

## شناسایی جنبه‌های محیط زیستی بازیافت باتری‌های فرسوده

### (مطالعه موردی: مجتمع صنعتی پارسیان پارت پاسارگاد)

مریم نصری نصرآبادی

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، واحد اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی (خوراسگان) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

زهرا جوهری

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

پروانه پیکانیورفرد

استادیار گروه محیط‌زیست، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

#### چکیده

یکی از مطرح‌ترین کاربردهای سرب در ساخت باتری‌های سربی اسیدی است. باتری‌های سربی اسیدی در اغلب صنایع کاربرد دارند. آنها مجموعه‌هایی کوچک برای ذخیره انرژی از طریق استفاده کنترل شده از واکنش‌های شیمیایی هستند. علیرغم وجود مزایای فراوان باتری‌ها در صنایع، بدلیل بالا بودن میزان مسمومیت و تهدید سلامتی انسانها و محیط زیست توسط آنها و حفظ منابع اولیه، بازیافتشان الزامی است. بازیافت باتری‌های سربی فرسوده می‌تواند اثراتی بر محیط زیست داشته باشد. ذوب اجزای سرب دوده‌های خطرناک سرب تولید می‌کند. دوده‌های سرب و گرد و غبار آزاد شده در طی فرآیند بازیافت می‌توانند در هوا منتقل شوند تا روی خاک، بدنه‌های آبی و سایر سطوح رسوب کنند و اطراف کارخانه‌های بازیافت را آلوده کنند. مواد زائد حاصل از پردازش سرب نیز زمین و آب را آلوده می‌کنند. لذا در پژوهش حاضر به اثرات زیست محیطی بازیافت باتری‌های سربی اسیدی بر روی محیط طبیعی از جمله خاک، آب و هوا پرداخته و سپس به ارائه راهکارهای کاهش و اقدامات اصلاحی اشاره شد.

واژگان کلیدی: باتری، سرب، بازیافت، آلودگی



## مقدمه

یکی از آلاینده‌های مهم و شناخته شده که ورود آن‌ها به محیط زیست باعث ایجاد بیماری‌های گوناگونی شده است، فلزات سنگین هستند. به همین دلیل بر اهمیت پایش و کنترل آلودگی‌های محیط زیستی حاصل از این فلزات روز به روز افزوده می‌گردد (Rossini et al, 2010). در بین فلزات سنگین امروزه اهمیت سرب بیشتر مورد توجه قرار گرفته است به دلیل این که در صنایع مختلف همچون باتری‌سازی، نظامی، ساخت آلیاژها و افزودنی‌های سوختنی دارای کاربرد بسیار وسیعی است (صبوحی و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از مهمترین صنایع مصرف‌کننده سرب در کل کشورهای جهان صنعت باتری‌سازی است که برآورد شده است که فلز سرب به طور میانگین ۸۰ درصد ماده اولیه مورد استفاده در این صنعت را به خود اختصاص داده است که استفاده از آن در کشورهای در حال توسعه در حال رشد است (هیوا و سوری، ۱۳۹۲). فلز سرب که یک عنصر سنگین است و خمیر اکسید آن کاربرد صنعتی در صنایع باطری‌سازی دارد. باتری اسید سرب (<sup>1</sup>LAB) به عنوان یک وسیله ذخیره‌سازی برای انرژی مورد نیاز، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در باتری‌های اسید سرب، سرب جزء اصلی موجود در پوسته زمین است که این فلز استخراج شده در کشورهای مختلف مورد استفاده و فرآوری قرار گرفته است، اما به دلیل سمی بودن آن بسیار خطرناک است و بر محیط زیست و همچنین سلامت انسان تأثیر می‌گذارد (Varshney et al, 2020). سرب دارای کاربردهای بسیار متنوع است به همین دلیل می‌تواند در سنگ‌ها، خاک و حتی آب‌های آلوده به این فلز سمی وجود داشته باشد. سرب و ترکیبات آن قادرند از طریق راه‌های تنفسی وارد بدن شوند و پس از ورود به بدن وارد گردش خون سیستمیک شده و به اندام‌های مختلف بدن انتقال می‌یابند البته ترکیبات آلی سرب از طریق پوست نیز قادر به ورود به بدن هستند (هیوا و سوری، ۱۳۹۲). باوجود تمامی کاربردها و مزایایی که باتری‌ها در صنایع دارند، میزان مسمومیت و خطراتشان برای سلامتی انسان‌ها و محیط‌زیست بسیار بالا است. بنابراین به دلیل وجود مواد مضر و سمی از جمله فلزات سنگین متنوع در ساخت باتری‌ها رعایت الزامات بهداشتی و محیط زیستی و استفاده از فناوری‌های به‌روز در جمع‌آوری و مراحل بازیافت آن‌ها امری بسیار ضروری است. بر اساس یک رتبه‌بندی، بازیافت باتری سرب اسیدی، بافاصله زیادی از مرگبارترین فرایند صنعتی، در سطح جهان به شمار می‌رود. همان‌طور که اشاره شد، باتری‌های سربی-اسیدی، معضلات محیط زیستی متعددی را به همراه دارند. بنابراین بازیافت آن‌ها باید تابع اولویت‌های مشخصی باشد. به عبارتی هم جمع‌آوری این دسته از ضایعات و هم حمل‌ونقل و بازیافت آن‌ها باید به نحوی باشد که خطرات آن‌ها را به حداقل ممکن برساند. شایان‌ذکر است که باتری‌های سربی، اسیدی با اتمام عمر مفیدشان به‌عنوان پسماند ویژه تلقی می‌شوند. بازیافت باتری سربی دارای مزایایی است از جمله کاهش آلودگی محیط زیست، حفظ منابع طبیعی، صرفه جویی در انرژی و ایجاد اشتغال. با توجه به اثراتی که بازیافت باطری‌های فرسوده بر محیط طبیعی دارد لذا این پژوهش به بررسی اثرات بازیافت باری بر آلودگی آب، خاک و هوا پرداخته است و در نهایت به اقدامات کاهشی در این زمینه اشاره کرده است.

