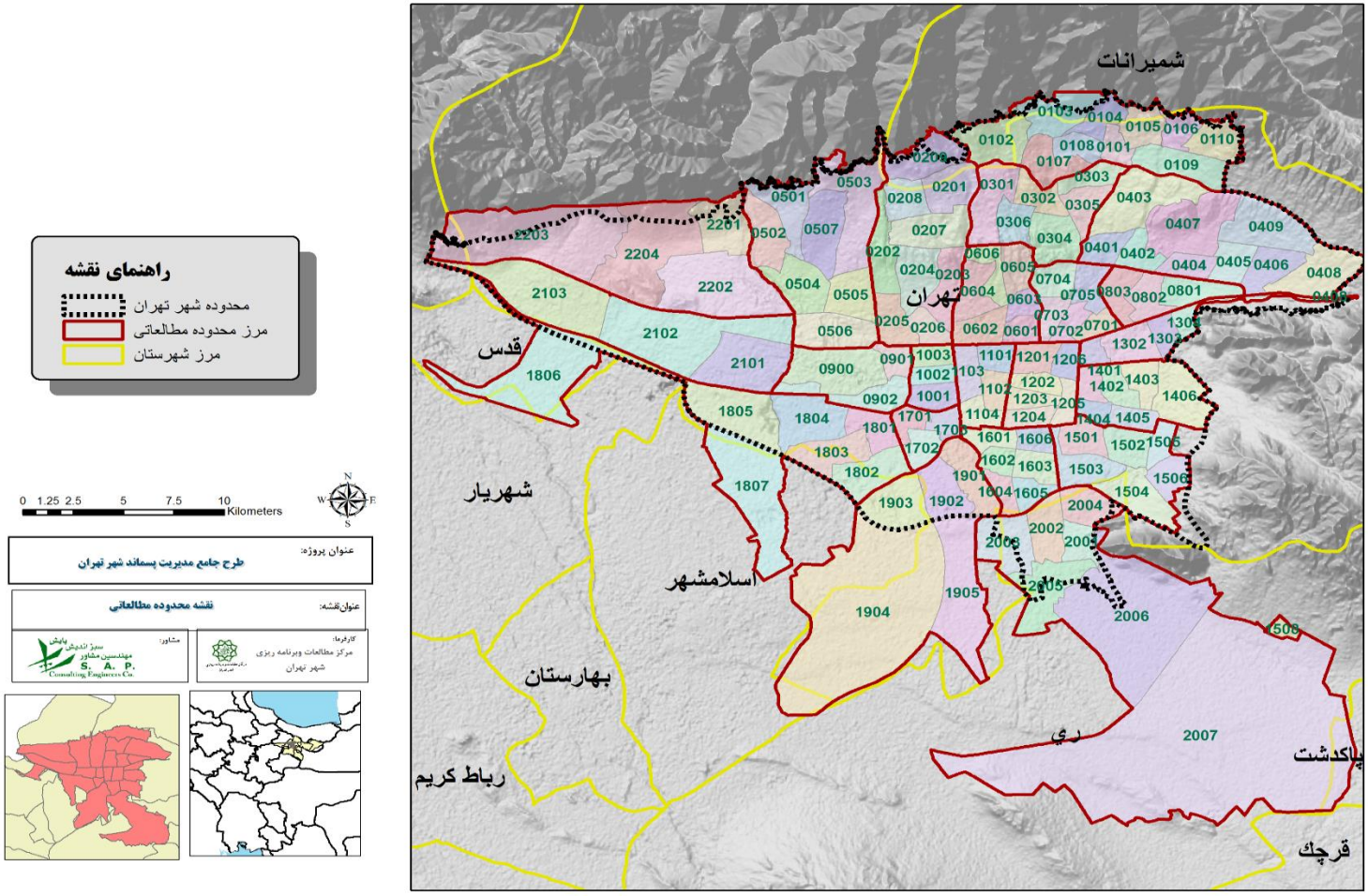
- تعداد کل نمونه‌ها برابر ۲۴۰۰
- انجام نمونه‌برداری در دو فصل
- انجام نمونه‌برداری و گزارش نتایج آن به تفکیک مناطق ۲۲گانه شهر تهران
- انجام نمونه‌برداری به تفکیک منابع تولید

بدیهی است هر یک از موارد فوق‌الذکر می‌تواند در طول مطالعات و در قالب سناریوهای مختلف تغییر یافته و بر اساس آن سناریوهای مختلف نمونه‌برداری طراحی شود. در ادامه، جزییات مربوط به هر یک از موارد فوق ارائه خواهد شد. در شکل ۲ محدوده جغرافیایی عملیات نمونه‌برداری آورده شده است. محدوده‌ی جغرافیایی عملیات نمونه‌برداری منطبق بر محدوده‌ی مطالعات طرح جامع پسماند شهر تهران می‌باشد. این محدوده شامل مناطق ۲۲ گانه‌ی شهرداری تهران به همراه بخشی از حریم شهر تهران می‌باشد که تحت پوشش خدمات

شهری شهرداری تهران می‌باشد. مرز شهر تهران و مرز محدوده‌ی مطالعات (محدوده‌ی تحت پوشش عملیات نمونه‌برداری) در شکل ۲ نمایش داده شده است. حد فاصل این دو مرز شامل بخشی از حریم شهر تهران می‌باشد که بخشی از نمونه‌های خانگی و غیرخانگی به این محدوده اختصاص یافته است. معیار اختصاص نمونه‌ها مشابه داخل مرز شهر تهران بر اساس تراکم جمعیت و تراکم استقرار واحدهای غیرخانگی می‌باشد.

۱-۳-۲-۱- تعداد نمونه‌ها

از آن‌جا که تعداد نمونه‌ها بر اساس محاسبات اولیه در پیشنهاد فنی مشاور برابر ۲۴۰۰ نمونه پیشنهاد شده و عیناً مورد تایید کارفرما قرار گرفته است، در ادامه‌ی این گزارش محاسبات صورت گرفته برای محاسبه تعداد نمونه با جزییات ارائه خواهد شد.



شکل ۲ - محدوده‌ی موضعی برنامه‌ی نمونه‌برداری از مبدأ (خطوط قرمز رنگ)

۱-۳-۲-۲- منابع تولید

منابع تولید مختلفی در این برنامه مطالعاتی مد نظر قرار خواهند گرفت. مطابق با شرح خدمات طرح، شناسایی پسماندهای خانگی، اداری، آموزشی، تجاری، کارگاهی، بهداشتی-درمانی، نخاله‌های ساختمانی و فضای سبز در حیطه طرح حاضر خواهد بود.

۱-۳-۲-۳- زیرجمعیت‌های مورد مقایسه

با توجه به تاکید شرح خدمات پروژه‌ی طرح جامع مبنی بر آنالیز پسماند به تفکیک مناطق شهر تهران، عملاً یک کلاس‌بندی کلی حداقل از منظر سطح درآمد صورت پذیرفته است. با این وجود، در نمونه‌برداری از خانوار کلاس‌های اجتماعی دیگری مانند سطح درآمدی، نوع منازل مسکونی (بر حسب طبقات) و بعد خانوار می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

۱-۳-۲-۴- دقت نتایج

با توجه به نبود نتایج به‌روز در مورد ترکیبات پسماند در تهران (آخرین نتایج مربوط به سال ۱۳۸۷ است)، دقیق بودن نتایج حاصله بسیار حایز اهمیت است. با این حال، میزان دقت بنا به دستورالعمل‌های مختلف متفاوت است. در طرح حاضر، برای فرایند نمونه‌برداری از سطح اطمینان ۹۵٪ (مطابق پیشنهاد دستورالعمل اتحادیه‌ی اروپا) استفاده خواهد شد. میزان خطا نیز بر اساس یک موازنه بین تعداد نمونه و بودجه طرح تعیین و گزارش خواهد شد.

۱-۳-۲-۵- فصول نمونه‌برداری

همان‌طور که در بخش‌های پیشین آورده شد، بسیاری از دستورالعمل‌های نمونه‌برداری پسماند در کشورهای توسعه‌یافته، حداقل دو فصل نمونه‌برداری را ضروری و از طرفی کافی می‌دانند. از آن‌جا که هدف مطالعات حاضر، برنامه‌ریزی کلان سیستم مدیریت پسماند بوده و طراحی تاسیسات پردازش و دفع مد نظر نیست، لذا افزایش فصول نمونه‌برداری کمکی به برنامه‌ریزی‌هایِ مد نظر این طرح نخواهد کرد. بدیهی است برای طراحی هر سیستمی چه از منظر اقتصادی (مانند ایستگاه‌های پردازش و بازیافت) و چه از منظر فنی (مانند زباله سوز) ممکن است به دقتی بیش از مطالعات حاضر و با فرکانس بیشتر (چند سال نمونه‌برداری مستمر) نیاز باشد. در نتیجه، پیشنهاد مشاور انجام نمونه‌برداری در دو فصل غیرمتوالی مطابق مندرجات قرارداد است. لذا محاسبات تعداد بر این اساس انجام خواهد شد.

۱-۳-۳- محدودیت‌های اجرایی طرح

در تمامی مطالعات، محدودیت‌های فیزیکی، زمانی و بودجه‌ای وجود دارد. برخی محدودیت‌های طرح حاضر به شرح زیر است:

- زمان‌بر شدن دوره‌ی زمانی نمونه‌برداری به بیش از یک هفته؛ در این حالت علیرغم اینکه بازه‌ی نمونه‌برداری به صورت واقعی برابر یک هفته است (پنج روز)، ولی عملیات آن در ۱۰ روز انجام می‌شود
- مشکلات اجرایی نمونه‌برداری پسماند از مبدأ (خانوارها)

۱-۳-۴- برنامه‌ی پیشنهادی مطالعات

برای شناسایی کلیه‌ی منابع تولید پسماند در شهر تهران، نمونه‌برداری در مقصد و در مبدأ مد نظر قرار دارد که جزییات آن در ادامه آورده شده است. در این بخش، برنامه نمونه‌برداری در مقصد و در مبدأ به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۳-۴-۱- نمونه‌برداری در مقصد

در نمونه‌برداری از مقصد، سه نقطه در نظر گرفته شده است:

- ورودی ایستگاه انتقال
- خروجی ایستگاه انتقال (ورودی محل دفن)
- محل دفن آبعلی (نخاله‌های ساختمانی)

۱-۳-۴-۱-۱- ورودی ایستگاه انتقال

دستورالعمل ASTM به شماره D5231-92 (Reapproved 2016) [2] برای نمونه‌برداری و آنالیز پسماند شهر تهران مدنظر قرار گرفته است. این روش در بسیاری از مطالعات و مقالات نیز مبنای عملیات بوده است. برای طرح جامع مدیریت پسماند شهر تهران، پسماند غذایی به عنوان جزء حاکم[1] انتخاب شده است. دلایل این انتخاب به شرح زیر است:

۱) این جزء، بیش‌ترین مقدار را ترکیب پسماند داشته و در نتیجه بیش‌ترین تاثیر را بر طراحی برنامه‌های پردازش و دفع دارد.
۲) از میان اجزای خشک قابل بازیافت پسماند، تخمین زده می‌شود بخش زیادی از آن‌ها به‌وسیله بخش غیررسمی جمع‌آوری می‌شود. در نتیجه، مقدار هیچکدام از اجزای PET، کارتن و فلزات که بخش ارزشمند پسماند قلمداد می‌شوند، در ایستگاه انتقال یا محل دفن با مبدأ تولید یکسان نیست.

[1] Governing component

۳) کاغذ به عنوان یکی دیگر از اجزای ارزشمند جریان پسماند، در صورتی که با سایز اجزا مخلوط شده باشد، تا حد زیادی امکان بازیافت را از دست می‌دهد.

از موارد ۲ و ۳ می‌توان نتیجه گرفت که در مطالعاتی که در محل دفع یا ایستگاه انتقال انجام می‌شود، انتخاب اندازه نمونه بر اساس اجزای خشک ارزشمند ضروری نبوده و ضمن افزایش هزینه‌ی مطالعات، کماکان مبیّن مقدار واقعی تولید آن اجزا نیست. در نتیجه انتخاب پسماند غذایی به عنوان جزء حاکم قابل توجیه است.

بر اساس جدول ۱، مقدار متوسط پسماند غذایی شهر تهران برابر با ۶۸/۳٪ درصد است. از آن‌جا که انتظار می‌رود مقدار جزء فسادپذیر طی سالیان گذشته دارای روند کاهشی بوده باشد، با در نظر گرفتن سالیانه نیم درصد کاهش در سهم پسماند فسادپذیر، از عدد ۶۲٪ در برآورد تعداد نمونه استفاده خواهد شد. از طرفی با توجه به نامشخص بودن انحراف معیار نتایج ارائه شده در جدول ۱، می‌توان از انحراف معیار نتایج مناطق ۲۲ گانه (در نظر گرفتن هر منطقه به عنوان یک نمونه) استفاده کرد. این عدد برابر ۴/۱ ٪ است که در این مطالعات در جهت اطمینان از عدد ۵٪ استفاده می‌شود. سطح اطمینان نتایج برابر ۹۵٪ و میزان خطای قبول نیز ۵٪ لحاظ شده است.

با داشتن موارد فوق، خواهیم داشت:

$$n_0=\left(\frac{t*s}{e*\bar{x}}\right)^2=\left(\frac{1.96*0.05}{0.05*0.62}\right)^2=10$$

$$n'=\left(\frac{2.228*0.05}{0.05*0.62}\right)^2=13$$

$$n''=\left(\frac{2.16*0.05}{0.05*0.62}\right)^2=12$$

در محاسبات فوق، ۱/۹۶، ۲/۲۲۸ و ۲/۱۶ مقدار آماره‌ی t متناظر با مقدار n به ترتیب برابر بی‌نهایت، ۱۰ و ۱۳ است. با توجه به اینکه در گام آخر محاسبات، اختلاف n به‌دست آمده با n قبلی کمتر از ۱۰٪ است، در نتیجه مقدار n برابر ۱۳ در نظر گرفته می‌شود.

حال با توجه به این‌که محدوده‌ی مطالعات حاضر، ۲۲ منطقه‌ی شهری تهران و چندین منطقه در حاشیه‌ی تهران است، با در نظر گرفتن ۲۲ محدوده جهت شناسایی ترکیب پسماند و برداشت ۱۳ نمونه از هر منطقه، تعداد کل نمونه‌های قابل آنالیز در ایستگاه‌های انتقال به صورت زیر به‌دست خواهد آمد:

$$N_{Tot} = 13*22 = 286$$

لذا در هر مرحله از عملیات نمونه‌برداری، در مجموع ۲۸۶ نمونه از ورودی ایستگاه‌های انتقال شهر تهران تهیه و آنالیز خواهد شد.

۱-۳-۴-۱-۲- ورودی محل دفع آرادکوه (خروجی ایستگاه انتقال)

در این حالت، برای رسیدن به سطح اطمینان و خطای حالت قبل مجدداً نیاز است ۱۳ نمونه برداشت شود. با توجه به وجود ۱۰ ایستگاه انتقال و نیز به منظور در نظر گرفتن تغییرات هفتگی، از هر ایستگاه انتقال روزانه یک سمی تریلر انتخاب و نمونه‌برداری می‌شود. در نتیجه روزانه ۱۰ نمونه و در یک کمپین پنج‌روزه، ۵۰ نمونه انتخاب و آنالیز خواهد شد. از طرفی می‌توان این ۵۰ نمونه را در ۱۰ روز برداشت و آنالیز کرد که تفاوتی با حالت پیشین ندارد.

۱-۳-۴-۱-۳- محل دفن آبعلی

به منظور تعیین ترکیبات پسماندها و نخاله‌های ساختمانی در محل دفن آبعلی، ۵۰ نمونه ۵۰ کیلوگرمی در هر فصل برداشت خواهد شد. این تعداد نمونه مطابقت خوبی با تجربیات جهانی در این زمینه دارد.

۱-۳-۴-۲- نمونه‌برداری از مبدأ

نمونه‌برداری از مبدأ بر اساس منبع تولید به دو دسته‌ی نمونه‌برداری از منابع خانگی (خانوارها) و نمونه‌برداری از منابع غیر خانگی تقسیم می‌شود. مبانی انتخاب تعداد نمونه در هر دسته در زیر آورده شده است.

۱-۳-۴-۲-۱- نمونه‌برداری از خانوار

همان‌طور که گفته شد، روش مورد پذیرش همگانی برای تعیین تعداد نمونه مورد نیاز از خانوارها وجود ندارد. لذا در این بخش، روش‌های کشور ایرلند و دستورالعمل Nordtest برای تعیین تعداد نمونه شهر تهران بررسی خواهد شد.

الف) دستورالعمل سازمان محیط زیست ایرلند

مطابق گراف‌های دستورالعمل سازمان محیط زیست ایرلند (شکل ۳-۱)، برای شهرهای با تعداد ۲۰۰,۰۰۰ خانوار، تعداد ۲۰۰۰ خانوار برای نمونه‌برداری ضروری است. با این رویکرد، برای شهر تهران با نزدیک به سه میلیون خانوار، نزدیک به سی هزار خانوار باید مورد نمونه‌برداری قرار گیرد که عدد بسیار بزرگی است. با توجه به نامشخص بودن مبنای آمار گراف‌های ارائه شده، نمی‌توان تعداد خانوارهای مورد نیاز برای شهرهای با بیش از ۲۰۰,۰۰۰ خانوار به صورت محاسباتی تعیین کرد.

ب) دستورالعمل Nordtest

این دستورالعمل در کشورهای نوردیک شامل دانمارک، فنلاند، ایسلند، نروژ و سوئد استفاده می‌شود و با توجه به وضعیت بسیار مطلوب کشورهای یاد شده در حوزه‌ی مدیریت پسماند، می‌توان از اعتبار آن اطمینان حاصل کرد. این دستورالعمل برای نمونه‌برداری از خانوار در یک جامعه‌ی مشخص، بین ۲۰۰-۱۰۰ خانوار و در صورتی

که کلاس‌بندی از منظر کلاس‌های اجتماعی-اقتصادی، نوع خانه و طبقات، سایز خانوار و غیره انجام شده باشد، برای هر کلاس بین ۱۰۰-۴۰ خانوار را توصیه می‌کند. برای شهر تهران، این تعداد نمونه معادل خطایی بین ۱۰-۵ درصد در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

با توجه به موارد فوق و با فرض در نظر گرفتن ۱۵۰ خانوار در هر منطقه از مناطق ۲۲گانه مطالعاتی، تعداد خانوارهای مورد بررسی برابر ۳۳۰۰ خواهد بود. نکته اساسی در این میان این است که در نظر گرفتن مناطق ۲۲گانه‌ی شهر تهران خود یک کلاس‌بندی مشخص از نظر طبقه‌ی اجتماعی-اقتصادی (به عنوان مثال دهک‌های درآمدی مختلف) را در خود دارد. حال می‌توان در هر منطقه در صورت لزوم، چند کلاس‌بندی دیگر (تا ۴ کلاس و فرض هر کلاس برابر ۴۰ خانوار) نیز در نظر گرفت.

در صورتی که بعد متوسط خانوار برابر ۳ و سرانه پسماند تولیدی برابر ۸۰۰ گرم در روز در نظر گرفته شود، هر خانوار روزانه ۲۴۰۰ گرم پسماند تولید خواهد کرد. با فرض ۵ روز نمونه‌برداری و وزن نمونه‌ی نهایی برابر ۱۰۰ کیلوگرم خواهیم داشت:

تعداد نمونه = 150 * 22 * 3 * 0.8 * 5 / 100 = 396

در نتیجه، نمونه‌برداری طراحی شده از خانوارهای شهر تهران از لحاظ وزنی معادل ۳۹۶ نمونه ۱۰۰ کیلوگرمی خواهد بود. از منظر عملیاتی، دریافت و تفکیک نمونه‌های برداشت شده در مناطق در ۱۰ ایستگاه و در یک بازه زمانی ۱۰ روزه انجام خواهد شد.

۱-۳-۴-۲-۲- نمونه‌برداری از منابع غیرخانگی

منابع غیرخانگی شامل پسماندهای تجاری، اداری، آموزشی، بهداشتی و درمانی، ... است. تعیین الزامات نمونه‌برداری از این منابع شامل موقعیت، تعداد، نوع فعالیت، و غیره در وهله‌ی اول مستلزم شناخت دقیق این منابع است. یک تقسیم‌بندی متداول از منابع تجاری-اداری می‌تواند بر اساس جداول مرکز آمار ایران باشد.

به عنوان یک تقسیم‌بندی اولیه، می‌توان مشاغل موجود را به ۱۱ دسته‌ی زیر تقسیم کرد:

۱) آموزشی و اداری
۲) رستوران‌ها و اغذیه فروشی‌ها
۳) هتل‌ها و مراکز اقامتی
۴) بهداشتی و درمانی
۵) خرده فروشی مواد غذایی
۶) سایر خرده‌فروشی‌ها
۷) فعالیت‌های خدماتی
۸) تفریحی و سرگرمی

۹) خدمات خودرو و صنعتی
۱۰) عمده‌فروشی
۱۱) تولیدی

با فرض برداشت ۳۵ نمونه از هر دسته از مشاغل مطابق با جدول ۳-۱، تعداد کل نمونه‌های برداشتی برای شناسایی پسماندهای تولیدی از منابع غیرخانگی برابر ۴۲۰ نمونه خواهد بود. با فرض پذیرش معیارهای دپارتمان بازیافت منابع کالیفرنیا در مورد وزن نمونه، ۴۲۰ نمونه‌ی مذکور می‌تواند معادل ۲۴۴ نمونه‌ی ۱۰۰ کیلوگرمی (معیار وزن) یا معادل ۱۲۶۰ نمونه‌ی ۱۰۰ کیلوگرمی (معیار حجم) باشد. در این حالت، با تکنیک یک‌چهارم‌سازی، تعداد نمونه‌ها به ۴۲۰ نمونه‌ی ۵۸ کیلوگرمی تقلیل می‌یابد.

در نتیجه، تعداد کل نمونه‌های قابل اخذ در هر فصل برای منابع غیرخانگی برابر ۴۲۰ نمونه است. این تعداد با نمونه‌های اخذ شده در مطالعات شناسایی پسماند در ایالت کالیفرنیا در سال ۲۰۱۴ که برابر ۸۵۰ نمونه بوده است (با در نظر گرفتن مساحت ۵۰۰ برابری و جمعیت ۴ برابری کالیفرنیا نسبت به تهران) همخوانی دارد.

نکته حایز اهمیت این است که ۴۲۰ نمونه در محاسبات فوق الزاماً به معنای ۴۲۰ واحد تولیدکننده پسماند غیرخانگی نیست. از آن‌جاکه بسیاری از واحدها پسماند کمتری نسبت به میزان حداقل (۵۸ کیلوگرم) تولید می‌کنند، در نتیجه بسته تعداد دقیق واحدهای قابل مراجعه بستگی به بزرگی و کوچکی واحدهای انتخابی دارد. خلاصه نتایج در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۴: تعداد نمونه در مکان‌های مختلف

محدوده نمونه‌برداری						
	نمونه‌برداری در مقصد			نمونه‌برداری از مبدأ		مجموع
	ایستگاه انتقال	سایت آرادکوه	سایت آبعلی	خانگی	غیر خانگی	
تعداد نمونه	۲۸۶	۵۰	۵۰	۳۹۶	۴۲۰	**۱۲۰۲**
درصد خطا	۵	-	-	۸	-	

۱-۳-۴-۳- آنالیز میدانی

۱-۳-۴-۳-۱- ترکیب پسماند

تعداد و نوع اجزایی که در فرایند آنالیز فیزیکی استفاده می‌شود به اهداف مطالعات بستگی دارد. در این میان، برخی اجزا از منظر ارزش اقتصادی و برخی از منظر ارزش حرارتی قابل توجه هستند. لذا انتخاب تعداد اجزا باید به صورتی باشد که ۱) تا حد امکان کلیه‌ی ترکیبات موجود در پسماند را پوشش دهد؛ ۲) در راستای

هدف مطالعات باشد؛ ۳) باعث بالا رفتن غیرضروری هزینه‌ها نشود؛ و ۴) امکان انجام مطالعات امکان‌سنجی‌های فنی و اقتصادی را فراهم کند. عمده‌ی مطالعات شناسایی پسماند، از یک طبقه‌بندی ۱۲-۱۳ قسمتی اصلی استفاده کرده و سپس در صورت نیاز و با توجه به هدف از انجام مطالعات، نسبت به ایجاد دسته‌بندی‌های فرعی اقدام می‌کنند.

در این پروژه، از طبقه‌بندی پیشنهادی دستورالعمل برنامه محیط زیست ملل متحد (UNEP) با کمی جزییات بیش‌تر و به شرح زیر استفاده خواهد شد.

۱) نان خشک
۲) پسماند غذایی
۳) کاغذ
۴) مقوا و کارتن
۵) پلاستیک
- PET
- مشمع و نایلون
- سایر انواع قابل بازیافت
- پلاستیک‌های غیر قابل بازیافت

۶) شیشه
۷) فلزات
- فلزات آهنی
- فلزات غیرآهنی

۸) منسوجات
۹) چرم
۱۰)لاستیک
۱۱)چوب
۱۲)اقلام بهداشتی (پوشک و پدهای بهداشتی)
۱۳)ضایعات باغبانی
۱۴)خطرناک خانگی
۱۵)سایر

۱-۳-۴-۳-۲- چگالی

چگالی پسماند به عنوان یکی از پارامترهای مهم فیزیکی در حین توزین نمونه‌ها قابل اندازه‌گیری است. با داشتن وزن نمونه و حجم ظروف نمونه‌برداری، محاسبه چگالی امکان‌پذیر است.

۱-۳-۴-۳-۳- دانه‌بندی پسماند

دانه‌بندی یا توزیع اندازه دانه‌های پسماند عمدتاً در طراحی سیستم‌های پردازش و سرندها کاربرد دارد. این پارامتر در آزمایشگاه غالباً از طریق الک کردن پسماند به‌وسیله یک الک با سه قطر مش ۱۰۰، ۵۰، و ۲۰ میلیمتر که به ترتیب از قطر بزرگ به کوچک بر روی یکدیگر قرار دارند، انجام می‌شود [14]. در پروژه حاضر نیز با ساخت میز الک، توزیع اندازه ذرات برای میزان مشخصی از پسماند به‌دست خواهد آمد. به‌این منظور، در هر روز، یک نمونه‌ی یک متر مکعبی از هر ایستگاه انتقال انتخاب و الک خواهد شد. در نتیجه، در هر فصل ۵۰ نمونه معادل ۵۰ متر مکعب از پسماند الک و توزیع اندازه ذرات آن تعیین خواهد شد.

۱-۳-۴-۴- آنالیز آزمایشگاهی

در این بخش، سه پارامتر اصلی شامل درصد رطوبت، ارزش حرارتی و آنالیز عنصری مورد توجه است. در ادامه جزئیات مربوط به هر پارامتر تشریح می‌شود.

۱-۳-۴-۴-۱- درصد رطوبت

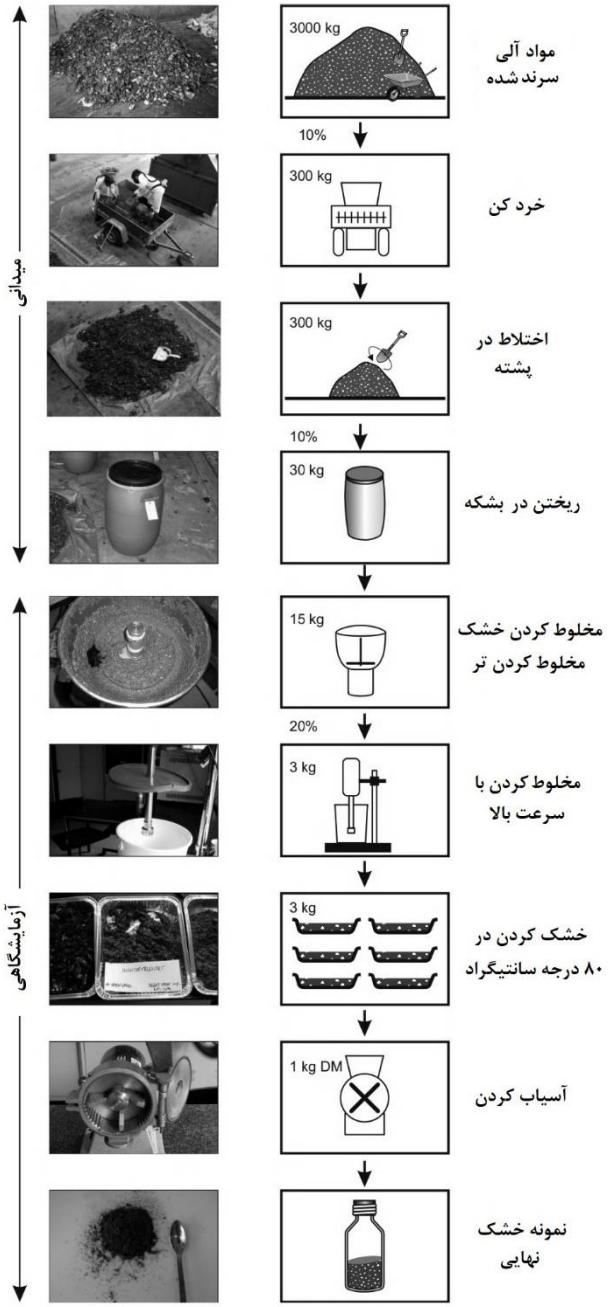
درصد رطوبت نمونه‌های پیت و خاک‌های آلی مطابق استاندارد ASTM D2974 اندازه‌گیری می‌شود که در برخی تحقیقات برای تعیین درصد رطوبت پسماند نیز مورد استفاده قرار گرفته است. با این وجود، ناهمگونی زیادی در مقالات مختلف درباره وزن نمونه و دمایی که در آن پسماند خشک می‌شود وجود دارد. از میان مطالعات بررسی شده، بزرگترین نمونه‌ای که استفاده شده است ۲۱ کیلوگرم وزن داشته است در حالی که در برخی دیگر از مطالعات، از نمونه یک کیلوگرمی نیز استفاده شده است [15].

در این پروژه، برای تعیین درصد رطوبت پسماندهای رسیده به محل دفع آرادکوه، سه نمونه‌ی پنج کیلوگرمی از سمی تریلرها در هر شب برداشت خواهد شد. این تعداد نمونه با اتخاذ رویکرد آماری مشابهی با تعیین تعداد نمونه در ایستگاه‌های انتقال و با فرض میانگین درصد رطوبت برابر ۵۰٪ و انحراف معیار ۷٪ تعیین شده است. به منظور شناسایی تغییرات درصد رطوبت در فرایند حمل و نقل از ایستگاه انتقال تا محل دفن نیز سه نمونه‌ی پنج کیلوگرمی برداشت خواهد شد. همچنین برای تعیین درصد رطوبت در مبدأ، با در نظر گرفتن مجموع کیسه‌های برداشتی از خانوارها برابر ۳۳۰۰ (۱۶۵۰۰ کیسه در بازه‌ی پنج‌روزه)، سطح اطمینان ۹۵٪ و خطای ۱۰٪، تعداد ۹۶ کیسه باید برداشت شود. در نتیجه در هر شب حدودا ۱۰ کیسه برای تعیین درصد رطوبت انتخاب و آزمایش می‌شود. در مجموع در هر فصل ۶۰ نمونه‌ی پنج کیلوگرمی و ۱۰۰ نمونه جمع آوری شده از مبدأ برای تعیین درصد رطوبت برداشت می‌شود.

۱-۳-۴-۴-۲- ارزش حرارتی

تعیین ارزش حرارتی پسماند (و همچنین آنالیز عنصری آن) به روش آزمایشگاهی مستلزم یک فرایند پیچیده و دقیق آماده‌سازی و آنالیز آزمایشگاهی است که طی آن یک نمونه‌ی یک گرمی از بار یک یا ترکیب بار چند کامیون برای قرار دادن در بمب کالریمتر، استحصال می‌شود.

از منظر آماده‌سازی، تهیه یک نمونه بسیار کوچک (حدود یک گرم) از چند تن پسماند به‌صورتی که دقیقاً معرف آن حجم بزرگ از پسماند باشد، پیچیده و مستلزم تجهیزات متعددی مانند خردکن، مخلوط‌کن و آسیاب است. حتی محققین زیادی استفاده از این مقدار پسماند (یک گرم) به عنوان شاخصی از یک نمونه‌ی بزرگ را نیز زیر سوال برده و آن را ناکافی دانسته‌اند [16]. نکته دیگر اینکه بر اساس مشاهدات و بررسی‌های میدانی مشاور، تجهیزات مورد نیاز برای آماده سازی نمونه در حال حاضر در سایت پردازش آرادکوه وجود ندارد. با این وجود و به باور مشاور، در صورت وجود تجهیزات فوق‌الذکر و با استفاده از روش‌های پیشنهادی در مراجع معتبر، امکان رسیدن به یک نمونه‌ی معرف یک توده‌ی بزرگ وجود خواهد داشت. در شکل ۳ نمونه ای از یک روش پیشنهادی برای آماده سازی نمونه به منظور آنالیز شیمیایی پسماند نشان داده شده است.



شکل ۳ - فرایند آماده‌سازی نمونه برای انجام آنالیزهای شیمیایی (ارزش حرارتی و آنالیز عنصری) [9]

علاوه بر بحث آماده سازی نمونه، از منظر آزمایشگاهی نیز بنظر می‌رسد در حال حاضر تنها مرکزی در کشور که دارای بمب کالریمتر کالیبره شده و با دقت بالا است، آزمایشگاه سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی (ساتبا) است. بر اساس بررسی‌های اولیه مشاور، بمب کالریمتر سایر مراکزی که در گذشته این آزمایش را انجام می‌داده اند، یا در حال حاضر از کالیبراسیون خارج شده و یا خراب است.

در نتیجه رویکرد مشاور، استفاده از روابط تجربی بر اساس ترکیبات فیزیکی پسماند [18]–[16]، و یا جداول مربوط به آنالیز عنصری اجزای پسماند [9] برای محاسبه‌ی ارزش حرارتی پسماند شهر تهران خواهد بود.
با این وجود، در صورت وجود امکانات آماده‌سازی در سایت آرادکوه و نیز هماهنگی شهرداری تهران با ساتبا، ۳۰ نمونه در هر فصل (سه نمونه در هر روز از فرایند نمونه‌برداری) آماده‌سازی و اندازه‌گیری خواهد شد.

۱-۳-۴-۴-۳- آنالیز عنصری

آماده‌سازی مورد نیاز در بخش قبل، برای انجام آزمایش آنالیز عنصری نیز ضروری است، با این تفاوت که جرم مورد نیاز برای ورود به دستگاه بین ۵-۱ میلی‌گرم است. در نتیجه در یک رویکرد مشابه با بخش قبل، آنالیز عنصری و به تبع آن فرمول شیمیایی پسماند شهر تهران با استفاده از جداول موجود در کتب مرجع و مقالات مختلف تعیین خواهد شد.
با این حال، در صورت وجود امکانات آماده‌سازی در سایت آرادکوه، آنالیز عنصریِ ۳۰ نمونه در هر فصل (سه نمونه در هر روز از فرایند نمونه‌برداری) انجام خواهد شد.

۱-۳-۵- برنامه‌ی اجرایی

در این قسمت، برنامه اجرایی انجام فرایند نمونه‌برداری در هر فصل بر اساس تعداد نمونه‌ی مد نظر (۱۲۰۰ نمونه در هر فصل) ارائه خواهد شد. در این راستا، مواردی از قبیل نیروی انسانی، تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز و نحوه تامین آن‌ها، زمان‌بندی و دیگر مسایل به‌صورت کلی آورده خواهد شد.

۱-۳-۵-۱- خودروی جمع‌آوری

با توجه به تعداد متوسط ۱۵۰ خانوار در هر منطقه و فرض نمونه‌برداری از نصف این خانوارها (۷۵ خانوار) در هر هفته، هر روز باید به‌طور متوسط به ۷۵ واحد مسکونی (معادل تقریباً ۱۸۰ کیلوگرم) برای جمع‌آوری پسماندها مراجعه شود. همچنین با فرض وزن هر نمونه پسماند منابع غیرخانگی برابر ۵۸ کیلوگرم و جمع‌آوری نصف تعداد کل نمونه‌ها در هر هفته (هر پنج روز)، در هر روز نمونه‌برداری باید ۱۱۰ کیلوگرم پسماند جمع‌آوری شود. برای جمع‌آوری مجموع این پسماندها حداقل به دو وانت پیکان در هر منطقه نیاز خواهد بود. از آنجا که بنا بر مذاکرات انجام شده مقرر شده است این خودروها به صورت ناحیه‌ای تامین شوند، لذا در هر منطقه با توجه به تعداد نواحی آن، به خودروی جمع آوری نیاز خواهد بود. نکته حایز اهمیت این است که در هر منطقه در هر هفته (پنج روز) به تعداد نصف تعداد نواحی نیاز به خودرو خواهد بود. به عنوان مثال، در منطقه یک با

۱۰ ناحیه، در هفته اول به پنج خودرو برای پنج ناحیه‌ی اول و در هفته دوم نیز به پنج خودروی دیگر برای پنج ناحیه‌ی دوم نیاز خواهد بود.

۱-۳-۵-۲- نیروی انسانی

نیروی انسانی مورد نیاز در فرایند نمونه‌برداری این پروژه عبارت است از:

- راننده خودروی جمع‌آوری از مبدأ
- آموزشگر و تکمیل‌کننده فرم‌های پسماند در مبدأ
- کارگر برای عملیات تفکیک
- ناظر عملیات تفکیک
- ناظران ارشد برنامه نمونه‌برداری

تعداد راننده متاثر از تعداد خودروی جمع آوری و برابر با آن است. همچنین یک نفر (به ازای هر خودرو) به عنوان مسئول صحبت با ساکنین، ارائه آموزش‌های لازم و تکمیل فرم‌های مربوطه با هر راننده همراه خواهد بود. بر اساس تجربیات پیشین مشاور، هر کارگر در یک شیفت کاری می‌تواند دو نمونه ۱۰۰ کیلوگرمی را به‌صورت کامل تفکیک کند. در نتیجه برای تفکیک روزانه ۱۲۰ نمونه به ۶۰ کارگر نیاز است. با توجه به اینکه عملیات تفکیک باید در روشنایی روز انجام شود، تمام این ۶۰ نفر به صورت همزمان و در ۱۰ تیم شش نفره مشغول خواهند بود. علاوه بر موارد فوق، پنج نفر کارگر به همراه یک ناظر برای نمونه‌برداری‌های مورد نیاز برای انجام آنالیزهای آزمایشگاهی به‌کار گرفته خواهند شد.

نمونه‌برداری از محل دفن آبعلی در خارج از این بازه ۱۰ روزه و توسط حداکثر سه کارگر انجام خواهد شد.

۱-۳-۵-۳- تجهیزات و تاسیسات مورد نیاز

به منظور اجرای فرایند نمونه‌برداری به تجهیزات زیر نیاز خواهد بود:

- کیسه زباله بزرگ: حدود ۸۰۰ کیلوگرم
- تجهیزات حفاظت فردی (لباس کار، ماسک، دستکش، ...)
- میز الک
- بیل بکهو برای هم زدن نمونه‌های تخلیه شده از کامیون
- برس و یبلچه
- بشکه ۲۰۰ لیتری به تعداد کافی
- خردکن زباله
- مخلوط‌کن
- آسیاب

- آون به حداقل حجم ۲۰۰ لیتر (۲ عدد)
- ظروف نگهداری نمونه‌های شیمیایی
- سوله و میز کار برای انجام عملیات تفکیک پسماند

۱-۳-۵-۴- نحوه تامین نیروی انسانی و تجهیزات

بنا بر مذاکرات انجام شده با کارفرما، مدیریت طرح و بهره بردار محترم طرح، نحوه تامین نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات ذکر شده در بخش‌های قبل به‌صورت زیر خواهد بود:

- کلیه خودروهای جمع‌آوری (وانت‌ها) و آموزشگران مورد نیاز توسط پیمانکاران مناطق با هماهنگی سازمان مدیریت پسماند تامین می‌شود؛
- کلیه کارگران مورد نیاز برای تفکیک پسماند توسط سازمان مدیریت پسماند تامین می‌شود؛
- کلیه پرسنل تیم نظارت بر عملیات تفکیک توسط مشاور تامین می‌شود؛
- کلیه تجهیزات حفاظت فردی تیم نظارت توسط مشاور تامین می‌شود؛
- کیسه‌های زباله توسط مشاور تامین می‌شود؛
- میز الک توسط مشاور تامین می‌شود؛
- سایر تجهیزات ذکر شده در بخش ۱-۳-۵-۳- توسط سازمان مدیریت پسماند تامین می‌شود.

۱-۳-۵-۵- نمونه‌برداری از بخش‌های فرایندی

برای شناسایی دقیق فرایند پردازش و بازیافت مستقر در سایت آرادکوه، نقاط متعددی شناسایی شده است تا مورد نمونه‌برداری قرار گیرد. این فرایند توسط سازمان مدیریت پسماند و مطابق دستورالعملی که متعاقبا توسط مشاور ارائه خواهد شد، باید انجام شود. در پیوست ۳، دیاگرام فرایند کلی نمونه‌برداری به تفکیک نقاطی که هر کدام از طرف‌های طرح (مشاور و بهره‌بردار) باید انجام دهند آورده شده است.

۱-۳-۵-۶- زمان‌بندی

در هر فصل، با توجه به بالا بودن تعداد نمونه‌ها، عملیات نمونه‌برداری و تفکیک در ۱۰ روز (دو بازه پنج‌روزه) انجام می‌شود. با این وجود، برنامه نمونه‌برداری به‌صورتی است که تمام منابع تولید و مکان‌های مد نظر در پنج روز از هفته که عبارتند از چهارشنبه، پنج‌شنبه، جمعه، شنبه و یکشنبه مورد نمونه‌برداری قرار می‌گیرد. از آن‌جا که انتظار نمی‌رود روزهای دوشنبه و سه شنبه تفاوت معنی‌داری با روزهای یکشنبه و چهارشنبه داشته باشند، از برنامه نمونه‌برداری حذف می‌شوند.

۱-۳-۵-۷- انتقال نمونه‌ها

با توجه به هماهنگی انجام شده بین مشاور و سازمان مدیریت پسماند برای تجمیع واحد تفکیک پسماندها برای کلیه‌ی نمونه‌ها در محل دفع آرادکوه، تمامی نمونه‌های برداشت شده باید به این محل منتقل شود. این بدان معناست که هیچ‌کدام از نمونه‌هایی که در قالب نمونه‌برداری از ایستگاه انتقال به آن‌ها اشاره شده است، در ایستگاه‌ها آنالیز نشده و مستقیماً به سایت آرادکوه منتقل می‌شوند. لذا باید توجه کرد در تمام این گزارش، منظور از نمونه برداری از ایستگاه‌های انتقال، نمونه برداری از پسماندهای ورودی به ایستگاه‌های انتقال است.

۱-۳-۵-۷-۱- نمونه‌های برداشت شده از مبدأ

در این حالت، نمونه‌های برداشت شده از نواحی مختلف مناطق به وسیله‌ی وانت جمع آوری کننده به ایستگاه انتقالی که آن منطقه را پوشش می‌دهد منتقل شده و سپس از آنجا به درون یک خودروی بزرگتر (مانند خاور) بارگیری شده و به محل دفع آرادکوه منتقل می‌شود. در نتیجه در هر روز از فرایند نمونه برداری، ۱۰ خودرو که هر کدام از یک ایستگاه انتقال (که حاوی پسماندهای از مبدأ جمع آوری شده‌ی دو تا سه منطقه است) بارگیری شده است، به محل دفع آرادکوه وارد می‌شود. در این حالت باید تلاش شود نمونه‌های برداشت شده در هر ناحیه در بخش مشخصی از فضای مدنظر برای تفکیک قرار داده شود.

۱-۳-۵-۷-۲- نمونه‌های جمع آوری شده از ظروف

در این حالت، دو سناریو می‌توان برای انتقال پسماند موجود در خودروهای جمع آوری پسماند مخلوط مناطق به محل دفن آرادکوه در نظر گرفت:

۱) انتقال به ایستگاه انتقال و بارگیری در سمی تریلرهای مشخص و سپس انتقال به آرادکوه
۲) حمل مستقیم به وسیله خودروی جمع آوری به آرادکوه

از میان دو حالت فوق، حالت دوم به دلایل زیر برتری دارد:

- در هر شب از هر منطقه تنها یک خودرو باید به سایت آرادکوه برود؛
- با توجه به مشخص بودن مسیر حرکتی هر خودرو، امکان شناسایی پسماند به تفکیک نواحی مناطق وجود دارد؛
- ایجاد هماهنگی بین خودروهای ورودی به ایستگاه انتقال و سمی تریلرهای مشخص‌شده دشوار بوده و نیازمند نظارت دقیق است؛
- هیچ‌گونه اخلالی در عملکرد ایستگاه‌های انتقال صورت نمی‌گیرد.

در نتیجه، در هر شب یک خودرو از یک ناحیه‌ی مشخص هر منطقه (به تشخیص تیم نمونه‌برداری) به وسیله پیمانکار مربوطه مستقیما به سایت آرادکوه منتقل خواهد شد.

۱-۳-۵-۸- بهداشت، ایمنی و محیط زیست

برخی اقداماتی که برای تامین الزامات HSE در برنامه نمونه‌برداری حاضر در نظر گرفته شده است عبارتند از:

- مرور خطرات محتمل و اقدامات ایمنی با پرسنل قبل از شروع فرایند تفکیک دستی
- مجهز شدن کلیه پرسنل فرایند نمونه‌برداری به تجهیزات حفاظت فردی شامل دستکش ضخیم چرمی، ماسک، کلاه، لباس کار، ...
- تامین روزانه‌ی شیر برای پرسنل نمونه‌برداری؛
- استفاده از کیسه‌های زباله مقاوم برای جلوگیری از سوراخ شدن و نشت احتمالی شیرابه در نمونه‌های برداشته شده از مبدأ؛
- آموزش به پرسنل برای برخورد مناسب با پسماندهای تیز و برنده؛
- تامین آب کافی و فضای مناسب در تابستان برای جلوگیری از گرمازدگی کارکنان؛
- تامین مواد شوینده به میزان کافی برای شستشوی دست‌ها؛
- استقرار کارشناس HSE؛
- مراقبت‌های لازم پیش از تخلیه‌ی خودروهای جمع‌آوری پسماند و حفظ فاصله مناسب با آن.

۱-۴- ثبت داده‌ها و نتایج

به منظور ثبت دقیق اطلاعات دریافتی از خانوارها و منابع غیرخانگی و نتایج آنالیز فیزیکی نمونه‌ها، فرم‌هایی طراحی شده است که در پیوست ۲ آورده شده است.

۱-۵- نتیجه‌گیری

در این گزارش به طراحی سیستم نمونه‌برداری پسماند شهر تهران بر مبنای دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی پرداخته شد. بر این اساس، برای تعیین تعداد نمونه مورد نیاز در مقصد از روش ASTM D5231 و برای تعیین تعداد نمونه‌های قابل برداشت از خانوار از روش Nordtest استفاده شد. برای تعیین تعداد نمونه‌ی تولیدی از منابع غیرخانگی (تجاری، اداری، بهداشتی- درمانی) نیز از روش دپارتمان بازیافت منابع کالیفرنیا استفاده شد. با توجه به موارد گفته شده در بخش‌های قبل، مجموعاً ۱۲۰۲ نمونه‌ی ۱۰۰ کیلوگرمی (به استثنای نمونه‌های منابع غیرخانگی که حداقل ۵۸ کیلوگرمی در نظر گرفته شده است) در هر مرحله نمونه‌برداری در شهر تهران مورد آنالیز فیزیکی قرار خواهد گرفت. از این میان، ۲۸۶ نمونه در ایستگاه‌های انتقال، ۵۰ نمونه در محل دفع آرادکوه، ۵۰ نمونه در محل دفن آبعلی، ۳۹۶ نمونه از خانوارها و ۴۲۰ نمونه از منابع غیرخانگی در محل تولید خواهد بود. لذا مجموع نمونه‌های قابل آنالیز در دو مرحله برابر ۲۴۰۴ نمونه خواهد بود. هم‌چنین از دسته‌بندی

پیشنهادی UNEP با اندکی تفصیل بیشتر برای تعیین تعداد و نوع اجزای آنالیز میدانی استفاده شد. تعیین چگالی و توزیع اندازه ذرات از دیگر پارامترهای بخش آنالیز میدانی هستند که انجام خواهند شد. همچنین در مجموع دو فصل ۱۲۰ نمونه ۵ کیلوگرمی و ۲۰۰ کیسه دریافتی از منازل برای تعیین درصد رطوبت اندازه‌گیری خواهد شد. به‌علاوه، در مجموع دو فصل ۶۰ نمونه برای تعیین ارزش حرارتی و آنالیز عنصری (در صورت وجود تجهیزات آماده‌سازی در سایت آرادکوه) آزمایش خواهد شد. نتایج این آزمایش‌ها با روابط تجربی مقایسه شده و نتیجه نهایی گزارش خواهد شد.

به‌نظر می‌رسد با توجه به اطلاعات موجود، این تعداد نمونه و روش پیشنهادی آنالیز فیزیکی بتواند دقت قابل قبولی از وضعیت کمّی و کیفی پسماند تولیدی در شهر تهران در اختیار تصمیم‌گیران قرار دهد تا بر مبنای آن مراحل بعدی مطالعات طرح جامع مدیریت پسماند شهر تهران انجام شود. جدول ۵ خلاصه نتایج این گزارش را نشان می‌دهد.

