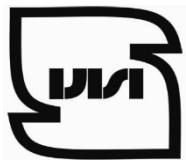
INSO
6340
1st Edition
2021

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۶۳۴۰
چاپ اول
۱۳۹۹

دارای محتوای رنگی

فناوری‌نانو– رهنمودهایی برای مدیریت و دفع پسماند حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده

Nanotechnologies— Guidelines for the management and disposal of waste from the manufacturing and processing of manufactured nano-objects

ICS: 07.120; 13.030.30

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۶۳۴۰ (چاپ اول): سال ۱۳۹۹

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، کاربران، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از کاربران، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا موارد وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری‌نانو- رهنمودهایی برای مدیریت و دفع پسماند حاصل از تولید و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
رضی کرد محله، لادن (دکتری تخصصی محیط‌زیست)	رئیس گروه خاک- سازمان حفاظت محیط‌زیست
دبیر:	
منهاج‌بناء، رابعه (دکتری تخصصی سم‌شناسی)	مدیرعامل- شرکت راهبران توسعه سبز
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی‌پور، الهه (کارشناسی ارشد زیست‌شناسی)	کارشناس- کارگروه استاندارد و ایمنی ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
انصاری، شینا (دکتری تخصصی مدیریت محیط‌زیست)	مدیرکل- اداره محیط‌زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران
جلیلی قاضی‌زاده، مهدی (دکتری تخصصی مهندسی محیط زیست)	عضو هیئت علمی- پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی
حجازی، مرضیه (دکتری تخصصی سم‌شناسی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه تبریز
قاضی خوانساری، محمود (دکتری تخصصی سم‌شناسی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران
کریمی‌پور، حبیب (دکتری تخصصی آلودگی محیط‌زیست)	کارشناس- دانشگاه شهید بهشتی
کوهی، محمّد کاظم (دکتری تخصصی سم‌شناسی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه تهران
گلبابایی، فریده (دکتری تخصصی بهداشت حرفه‌ای)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران
نخجوانی، محمدحسن (کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست)	کارشناس- اداره کل محیط‌زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران

ویراستار:

سیفی، مهوش
(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

سمت و/یا محل اشتغال:

نایب رئیس- کمیته فنی متناظر فناوری نانو ISIRI/TC 229

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار د
مقدمه ذ
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۱ اصطلاحات کلی فناوری‌های نانو ۲
۳-۲ اصطلاحات کلی پسماند ۴
۳-۳ اصطلاحات مدیریت پسماند ۸
۳-۴ اصطلاحات پردازش پسماند ۸
۳-۵ اصطلاحات آنالیز پسماند ۱۱
۳-۶ اصطلاحات کلی ایمنی و سلامت ۱۱
۴ کوته‌نوشت‌ها ۱۲
۵ چارچوب مقرراتی ۱۴
۶ مدیریت کلی محیط‌زیست و پسماند ۱۴
۶-۱ کلیات ۱۴
۶-۲ مدیریت کلی محیط زیست ۱۴
۶-۳ اصول کلی مدیریت WMP-MNOs ۱۵
۶-۴ سلسه مراتب (هرم) مدیریت پسماند ۱۶
۶-۵ پیشگیری (از تولید) پسماند ۱۷
۶-۶ استفاده مجدد و بازیافت ۱۸
۷ مدیریت و ارزیابی ریسک ۱۹
۸ ردگیری پسماند ۲۰
۹ طبقه‌بندی پسماند ۲۱
۱۰ روش‌های پیش‌دفع WMP-MNOs توسط شرکت‌های تولیدکننده و فرآوری‌کننده MNOs ۲۴
۱۰-۱ کلیات ۲۴
۱۰-۲ جداسازی قبل از دفع ۲۵
۱۰-۳ رویه‌های جابه‌جایی ایمن برای دفع پسماند و آماده‌سازی برای دفع ۲۵
۱۰-۳-۱ کلیات ۲۵