## روش تحقیق

### وضعیت محیط زیستی منطقه مورد مطالعه

استان قم تقریباً در مرکز ایران قرار دارد و از شمال به استان تهران، از شرق به استان سمنان، از جنوب به استان اصفهان و از غرب به استان مرکزی محدود می‌باشد و در غرب دریاچه نمک واقع شده است. مساحت استان برابر ۱۱۲۳۸ کیلومترمربع می‌باشد و از نظر مختصات بین ۵۰ درجه و ۴ دقیقه و ۴۰ ثانیه و ۵۱ درجه و ۵۸ دقیقه و ۱۰ ثانیه طول شرقی و بین ۳۴ درجه و ۹ دقیقه و ۲۸ ثانیه و ۳۵ درجه و ۱۳ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. استان قم از نظر تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۸ دارای یک شهرستان، ۵ بخش شامل جعفرآباد، خلجستان، سلفچگان، کهک و مرکزی، ۶ شهر شامل جعفریه، دستجرد، سلفچگان، کهک، قم (مرکز استان) و قنات، ۹ دهستان جعفرآباد، دستجرد، قاهان، راهجرد شرقی، نیزار، فردو، کهک، قمرود و قنات و ۳۶۷ آبادی شامل ۲۲۴ آبادی دارای سکنه و ۱۳۷ آبادی خالی از سکنه می‌باشد. بخش سلفچگان یکی از بخش‌های شهرستان قم می‌باشد که حدود ۱۰ هزار نفر جمعیت و تا مرکز شهرستان ۴۰ کیلومتر فاصله دارد. این بخش

<sup>1</sup> Lead Acid Battery



دارای دو دهستان راهجرد و نیزار می باشد (سالنامه آماری استان قم، ۱۳۹۸). زمین محل اجرای طرح به مساحت ۱۵۰۰۰ مترمربع (۱۵ هکتار) در استان قم، شهرستان قم، بخش سلفچگان، دهستان نیزار واقع شده است.

### مجتمع صنعتی پارسیان پارت پاسارگاد

مجتمع صنعتی پارسیان پارت پاسارگاد در سال ۱۳۸۵ با هدف "بازیافت باتری های فرسوده سرب اسیدی" در ایران تأسیس گردید، پس از انتقال تکنولوژی از کشور ایتالیا و ساخت و نصب ماشین آلات، در سال ۱۳۸۸ برای تولید انواع شمش سرب خالص و آلیاژی به بهره برداری رسید. این مجتمع علاوه بر ایران در بازارهای آسیا، خاورمیانه و اروپا حضور دارد. مجتمع پارسیان پارت علاوه بر سرب خالص و آلیاژی مورد نیاز صنایع باتری سازی، دو محصول دیگر شامل سولفات سدیم جهت مصرف در صنایع شوینده و تولید دستمال کاغذی و همچنین گرانول پلی پروپیلن برای تولید اقلام پلیمری نیز تولید می کند.