جدول ۵: خلاصه نتایج برنامه نمونه‌برداری طرح جامع مدیریت پسماند تهران

آیتم		تعداد	واحد	توضیحات	تامین‌کننده
نمونه‌های تعیین ترکیب فیزیکی در هر فصل	خانگی	۳۹۶	وزن مجموع برابر ۴۰ تن	برداشت از منازل	-
	غیر خانگی	۴۲۰	حداقل وزن مجموع برابر ۲۴ تن	برداشت از واحدهای غیرخانگی	-
	ورودی ایستگاه انتقال	۲۸۶	نمونه‌های ۱۰۰ کیلوگرمی	برداشت از خودروهای جمع‌آوری	-
	ورودی سایت آرادکوه	۵۰	نمونه‌های ۱۰۰ کیلوگرمی	برداشت از سمی تریلر	-
	سایت آبعلی	۵۰	نمونه‌های ۵۰ کیلوگرمی	آنالیز چشمی	-
	مجموع	۱۲۰۲	مجموع وزن برابر ۱۰۰ تن	-	-
تعداد نمونه‌های آنالیز فیزیکی	دانسیته	۱۲۰۲	نمونه‌های ۱۰۰ کیلوگرمی	با استفاده از بشکه‌های ۲۲۰ لیتری	-
	دانه بندی	۵۰	نمونه‌های یک مترمکعب	با استفاده از میز الک	-
	درصد رطوبت	۱۶۰	۶۰ نمونه پنج کیلوگرمی و ۱۰۰ کیسه زباله	با استفاده از آون ۲۰۰ لیتری	-
تعداد نمونه‌های آنالیز شیمیایی	ارزش حرارتی	۳۰	نمونه‌های یک گرمی	در صورت تامین تجهیزات آماده سازی و همکاری ساتبا	-
	آنالیز عنصری	۳۰	نمونه‌های ۵ میلی گرمی		
نیروی انسانی مورد نیاز در هر فصل	راننده	۱	نفر در هر ناحیه در هر شبانه‌روز	با توجه به ۱۰ روز عملیات، در هر هفته در نصف نواحی نیاز است.	نواحی
	آموزشگر	۱	نفر در هر ناحیه در هر شبانه‌روز	مشابه راننده	نواحی
	کارگر	۶۵	نفر در شبانه‌روز	برای عملیات تفکیک نمونه‌ها و آزمایش‌های فیزیکی	سمپ
	ناظر عملیات	۱۰	نفر در شبانه‌روز	برای نظارت بر عملیات تفکیک	مشاور
خودروی جمع‌آوری از مبدأ	وانت پیکان	۱	دستگاه در هر ناحیه در هر شبانه‌روز	برای برداشت نمونه‌ها از مبدأ و حمل به ایستگاه انتقال	
	خاور	۵	دستگاه	برای ایستگاه‌های انتقال دهگانه	مشاور
تجهیزات اصلی مورد نیاز	بیل بکهو	۱	دستگاه	در سایت آرادکوه	سمپ
	خردکن	۱	دستگاه	در محل دفع آرادکوه	سمپ
	میز الک	۱	عدد	در محل دفع آرادکوه	سمپ
	مخلوط‌کن	۱	دستگاه	در محل دفع آرادکوه	سمپ
	آسیاب	۱	دستگاه	در محل دفع آرادکوه	سمپ
	آون	۲	عدد	به حجم حداقل ۲۰۰ لیتر	سمپ
	ترازو	۳	عدد	به ظرفیت ۱۰۰ کیلوگرم و دقت ۵۰ گرم	سمپ

۲- اجرای عملیات نمونه‌برداری

برنامه‌ی اولیه‌ی مشاور، نمونه‌برداری در نیمه‌ی تابستان ۱۳۹۸ بوده است. با توجه به عدم هماهنگی با مناطق ۲۲ گانه و تغییر محل کارگاه آنالیز از مجتمع آرادکوه به ایستگاه انتقال آزادگان، برنامه‌ی نمونه‌برداری نوبت اول با تاخیر نسبت به برنامه‌ی پیشنهادی مشاور انجام پذیرفت. بر این اساس نمونه‌برداری در هفته آخر شهریور و هفته اول مهر ماه اجرایی گردید. نقاط نمونه‌برداری به دو بخش تقسیم و نیمی از آن در هفته اول و نیمی نیز در هفته دوم برداشت گردیدند. در ادامه روند انجام کار در بخش نمونه‌برداری از مبدأ، خودروهای مکانیزه جمع‌آوری و خودروهای سمی تریلر در ورودی آرادکوه تشریح می‌گردد. در ادامه نیز فعالیت‌های صورت گرفته جهت آنالیز فیزیکی نمونه‌ها در ایستگاه آزادگان و همچنین آنالیز شیمیایی نمونه‌ها تشریح خواهد شد.

۲-۱- هماهنگی عملیات نمونه‌برداری از مبدأ

به منظور برداشت نمونه‌ها از مبدأ، سازمان مدیریت پسماند بر استفاده از ظرفیت ادارات بازیافت مناطق ۲۲گانه تاکید داشت. بر این اساس هماهنگی با مدیران بازیافت مناطق، آموزشگران و رانندگان ملودی مناطق ۲۲گانه از طریق سازمان مدیریت پسماند انجام پذیرفت.

۲-۱-۱- برگزاری جلسه توجیهی برای مدیران مناطق و آموزشگران

دو جلسه توجیهی برای حدود ۱۰۰ نفر از آموزشگران بازیافت مناطق در روز ۱۳۹۸/۵/۱۶ و ۱۳۹۸/۶/۱۰ در مرکز تخصصی آموزش سازمان مدیریت پسماند و خانه اندیشمندان علوم انسانی برگزار گردید. همچنین جلسه‌ی توجیهی مدیران بازیافت در روز ۱۳۹۸/۵/۲۳ در سازمان مدیریت پسماند برگزار و برنامه‌ی نمونه‌برداری به طور کامل تشریح و به سوالات و ابهامات پاسخ داده شد. اطلاعات تماس مدیران بازیافت و آموزشگران در این دو جلسه ثبت گردید و در شبکه‌های مجازی نسبت به ایجاد گروه، تبادل نظر، رفع ابهامات و ایجاد هماهنگی بیشتر اقدام گردید.

شکل ۴ – جلسات توجیهی آموزشگران مناطق ۲۲ گانه

شکل ۵ – جلسه هماهنگی با مدیران بازیافت مناطق ۲۲ گانه

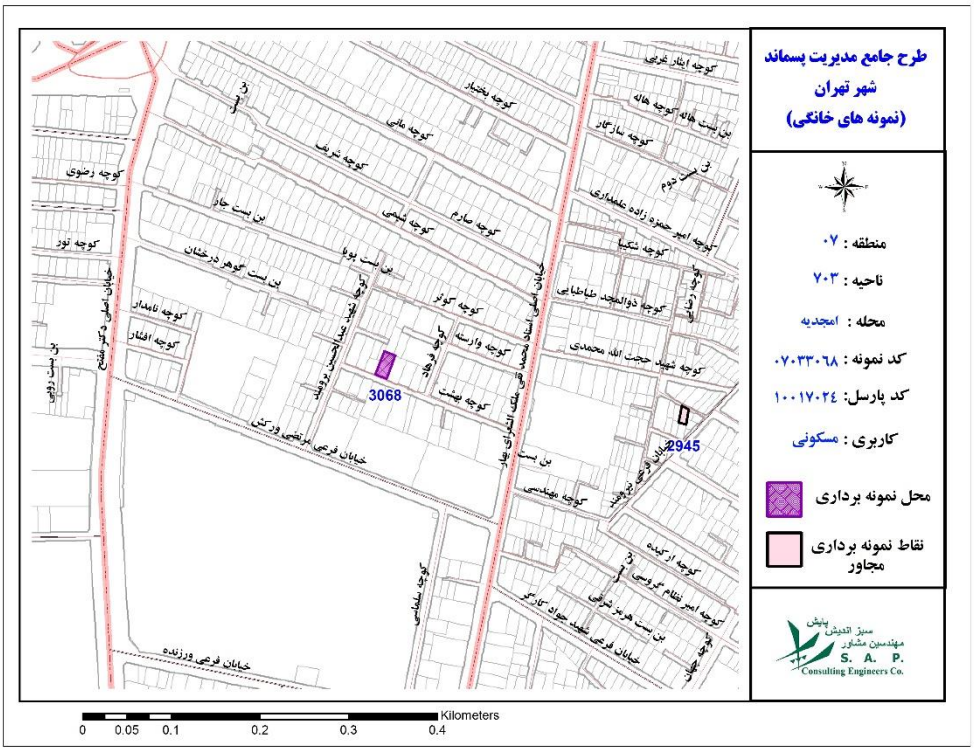
۲-۱-۲- آماده‌سازی نقشه‌ی واحدهای نمونه‌برداری از مبدأ

برای تعیین موقعیت واحدهای خانگی و غیرخانگی جهت نمونه‌برداری از داده‌های مربوط به دریافت اخذ بهای مدیریت پسماند استفاده گردید. در این دسته‌بندی کاربری مسکونی و غیرمسکونی، برآوردی از متوسط پسماند تولیدی کاربری‌های مختلف و همچنین مختصات جغرافیایی واحد مورد نظر بیان شده است. بر این اساس به منظور تامین حداقل تعداد نمونه‌ی مورد نیاز اشاره شده در جدول ۴ به صورت تصادفی تعداد ۳۴۳۷ پلاک از کاربری‌های خانگی انتخاب گردید. سپس هر واحد در نقشه موقعیت‌یابی گردید و کروکی مورد نظر به همراه مختصات طول و عرض جغرافیایی در پکیج آموزشگران مناطق ۲۲ گانه قرار گرفت (شکل ۶)

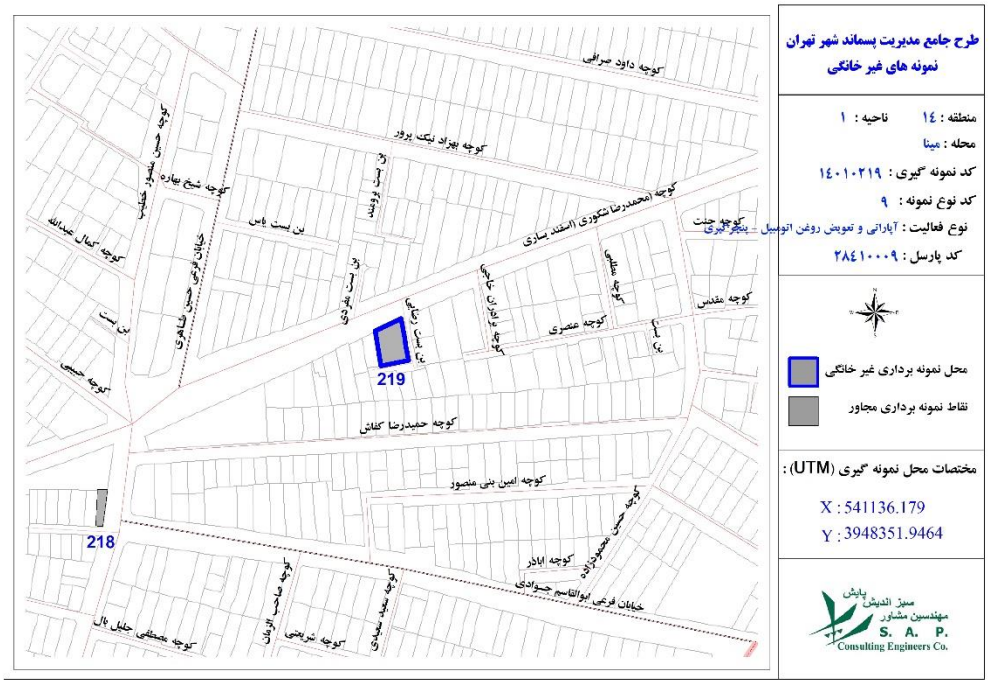
نمونه‌های غیرخانگی نیز بر اساس موارد مورد اشاره در بخش ۱-۳-۴-۲-۲- به یازده دسته تقسیم گردید. سپس از روی نوع فعالیت‌ها با توجه به تعداد واحد از کاربری مورد نظر در سطح شهر و همچنین متوسط برآورد میزان پسماند تولیدی هر دسته، تعداد نمونه‌ی لازم در هر کاربری بر اساس جدول ۶ تعیین گردید. بر این اساس در مجموع ۹۹۲ واحدغیرخانگی به صورت تصادفی در سطح شهر انتخاب گردید و هر واحد در نقشه موقعیت‌یابی گردید و کروکی مورد نظر به همراه مختصات طول و عرض جغرافیایی در پکیج آموزشگران بخش غیرخانگی قرار گرفت (شکل ۷).

جدول ۶ – تعداد نمونه‌ی شناسایی شده در هر دسته از کاربری بخش غیرخانگی

کد گروه	کاربری	تعداد نمونه
۱	آموزشی و اداری	۵۱
۲	رستوران‌ها و اغذیه فروشی‌ها	۶۷
۳	هتل‌ها و مراکز اقامتی	۶۵
۴	بهداشتی و درمانی	۶۸
۵	خرده فروشی مواد غذایی	۶۹
۶	سایر خرده‌فروشی‌ها	۱۱۹
۷	فعالیت‌های خدماتی	۱۱۹
۸	تفریحی و سرگرمی	۷۱
۹	خدمات خودرو و صنعتی	۱۲۴
۱۰	عمده‌فروشی	۱۱۹
۱۱	تولیدی	۱۲۰
جمع کل		۹۹۲

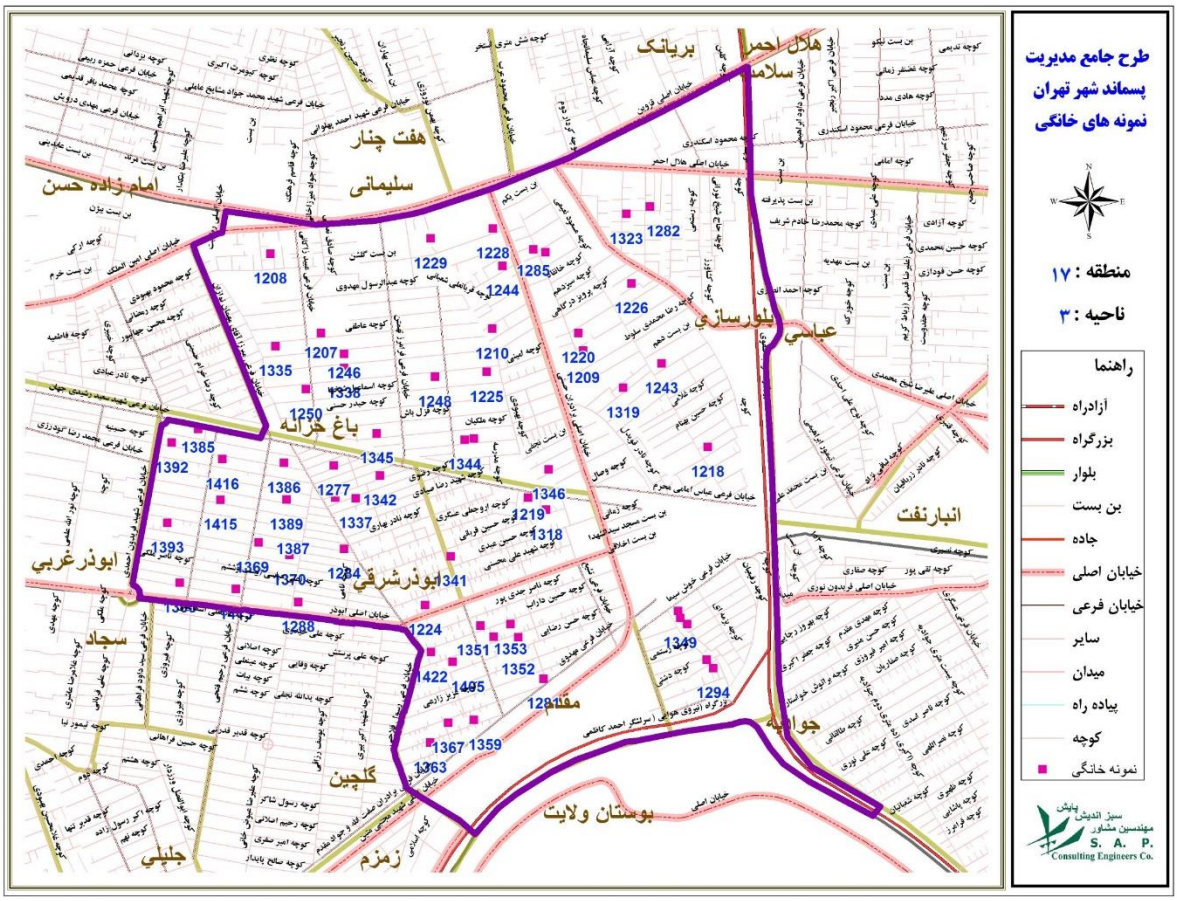


شکل ۶- کروکی واحد خانگی



شکل ۷- کروکی واحد غیرخانگی

به منظور برنامه‌ریزی بهتر آموزشگران جهت برداشت نمونه‌ها در سطح منطقه، نقاط نمونه‌برداری مربوط به هر ناحیه بر روی یک نقشه مشخص گردید و نقشه مربوطه در قطع A3 داخل پکیج قرار داده شد (شکل ۸).



شکل ۸- نقشه پراکندگی نمونه‌ها در سطح ناحیه

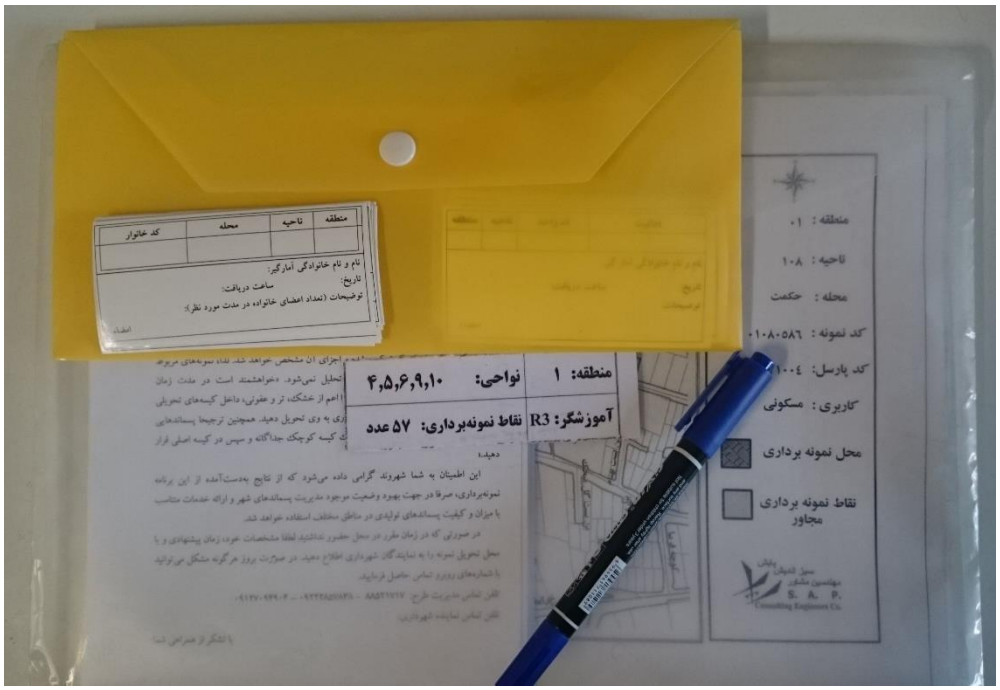
۲-۱-۳- آماده‌سازی فرم‌های مستندسازی و پکیج‌های مخصوص آموزشگران مناطق

به منظور ثبت فعالیت روزانه در حین عملیات، فرم‌های دهگانه‌ای تنظیم شد که در پیوست ۱ گزارش آمده است. عناوین فرم‌ها عبارتند از :

- فرم شماره ۱: شناسایی واحدهای خانگی و غیرخانگی
- فرم شماره ۲: ثبت مشخصات جمع‌آوری نمونه‌ها از مبدأ توسط آموزشگران
- فرم شماره ۳: ثبت مشخصات نمونه‌های دریافتی در ایستگاه توسط ناظر
- فرم شماره ۴: ثبت مشخصات پرسنل فعال در عملیات آنالیز
- فرم شماره ۵: ثبت مشخصات ناظرین عملیات آنالیز
- فرم شماره ۶: ثبت مشخصات ناظرین ایستگاه‌ها
- فرم شماره ۷: توزین نمونه‌های خانگی و غیرخانگی
- فرم شماره ۸: توزین و تفکیک نمونه‌های خانگی و غیرخانگی

- فرم شماره ۹: توزین و تفکیک نمونه‌های خودروهای مکانیزه و سمی تریلر
- فرم شماره ۱۰: ثبت مشخصات خودروهای مکانیزه و سمی تریلر

در پکیج آموزشگران به منظور ثبت مشخصات واحدهای خانگی و غیرخانگی، به ازای هر واحد اختصاص یافته به هر آموزشگر یک فرم شماره ۱ داخل پکیج قرار گرفت. بر پشت هر فرم شماره ۱ کروکی محل مورد نظر جهت نمونه‌برداری قید شده است (شکل ۶ و شکل ۷). در پکیج خانگی تعداد ۱۰ عدد فرم شماره ۲ برای ثبت مشخصات ۱۰ روز عملیات جمع‌آوری در طول دو هفته نمونه‌برداری قرار داده شد. به منظور ثبت مشخصات نمونه‌ها به ازای هر واحد خانگی ۵ عدد لیبل و به ازای هر واحد غیرخانگی حداقل ۲ عدد لیبل قرار داده شد تا مشخصات هر واحد بر روی کیسه‌ی دریافتی چسبانده شود. یک ماژیک ضدآب جهت ثبت مشخصات بر روی لیبل نیز قرار داده شد. به ازای هر واحد خانگی نیز یک فرم پرسشنامه جهت دریافت نظرات ساکنین قرار داده شد. این فرم‌ها در روز اول تحویل واحدها شده و در طول ۵ روز جمع‌آوری نمونه‌ها از واحدهای مربوطه توسط آموزشگر دریافت و به ناظرین ایستگاه‌ها جهت انتقال به دفتر مشاور منتقل می‌گردد.



شکل ۹- نمونه پکیج آموزشگران

به ازای هر واحد نیز یک برگه‌ی اطلاع‌رسانی شامل اطلاعات طرح جامع، عملیات نمونه‌برداری و اطلاعات تماس آموزشگران، مدیران اجرایی طرح و شرکت مشاور قرار داده شد. در این برگه سعی شده است مواردی که می‌باید توسط شهروندان رعایت شود قید گردد و اطلاعات تماس نیز جهت رفع ابهامات و هماهنگی مراجعات آموزشگران جهت دریافت نمونه در طول عملیات قرار داده شده است (شکل ۱۰).

شهروند گرامی

با سلام

احتراماً به استحضار می‌رساند برنامه‌ی نمونه‌برداری و آنالیز پسماند شهر تهران با هدف شناخت دقیق پسماند تولیدی در شهر تهران و با هماهنگی سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران و مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران در حال برگزاری است. شناخت کمّی و کیفی پسماند، گام اول طراحی تمامی فرایندهای بعدی سیستم مدیریت پسماند مانند جمع‌آوری، حمل، بازیافت و دفع نهایی است. در نتیجه، همکاری شما در این برنامه، کمک شایان توجهی به برنامه‌ریزی‌های آینده به منظور مدیریت بهتر پسماندها خواهد کرد.

در این برنامه، پسماندهای تولیدی واحد شما به صورت روزانه و در ساعت‌های مشخص توسط آموزشگران معتمد شهرداری جمع‌آوری خواهد شد. پسماندهای جمع‌آوری‌شده از واحدهای مختلف یک منطقه، با یکدیگر ترکیب شده و اجزای آن مشخص خواهد شد. لذا، نمونه‌های مربوط به هر خانوار به صورت جداگانه ثبت و تحلیل نمی‌شود. «خواهشمند است در مدت زمان نمونه‌برداری، کل پسماند تولیدشده در واحد را اعم از خشک، تر و عفونی، داخل کیسه‌های تحویلی گذاشته و در زمان مراجعه‌ی نماینده‌ی شهرداری به وی تحویل دهید. همچنین ترجیحا پسماندهایی مانند کاغذ باطله، مقوا و کارتن را ابتدا در یک کیسه کوچک جداگانه و سپس در کیسه اصلی قرار دهید.»

این اطمینان به شما شهروند گرامی داده می‌شود که از نتایج به‌دست‌آمده از این برنامه نمونه‌برداری، صرفا در جهت بهبود وضعیت موجود مدیریت پسماندهای شهر و ارائه خدمات متناسب با میزان و کیفیت پسماندهای تولیدی در مناطق مختلف استفاده خواهد شد.

در صورتی که در زمان مقرر در محل حضور نداشتید لطفا مشخصات خود، زمان پیشنهادی و یا محل تحویل نمونه را به نمایندگان شهرداری اطلاع دهید. در صورت بروز هرگونه مشکل می‌توانید با شماره‌های روبرو تماس حاصل فرمایید.

تلفن تماس مدیریت طرح: ۸۸۵۲۱۷۱۷ – ۰۹۲۲۲۸۵۷۸۳۸ – ۰۹۱۲۷۰۹۴۹۰۴

تلفن تماس نماینده شهرداری:

با تشکر از همراهی شما

شکل ۱۰- برگه‌ی اطلاع‌رسانی شهروندان از طرح نمونه‌برداری

بر اساس محاسباتی که در بخش ۱-۳-۴-۲-۱- انجام پذیرفت، تعداد نمونه‌ی مورد نیاز در هرمنطقه با لحاظ نمودن ضریب جمعیت هر منطقه محاسبه گردید که در جدول ۸ نمایش داده شده است. بر اساس تبادل نظری که با آموزشگران صورت پذیرفت، به نظر رسید هر آموزشگر روزانه امکان جمع‌آوری ۲۵ نمونه را در شرایط نرمال داشته باشد. بر این اساس با توجه به تعداد نقاط در نظر گرفته شده برای مناطق، تعداد آموزشگر مورد نیاز هر منطقه محاسبه گردید که در جدول ۷ به تفکیک خانگی و غیرخانگی ارائه شده است.

جدول ۷ - تعداد آموزشگران مورد نیاز مناطق ۲۲ گانه

مناطق	مسکونی		تجاری		جمع کل	
	آموزشگر	خودرو	آموزشگر	خودرو	آموزشگر	خودرو
۱	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۲	۴	۴	۱	۱	۵	۵
۳	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۴	۴	۴	۲	۲	۶	۶
۵	۴	۴	۱	۱	۵	۵
۶	۳	۳	۲	۲	۵	۵
۷	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۸	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۹	۲	۲	۱	۱	۳	۳
۱۰	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۱۱	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۱۲	۳	۳	۲	۲	۵	۵
۱۳	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۱۴	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۱۵	۴	۴	۱	۱	۵	۵
۱۶	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۱۷	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۱۸	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۱۹	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۲۰	۳	۳	۱	۱	۴	۴
۲۱	۲	۲	۱	۱	۳	۳
۲۲	۲	۲	۱	۱	۳	۳
جمع کل	۶۷	۶۷	۲۵	۲۵	۹۲	۹۲

جدول ۸- تقسیم نواحی تحت پوشش آموزشگران در مناطق ۲۲ گانه جهت نمونه‌برداری از منابع خانگی

منطقه	تعداد کل نقاط مسکونی	آموزشگر ۱		آموزشگر ۲		آموزشگر ۳		آموزشگر ۴		توضیحات
		ناحیه	تعداد نقاط	ناحیه	تعداد نقاط	ناحیه	تعداد نقاط	ناحیه	تعداد نقاط	
1	154	2,3	51	1,7,8,	52	4,5,6,9 ,10	51			
2	222	2,3	56	7,8,9	57	4,5	52	1,6	57	
3	156	1,2	55	5,6,3	40+10=50	4,3	27+24=51			از ۳۴ نقطه در ناحیه ۳، ۲۴ نقطه به آموزشگر ۳ و ۱۰ نقطه به آموزشگر ۲ اختصاص دارد.
4	205	1,2,9	55	3,7	50	4,5	50	6,8	50	
5	204	3	50	2,5	51	1,4,6,7	42+10=52	7	61-10=51	در ناحیه ۷، ۱۰ نقطه از آموزشگر ۴ کم و به آموزشگر ۳ اضافه شده است.
6	152	1,4	50	3,6	53	2,5	49			
7	154	1,3	44+7=51	2,3	40+10=50	4,5	53			ناحیه۳ ، ۱۷ نقطه دارد که بین آموزشگر ۱ و ۲ تقسیم شده است.
8	155	1,3	43+8=51	2,3	39+12=51	3	73-20=53			از ناحیه ۳ (آموزشگر ۳)، ۲۰ نقطه کم شده و به آموزشگر ۱ و ۲ اضافه شده.
9	102	1	50	2	52					
10	156	1	72-20=52	2,1	44+8=52	3,1	40+12=52			از آموزشگر ۱، ۲۰ نقطه کم شده و به آموزشگر ۲ و ۳ اضافه شده است.
11	152	2,1	44+7=51	3	49	4,1	44+8=52			ناحیه ۱، ۱۵ نقطه دارد که بین آموزشگر ۱ و ۳ تقسیم شده است.
12	112	5	37	2,4	38	1,3,6	37			
13	158	1,2	47+8=55	2	62-8=58	3,4	49			از ناحیه ۲ (آموزشگر ۲)، ۸ نقطه کم شده و به آموزشگر ۱ اضافه شده است.
14	155	1,5	55	2	52	3,4,6	48			
15	217	1	67-10=57	2,3	52	4,6	51	5,7,1	47+10=57	از آموزشگر ۱، ۱۰ نقطه کم شده و به آموزشگر۴ اضافه شده است.
16	155	1,2	38+12=50	3,2	38+12=50	4,5,6	55			ناحیه ۲، ۲۴ نقطه دارد که بین آموزشگر ۱ و ۲ تقسیم شده است.

منطقه	تعداد کل نقاط مسکونی	آموزشگر ۱		آموزشگر ۲		آموزشگر ۳		آموزشگر ۴		توضیحات
		ناحیه	تعداد نقاط	ناحیه	تعداد نقاط	ناحیه	تعداد نقاط	ناحیه	تعداد نقاط	
17	151	1,3	36+14=50	2	51	3	64-14=50			از آموزشگر ۳، تعداد نقطه کم شده و به آموزشگر ۳ اضافه شده است.
18	153	1,6,7	52	2,3	58	4,5	53			
19	160	1,2	42+10=52	2	65-10=55	3,5	53			از ناحیه ۲، ۱۰ نقطه از آموزشگر ۲ کم شده و به آموزشگر ۱ اضافه شده است.
20	157	1,4	55	2,3	53	5,6,7	49			
21	102	1	61-10=51	2,3,1	41+10=51					از آموزشگر ۱، ۱۰ نقطه کم شده و به آموزشگر ۲ اضافه شده است.
22	105	1,3,2	41+11	4,2	42+11					ناحیه ۲، ۲۲ نقطه دارد که بین آموزشگر ۱ و ۲ تقسیم شده است.
کل نقاط مسکونی :	3437	کل نمونه‌های مسکونی :		۱۷۱۸۵						

جدول ۶ – تقسیم نواحی تحت پوشش آموزشگران در مناطق ۲۲ گانه جهت نمونه‌برداری از منابع غیرخانگی

منطقه	تعداد نقاط غیرمسکونی	آموزشگر۱		آموزشگر۲	
		ناحیه	تعداد نقاط	ناحیه	تعداد نقاط
۱	۲۶	تمام نواحی	۲۶		
۲	۴۱	تمام نواحی	۴۱		
۳	۴۵	تمام نواحی	۴۵		
۴	۱۰۸	۶,۷,۹	۵۴	۱,۲,۳,۴,۵,۸	۵۴
۵	۳۶	تمام نواحی	۳۶		
۶	۷۵	۱,۲	۳۸	۳,۴,۵,۶	۳۷
۷	۴۹	تمام نواحی	۴۹		
۸	۳۳	تمام نواحی	۳۳		
۹	۲۴	تمام نواحی	۲۴		
۱۰	۳۰	تمام نواحی	۳۰		
۱۱	۴۶	تمام نواحی	۴۶		
۱۲	۱۱۷	۳,۴,۵	۵۹	۱,۲,۶	۵۸
۱۳	۲۲	تمام نواحی	۲۲		
۱۴	۳۳	تمام نواحی	۳۳		
۱۵	۷۳	تمام نواحی	۷۳		
۱۶	۴۲	تمام نواحی	۴۲		
۱۷	۳۱	تمام نواحی	۳۱		
۱۸	۵۰	تمام نواحی	۵۰		
۱۹	۳۷	تمام نواحی	۳۷		
۲۰	۴۲	تمام نواحی	۴۲		
۲۱	۲۴	تمام نواحی	۲۴		
۲۲	۸	تمام نواحی	۸		
تعداد نقاط	۹۹۲	تعداد نمونه	۱۹۸۴		

۲–۱–۴– عملیات شناسایی واحدهای خانگی و غیرخانگی

در روزهای ۲۳ الی ۲۵ شهریور ماه شناسایی بخش اول واحدهای مسکونی و غیرمسکونی انجام پذیرفت و جمع‌آوری نمونه‌های مسکونی در نوبت اول از روز چهارشنبه ۲۷ شهریور ماه آغاز و تا روز یکشنبه ۳۱ شهریور ماه ادامه یافت. جمع‌آوری از واحدهای غیر مسکونی نوبت اول در روزهای جمعه ۲۹ شهریور لغایت یکشنبه ۳۱ شهریور ماه انجام پذیرفت. شناسایی نوبت دوم نیز در روزهای ۳۰ شهریور ماه لغایت ۱ مهر ماه انجام

پذیرفت. جمع‌آوری نمونه‌های مسکونی نوبت دوم از روز چهارشنبه ۳ مهر لغایت یکشنبه ۷ مهر ماه و جمع‌آوری نمونه‌های غیرمسکونی از روز جمعه ۵ مهر لغایت یکشنبه ۷ مهر ماه انجام پذیرفت.

در طول عملیات شناسایی، آموزشگران به درب واحدهای مورد اشاره در نقشه‌های داخل پکیج مراجعت نموده و ضمن معرفی طرح به ساکنین، سرایداران و متولیان واحدهای غیرخانگی، سعی در جلب مشارکت واحد مورد نظر را مبذول می‌داشتند. در صورتی که واحد مورد نظر تمایل به همکاری نداشته و یا در طول ایام نمونه‌برداری در محل مورد نظر حضور نداشته، آموزشگران به واحد مجاور مراجعه نموده و این امر را در فرم شماره ۱ منعکس می‌نمایند. در مورد واحدهای غیرخانگی، در صورت عدم همکاری و یا در صورت تغییر کاربری، آموزشگران اقدام به جایگزینی واحدی مشابه می‌نمایند. در صورتی که آموزشگران در یافتن واحدی مشابه دچار مشکل گردند، موضوع را با کارشناسان طرح در میان می‌گذارند. کارشناسان مستقر در دفتر، ضمن جستجو در نقشه‌ی منطقه، سعی می‌نمایند واحدی مشابه کاربری موجود را پیدا کرده و موقعیت محل مورد نظر را برای آموزشگر جهت جایگزینی ارسال نمایند.

شکل ۱۱- شناسایی واحدهای خانگی

۲-۲- عملیات جمع‌آوری نمونه‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها از مبدأ توسط آموزشگران و خودروهای ملودی صورت می‌پذیرد. خودروهای فان به منظور نمونه‌گیری نیز از مناطق ۲۲گانه به ایستگاه آزادگان جهت تخلیه‌ی بار مراجعه می‌نمایند. برداشت نمونه از خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه نیز در ورودی خطوط پردازش در مجتمع آرادکوه انجام می‌پذیرد.

۲-۲-۱- مبادی تولید

در فرم شماره ۱ و همچنین فرم شماره‌ی ۲ واحد مربوطه، زمان مطلوب مراجعه‌ی بعدی جهت جمع‌آوری پسماند تولیدی را به آموزشگران اعلام نموده است. آموزشگران طبق برنامه به همراه خودروهای وانت ملودی به درب منازل و واحدهای غیرخانگی مراجعه نموده و پسماند روز قبل را تحویل می‌گیرند. در صورتیکه واحد مربوطه در هنگام مراجعه حضور نداشته باشد، با شماره تماس درج شده در فرم شماره ۱ تماس برقرار می‌شود و در صورت امکان ساعت دیگری برای دریافت نمونه هماهنگ می‌گردد. در فرم شماره ۲ آموزشگر نسبت به ثبت کدواحد، زمان دریافت نمونه، زمان مطلوب مراجعه‌ی روز بعد و تعداد افراد حاضر در روز قبل اقدام می‌نماید. در صورتیکه واحد مربوطه بیش از یک کیسه تحویل داده باشد و یا بخشی از پسماند را دور ریخته باشد نیز در این فرم ثبت می‌گردد.

پسماند جمع‌آوری شده روزانه به ایستگاه‌های خدمات شهری منتقل شده و تحویل ناظر مقیم در ایستگاه می‌گردد. ناظر مربوطه پس از کنترل تعداد نمونه، کنترل عدم پارگی کیسه‌ها و خوانا بودن لیبل‌ها نسبت به تکمیل فرم شماره ۳ اقدام می‌نماید. در این فرم علاوه بر ثبت اطلاعات فوق‌الذکر، بازه‌ی زمانی جمع‌آوری نمونه‌ها توسط آموزشگران نیز ثبت می‌گردد (شکل ۱۳).

انتقال نمونه‌های جمع‌آوری شده توسط خودروهای ملودی به ایستگاه‌های انتقال

دریافت نمونه از واحدهای مسکونی و غیرمسکونی

تحویل نمونه‌های خانگی به ناظر مقیم ایستگاه

چسباندن لیبل بر روی نمونه‌های تحویلی از منازل

دریافت کیسه‌ها و تکمیل فرم شماره ۲

تحویل کیسه‌های مربوط به پسماند غیر مسکونی

شکل ۱۲: دریافت نمونه از منازل مسکونی و انتقال توسط خودروهای ملودی به ایستگاه‌ها

شکل ۱۳- دریافت کیسه‌ها و تکمیل فرم شماره ۳ توسط ناظر ایستگاه

در پایان عملیات نمونه‌برداری به منظور قدردانی از زحمات مشارکت‌کنندگان طرح یک هدیه به همراه یک نامه‌ی تشکرآمیز به رسم یادبود و به امید همراهی بیشتر ایشان در طرح‌های مدیریت اجرایی پسماند تقدیم ایشان گردید (شکل ۱۴).

شکل ۱۴- توزیع هدایا بین خانوارهای مشارکت‌کننده در طرح

۲-۲-۲- خودروهای فان

پسماند ذخیره شده در حدود ۵۴۰۰۰ مخزن ۱۱۰۰ لیتری مستقر در سطح شهر تهران پس از جمع‌آوری توسط خودروهای مکانیزه (فان) به ایستگاه‌های خدمات شهری حمل شده و آنجا در خودروهای بزرگتر موسوم به سمی تریلر تخلیه می‌گردد. به منظور شناسایی این بخش از پسماند همانطور که در بخش ۱-۳-۴-۱-۱- ذکر گردید، در مدت ۱۳ شب مطابق برنامه مندرج در جدول ۹ نسبت به اخذ نمونه از خودروهای مکانیزه می‌باید اقدام نمود. به منظور ایجاد شرایط یکسان در حین عملیات نمونه‌برداری و پتانسیل استقرار نیروی انسانی و ماشین‌آلات مورد نیاز در یک ایستگاه، طبق توافقی که با حضور نمایندگان سازمان انجام شد قرار بر این شد که عملیات آنالیز تنها در سایت آزادگان انجام پذیرد. بر این اساس مقرر گردید در طول مدت عملیات، روزانه یک خودروی مکانیزه از تمامی مناطق به ایستگاه آزادگان منتقل شده و نسبت به تخلیه بار طبق برنامه‌ی مشاور اقدام نماید.

جدول ۹ - برنامه‌ی خودروهای مکانیزه جمع‌آوری جهت نمونه‌برداری و تخلیه بار در ایستگاه آزادگان

زمان ارسال خودرو		منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰	منطقه ۱۱
شب	روز اول نمونه‌برداری ۲۷ شهریور	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱
شب	روز دوم نمونه‌برداری ۲۸ شهریور	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲
روز	روز سوم نمونه‌برداری ۲۹ شهریور	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۳
شب	روز چهارم نمونه‌برداری ۳۰ شهریور	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه ۴
شب	روز پنجم نمونه‌برداری ۳۱ شهریور	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۱
شب	روز ششم نمونه‌برداری ۱ مهر	ناحیه ۶	ناحیه ۶	ناحیه ۶	ناحیه ۶	ناحیه ۶	ناحیه ۶	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۲
روز	روز هفتم نمونه‌برداری ۲ مهر	ناحیه ۷	ناحیه ۷	ناحیه ۱	ناحیه ۷	ناحیه ۷	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۳
روز	روز هشتم نمونه‌برداری ۳ مهر	ناحیه ۸	ناحیه ۸	ناحیه ۲	ناحیه ۸	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۴
شب	روز نهم نمونه‌برداری ۴ مهر	ناحیه ۹	ناحیه ۹	ناحیه ۳	ناحیه ۹	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۱
شب	روز دهم نمونه‌برداری ۵ مهر	ناحیه ۱۰	ناحیه ۱	ناحیه ۴	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۵	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه ۲
شب	روز یازدهم نمونه‌برداری ۶ مهر	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۵	ناحیه ۲	ناحیه ۴	ناحیه ۵	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳
شب	روز دوازدهم نمونه‌برداری ۷ مهر	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۶	ناحیه ۳	ناحیه ۵	ناحیه ۶	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴
روز	روز سیزدهم نمونه‌برداری ۸ مهر	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۱	ناحیه ۴	ناحیه ۶	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱

ادامه جدول ۷ - برنامه‌ی خودروهای مکانیزه جمع‌آوری جهت نمونه‌برداری و تخلیه بار در ایستگاه آزادگان

زمان ارسال خودرو		منطقه ۱۲	منطقه ۱۳	منطقه ۱۴	منطقه ۱۵	منطقه ۱۶	منطقه ۱۷	منطقه ۱۸	منطقه ۱۹	منطقه ۲۰	منطقه ۲۱	منطقه ۲۲
شب	روز اول نمونه‌برداری ۲۷ شهریور	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱
شب	روز دوم نمونه‌برداری ۲۸ شهریور	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۲
روز	روز سوم نمونه‌برداری ۲۹ شهریور	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۳
شب	روز چهارم نمونه‌برداری ۳۰ شهریور	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۱	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۴	ناحیه ۱	ناحیه ۴
شب	روز پنجم نمونه‌برداری ۳۱ شهریور	ناحیه ۵	ناحیه ۱	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۲	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۵	ناحیه ۲	ناحیه ۱
شب	روز ششم نمونه‌برداری ۱ مهر	ناحیه ۶	ناحیه ۲	ناحیه ۶	ناحیه ۶	ناحیه ۶	ناحیه ۳	ناحیه ۶	ناحیه ۱	ناحیه ۶	ناحیه ۳	ناحیه ۲
روز	روز هفتم نمونه‌برداری ۲ مهر	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۷	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۷	ناحیه ۲	ناحیه ۷	ناحیه ۱	ناحیه ۳
روز	روز هشتم نمونه‌برداری ۳ مهر	ناحیه ۲	ناحیه ۴	ناحیه ۲	ناحیه ۸	ناحیه ۲	ناحیه ۲	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۴
شب	روز نهم نمونه‌برداری ۴ مهر	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۳	ناحیه ۲	ناحیه ۴	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۱
شب	روز دهم نمونه‌برداری ۵ مهر	ناحیه ۴	ناحیه ۲	ناحیه ۴	ناحیه ۲	ناحیه ۴	ناحیه ۱	ناحیه ۳	ناحیه ۵	ناحیه ۳	ناحیه ۱	ناحیه ۲
شب	روز یازدهم نمونه‌برداری ۶ مهر	ناحیه ۵	ناحیه ۳	ناحیه ۵	ناحیه ۳	ناحیه ۵	ناحیه ۲	ناحیه ۴	ناحیه ۱	ناحیه ۴	ناحیه ۲	ناحیه ۳
شب	روز دوازدهم نمونه‌برداری ۷ مهر	ناحیه ۶	ناحیه ۴	ناحیه ۶	ناحیه ۴	ناحیه ۶	ناحیه ۳	ناحیه ۵	ناحیه ۲	ناحیه ۵	ناحیه ۳	ناحیه ۴
روز	روز سیزدهم نمونه‌برداری ۸ مهر	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۵	ناحیه ۱	ناحیه ۱	ناحیه ۶	ناحیه ۳	ناحیه ۶	ناحیه ۱	ناحیه ۱

بخش عمده‌ای از پسماند شهر تهران در طول روز توسط خودروهای مکانیزه جمع‌آوری می‌گردد. مشاور به منظور پوشش تمامی شرایط، این موضوع را در دستور کار خود قرار داد و چهار نوبت از عملیات نمونه‌برداری را در طول روز و مابقی را در طول شب برنامه‌ریزی نمود که این امر در جدول ۹ منعکس شده است.

در طول عملیات متاسفانه تمامی مناطق مشارکت مناسبی را با مشاور نداشتند. علیرغم مساعدت مسئولین و مدیران سازمان مدیریت پسماند، برنامه‌ی مشاور نسبت به ارسال خودروها طبق برنامه به ایستگاه آزادگان به صورت کامل محقق نگردید. بر این اساس مشاور به منظور تکمیل حداقل تعداد نمونه‌ی مورد نیاز از ابتدای هفته‌ی دوم، نسبت به برداشت نمونه از سایر ایستگاه اقدام نمود. کارشناسان مشاور در ایستگاه‌هایی که تعداد خودروی ارسالی آن‌ها کمتر از تعداد قابل قبول مشاور بوده است، مستقر گردیدند. کارشناسان مذکور با همراهی کارگران ایستگاه نسبت به اخذ نمونه از بار تخلیه شده در ایستگاه اقدام نمودند (شکل ۱۵).

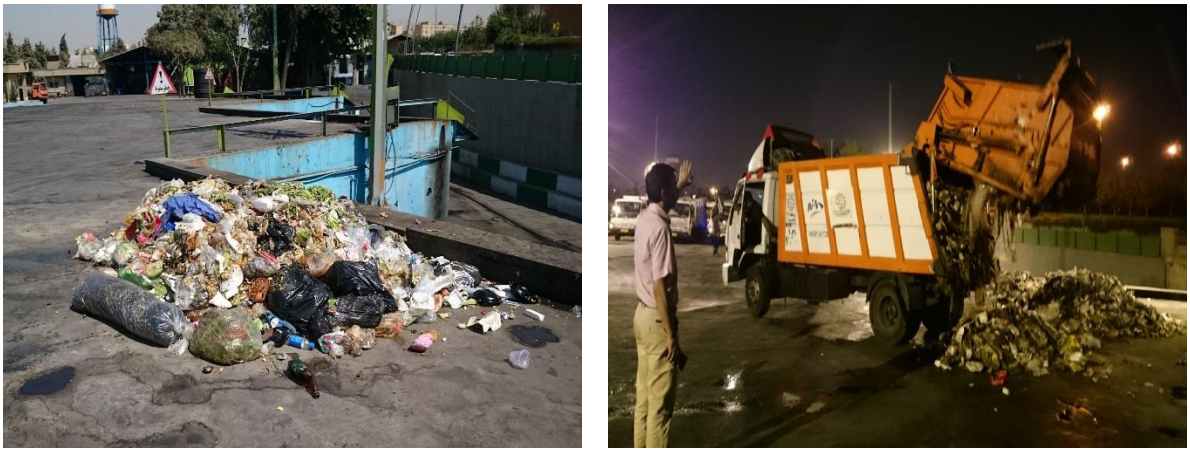
خودروهای ارسالی به ایستگاه آزادگان در طول عملیات نمونه‌برداری در جدول ۱۰ با علامت √ مشخص شده است و نمونه‌هایی که با حضور در سایر ایستگاه‌ها برداشت شده است با علامت # مشخص شده است. لازم به ذکر است در هفته‌ی دوم به منظور پوشش تعداد نمونه‌ی مورد نیاز، در طول یک روز نسبت به برداشت نمونه از نواحی مختلف یک منطقه اقدام شده است.

شکل ۱۵- برداشت نمونه در ایستگاه‌هایی که خودروی کافی را ارسال ننموده‌اند.

جدول ۱۰ – نمونه‌های برداشت شده از خودروهای مکانیزه جمع‌آوری در ایستگاه آزادگان (**√**) و سایر ایستگاه‌ها (**#**)

منطقه/روز	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	روز پنجم	روز ششم	روز هفتم	روز هشتم	روز نهم	روز دهم	روز یازدهم	روز دوازدهم	روز سیزدهم	روز چهاردهم	روز پانزدهم
	۲۷ شهریور	۲۸ شهریور	۲۹ شهریور	۳۰ شهریور	۳۱ شهریور	۱ مهر	۲ مهر	۳ مهر	۴ مهر	۵ مهر	۶ مهر	۷ مهر	۸ مهر	۹ مهر	۱۰مهر
منطقه ۱		√		√			√	#	√	√	√	√			
منطقه ۲			√					#		#			#	#	#
منطقه ۳	√	√					√		√	√	√	√			#
منطقه ۴	√			√			√	√	√	√	#	√	√	#	
منطقه ۵									#		#	√	√	#	√
منطقه ۶	√				√		√		√				√		#
منطقه ۷	√											√	√		#
منطقه ۸	√		√	√			√		√	√	√	√	√	#	
منطقه ۹	√			√							√	√		#	#
منطقه ۱۰		√			√	√	√		√	√		√	#	#	
منطقه ۱۱	√											√	√	√	#
منطقه ۱۲	√			√						√		√	√	#	#
منطقه ۱۳									√	#	#	#	#	#	
منطقه ۱۴	√	√	√	√	√	√			√	√		√			
منطقه ۱۵	√	√	√	√	√	√			√	√		√			
منطقه ۱۶		√				√					√	√	√	√	
منطقه ۱۷	√	√											√	#	#
منطقه ۱۸		√		√	√	√	√			√			√	#	
منطقه ۱۹	√			√	√		√		√			√			
منطقه ۲۰		√								√		√	√	√	
منطقه ۲۱	√									#	#	#		#	#
منطقه ۲۲		√							√		#	#	√	#	#

خودروهای ورودی به ایستگاه آزادگان در محل باسکول ورودی ثبت مشخصات می‌گردند. این مشخصات توسط پرسنل مستقر مشاور انجام می‌پذیرد و شامل مواردی از جمله وزن پسماند، مشخصات خودرو و راننده و محله و نواحی تحت پوشش خودروی جمع‌آوری می‌باشد که همگی در فرم شماره ۱۰ ثبت می‌گردد. سپس خودرو بار خود را مجاور ابرویی ایستگاه روی زمین تخلیه می‌نماید (شکل ۱۶). بار مربوطه توسط بابکت مستقر در سایت به صورت یکسان مخلوط شده و مطابق آنچه در بخش ۱-۳-۴-۱-۱-ذکر شد طبق روش یک چهارم‌سازی نسبت به برداشت یک نمونه‌ی ۱۰۰ کیلوگرمی اقدام می‌گردد. نمونه‌ی مورد نظر که در حدود یک باکت بابکت می‌باشد به محل کارگاه تفکیک منتقل شده و بر روی مشمع رولی تخلیه گردیده پس از ثبت مشخصات نمونه، روی آن پوشیده می‌گردد. در صورتیکه برداشت نمونه در شب باشد، آنالیز در روز بعد و در صورتیکه برداشت نمونه در طول روز باشد، آنالیز طبق برنامه در همان روز انجام می‌پذیرد.