۱۰-۳-۲ بسته‌بندی و جابه‌جایی ۲۵
۱۰-۳-۳ برچسب‌گذاری ۲۶
۱۰-۳-۴ معیارهای کنترل ایمنی ۲۷
۱۰-۳-۵ تجهیزات حفاظت فردی ۲۸
۱۰-۴ وظیفه مراقبت ۲۹
۱۱ انتقال و انبارش WMP-MNOs ۲۹
۱۲ انتخاب مسیرهای پردازش و دفع WMP-MNO ۳۱
۱۲-۱ پیش‌پردازش WMP-MNOs قبل ازدفع ۳۳
۱۲-۱-۱ کلیات ۳۳
۱۲-۱-۲ MNO به شکل پودر/ پسماند جامد حاوی MNO ۳۴
۱۲-۱-۳ مایع حاوی MNOs ۳۵
۱۲-۲ کدام نوع پردازش و دفع برای کدام MNOs (دفع در محل دفن یا زباله‌سوزی) ۳۸
۱۲-۲-۱ کلیات ۳۸
۱۲-۲-۲ پراکندگی مایع حاوی MNOs ۳۹
۱۲-۲-۳ MNO به شکل پودر/ پسماند جامد حاوی MNO ۴۰
۱۲-۲-۴ مورد آلوده‌شده ۴۳
۱۳ مدیریت WMP-MNOs در طی دفع پسماند ۴۴
۱۳-۱ کلیات ۴۴
۱۳-۲ واحد زباله‌سوزی ۴۴
۱۳-۳ محل دفن پسماند ۴۷
۱۳-۳-۱ کلیات ۴۷
۱۳-۴ تصفیه خانه فاضلاب و دفع به زهکش‌ها ۵۱
۱۳-۴-۱ کلیات ۵۱
۱۳-۴-۲ آب سطحی- وضعیت شیمیایی ۵۱
۱۳-۴-۳ آب زیرزمینی- وضعیت شیمیایی ۵۱
۱۳-۴-۴ دفع WMP-MNOs از طریق زهکشی ۵۲
۱۴ طرح مدیریت حوادث ۵۳
پیوست الف (الزامی) فهرست قوانین و مقررات جمهوری اسلامی ایران در مدیریت پسماند، ارجاع‌شده در این استاندارد ۵۶
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) ابزاری برای کاهش منبع پسماند تولیدی ۵۸
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) طبقات و دسته‌های خطر CLP ۶۴
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) نشان دادن قابلیت فرآیندهای زباله‌سوزی ۶۶

کتابنامه ۶۸

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری‌نانو- رهنمودهایی برای مدیریت و دفع پسماند حاصل از تولید و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در نود و هفتمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۹۹/۱۲/۱۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورداستفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

۱- استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۲۵: سال ۱۳۷۴، بسته‌بندی و حمل و نقل مواد خطرناک (ویژگی‌های بسته‌بندی)

۲- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۱۳۳۲: سال ۱۳۹۵، مشخصات پسماند - فروشویی- انطباق برای فروشویی مواد پسماند دانه‌ای و لجن‌ها- روش آزمون- قسمت ۱: آزمون دسته ای تک‌مرحله‌ای برای نسبت مایع به جامد ۲ l/kg در مواد با مقدار بالای ماده جامد و دانه‌بندی زیر ۴ mm (با کاهش یا بدون کاهش اندازه)

۳- شاعری، علی‌محمد و رحمتی، علیرضا، *قوانین، مقررات، ضوابط و استانداردهای محیط زیست انسانی*، چاپ اول، تهران: انتشارات حک، ۱۳۹۱

4- CEN/TS 17275: 2018, Nanotechnologies- Guidelines for the management and disposal of waste from the manufacturing and processing of manufactured nano-objects

مقدمه

نوآوری در فناوری‌نانو با توسعه‌های بازرگانی پیوند دارد که با استفاده از نانومواد، خدمات و محصولات نوینی را به بازار روانه کرده‌است. در سال‌های اخیر، فناوری‌نانو از آزمایشگاه پژوهشی به کارخانه تولیدی و محصولات مصرفی راه یافته‌است. نانواشیاء ساخته‌شده (MNOs)[1] را می‌توان با محصولاتی ترکیب کرد تا علاوه‌بر بهبود عملکردشان، خواص جدیدی نیز ایجاد شود. در طی فرآیند تولید چنین محصولاتی، استفاده یا دفع آن‌ها در پایان چرخه زندگیشان، ممکن است MNOs منتشر شوند و با انسان و محیط‌زیست تماس پیدا کنند. هنوز هم تولیدکنندگان نانواشیاء ساخته‌شده و جامعه علمی دقیقاً نمی‌دانند که نانومواد، به‌ویژه نانواشیاء ساخته‌شده، دارای ریسک برای سلامتی در کارگران، کاربران و محیط‌زیست است یا خیر. تصور می‌شود که برخی از نانواشیاء ساخته‌شده ممکن است برای سلامت انسان و محیط‌زیست مخاطره‌آمیز باشند.