### روش شناسی

تولید باتری های سرب اسیدی حدود ۸۵ درصد از تقاضای جهانی برای فلز سرب تصفیه شده را تشکیل می دهد. بخش عمده ای از این تقاضا توسط سرب بازیافتی برآورده می شود و منبع اصلی آن در واقع بازیافت باتری های سرب اسیدی است. بازیافت باتری سربی یکی از عوامل مهم آلودگی محیطی و در معرض آلودگی به فلزات سنگین قرار دادن انسان است که موجب نگرانی به دلیل تأثیرات قابل توجه و طولانی مدت قرار گرفتن در معرض این فلزات خصوصاً فلز سنگین سرب بر سلامت انسان می شود (Li et al, 2010). سرب می تواند در تمام مراحل فرآیند بازیافت آزاد شود. تخلیه الکترولیت آلوده به سرب یا نشت آن می تواند خاک و آب را آلوده کند. شکستن باتری به صورت مکانیکی یا دستی باعث آزاد شدن ذرات سرب و غبار آلوده می شود (Wang 2012). ذوب اجزای سرب دودهای خطرناک سرب تولید می کند. دودهای سرب و گردوغبار آزاد شده در طی فرآیند بازیافت در هوا منتقل تا روی خاک، بدنه های آبی و سایر سطوح رسوب کنند و اطراف کارخانه های بازیافت را آلوده کنند (Li et al, 2010). در مرحله جمع آوری و حمل و نقل، محلول الکترولیت اسید سولفوریک گاهی تخلیه می شود تا وزن باتری ها کاهش یابد یا به این دلیل که قیمت بالاتری برای باتری های تخلیه شده ارائه می شود. اگر تخلیه در این مرحله انجام نشود، الکترولیت ممکن است در محل بازیافت تخلیه شود (در برخی از فرآیندهای بسته، باتری ها قبل از خرد شدن تخلیه نمی شوند). علاوه بر این، الکترولیت ممکن است از باتری های آسیب دیده در حین ذخیره سازی و حمل و نقل نشت کند (Kularatna, 2015). اگر اقدامات احتیاطی کافی برای جلوگیری از تماس با پوست انجام نشود، اسید باعث آسیب خوردگی می شود. الکترولیت حاوی سرب محلول است و اگر الکترولیت به جای مخازن جمع آوری نشت کند یا بر روی زمین ریخته شود، سرب در ذرات خاک نفوذ کرده که متعاقباً به منبع گردوغبار سرب تبدیل می شود. بازیافت باتری سرب با آلودگی محیطی قابل توجهی همراه است و بنابراین بررسی آلودگی های خارج از محل در مجاورت این تأسیسات ضروری است. جنبه های محیطی بالقوه که احتمال در معرض سرب قرار گرفتن را دارند شامل خاک و گردوغبار، هوا، آب و غذا است. لذا در این مقاله فاکتورهای زیست محیطی که با توجه به ماهیت طرح و نحوه اثرگذاری مراحل مختلف به وجود می آیند مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

### بررسی آلاینده های محیط زیستی طرح و منابع نشر آن

#### آلاینده های هوا

۱. یکی از منابع آلاینده هوا در کارخانه های بازیافت باتری سربی-اسیدی، آلودگی حاصل از سوخت کوره ها می باشد. در طرح حاضر سوخت کوره گاز و O<sub>2</sub> است و در شرایط اضطراری از گازوئیل نیز برای روشن نگه داشتن کوره استفاده می شود بنابراین انتشار هیدروکربن، اکسید گوگرد، مونواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن محتمل است. لازم به ذکر است که در مجتمع پارسیان پارت فرآیند حذف گوگرد از خروجی دودکش ها انجام می گیرد بنابراین اکسید گوگرد جزء آلاینده های این طرح نمی باشد.

۲. منبع دیگر آلاینده های هوا منتج از حمل و نقل کارکنان و حمل و نقل باتری و محصول نهایی می باشد. رفت و آمد اغلب به وسیله خودروهایی صورت می پذیرد که سوخت مصرفی غالب آن ها گازوئیل است. وسایل نقلیه با سوخت گازوئیل از

منابع اصلی انتشار هیدروکربن‌ها، ذرات جامد، مونواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن می‌باشند که بدون شک قادرند ظرفیت رهاسازی آلاینده‌های نامبرده را در هوای محدوده طرح و مناطق مجاور تا حدود بیشتری تحت تأثیر قرار دهند. صدماتی که به هوا توسط برخی آلاینده‌ها وارد می‌گردد، فقط متکی به مقدار آلاینده نیست. بلکه به ظرفیت جذب هوا نیز ارتباط دارد، در شرایطی که باد می‌وزد و حرارت هوا به میزان بارندگی ارتباط دارد، میزان آلاینده متفاوت خواهد بود لذا مقدار آلاینده‌ها در هوا به این علت متغیر است. خیلی از آلاینده‌های خروجی ماشین‌ها و صنایع خطراتی برای سلامتی بشر ندارد و زمانی که آلاینده‌ها پراکنده می‌شوند نیز اثرات مخربی نخواهند داشت ولی همین آلاینده‌ها در وارونگی هوا که از فرار آلاینده‌ها جلوگیری می‌کند، اثرات جبران‌ناپذیری ایجاد خواهند کرد.