شکل ۱۶- تخلیه‌ی بار خودروهای مکانیزه در سایت آزادگان و دریافت نمونه توسط مشاور

۲-۲-۳- خودروهای سمی‌تریلر

پسماند منتقل شده به ایستگاه‌های یازده‌گانه‌ی انتقال، توسط سمی‌تریلر به مجتمع آرادکوه منتقل می‌گردد. بخش عمده‌ی پسماند منتقل شده به مجتمع آرادکوه وارد خطوط پردازش می‌گردد. بر این اساس به منظور تعیین کیفیت پسماند ورودی به آرادکوه، تیم مشاور در ورودی خطوط پردازش مستقر گردید و نسبت به برداشت نمونه اقدام نمود. با توجه به اینکه خودروهای ارسالی از ایستگاه‌های انتقال به صورت تصادفی به خطوط مختلف پردازش ارسال می‌شوند، به منظور پوشش تمامی ایستگاه‌ها از خطوط مختلف نمونه برداشت گردید ولیکن تمرکز استقرار تیم مشاور در خطوط S1 و S2 بوده است. بدین منظور در طول ده شب به طور متوسط هر شب پنج نمونه از ایستگاه‌های مختلف برداشت شد. لازم به ذکر است با توجه به اینکه بار ایستگاه

دوکوهه و همچنین نواحی پیرامونی شهر تهران مستقیم به محل دفن پسماند منتقل می‌گردد، به منظور برداشت نمونه از این مراکز، تیم مشاور در محل دفن نیز مستقر و نسبت به برداشت نمونه اقدام نموده است.

برای اخذ نمونه از هر سمی تریلر ابتدا تمام محتویات سمی تریلر مربوط بر روی زمین تخلیه شده و سپس توسط لودر محتویات آن کاملاً مخلوط می شود. در این مرحله به تعداد سه نمونه هر یک به حجم ۸۰ لیتر از پسماند حمل شده توسط سمی تریلر مربوطه اخذ شده و مورد بررسی قرار خواهند گرفت. این کار هر شب و برای تمامی ایستگاه‌های خدمات شهری انجام می شود و نحوه آنالیز نمونه‌ها و ثبت اطلاعات مشابه موارد مطرح شده در خصوص نمونه‌های جمع آوری شده از مبادی تولید می باشد.

همانطور که در بخش "۱-۲-۱-الزامات روش‌های نمونه‌برداری مختلف"، ذکر گردید برای رسیدن به نمونه‌ای به وزن ۹۱-۱۰۰ کیلوگرم می‌باید از روش یک چهارم سازی استفاده نمود. بر این اساس پس از ورود سمی‌تریلر از ایستگاه مورد نظر به ورودی خط پردازش، ابتدا کل بار سمی‌تریلر در محوطه‌ی ورودی خط تخلیه می‌گردد. پس از خروج سمی‌تریلر کل بار تخلیه شده به کمک لودر مستقر در خط مخلوط می‌گردد. سپس به صورت حدودی یک چهارم از بار تخلیه شده توسط باکت لودر جدا و عملیات اختلاط توسط لودر مجدد انجام می‌گردد و مجدد عملیات یک چهارم‌سازی ادامه می‌یابد تا در نهایت به حدود ۴۰۰ کیلوگرم نمونه برسیم. پس از آن نمونه‌ای در حدود ۱۰۰ کیلوگرم توسط کارگران مستقر در خط به پشت وانت منتقل و توسط مشمع رولی محفوظ گردیده و در پایان هر شب نمونه‌ها به ایستگاه آزادگان جهت آنالیز منتقل می‌گردد (شکل ۱۷). بر این اساس در مجموع ۵۴ نمونه به ایستگاه آزادگان منتقل و ۴۷ نمونه به صورت کامل مورد آنالیز فیزیکی قرار گرفت. به منظور آنالیز شیمیایی نیز در این مدت در مجموع ۳۰ نمونه‌ی در حدود ۳۰۰ کیلوگرمی از کپه‌ی فوق‌الذکر برداشت و توسط خودروی وانت یخچال‌دار به آزمایشگاه مستقر در شهر آمل منتقل گردید.

جدول ۱۱ – برنامه برداشت نمونه از خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه

ردیف	زمان		ایستگاه‌های نمونه‌برداری
۱	جمعه	۲۹ شهریور ماه	دارآباد، بیهقی، کوهک، هرندی و یاران
۲	دوشنبه	۱ مهر ماه	بیهقی، کوهک، جهاد، حکیمیه، زنجان
۳	سه شنبه	۲ مهر ماه	بیهقی، زنجان، هرندی، دارآباد و آزادگان
۴	چهارشنبه	۳ مهر ماه	بیهقی، دارآباد، یاران، زنجان، شهرری، یاران
۵	پنجشنبه	۴ مهر ماه	بیهقی، جهاد، حکیمیه، دارآباد، دوکوهه
۶	جمعه	۵ مهر ماه	آزادگان، بیهقی، جهاد، کوهک، یاران
۷	شنبه	۶ مهر ماه	زنجان، شهرری، کوهک، هرندی، دارآباد
۸	یکشنبه	۷ مهر ماه	آزادگان، حکیمیه، دارآباد، شهرری، هرندی
۹	دوشنبه	۸ مهر ماه	آزادگان، جهاد، حکیمیه، دارآباد، شهرری، کوهک، هرندی، یاران
۱۰	سه شنبه	۹ مهر ماه	دوکوهه، لواسانات، حسن آباد، باقرشهر، کهریزک

شکل ۱۷- برداشت نمونه در مجتمع آرادکوه

۲-۳- عملیات آنالیز فیزیکی نمونه‌ها

به منظور آنالیز فیزیکی نمونه‌ها در ابتدا قرار بر این بود که در مجتمع آرادکوه در کارگاه آنالیز انجام پذیرد. با توجه به دوری مجتمع نسبت به مرکز شهر و صعوبت انتقال خودروهای مناطق ۲۲ گانه به مجتمع، با هم‌اندیشی صورت گرفته با کارشناسان و مدیران سازمان مدیریت پسماند قرار بر آن شد تا کارگاه آنالیز در ایستگاه آزادگان مستقر گردد. در ادامه فرآیند تجهیز ایستگاه آزادگان و همچنین فرآیندهای آنالیز صورت گرفته بر روی نمونه‌ها تشریح می‌گردد.

۲-۳-۱- تجهیز ایستگاه آزادگان

به منظور آماده‌سازی کارگاه آنالیز در زمینی به وسعت حدود ۳۰۰ متر مربع توسط داربست و چادر به ارتفاع حدود ۱۰ متر مسقف و پوشیده گردید. تعداد ۶ میز ۲ در ۳ متری نیز که با همراهی سازمان ساخته شده بود با هماهنگی معاونت امور خودرویی به ایستگاه منتقل و مستقر گردید. برق کشی به محل کارگاه با همراهی مدیر ایستگاه آزادگان صورت پذیرفت. یک دستگاه بابکت به منظور اخذ نمونه از خودروی فان کرایه و در ایستگاه مستقر گردید. تعداد ۶ ترازوی سبدی، یک ترازوی باسکولی، دو دستگاه اون ۹۰۰ لیتری، ۴ فقره الک فلزی، سه رول مشمع پلاستیکی، لباس و کلاه فرم و یک دستگاه وانت از سوی مشاور به همراه سایر اقلام دفتری از قبیل نوشت‌افزار، فرم‌های ثبت داده‌ها و ... در ایستگاه آزادگان استقرار یافت.

شکل ۱۸: محل عملیات آنالیز در سایت آزادگان

۲-۳-۲- توزین نمونه‌ها

نمونه‌های دریافت شده از مبدأ پس از جمع‌آوری در ایستگاه آزادگان تخلیه می‌گردند. نمونه‌های تخلیه شده توزین و در فرم شماره ۷ ثبت می‌گردند. نمونه‌های خانگی بر حسب ناحیه تفکیک و نمونه‌های غیرخانگی نیز پس از توزین بر حسب کاربری به صورت جداگانه ذخیره می‌گردد تا نسبت به تفکیک و آنالیز آن اقدام گردد.

۲-۳-۳- تعیین درصد اجزاء

تعداد ۶ میز جهت تفکیک و آنالیز فیزیکی نمونه‌ها با همراهی سازمان مدیریت پسماند ساخته و به ایستگاه انتقال منتقل گردید. ابعاد میزها ۲ در ۳ متر و ارتفاع آن در حدود ۱ متر بوده است. نمونه‌های خودروهای فان

و سمی‌تریلر بر روی همان مشمع رولی تفکیک و پس از انتقال اقلام تفکیکی به داخل سطل، توزین می‌گردند. نمونه‌های دریافت شده از مبدأ نیز پس از توزین و دسته‌بندی بر حسب نواحی و کاربری، به روی میزهای تفکیک منتقل شده و کیسه‌ها ابتدا پاره می‌گردد. در حدود ۱۵ کیسه به عنوان یک نمونه تلقی شده و در هر نوبت به روی میز منتقل می‌گردد. اقلام تفکیکی بر اساس جدول ۱۲ جداسازی و در ظروف و یا کیسه‌ی جداگانه تخلیه شده و توزین می‌گردد.

جدول ۱۲- اقلام تفکیکی پسماند

ردیف	اقلام	زیراقلام	ردیف	اقلام	زیراقلام
۱	نان خشک	-	۹	فلزات	فلزات آهنی
۲	پسماند غذایی	-			فلزات غیر آهنی
۳	کاغذ	-	۱۰	لاستیک	-
۴	مقوا و کارتن	-	۱۱	چوب	-
۵	پلاستیک	PET	۱۲	اقلام بهداشتی	-
		مشمع و نایلون	۱۳	ضایعات باغبانی	-
		سایر پلاستیک‌های قابل بازیافت	۱۴	خطرناک خانگی	-
		پلاستیک‌های غیر قابل بازیافت	۱۵	سایر	خاک و نخاله
۶	شیشه	-			تتراپک
۷	منسوجات	-			الکتریکی و الکترونیکی
۸	چرم	-			...

شکل ۱۹: محل عملیات آنالیز در سایت آزادگان

۲-۳-۴- تعیین چگالی

به منظور تعیین چگالی، روزانه از مخازن ۱۱۰ لیتری استفاده گردید. بدین منظور پسماند جمع‌آوری شده از مبدأ داخل مخازن فوق‌الذکر تخلیه شده و پس از پر شدن مخزن و توزین آن می‌توان چگالی نمونه را محاسبه نمود. پس از کسر وزن مخزن و تقسیم بر ۰،۱۱ چگالی نمونه بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه می‌گردد.

۲-۳-۵- تعیین رطوبت

به منظور تعیین رطوبت در حدود ۵ کیلوگرم از نمونه‌های برداشت شده داخل سینی‌های اون قرار داده شده و پس از گذشت ۲۴ ساعت میزان کاهش وزن آن محاسبه می‌گردد. میزان کاهش وزن به وزن اولیه نمونه، رطوبت نمونه را مشخص می‌سازد. بدین منظور دو دستگاه اون با سنسور کنترل دما و زمان خریداری و در سایت آزادگان مستقر گردید.

۲-۳-۶- دانه‌بندی

به منظور دانه‌بندی نمونه‌ها، از الک با چشمه‌ی ۲، ۵، ۸ و ۱۰ سانتی‌متر استفاده شده است. نمونه‌ایی در حدود ۱۰۰ کیلوگرم پس از توزین به ترتیب از الک‌هایی با چشمه بزرگتر عبور داده شده و میزان پسماند عبوری توزین می‌گردد.

شکل ۲۰: الک کردن نمونه‌ها به منظور دانه‌بندی

۲-۴- عملیات آنالیز شیمیایی نمونه‌ها

به منظور تعیین خواص شیمیایی پسماند، آزمایشاتی بر نمونه پسماند مطابق دستورالعمل‌های استاندارد صورت گرفت. این آزمایش‌ها به صورت کمی، مشخص کننده اطلاعاتی از میزان مواد فرار و خاکستر در نمونه پسماند، میزان ارزش حرارتی و میزان عناصر کربن، هیدروژن، نیتروژن، گوگرد و اکسیژن در نمونه پسماند هستند. نتایج این دسته از آزمایش‌ها علاوه بر تعیین وضعیت کلی پسماند اطلاعات مناسبی در جهت تحلیل وضعیت انتشار گاز از نمونه‌ها، قابلیت استحصال انرژی، تعیین روش‌های بهینه دفع نهایی و تعیین راه حل‌های مناسب مهندسی پسماند در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد.

در این قسمت با ذکر مثال‌هایی می‌توان کاربرد این دسته آنالیز را در فرآیندهای مهندسی پسماند به اختصار بیان کرد. از میزان رطوبت و ارزش حرارتی پسماند، می‌توان در طراحی اولیه یک نیروگاه زباله سوز استفاده کرد. نتایج ارزش حرارتی می‌تواند حالت بهینه محفظه اولیه احتراق، نیاز به سوخت کمکی یا مشعل کمکی، نیاز به عملیات خشک کردن را به صورت خلاصه جهت محاسبات موازنه انرژی در نیروگاه در اختیار قرار دهد. به دلیل ماهیت ناهمگون پسماند، مسئله مهم در آنالیز و تعیین خواص، بدست آوردن نمونه‌ای همگن از پسماند هست که بتواند حتی الامکان، بیانگر خواص پسماند باشد. بدین منظور نیاز به یک سلسله مراحل آماده سازی نمونه به منظور بدست آوردن نمونه همگن جهت آزمایش است.

۲-۴-۱- آماده‌سازی نمونه

به صورت روزانه ۳ الی ۵ نمونه پسماند به وزن‌های ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم، وارد محوطه کارگاه شده و در کنار هم با فاصله روی زمین دپو می‌شوند.

شکل ۲۱- تخلیه نمونه‌ها در محوطه کارگاه

ابتدا نمونه‌های پسماند به وزن ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم توسط دستگاه کراشر تک شفت مدل WT2260 با موتور ۱۸/۵ کیلووات تحت فرآیند خردسازی قرار گرفتند. تک‌شفت بودن کراشر و وجود بازوی هیدرولیک موجب تغییر مستمر فشار بر پسماندها جهت عمل خردسازی شده و موتور قوی کراشر امکان خردسازی پسماند پارچه‌ای و لاستیکی را در کنار پسماند آلی فرآهم می‌آورد که در یکنواخت شدن خروجی موثر است. قطعات فلزی در ابعاد قوطی کنسرو و ... هم با این دسته کراشر به خوبی امکان خردسازی دارند.. حین عمل خردکردن، قطعات بزرگ فلزی، قطعات سفت بالای ۱۰ سانتی متر به صورت چشمی جدا شدند و بقیه مواد اعم از فلزی، پلاستیکها، مواد آلی و ... در کراشر با مش خروجی حدود ۲ سانتی متری خرد شدند.

شکل ۲۲ - وارد کردن نمونه‌ها به کراشر

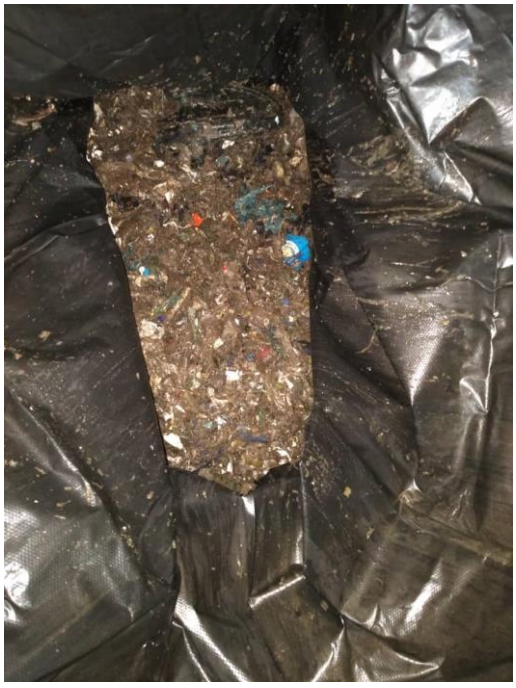
سپس پسماندهای خرد شده به نوبت از سطل کراشر تخلیه، روی یک نایلون به ابعاد ۳ متر در ۳ متر ریخته و هم زده شدند. در ادامه بین یک سوم تا نیمی از نمونه‌ها جدا و مجددا وارد کراشر جهت خردسازی شد. این عمل تا ۵ مرتبه تکرار شده و در هر مرتبه، پسماند خروجی از کراشر دارای ابعاد ریزتر و همگن تری می‌شد. به صورتی که پسماند خروجی نهایی دارای ابعادی زیر ۲ سانتی متر، تا حد زیادی خردشده و همگن شده باشد.

شکل ۲۳: هم زدن نمونه‌های کراش شده

شکل ۲۵: نمونه‌های سه بار کراش شده

شکل ۲۴: نمونه‌های دوبار کراش شده

برخی نایلون‌های دیفرم شده که امکان ریزتر شدن آن‌ها به کمک کراشر نبود، در این مرحله برای هر نمونه توزین شدند و با قیچی خرد شده و در مرحله آزمایش با توجه به نسبت وزنی، به نمونه‌ها اضافه شدند. همچنین در تمام نمونه‌ها بعد از اتمام کار، نایلون کف سطل کراشر دارای شیرابه توزین شد و معادل نسبت وزنی، شیرابه به نمونه پیش از خشک کردن اضافه شد.



شکل ۲۶: نمونه‌های کراش شده زیر ۲ سانتی متر به همراه شیرابه

سپس از نمونه‌های خرد شده و مخلوط شده حدود ۵ کیلوگرم جدا شده و در ظروف با کف مشبک قرار گرفته و وارد خشک‌کن شدند. پسماند درون خشک‌کن ابتدا در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۸ ساعت نگهداری

شدند. بعد از ۸ ساعت پسماند هر یک ساعت به کمک ترازو توزین شده و اگر اختلاف دو اندازه گیری وزن پسماند کمتر از ۰/۱ گرم بود، نمونه از خشک کن خارج شده و وارد آسیاب مرحله آخر می‌شود.

شکل ۲۷: خشک کردن نمونه‌ها در آون

در این مرحله از آسیاب ورد و آسیاب جهت آسیاب کردن محصول نهایی به منظور آماده‌سازی نمونه مشابه پودر جهت آزمایش استفاده شد.

برای آزمایش ترکیبات فرار و میزان خاکستر، از نمونه ۱۰۰ گرمی پسماند که توسط خردکن GO-SONIC 500W بدست آمده استفاده شد. به منظور آزمایش آنالیز عنصری CHNS-O و آزمایش بمب کالریمتری، نیاز به مخلوط پودر کاملتری بود که از آسیاب ورد بعد از آسیاب GO-SONIC استفاده شد.

نمونه‌های پسماند آماده شده در ظروف پنی سیلین بسته بندی شده و تا تحویل به آزمایشگاه، در یخچال نگهداری شد. نمونه‌های آنالیز عنصری CHNS-O تحویل آزمایشگاه جامع تحقیقات دانشگاه شهید بهشتی شد.

۲-۴-۲- اندازه گیری ترکیبات فرار و آزمایش خاکستر

ابتدا نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت، سپس با یک رمپ ۳۰ دقیقه‌ای به دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد رسید. مطابق استاندارد EPA جهت اندازه گیری ترکیبات فرار و خاکستر، نمونه خشک شده را به مدت ۴/۵ ساعت در کوره الکتریکی در درجه حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار داده تا وزن آن ثابت شود، در این روش فرض بر این است که ترکیبات غیر آلی به دمای بالاتری برای سوختن نیاز دارند و پس از وزن کردن بوته به همراه خاکستر باقی مانده، میزان خاکستر و جامدات فرار نیز محاسبه می‌شود.

شکل ۲۸: کوره آزمایش

۳–نتایج

در این فصل، نتایج حاصله از عملیات نمونه‌برداری به تفکیک مبدأ (خانگی و غیرخانگی)، خودروهای فان (مکانیزه) و سایت آرادکوه ارائه می‌شود. در دو مورد اول (مبدأ و فان)، نتایج به تفکیک هر یک از مناطق ۲۲گانه و در مورد آخر (آرادکوه) نتایج کلی خود سایت ارائه می‌شود.

۳–۱– آنالیز فیزیکی

در این بخش، ابتدا به بررسی سرانه پسماند تولیدی در شهر تهران به تفکیک مناطق ۲۲گانه و در بافت‌های مسکونی و غیرمسکونی پرداخته و سپس ترکیب پسماند در هر کدام از این قسمت‌ها ارائه خواهد شد.

۳–۱–۱– سرانه پسماند تولیدی در مبدأ

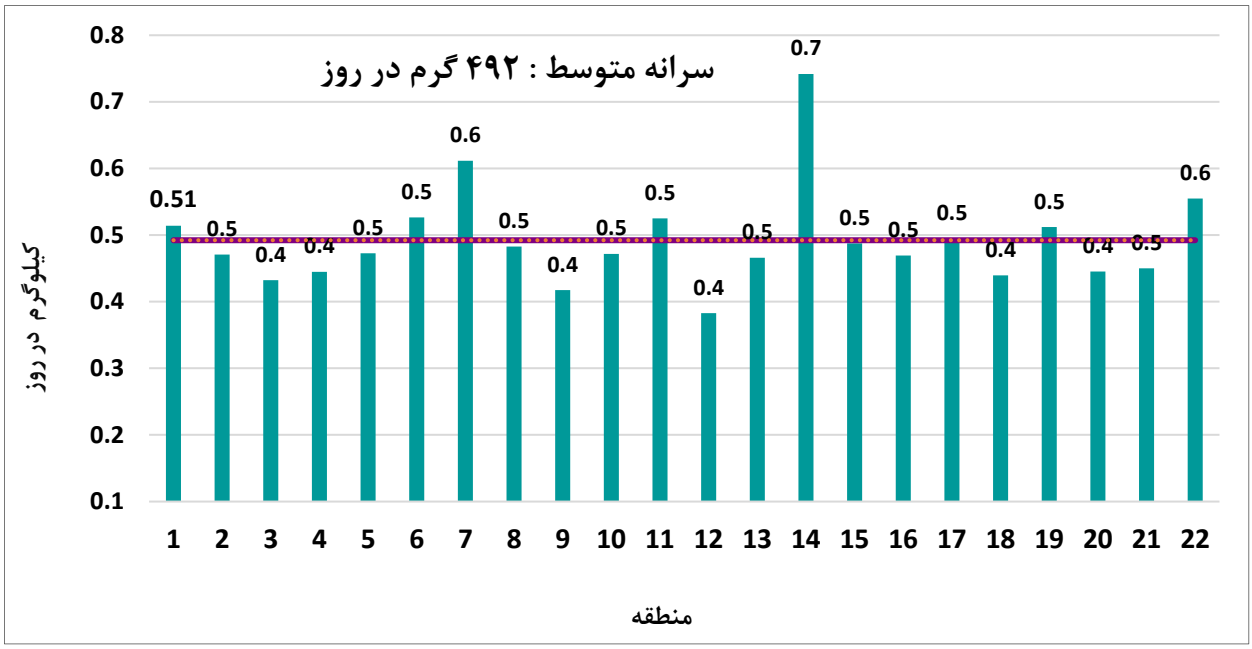
تعیین سرانه تولید پسماند در هر کدام از بخش‌های مسکونی و غیرمسکونی به روش کاملا متفاوتی انجام شد که در بخش مربوطه به تفصیل آورده شده است. بطور خلاصه، در بخش مسکونی، سرانه از طریق توزین کیسه‌های اخذشده طی روزهای متوالی و محاسبه سرانه میانگین هر خانوار محاسبه شد. در بخش غیرمسکونی، سرانه از طریق محاسبه متراژ بافت غیرمسکونی در هر رسته در هر یک از مناطق ۲۲گانه و محاسبه تناژ کل در هر منطقه بدست آمد.

۳–۱–۱–۱– پسماند مسکونی

به منظور محاسبه سرانه تولید پسماند در هر منطقه به روش زیر عمل شده است:

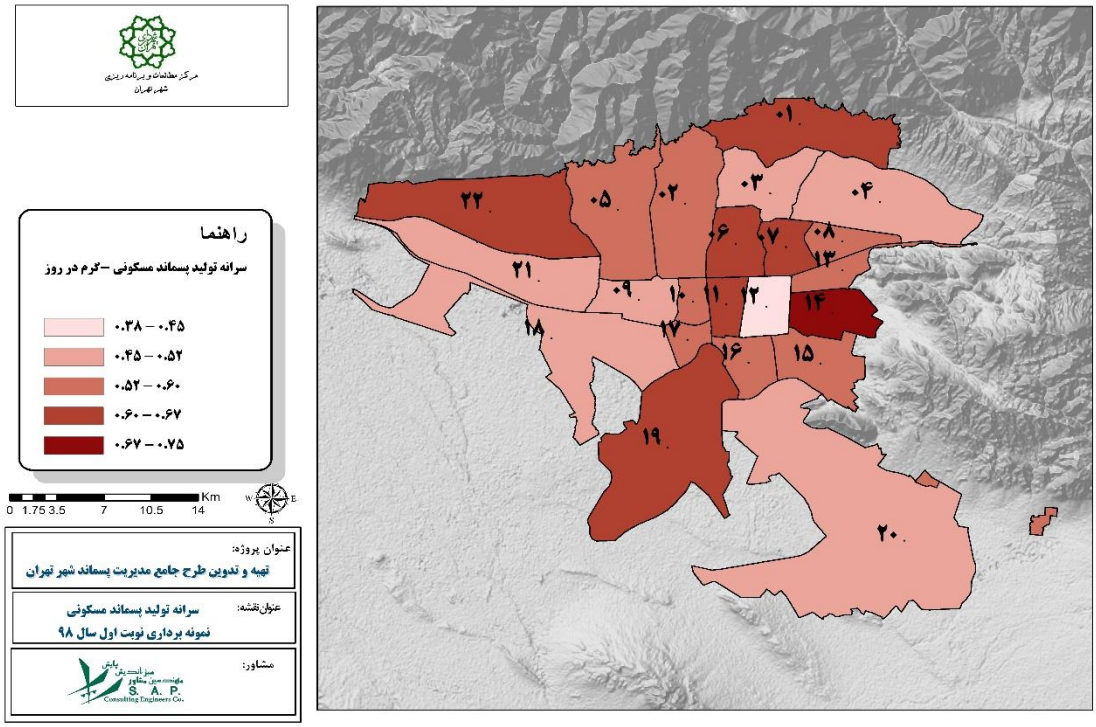
۱- کیسه‌های دریافتی از هر خانوار در هر روز توزین و ثبت شد؛
۲- بعد خانوار در هر روز ثبت شد (در صورت عدم ثبت توسط آموزشگر، از بعد خانوار اظهارشده در فرم شماره ۱ استفاده شد)؛
۳- سرانه هر روز یک خانوار از طریق تقسیم وزن کیسه به بعد خانوار در آن روز محاسبه شد؛
۴- سرانه میانگین خانوار با میانگین‌گیری حسابی بدست آمد؛
۵- از آنجا که عدد بدست آمده، متاثر از بعد خانوار است، به منظور نرمال‌سازی داده‌ها، سرانه‌ی بدست‌آمده از هر خانوار به تعداد بعد آن خانوار تکرار شد؛
۶- در نهایت، با میانگین‌گیری حسابی از داده‌های بدست آمده، سرانه هر منطقه محاسبه شد.
۷- به منظور محاسبه سرانه کل شهر تهران، از میانگین‌گیری وزنی بین مناطق با توجه به جمعیت مناطق استفاده شد.

نتایج در ادامه آورده شده است.



نمودار ۱:سرانه پسماند خانگی تولیدی در مناطق ۲۲ گانه (تابستان ۹۸)

بر اساس نمودار فوق، منطقه ۱۴ و ۷ با میانگین به‌ترتیب، ۷۴۰ و ۶۱۰ گرم بیشترین و منطقه ۱۲ با میانگین ۳۸۰ گرم کمترین سرانه تولید پسماند مسکونی را در بین مناطق تهران به‌خود اختصاص داده‌اند. همچنین با توجه به میانگین‌گیری وزنی سرانه تولید پسماند مسکونی شهر تهران ۴۹۲ گرم به‌دست آمده است.

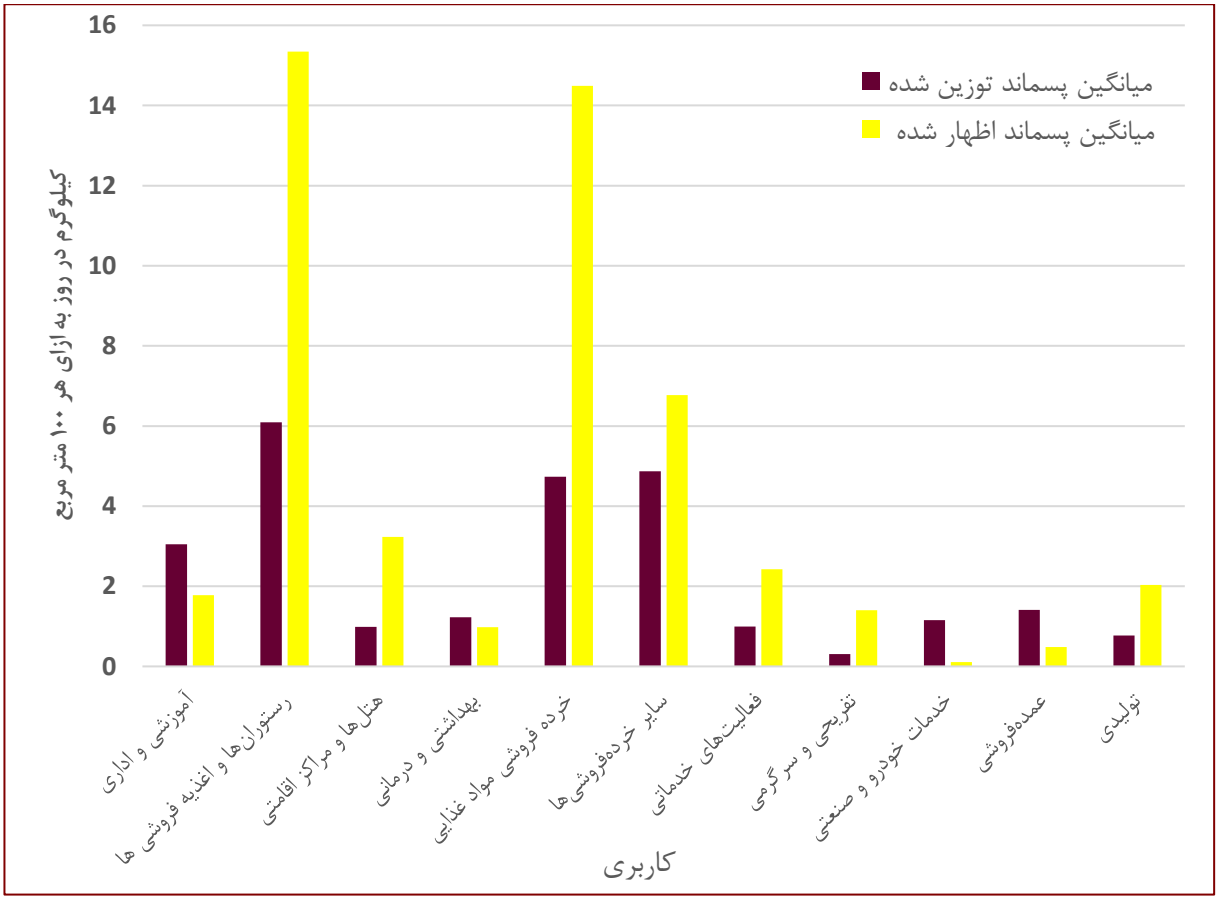


نقشه ۳-۱: تغییرات سرانه پسماند مسکونی در سطح مناطق (تابستان ۹۸)

۳-۱-۱-۲- کمیت پسماند غیرمسکونی

با توجه به عدم همکاری شهروندان در بخش غیرمسکونی، میزان پسماند توزین شده‌ی این واحدها به مقدار کم بوده و بسیاری از واحدها همه‌ی پسماند تولیدی خود در یک روز را به دلایل مختلف تحویل نداده‌اند. این امر موجب شد تا جهت محاسبه سرانه از میزان پسماندی که شهروندان در فرم شماره ۱ اظهار کرده‌اند (که این میزان را می‌توان به عنوان حداقل پسماند تولیدی هر واحد درنظر گرفت) استفاده شود. در نمودار ۲، میانگین کاربری‌ها بر اساس پسماند توزین‌شده و اظهارشده ارائه شده است که در ادامه برای محاسبه میزان سرانه تولید پسماند غیرمسکونی، پسماند اظهارشده درنظر گرفته شده است.

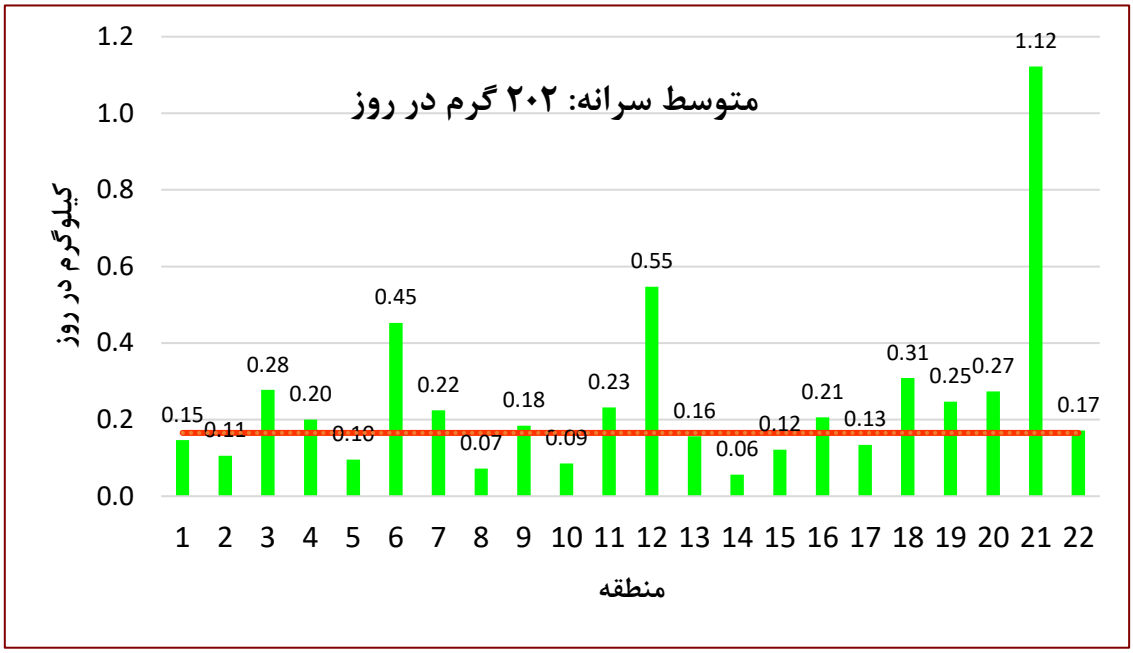
۱-میانگین میزان تولید هر یک از کاربری‌ها با توجه به مساحت کاربری‌های نمونه‌برداری شده در تهران و میزان پسماند اظهار شده محاسبه شد. نمودار ۲، سرانه پسماند غیرمسکونی به تفکیک کاربری‌ها را به ازای هر ۱۰۰ مترمربع نشان می‌دهد.



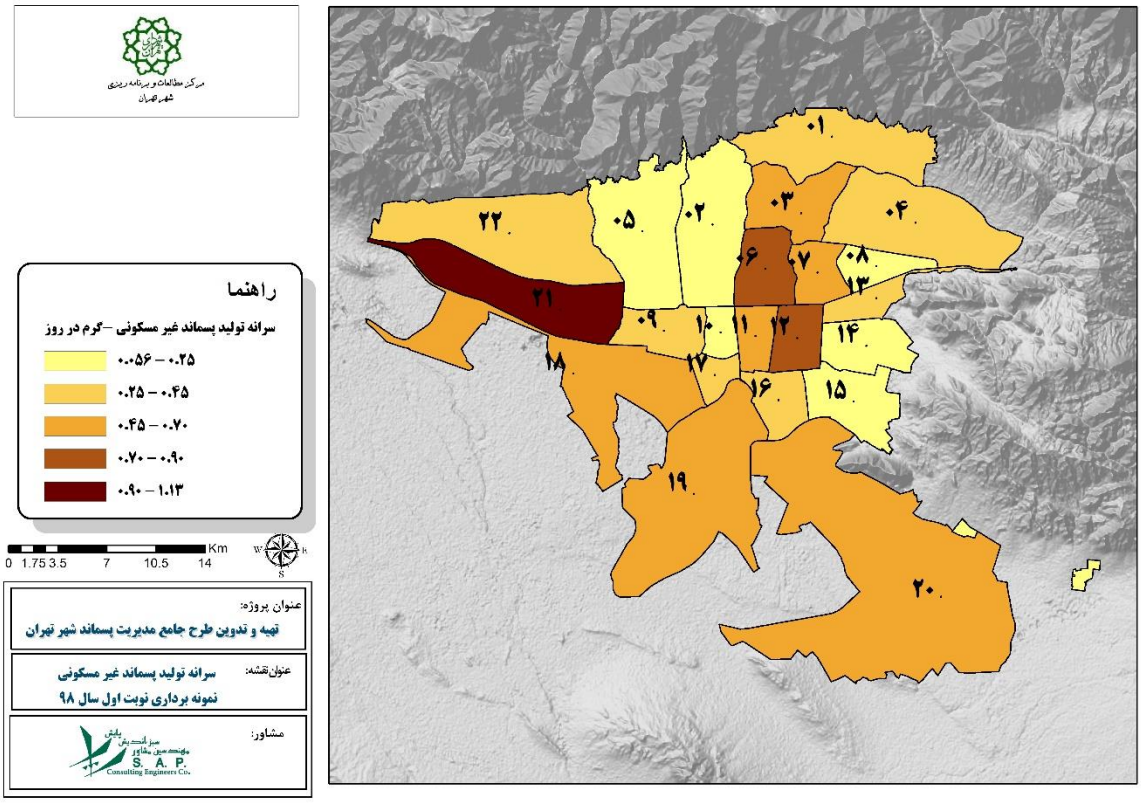
نمودار ۲: سرانه پسماند غیرخانگی به تفکیک کاربری‌ها (تابستان ۱۳۹۸)

در مرحله بعد برای به‌دست آوردن سرانه تولید پسماند غیرمسکونی در هر منطقه از مساحت کاربری مورد نظر در آن منطقه و سرانه پسماند، میزان کل پسماند غیرمسکونی تولید شده در هر منطقه از تهران محاسبه شده

است. برای ارائه سرانه به ازای هر نفر جمعیت روز تهران درنظر گرفته شده است. سرانه پسماند غیر مسکونی مناطق مختلف تهران را نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده منطقه ۲۱ با ۱۱۲۰گرم بیشترین و منطقه ۱۴ با ۶۰ گرم در روز به ازای هر نفر کمترین میزان تولید پسماند غیر مسکونی را دارا هستند.



نمودار ۳: سرانه پسماند غیرمسکونی تولیدی در شهر تهران (تابستان ۱۳۹۸)



نقشه ۳-۲: تغییرات سرانه پسماند غیرمسکونی در سطح مناطق (تابستان ۱۳۹۸)

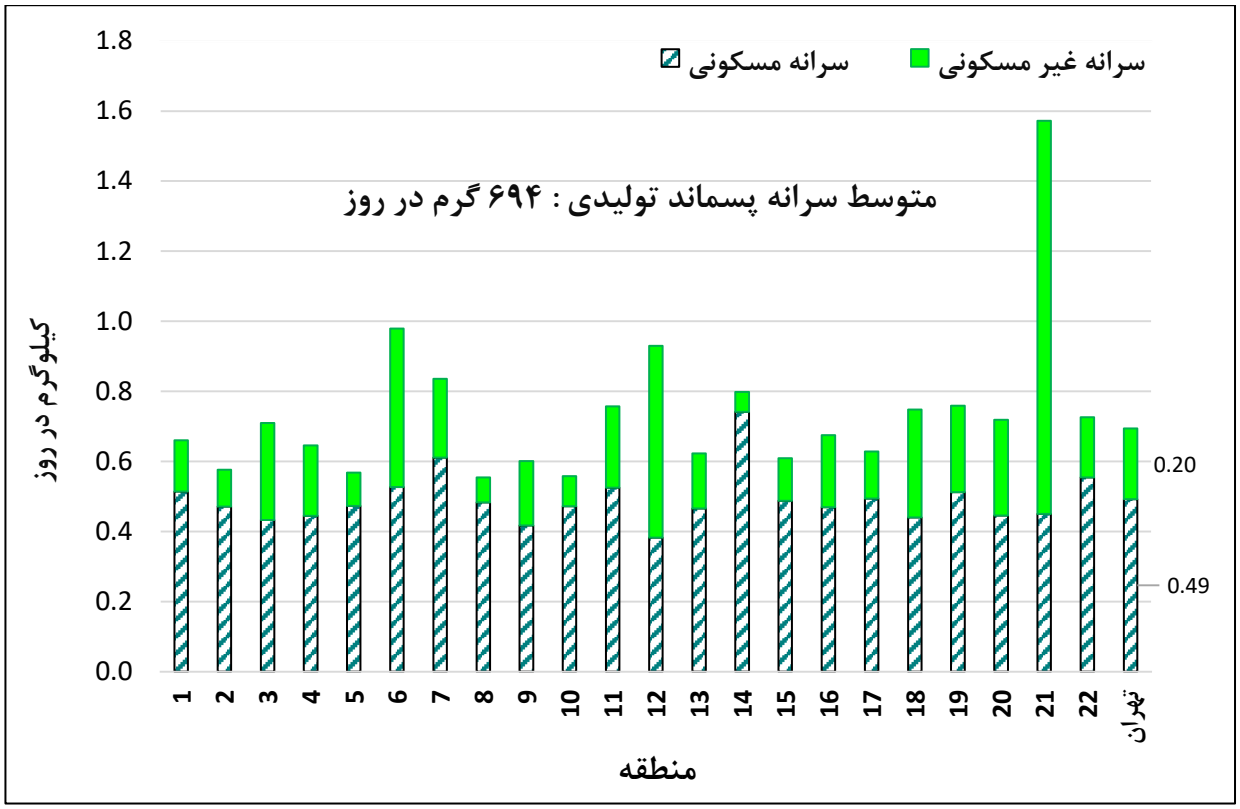
۳-۱-۱-۳- سرانه پسماند شهر تهران

سرانه شهر تهران در هر یک از مناطق و همچنین در کل شهر تهران از جمع سرانه پسماند مسکونی و غیرمسکونی به‌دست آمده است. جدول ۱۳سرانه پسماند مسکونی شهر تهران را به تفکیک مناطق نشان می‌دهد. لازم به ذکر است در این جدول، جهت میانگین‌گیری، از میانگین‌گیری وزنی استفاده شده است.

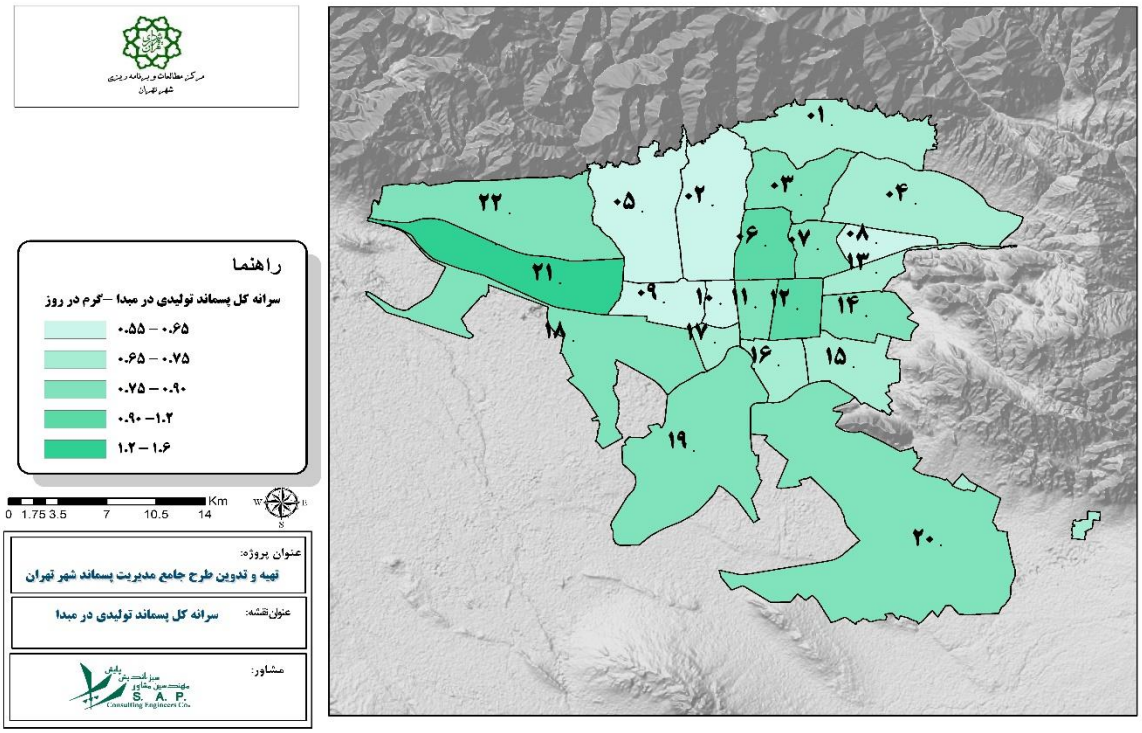
جدول ۱۳: سرانه پسماند تولیدی در مبدأ شهر تهران (کیلوگرم در روز)

منطقه	سرانه مسکونی	سرانه غیر مسکونی	سرانه کل منطقه
۱	۰/۵۱	۰/۱۵	۰/۶۶
۲	۰/۴۷	۰/۱۱	۰/۵۸
۳	۰/۴۳	۰/۲۸	۰/۷۱
۴	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۶۵
۵	۰/۴۷	۰/۱۰	۰/۵۷
۶	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۹۸
۷	۰/۶۱	۰/۲۲	۰/۸۴
۸	۰/۴۸	۰/۰۷	۰/۵۵
۹	۰/۴۲	۰/۱۸	۰/۶۰
۱۰	۰/۴۷	۰/۰۹	۰/۵۶
۱۱	۰/۵۳	۰/۲۳	۰/۷۶
۱۲	۰/۳۸	۰/۵۵	۰/۹۳
۱۳	۰/۴۷	۰/۱۶	۰/۶۲
۱۴	۰/۷۴	۰/۰۶	۰/۸۰
۱۵	۰/۴۹	۰/۱۲	۰/۶۱
۱۶	۰/۴۷	۰/۲۱	۰/۶۸
۱۷	۰/۴۹	۰/۱۳	۰/۶۳
۱۸	۰/۴۴	۰/۳۱	۰/۷۵
۱۹	۰/۵۱	۰/۲۵	۰/۷۶
۲۰	۰/۴۵	۰/۲۷	۰/۷۲
۲۱	۰/۴۵	۱/۱۲	۱/۵۷
۲۲	۰/۵۵	۰/۱۷	۰/۷۳
تهران	۰/۴۹۲	۰/۲۰۲	۰/۶۹۴

همانطور که از نمودار ۴ استنباط می‌شود مناطق ۲۱ و ۶ (به‌ترتیب ۱۵۷۰ و ۹۸۰ گرم) بیشترین میزان سرانه و منطقه ۱۰ با سرانه تولید ۵۶۰ گرم کمترین سرانه را در بین مناطق تهران به‌خود اختصاص داده‌اند.



نمودار ۴: سرانه پسماند تولیدی در شهر تهران (تابستان ۹۸)



نقشه ۳-۳: تغییرات سرانه کل پسماند شهر تهران در سطح مناطق

۳-۱-۲- ترکیب پسماند تولیدی در مبدأ

در این بخش از گزارش ترکیب پسماند تولیدی در سطح شهر تهران به تفکیک کاربری‌های مسکونی در سطح مناطق و کاربری غیرمسکونی برای کل شهر تهران آورده شده است. سپس با استفاده از ضریب وزنی پسماند مسکونی و غیر مسکونی ترکیب کل پسماند تولیدی در هر منطقه و همچنین ترکیب پسماند شهر تهران ذکر شده است. شایان ذکر است که در همه بخش‌ها منظور از پسماند خشک ارزشمند جمع نان، پت، مشمع و نایلون، سایر پلاستیک‌های قابل بازیافت، کاغذ، مقوا و کارتن، فلزات آهنی و غیرآهنی و شیشه است. همچنین منظور از پسماند خشک غیرارزشمند نیز جمع پلاستیک‌های غیر قابل بازیافت، چوب، لاستیک، چرم، اقلام بهداشتی، تتراپک، ضایعات باغبانی، پسماند ویژه و سایر انواع پسماند است.