نانومواد شامل نانواشیاء و مواد نانوساختاریافته[2] هستند. نانواشیاء ممکن است به‌طور طبیعی به وجود بیایند یا اینکه به‌صورت تصادفی (زیربند ۲-۱۰، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵)، مهندسی‌شده یا ساخته شده‌باشند (زیربند ۲-۹، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵). به‌طور کلی، نانواشیاء تصادفی یا دارای ماهیت طبیعی، از طریق فرآیندهای طبیعی یا به‌عنوان یک محصول جانبی از یک فرآیند (به‌عنوان مثال، فیوم جوشکاری، دود حاصل از احتراق) در هوا منتشر می‌شوند. گاهی نانواشیاء مهندسی‌شده (ENOs)[3] یا نانواشیاء ساخته‌شده، یک طبقه بسیار خاصی از نانومواد، با محصولات ترکیب می‌شوند تا خواص جدید یا بهبودیافته‌ای را ایجاد کنند که این امر فقط از طریق فناوری نانو امکان‌پذیر است. در برخی موارد، ENOs ممکن است جایگزین مواد بسیار سمّی شوند، باعث کاهش تولید پسماند شوند و یا اینکه طی عمر یک محصول را افزایش دهند.

نانواشیاء ساخته‌شده ممکن است در نتیجه فرمولاسیون نانومقیاسشان خواص فیزیکوشیمیایی متمایزی داشته باشند. از این‌رو، ممکن است دارای مخاطره‌ها و ریسک‌هایی برای سلامت انسان و محیط‌زیست باشند که کاملاً متفاوت با مواردی است که ناشی از مواد غیرنانومقیاس است. بنابراین، برای مدیریت و ارزیابی مخاطره‌ها و ریسک‌های انسانی و زیست‌محیطی مربوط به مدیریت و دفع پسماند حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده (WMP-MNOs)[4]، یک راهنمایی ویژه ضرورت دارد.

نانواشیاء ساخته‌شده و ترکیب آن‌ها با محصولات ممکن است شامل فرآیندهای چندمرحله‌ای باشد، از جمله سنتز اولیه، ته‌نشینی، دسته‌بندی کردن، خالص‌سازی و تفکیک فیزیکی یا شیمیایی و نیز ترکیب با محصولات میانی.

1- Manufactured Nano-Objects
2- Nanostructured materials
3- Engineered Nano-Objects
4- Waste fom the Manufacturing and Processing of Manufactured Nano-Objects

هر فرآیندی در زنجیره ساخت ممکن است سبب تولید پسماند حاصل از فرآوری[۱]، بقایا[۲] و رهایش مواد منتشره[۳] از نانواشیاء ساخته‌شده یا کلوخه و انبوهه آن‌ها شود. پسماند حاصل از فرآوری ممکن است ناشی از موارد زیر باشد:

- ساخت یا خرید بیش از حد نیاز (به‌عنوان مثال، تولید بیش از حد، بچ‌های[۴] بزرگ یا موارد اضافی که در انبار باقی می‌مانند)؛

- ساخت بهرهایی که مطابق با ویژگی‌های صحیح یا نیازهای مشتری نباشد؛

- ساخت بهرهایی با نیازها و خواص منسوخ‌شده.

رهایش مواد منتشره به معنای رهایش (غیرعمد) ترکیبات شیمیایی در هوا، خاک و آب‌های زیرزمینی است که از طریق پخش با فرآیندهایی مانند جابه‌جایی یا پراکندگی رخ می‌دهد و توصیه می‌شود از آن‌ها اجتناب شود. نشر مواد منتشره[۵] می‌تواند از طریق جمع‌آوری پسماند و پردازش مناسب آن، جائی‌که نانواشیاء ساخته‌شده در یک سامانه کنترل‌شده، حذف یا جمع‌آوری می‌شوند، کنترل شود.