۳. مراحل مختلف فرآیند بازیافت می‌تواند منجر به انتشار دود و ذرات سرب و نیز سایر آلاینده‌ها در هوا شود. مطالعات نشان داده است که در تأسیسات بازیافت باتری‌های اسید سرب، احتمال قرارگیری در معرض مقادیر بالای سرب در هوا وجود دارد و غلظت سرب موجود در هوا با غلظت سرب خون در کارگران مرتبط است (نیت حقیقی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین سرب معلق در هوا در نهایت ته‌نشین می‌شود و سطوح اطراف را آلوده می‌کند. بعلاوه حرکت اجزای باتری در اطراف محل بازیافت و الک کردن ضایعات میکس پلاستیک برای بازیابی ذرات سرب نیز قطعات سرب را آزاد می‌کند و منجر به گردوغبار می‌شود. سایر مواد سمی نیز می‌توانند در طی فرآیند بازیافت آزاد شوند همانند آرسنیک، آنتیموان، باریم، کادمیوم و دی‌اکسید گوگرد (حسینی نژاد، ۱۴۰۰). هنگامی که اجزای سرب در اطراف محل بازیافت جابجا می‌شوند، به‌عنوان مثال بر روی تسمه‌های نقاله روباز و هنگامی که آن‌ها به داخل کوره فرو می‌روند، قطعات سرب و گردوغبار آزاد می‌شوند. دودهای سرب خطرناک هستند زیرا اندازه ذرات کوچک سرب را قادر می‌سازد تا در دستگاه تنفسی تحتانی استنشاق شده و جذب شود (نیت حقیقی و همکاران، ۱۳۹۱). بخارها در نهایت به‌صورت ذرات سرب روی سطوح اطراف و خاک رسوب می‌کنند و گردوغبار سرب ایجاد می‌کنند که می‌توان آن را نیز استنشاق کرد. سرب انتشاریافته از این منابع می‌تواند قابل توجه باشد و کنترل آن دشوارتر است.

آب و پساب

در طول فرآیند جداسازی، آب مورد استفاده در سیستم‌های خودکار برای جداسازی سرب از سایر اجزاء به‌شدت با ترکیبات سرب آلوده می‌شود. اگر این آب نشت کند یا قبل از دفع تصفیه نشود، زمین یا خاک را آلوده می‌کند. همان‌طور که این آب تبخیر می‌شود، بقایای گردوغبار ریز سرب باقی می‌ماند که ممکن است توسط باد پراکنده شود. مهم‌ترین منابعی که در این فاز در تغییر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارند عبارت‌اند از:

۱. آب‌های آغشته به ذرات سرب

۲. آلودگی آب در اثر سوانح پیش‌بینی نشده مانند نشت از استخر

۳. پساب بهداشتی از ناشی از فعالیت کارکنان

آلاینده‌های خاک

علاوه بر آلودگی هوا، کارخانه‌های بازیافت باتری سرب اسیدی همچنین به‌عنوان منابع انتشار سرب در خاک نیز شناخته می‌شوند که منجر به آلودگی خاک و گردوغبار به سرب می‌شود. به عنوان مثال، مجموعه‌ای از موارد مسمومیت با سرب مرتبط با آلودگی خاک ناشی از بازیافت باتری‌های سرب در مناطق اطراف کارخانه‌های بازیافت در کشورهای مختلف ثبت شده است (ملکی و سفلائی، ۱۳۸۸). همچنین طبق تحقیقات انجام گرفته، سطح سرب خون در بین کودکان آزمایش شده در مراکز مسکونی اطراف این کارخانه‌ها نیز به‌طور قابل توجهی بالا می‌رود (بنی هاشم راد و همکاران، ۱۳۸۴). خاک خشک آلوده به ذرات سرب همچنین خطر پخش شدن گردوغبار سرب را در سراسر جامعه به همراه دارد، جایی که به راحتی می‌توان آن را استنشاق کرد یا لمس کرد (صالحی و زعیمدار، ۱۳۹۷). سرب یک فلز سنگین سمی است که خطر قابل توجهی برای انسان، حیات وحش و زیستگاه‌های طبیعی دارد، زیرا فلزات سنگین در محیط تجزیه نمی‌شوند و در نتیجه در خاک تجمع می‌یابند. آلودگی خاک به سرب و گردش آن در زنجیره غذایی بیولوژیکی خاک - گیاه - حیوان - انسان می‌تواند باعث بیماری مزمن در انسان و سایر موجودات زنده شود. سرب می‌تواند از طریق استنشاق، تنفس در گردوغبار یا بخار، و از طریق بلع، از طریق مصرف غذای آلوده

یا نوشیدن آب آلوده وارد بدن شود. سرب یک سم تجمعی است که مقادیر کمی آن به تدریج در بدن جمع می شود و باعث مشکلات جدی درازمدت سلامتی می شود. بیشتر آن در استخوان ها و دندان ها تجمع می یابد. مقداری از سرب جذب شده که دفع نمی شود با خون و بافت های نرم مانند کبد، کلیه ها، ریه ها، مغز، طحال، ماهیچه ها و قلب مبادله می شود (حسینیان و محجوب، ۱۳۸۶).