۳-۱-۲-۱- ترکیب پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ

پس از انجام عملیات توزین، ترکیب اجزای پسماندهای مسکونی در ۲۰ گروه تعیین شد. بدین منظور کیسه‌ها به تفکیک منطقه و ناحیه جدا شده، سپس حدود ۱۵ کیسه با یکدیگر ترکیب شده و وزن اجزای مختلف پسماند ثبت و ترکیب پسماند هر منطقه به‌دست آمده است. سپس با توجه به نسبت پسماند مسکونی تولیدی در هر منطقه و با استفاده از میانگین‌گیری وزنی ترکیب پسماند مسکونی شهر تهران محاسبه شده است. در جدول ۱۴ درصد هر یک از اجزای پسماند شهر تهران و به تفکیک مناطق ۲۲ گانه ارائه شده است. به‌منظور تسهیل مقایسه پسماند تولیدی در واحدهای مسکونی در سطح مناطق، درصد سه جز اصلی پسماند غذایی، پسماندهای خشک ارزشمند و خشک غیر ارزشمند در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱۴: ترکیب اجزای پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ (درصد)، تابستان ۹۷

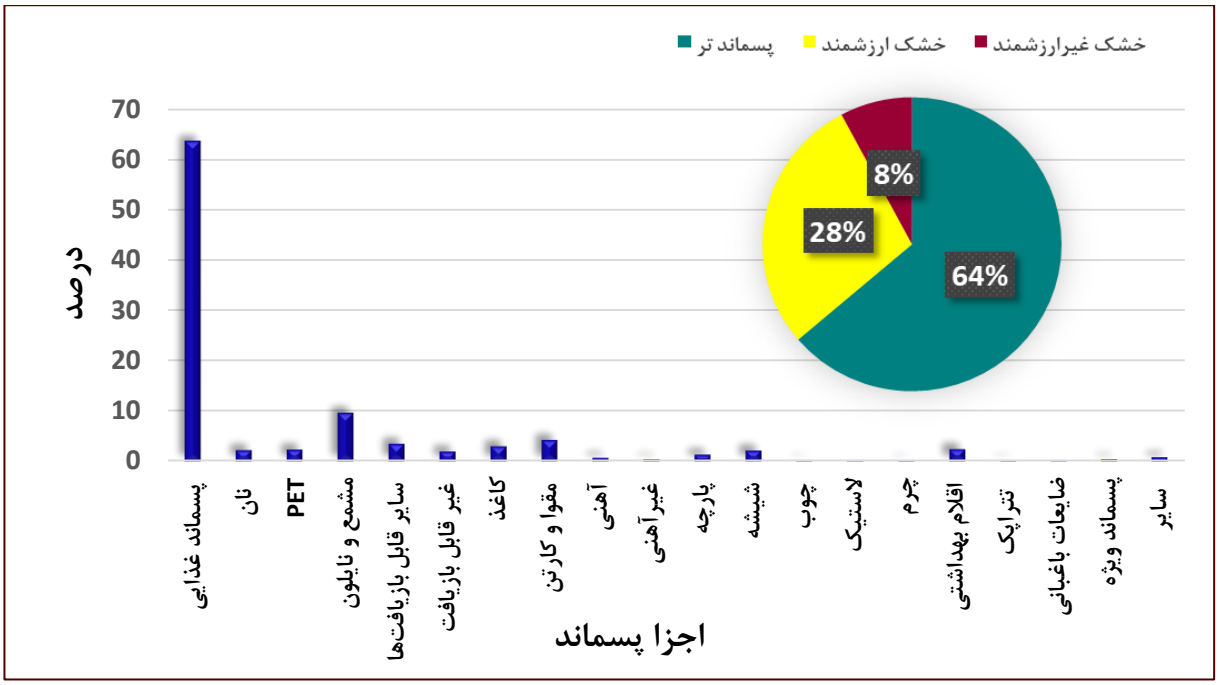
منطقه	پسماند غذایی	نان	PET	مشمع و نایلون	سایر پلاستیک‌های قابل بازیافت‌ها	پلاستیک غیر قابل بازیافت	کاغذ	مقوا و کارتن	آهنی	غیرآهنی	پارچه	شیشه	چوب	لاستیک	چرم	اقلام بهداشتی	تتراپک	ضایعات باغبانی	پسماند ویژه	سایر
۱	۵۶/۷۸	۱/۱۴	۳/۹۹	۱۰/۴۸	۴/۲۹	۲/۲۰	۵/۹۲	۶/۲۷	۰/۶۳	۰/۶۳	۲/۰۸	۲/۹۶	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۱۲	۱/۱۹	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۳۷	۰/۷۰
۲	۶۱/۴۵	۱/۹۴	۲/۷۹	۹/۴۸	۴/۳۱	۲/۴۵	۲/۶۰	۵/۵۲	۱/۰۱	۰/۶۸	۱/۳۴	۲/۴۱	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۳	۱/۶۷	۰/۲۴	۰/۰۰	۰/۶۷	۱/۳۶
۳	۶۰/۰۵	۱/۵۰	۲/۶۱	۹/۶۸	۵/۵۹	۱/۲۵	۴/۸۷	۴/۵۵	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۵	۲/۶۸	۰/۲۹	۰/۰۰	۰/۰۶	۳/۰۵	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۲۰	۰/۵۷
۴	۶۴/۳۳	۲/۷۳	۲/۴۲	۹/۲۹	۳/۶۴	۲/۳۲	۳/۸۹	۴/۷۱	۰/۵۵	۰/۴۵	۱/۵۴	۱/۵۱	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۹۵	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۶۶	۰/۵۴
۵	۶۰/۳۵	۳/۰۲	۲/۷۵	۱۰/۲۴	۴/۲۰	۲/۳۲	۲/۶۴	۵/۴۵	۰/۹۱	۰/۶۱	۰/۹۲	۱/۷۵	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۱	۲/۷۹	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۲۶	۱/۳۶
۶	۶۳/۱۱	۱/۲۰	۲/۰۳	۷/۹۴	۴/۳۵	۱/۶۴	۵/۲۷	۳/۵۴	۰/۳۱	۰/۵۵	۱/۱۷	۳/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۳۹	۳/۵۲	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۶۷	۱/۰۰
۷	۶۴/۵۱	۱/۵۷	۲/۰۴	۹/۰۷	۴/۴۲	۱/۸۶	۳/۲۷	۳/۳۷	۰/۹۱	۰/۲۸	۰/۸۰	۳/۵۲	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۲	۲/۸۴	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۴۴	۰/۷۷
۸	۶۳/۵۱	۳/۷۵	۲/۹۶	۹/۴۱	۳/۸۲	۱/۳۱	۱/۸۸	۴/۷۱	۰/۹۵	۰/۴۰	۰/۶۰	۱/۷۰	۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۰۶	۲/۴۸	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۸۱	۱/۲۸
۹	۶۲/۹۴	۱/۴۵	۱/۳۸	۱۰/۶۵	۳/۹۲	۲/۵۲	۱/۲۸	۳/۷۰	۰/۶۰	۰/۷۵	۲/۱۹	۲/۵۴	۰/۲۷	۰/۰۰	۱/۳۳	۲/۴۷	۰/۱۶	۰/۰۰	۱/۱۳	۰/۷۳
۱۰	۶۵/۲۳	۳/۰۲	۱/۶۲	۱۱/۲۶	۳/۱۵	۱/۵۲	۲/۶۵	۴/۴۹	۰/۴۱	۰/۳۸	۱/۵۶	۱/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۱۸	۱/۸۸	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۸۳
۱۱	۵۷/۳۷	۱/۳۷	۲/۶۶	۱۲/۷۴	۴/۸۴	۲/۹۷	۳/۶۱	۵/۶۷	۱/۴۱	۰/۳۶	۲/۰۸	۲/۴۸	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۱۲	۱/۱۱	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۹
۱۲	۶۰/۹۰	۲/۱۳	۲/۱۰	۱۰/۴۲	۱/۷۹	۳/۶۰	۲/۳۵	۳/۶۴	۰/۱۸	۰/۲۸	۱/۷۲	۳/۰۶	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۳۲	۴/۰۶	۰/۲۲	۰/۳۱	۱/۰۹	۱/۵۶
۱۳	۶۷/۷۲	۲/۱۰	۱/۸۴	۹/۵۲	۳/۶۶	۱/۵۱	۳/۰۳	۳/۴۶	۰/۵۲	۰/۳۴	۱/۰۳	۱/۵۸	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۳۰	۲/۳۴	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۳۵	۰/۳۴
۱۴	۶۳/۸۳	۱/۶۱	۲/۲۵	۹/۵۴	۲/۶۲	۱/۵۹	۲/۲۲	۳/۵۲	۱/۰۱	۰/۱۷	۱/۷۲	۳/۰۰	۰/۹۲	۰/۰۹	۰/۲۴	۳/۸۸	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۴۸	۱/۱۹
۱۵	۶۶/۷۲	۲/۷۳	۱/۷۷	۹/۶۷	۲/۶۱	۱/۷۱	۲/۱۴	۴/۱۱	۰/۹۰	۰/۰۹	۱/۲۸	۱/۴۵	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۵۶	۳/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۳۷	۰/۳۹
۱۶	۶۱/۴۶	۵/۰۸	۲/۶۰	۱۰/۶۶	۲/۴۵	۲/۶۱	۳/۸۵	۳/۸۷	۰/۳۴	۰/۷۷	۰/۳۹	۱/۹۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۹	۲/۰۸	۰/۷۱	۰/۰۰	۰/۳۰	۰/۷۱
۱۷	۶۸/۳۲	۱/۱۴	۱/۵۹	۹/۵۲	۲/۹۲	۱/۸۶	۱/۵۵	۳/۶۱	۰/۶۵	۰/۲۰	۱/۴۸	۱/۱۹	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۱۲	۳/۴۸	۰/۳۶	۰/۹۶	۰/۲۷	۰/۴۱
۱۸	۷۲/۶۹	۰/۵۹	۱/۸۰	۸/۸۱	۱/۹۲	۱/۵۵	۱/۳۰	۲/۷۴	۰/۳۸	۰/۱۲	۲/۱۰	۲/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲	۳/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۶۲
۱۹	۷۱/۰۲	۲/۱۱	۱/۹۴	۸/۳۹	۳/۲۶	۱/۱۸	۳/۲۳	۲/۷۵	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۹۷	۲/۱۵	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۹	۱/۲۵	۰/۲۴	۰/۰۰	۰/۴۵	۰/۱۷
۲۰	۶۸/۰۳	۲/۹۹	۱/۷۰	۸/۰۱	۲/۵۱	۱/۹۶	۲/۳۳	۲/۳۷	۰/۵۷	۰/۳۱	۱/۰۵	۲/۶۰	۰/۷۲	۰/۰۵	۰/۷۶	۲/۸۸	۰/۵۳	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۵۴
۲۱	۶۶/۳۴	۲/۸۳	۱/۹۱	۱۱/۲۹	۲/۷۸	۲/۹۷	۲/۱۰	۳/۰۸	۰/۷۷	۰/۱۹	۱/۹۳	۱/۷۶	۰/۳۲	۰/۰۰	۰/۱۲	۱/۳۴	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۱۵
۲۲	۶۴/۳۱	۲/۷۱	۲/۰۵	۸/۶۸	۳/۶۱	۱/۲۲	۳/۲۳	۳/۵۱	۰/۴۹	۰/۲۴	۱/۶۶	۱/۵۵	۰/۲۲	۰/۰۷	۰/۳۱	۳/۹۶	۰/۲۶	۰/۵۳	۰/۷۰	۰/۷۱
تهران	۶۳/۷۹	۲/۲۷	۲/۳۴	۹/۷۲	۳/۵۴	۲/۰۲	۳/۰۰	۴/۳۱	۰/۷۲	۰/۴۳	۱/۳۷	۲/۱۲	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۲۰	۲/۴۱	۰/۲۲	۰/۰۶	۰/۴۵	۰/۸۰

با توجه به جدول فوق ۶۳/۸ درصد از پسماند مسکونی شهر تهران به پسماند غذایی و پس از آن بیشترین مقدار به مشمع و نایلون با ۹/۷ درصد اختصاص می‌یابد. کاغذ و مقوا در مبادی تولید پسماندهای مسکونی نیز در حدود ۷ درصد به‌دست آمده است.

جدول ۱۵: سه جزء اصلی پسماند تولیدی در واحدهای مسکونی شهر تهران (درصد)

منطقه	پسماند غذایی	پسماند خشک ارزشمند	پسماند خشک غیر ارزشمند
۱	۵۶/۸	۳۶/۳	۶/۹
۲	۶۱/۴	۳۰/۷	۷/۸
۳	۶۰/۰	۳۳/۴	۶/۶
۴	۶۴/۳	۲۹/۲	۶/۵
۵	۶۰/۳	۳۱/۶	۸/۱
۶	۶۳/۱	۲۸/۳	۸/۶
۷	۶۴/۵	۲۸/۴	۷/۰
۸	۶۳/۵	۲۹/۶	۶/۹
۹	۶۲/۹	۲۶/۳	۱۰/۸
۱۰	۶۵/۲	۲۸/۱	۶/۷
۱۱	۵۷/۴	۳۵/۱	۷/۵
۱۲	۶۰/۹	۲۶/۰	۱۳/۱
۱۳	۶۷/۷	۲۶/۱	۶/۲
۱۴	۶۳/۸	۲۶/۰	۱۰/۲
۱۵	۶۶/۷	۲۵/۵	۷/۸
۱۶	۶۱/۵	۳۱/۶	۷/۰
۱۷	۶۸/۳	۲۲/۴	۹/۳
۱۸	۷۲/۷	۱۹/۷	۷/۶
۱۹	۷۱/۰	۲۴/۵	۴/۵
۲۰	۶۸/۰	۲۳/۴	۸/۶
۲۱	۶۶/۳	۲۶/۷	۷/۰
۲۲	۶۴/۳	۲۶/۱	۹/۶
تهران	۶۳/۸	۲۸/۴	۷/۸

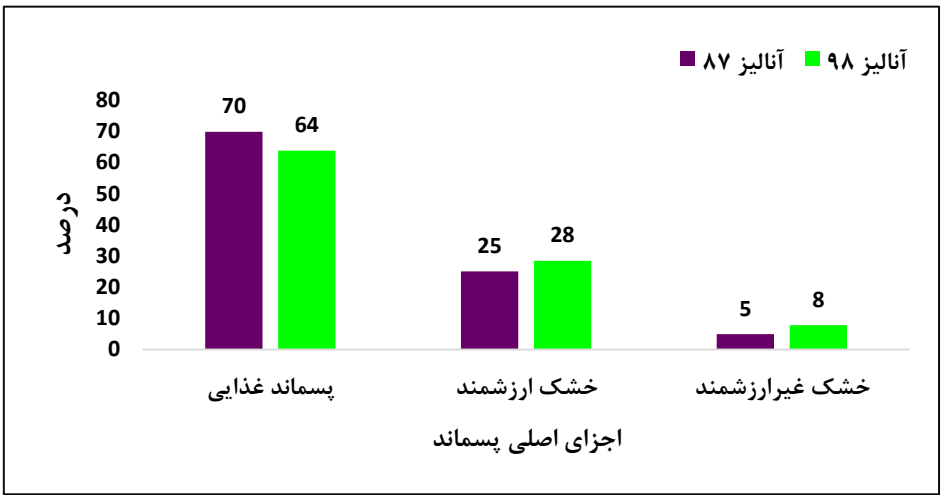
در مجموع با توجه به جدول ۱۵ در تهران حدود ۶۳/۸ درصد پسماند غذایی، ۲۸/۴ درصد پسماندهای خشک با ارزش و ۷/۸ درصد نیز پسماندهای خشک غیرارزشمند توسط واحدهای مسکونی تولید می‌شود.



نمودار ۵: ترکیب پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)

- تغییرات ترکیب پسماند مسکونی در مبدأ طی یک دهه اخیر

با مقایسه نتایج ترکیب پسماند مسکونی در مبدأ با سال ۸۷ می‌توان نتیجه گرفت که میزان پسماند تر در حدود ۶ درصد در مبادی تولید کاهش یافته و میزان پسماندهای خشک نیز در حدود ۶ درصد افزایش داشته است (در حدود ۳ درصد پسماند خشک ارزشمند و ۳ درصد نیز پسماند خشک غیر ارزشمند).

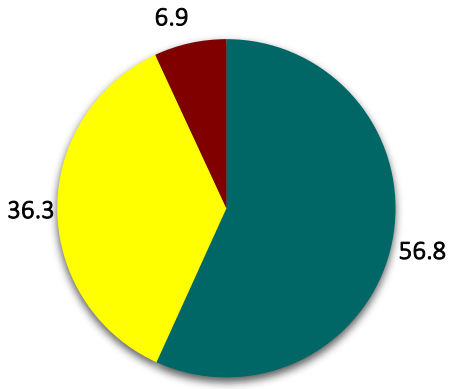


نمودار ۶: مقایسه اجزای اصلی ترکیب پسماند در مبدا - آنالیز سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۸

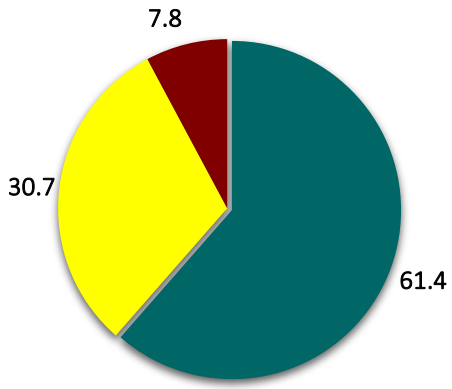
- تغییرات ترکیب پسماند مسکونی در مبدأ در سطح مناطق

در ادامه با توجه به اطلاعات بخش قبل، ترکیب پسماند مسکونی مناطق مختلف شهر تهران از منظر سه جزء اصلی (پسماند غذایی، پسماند خشک ارزشمند و پسماند خشک غیر ارزشمند) با یکدیگر مقایسه شده تا تغییرات این نوع از پسماندها در سطح مناطق شهر تهران مشخص شود.

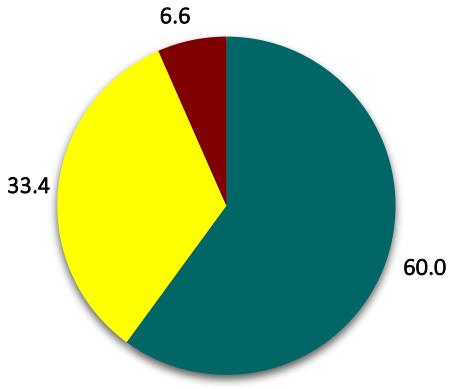
منطقه ۱



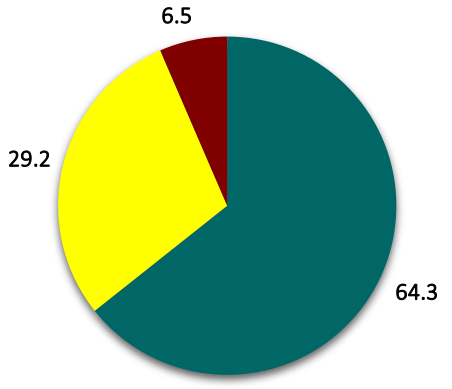
منطقه ۲



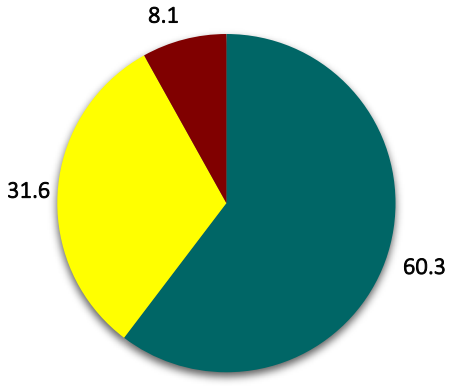
منطقه ۳



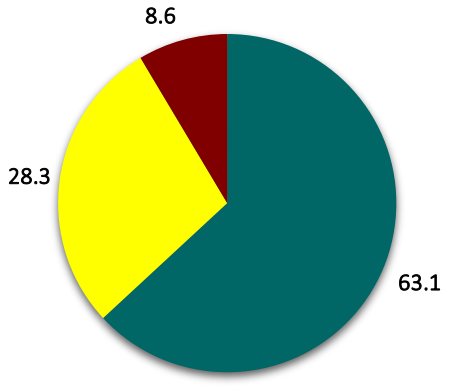
منطقه ۴



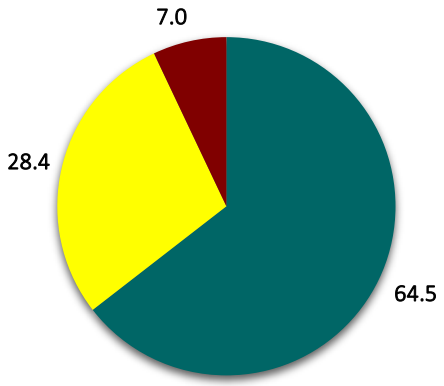
منطقه ۵



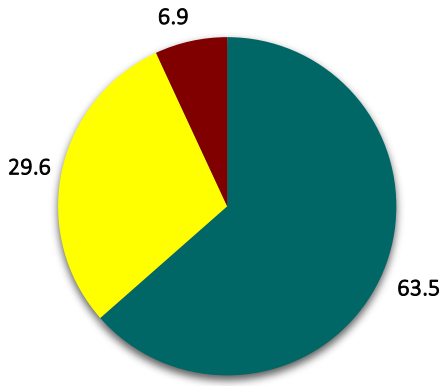
منطقه ۶



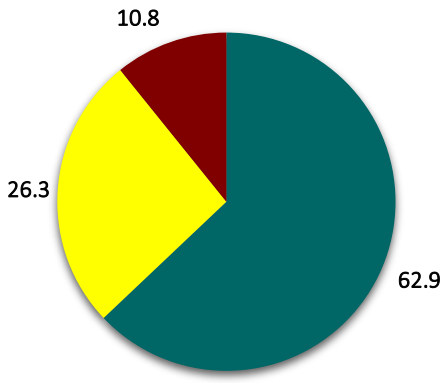
منطقه ۷



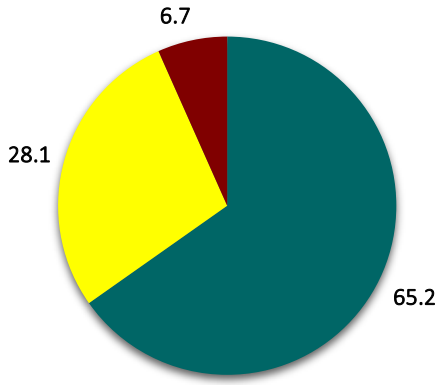
منطقه ۸



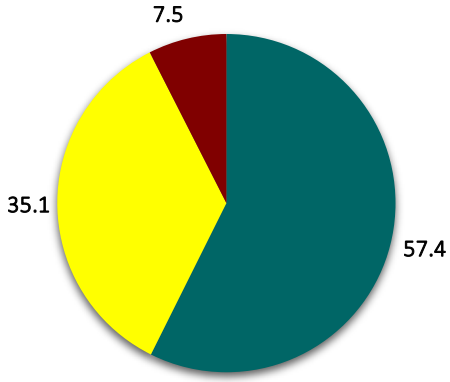
منطقه ۹



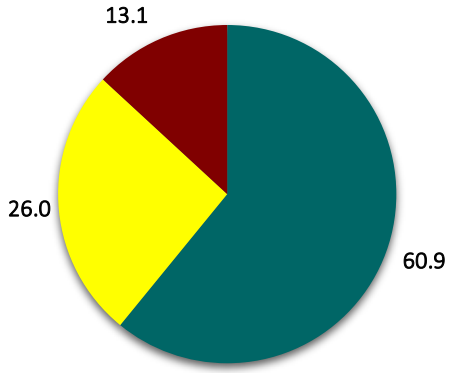
منطقه ۱۰



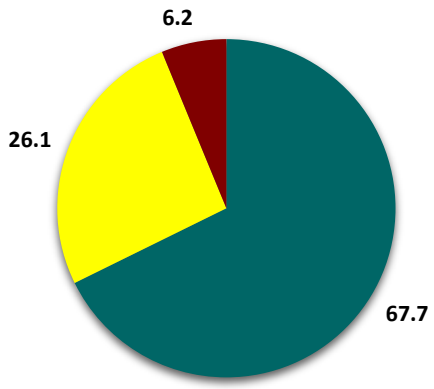
منطقه ۱۱



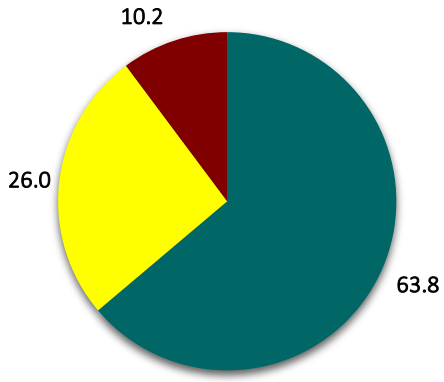
منطقه ۱۲



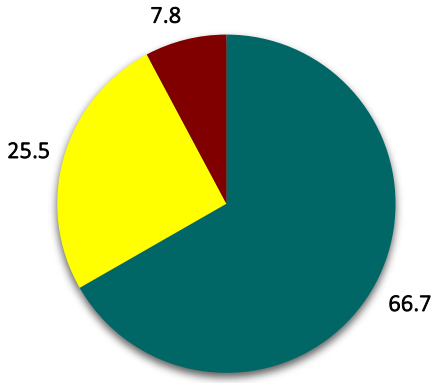
منطقه ۱۳



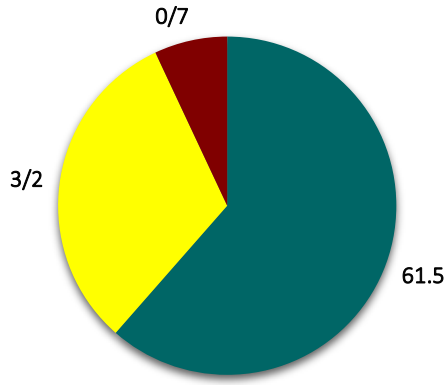
منطقه ۱۴



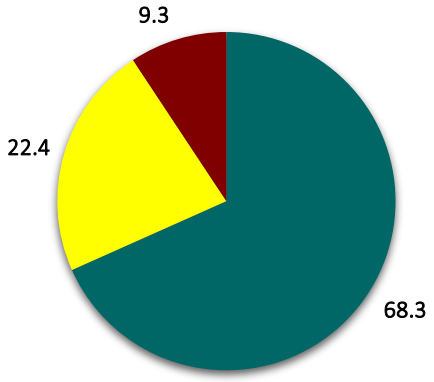
منطقه ۱۵



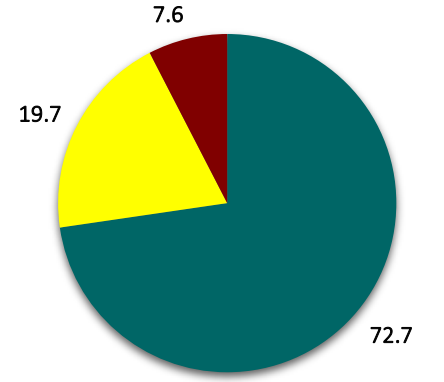
منطقه ۱۶

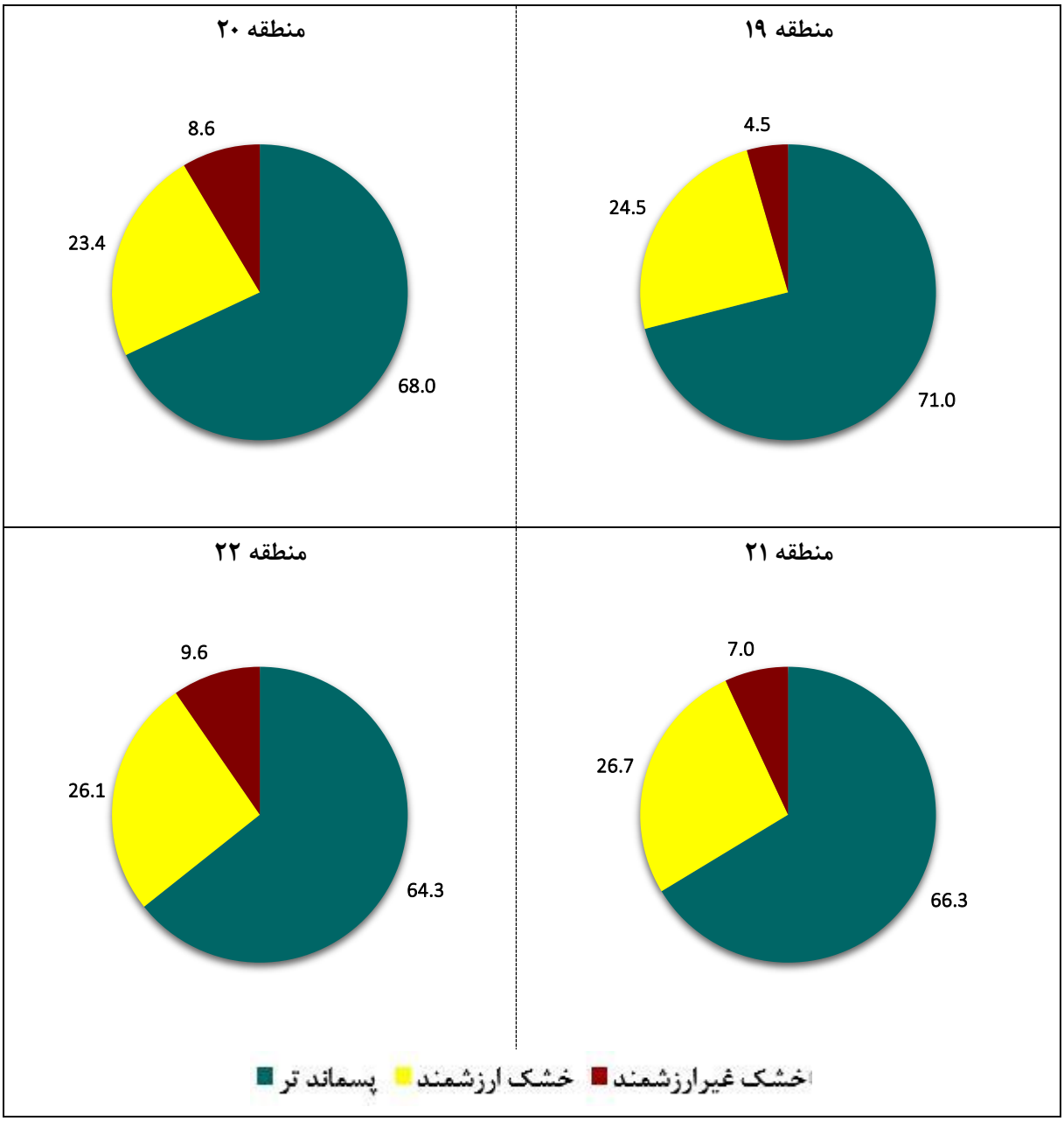


منطقه ۱۷

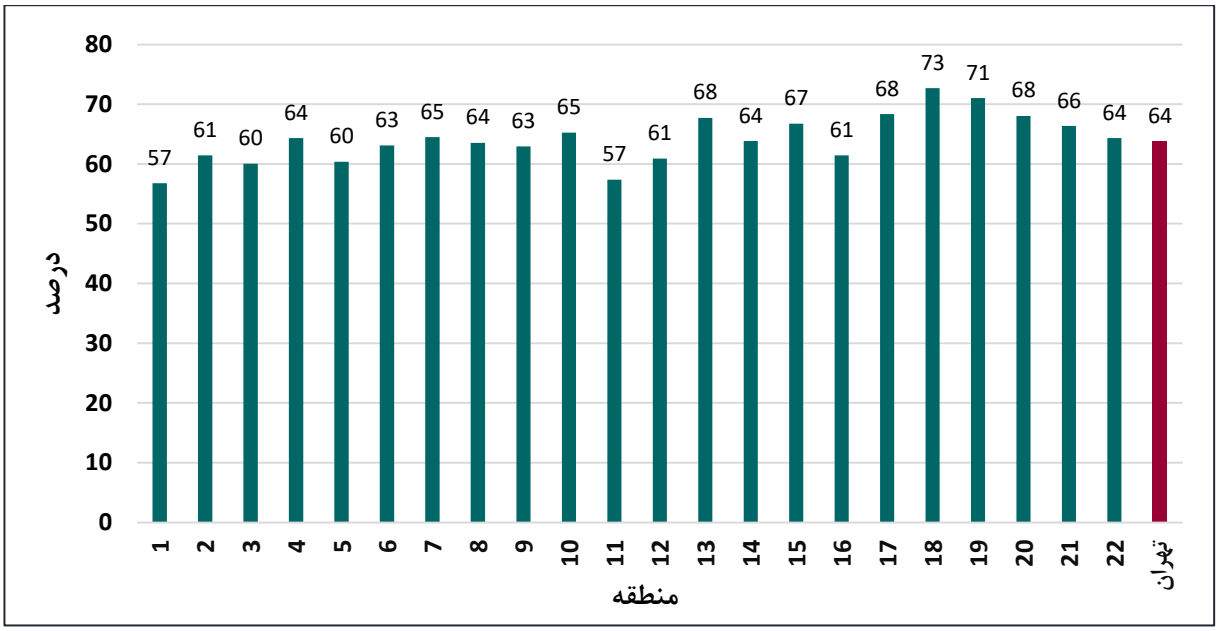


منطقه ۱۸



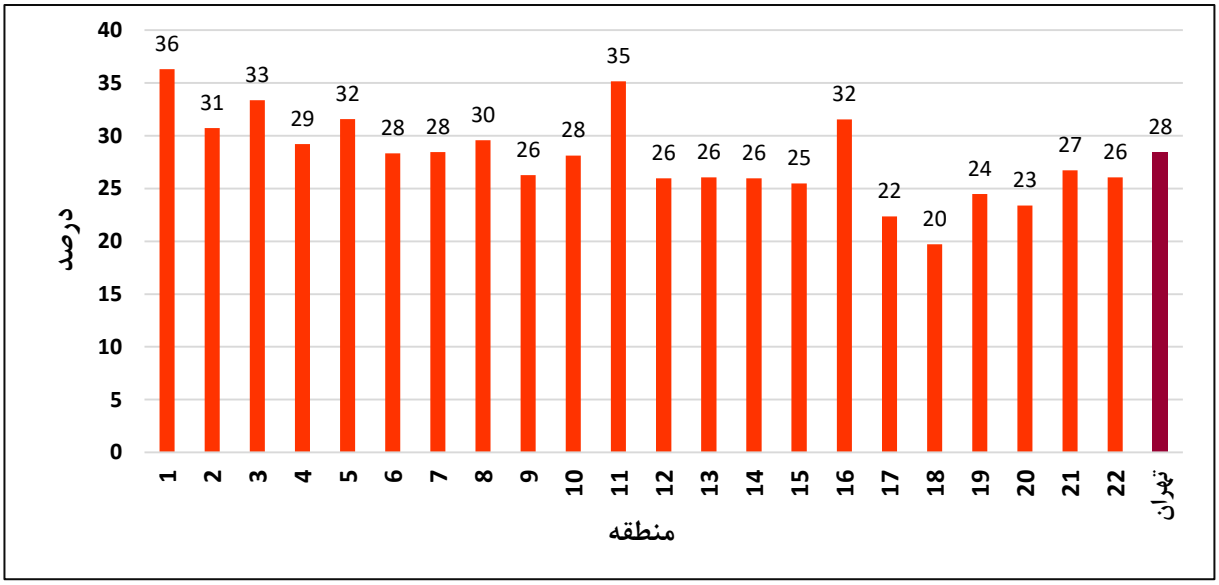


نمودار ۷: اجزاء اصلی پسماند مسکونی به تفکیک مناطق



نمودار ۸: میزان جزء تر پسماند مسکونی تولیدی در شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)

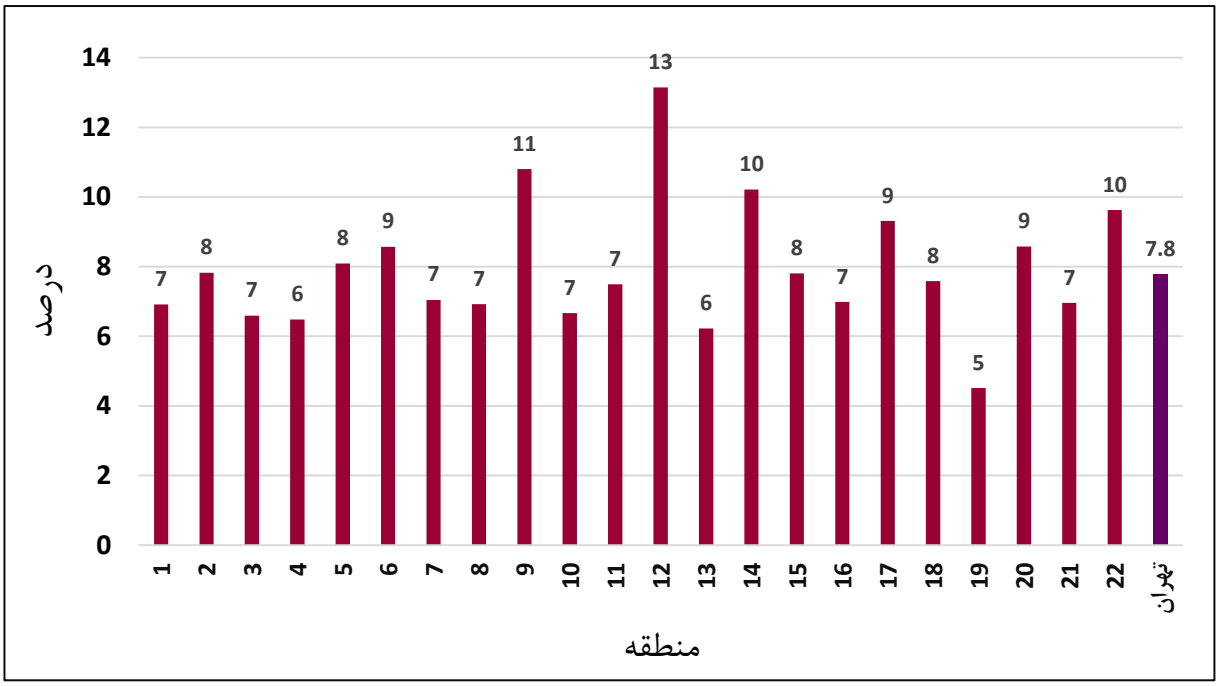
همان‌طور که از نمودار فوق استنباط می‌شود میانگین پسماند غذایی تولید شده در واحدهای مسکونی شهر تهران ۶۳/۸ درصد است. در این میان مناطق ۱۸ و ۱۹ به‌ترتیب با ۷۲/۷ و ۷۱/۰ درصد بیشترین میزان تولید پسماند غذایی و مناطق ۱ و ۱۱ هر دو با حدود ۵۷ درصد کمترین میزان تولید این نوع از پسماند را در واحدهای مسکونی دارا هستند.



نمودار ۹: میزان اقلام خشک ارزشمند در پسماند مسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)

نمودار ۹ بیانگر آن است که میانگین تولید پسماند خشک ارزشمند واحدهای مسکونی در تهران ۲۸/۴ درصد است و مناطق ۱ و ۱۱ با ۳۶/۳ و ۳۵/۱ درصد بیشترین تولید کننده‌ی اقلام خشک ارزشمند و مناطق ۱۸ و ۱۷با ۱۹/۷ و ۲۲/۴ درصد کمترین میزان این نوع از پسماند را تولید می‌کنند.

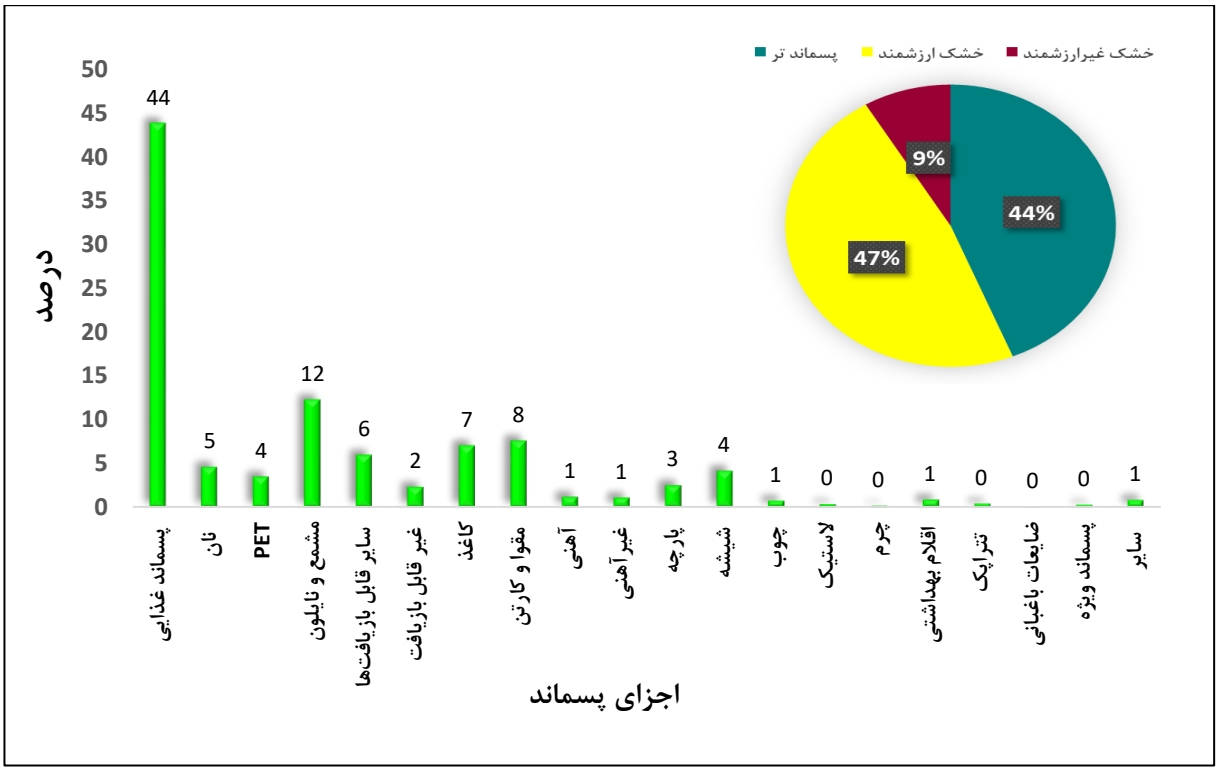
اقلام خشک غیر ارزشمند همچون چوب، چرم، پلاستیک‌های غیر قابل بازیافت و ... نیز در مناطق مختلف با میزان متفاوتی تولید می‌شوند که مناطق ۱۲ و ۹ (۱۳/۱ و ۱۰/۸ درصد) بیشترین مقدار و مناطق ۱۹ و ۴ (۴/۵ و ۶/۵ درصد) کمترین میزان پسماندهای خشک بدون ارزش را در واحدهای مسکونی تولید می‌کنند. لازم به ذکر است که میانگین تولید این نوع پسماند در سطح واحدهای مسکونی شهر تهران نیز در حدود ۷/۸ درصد است (نمودار ۱۰).



نمودار ۱۰: پسماند خشک غیرارزشمند در واحدهای مسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)

۳-۱-۲-۲- ترکیب پسماند غیرمسکونی شهر تهران در مبدأ

در خصوص تعیین ترکیب پسماند غیرمسکونی در مبادی تولید، کیسه‌های جمع‌آوری شده از کاربری‌های مختلف توزین و سپس ترکیب پسماند واحدهای غیرمسکونی در شهر تهران به‌دست آمده است که در نمودار ۱۱ آورده شده است. بر این اساس بیشترین جزء پسماند غیرمسکونی نیز پسماند غذایی است که ۴۳/۹ درصد از کل پسماند کاربری‌های غیرمسکونی را شامل می‌شود. بعد از آن مشمع و نایلون با ۱۲/۳ و مقوا و کارتن با ۷/۶ درصد بیشترین مقدار را دارا هستند.



نمودار ۱۱: ترکیب پسماند غیرمسکونی شهر تهران در مبدأ (تابستان ۹۸)

با نگاهی به نمودار بالا می‌توان نتیجه گرفت که در واحدهای غیرمسکونی مجموع پسماند خشک ارزشمند (۴۷/۶ درصد) در حدود ۳ درصد بیشتر از پسماند غذایی (۴۳/۹ درصد) و پسماند خشک غیرارزشمند با ۸/۶ درصد کمترین میزان تولید را دارند.

در بخش غیرمسکونی با توجه به اینکه در نمونه‌برداری سال ۸۷ تعیین ترکیب کل پسماند غیرمسکونی انجام نشده است و ترکیب پسماند واحدهای غیرمسکونی به تفکیک گروه‌های شغلی ارائه شده است، لذا امکان مقایسه و شناسایی تغییرات ترکیب پسماند در این بخش وجود ندارد.

۳-۱-۲-۳- تعیین ترکیب پسماند در مبادی تولید (تلفیق پسماند مسکونی و غیرمسکونی)

پس از تعیین ترکیب پسماند مسکونی و غیر مسکونی شهر تهران در مرحله بعد به تعیین ترکیب کل پسماند در مبدأ پرداخته شده است. برای این منظور پسماند مسکونی و غیرمسکونی هر منطقه با در نظر گرفتن ضریب وزنی پسماند مسکونی و غیرمسکونی در منطقه مورد نظر محاسبه و در نهایت با استفاده از میانگین‌گیری وزنی ترکیب کل پسماند شهر تهران تعیین شده است (جدول ۱۶). درجدول ۱۷ نیز ترکیب پسماند در مبدأ به تفکیک سه جزء اصلی (پسماند غذایی، پسماند خشک ارزشمند و پسماند خشک غیرارزشمند) ارائه شده است.