به‌طورکلی، انتظار می‌رود که WMP-MNOs به شکل پودر، تعلیقه[۶] مایع و/یا موارد[۷] آلوده باشند. نانواشیاء حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده در دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

- نانواشیایی که دارای هویت فیزیکی و شیمیایی یکسانی با بچ تولیدی نانوشیء موردنظر هستند و در طی ساخت و فرآوری حاصل می‌شوند؛
- نانواشیایی که بقایای تولید یا حاصل تولید بچ تاییدنشده است (دور ریز تولیدی)[۸] هستند. مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها ممکن است مشخص، تا اندازه‌ای مشخص یا نامشخص، به‌علت فرایندهای تغییرشکل ناخواسته باشد.

WMP-MNOs مایع یا پودری شکل، ممکن است فقط از نانواشیاء و ذرات در مقیاس غیرنانو تشکیل شده‌باشند.

صنعتی که در فناوری‌نانو و نانومواد به‌کار گرفته می‌شود یک شبکه خطی استt همانند آنچه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود. این شبکه شامل سازمان‌هایی است که تولیدکنندگان مواد اولیه خام (تامین‌کنندگان[۹] نانواشیاء ساخته‌شده)، اصلاح‌کنندگان[۱۰] (تولیدکنندگان محصولات میانی حاصل از تغییرترکیبات یا سطح

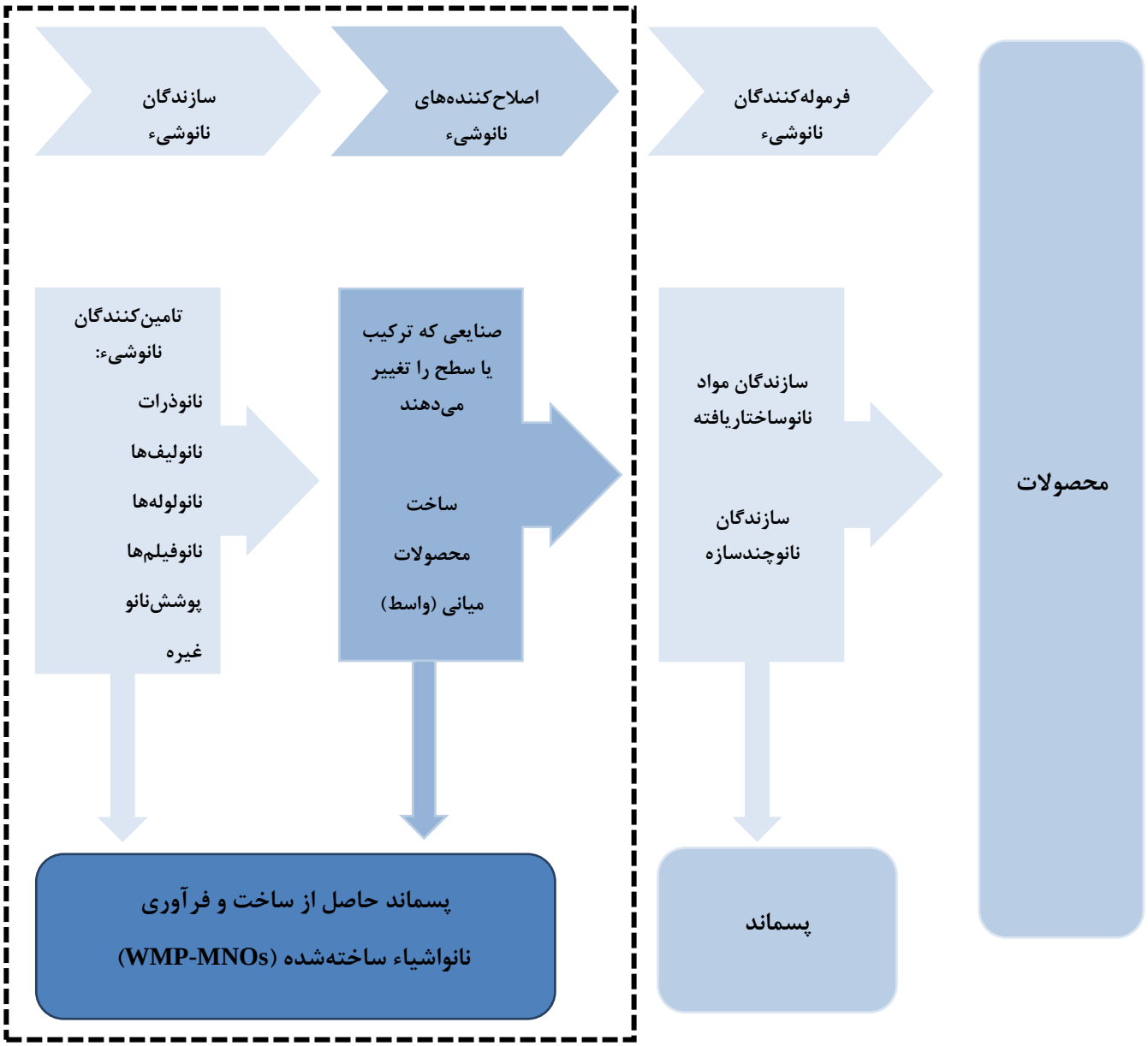
1- Process waste
2- Residues
3- Diffuse release
4- Batches
5- Diffuse emission
6- Suspension
7- Items
8- Production refuse
9- Suppliers
10- Modifiers