مهم ترین آلاینده های خاک در این بخش ناشی از عوامل زیر خواهد بود:

۱. در طول فرآیند شکستن،
  ۲. نشت از مخازن نگهداری حلال ها
  ۳. عدم مدیریت زهاب اسیدی
  ۴. نشت گازوئیل از مخازن
  ۵. نشت و روغن ریزی از وسایل حمل و نقل باطله ها
- پسماند

ضایعات پلاستیکی حاصل از فرآیند بازیافت باتری ها یکی از پسماندهای مهم این کارخانه های محسوب می شود. این ضایعات می تواند حاوی ذرات سرب و یا سایر فلزات خطرناک باشد که در صورت عدم مدیریت صحیح موجبات انتشار آلاینده به هوا، آب و خاک می شود و بر محیط زیست و انسان اثرات نامطلوب خواهد داشت (صبحی و همکاران، ۱۳۹۵). شایان ذکر است که طبق بازدید میدانی صورت گرفته به ازای هر تن باتری ۵۰ کیلوگرم میکس پلاستیک تولید می شود که طی ۱۴ سال فعالیت کارخانه میزان زیادی از میکس پلاستیک ها تولید و در محوطه مجتمع به صورت نامناسب دپو شده است. این پسماندها حاوی سرب و سایر فلزات سنگین خطرناک است که آلودگی هوا و خاک راه به همراه دارد. همچنین پسماندهای دیگری نیز در محل مجتمع دپو می شد که شامل ذخیره موقت پیپه پلاستیک برای استفاده مجدد در مواقع لازم و همچنین ذخیره موقت سرباره های سرب جهت فروش به شرکتهای مجاز است که شرایط فعلی ذخیره موقت این پسماندها آلاینده گی به همراه دارد.

#### آلاینده های صدا

منابع اصلی ایجاد سروصدا در کارخانه بازیافت باتری های سربی اسیدی عبارت است از فعالیت دستگاههایی نظیر چکش ها و آسیاب های شکستن باتری ها، حمل و نقل باتری و محصول، نوار نقاله و همچنین تولید بوش باتری است. اثرات منفی سروصدا ناشی از صنایع مختلف را می توان با مدیریت صحیح صدا در سوله های موجود کاهش داد (حسینی نژاد، ۱۴۰۰). همچنین پرسنل شاغل در منطقه می بایست در مقابل این سطح از آلودگی صوتی از طریق استفاده از وسایل شخصی حفاظتی نظیر گوشی های محافظ و ... محافظت شوند. جلوگیری از انتشار سرب و آلودگی محیطی ناشی از بازیافت باتری های سرب اسیدی مستلزم این است که این فرآیند فقط در تأسیساتی انجام شود که مجهز به کنترل های مهندسی برای به حداقل رساندن انتشار سرب هستند، از جمله عملیات کاملاً خودکار و بسته، سیستم های مجهز به فناوری فیلتر هوا، و سیستم های تصفیه پساب. کارگران در مراکز بازیافت باید آموزش ببینند و تجهیزات حفاظت فردی مناسب و امکاناتی برای شستن و تعویض لباس های تمیز در اختیارشان قرار گیرد (دستورالعمل حدود مجاز مواجهه شغلی، ۱۳۹۵).

#### بحث و نتیجه گیری

بازیافت باتری سرب فواید بسیاری برای محیط زیست دارد. با این حال، این فرآیند می تواند خطرات محیط زیستی نیز به همراه داشته باشد. فرآیند بازیافت سرب می تواند ذرات سرب را در هوا آزاد کند و باعث آلودگی هوا شود. گازهای سمی مانند دی اکسید گوگرد و مونوکسید کربن نیز می توانند در حین بازیافت سرب منتشر شوند. اگر فاضلاب حاصل از فرآیند بازیافت سرب به طور صحیح تصفیه نشود، می تواند به آب های زیرزمینی و سطحی نفوذ کرده و آن ها را آلوده کند. سرب موجود در آب می تواند به گیاهان و جانوران آبی آسیب برساند. اگر سرب بازیافتی به طور صحیح مدیریت نشود، می تواند به خاک نفوذ کرده