جدول ۱۶: ترکیب پسماند شهر تهران در مبدأ (درصد)(تابستان ۹۸)

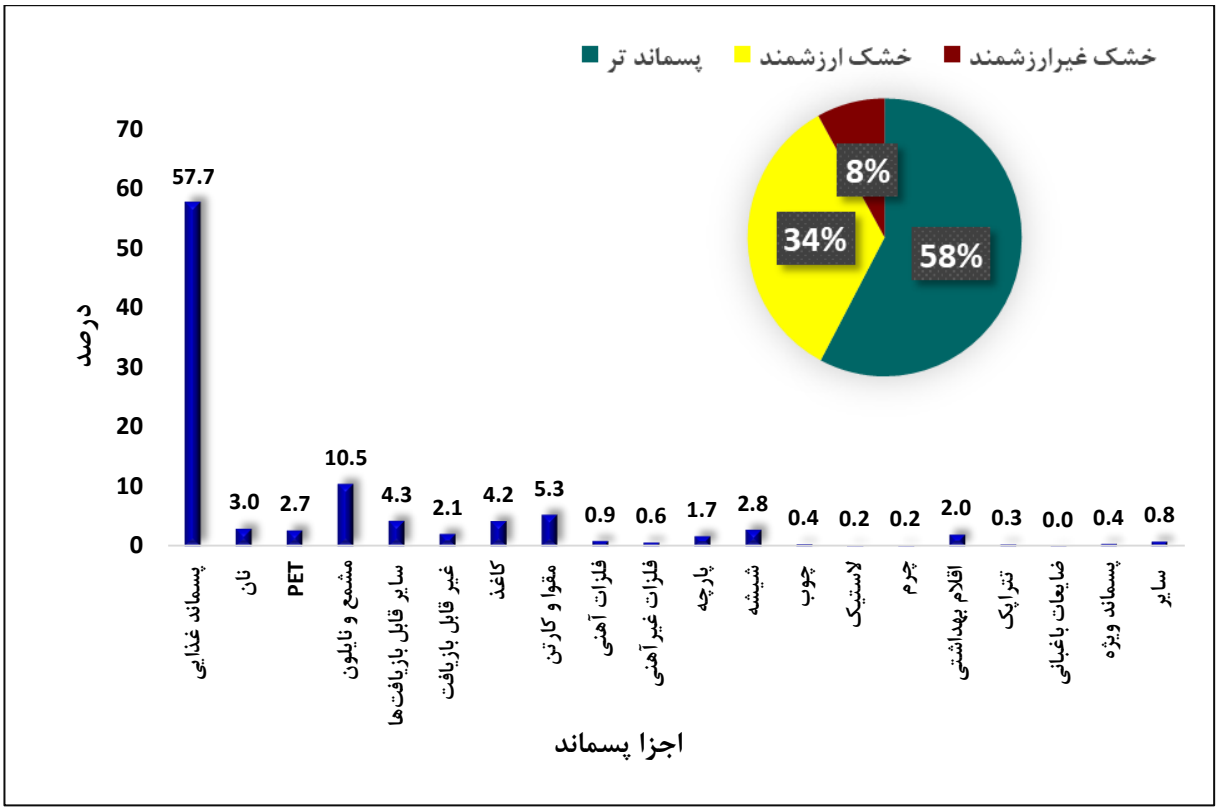
منطقه	پسماند غذایی	نان	PET	مشمع و نایلون	سایر پلاستیک‌های قابل بازیافت	پلاستیک‌های غیر قابل بازیافت	کاغذ	مقوا و کارتن	فلزات آهنی	فلزات غیرآهنی	پارچه	شیشه	چوب	لاستیک	چرم	اقلام بهداشتی	تتراپک	ضایعات باغبانی	پسماند ویژه	سایر
۱	۵۳/۸۱	۱/۹۴	۳/۸۸	۱۰/۹۰	۴/۶۸	۲/۲۳	۶/۱۸	۶/۵۸	۰/۷۶	۰/۷۴	۲/۱۸	۳/۲۴	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۳	۱/۱۲	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۳۵	۰/۷۳
۲	۵۸/۰۹	۲/۴۵	۲/۹۳	۱۰/۰۲	۴/۶۳	۲/۴۳	۳/۴۵	۵/۹۲	۱/۰۴	۰/۷۷	۱/۵۷	۲/۷۴	۰/۲۰	۰/۰۷	۰/۰۶	۱/۵۲	۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۵۹	۱/۲۶
۳	۵۳/۵۱	۲/۷۵	۲/۹۸	۱۰/۷۴	۵/۷۵	۱/۶۹	۵/۷۵	۵/۷۸	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۵۸	۳/۲۸	۰/۴۷	۰/۱۴	۰/۱۱	۲/۱۸	۰/۲۹	۰/۰۳	۰/۲۳	۰/۶۷
۴	۵۷/۷۴	۳/۳۴	۲/۷۷	۱۰/۲۶	۴/۴۰	۲/۳۲	۴/۹۱	۵/۶۴	۰/۷۶	۰/۶۷	۱/۸۵	۲/۳۷	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۹۳	۰/۲۴	۰/۰۴	۰/۵۳	۰/۶۳
۵	۵۷/۴۵	۳/۳۰	۲/۸۸	۱۰/۶۰	۴/۵۱	۲/۳۲	۳/۴۲	۵/۸۳	۰/۹۶	۰/۷۰	۱/۲۰	۲/۱۷	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۰۴	۲/۴۵	۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۲۷	۱/۲۷
۶	۵۳/۹۵	۲/۸۲	۲/۷۴	۱۰/۰۲	۵/۱۳	۱/۹۷	۶/۱۲	۵/۴۷	۰/۷۳	۰/۸۲	۱/۸۱	۳/۶۳	۰/۳۷	۰/۱۷	۰/۲۹	۲/۲۷	۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۴۸	۰/۹۲
۷	۵۸/۷۵	۲/۴۲	۲/۴۵	۹/۹۸	۴/۸۶	۱/۹۹	۴/۳۲	۴/۵۵	۰/۹۹	۰/۵۲	۱/۲۸	۳/۷۰	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۰۷	۲/۲۹	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۷۹
۸	۶۰/۸۴	۳/۸۷	۳/۰۳	۹/۸۰	۴/۱۱	۱/۴۵	۲/۵۸	۵/۱۰	۰/۹۸	۰/۵۰	۰/۸۶	۲/۰۴	۰/۲۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۲/۲۷	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۷۴	۱/۲۲
۹	۵۶/۸۸	۲/۴۵	۲/۰۶	۱۱/۱۷	۴/۵۸	۲/۴۶	۳/۱۱	۴/۹۴	۰/۷۹	۰/۸۶	۲/۲۹	۳/۰۶	۰/۴۳	۰/۱۱	۰/۹۷	۱/۹۷	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۸۶	۰/۷۶
۱۰	۶۱/۷۹	۳/۲۸	۱/۹۳	۱۱/۴۳	۳/۶۱	۱/۶۵	۳/۳۶	۴/۹۹	۰/۵۴	۰/۵۰	۱/۷۱	۱/۶۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۹	۱/۷۲	۰/۲۱	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۸۳
۱۱	۵۳/۰۷	۲/۴۰	۲/۹۳	۱۲/۶۰	۵/۲۱	۲/۷۷	۴/۷۱	۶/۲۸	۱/۳۴	۰/۶۰	۲/۲۲	۳/۰۲	۰/۳۸	۰/۱۸	۰/۱۴	۱/۰۴	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۳۱	۰/۵۳
۱۲	۵۰/۶۶	۳/۶۲	۲/۹۵	۱۱/۵۵	۴/۳۲	۲/۸۳	۵/۱۸	۶/۰۲	۰/۷۹	۰/۷۹	۲/۲۰	۳/۷۳	۰/۵۵	۰/۲۱	۰/۲۴	۲/۱۵	۰/۳۴	۰/۱۴	۰/۶۰	۱/۱۲
۱۳	۶۱/۴۹	۲/۷۵	۲/۲۸	۱۰/۲۴	۴/۲۷	۱/۷۲	۴/۰۸	۴/۵۴	۰/۷۰	۰/۵۵	۱/۴۲	۲/۲۶	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۲۷	۱/۹۶	۰/۲۸	۰/۰۱	۰/۳۳	۰/۴۶
۱۴	۶۲/۳۴	۱/۸۴	۲/۳۴	۹/۷۵	۲/۸۷	۱/۶۵	۲/۵۸	۳/۸۳	۱/۰۳	۰/۲۵	۱/۷۸	۳/۰۹	۰/۹۱	۰/۱۱	۰/۲۳	۳/۶۵	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۴۷	۱/۱۶
۱۵	۶۱/۹۶	۳/۱۲	۲/۱۴	۱۰/۲۲	۳/۳۲	۱/۸۴	۳/۱۶	۴/۸۴	۰/۹۶	۰/۳۰	۱/۵۳	۲/۰۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۴۸	۲/۶۶	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۳۵	۰/۴۸
۱۶	۵۵/۸۹	۴/۹۳	۲/۸۹	۱۱/۱۸	۳/۵۸	۲/۵۲	۴/۸۷	۵/۰۵	۰/۶۱	۰/۸۸	۱/۰۶	۲/۶۳	۰/۲۴	۰/۱۱	۰/۱۹	۱/۷۰	۰/۶۲	۰/۰۱	۰/۲۹	۰/۷۵
۱۷	۶۲/۸۷	۱/۹۱	۲/۰۲	۱۰/۱۴	۳/۶۱	۱/۹۶	۲/۷۸	۴/۵۰	۰/۷۷	۰/۴۱	۱/۷۱	۱/۸۵	۰/۳۷	۰/۱۸	۰/۱۳	۲/۹۰	۰/۳۷	۰/۷۶	۰/۲۷	۰/۵۰
۱۸	۶۰/۳۸	۲/۳۱	۲/۵۴	۱۰/۳۰	۳/۶۶	۱/۸۸	۳/۷۶	۴/۸۱	۰/۷۳	۰/۵۵	۲/۲۸	۲/۹۶	۰/۳۴	۰/۱۵	۰/۰۹	۲/۱۵	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۷۱
۱۹	۶۱/۸۲	۲/۹۶	۲/۴۸	۹/۷۲	۴/۱۹	۱/۵۷	۴/۵۳	۴/۳۹	۰/۶۱	۰/۶۰	۱/۴۹	۲/۸۳	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۲	۱/۱۳	۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۳۹
۲۰	۵۸/۲۷	۳/۶۴	۲/۴۳	۹/۷۴	۳/۹۲	۲/۱۱	۴/۲۴	۴/۴۸	۰/۸۲	۰/۶۴	۱/۶۴	۳/۲۳	۰/۷۳	۰/۱۸	۰/۵۳	۲/۰۸	۰/۴۸	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۶۵
۲۱	۵۰/۰۵	۴/۱۲	۳/۰۷	۱۲/۰۲	۵/۱۱	۲/۵۱	۵/۶۹	۶/۳۶	۱/۰۸	۰/۸۶	۲/۳۵	۳/۵۱	۰/۶۳	۰/۲۶	۰/۱۷	۱/۰۱	۰/۳۴	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۶۴
۲۲	۵۹/۲۷	۳/۱۸	۲/۴۱	۹/۵۸	۴/۲۰	۱/۵۰	۴/۱۷	۴/۵۲	۰/۶۶	۰/۴۶	۱/۸۷	۲/۱۹	۰/۳۵	۰/۱۴	۰/۲۸	۳/۲۰	۰/۳۰	۰/۴۰	۰/۵۹	۰/۷۴
تهران	۵۷/۷۳	۲/۹۵	۲/۷۰	۱۰/۵۰	۴/۲۸	۲/۰۹	۴/۲۳	۵/۲۹	۰/۸۷	۰/۶۳	۱/۷۲	۲/۷۷	۰/۳۶	۰/۱۶	۰/۲۰	۱/۹۸	۰/۲۸	۰/۰۵	۰/۳۹	۰/۸۲

جدول ۱۶ بیانگر آن است که بیشترین میزان پسماند تولید شده در شهر تهران پسماندهای غذایی با ۵۷/۷ درصد و پس از آن مشمع و نایلون با ۱۰/۵ درصد است. سهم کاغذ و مقوا نیز در حدود ۱۰/۵ درصد از پسماند تولید شده در تهران است.

جدول ۱۷: اجزای اصلی پسماند شهر تهران در مبدأ (درصد)

منطقه	پسماند تر	پسماند خشک ارزشمند	پسماند خشک غیرارزشمند
۱	۵۳/۸	۳۸/۹	۷/۳
۲	۵۸/۱	۳۳/۹	۸/۰
۳	۵۳/۵	۳۹/۱	۷/۴
۴	۵۷/۷	۳۵/۱	۷/۲
۵	۵۷/۴	۳۴/۴	۸/۲
۶	۵۴/۰	۳۷/۵	۸/۶
۷	۵۸/۷	۳۳/۸	۷/۵
۸	۶۰/۸	۳۲/۰	۷/۱
۹	۵۶/۹	۳۳/۰	۱۰/۱
۱۰	۶۱/۸	۳۱/۲	۷/۰
۱۱	۵۳/۱	۳۹/۱	۷/۸
۱۲	۵۰/۷	۳۸/۹	۱۰/۴
۱۳	۶۱/۵	۳۱/۷	۶/۸
۱۴	۶۲/۳	۲۷/۶	۱۰/۱
۱۵	۶۲/۰	۳۰/۱	۸/۰
۱۶	۵۵/۹	۳۶/۶	۷/۵
۱۷	۶۲/۹	۲۸/۰	۹/۱
۱۸	۶۰/۴	۳۱/۶	۸/۰
۱۹	۶۱/۸	۳۲/۳	۵/۹
۲۰	۵۸/۳	۳۳/۱	۸/۶
۲۱	۵۰/۰	۴۱/۸	۸/۱
۲۲	۵۹/۳	۳۱/۴	۹/۴
تهران	۵۷/۷	۳۴/۲	۸/۰

بنابراین با توجه به جدول فوق در مجموع ۵۷/۷ درصد از پسماند تولید شده در شهر تهران پسماند غذایی است. سهم پسماندهای خشک با ارزش در این میان ۳۴/۲ درصد و پسماندهای خشک غیرارزشمند نیز ۸ درصد از کل پسماندهای تولید شده توسط واحدهای مسکونی و غیرمسکونی شهر تهران است.

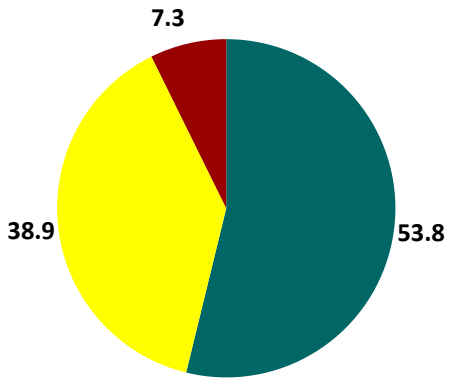


نمودار ۱۲:ترکیب اجزای پسماند شهر تهران در مبدأ (تابستان۹۸)

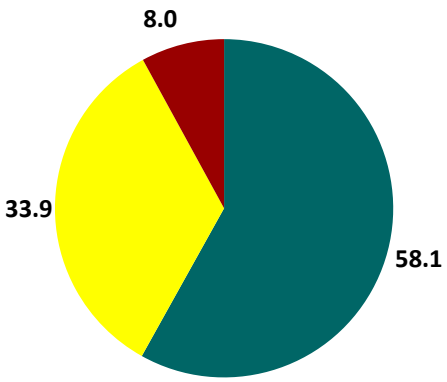
- تغییرات ترکیب پسماند شهر تهران در مبدأ در سطح مناطق

در این بخش سعی شده است تا ترکیب پسماند مناطق مختلف شهر تهران از منظر پسماند غذایی، خشک ارزشمند و خشک غیر ارزشمند مقایسه شوند. ابتدا در نمودار ۱۳ درصد سه جزء مذکور به تفکیک مناطق نشان داده شده سپس در نمودار ۱۴ تا نمودار ۱۶ مناطق مختلف شهر تهران از نظر این سه نوع پسماند مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

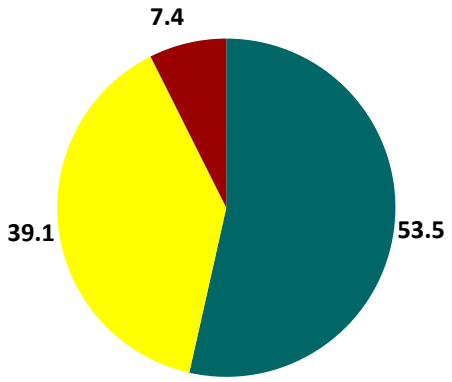
منطقه ۱



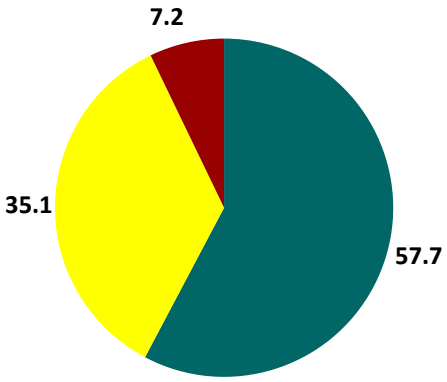
منطقه ۲



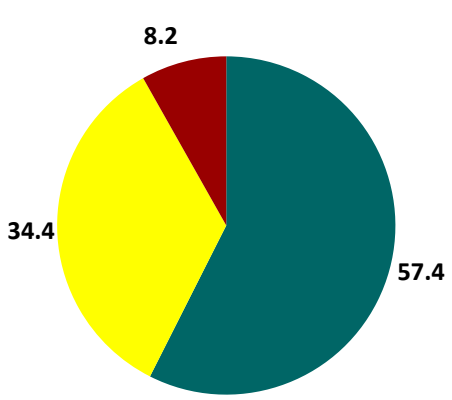
منطقه ۳



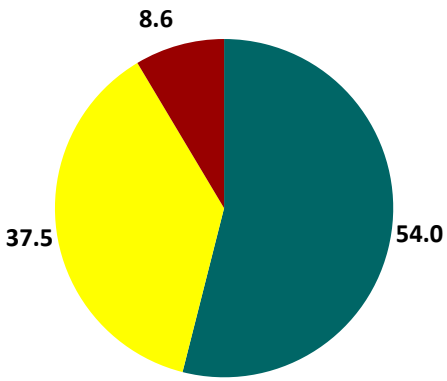
منطقه ۴



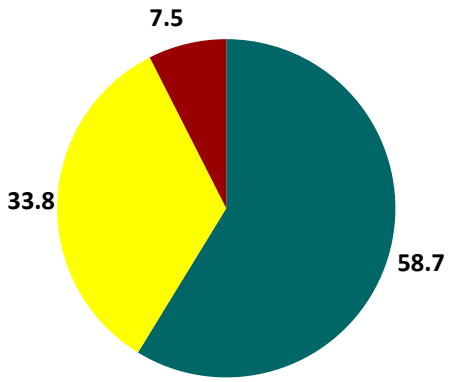
منطقه ۵



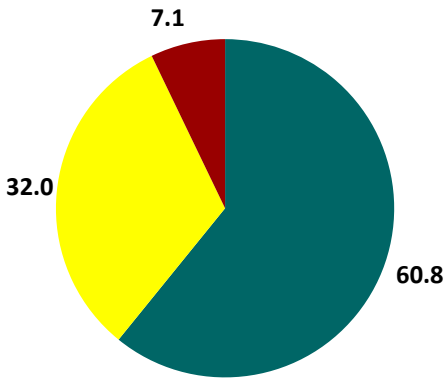
منطقه ۶



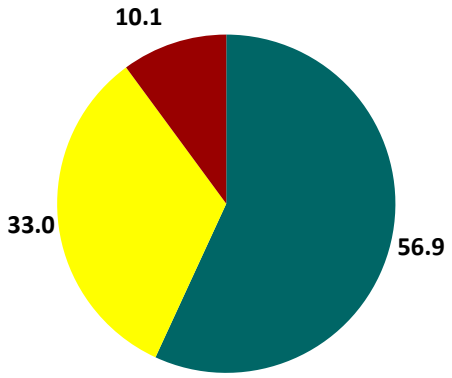
منطقه ۷



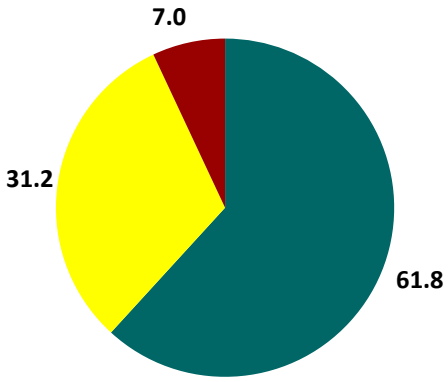
منطقه ۸



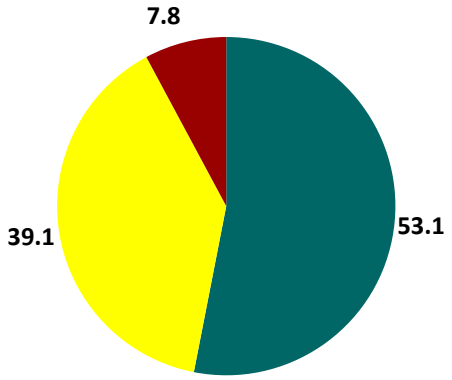
منطقه ۹



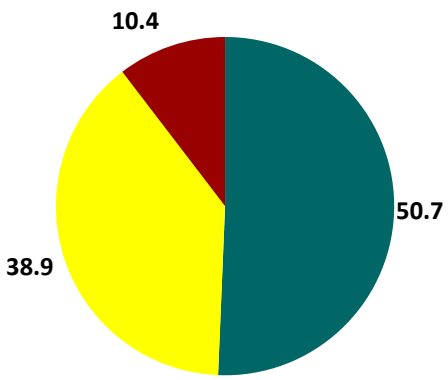
منطقه ۱۰



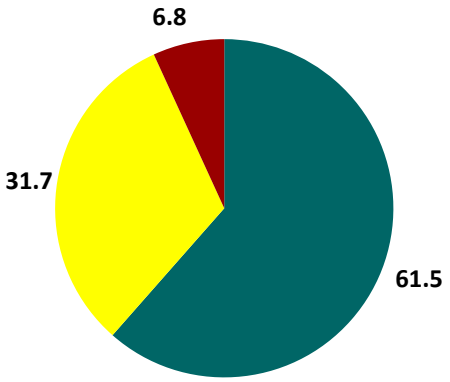
منطقه ۱۱



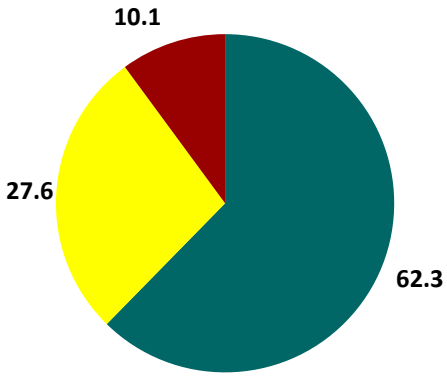
منطقه ۱۲



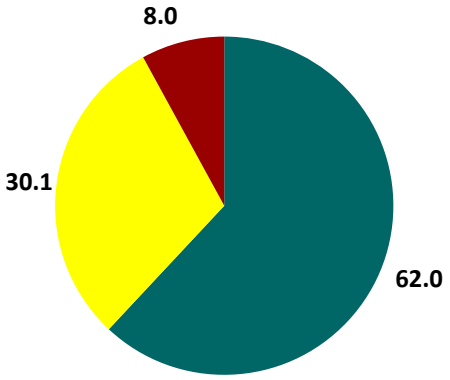
منطقه ۱۳



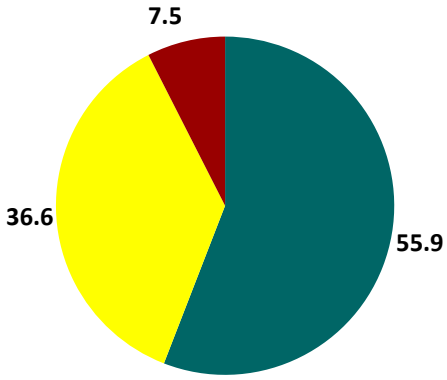
منطقه ۱۴



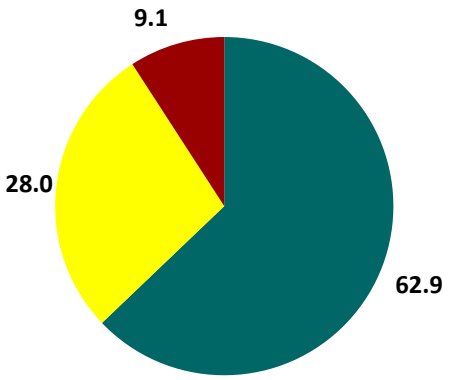
منطقه ۱۵



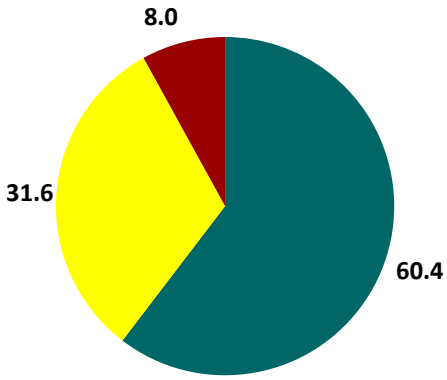
منطقه ۱۶

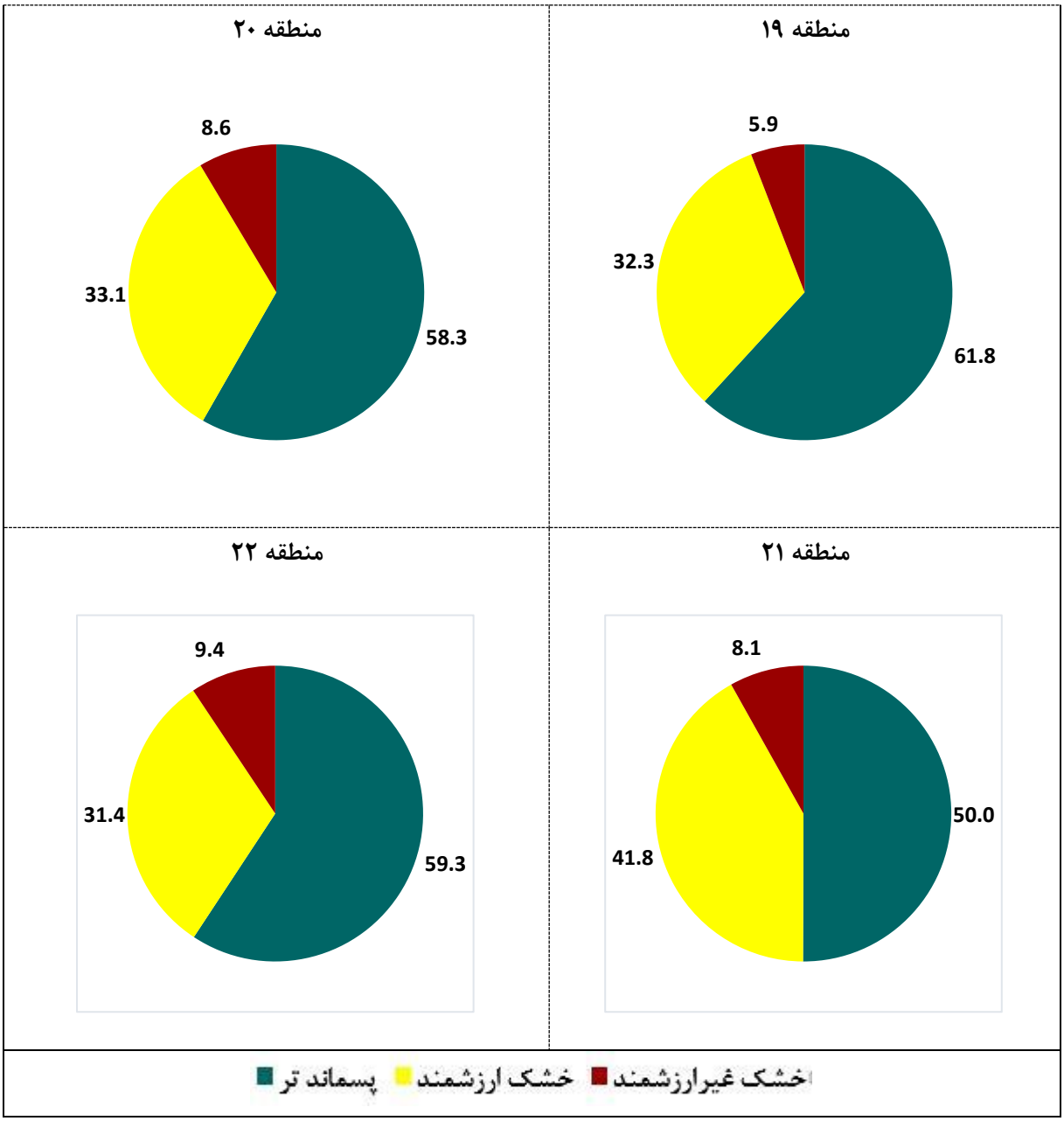


منطقه ۱۷



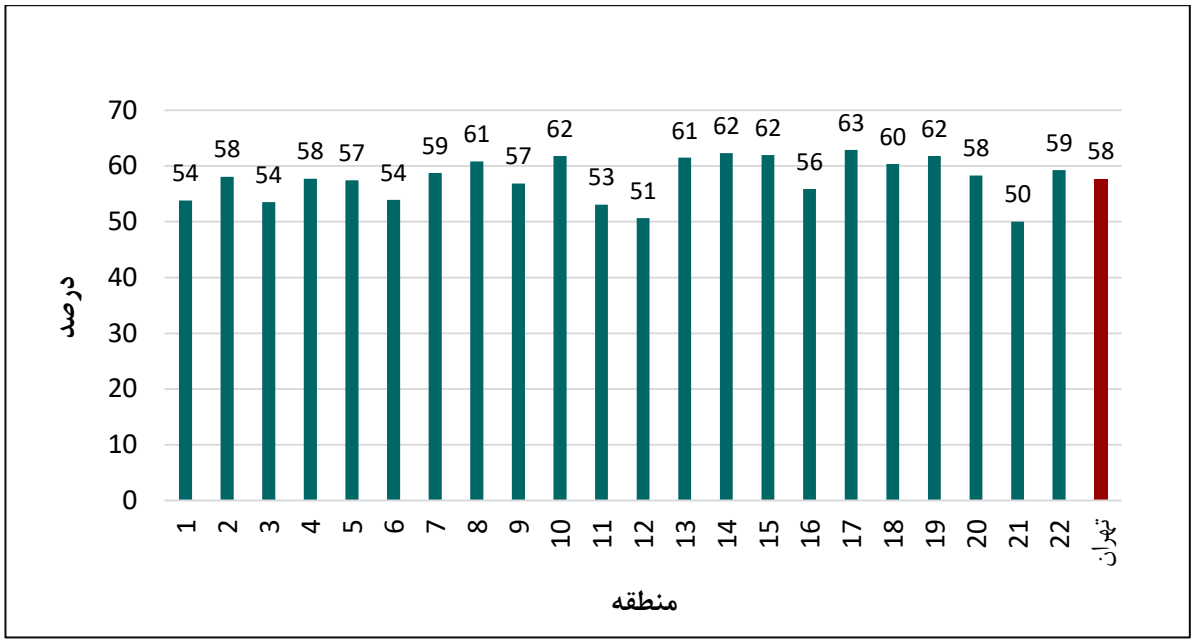
منطقه ۱۸





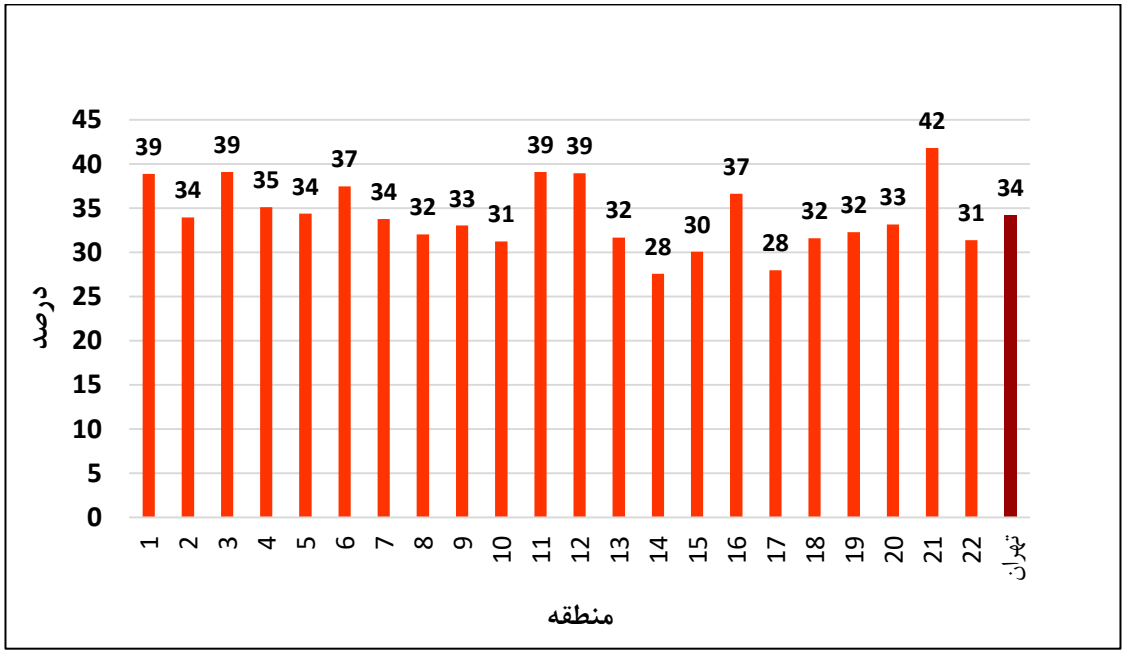
نمودار ۱۳: درصد اجزای اصلی پسماند شهر تهران به تفکیک مناطق

با مقایسه میزان تولید پسماند غذایی در بین مناطق شهر تهران می‌توان دریافت که منطقه ۱۷ با میانگین ۶۲/۹ و پس از آن مناطق ۱۴ و ۱۵ با حدود ۶۲ درصد بیشترین میزان تولید پسماند غذایی را در شهر تهران دارا هستند.

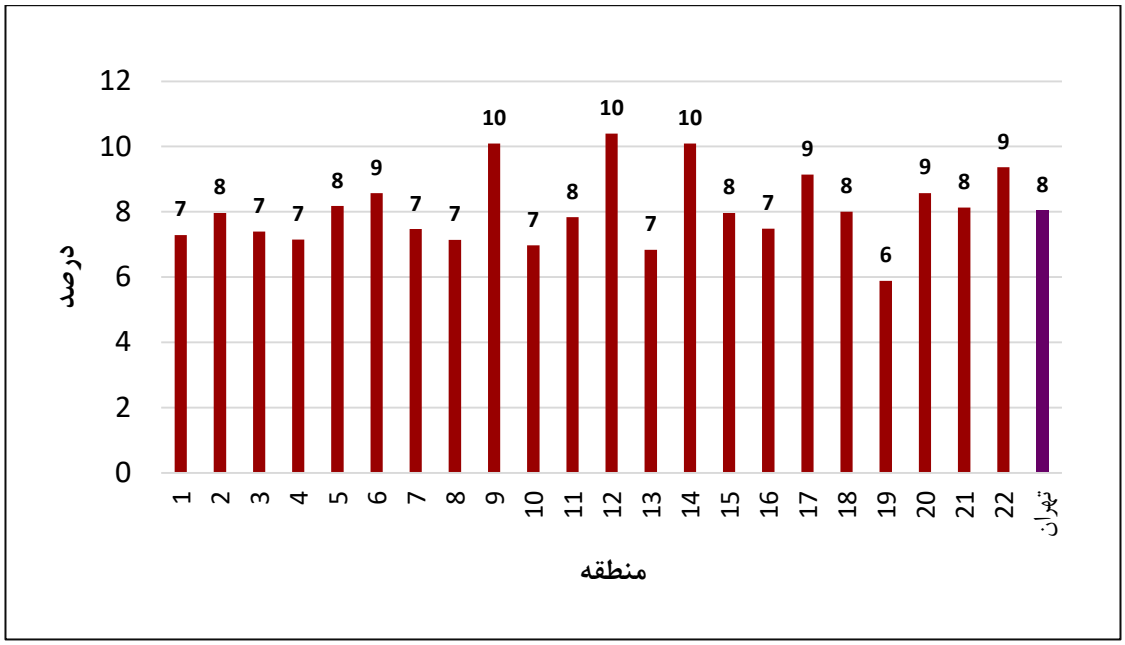


نمودار ۱۴: پسماند غذایی شهر تهران به تفکیک مناطق در مبدأ

همچنین با مقایسه میزان تولید پسماند خشک ارزشمند می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه ۲۱ با ۴۱/۸ درصد بیشترین میزان پسماند خشک ارزشمند و منطقه ۱۴ (۲۷/۶ درصد) کمترین میزان پسماند خشک ارزشمند را در بین مناطق تهران تولید می‌کنند (نمودار ۱۵). همچنین میزان تولید پسماند خشک غیرارزشمند منطقه ۱۳ با ۱۰/۴ درصد بیشترین مقدار و منطقه ۱۹ با میانگین ۵/۹ درصد کمترین مقدار را دارا هستند.



نمودار ۱۵: پسماند خشک ارزشمند شهر تهران به تفکیک مناطق در مبدأ



نمودار ۱۶: پسماند خشک غیرارزشمند شهر تهران به تفکیک مناطق در مبدأ

جهت تعیین تغییرات زمانی ترکیب پسماند شهر تهران با توجه به عدم ارائه ترکیب کل پسماند شهر تهران در نمونه‌برداری تابستان سال ۱۳۸۷(عدم تلفیق پسماند مسکونی و غیرمسکونی و تعیین ترکیب پسماند هر منطقه و در نهایت کل تهران)

۳-۲- نتایج آنالیز فیزیکی خودروهای مکانیزه (فان)

همچنان که پیش‌تر و در فصل دو (بند ۲-۴-۲) اشاره شد در جهت شناخت دقیق‌تر فرآیند مدیریت پسماندهای شهری اخذ نمونه و تحلیل فیزیکی نمونه‌ها در محل ایستگاه‌های خدمات شهری اهمیت بالایی دارد. به منظور برآوردن این ضرورت در طول دوره نمونه برداری، طی ۱۴ روز، ۲۱۸ نمونه از خودروهای مکانیزه (فان) در مرحله ورود به ایستگاه‌های خدمات شهری نواحی مختلف برداشت شده است. در این بخش خلاصه‌ای از نتایج نمونه‌برداری از ورودی ایستگاه‌های انتقال ارائه خواهد شد.

در جدول ۱۸ و جدول ۱۹به تفصیل نتایج تحلیل فیزیکی نمونه‌های اخذشده از خودروهای مکانیزه در محل ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری در مناطق مختلف شهر تهران ارائه شده‌است.

همچنین در نمودار ۱۷ میانگین ترکیبات خودروهای مکانیزه در شهر تهران ارائه شده است.

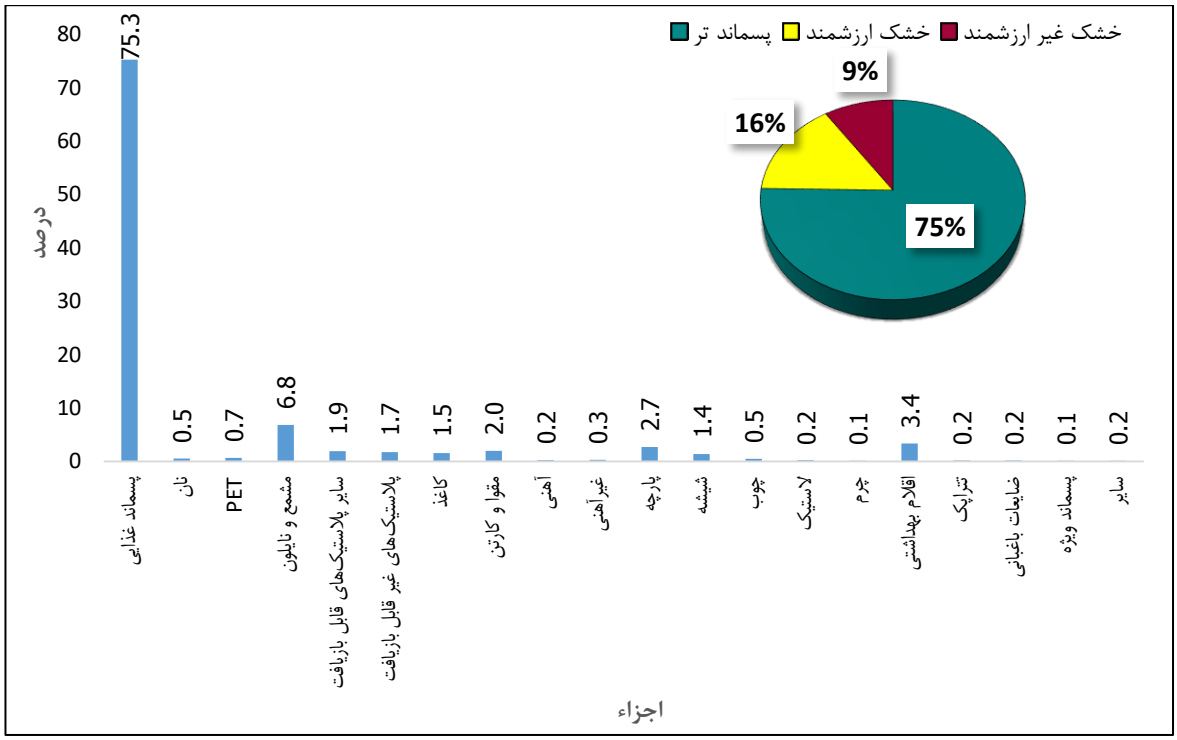
جدول ۱۸. ترکیب پسماند شهر تهران در خودروهای مکانیزه (درصد) (تابستان ۱۳۹۸)

منطقه	پسماند غذایی	نان	PET	مشمع و نایلون	سایر پلاستیک‌های قابل بازیافت	پلاستیک‌های غیر قابل بازیافت	کاغذ	مقوا و کارتن	آهنی	غیرآهنی	پارچه	شیشه	چوب	لاستیک	چرم	اقلام بهداشتی	تتراپک	ضایعات باغبانی	پسماند ویژه	سایر
۱	۷۷/۸	۰/۵۵	۰/۷۲	۵/۶۴	۱/۸۶	۰/۷۵	۱/۸۶	۲/۲۸	۰/۲۳	۰/۸۱	۲/۷۰	۰/۹۴	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۰۸	۳/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۵
۲	۷۴/۴	۰/۶۷	۰/۵۹	۶/۳۳	۱/۷۵	۱/۴۲	۲/۹۹	۲/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۲	۲/۲۹	۱/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۰	۵/۲۴	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۲
۳	۷۶/۹	۰/۸۰	۰/۸۶	۵/۵۶	۲/۵۵	۱/۷۷	۲/۱۶	۳/۳۸	۰/۱۲	۰/۶۱	۱/۴۰	۱/۲۲	۰/۳۹	۰/۱۰	۰/۰۰	۱/۹۵	۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰
۴	۷۲/۳	۰/۶۹	۰/۴۱	۶/۸۲	۱/۶۴	۱/۸۴	۲/۳۸	۱/۷۹	۰/۲۲	۰/۲۳	۲/۵۲	۱/۲۶	۱/۶۴	۰/۲۱	۰/۲۲	۴/۲۶	۰/۱۵	۰/۸۲	۰/۵۳	۰/۱۰
۵	۶۹/۸	۰/۵۸	۰/۷۳	۸/۳۷	۲/۶۸	۲/۱۳	۱/۹۶	۲/۴۶	۰/۲۷	۰/۳۲	۲/۴۰	۲/۳۰	۰/۷۰	۰/۷۷	۰/۱۲	۳/۴۸	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۵۱
۶	۷۳/۴	۰/۴۶	۱/۳۴	۷/۸۵	۲/۲۶	۱/۲۷	۰/۹۰	۳/۴۹	۰/۲۰	۰/۵۶	۱/۳۲	۳/۳۸	۰/۴۴	۰/۰۰	۰/۲۱	۱/۹۰	۰/۸۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۵
۷	۷۱/۱	۰/۹۷	۱/۳۵	۸/۲۵	۳/۶۳	۱/۸۳	۲/۲۸	۲/۶۶	۰/۵۶	۰/۳۰	۲/۴۵	۱/۵۳	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۶	۲/۶۵	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۸	۸۱/۲	۰/۱۶	۰/۵۸	۵/۷۵	۱/۳۲	۱/۳۱	۱/۱۷	۱/۲۶	۰/۲۴	۰/۱۸	۲/۰۰	۰/۸۰	۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۰۰	۲/۶۹	۰/۰۵	۰/۴۲	۰/۰۲	۰/۳۴
۹	۷۹/۶	۰/۲۴	۰/۲۳	۵/۹۶	۱/۴۵	۱/۸۴	۰/۸۶	۲/۸۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۳/۶۱	۱/۰۷	۰/۰۰	۰/۲۴	۰/۰۰	۱/۷۸	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۲
۱۰	۷۲/۳	۰/۴۵	۰/۸۴	۸/۰۶	۱/۸۵	۳/۱۵	۰/۷۹	۲/۲۳	۰/۲۴	۰/۴۵	۲/۸۶	۰/۹۸	۰/۴۹	۰/۷۱	۰/۳۸	۳/۵۹	۰/۳۲	۰/۰۰	۰/۲۴	۰/۱۰
۱۱	۷۵/۲	۰/۴۸	۰/۷۰	۷/۲۸	۲/۸۲	۱/۸۰	۱/۶۵	۱/۴۳	۰/۲۶	۰/۴۶	۱/۲۴	۱/۰۲	۰/۳۵	۰/۰۲	۰/۰۰	۴/۷۰	۰/۳۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۷
۱۲	۸۰/۴	۰/۳۱	۰/۷۰	۵/۳۵	۲/۰۲	۲/۰۸	۰/۴۲	۱/۲۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۱/۱۳	۱/۸۲	۰/۲۹	۰/۰۹	۰/۰۴	۳/۹۲	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۳	۶۸/۷	۰/۶۷	۱/۲۱	۸/۴۵	۲/۵۸	۱/۵۷	۳/۰۴	۳/۷۳	۱/۱۱	۰/۳۷	۲/۶۰	۱/۵۱	۰/۱۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۴/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۴
۱۴	۷۸/۱	۰/۷۵	۰/۴۲	۶/۳۱	۱/۱۸	۱/۹۵	۰/۳۵	۱/۳۹	۰/۱۸	۰/۰۷	۴/۲۴	۰/۹۴	۰/۵۶	۰/۰۵	۰/۳۸	۲/۶۶	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۴۳
۱۵	۷۵/۳	۰/۶۶	۰/۴۶	۷/۴۵	۱/۱۲	۱/۴۸	۰/۲۲	۱/۴۸	۰/۰۸	۰/۰۵	۵/۶۷	۰/۸۹	۰/۳۷	۰/۲۱	۰/۳۴	۲/۸۲	۰/۰۶	۱/۱۱	۰/۱۹	۰/۰۰
۱۶	۷۶/۸	۰/۱۸	۰/۵۱	۷/۵۱	۲/۵۹	۱/۹۷	۰/۴۶	۱/۵۰	۰/۱۸	۰/۱۷	۲/۶۹	۱/۰۲	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۵۲	۳/۳۲	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰
۱۷	۷۹/۴	۰/۵۵	۰/۳۵	۵/۹۸	۱/۱۲	۱/۸۴	۰/۸۸	۱/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۸	۳/۴۰	۱/۰۳	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۳۳	۲/۹۸	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰
۱۸	۷۲/۳	۰/۵۳	۰/۹۸	۸/۳۴	۲/۴۰	۲/۶۹	۱/۷۹	۲/۶۳	۰/۵۳	۰/۳۱	۲/۰۰	۱/۴۸	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۱۱	۳/۴۶	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۱۰
۱۹	۷۹/۳	۰/۱۴	۰/۲۵	۵/۵۴	۱/۲۷	۱/۴۶	۲/۲۰	۰/۷۱	۰/۱۱	۰/۱۹	۳/۱۴	۲/۵۱	۰/۳۹	۰/۰۰	۰/۱۰	۲/۱۹	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۰
۲۰	۷۸/۴	۰/۰۹	۰/۲۶	۶/۴۷	۱/۳۶	۱/۵۹	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۰۴	۰/۱۳	۴/۴۷	۰/۸۱	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۰۰	۳/۶۸	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲
۲۱	۷۷/۸	۰/۴۶	۰/۶۷	۵/۸۲	۱/۷۲	۱/۴۳	۱/۴۳	۱/۸۱	۰/۳۶	۰/۲۸	۱/۳۳	۲/۳۴	۰/۰۳	۱/۶۷	۰/۰۰	۲/۶۲	۰/۱۳	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۱
۲۲	۷۸/۸	۰/۲۲	۱/۰۵	۵/۵۰	۲/۰۳	۱/۵۷	۰/۸۵	۲/۱۱	۰/۲۰	۰/۲۰	۱/۸۶	۱/۷۰	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۰۳	۳/۳۳	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰
تهران	**۷۵/۳**	**۰/۵**	**۰/۷**	**۶/۸**	**۱/۹**	**۱/۷**	**۱/۵**	**۲/۰**	**۰/۲**	**۰/۳**	**۲/۷**	**۱/۴**	**۰/۵**	**۰/۲**	**۰/۱**	**۳/۴**	**۰/۲**	**۰/۲**	**۰/۱**	**۰/۲**

جدول ۱۹. سه جزء اصلی پسماند خودروهای مکانیزه (فان) (درصد) (تابستان ۱۳۹۸)

منطقه	پسماند تر	پسماند خشک ارزشمند	پسماند خشک غیر ارزشمند
۱	۷۷/۸	۱۴/۹	۷/۳
۲	۷۴/۴	۱۶/۲	۹/۴
۳	۷۶/۹	۱۷/۳	۵/۸
۴	۷۲/۳	۱۵/۴	۱۲/۳
۵	۶۹/۸	۱۹/۷	۱۰/۵
۶	۷۳/۴	۲۰/۴	۶/۱
۷	۷۱/۱	۲۱/۵	۷/۴
۸	۸۱/۲	۱۱/۵	۷/۳
۹	۷۹/۶	۱۲/۸	۷/۶
۱۰	۷۲/۳	۱۵/۹	۱۱/۸
۱۱	۷۵/۲	۱۶/۱	۸/۷
۱۲	۸۰/۴	۱۲/۰	۷/۷
۱۳	۶۸/۷	۲۲/۷	۸/۶
۱۴	۷۸/۱	۱۱/۶	۱۰/۴
۱۵	۷۵/۳	۱۲/۴	۱۲/۳
۱۶	۷۶/۸	۱۴/۱	۹/۱
۱۷	۷۹/۴	۱۱/۱	۹/۵
۱۸	۷۲/۳	۱۹/۰	۸/۷
۱۹	۷۹/۳	۱۲/۹	۷/۸
۲۰	۷۸/۴	۱۰/۹	۱۰/۷
۲۱	۷۷/۸	۱۴/۹	۷/۳
۲۲	۷۸/۸	۱۳/۹	۷/۳
میانگین	**۷۵/۳**	**۱۵/۴**	**۹/۳**

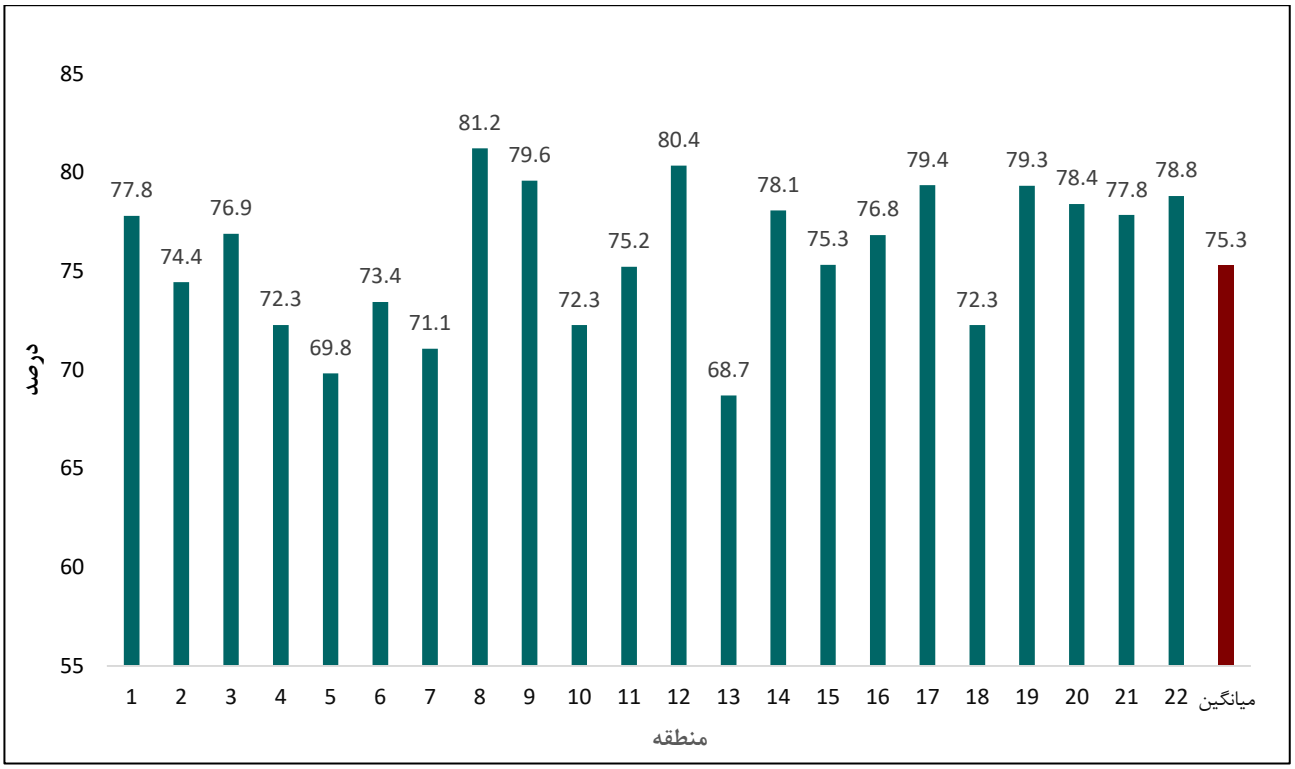
همان‌گونه که از نمودار ۱۷ پیداست، پسماندهای غذائی با میانگین ۷۵/۳ درصد بیش‌ترین سهم از کل پسماندهای ورودی به ایستگاه‌های انتقال را به‌خود اختصاص داده اند. سپس مشمع و نایلون و اقلام بهداشتی به‌ترتیب با ۶/۸ درصد و ۳/۴ درصد با اختلاف بسیار در رتبه‌های بعدی قرار دارند.