نانواشیاء ساخته‌شده) تا فرموله‌کنندگان و کاربران نانومواد (کسانی که نانواشیاء ساخته‌شده یا محصولات میانی را با محصولات نهایی ترکیب می‌کنند و در نتیجه نانوچندسازه‌ها[1] یا مواد نانوساختاریافته را تولید می‌کنند) را در بر می‌گیرد.

مسیرهای دفع مواد غیرنانومقیاس در تمام کشورهای عضو اتحادیه اروپا و از طریق آیین‌نامه‌های ملی و اتحادیه اروپا کاملا مشخص و تنظیم شده‌است. پرداختن به این مسئله در اینجا مدنظر نیست. هدف از استاندارد فعلی، ارائه رهنمودهایی برای مدیریت صحیح پسماند WMP-MNOs است و برای تمام فعالیت‌های مدیریت پسماند حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده رهنمودهایی را ارائه می‌کند، همانگونه که در شکل ۱ خطوط نقطه‌چین نشان داده شده‌است.

این استاندارد، یک راهنما برای تمام فعالیت‌های مدیریت پسماند مرتبط با ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده شامل مدیریت فرآوری پسماند، بقایا و انتشار MNOs پخش‌شده است و به بررسی عدم قطعیت‌ها در این فناوری نوظهور و احتمال مواجهه محیط‌زیست و انسان پرداخته است.

1- Nanocomposites



شکل ۱- نمای کلی فناوری‌نانو و صنعت نانومواد

فناوری نانو - رهنمودهایی برای مدیریت و دفع پسماند حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه رهنمودهایی برای تمام فعالیت‌های مدیریت پسماند حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده است.

این رهنمودها برای تمام نقش‌آفرینان در زنجیره مدیریت پسماند، از جمله تولیدکنندگان نانواشیاء ساخته‌شده، اصلاح‌کننده‌های آن‌ها و نیز شرکت‌های دفع پسماند و حمل‌کنندگان و گیرندگان WMP-MNOs کاربرد دارد.

این استاندارد برای مدیریت و دفع نانوچندسازه‌ها، پسماندهای مشتق از محصولات مصرفی حاوی نانواشیاء یا پسماندهای دارای نانواشیاء تصادفی یا نانواشیایی که ماهیت طبیعی دارند، رهنمودی ارائه نمی‌دهد. علاوه‌براین، در هدف و دامنه کاربرد این استاندارد، هر گونه پسماند حاصل از مواد غیرنانومقیاس حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده مستثنا شده‌است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱- ۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۱: اصطلاحات کلی

۲-۲ استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲- ۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۲: نانواشیاء

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۴- ۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۳، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۴: مواد نانوساختاریافته

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱۵۳: سال ۱۳۹۴، پسماند و مدیریت پسماند- واژه‌نامه

۲-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲۰۲: سال ۱۳۹۲، پلاستیک‌ها- بازیابی و بازیافت پسماند- آئین کار

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۸۳۹۲ و استانداردهای ملی ایران- ایزو ۱-۸۰۰۰۴ و ۲-۸۰۰۰۴ ، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود[۱]:

۳-۱ اصطلاحات کلی فناوری نانو

۳-۱-۱

نانوشیء مهندسی‌شده

engineered nano-object

نانوشیئی (۳-۱-۶) که برای منظور یا کارکرد ویژه‌ای طراحی شده‌است.