و آن را آلوده کند. سرب موجود در خاک می تواند به گیاهان و جانورانی که در آن زندگی می کنند آسیب برساند (حسینی نژاد، ۱۴۰۰). (صباحی و همکاران، ۱۳۹۵) به بررسی فلزات سنگین کارگاه های باتری سازی شهر یزد و شناسایی میزان اثرات محیط زیستی حاصل از این آلاینده ها پرداختند که نتایج نشان داد غلظت زیاد فلزات سنگین در کارگاه های باتری سازی حاصل از تعامل فلزات سنگین اجزای ضایعات صنایع مانند زباله های الکتریکی و باتری با گردوغبار است که منشا انسان ساخت دارد. (Notter et al, ۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی اثرات باتری های یون لیتیومی وسایل الکتریکی در محیط زیست پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سهم کلی باتری ناشی از اثرات محیط زیستی، ۱۵ درصد است که علاوه بر استفاده در کابل ها به دلیل استفاده از فلز آلومینیوم و مس به منظور تولید آند و کاتد باتری ها است. (Van der Kuijp et al, ۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی خطرات بهداشتی صنعت باتری سازی اسید-سرب در کشور چین در بازه ای هفت ساله پرداختند و به این نتیجه رسیدند که غلظت سرب در خون کودکان در معرض این صنعت، فراتر از ۱۰۰ میکروگرم بر مول بوده است که نشان دهنده سرب ناشی از تولید، تعمیر و مصرف بسیار زیاد سرب و باتری های اسید-سرب در این کشور بوده است. (Gao et al, ۲۰۲۳) در ارزیابی ریسک محیط زیستی در نزدیکی یک کارخانه معمولی بازیافت باتری های اسید سرب بازیافت شده در چین به این نتایج دست یافتند که غلظت سرب و آرسنیک بیش از مقادیر حد استاندارد در هوای محیطی و سبزیجات نزدیک کارخانه بازیافت آزمایشگاه های بازیافت یافت شد. نتایج ارزیابی خطر سلامت نشان می دهد که قرار گرفتن در مواجهه روزانه با مواد خطرناک برای کودکان بیشتر از بزرگسالان است.

#### ✓ پیشنهادات و اقدامات اصلاحی

ایجاد هر پروژه ملی، علاوه بر آثار مثبت اقتصادی و اجتماعی که برای منطقه به ارمغان می آورد، دارای بعد منفی نیز بوده که طبعاً این آثار قابل شناسایی و ارزیابی است و پیامدهای منفی آن قابل کنترل می باشد. اقدامات انجام گرفته به منظور شناسایی پیامدهای زیست محیطی و ارائه راهکارهایی برای تخفیف این آثار از طریق انجام عملیات مهندسی و مدیریت زیست محیطی قابل اجرا است که این روشها با نام اقدامات اصلاحی، کاهش اثرات و تخفیف پیامدها و گاهی در غالب طرح های بهسازی به مرحله اجرا گذاشته می شود، باید توجه داشت حذف کامل اثرات منفی پروژه ها امکان پذیر نیست اما می توان از شدت و دامنه آنها تا حد بسیار زیادی کاست (شریعت و منوری، ۱۳۷۵). اهم فعالیت هایی که در تخفیف آثار سوء زیست محیطی طرح باید در نظر داشت و عمل نمود بقرار زیر می باشند:

برنامه کاهش آلاینده های هوا:

- ✚ فیلتر پارچه ای در واحد گرانول جهت جذب بخارات و میست ها (صدیق زاده و همکاران، ۱۳۸۹)
- ✚ وجود ۴ بگ هاوس جهت مکش گرد و غبار و ذرات سرب و گازهای کوره (۲ بگ هاوس در کوره، یکی در واحد ریفاینری و دیگری در واحد ریفاینری ۲)
- ✚ اسکرابر در واحد کراشر (صدیق زاده و همکاران، ۱۳۸۹)
- ✚ سیستم پایش آنلاین برای خروجی دودکش (صدیق زاده و همکاران، ۱۳۸۹)
- ✚ تهویه هوای مناسب در واحد بوش سازی

برنامه کاهش آلاینده های خاک:

#### ۱- حذف فیزیکی خاک آلوده

حذف فیزیکی خاک آلوده ساده ترین روش برای تصفیه خاک آلوده به سرب است که اساساً فقط شامل کندن خاک آلوده و دفع آن در محل دفن زباله امن است. از جمله مشکلات مهم این روش امکان حرکت آلاینده ها از محل دفن به مکان های دیگر می باشد و لذا تثبیت آنها در محل با مشکل روبه رو است. بنابراین در این حالت آلاینده ها باید حداقل حلالیت و یا قابلیت تبخیر شدن را داشته باشند تا آنکه در محل دفن قابل کنترل باشند. برای این منظور از روش های جانبی متعددی مثل



استفاده از پوشش های سطحی در محل دفن یا بازدارنده ها و فیلترهای عمودی جهت جلوگیری از انتقال افقی و عمودی آلاینده ها در خاک استفاده می شود. آلودگی هوا، آب های سطحی و زیرزمینی و نیز آلودگی صوتی ناشی از تردد بیش از حد ماشین آلات از جمله دیگر مشکلات این روش است. این روش ممکن است یک راهکار موثر برای مقابله با مناطق وسیعی از خاک بسیار آلوده در سایت های صنعتی باشد تا زمانی که خاک آلوده خیلی گسترده یا عمیق نباشد. این رویکرد ممکن است هنگام تخریب یک خانه و پاکسازی کل بلوک نیز قابل اجرا باشد (صالحی و فرهادیان، ۱۳۹۲).