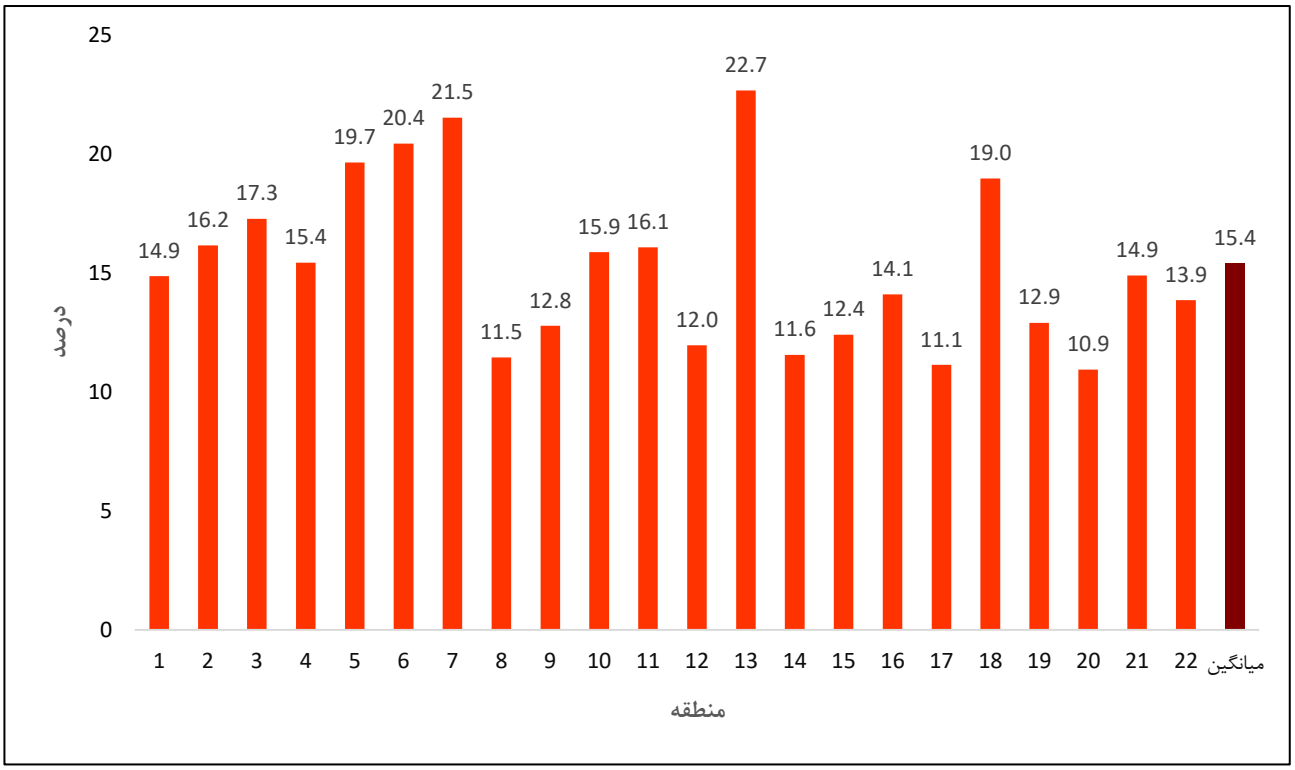
نمودار ۱۷. میانگین ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه (فان) (تابستان ۱۳۹۸)

هم‌چنین با دسته‌بندی پسماندها به سه دسته پسماندهای تر، خشک ارزشمند و خشک غیر ارزشمند مشخص می‌شود، که حدود ۷۵ درصد پسماندهای ورودی به ایستگاه‌های خدمات شهری را پسماند تر، ۱۶ درصد را پسماند خشک ارزشمند و مابقی (نه درصد) را پسماند خشک غیر ارزشمند تشکیل می‌دهد. جدول ۱۹ نیز نتایج تفصیلی تحلیل فیزیکی نمونه‌های خودروهای مکانیزه مناطق مختلف را بر اساس دسته‌بندی سه‌گانه مورد اشاره را نشان می‌دهد.

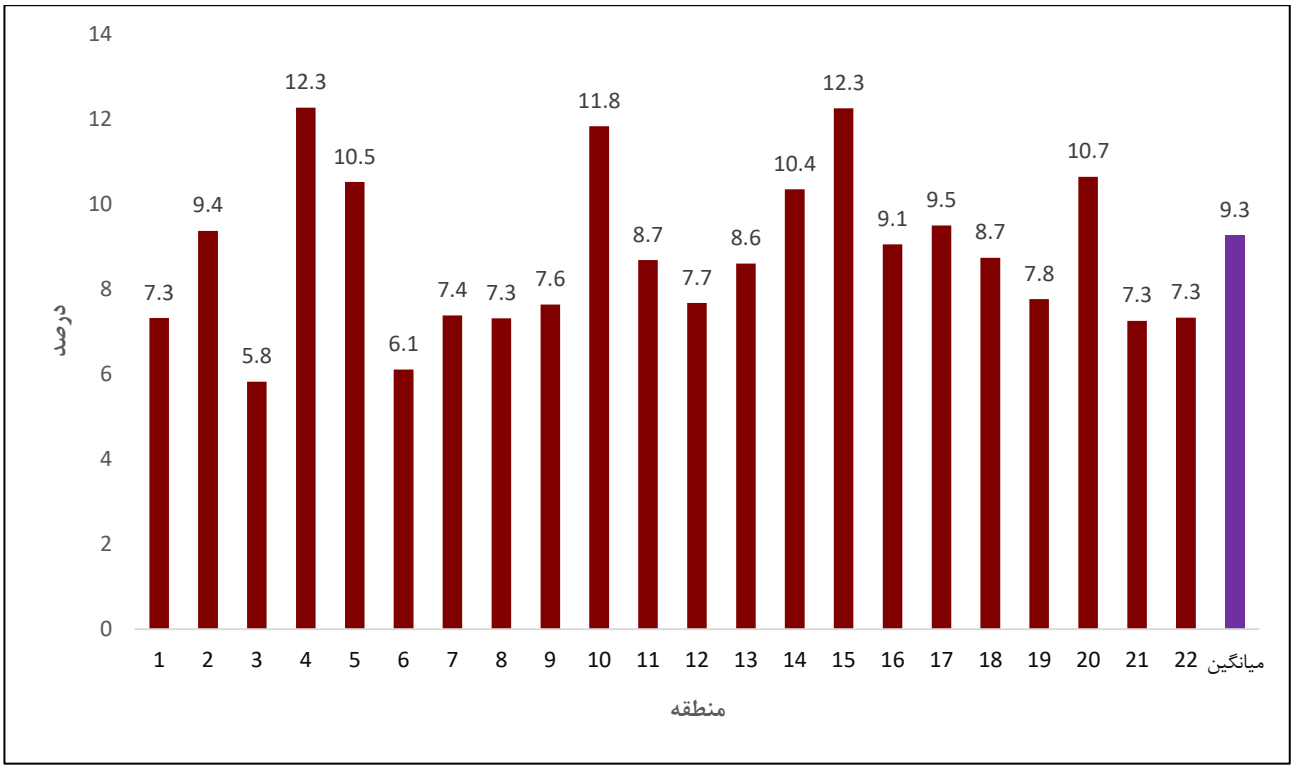
نگاهی به داده‌های ارائه شده در جدول ۱۹ نشان می‌دهد نمونه‌های اخذ شده از خودروهای مکانیزه منطقه ۸ حاوی بیش‌ترین میزان پسماند تر (۸۱/۲ درصد) و خودروهای منطقه ۱۳ حاوی کم‌ترین میزان پسماند تر (۶۸/۷ درصد) بوده‌اند. مقایسه پسماندهای خشک ارزشمند خودروهای مکانیزه نشان می‌دهد منطقه ۱۳ با ۲۲/۷ درصد بیش‌ترین و منطقه ۲۰ با ۱۰/۹ درصد کم‌ترین میزان پسماند خشک ارزشمند را تولید کرده‌اند. و در نهایت، مناطق ۴ و ۳ نیز به‌ترتیب با ۱۲/۳ و ۵/۸ درصد بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پسماندهای خشک غیر ارزشمند را در نمونه‌برداری از خودروهای مکانیزه به‌ثبت رسانده‌اند. نمودار ۱۸ تا نمودار ۲۰ خلاصه‌ای از وضعیت پسماند خودروهای مکانیزه مناطق مختلف براساس جزء ارزشمند را نشان می‌دهند.



نمودار ۱۸. میزان جزء تر پسماند ورودی ایستگاه‌های انتقال در مناطق (تابستان ۱۳۹۸)



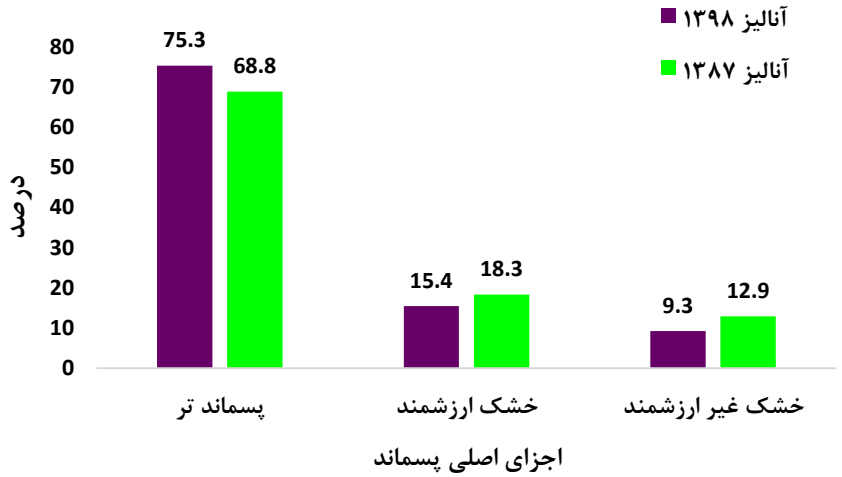
نمودار ۱۹. میزان جزء خشک ارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۱۳۹۸)



نمودار ۲۰. میزان جزء خشک غیرارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۱۳۹۸)

- تغییرات ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه طی یک دهه اخیر

با مقایسه نتایج ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه با سال ۸۷ می‌توان نتیجه گرفت که میزان پسماند تر در حدود ۶/۵ درصد افزایش یافته و میزان پسماندهای خشک ارزشمند حدود ۳ درصد و ۳/۶ درصد پسماند خشک غیر ارزشمند کاهش یافته است.

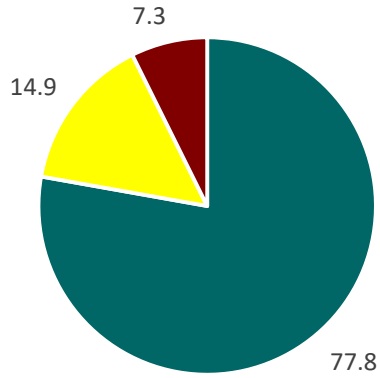


نمودار ۲۱. میزان جزء خشک غیرارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۱۳۹۸)

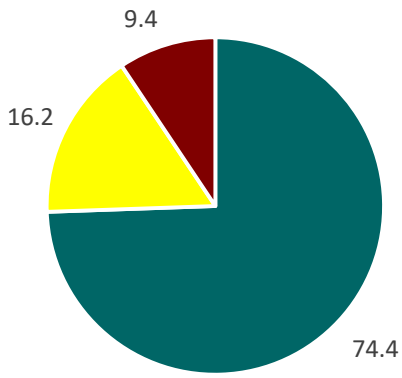
- تغییرات ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه در سطح مناطق

در ادامه با توجه به داده‌های بخش پیشین، ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه مناطق مختلف شهر تهران از منظر سه جز اصلی (پسماند تر، خشک ارزشمند و خشک غیر ارزشمند) با یکدیگر مقایسه شده تا تغییرات این نوع از پسماندها در سطح مناطق شهر تهران مشخص شود (نمودار ۲۲).

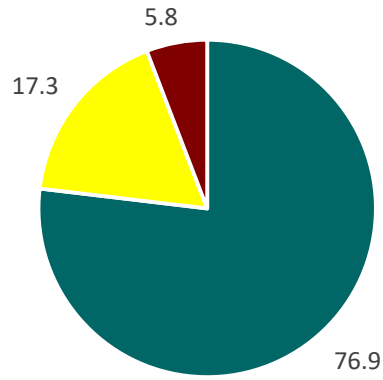
منطقه ۱



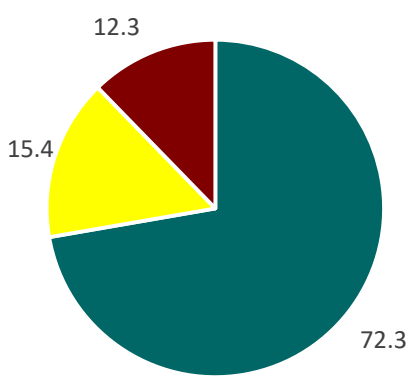
منطقه ۲



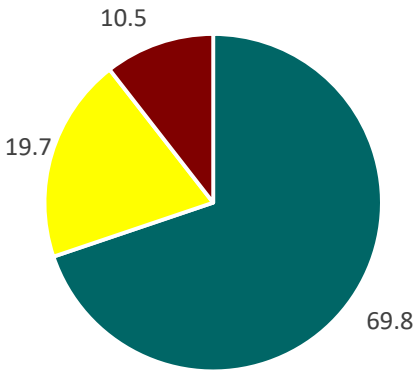
منطقه ۳



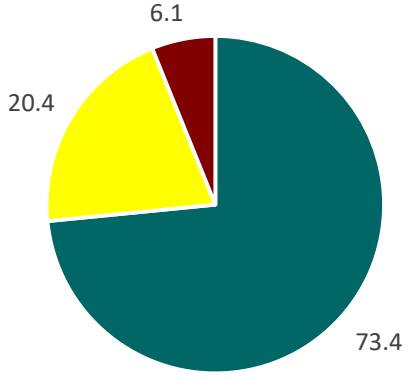
منطقه ۴



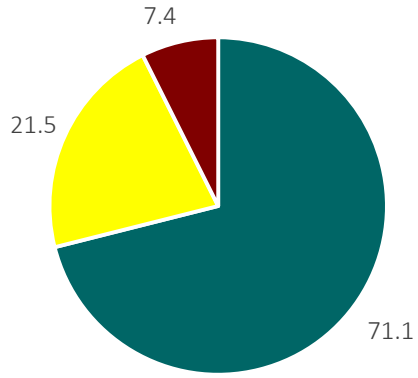
منطقه ۵



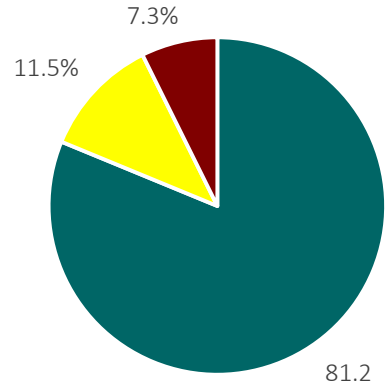
منطقه ۶



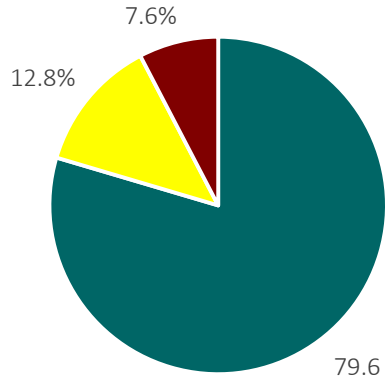
منطقه ۷



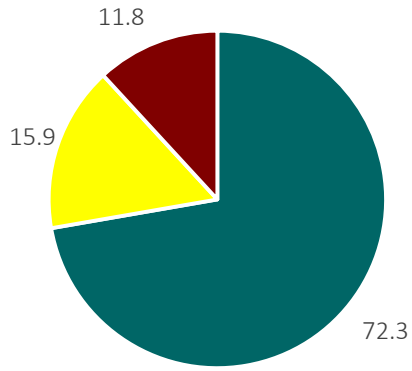
منطقه ۸



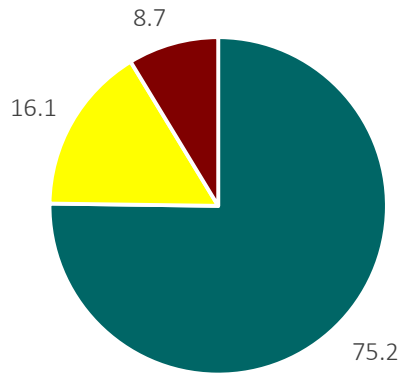
منطقه ۹



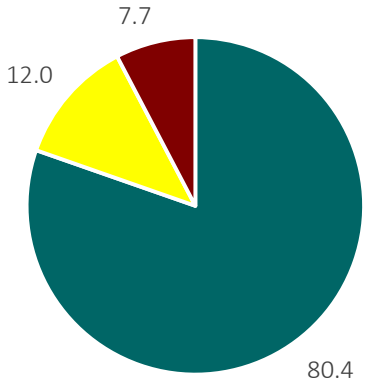
منطقه ۱۰



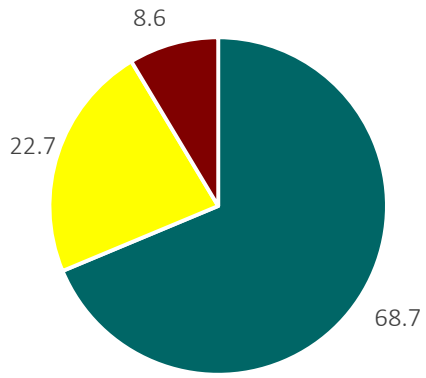
منطقه ۱۱



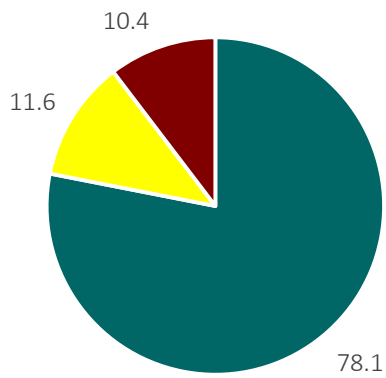
منطقه ۱۲



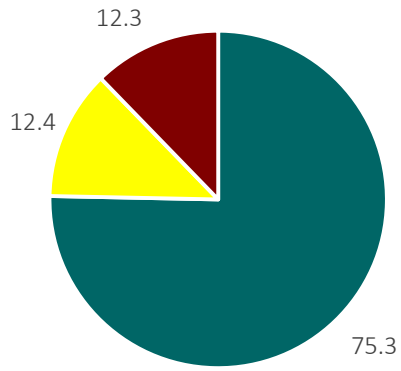
منطقه ۱۳



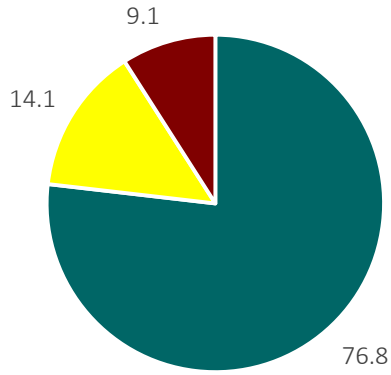
منطقه ۱۴



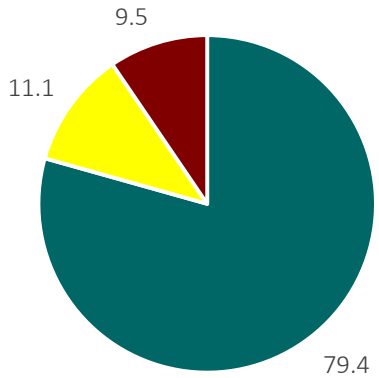
منطقه ۱۵



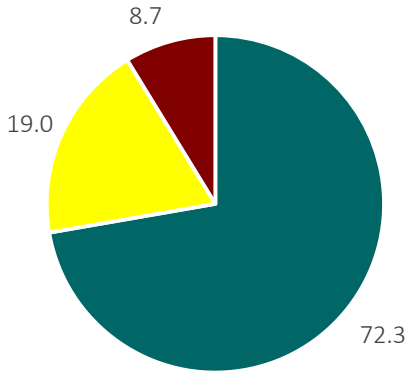
منطقه ۱۶

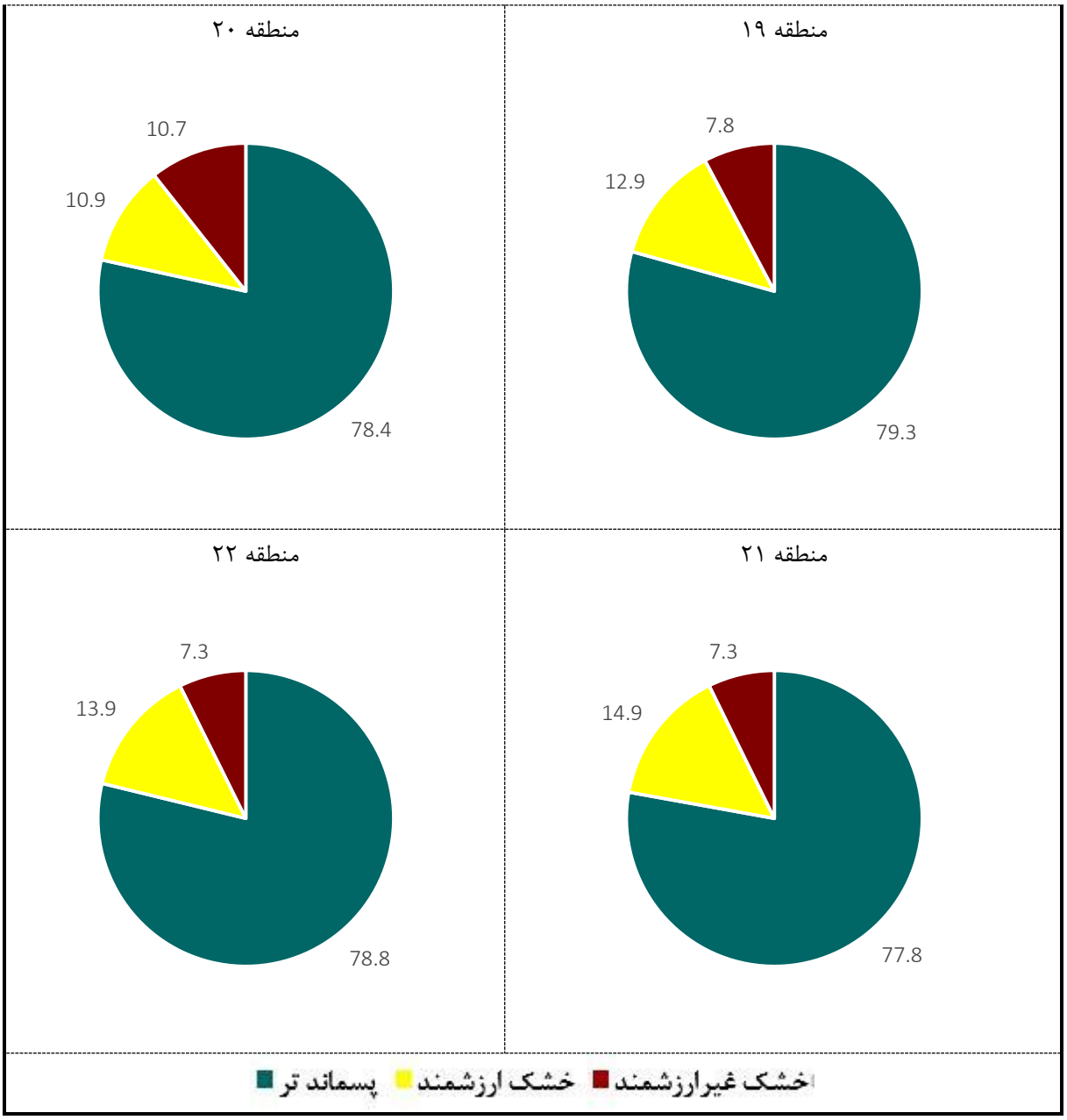


منطقه ۱۷



منطقه ۱۸





نمودار ۲۲. درصد اجزای اصلی پسماند خودروهای مکانیزه (فان) به تفکیک مناطق (تابستان ۱۳۹۸)

۳-۳- نتایج آنالیز فیزیکی خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه

بررسی و تحلیل فیزیکی محتویات خودروهای حمل پسماند به مجتمع پردازش و دفع آرادکوه از آن جهت اهمیت دارد که می‌تواند تفاوت ترکیب پسماند ورودی به محل پردازش و دقع را با ترکیب پسماند در بخش‌های دیگر فرآیند مدیریت پسماند از مبدأ تا پیش از ورود به مرکز پردازش و دفع را نشان دهد. همان‌طور که در فصل دوم گزارش حاضر نیز اشاره شده است، حمل پسماندها از ایستگاه‌های خدمات شهری به مجتمع آرادکوه توسط خودروهای موسوم به سمی‌تریلرها انجام می‌شود. در مطالعات حاضر، در طول دوره ۱۰ روزه نمونه‌برداری، ۴۷ نمونه از پسماند ورودی مجتمع پردازش و دفع آرادکوه اخذ شده است که در ادامه به ارائه و بررسی نتایج این نمونه‌برداری در دو بخش ایستگاه‌های انتقال و پسماند ورودی از سایر شهرها پرداخته خواهد شد.

۳-۳-۱- پسماند ورودی از ایستگاه‌های انتقال

در جدول ۲۰ و جدول ۲۱ به تفصیل نتایج تحلیل فیزیکی نمونه‌ها در ایستگاه‌های مختلف ارائه شده است.

جدول ۲۰. ترکیب پسماند شهر تهران ورودی به مجتمع آرادکوه (درصد) (تابستان ۱۳۹۸)

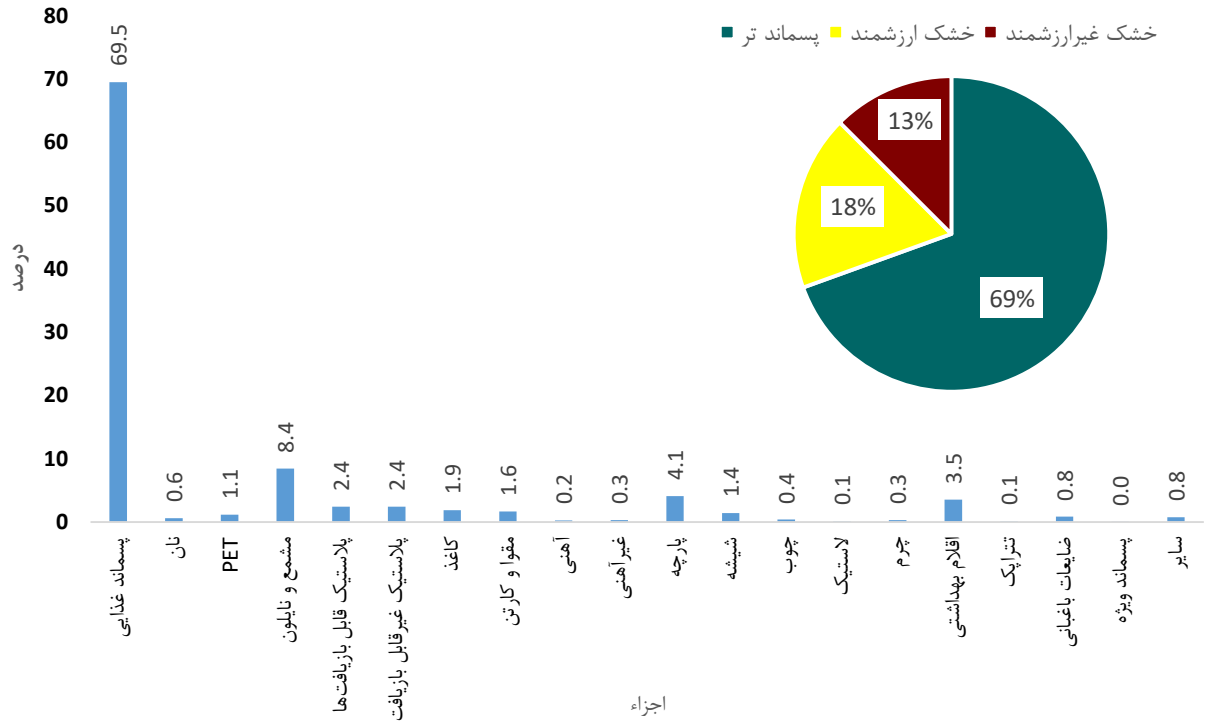
نام ایستگاه	پسماند غذایی	نان	PET	مشمع و نایلون	سایر قابل بازیافت‌ها	غیر قابل بازیافت	کاغذ	مقوا و کارتن	آهنی	غیرآهنی	پارچه	شیشه	چوب	لاستیک	چرم	اقلام بهداشتی	تتراپک	ضایعات باغبانی	پسماند ویژه	سایر
آزادگان	۷۸/۶۷	۰/۲۸	۰/۵۲	۹/۱۳	۱/۴۲	۱/۷۰	۰/۱۴	۲/۴۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۲/۳۷	۰/۳۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۷۹	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰
بیهقی	۶۷/۰۲	۱/۳۸	۲/۴۸	۷/۹۳	۲/۵۴	۲/۲۱	۳/۳۱	۳/۱۲	۰/۴۸	۰/۱۳	۲/۳۸	۱/۷۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۲۲	۰/۰۴	۲/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰
جهاد	۵۸/۷۵	۰/۳۲	۰/۳۵	۷/۸۶	۸/۵۰	۳/۵۴	۶/۱۵	۰/۶۹	۰/۲۵	۰/۱۱	۸/۷۶	۰/۶۲	۰/۱۵	۰/۳۱	۰/۱۸	۳/۲۵	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۱
حکیمیه	۷۰/۷۴	۰/۹۶	۲/۰۴	۶/۵۷	۲/۴۷	۱/۵۶	۲/۲۲	۱/۴۵	۰/۱۸	۰/۱۵	۳/۳۴	۰/۹۵	۰/۰۰	۰/۳۴	۰/۰۰	۲/۸۸	۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۸۵
دارآباد	۶۱/۲۲	۰/۹۸	۱/۷۴	۸/۴۲	۳/۶۶	۲/۱۶	۰/۶۷	۴/۰۶	۰/۲۳	۰/۸۶	۳/۰۴	۲/۱۳	۰/۳۴	۰/۱۰	۰/۰۳	۲/۷۷	۰/۱۳	۷/۲۴	۰/۰۱	۰/۲۰
دوکوهه	۹۳/۳۰	۰/۰۰	۰/۶۵	۲/۴۸	۱/۴۷	۰/۶۰	۰/۰۰	۰/۳۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
زنجان	۷۲/۰۴	۰/۵۶	۰/۵۲	۷/۶۷	۱/۲۵	۱/۳۷	۰/۲۹	۱/۶۵	۰/۰۵	۰/۲۵	۶/۸۳	۱/۸۹	۰/۲۴	۰/۰۰	۰/۱۶	۴/۳۹	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۵۵
شهر ری	۵۹/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۸	۲۳/۰۹	۱/۲۵	۱/۶۰	۰/۸۹	۱/۶۸	۰/۰۰	۰/۰۲	۱/۹۰	۱/۱۷	۰/۱۳	۰/۰۰	۳/۸۰	۳/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۷۴
کوهک	۷۶/۰۵	۰/۴۱	۰/۷۰	۵/۸۳	۱/۳۸	۱/۵۲	۱/۵۶	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۳۷	۱/۸۴	۱/۳۲	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۵۴	۶/۹۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳
هرندی	۶۱/۱۳	۰/۷۴	۱/۶۱	۸/۷۰	۲/۷۸	۹/۲۱	۱/۶۷	۱/۱۲	۰/۵۸	۰/۴۱	۸/۵۹	۲/۲۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
یاران	۷۱/۱۷	۰/۱۵	۰/۷۱	۸/۳۹	۰/۴۷	۱/۷۶	۲/۲۲	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۵۴	۵/۱۸	۲/۱۹	۲/۵۰	۰/۰۴	۰/۰۰	۳/۹۸	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۴
میانگین	**۶۹/۴۸**	**۰/۶۰**	**۱/۱۴**	**۸/۴۲**	**۲/۴۰**	**۲/۴۲**	**۱/۸۸**	**۱/۶۳**	**۰/۲۴**	**۰/۲۹**	**۴/۰۹**	**۱/۴۱**	**۰/۳۷**	**۰/۰۹**	**۰/۲۹**	**۳/۵۳**	**۰/۰۹**	**۰/۸۴**	**۰/۰۳**	**۰/۷۶**

جدول ۲۱. سه جزء اصلی پسماندهای ورودی به مجتمع آرادکوه (درصد) (تابستان ۱۳۹۸)

نام ایستگاه	پسماند تر	پسماند خشک ارزشمند	پسماند خشک غیر ارزشمند
آزادگان	۷۸/۷	۱۴/۴	۶/۹
بیهقی	۶۷/۰	۲۳/۱	۹/۹
جهاد	۵۸/۸	۲۴/۸	۱۶/۴
حکیمیه	۷۰/۷	۱۷/۰	۱۲/۳
دارآباد	۶۱/۲	۲۲/۸	۱۶/۰
دوکوهه	۹۳/۳	۶/۰	۰/۷
زنجان	۷۲/۰	۱۴/۱	۱۳/۸
شهر ری	۵۹/۲	۲۸/۴	۱۲/۴
کوهک	۷۶/۱	۱۲/۶	۱۱/۴
هرندی	۶۱/۱	۱۹/۹	۱۹/۰
یاران	۷۱/۲	۱۴/۷	۱۴/۱
تهران	۶۹/۵	۱۸/۰۱	۱۲/۵۱

بررسی داده‌های به‌دست آمده از نمونه‌های ورودی به مجتمع آرادکوه (نمودار ۲۳) نشان می‌دهد پسماند غذائی با حدود ۷۰ درصد سهم از کل پسماندهای ورودی به مجتمع به مانند بخش‌های دیگر فرآیند هم‌چنان در رتبه اول اجزاء ترکیب قرار دارد. مشمع و نایلون با ۸/۴ درصد و پارچه با ۴/۱ درصد نیز در رتبه‌های بعدی بیش‌ترین مقدار در ترکیب اجزاء پسماند قرار دارند.

نمودار ۲۳ همچنین یک دسته‌بندی از ترکیب پسماند ورودی به مجتمع آرادکوه به سه جزء اصلیِ تر، خشک ارزشمند و خشک غیر ارزشمند را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، پسماند تر با ۶۹ درصد بیش‌ترین میزان و پسماند خشک ارزشمند با ۱۸ درصد و پسماند خشک غیر ارزشمند با ۱۳ درصد بخش‌های دیگر پسماند ورودی به مجتمع آرادکوه به‌وسیله خودروهای سمی‌تریلر را تشکیل می‌دهند.

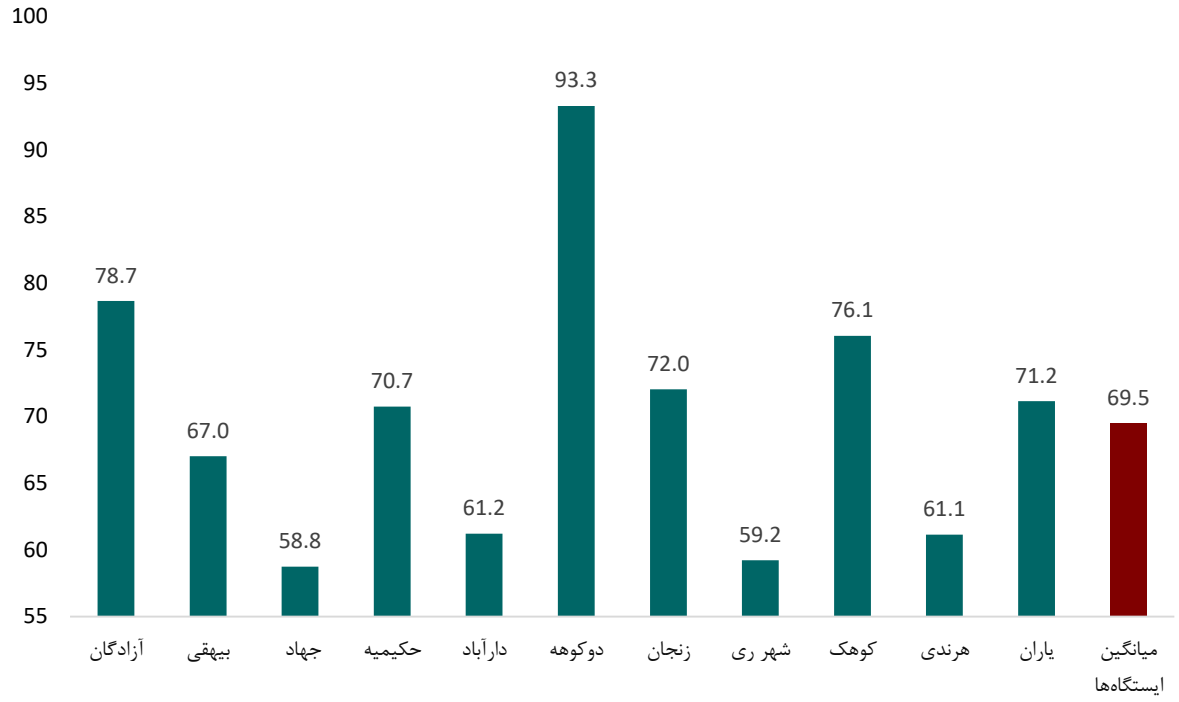


نمودار ۲۳. میانگین ترکیب پسماند خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)

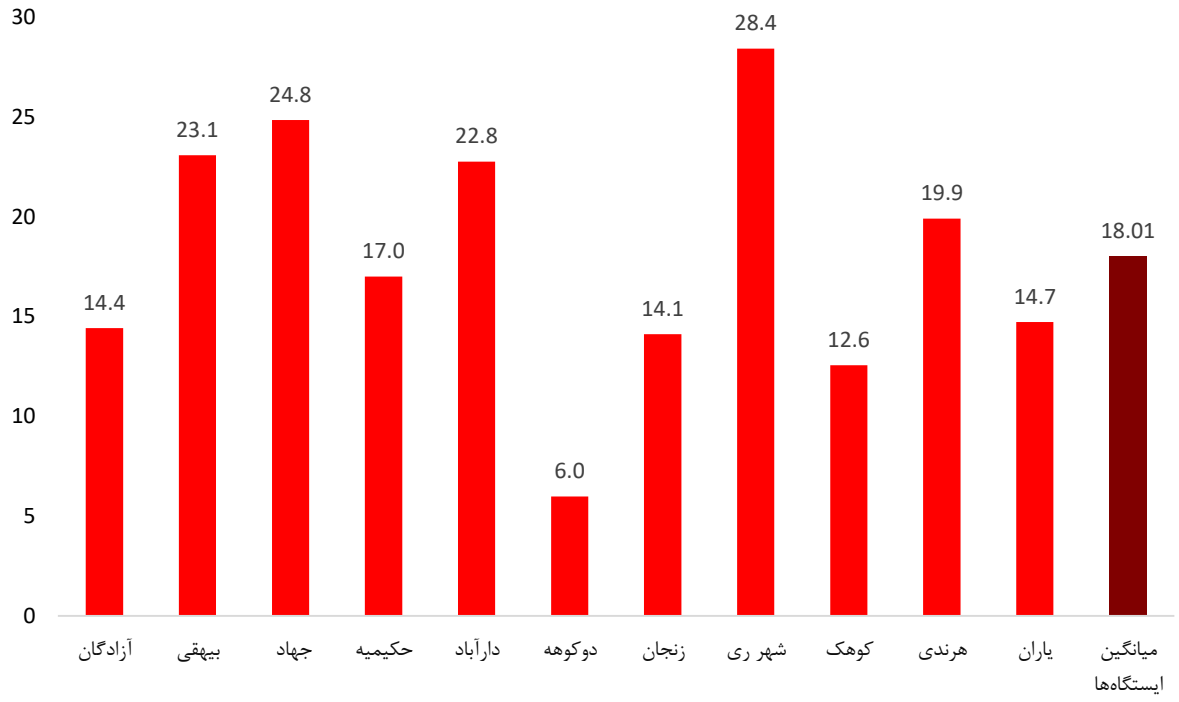
همچنان که از جدول ۲۱ بر می‌آید، پسماند خارج شده از ایستگاه دوکوهه با ۹۳/۳ درصد پسماند تر، ۶/۰ درصد خشک ارزشمند و ۰/۷ درصد پسماند خشک غیر ارزشمند حداکثر مقدار پسماند تر و حداقل پسماند خشک ارزشمند و غیر ارزشمند را به سمت مجتمع آرادکوه ارسال می‌کند. دلیل اصلی این امر یکی می‌تواند وجود کارخانه تفکیک در محل این ایستگاه باشد.

بررسی بخش‌های دیگر این جدول نشان می‌دهد بیش‌ترین مقدار پسماند خشک ارزشمند ورودی به مجتمع آرادکوه از ایستگاه شهر ری (۲۸/۴ درصد) و بیش‌ترین مقدار پسماند خشک غیر ارزشمند از ایستگاه هرندی (۱۹/۰ درصد) به مجتمع پردازش و دفع آرادکوه ارسال می‌شود.

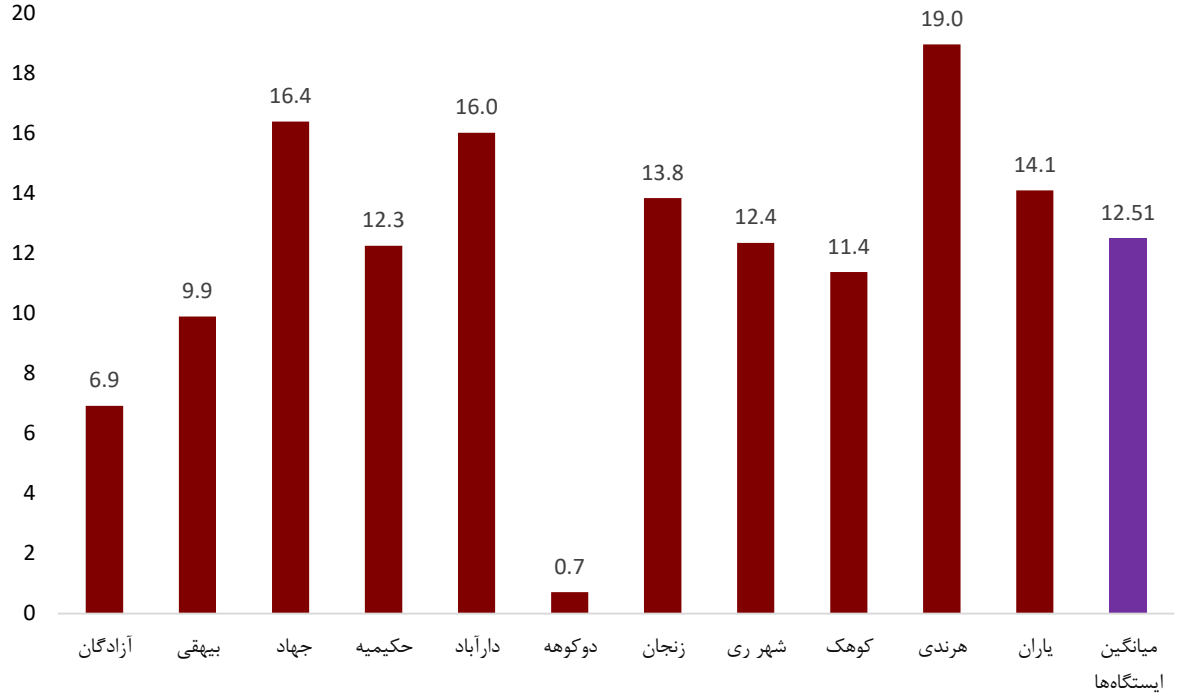
نمودار ۲۴ تا نمودار ۲۶ درصد پسماند خروجی از هر یک از مبادی ارسال پسماند به آرادکوه را به تفکیک اجزاء اصلی نشان می‌دهند.



نمودار ۲۴. میزان جزء تر پسماند در خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)



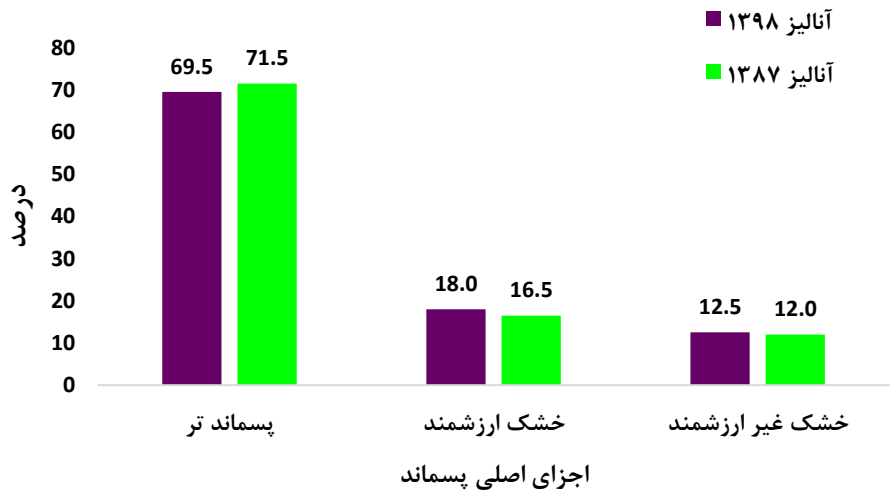
نمودار ۲۵. میزان اقلام خشک ارزشمند پسماند در خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)



نمودار ۲۶. میزان اقلام خشک غیرازشمند در خودروهای ورودی به مجتمع آرادکوه (تابستان ۱۳۹۸)

- تغییرات ترکیب پسماند ورودی به مجتمع آرادکوه طی یک دهه اخیر

با مقایسه نتایج ترکیب پسماند ورودی به متجمع آرادکوه با سال ۸۷ می‌توان نتیجه گرفت که هیچکدام از این اجزاء اصلی پسماند تغییر قابل توجهی نکرده‌اند. به‌صورت کلی پسماند تر در حدود ۲ درصد کاهش و میزان پسماندهای خشک ارزشمند حدود ۱/۵ درصد و ۰/۵ درصد پسماند خشک غیر ارزشمند افزایش یافته است.

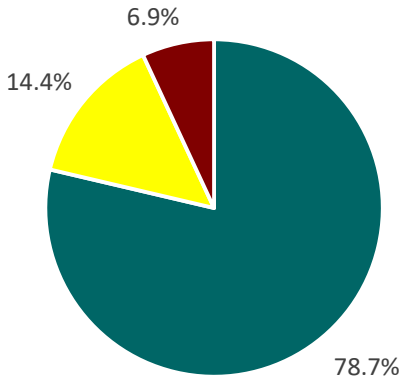


نمودار ۲۷. میزان جزء خشک غیرارزشمند پسماند ورودی ایستگاه‌های خدمات شهری مناطق (تابستان ۹۸)

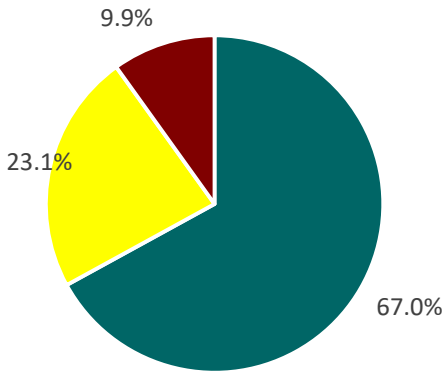
- تغییرات ترکیب پسماند ورودی به مجتمع آرادکوه در سطح ایستگاه‌های انتقال

در ادامه با توجه به داده‌های بخش پیشین، ترکیب پسماند ورودی به مجتمع آرادکوه در سطح ایستگاه‌های انتقال از منظر سه جز اصلی (پسماند تر، خشک ارزشمند و خشک غیر ارزشمند) با یکدیگر مقایسه شده تا تغییرات این نوع از پسماندها در سطح ایستگاه‌های انتقال شهر تهران مشخص شود (نمودار ۲۸).