## ۲- تثبیت یا انجماد

فناوری های جامدسازی و تثبیت آلودگی ها در خاک جهت کاهش حلالیت و جداسازی محل آلوده از محیط اطراف به وسیله یک لایه غیرمتخلخل می باشد. در این روش با استفاده از مواد جامدساز و عوامل تثبیت کننده همچون سیمان های پرتلند، آهک، سیلیکات ها، رس ها و پلیمرها، خاک را در محل اصلی خود تثبیت می کنند. موفقیت این روش به ایجاد پیوند بین جسم جامد و آلاینده وابسته است. در واقع در این روش خاک آلوده با مواد چسبنده مخلوط شده و سرب را در خاک بی حرکت کرده و خطر آبهویی را کاهش می دهد (صالحی و فرهادیان، ۱۳۹۲).

## ۳- زیست پالایی

میکروارگانیسم هایی مانند باکتری ها، قارچ ها و جلبک ها که قادر به تجزیه یا تبدیل ترکیبات سمی به مواد کمتر مضر هستند، می توانند برای تجزیه آلاینده های موجود در خاک و آب استفاده شوند. میکروارگانیسم های خاک با تولید آنزیم هایی که سرب را به شکل کمتر سمی تبدیل می کنند، می توانند حلالیت و سمیت سرب را در خاک کاهش دهند. یکی از مکانیسم های کلیدی این فرآیند، تولید اسیدهای آلی توسط باکتری ها است که می تواند مواد معدنی سرب دار را در خاک حل کند و آنها را به کمپلکس های سرب محلول تبدیل کند که توسط باکتری ها جذب شده و به سرب عنصری یا سرب تبدیل می شود. رسوبات کربناتی که کمتر محلول هستند و بنابراین کمتر برای جذب گیاه در دسترس هستند. این باکتری همچنین می تواند مواد پلیمری خارج سلولی (EPS) تولید کند که می تواند یک پوشش محافظ در اطراف ذرات سرب ایجاد کند و دسترسی سرب به گیاهان را کاهش دهد. EPS همچنین می تواند به عنوان منبع انرژی و مواد مغذی برای باکتری ها عمل کند که می تواند به رشد و فعالیت باکتری ها در خاک کمک کند. زیست پالایی فرآیند استفاده از جمعیت میکروارگانیسم های طبیعی موجود در محیط است که اگر تعداد آنها کم باشد ممکن است روند کندی باشد. این رویکرد ممکن است به افزودن مواد مغذی یا سایر اصلاحات برای حمایت از رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها نیاز داشته باشد (صالحی و فرهادیان، ۱۳۹۲).

برنامه کاهش آلاینده های آب:

در طرح مورد مطالعه با توجه به اینکه سیستم بسته بوده و خروجی پسابی وجود ندارد لذا تنها پساب تولیدی، پساب انسانی حاصل از فعالیت پرسنل بوده که توسط چاه جذبی دفع می گردد. علاوه بر پساب، عواملی که در آلودگی خاک و آب نقش دارند نشت و نفوذ گازوئیل و اسید بوده که در حال حاضر بتن سازی کف این محل ها به خوبی انجام شده است (بازدیدهای میدانی صورت گرفته). سایر تمهیدات ارائه شده به شرح زیر می باشد:

✚ جلوگیری از رها سازی رواناب ها با تعبیه زهکش در محل ( دستورالعمل مصوب سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸)

✚ حفر چاهک های مونیترینگ به منظور کنترل نشت آلودگی از محل دیو ( دستورالعمل مصوب سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸)

✚ کنترل پایداری و فرسایش محل دیو باطله از طریق بازرسی و مشاهدات دوره ای

## منابع

حسینی نژاد، سیدجواد، اثرات زیست محیطی بازیافت باتری‌های سربی اسیدی، چهارمین کنفرانس بین‌المللی توسعه فناوری مهندسی مواد، معدن و زمین شناسی، تهران، ۱۴۰۰.

حسینیان، اکرم و محبوب، علیرضا، بررسی آلودگی‌های ناشی از عنصر سرب و اثرات زیست محیطی و خواص سمی آن در رابطه با بدن انسان، اولین همایش زمین شناسی زیست محیطی و پزشکی، تهران، ۱۳۸۶.

حدود مجاز مواجهه شغلی، گروه نویسندگان (قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی استان همدان، دانشکده بهداشت)، مجری طرح قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور، انتشارات دانشجو، همدان، ۱۳۹۴.

سالنامه آماری استان قم، ۱۳۹۸

سازمان حفاظت محیط زیست ۱۳۷۸، ضوابط و استانداردهای محیط زیستی در زمینه محیط زیست انسانی، معاونت امور محیط زیست انسانی، دفتر بررسی آلودگی هوا، تهران

شریعت، محمود و منوری، مسعود، مقدمه ای بر ارزیابی اثرات زیست محیطی، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ۱۳۷۵.  
صبوچی، مرتضی، نژادکورکی، فرهاد، عظیم زاده، حمیدرضا، علی طالبی، محمدصالح، آلودگی با فلزات سنگین در غبار کف کارگاه‌های باتری سازی شهر یزد در سال ۱۳۹۳. سلامت و محیط زیست، ۱۳۹۵، ۱۹(۱): ۱۲۷-۱۳۸.

صالحی، ستاره و فرهادیان اصفهانی، مهرداد، روش های شیمیایی و فیزیکی-مکانیکی نوین در تصفیه خاک های آلوده به ترکیبات نفتی، اولین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی محیط زیست، انرژی و صنعت پاک، تهران، ۱۳۹۲

صدیق زاده، اصغر، رستمی، مهدی، صولت، ثنا، مطالعه ی سیستم پالایش و تصفیه ی آلاینده های گازی تاسیسات فرآوری اورانیم اصفهان، ۱۳۸۹

ملکی، عراقی نژاد، رکسانا و سفلی، الهام، کنترل زیست محیطی بازیافت سرب از باتری‌های سربی اسیدی فرسوده، سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۳۸۸.

Gao, X. Zhou, Y. Fan, M. Jiang, M. Zhang, M. Cai, H. and Wang, X. (2023). Environmental risk assessment near a typical spent lead-acid battery recycling factory in China. *Environmental Research*, 116417.

Kularatna, N. (2015). Rechargeable battery technologies: An electronic engineer's view point. *Energy Storage Devices for Electronic Systems: Rechargeable Batteries and Supercapacitors*, Elsevier, 29-61.

Li, L., Ge, J., Chen, R., Wu, F., Chen, S., & Zhang, X. (2010). Environmental friendly leaching reagent for cobalt and lithium recovery from spent lithium-ion batteries. *Waste management*, 30(12), 2615-2621.

Rossini, P. Matteucci, G. and Guerzoni, S. (2010). Atmospheric fall-out of metals around the Murano glass-making district (Venice, Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 17, 40-48.

Sadeghniat haghghi, K, Aminian, O, Chavoshi, F, Bahaedini, L S, Soltani, S, Najarkolaei, F R. (2013). Relationship between blood lead level and male reproductive hormones in male lead exposed workers of a battery factory: A cross-sectional study. *IJRM*; 11 (8) :673-0

Varshney, K. Varshney, P. K. Gautam, K. Tanwar, M. and Chaudhary, M. (2020). Current trends and future perspectives in the recycling of spent lead acid batteries in India. *Materials Today: Proceedings*, 26, 592-602.

Wang, J. Chen, M. Chen, H. Luo, T. and Xu, Z. (2012). Leaching study of spent Li-ion batteries. *Procedia Environmental Sciences*, 16, 443-450.





# Identifying the environmental aspects of recycling used batteries (Case study: Parsian Part Industrial Complex, Pasargad)

Maryam Nasri Nasrabadi<sup>2</sup>

Ph.D. student in Environmental science and  
engineering, Department of Environment, Islamic Azad  
University of Isfahan , Isfahan, Iran

Zahra johari

Ph.D. student in Environmental science and  
engineering, Department of Environment, Islamic  
Azad University of Isfahan, Isfahan, Iran

Parvaneh Peykanpour

Environment and HSE Department, Islamic Azad University, branch of Najaf abad, Iran

## 1-1-

### Abstract - ۲-۱

One of the most prominent applications of lead is in the production of lead-acid batteries. Lead-acid batteries are used in most industries. They are small assemblies for storing energy through the controlled use of chemical reactions. Despite the existence of many advantages of batteries in industries, due to their high level of poisoning and threat to the health of humans and the environment and to preserve primary resources, their recycling is mandatory. Recycling used lead batteries can have effects on the environment. Melting lead components produces hazardous lead fumes. Lead fumes and dust released during the recycling process can become airborne to deposit on soil, water bodies, and other surfaces and contaminate the vicinity of recycling plants. Waste materials from lead processing also pollute land and water. Therefore, in the current research, the environmental effects of recycling lead-acid batteries on the natural environment, including soil, water, and air, were discussed, and then reduction solutions and corrective measures were pointed out

**Keywords:** “ Battery” , “lead” , “recycling” , “pollution”

---

<sup>2</sup> Maryam Nasri Nasrabadi