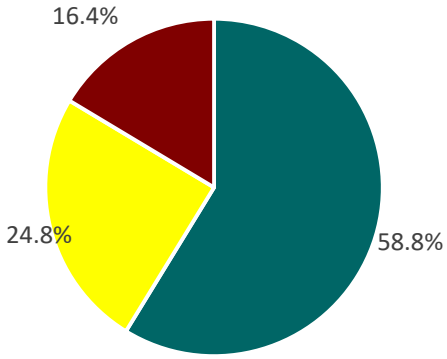
آزادگان



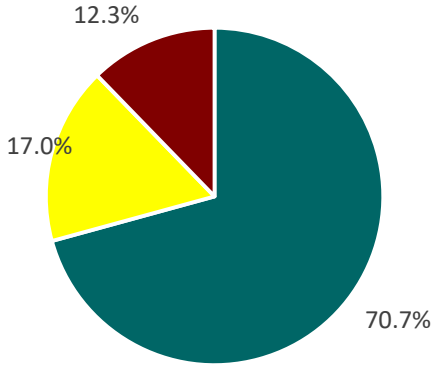
بیهقی



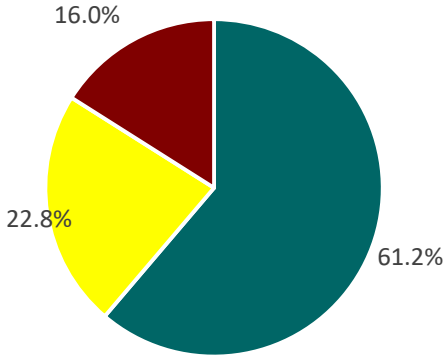
جهاد



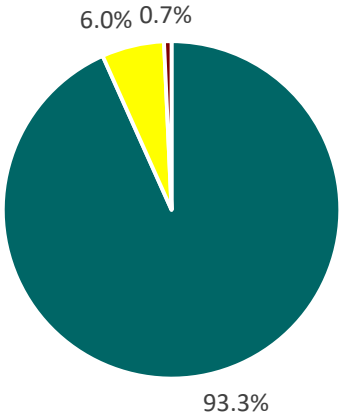
حکیمیه

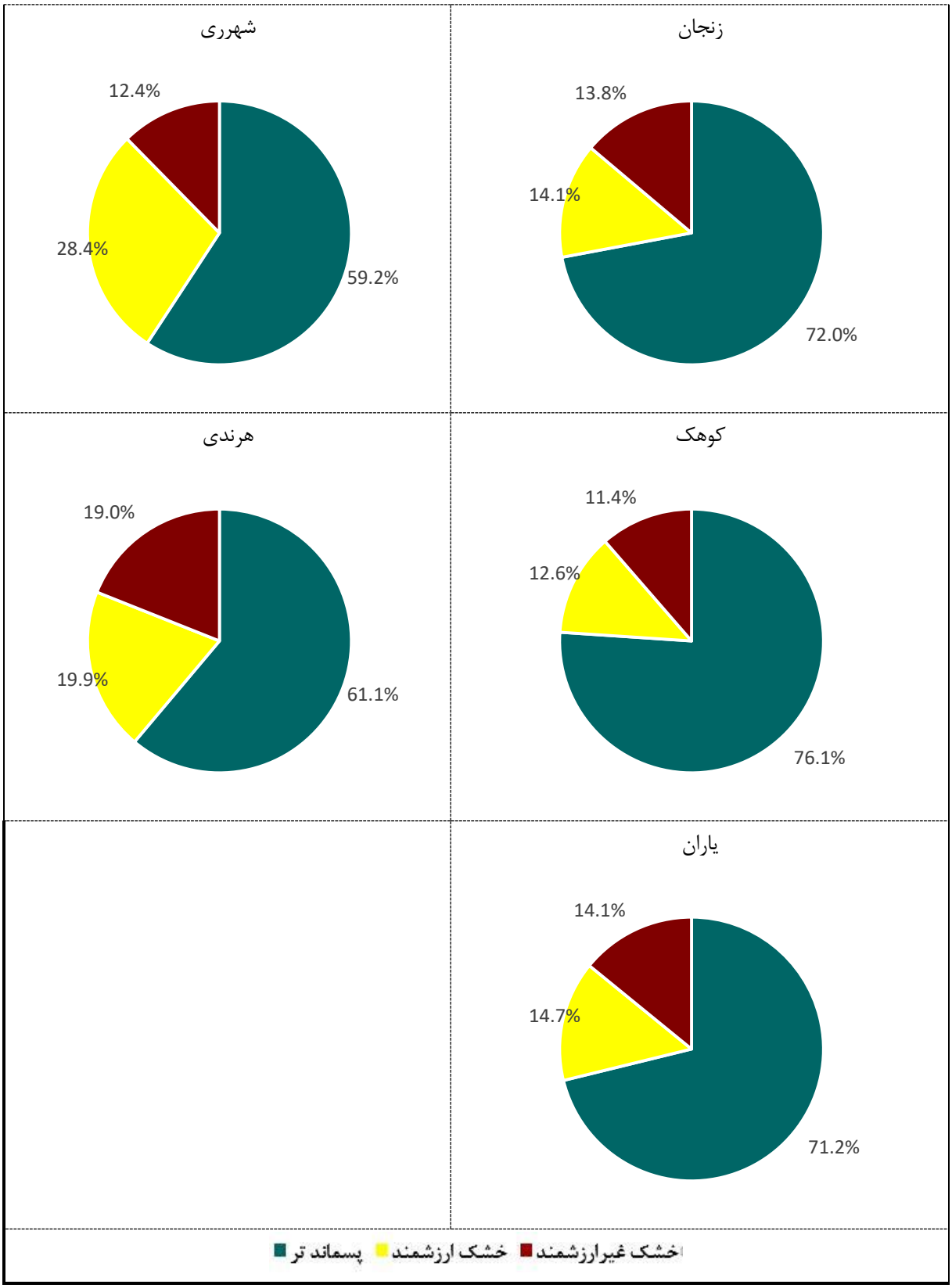


دارآباد



دوکوهه

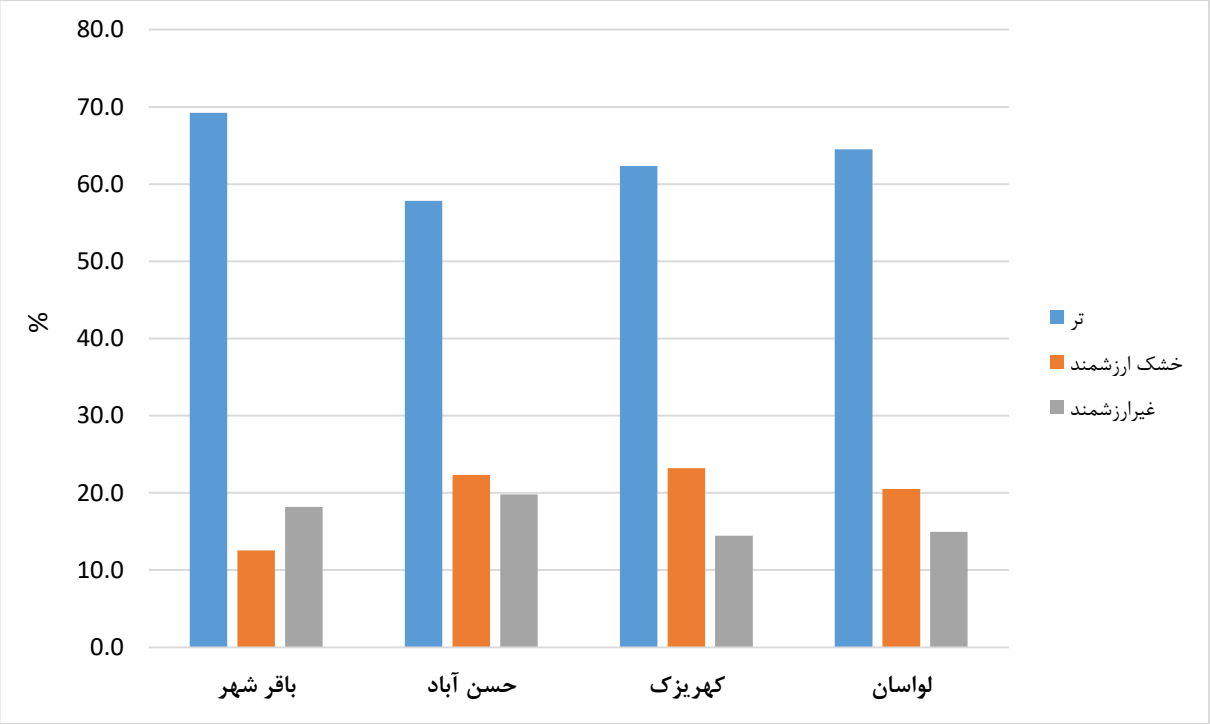




نمودار ۲۸. درصد اجزای اصلی پسماند ورودی به مجتمع آرادکوه به تفکیک ایستگاه‌های انتقال (تابستان ۱۳۹۸)

۳-۳-۲- پسماند ورودی از سایر شهرها

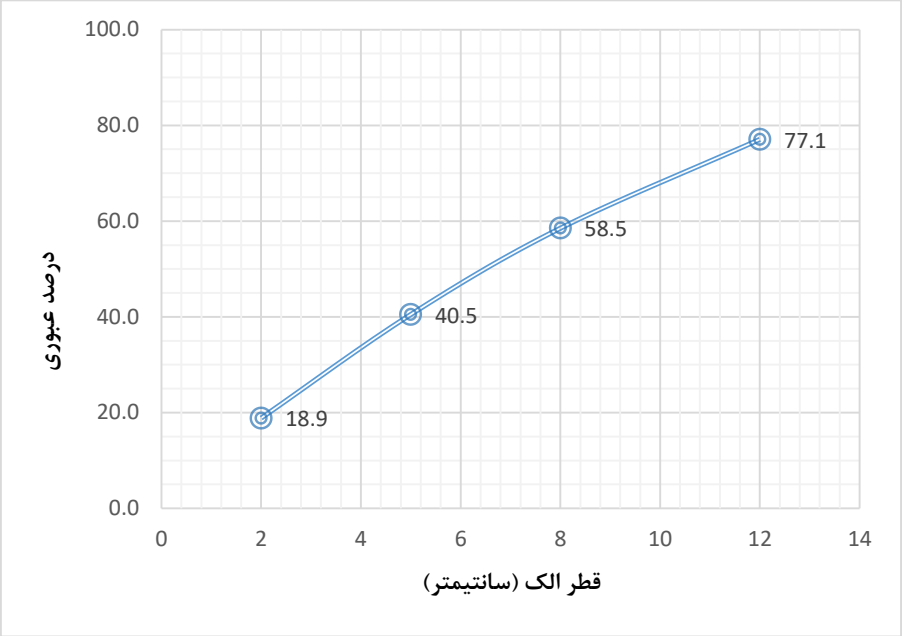
جهت شناسایی پسماندهایی که از نقاطی غیر از مناطق ۲۲گانه به سایت آرادکوه وارد می‌شوند، از سمی‌تریلرهای ورودی نمونه‌هایی برداشت شد. بدین منظور، نمونه‌هایی از باقرشهر، حسن‌آباد، کهریزک و لواسان گرفته شد. نتایج در ادامه آمده است.



بایستی توجه داشت که به دلیل تعداد کم نمونه برداشتی به تفکیک هر شهر، نمی‌توان اعداد به‌دست‌آمده را از جنبه آماری قابل قبول تلقی کرد. به طور کلی، هدف از نمونه‌برداری از پسماند از آرادکوه، شناسایی جریان کلی پسماند ورودی به آن فارغ از مبدأ پسماند بوده است. این نتیجه‌گیری در مورد ایستگاه‌های ۱۱گانه نیز صدق می‌کند؛ چرا که بدیهی است در نظر گرفتن ۴ نمونه از هر ایستگاه نمی‌تواند معرف پسماند واقعی آن باشد.

۳-۴- دانه‌بندی پسماند

نتایج دانه‌بندی در نمودار ۲۹ نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود، از الک‌های ۱۲، ۸، ۵ و ۲ سانتی‌متری به ترتیب برابر ۷۷/۱، ۵۸/۵، ۴۰/۵ و ۱۸/۹ درصد است.



نمودار ۲۹: نمودار دانه‌بندی پسماند ورودی به سایت آرادکوه

۳-۵- آنالیز شیمیایی

در این بخش، نتایج آنالیز شیمیایی آورده شده است. در این راستا، نتایج به تفکیک آنالیز تقریبی (میزان جامدات فرار، خاکستر و ارزش حرارتی) و آنالیز نهایی (آنالیز عنصری) ارائه خواهد شد.

۳-۵-۱- آنالیز تقریبی

نتایج آنالیز تقریبی نمونه‌های آزمایش‌شده در جدول ۲۲ آورده شده است. همچنین به منظور امکان مقایسه، نتایج درصد رطوبت نمونه‌ها نیز آورده شده است. ملاحظه می‌شود که در برخی موارد، حاصل‌جمع درصد رطوبت، مواد فرار و خاکستر بیش از ۱۰۰ بدست آمده است که ناشی از خطای آزمایش است.

جدول ۲۲: نتایج آنالیز تقریبی پسماند شهر تهران

ردیف	رطوبت (٪)	جامدات فرار (٪)	خاکستر (٪)
۱	۴۸/۲	۴۱/۲	۱۰/۶
۲	۶۱	۲۹/۵	۹/۵
۳	۶۷/۷	۲۱/۸	۱۰/۵
۴	۴۵	۴۳/۸	۱۱/۲
۵	۷۱/۱	۱۹/۵	۱۰/۸
۶	۶۸/۶	۱۶/۹	۱۵/۵
۷	۶۷/۴	۱۷	۱۸/۶
۸	۵۹/۸	۳۱/۹	۹/۱
۹	۴۵/۸	۴۴/۶	۱۰/۶
۱۰	۶۸/۲	۱۵/۵	۱۷/۸
۱۱	۶۵/۳	۱۸	۱۶/۹
۱۲	۵۴/۶	۴۲/۲	۷/۱
۱۳	۶۷/۶	۲۳/۲	۱۰/۲
۱۴	۵۵/۱	۳۵/۵	۹/۴
۱۵	۴۹/۷	۴۱/۲	۹/۱
۱۶	۵۴/۴	۳۹	۷
۱۷	۶۸/۲	۲۱/۷	۱۰/۱
۱۸	۵۵/۳	۳۲/۵	۱۲/۲
۱۹	۷۴/۲	۲۱/۹	۶/۹
۲۰	۶۶/۳	۲۴	۹/۷
۲۱	۴۸/۶	۴۲/۲	۹/۲
۲۲	۴۴/۷	۴۷	۸/۳
۲۳	۵۹/۴	۲۸/۸	۱۱/۸
۲۴	۶۶/۵	۲۴/۴	۹/۱
۲۵	۶۲/۹	۲۶/۹	۱۰/۱
۲۶	۶۹/۶	۲۶/۲	۴/۲
۲۷	۷۱/۲	۱۹/۷	۹/۱
۲۸	۷۲/۲	۱۷/۳	۱۰/۵
۲۹	۵۰/۷	۴۰/۷	۹/۴
۳۰	۶۳/۹	۳۲/۲	۶/۹
میانگین	**۶۰/۷۷**	**۲۹/۵۴**	**۱۰/۳۸**

۳-۵-۲- آنالیز نهایی و ارزش حرارتی

نتایج آنالیز عنصری نمونه‌ها بر مبنای وزن تر با گوگرد در جدول ۲۳ آورده شده است. بر مبنای این میانگین ارقام بدست‌آمده، فرمول شیمیایی پسماند شهر تهران به صورت زیر قابل ارائه است:

$$C_{625}H_{3251}O_{1451}N_{18}S$$

نتایج به‌دست‌آمده از تعیین ارزش حرارتی پسماند توسط بمب کالریمتر نیز در جدول ۲۳ آورده شده است. آنچه در رابطه با میزان ارزش حرارتی مهم است این است که این ارقام به عنوان خروجی بمب کالریمتر، بر مبنای ارزش حرارتی بالای پسماند خشک (HHV_d) هستند. در نتیجه، باید به ارزش حرارتی پایین بر مبنای وزن تر (LHV_w) تبدیل شوند. برای این کار، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$HHV_d = LHV_d + (H * 8.937) * 24.45$ kJ/kg

لذا خواهیم داشت:

$LHV_d = 10597 – (2.67 * 8.937) * 24.45 = 10014$ kJ/kg

$LHV_w = 10014 * (1 – 0.607) = 3935$ kJ/kg

که در روابط فوق، عدد ۰/۶۰۷ درصد رطوبت پسماند و H درصد وزنی هیدروژن است.

این عدد (LHV_w)، عددی است که در طراحی زباله‌سوزها مبنای استفاده است. ملاحظه می‌شود که ارزش حرارتی پسماند شهر تهران بسیار کمتر از میزانی است که غالبا برآورد می‌شود. این امر ناشی از برآورد کم ارزش حرارتی بالای پسماند توسط بمب کالریمتر است.

۳-۵-۳- بحث

تحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده از ارزش حرارتی نشان می‌دهد ارزش حرارتی پایین پسماند شهر تهران (بر مبنای وزن مرطوب) در بازه ۳۴۸۵ تا ۴۳۸۶ (سطح اطمینان ۹۵٪) قرار می‌گیرد. واضح است که این اعداد کمتر از میزان واقعی ارزش حرارتی هستند. جهت صحت‌سنجی نتایج، می‌توان از مقایسه آن با سایر مدل‌های تجربی توسعه‌داده‌شده در کشورهای مختلف استفاده کرد. این مدل‌ها یا بر مبنای آنالیز عنصری پسماند هستند (مانند رابطه دولانگ، شوانک، وندرک، تیلمن، ...) و یا بر اساس ترکیبات پسماند به محاسبه ارزش حرارتی می‌پردازند (مانند خان و ابوغره). دسته سومی از مدل‌ها نیز وجود دارند که براساس آنالیز تقریبی بوده و کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول ۲۳: درصد توزیع عناصر پسماند (با آب) و نتایج ارزش حرارتی

شماره نمونه	C	H	O	N	S	ارزش حرارتی (kJ/kg)
۱	18.919	9.503	68.528	0.663	0.091	14100
۲	20.607	9.093	64.719	0.660	0.089	11300
۳	22.293	9.191	64.438	0.632	0.087	8100
۴	20.959	9.083	64.145	0.617	0.084	9200
۵	17.435	9.141	66.694	0.599	0.089	10200
۶	22.726	9.022	62.801	0.655	0.085	7900
۷	20.116	7.785	54.137	0.733	0.083	4700
۸	21.819	9.170	64.228	0.778	0.091	11300
۹	23.388	9.101	63.048	0.810	0.091	7400
۱۰	19.818	9.048	64.547	0.675	0.087	5200
۱۱	24.716	8.316	55.552	0.622	0.076	8100
۱۲	15.052	7.730	56.131	0.496	0.074	9700
۱۳	22.019	8.515	59.545	0.466	0.082	12100
۱۴	25.412	8.698	58.306	0.520	0.075	9900
۱۵	22.117	8.287	57.843	0.781	0.087	12200
۱۶	14.720	9.698	72.425	0.649	0.096	16800
۱۷	20.630	9.146	64.361	0.879	0.097	9300
۱۸	21.061	9.028	63.944	1.082	0.101	10200
۱۹	20.561	9.034	64.023	0.667	0.086	9100
۲۰	15.713	7.928	57.558	0.633	0.082	10600
۲۱	16.802	9.398	69.095	0.615	0.091	9200
۲۲	18.270	9.305	67.222	0.698	0.090	14300
۲۳	20.962	8.905	62.917	0.640	0.085	14100
۲۴	18.298	9.233	66.659	0.663	0.088	8100
۲۵	24.335	9.044	61.785	0.520	0.077	12100
۲۶	21.148	8.379	58.848	0.708	0.088	18200
۲۷	26.535	8.291	55.435	1.263	0.100	13500
۲۸	28.512	8.585	54.772	0.383	0.063	12900
۲۹	21.390	9.135	63.940	0.593	0.082	10300
۳۰	19.753	9.227	66.140	0.824	0.094	7800
میانگین	**20.712**	**9.012**	**63.743**	**0.681**	**0.088**	**10597**

در کنار این مدل‌های سه‌گانه، ارزش حرارتی را می‌توان با داشتن درصد ترکیبات و ارزش حرارتی هر جزء نیز محاسبه کرد.

در ادامه، ارزش حرارتی پسماند تهران به هر کدام از این روش‌ها محاسبه شده است.

۳-۵-۳-۱- محاسبه بر اساس آنالیز عنصری

الف- رابطه شوآنک

مطابق این رابطه، ارزش حرارتی پایین پسماند به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$LHV = 348\ C + 939\ H + 105\ S + 63\ N - 108\ O - 24.5\ H_2O$$

با جایگذاری بر اساس نتایج آنالیز عنصری، میزان ارزش حرارتی پایین بر اساس وزن مرطوب برابر ۷۰۴۱ کیلوژول بر کیلوگرم به‌دست خواهد آمد. این عدد با نتایج مطالعات شرکت مارتین بر روی پسماند تهران (۷۱۰۰) همخوانی بسیار مناسبی دارد.

ب- رابطه دولانگ اصلاح‌شده

این رابطه به فرم زیر است:

$$HHV = \left(145C + 610\left(H - \frac{O_2}{8}\right) + 40S + 10N\right) * 2.326 \quad kJ/kg$$

با جایگذاری بر اساس نتایج آنالیز عنصری، میزان ارزش حرارتی بالا بر اساس وزن مرطوب برابر ۸۵۹۷ کیلوژول بر کیلوگرم به‌دست خواهد آمد که با تبدیل آن به ارزش حرارتی پایین بر اساس وزن مرطوب، به عدد ۸۰۱۳ کیلوژول بر کیلوگرم خواهیم رسید. ملاحظه می‌شود که این رابطه تخمین دست‌بالاتری از ارزش حرارتی نسبت به رابطه شوآنک به دست می‌دهد.

۳-۵-۳-۲- محاسبه بر اساس درصد وزنی و ارزش حرارتی جزء

در این روش، با داشتن ارزش حرارتی عاری از رطوبت و خاکستر (H_{awf}) هر جزء و نیز دانستن درصد رطوبت و مواد قابل احتراق هر جزء، نسبت به محاسبه ارزش حرارتی پایین بر اساس وزن مرطوب هر جزء اقدام و سپس ارزش حرارتی کل را به‌دست آورد. نتایج در جدول ۲۴ آورده شده است. لازم به ذکر است مقادیر H_{awf} از مرجع ۹ اقتباس شده است.

ملاحظه می‌شود که میزان ارزش حرارتی در این روش کمتر از مقادیر به‌دست‌آمده در روش‌های پیشین و برابر ۶۳۰۵ کیلوژول بر کیلوگرم است.

جدول ۲۴: محاسبه ارزش حرارتی پسماند شهر تهران بر اساس ارزش حرارتی هر جزء

نام ترکیب	وزن مرطوب	درصد رطوبت جزء	درصد مواد فرار (قابل احتراق)	H_{awf}	LHV	ارزش حرارتی جزء بر اساس پسماند تهران
کاغذ، مقوا و کارتن	0.034	12	70	16000	10907	367.1
پلاستیک	0.135	6	92	33000	30213	4070.7
شیشه	0.016	2	0	0	-49	-0.8
فلزات	0.005	3	0	0	-73	-0.4
پارچه	0.036	15	60	20000	11633	417.7
چرم	0.004	10	69	23000	15626	55.0
لاستیک	0.001	1.2	84	23000	19291	16.5
چوب	0.003	20	68	17000	11071	31.5
اقلام بهداشتی	0.037	45	45	23000	9250	346.3
پسماند غذایی	0.718	75	19	17000	1396	1001.9
جمع کل						**6305.5**

آنچه از کلیه این روش‌ها مشخص است، عدم کفایت تست بمب کالریمتر برای تعیین دقیق ارزش حرارتی است. از سوی دیگر، هر سه روش فرمولی استفاده‌شده، نتایج قابل قبولی ارائه کرده‌اند. لذا می‌توان با میانگین‌گیری از نتایج این سه روش، نسبت به محاسبه و گزارش ارزش حرارتی پسماند تهران اقدام کرد. در این حالت، میزان ارزش حرارتی برابر ۷۱۱۰ کیلوژول بر کیلوگرم به‌دست خواهد آمد.

۴–تجزیه و تحلیل آماری

در این بخش، با استفاده از تحلیل آماری نتایج در نرم افزار Minitab، به مقایسه نتایج در مناطق مختلف و روابط مختلف بین کمیت و کیفیت پسماند با خصوصیات جوامع مورد بررسی پرداخته شده است. بدین منظور، ابتدا تفاوت میزان سرانه در مناطق مختلف با یکدیگر و معنی‌داری تفاوت‌ها بررسی و سپس نقش عواملی مانند بعد خانوار، متراژ خانه و سطح تحصیلات بر میزان تولید پسماند مورد کنکاش قرار گرفته است.
در ادامه، میزان پسماند غذایی در مناطق مختلف و سهم عوامل مختلف بررسی شده است. در نهایت، تحلیل جریان مواد از مبدأ تا مقصد بر اساس نتایج بدست آمده و داده‌های جدید سامانه توزین شهرداری تهران ارائه و بحث شده است.

۴–۱–۱– سرانه

در این بخش، ابتدا به مقایسه آماری سرانه تولید پسماند مسکونی بدست‌آمده در مناطق مختلف پرداخته می‌شود. سپس، تاثیر پارامترهای مختلف جامعه نمونه مانند بعد خانوار، سطح تحصیلات و ... بر میزان تولید پسماند بررسی می‌شود.

۴–۱–۱–۱– مقایسه پسماند مسکونی مناطق

با در نظر گرفتن محاسبات انجام‌شده در بخش ۳-۲ به منظور تعیین سرانه هر منطقه، پارامترهای آماری هر منطقه از قبیل میانگین، انحراف معیار، خطای استاندارد میانگین و بازه اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شد. این نتایج در جدول ۲۵ آورده شده است. همانطور که دیده می‌شود، بازه اطمینان ۹۵ درصد ارائه‌شده، در بسیاری از موارد بازه کوچکی است که دلیل اصلی آن، بزرگ بودن اندازه نمونه است. بزرگ بودن اندازه نمونه منجر به کاهش خطای استاندارد میانگین و افزایش درجه آزادی می‌شود که در نهایت منجر به کوچک شدن بازه می‌شود. لازم به یادآوری است که اندازه نمونه در نظر گرفته شده در این محاسبات، بر اساس تعداد افراد خانوار است و نه تعداد خانوار.
بر اساس این جدول می‌توان گفت سرانه پسماند تولیدی در خانوارهای شهر تهران به احتمال ۹۵ درصد در بازه (۰/۵۲۴۵ ، ۰/۴۵۸۶) قرار می‌گیرد. به منظور مقایسه زوجی مناطق با یکدیگر از منظر تفاوت یا عدم تفات معنی‌دار، از آنالیز واریانس یک‌طرفه به روش توکی[1] استفاده شد. نتایج این آنالیز در جدول ۲۶ آورده شده

[1] Tukey Method

است. این جدول، بیان می‌کند که مناطقی که دارای حرف الفبای مشترک نیستند، دارای تفاوت معنی‌دار به لحاظ آماری در میزان سرانه هستند.

جدول ۲۵: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد سرانه پسماند در مناطق مختلف تهران

منطقه	اندازه نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
1	364	0.514	0.2695	0.0141	(0.4862, 0.5417)
2	679	0.471	0.21316	0.00818	(0.45484, 0.48696)
3	509	0.433	0.253	0.0112	(0.4105, 0.4545)
4	690	0.445	0.2295	0.00874	(0.42789, 0.46220)
5	692	0.473	0.2111	0.00802	(0.45717, 0.48868)
6	466	0.527	0.2582	0.012	(0.5032, 0.5502)
7	470	0.611	0.3211	0.0148	(0.5823, 0.6405)
8	444	0.483	0.2287	0.0109	(0.4613, 0.5040)
9	354	0.417	0.18037	0.00959	(0.39837, 0.43608)
10	478	0.472	0.2198	0.0101	(0.4522, 0.4917)
11	443	0.525	0.2944	0.014	(0.4978, 0.5527)
12	114	0.383	0.1795	0.0168	(0.3496, 0.4162)
13	529	0.466	0.17109	0.00744	(0.45151, 0.48073)
14	482	0.742	0.3522	0.016	(0.7102, 0.7733)
15	712	0.487	0.23793	0.00892	(0.46996, 0.50498)
16	510	0.469	0.2858	0.0127	(0.4445, 0.4943)
17	566	0.494	0.2502	0.0105	(0.4737, 0.5150)
18	553	0.440	0.2683	0.0114	(0.4173, 0.4621)
19	457	0.512	0.2814	0.0132	(0.4861, 0.5379)
20	581	0.446	0.23244	0.00964	(0.42660, 0.46448)
21	322	0.450	0.2234	0.0124	(0.4256, 0.4746)
22	370	0.555	0.2557	0.0133	(0.5285, 0.5808)
میانگین	**22**	**0.492**	**0.0744**	**0.0159**	**(0.4586, 0.5245)**

به عنوان مثال، منطقه ۲۲ و ۶ به دلیل اشتراک در حرف C از نظر آماری یکسان هستند؛ در حالی‌که منطقه ۲۲ و ۱۵ به دلیل نداشتن حرف مشترک، دارای سرانه متفاوتی از نظر آماری هستند. در یک مثال دیگر، منطقه ۴ به دلیل اشتراک در حرف H با منطقه ۱۸ و به دلیل اشتراک در حرف G با منطقه ۲۰ یکسان است؛ ولی با هیچ‌یک از مناطق ۱۹، ۱۱، ۱، ۶، ۲۲، ۷ و ۱۴ سرانه‌ی یکسانی ندارد.

جدول ۲۶: گروه‌بندی میانگین سرانه مناطق بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه

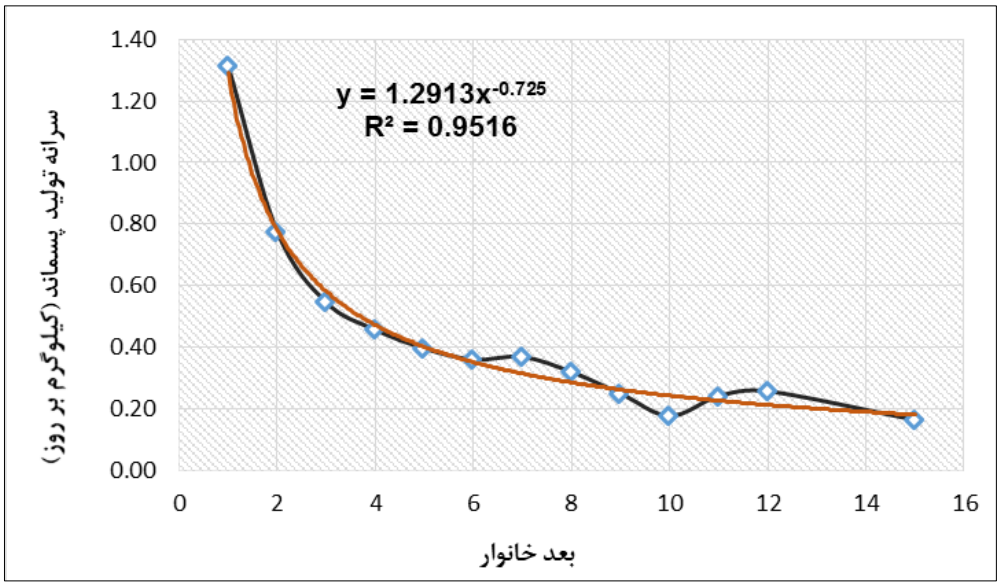
منطقه	میانگین	گروه‌بندی								
14	0.7417	A								
7	0.6114	B								
22	0.5547	B	C							
6	0.5267		C	D						
11	0.5252		C	D	E					
1	0.5139		C	D	E	F				
19	0.512		C	D	E	F				
17	0.4943			D	E	F	G			
15	0.4875			D	E	F	G	H		
8	0.4827			D	E	F	G	H	I	
5	0.4729			D	E	F	G	H	I	J
10	0.472			D	E	F	G	H	I	J
2	0.4709				E	F	G	H	I	J
16	0.4694			D	E	F	G	H	I	J
13	0.4661					F	G	H	I	J
21	0.4501					F	G	H	I	J
20	0.4455						G	H	I	J
4	0.445						G	H	I	J
18	0.4397							H	I	J
3	0.4325								I	J
9	0.4172									J
12	0.3829									J

۴-۱-۱-۲- تاثیر خصوصیات خانوار بر سرانه تولید پسماند

همان‌طور که گفته شد، اطلاعاتی از قبیل بعد خانوار، متراژ واحد، نوع مالکیت، نوع واحد (آپارتمانی، ویلایی)، ... در هنگام شناسایی خانوار دریافت وثبت شده است. در این بخش، نقش این داده‌ها بر میزان تولید پسماند بررسی خواهد شد.

۴-۱-۱-۲-۱- بعد خانوار

به منظور مشاهده نقش بعد خانوار در سرانه تولید پسماند، سرانه تولید پسماند به تفکیک بعد خانوار در تمامی مناطق بررسی شد که در نمودار ۳۰ آورده شده است. همانطور که دیده می‌شود، ارتباط کاملا معنی‌داری بین بعد خانوار و سرانه تولید پسماند در شهر تهران وجود دارد؛ بدین صورت که با افزایش بعد خانوار، سرانه پسماند کاهش می‌یابد.

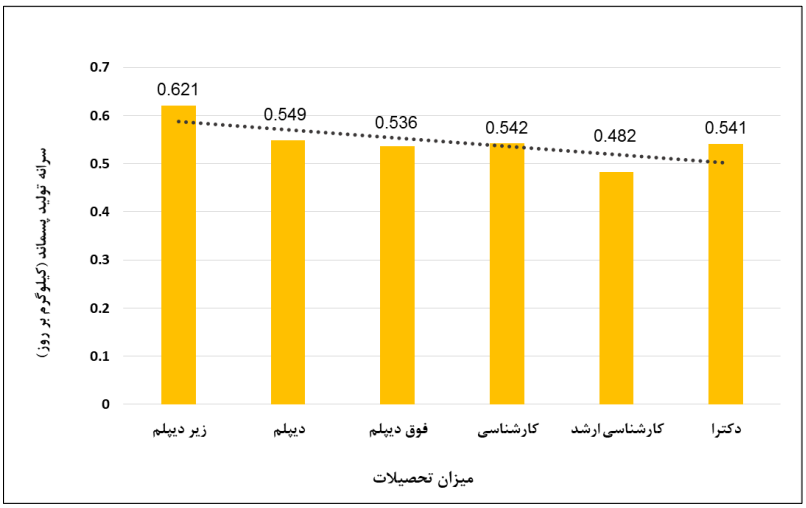


نمودار ۳۰: رابطه بعد خانوار و سرانه تولید پسماند خانگی در شهر تهران

این مسئله به لحاظ شهودی نیز قابل درک است؛ چرا که با افزایش تعداد افراد خانوار، میزان پسماندهای مشترک تولیدی نیز افزایش و در نتیجه، سهم هر نفر از تولید پسماند کاهش می‌یابد. بااین وجود، تا حد اطلاع مشاور، تاکنون رابطه‌ی رگرسیونی بدین فرم در کشور تعیین نشده است. با توجه به اینکه جمعیت مورد نمونه‌برداری، طیف گسترده‌ای از خصوصیات اجتماعی-اقتصادی را شامل می‌شود، به‌نظر می‌رسد از این رابطه بتوان در نقاط مختلف کشور با تقریب خوبی استفاده کرد.

۴-۱-۱-۲-۲- سطح سواد

نمودار میزان سرانه پسماند مسکونی در شهر تهران در برابر میزان تحصیلات به‌صورت زیر است.



نمودار ۳۱: ارتباط سطح سواد با سرانه تولید پسماند در جامعه تحت مطالعه.

همانطور که دیده می‌شود، ارتباط تنگاتنگی بین سطح تحصیلات و میزان تولید پسماند قابل استخراج نیست؛ با این وجود، سرانه تولید پسماند در افراد با سطح سواد زیر دیپلم بیشترین مقدار را داشته است. این مسئله می‌تواند ناشی از پایین‌تر بودن سطح آگاهی‌های زیست‌محیطی این بخش از جامعه باشد.

۴-۱-۲- ترکیب پسماند در مبدأ

در این بخش، با توجه به نتایج ارائه شده در بخش قبل، به تحلیل و مقایسه آماری ترکیب پسماند در مناطق مختلف پرداخته خواهد شد. آنچه از این تحلیل قابل استخراج است، نشان دادن معنی‌داری بودن یا نبودن تفاوت‌های موجود بین مناطق است. لذا این نتایج مبنایی برای تحلیل‌های اقتصادی منطقه‌محور از منظر پتانسیل بازیافت خواهد بود.

۴-۱-۲-۱- پسماند مسکونی

در این بخش، داده‌های بدست‌آمده از مناطق مختلف در سه دسته‌ی پسماند تر، پسماند خشک ارزشمند و پسماند خشک غیرارزشمند با یکدیگر مقایسه خواهد شد.

۴-۱-۲-۱-۱- پسماند تر

اندازه نمونه، میانگین، انحراف معیار، خطای استاندارد میانگین، و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند تر در مناطق ۲۲گانه شهر تهران در جدول ۲۷ آورده شده است. نکته قابل ذکر درباره این جدول و جداول مربوط به پسماندهای خشک که در ادامه آورده می‌شود، اندازه نمونه است. با توجه به روش مورد استفاده در شناسایی ترکیب پسماند که به صورت ترکیب ۱۵ کیسه‌ی توزین‌شده و ارائه‌ی یک ترکیب بوده است، لذا سایز نمونه برابر تعداد شیت‌های تولیدی برای هر منطقه در طول کمپین است و نه برابر تعداد کیسه دریافتی. این کوچک بودن سایز نمونه در این بخش در مقایسه با سایز نمونه مورد استفاده در نمونه‌برداری منجر به افزایش قابل توجه خطای استاندارد میانگین شده است. بااین وجود مشاهده می‌شود که به استثنای مناطقی مانند ۱، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۱ که کوچک بودن سایز نمونه در ترکیب با انحراف معیار بزرگ نتایج منجر به ارائه یک بازه اطمینان بسیار بزرگ شده است، در سایر مناطق، یا سایز نمونه به اندازه کافی بزرگ بوده است و یا کم بودن میزان انحراف معیار (مانند منطقه ۹)، کوچک بودن سایز نمونه را جبران کرده است.

با توجه به نتایج به دست‌آمده می‌توان گفت در مناطق پیش‌گفته (۱، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۱)، نتایج ارائه‌شده نادقیق بوده و اطلاعات بیشتری به دانش موجود اضافه نمی‌کنند. در تمامی این مناطق، کم بودن تعداد نمونه‌ی دریافت‌شده توسط آموزشگران مشهود است.

با محاسبه میانگین و انحراف معیار آمیخته[1] برای کل مناطق، می‌توان خطای استاندارد میانگین مناطق را نیز محاسبه و در نهایت، بازه اطمینان ۹۵ درصد برای میزان پسماند تر در مبدأ در کل تهران را بدست آورد. مشاهده می‌شود که این بازه برابر است با (۶۹/۶۶، ۵۸/۶۱). بزرگ بودن این بازه ناشی از انحراف معیار بزرگ در برخی مناطق است.

جدول ۲۷: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند تر در مبدأ در مناطق مختلف تهران

منطقه	اندازه نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ٪۹۵
1	20	56.78	14.37	3.21	(50.06, 63.51)
2	59	61.45	13.09	1.7	(58.03, 64.86)
3	37	60.05	12.15	2	(55.99, 64.10)
4	47	64.33	13.21	1.93	(60.45, 68.20)
5	54	60.35	12.47	1.7	(56.94, 63.75)
6	21	63.11	7.85	1.71	(59.54, 66.69)
7	36	64.51	13	2.17	(60.11, 68.91)
8	37	63.51	12.8	2.1	(59.25, 67.78)
9	15	62.94	8.55	2.21	(58.20, 67.67)
10	34	65.23	13.95	2.39	(60.36, 70.10)
11	19	57.37	8.44	1.94	(53.30, 61.43)
12	10	60.9	12.76	4.04	(51.78, 70.03)
13	36	67.72	7.62	1.27	(65.14, 70.30)
14	25	63.83	11.96	2.39	(58.90, 68.77)
15	37	66.72	15.67	2.58	(61.49, 71.94)
16	15	61.46	19.41	5.01	(50.71, 72.21)
17	30	68.32	13.55	2.47	(63.26, 73.38)
18	28	72.69	8.54	1.61	(69.38, 76.00)
19	21	71.02	9.33	2.04	(66.77, 75.26)
20	21	68.03	13.8	3.01	(61.75, 74.31)
21	13	66.34	13.68	3.79	(58.08, 74.61)
22	17	64.31	9	2.18	(59.69, 68.94)
میانگین	**22**	**64.09**	**12.456**	**2.656**	**(58.611, 69.659)**

[1] Pooled mean and standard deviation

به منظور مقایسه زوجی مناطق با یکدیگر از منظر تفاوت یا عدم تفات معنی‌دار در میزان پسماند تر، از آنالیز واریانس یک‌طرفه به روش توکی استفاده شد. نتایج این آنالیز در جدول ۲۸ آورده شده است. این جدول، بیان می‌کند که مناطقی که دارای حرف الفبای مشترک نیستند، دارای تفاوت معنی‌دار به لحاظ آماری در میزان پسماند تر هستند.

جدول ۲۸: گروه‌بندی پسماند تر مناطق تهران بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه

منطقه	میانگین	گروه‌بندی		
18	72.69	A		
19	71.02	A	B	
17	68.32	A	B	C
20	68.03	A	B	C
13	67.72	A	B	C
15	66.72	A	B	C
21	66.34	A	B	C
10	65.23	A	B	C
7	64.51	A	B	C
4	64.33	A	B	C
22	64.31	A	B	C
14	63.83	A	B	C
8	63.51	A	B	C
6	63.11	A	B	C
9	62.94	A	B	C
16	61.46	A	B	C
2	61.45		B	C
12	60.9	A	B	C
5	60.35		B	C
3	60.05		B	C
11	57.37		B	C
1	56.78			C

با دقت در جدول ۲۸ می‌توان دریافت که مشابهت زیادی بین مناطق از نظر میزان پسماند تر وجود دارد. به عنوان مثال‌هایی از نحوه تحلیل این جدول می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مناطق ۱۸ تا ۱۶ (مطابق ترتیب جدول) مشابه هستند؛
- مناطق ۱۸ و ۱۹ با مناطق ۱، ۳، ۵ و ۱۱ متفاوت هستند؛

نکته قابل ذکر در این جدول این است که منطقه ۱۲ علیرغم داشتن میانگین کمتر نسبت به منطقه ۲، در کلاس مناطق A قرار گرفته است. این مسئله ناشی از بازه اطمینان بزرگ به دست‌آمده برای منطقه ۱۲ است که حد بالای بسیار بزرگتری نسبت به منطقه ۲ دارد (۷۰ در برابر ۶۵).

۴-۱-۲-۱-۲- پسماند خشک ارزشمند

اندازه نمونه، میانگین، انحراف معیار، خطای استاندارد میانگین، و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک ارزشمند در مناطق ۲۲گانه شهر تهران در جدول ۲۹ آورده شده است.

جدول ۲۹: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک ارزشمند در مبدأ در مناطق تهران

منطقه	اندازه نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
1	20	36.31	14.06	3.14	(29.73, 42.89)
2	59	30.73	12.45	1.62	(27.49, 33.98)
3	37	33.36	10.44	1.72	(29.88, 36.84)
4	47	29.19	11.61	1.69	(25.79, 32.60)
5	54	31.56	12.34	1.68	(28.19, 34.93)
6	21	28.32	6.76	1.48	(25.24, 31.40)
7	36	28.45	11.33	1.89	(24.61, 32.28)
8	37	29.57	11.53	1.9	(25.72, 33.41)
9	15	26.27	5.9	1.52	(23.00, 29.54)
10	34	28.11	11.48	1.97	(24.10, 32.11)
11	19	35.15	11.8	2.71	(29.46, 40.83)
12	10	25.95	7.65	2.42	(20.48, 31.43)
13	36	26.057	5.82	0.97	(24.088, 28.026)
14	25	25.95	9.88	1.98	(21.87, 30.03)
15	37	25.48	13.6	2.24	(20.94, 30.01)
16	15	31.55	16.53	4.27	(22.40, 40.71)
17	30	22.37	9.1	1.66	(18.97, 25.76)
18	28	19.73	7.51	1.42	(16.81, 22.64)
19	21	24.48	8.46	1.85	(20.63, 28.33)
20	21	23.39	10.72	2.34	(18.51, 28.27)
21	13	26.7	10.48	2.91	(20.37, 33.04)
22	17	26.06	6.52	1.58	(22.71, 29.42)
میانگین	**22**	**28.26**	**10.914**	**2.327**	**(23.42, 33.10)**

مشابه پسماند تر، مشاهده می‌شود که در مناطقی که اندازه نمونه کوچک بوده است، بازه‌های اطمینان بزرگی تولید شده است که نتیجه‌گیری در مورد درصد پسماند خشک ارزشمند را دشوار می‌کند. مناطق ۱ و ۱۶، مثال بارزی از این مسئله هستند.

با محاسبه میانگین و انحراف معیار آمیخته برای کل مناطق، می‌توان خطای استاندارد میانگین مناطق را نیز محاسبه و در نهایت، بازه اطمینان ۹۵ درصد برای میزان پسماند خشک ارزشمند در مبدأ در کل تهران را بدست آورد. مشاهده می‌شود که این بازه برابر است با (۳۳/۱۰، ۲۳/۴۲). بزرگ بودن این بازه ناشی از انحراف معیار بزرگ در برخی مناطق است.

به منظور مقایسه زوجی مناطق با یکدیگر از منظر تفاوت یا عدم تفات معنی‌دار در میزان پسماند خشک ارزشمند، از آنالیز واریانس یک‌طرفه به روش توکی استفاده شد. نتایج این آنالیز در جدول ۳۰ آورده شده است.

جدول ۳۰: گروه‌بندی پسماند خشک ارزشمند مناطق تهران بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه

منطقه	میانگین	گروه‌بندی			
1	36.31	A			
11	35.15	A	B		
3	33.36	A	B		
5	31.56	A	B		
16	31.55	A	B	C	D
2	30.73	A	B	C	
8	29.57	A	B	C	
4	29.19	A	B	C	
7	28.45	A	B	C	D
6	28.32	A	B	C	D
10	28.11	A	B	C	D
21	26.7	A	B	C	D
9	26.27	A	B	C	D
22	26.06	A	B	C	D
13	26.06	A	B	C	D
12	25.95	A	B	C	D
14	25.95	A	B	C	D
15	25.48	A	B	C	D
19	24.48	A	B	C	D
20	23.39		B	C	D
17	22.37			C	D
18	19.73				D

دیده می‌شود که بسیاری از مناطق به لحاظ آماری دارای میزان پسماند خشک ارزشمند مشابهی هستند. از معدود تفاوت‌های موجود می‌توان به متفاوت بودن میزان پسماند خشک ارزشمند منطقه ۱ با مناطق ۲۰، ۱۷ و ۱۸ اشاره کرد. بااین وجود، و علیرغم تفاوت ۱۰ درصدی میانگین منطقه ۱ با مناطقی مانند ۱۹ و ۱۵، این اختلاف به دلیل کوچک بودن سایز نمونه در منطقه ۱ معنی‌دار نیست.

۴-۱-۲-۱-۳- پسماند خشک غیرارزشمند

اندازه نمونه، میانگین، انحراف معیار، خطای استاندارد میانگین، و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک غیرارزشمند در مناطق ۲۲گانه شهر تهران در جدول ۳۱ آورده شده است.

جدول ۳۱: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵درصد پسماند خشک غیرارزشمند در مبدأ در مناطق تهران

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ٪۹۵
1	20	6.9	4.56	1.02	(4.78, 9.04)
2	59	7.8	6.13	0.798	(6.225, 9.419)
3	37	6.6	6.30	1.04	(4.49, 8.69)
4	47	6.5	5.24	0.764	(4.941, 8.018)
5	54	8.1	5.20	0.707	(6.672, 9.510)
6	21	8.6	6.48	1.41	(5.61, 11.51)
7	36	7.0	5.64	0.94	(5.135, 8.952)
8	37	6.9	5.38	0.884	(5.125, 8.712)
9	15	10.8	6.83	1.76	(7.02, 14.58)
10	34	6.7	4.90	0.841	(4.952, 8.373)
11	19	7.5	6.81	1.56	(4.21, 10.77)
12	10	13.1	9.72	3.07	(6.19, 20.09)
13	36	6.2	3.90	0.649	(4.907, 7.543)
14	25	10.2	5.69	1.14	(7.87, 12.56)
15	37	7.8	5.33	0.877	(6.027, 9.582)
16	15	7.0	6.95	1.79	(3.13, 10.83)
17	30	9.3	7.32	1.34	(6.58, 12.04)
18	28	7.6	4.99	0.944	(5.644, 9.517)
19	21	4.5	3.02	0.659	(3.133, 5.882)
20	21	8.6	5.92	1.29	(5.88, 11.27)
21	13	7.0	4.19	1.16	(4.42, 9.48)
22	17	9.6	5.33	1.29	(6.88, 12.36)
میانگین	**22**	**7.64**	**5.667**	**1.209**	**(5.13, 10.16)**

دیده می‌شود که در این بخش، داده‌ها نزدیکی بیشتری به یکدیگر داشته و به دلیل بزرگی بازه‌ها، تفاوت معناداری با هم ندارند. با انجام مقایسه زوجی مشابه بخش‌های قبل و به شرح جدول ۳۲ نیز می‌توان بدین مسئله پی برد. همانطور که از جدول ۳۲ دیده می‌شود، به استثنای منطقه ۱۲ و ۱۹ که با یکدیگر متفاوتند، سایر مناطق اختلاف معناداری در میزان پسماند خشک غیرارزشمند ندارند. بدیهی است با افزایش سایز نمونه می‌توان این تفاوت‌ها را بیشتر نشان داد.

جدول ۳۲: گروه‌بندی پسماند خشک غیر ارزشمند مناطق تهران بر اساس آنالیز واریانس یک‌طرفه

منطقه	میانگین	گروه‌بندی	
12	13.14	A	
9	10.80	A	B
14	10.22	A	B
22	9.62	A	B
17	9.31	A	B
20	8.58	A	B
6	8.56	A	B
5	8.09	A	B
2	7.82	A	B
15	7.81	A	B
18	7.58	A	B
11	7.49	A	B
7	7.04	A	B
16	6.98	A	B
21	6.95	A	B
8	6.92	A	B
1	6.91	A	B
10	6.66	A	B
3	6.59	A	B
4	6.48	A	B
13	6.23	A	B
19	4.51		B

۴-۱-۲-۲- پسماند غیرمسکونی

در بخش پسماند غیرمسکونی، با توجه به اینکه آنالیز به تفکیک منطقه انجام نشده است، نتایج کلی به صورت زیر است.

جدول ۳۳: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد ترکیبات پسماند غیرمسکونی

اجزای پسماند	اندازه نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵ درصد
تر	48	43.87	18.91	2.73	(38.38, 49.36)
خشک ارزشمند	48	41.56	13.78	1.99	(37.56, 45.57)
خشک غیرارزشمند	48	14.57	12.37	1.79	(10.98, 18.16)

ملاحظه می‌شود که ترکیب کل پسماند غیرمسکونی شهر تهران با دقت نسبتا مناسبی برآورد شده است. بدیهی است برای رسیدن به چنین دقتی در سطح هر رسته شغلی، به تعداد نمونه بسیار بزرگ‌تری نیاز است.

۴-۱-۳- ترکیب پسماند خودروهای مکانیزه

در این بخش با رویکردی مشابه مبدأ، تحلیل آماری بر روی داده‌های بدست‌آمده به تفکیک منطقه انجام می شود.

۴-۱-۳-۱- پسماند تر

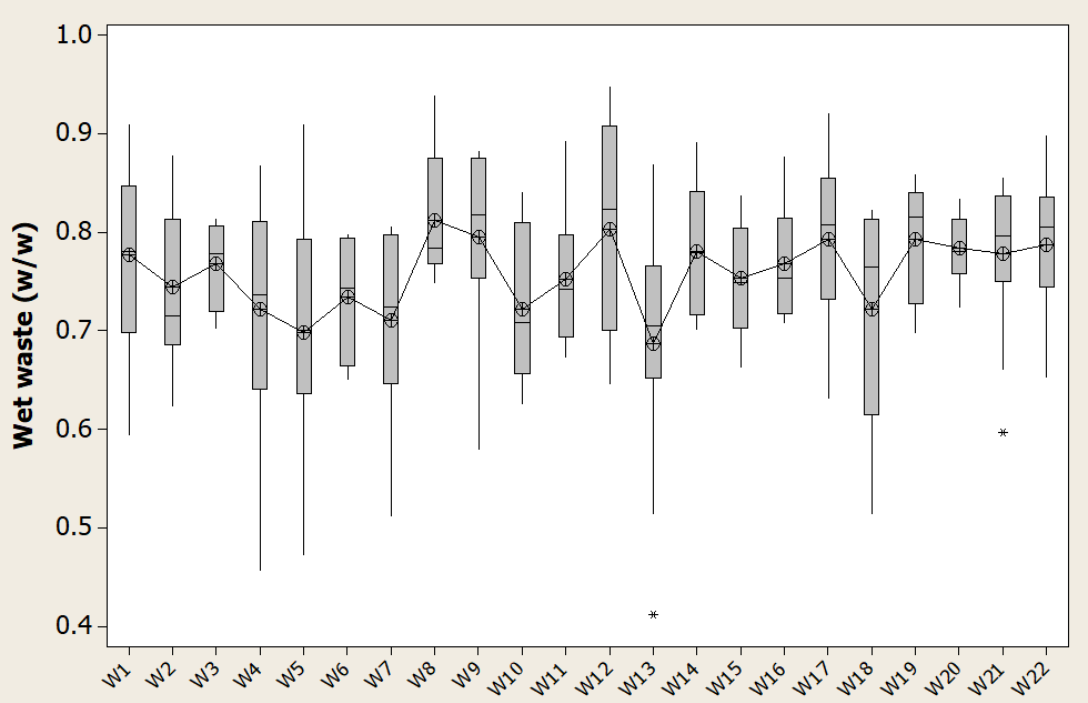
نتایج آنالیز خودروهای مکانیزه در بخش پسماند تر در جدول ۳۴ آورده شده است. در فصل اول (برنامه نمونه‌برداری)، فرضیاتی به منظور تعیین تعداد نمونه‌ی قابل اخذ از کامیون‌های جمع آوری در نظر گرفته شده بود که اکنون مطابق جدول ۳۴ قابل وارسی هستند. همانطور که دیده می‌شود، میانگین و انحراف معیار آمیخته‌ی مجموع مناطق، اعدادی بیشتر از میزان فرضی هستند. افزایش میانگین درصد پسماند تر نسبت به میزان فرضی (۷۵ درصد در برابر ۶۲ درصد) منجر به کاهش تعداد نمونه می‌شود در حالی‌که افزایش انحراف معیار (۰/۰۸۸ در برابر ۰/۰۵) منجر به افزایش تعداد نمونه خواهد شد. در صورتی که با ارقام بدست آمده، محاسبه تعداد نمونه مورد نیاز مجددا انجام شود، به عدد ۲۴ نمونه خواهیم رسید. این بدان معناست که در صورتی که با میانگین ۷۵ درصد و انحراف معیار ۰/۰۸۸ بخواهیم به حداکثر خطای ۵ درصد برسیم، باید از هر منطقه ۲۴ نمونه دریافت شود.

نمودار جعبه‌ای میزان پسماند تر در خودروهای مکانیزه مناطق ۲۲گانه شهر تهران در نمودار ۳۲ آورده شده است. طول خطوط بالا و پایین جعبه‌ها به ترتیب برابر داده‌هایی است که ۱/۵ برابر ارتفاع جعبه از بالای آن و ۱/۵ برابر از پایین آن بزرگی دارند. داده‌هایی که خارج از این خطوط قرار گیرند، به عنوان داده‌ی پرت در نظر گرفته می‌شوند (مناطق ۱۳ و ۲۱).

جدول ۳۴: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند تر در خودروهای مکانیزه در مناطق تهران

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
1	7	0.778	0.1045	0.0395	(0.6813, 0.8746)
2	13	0.7445	0.0747	0.0207	(0.6993, 0.7896)
3	4	0.7688	0.0471	0.0235	(0.6940, 0.8437)
4	18	0.7227	0.1071	0.0252	(0.6695, 0.7760)
5	21	0.6981	0.1088	0.0237	(0.6486, 0.7477)
6	4	0.7344	0.069	0.0345	(0.6246, 0.8442)
7	7	0.7107	0.1042	0.0394	(0.6144, 0.8071)
8	10	0.8122	0.0673	0.0213	(0.7641, 0.8603)
9	8	0.7958	0.1008	0.0356	(0.7115, 0.8800)
10	9	0.7227	0.0792	0.0264	(0.6618, 0.7836)
11	11	0.7522	0.0701	0.0211	(0.7051, 0.7993)
12	9	0.8035	0.1084	0.0361	(0.7202, 0.8869)
13	15	0.687	0.1165	0.0301	(0.6225, 0.7516)
14	8	0.7808	0.0685	0.0242	(0.7235, 0.8380)
15	9	0.7532	0.0579	0.0193	(0.7088, 0.7977)
16	8	0.7683	0.0583	0.0206	(0.7196, 0.8171)
17	7	0.7935	0.0915	0.0346	(0.7089, 0.8782)
18	10	0.7227	0.1076	0.034	(0.6457, 0.7997)
19	6	0.7932	0.0628	0.0256	(0.7273, 0.8590)
20	10	0.784	0.035	0.0111	(0.7590, 0.8091)
21	13	0.7784	0.0764	0.0212	(0.7322, 0.8246)
22	11	0.7881	0.0776	0.0234	(0.7359, 0.8402)
جمع	**22**	**0.752**	**0.0888**	**0.0189**	**(0.7126, 0.7913)**

با انجام آنالیز واریانس یک‌طرفه به روش توکی نیز مشخص شد تمامی مناطق شهر تهران دارای میزان پسماند تر نامتفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند. این مسئله نشان‌دهنده میزان تفکیک از مخزن نسبتا یکسان در تمام مناطق است؛ بطوری که علیرغم وجود برخی تفاوت‌ها در میزان پسماند تر در مبدأ، پس از تفکیک از مخزن این تفاوت‌ها از میان رفته و در تمامی مناطق مشابه هم می‌شود.



نمودار ۳۲: نمودار جعبه‌ای میزان پسماند تر در خودروهای مکانیزه مناطق ۲۲گانه

۴-۱-۳-۲- پسماند خشک ارزشمند

میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد بخش خشک ارزشمند نمونه‌های برداشت‌شده از خودروهای مکانیزه در جدول ۳۵ آورده شده است. با کاهش میزان میانگین جزء و ثابت ماندن نسبی انحراف معیار، بازه‌های بدست‌آمده به دلیل بزرگ بودن، کمتر کمک‌کننده بوده و تفاوت‌های احتمالی نمایان نمی‌شود. با توجه به جدول فوق و میانگین و انحراف معیار آمیخته‌ی مناطق، می‌توان دریافت که در صورتی که نیاز باشد میزان پسماند خشک ارزشمند در خودروهای مکانیزه با دقت ۵ درصد تعیین شود، به حدود ۳۲۰ نمونه نیاز خواهد بود. لذا می‌توان گفت شناسایی این بخش از پسماند به تفکیک مناطق به سختی و تنها با صرف هزینه‌های بسیار زیاد قابل انجام است. در حال حاضر، خطای میانگین در کل تهران در حدود ۲۰ درصد است.

عدم معناداری آماری تفاوت بین مناطق از جدول ۳۶ نیز به خوبی نمایان است؛ چرا که تمام مناطق ۲۲گانه در دو گروه خلاصه شده‌اند. به عنوان یک مثال ساده، منطقه ۱۳ با تقریبا ۲۳ درصد پسماند خشک ارزشمند از نظر آماری تفاوتی با منطقه ۱۵ با تقریبا ۱۲ درصد پسماند خشک ارزشمند ندارد.

جدول ۳۵: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک ارزشمند در خودروهای مکانیزه مناطق تهران

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
1	7	0.1488	0.0703	0.0266	(0.0838, 0.2138)
2	13	0.1618	0.0605	0.0168	(0.1252, 0.1983)
3	4	0.1729	0.0374	0.0187	(0.1134, 0.2324)
4	18	0.1545	0.0771	0.0182	(0.1161, 0.1928)
5	21	0.1966	0.0972	0.0212	(0.1523, 0.2408)
6	4	0.2045	0.1007	0.0503	(0.0443, 0.3647)
7	7	0.2154	0.1004	0.0379	(0.1225, 0.3082)
8	10	0.1146	0.0402	0.0127	(0.0858, 0.1433)
9	8	0.1278	0.062	0.0219	(0.0760, 0.1797)
10	9	0.1589	0.0661	0.022	(0.1081, 0.2097)
11	11	0.1609	0.0516	0.0156	(0.1262, 0.1956)
12	9	0.1197	0.0699	0.0233	(0.0659, 0.1735)
13	15	0.2268	0.1003	0.0259	(0.1713, 0.2824)
14	8	0.1157	0.0302	0.0107	(0.0905, 0.1410)
15	9	0.1242	0.0457	0.0152	(0.0890, 0.1593)
16	8	0.1411	0.0355	0.0125	(0.1115, 0.1708)
17	7	0.1114	0.0671	0.0254	(0.0493, 0.1735)
18	10	0.1898	0.0948	0.03	(0.1220, 0.2576)
19	6	0.1292	0.0581	0.0237	(0.0682, 0.1901)
20	10	0.10944	0.02501	0.00791	(0.09155, 0.12734)
21	13	0.149	0.0442	0.0122	(0.1223, 0.1757)
22	11	0.139	0.0414	0.0125	(0.1112, 0.1668)
جمع	22	**0.156**	**0.0694**	**0.0148**	**(0.1256, 0.1872)**

جدول ۳۶: گروه‌بندی میزان پسماند خشک ارزشمند خودروهای مکانیزه در مناطق شهر تهران

منطقه	میانگین	گروه‌بندی	
13	0.22685	A	
7	0.21538	A	B
6	0.20449	A	B
5	0.19658	A	B
18	0.18984	A	B
3	0.17288	A	B
2	0.16176	A	B
11	0.16092	A	B
10	0.15893	A	B
4	0.15447	A	B
21	0.14897	A	B
1	0.14879	A	B
16	0.1411	A	B
22	0.13899	A	B
19	0.12915	A	B
9	0.12784	A	B
15	0.12416	A	B
12	0.1197		B
14	0.11571		B
8	0.1146		B
17	0.11143	A	B
20	0.10944		B

۴-۱-۳-۳- پسماند خشک غیرارزشمند

میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد بخش خشک ارزشمند نمونه‌های برداشت‌شده از خودروهای مکانیزه در جدول ۳۷ آورده شده است. دیده می‌شود که علیرغم کاهش انحراف معیار نسبت به بخش تر و خشک ارزشمند، با کاهش میزان میانگین جزء، بازه‌های بدست‌آمده به دلیل بزرگ بودن، کمتر کمک‌کننده بوده و تفاوت‌های احتمالی نمایان نمی‌شود. این مسئله با استفاده از آنالیز واریانس و مقایسه زوجی مناطق نیز قابل تایید است؛ بطوری که تمامی مناطق در یک گروه دسته‌بندی شده و لذا تفاوت معنی‌داری بین مناطق مختلف از نظر درصد پسماند خشک غیرارزشمند وجود ندارد.

جدول ۳۷: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد پسماند خشک غیرارزشمند در خودروهای مکانیزه مناطق

منطقه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
1	7	0.0733	0.0461	0.0174	(0.0306, 0.1159)
2	13	0.0938	0.0634	0.0176	(0.0554, 0.1321)
3	4	0.0583	0.0222	0.0111	(0.0229, 0.0937)
4	18	0.1228	0.0725	0.0171	(0.0867, 0.1589)
5	21	0.1053	0.0594	0.013	(0.0782, 0.1323)
6	4	0.0611	0.0346	0.0173	(0.0061, 0.1161)
7	7	0.0739	0.0416	0.0157	(0.0354, 0.1124)
8	10	0.0732	0.0376	0.0119	(0.0463, 0.1001)
9	8	0.0764	0.0504	0.0178	(0.0343, 0.1185)
10	9	0.1184	0.0377	0.0126	(0.0894, 0.1474)
11	11	0.08689	0.02886	0.0087	(0.06750, 0.10628)
12	9	0.0768	0.0724	0.0241	(0.0211, 0.1325)
13	15	0.0861	0.0441	0.0114	(0.0617, 0.1106)
14	8	0.1035	0.054	0.0191	(0.0584, 0.1487)
15	9	0.1226	0.0581	0.0194	(0.0779, 0.1673)
16	8	0.0906	0.0387	0.0137	(0.0582, 0.1229)
17	7	0.095	0.0421	0.0159	(0.0561, 0.1340)
18	10	0.0875	0.0372	0.0118	(0.0609, 0.1141)
19	6	0.0777	0.0321	0.0131	(0.0440, 0.1113)
20	10	0.10651	0.03044	0.00963	(0.08473, 0.12829)
21	13	0.0726	0.059	0.0164	(0.0370, 0.1083)
22	11	0.073	0.0544	0.0164	(0.0364, 0.1096)
جمع	**22**	**0.092**	**0.0516**	**0.0110**	**(0.0687, 0.1144)**

۴-۱-۴- ترکیب پسماند سمی‌تریلرها (آرادکوه)

در این بخش، نتایج آنالیز ترکیبات پسماند سمی‌تریلرهای شهر تهران بررسی و تحلیل خواهد شد. لازم به ذکر است مطابق برنامه نمونه‌برداری، هدف از این بخش، تعیین ترکیب کلی پسماند ورودی به آرادکوه بوده است و ارائه و تحلیل نتایج به تفکیک ایستگاه‌های انتقال مدنظر نبوده است. نتایج درصد اجزای پسماند به تفکیک پسماند تر، خشک ارزشمند و خشک غیرارزشمند در جدول ۳۸ آورده شده است.

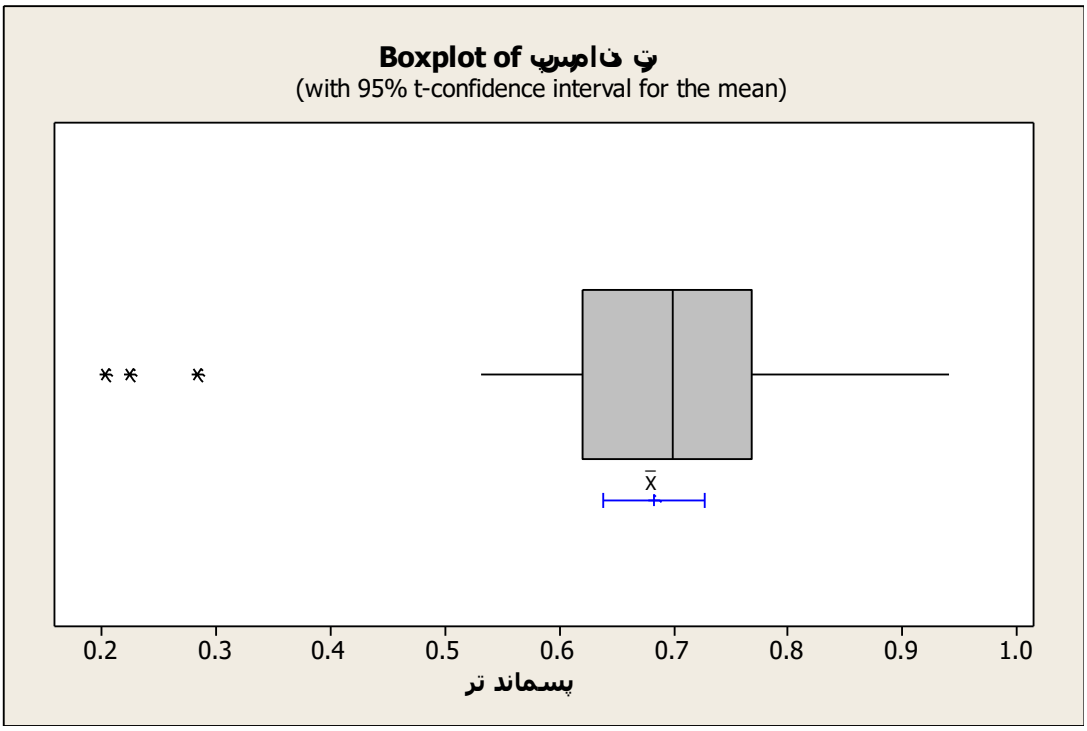
جدول ۳۸: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد ترکیبات پسماند در آرادکوه

آیتم	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
پسماند تر	47	0.6825	0.1497	0.0218	(0.6386, 0.7265)
پسماند خشک ارزشمند	47	0.1882	0.1117	0.0163	(0.1554, 0.2210)
پسماند خشک غیرارزشمند	47	0.1293	0.0937	0.0137	(0.1018, 0.1568)

همانطور که مشاهده می‌شود میانگین پسماند تر پسماندهای ورودی به آرادکوه کمتر از ۷۰ درصد و در حدود ۶۸ درصد است (این میانگین به صورت حسابی محاسبه شده است و با محاسبه میانگین به‌صورت وزنی بر اساس تناژ هر ایستگاه، به عدد ۶۹/۵ درصد خواهیم رسید). این عدد در مقایسه با خودروهای مکانیزه (۷۵ درصد) بسیار کمتر است. یکی از دلایل این امر را می‌توان انتقال رطوبت از پسماندهای تر به پسماندهای خشک (ارزشمند و غیرارزشمند) طی مراحل انتقال، حمل، تخلیه و اختلاط برای نمونه‌برداری دانست. با این وجود، یکی دیگر از دلایل محتمل، وجود داده‌های پرت است. با بررسی نمودار جعبه ای پسماند تر می‌توان دریافت که سه داده، فاصله بسیار زیادی با سایر داده‌ها دارند. این مسئله ناشی از نمونه‌گیری ناقص و وجود مقادیر زیادی از سایر مواد (به عنوان مثال برگ در یکی از نمونه‌ها و پلاستیک در یکی دیگر از نمونه‌ها) است. با توجه به موارد فوق، بنظر می‌رسد حذف این موارد دارای توجیه منطقی است. نتایج پس از حذف این داده‌ها به صورت جدول ۳۹ است.

جدول ۳۹: میانگین، انحراف معیار و بازه اطمینان ۹۵ درصد ترکیبات پسماند در آرادکوه (بدون داده‌های پرت)

آیتم	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
پسماند تر	47	0.7129	0.0952	0.0144	(0.6840, 0.7419)
پسماند خشک ارزشمند	47	0.1682	0.0677	0.0102	(0.1476, 0.1887)
پسماند خشک غیرارزشمند	47	0.1189	0.0673	0.0102	(0.0984, 0.1394)



نمودار ۳۳: نمودار جعبه‌ای پسماند تر و نمایش داده‌های پرت

از جدول ۳۹ ملاحظه می‌شود که ضمن افزایش میانگین پسماند تر، انحراف معیار آن نیز به میزان قابل توجهی کم شده است. در نتیجه، میانگین پسماند تر در آرادکوه با خطای حداکثر چهار درصد (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) گزارش شده است که عدد مناسبی است.

۴-۱-۵- تحلیل جریان پسماند از کامیون‌های مکانیزه تا مقصد

در این بخش، نتایج ارائه شده در بخش‌های قبل با یکدیگر مقایسه و جریان پسماند از کامیون‌های مکانیزه تا مقصد تحلیل می‌شود. نتایج تجمیعی کامیون‌ها در سطح شهر تهران و آرادکوه در جدول ۴۰ آورده شده است.

جدول ۴۰: پارامترهای آماری ترکیبات پسماند در خودروهای مکانیزه و آرادکوه

موقعیت	آیتم	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	بازه اطمینان ۹۵٪
کامیون‌های مکانیزه	پسماند تر	22	0.752	0.0888	0.0189	(0.7126, 0.7913)
	پسماند خشک ارزشمند	22	0.156	0.0694	0.0148	(0.1256, 0.1872)
	پسماند خشک غیرارزشمند	22	0.092	0.0516	0.0110	(0.0687, 0.1144)
آرادکوه	پسماند تر	47	0.7129	0.0952	0.0144	(0.6840, 0.7419)
	پسماند خشک ارزشمند	47	0.1682	0.0677	0.0102	(0.1476, 0.1887)
	پسماند خشک غیرارزشمند	47	0.1189	0.0673	0.0102	(0.0984, 0.1394)

با مقایسه ترکیبات پسماند در خودروهای مکانیزه و آرادکوه، می‌توان دریافت که علیرغم تفاوت در مقادیر میانگین، به دلیل هم‌پوشانی بازه‌های اطمینان، این تفاوت‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نیستند. با این وجود، مسئله مهم انتقال رطوبت از بخش تر به اجزای خشک را نیز نباید از یاد برد.

۵- نتیجه‌گیری

در اولین دوره نمونه‌برداری پسماند شهر تهران که در قالب طرح جامع مدیریت پسماند انجام شد، ۱۲۷۶۶ کیسه نمونه خانگی، ۱۰۷۳ کیسه نمونه غیرخانگی، ۲۱۸ نمونه از خودروهای مکانیزه، و ۴۷ نمونه از سمی‌تریلرها برداشت شد. براین اساس، سرانه تولید پسماند در بخش مسکونی برابر ۴۹۲ گرم در روز به دست آمد. منطقه ۱۴ با ۷۴۰ و منطقه ۱۲ با ۳۸۰ گرم در روز، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان سرانه مسکونی را به خود اختصاص داده اند. محاسبه میزان پسماند تولیدی در بخش غیرمسکونی بر اساس سرانه اظهارشده رسته‌های کاری مختلف و تعیین تناژ پسماند غیرمسکونی تولیدی در هر منطقه انجام شد. محاسبه مقادیر نشان می‌دهد، منطقه ۲۱ و ۱۲ با ۱۱۲۰ و ۵۵۰ گرم در روز، بیشترین سرانه تولید پسماند غیرمسکونی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، بصورت میانگین، ۲۰۲ گرم در روز پسماند ناشی از بخش غیرمسکونی محاسبه شد. در مجموع، سرانه تولید پسماند در مبدأ برابر ۶۹۴ گرم در روز محاسبه شد که مناطق ۲۱ و ۶ بیشترین و منطقه ۱۰ کمترین میزان سرانه را به خود اختصاص داده است.

مجموع تناژ پسماند تولیدی در شهر تهران با استفاده از سرانه بدست‌آمده در حدود ۶۲۸۰ تن در روز محاسبه می‌شود. با توجه به میانگین تناژ ایستگاه‌های انتقال در شهریور و مهر ۹۸ که برابر ۵۶۵۰ تن در روز بوده است، می‌توان گفت که مابه‌التفاوت این مقدار توسط بخش رسمی و غیررسمی از مخزن تفکیک شده است. بااین وجود، دو عامل دیگر نیز باعث افزایش و کاهش میزان پسماند ورودی به ایستگاه‌های انتقال می‌شوند: ۱) تخلیه بخشی از پسماندهای ناشی از رفت و روب و ضایعات فضای سبز به درون مخازن که منجر به افزایش تناژ می‌شود؛ و ۲) تخلیه شیرابه خودروهای مکانیزه به درون معابر که منجر به کاهش تناژ می‌شود. در غیاب هرگونه اطلاعاتی، می‌توان این دو عدد را در جهت اطمینان با یکدیگر برابر فرض کرد. در نتیجه، کل مابه‌التفاوت پسماند محاسباتی و آمار ایستگاه انتقال را می‌توان به تفکیک از مخزن نسبت داد که برابر ۶۳۰ تن در روز خواهد بود. از آنجا که عدد اعلامی پیمانکاران خشک در سال ۹۷ برابر ۹۰۱ تن در روز بوده است و به احتمال زیاد، این عدد کمتر از میزان واقعی اظهار شده است، لذا می‌توان عدد ۶۳۰ تن را حداقل سهم بخش رسمی در سال ۹۸ در نظر گرفت. در نتیجه، سهم بخش غیررسمی باید به تناژ پسماند اضافه شود. در صورتی که این سهم حداقل برابر سهم بخش رسمی در نظر گرفته شود (۶۳۰ تن)، می‌توان گفت سرانه بخش غیرمسکونی در حدود ۷۰ گرم بر روز کمتر از میزان واقعی اظهار شده است. لذا سرانه واقعی تولید پسماند در تهران را می‌توان ۷۶۴ گرم بر روز در نظر گرفت.

با بررسی سرانه بدست‌آمده از عملیات نمونه برداری و مقایسه آن با داده‌های سامانه توزین ایستگاه های انتقال، می‌توان دریافت که سرانه بدست آمده معرف واقعی میزان پسماند تولیدی در تهران نیست. این مسئله عمدتا به دلیل عدم قطعیت زیاد نتایج در بخش غیرمسکونی رخ داده است؛ جایی که نه میزان پسماند تحویلی و نه حتی میزان پسماند اظهارشده، واقعی نبوده و عددی کمتر از میزان حقیقی را نشان می‌دهد. با توجه به وضعیت موجود تفکیک از مخازن توسط بخش رسمی و غیررسمی، آمار تناژ ورودی به ایستگاه‌های انتقال از هر منطقه در شهریور و مهر ۹۸ و تناژ قابل محاسبه براساس سرانه بدست‌آمده، می‌توان گفت سرانه بخش غیرمسکونی در حدود ۸۰ الی ۱۵۰ گرم بر روز بیش از رقم اظهارشده (۲۰۰) است. در نتیجه، می‌توان سرانه بخش غیرمسکونی را برابر ۳۰۰ و سرانه کل را برابر ۷۹۴ گرم بر روز در نظر گرفت.

آنالیز ترکیب پسماند تولیدی در مبدأ نشان می‌دهد میزان پسماند تر در بخش مسکونی ۶۴ درصد، در بخش غیرمسکونی ۴۳ درصد و به صورت تلفیق مسکونی و غیرمسکونی برابر ۵۸ درصد است. همچنین میزان پسماند خشک ارزشمند در مبدأ برابر ۳۴ درصد و خشک غیرارزشمند برابر ۸ درصد به دست آمده است.

میزان پسماند تر، خشک ارزشمند و خشک غیرارزشمند در خودروهای مکانیزه شهر تهران به ترتیب برابر ۷۵، ۱۶ و ۹ درصد بوده است. تحلیل نتایج خودروهای مکانیزه (فان) نشان می دهد نزدیکی بسیار بیشتری در میزان پسماند تر بین مناطق وجود دارد؛ بطوری که تمام مناطق ۲۲گانه را می توان به‌لحاظ آماری در یک گروه دسته بندی کرد. این مسئله ناشی از یک الگوی نسبتا یکسان تفکیک از مخزن در مناطق است. این مسئله در مورد پسماندهای خشک غیرارزشمند نیز صادق است. بااین وجود، در مورد پسماندهای خشک ارزشمند، مناطق ۲۲گانه را می‌توان در دو گروه به لحاظ آماری متفاوت دسته بندی کرد.

میزان پسماند تر، خشک ارزشمند و خشک غیرارزشمند در مجتمع آرادکوه نیز به ترتیب برابر ۶۹، ۱۸ و ۱۳ درصد به دست آمده است که این ارقام پس از حذف داده‌های پرت و اعمال میانگین‌گیری وزنی برابر ۷۲ درصد خواهد بود. این عدد اگرچه برخلاف انتظار کمتر از میزان پسماند تر خودروهای مکانیزه است، ولی با توجه به تعداد نمونه‌های اخذشده، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با آن ندارد. از طرفی، مواردی مانند انتقال رطوبت از بخش تر به بخش خشک و از دست دادن شیرابه در فرایند حمل، منجر به کاهش طبیعی درصد پسماند تر می شود.

نتایج دانه‌بندی پسماند ورودی به آرادکوه نیز نشان می‌دهد نزدیک به ۵۹ درصد پسماندها از الک ۸ سانتیمتری و نزدیک به ۱۹ درصد از الک ۲ سانتی‌متری عبور می‌کنند.

۶- منابع و مراجع

[1] دانشگاه علم و صنعت ایران, "بررسی، تجزیه، تحلیل و مکانیابی سامانه‌های فاینال پسماند شهر تهران," تهران, ۱۳۸۹.

[2] ASTM D531- 92(2016), "Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste." p. 6.

[3] EPA, *Municipal Waste Characterisation*. Ireland, 1996, pp. 1–27.

[4] Cascadia Consulting Group Inc., "Guidelines for Waste Characterization Studies in the State of Washington," 2003.

[5] European Commission, "Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool), Development of a Methodological Tool to Enhance the Precision and Comparability of Solid Waste Analysis Data," vol. 43, no. 1, pp. 1–57, 2004.

[6] SENES Consultants Limited, "Recommended Waste Characterization Methodology for Direct Waste Analysis Studies in Canada," Ontario, 1999.

[7] UNEP, "DEVELOPING INTEGRATED SOLID WASTE MANAGEMENT PLAN, Volume 1: Waste Characterization and Quantifi cation with Projections for Future," Osaka, Japan, 2009.

[8] Nordtest, "Nordtest method - Sampling method," 1995.

[9] T. Christensen, *Solid waste technology and management*. John Wiley & Sons, 2011.

[10] Ministry for the Environment, *Solid Waste Analysis Protocol*. Wellington, New Zealand, 2002.

[11] Asian Development Bank, *Integrated Waste Management for Local Governments: A Practical Guide*. 2017.

[12] California Integrated Waste Management Board, "Disposal Characterization Studies. Preliminary Draft Regulations for Informal Public Review and Discussion Purposes Only Subject to Revision," 1996.

[13] CalRecycle, "California Uniform Waste Disposal Characterization Method." .

[14] K. R. Reddy, H. Hettiarachchi, N. S. Parakalla, J. Gangathulasi, and J. E. Bogner, "Geotechnical properties of fresh municipal solid waste at Orchard Hills Landfill, USA," *Waste Manag.*, vol. 29, no. 2, pp. 952–959, 2009.

[15] D. Zekkos, E. Kavazanjian, J. D. Bray, N. Matasovic, and M. F. Riemer, "Physical Characterization of Municipal Solid Waste for Geotechnical Purposes," *J. Geotech. Geoenvironmental Eng. ASCE*, vol. 136, no. 9, pp. 1231–1241, 2010.

[16] S. Kathiravale, M. N. M. Yunus, K. Sopian, A. H. Samsuddin, and R. A. Rahman, "Modeling the heating value of Municipal Solid Waste," *Fuel*, vol. 82, no. 9, pp. 1119–1125, 2003.

[17] H. Zhou, A. Meng, Y. Long, Q. Li, and Y. Zhang, "An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China : Physical , chemical composition and heating value," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 36, pp. 107–122, 2014.

[18] X. Lin, F. Wang, Y. Chi, Q. Huang, and J. Yan, "A simple method for predicting the lower heating value of municipal solid waste in China based on wet physical composition," *Waste Manag.*, vol. 36, pp. 24–32, 2015.

[19] T. . Christensen, *Solid Waste Technology & Management*. John Wiley & Sons, 2011.

پیوست ۱: فرم‌های مستندسازی

فرم شماره ۱- شناسایی خانوار

آدرس:

شماره تماس: کد نمونه:

نام نماینده خانوار: تحصیلات: تعداد افراد خانوار: سن:

نوع واحد مسکونی: ویلایی □ آپارتمانی □ تعداد طبقات ساختمان: متراژ واحد:

وضعیت مالکیت: شخصی □ استیجاری □ سایر (توضیح):

شغل سرپرست خانوار: تعداد افراد شاغل:

مجموع درآمد ماهیانه خانوار (اختیاری):

میانگین ساعات حضور در منزل در روز:

ساعت مقرر جهت مراجعه بعدی: ..... : .....

آیا ساختمان سرایدار دارد؟ بله □ خیر □

وضعیت ذخیره‌سازی در ساختمان: مخزن مستقر در پارکینگ □ شوتینگ □ هیچکدام □

زمان و تواتر قرار دادن پسماند در مخازن خیابانی:

روش تفکیک پسماند در مبدا: وانت ملودی □ غرفه بازیافت □ اپلیکیشن □ تفکیک نمی‌کنم □

توضیحات:

تماس ضروری: دفتر شرکت: ۸۸۵۲۱۷۱۷ / حسنیان: ۰۹۱۲۷۰۹۴۹۰۴ / هاشمی: ۰۹۱۷۱۵۸۸۱۲۴

فرم شماره ۱- شناسایی واحدهای غیرخانگی

آدرس:

شماره تماس: کد نمونه:

نام و نام خانوادگی سرپرست/ مدیر واحد:

نام واحد: موضوع فعالیت واحد:

متراژ واحد : مترمربع سابقه فعالیت واحد: ..... سال و .....

تعداد کل افراد شاغل: ..... نفر

متوسط وزن پسماند روزانه بنا بر اظهار پاسخگو: ..... کیلوگرم

سطح فعالیت عمده □ خرد □

زمان/ زمان‌های دفع پسماند از واحد: پیش از ظهر□ عصر □ شب□

موقعیت محلی: کاملا مناسب □ متوسط □ بد □ (انتخاب گزینه بر اساس برآورد آموزشگر)

ساعت مراجعه بعدی برای دریافت نمونه‌ها: ..... : .....

توضیحات:

تماس ضروری: دفتر شرکت: ۸۸۵۲۱۷۱۷ / حسنیان: ۰۹۱۲۷۰۹۴۹۰۴ / هاشمی: ۰۹۱۷۱۵۸۸۱۲۴

فرم شماره ۲- خلاصه اطلاعات پرسشنامه‌ها و جمع‌آوری نمونه‌ها در روز مورخ / /۱۳۹۸

ردیف	کد واحد	ساعت دریافت نمونه فعلی	ساعت پیشنهادی واحد برای مراجعه بعدی	تعداد کیسه دریافتی	آیا پسماند تفکیک شده ارائه شده؟		نمونه مربوط به چند روز است؟	تعداد افراد حاضر در واحد در روز/روزهای گذشته	چه مقدار پسماند دور ریخته شده است؟
					بله	خیر			
۱		:	:						
۲		:	:						
۳		:	:						
۴		:	:						
۵		:	:						
۶		:	:						
۷		:	:						
۸		:	:						
۹		:	:						
۱۰		:	:						
۱۱		:	:						
۱۲		:	:						
۱۳		:	:						
۱۴		:	:						
۱۵		:	:						
۱۶									
۱۷									
۱۸									
۱۹									
۲۰									
۲۱									
۲۲									
۲۳									
۲۴									
۲۵									
۲۶									
۲۷									
۲۸									

- نام و نام‌خانوادگی آمارگر: - نام و نام‌خانوادگی راننده: - نام و نام‌خانوادگی تحویل گیرنده:

فرم شماره ۳: فرم دریافت نمونه‌ها توسط ناظرین ایستگاه‌ها

کد آموزشگر	نواحی تحت پوشش	نمونه‌های قابل برداشت	روز	تاریخ	ساعات کار		نمونه های تحویل شده	برچسب‌ها کامل پرشده است؟	تعداد کیسه پاره‌شده	توضیحات
					شروع	پایان				
			۱							
			۲							
			۳							
			۴							
			۵							
			۱							
			۲							
			۳							
			۴							
			۵							
			۱							
			۲							
			۳							
			۴							
			۵							
			۱							
			۲							
			۳							
			۴							
			۵							
			۱							
			۲							
			۳							
			۴							
			۵							

توضیحات کلی (در صورت نیاز):

نام و نام خانوادگی آموزشگر، تلفن و امضا:

نام و نام خانوادگی ناظر

ایستگاه و امضا:

فرم شماره ۴- اطلاعات پرسنل تفکیک پسماندها

مورخ / / ۱۳۹۸

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت	تجهیزات فردی			ساعت کار	
			ماسک	دستکش	روپوش	شروع	پایان
۱						:	:
۲						:	:
۳						:	:
۴						:	:
۵						:	:
۶						:	:
۷						:	:
۸						:	:
۹						:	:
۱۰						:	:
۱۱						:	:
۱۲						:	:
۱۳						:	:
۱۴						:	:
۱۵						:	:
۱۶						:	:
۱۷						:	:
۱۸						:	:
۱۹						:	:
۲۰						:	:
۲۱						:	:
۲۲						:	:
۲۳						:	:
۲۴						:	:
۲۵						:	:
۲۶						:	:
۲۷						:	:
۲۸						:	:
۲۹						:	:
۳۰						:	:

نام و نام خانوادگی ناظر آنالیز:

امضاء:

نام و نام خانوادگی سرپرست عملیات تفکیک:

امضاء:

فرم شماره ۵- اطلاعات ناظرین آنالیز

مورخ / / ۱۳۹۸

ردیف	نام و نام خانوادگی	شماره میز تفکیک	ساعت کار		توضیحات
			شروع	پایان	
۱			:	:	
۲			:	:	
۳			:	:	
۴			:	:	
۵			:	:	
۶			:	:	
۷			:	:	
۸			:	:	
۹			:	:	
۱۰			:	:	
۱۱			:	:	
۱۲			:	:	
۱۳			:	:	
۱۴			:	:	
۱۵			:	:	

نام و نام خانوادگی سرپرست ناظرین عملیات تفکیک:

امضاء:

فرم شماره ۶- اطلاعات ناظرین ایستگاه‌ها ..... مورخ / / ۱۳۹۸

ردیف	نام و نام خانوادگی	ایستگاه	ساعت کار		توضیحات
			شروع	پایان	
۱			:	:	
۲			:	:	
۳			:	:	
۴			:	:	
۵			:	:	
۶			:	:	
۷			:	:	
۸			:	:	
۹			:	:	
۱۰			:	:	
۱۱			:	:	
۱۲			:	:	
۱۳			:	:	
۱۴			:	:	
۱۵			:	:	

نام و نام خانوادگی سرپرست عملیات جمع‌آوری و انتقال:

امضاء:

فرم شماره ۷- اطلاعات توزین کیسه‌های دریافتی از خانوار و واحدهای غیرمسکونی (بر حسب گرم) مورخ / / ۱۳۹۸

ردیف	منطقه	ناحیه	کد واحد	وزن کیسه	کد نمونه‌ی آنالیز	توضیحات
۱						
۲						
۳						
۴						
۵						
۶						
۷						
۸						
۹						
۱۰						
۱۱						
۱۲						
۱۳						
۱۴						
۱۵						
۱۶						
۱۷						
۱۸						
۱۹						
۲۰						

نام و نام خانوادگی سرپرست ناظرین عملیات تفکیک:

امضاء:

فرم شماره ۸- اطلاعات توزین و تفکیک نمونه‌های مسکونی و غیرمسکونی (بر حسب گرم) ..... مورخ / / ۱۳۹۸

ردیف	کد نمونه‌ی آنالیز	حجم نمونه	وزن نمونه	نان	پسماند غذایی	پلاستیک				کاغذ	مقوا و کارتن	فلزات		پارچه	شیشه	چوب	لاستیک	چرم	اقلام بهداشتی	تتراپک	ضایعات باغبانی	پسماند ویژه	سایر
						PET	مشمع و نایلون	سایر قابل بازیافت‌ها	غیر قابل بازیافت			آهنی	غیرآهنی										
۱																							
۲																							
۳																							
۴																							
۵																							
۶																							
۷																							
۸																							
۹																							
۱۰																							
۱۱																							
۱۲																							
۱۳																							
۱۴																							
۱۵																							
۱۶																							
۱۷																							
۱۸																							
۱۹																							
۲۰																							

نام و نام خانوادگی ناظر مسئول:

شماره تماس

فرم شماره ۹- اطلاعات توزین و تفکیک نمونه‌های خودروی مناطق ۲۲ گانه و سمی تریلر ایستگاه‌ها

مورخ / / ۱۳۹۸

ردیف	منطقه - ایستگاه	حجم نمونه	وزن نمونه	نان	پسماند غذایی	پلاستیک				کاغذ	مقوا و کارتن	فلزات		پارچه	شیشه	چوب	لاستیک	چرم	اقلام بهداشتی	تتراپک	ضایعات باغبانی	پسماند ویژه	سایر
						PET	مشمع و نایلون	سایر قابل بازیافت‌ها	غیر قابل بازیافت			آهنی	غیرآهنی										
۱																							
۲																							
۳																							
۴																							
۵																							
۶																							
۷																							
۸																							
۹																							
۱۰																							
۱۱																							
۱۲																							
۱۳																							
۱۴																							
۱۵																							

نام و نام خانوادگی ناظر مسئول:

امضاء:

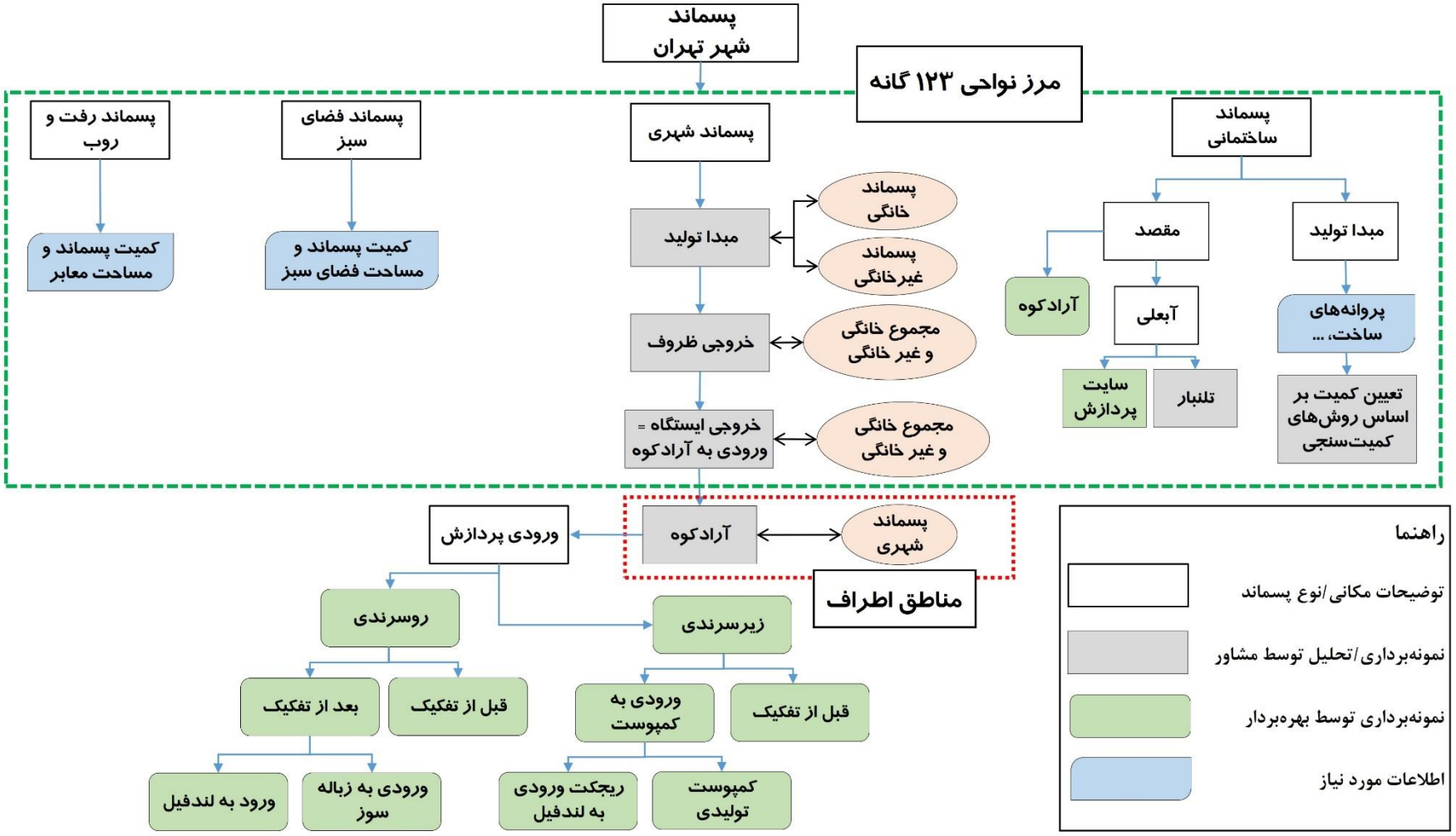
فرم شماره ۱۰- اطلاعات خودروهای مناطق ۲۲ گانه و سمی‌تریلر ایستگاه‌ها. مورخ / / ۱۳۹۸

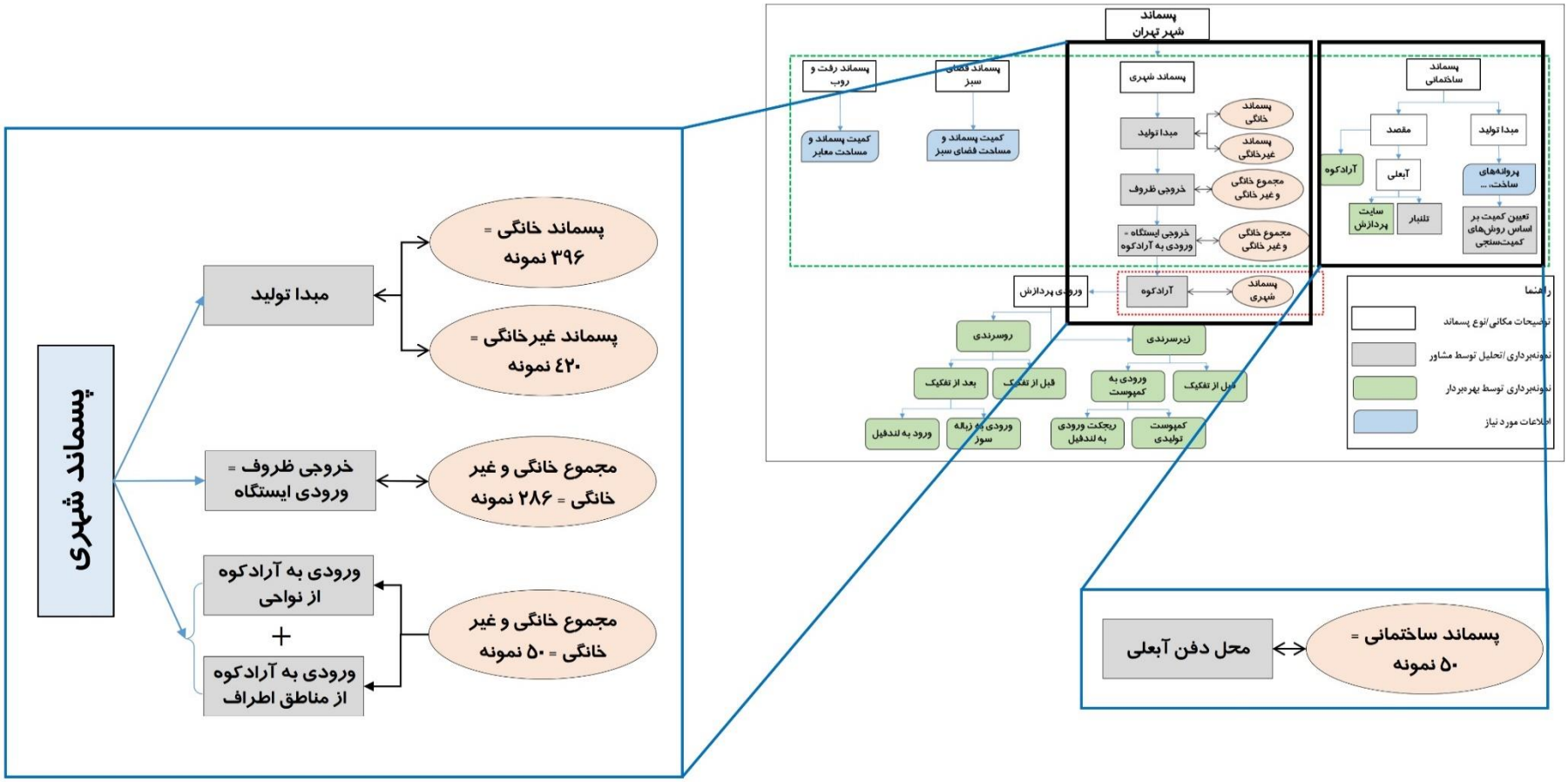
ردیف	نوع خودرو	وضعیت GPS	پلاک خودرو	نام راننده	منطقه و ناحیه/ ایستگاه	تناژ (تن)	توضیحات
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							
۶							
۷							
۸							
۹							
۱۰							
۱۱							
۱۲							
۱۳							
۱۴							
۱۵							
۱۶							
۱۷							
۱۸							
۱۹							
۲۰							
۲۱							
۲۲							
۲۳							
۲۴							
۲۵							
۲۶							
۲۷							
۲۸							
۲۹							
۳۰							

نام و نام خانوادگی ناظر مسئول:

امضاء:

پیوست ۲: دیاگرام فرایند نمونه‌برداری





تعداد کل نمونه‌ها در هر فصل = ۱۲۰۲ نمونه