[منبع: زیربند ۴-۱، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۲

نانوشیء تصادفی

incidental nano-object

نانوشیئی (۳-۱-۶) که به‌صورت محصول جانبی غیرهدفمند یک فرآیند ایجاد شده‌است.

یادآوری- این فرآیند شامل ساخت، فرآیندهای فناوری زیستی و سایر فرآیندها است.

[منبع: زیربند ۴-۳، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۳

نانوشیء ساخته‌شده

manufactured nano-object

نانوشیئی (۳-۱-۶) که به‌صورت هدفمند و برای داشتن خواص یا ترکیب‌بندی منتخبی تولید شده‌است.

[منبع: زیربند ۴-۲، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org قابل‌دسترس است.

۳-۱-۴

نانوچندسازه

nanocomposite

جامد شامل مخلوطی از دو یا چند ماده که از نظر فازی جدا شده‌اند و دارای یک یا چند نانوفاز است.

یادآوری ۱- نانوفازهای گازی مستثنا می‌شوند (آن‌ها زیر عنوان ماده نانومتخلخل مطرح می‌شوند).

یادآوری ۲- مواد با فازهای *نانومقیاس* (۳-۱-۷) که فقط به وسیله رسوب‌گیری تشکیل می‌شوند، مواد نانوچندسازه محسوب می‌شوند.

[منبع: زیربند ۴-۲، استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۵

نانوماده

nanomaterial

ماده‌ای که هر بعد خارجی آن *نانومقیاس* (۳-۱-۷) است یا ساختار داخلی یا ساختار سطحی آن نانومقیاس است.

یادآوری ۱- این اصطلاح عمومی شامل *نانوشیء* (۳-۱-۶) و *ماده نانوساختاریافته* (۳-۱-۸) است.

یادآوری ۲- تعاریف ۲-۸ تا ۲-۱۰، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵ نیز مشاهده شود.

[منبع: زیربند ۲-۴، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۶

نانوشیء

nano-object

هر قطعه مجزا از ماده با یک، دو و یا سه بعد خارجی در *نانومقیاس* (۳-۱-۷) است.

یادآوری- ابعاد خارجی دوم و سوم عمود بر بعد اول و همچنین عمود بر یکدیگر هستند.

[منبع: زیربند ۲-۵، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵)]

۳-۱-۷

نانومقیاس

nanoscale

گستره اندازه بین تقریبا ۱ نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر است.

یادآوری- خواصی را که از اندازه‌های بزرگتر برون‌یابی نمی‌شوند غالبا در این گستره اندازه نشان داده می‌شوند.

[منبع: زیربند ۲-۱، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۸-۱-۳

ماده نانوساختاریافته

nanostructured material

ماده‌ای که دارای *نانوساختار* (۳-۱-۹) داخلی و یا نانوساختار سطحی است.

یادآوری- این تعریف امکان این‌که *نانوشیء* (۳-۱-۶) ساختار داخلی و یا ساختار سطحی *نانومقیاس* (۳-۱-۷) را داشته‌باشد، رد نمی‌کند. اگر ابعاد خارجی شیء در *نانومقیاس* (۳-۱-۷) باشند، اصطلاح نانوشیء توصیه می‌شود.

[منبع: زیربند ۲-۷، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۹-۱-۳

نانوساختار

nanostructure

ترکیبی از اجزای تشکیل‌دهنده مرتبط با هم که یک یا بیشتر از یک جزء آن‌ها در ناحیه *نانومقیاس* (۷-۱- ۳) قرار دارند.

یادآوری- یک ناحیه به‌صورت یک مرز نمایان از ناپیوستگی در خواص تعریف می‌شود.

[منبع: زیربند ۲-۶، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵].

۲-۳ اصطلاحات کلی پسماند

۱-۲-۳

خاکستر

ash

بقایای جامد یک احتراق موثر و کامل است.

[منبع: زیربند 3.2.20، استاندارد ISO 29464: 2017]

۲-۲-۳

گاز دودکش

flue gas

محصول گازی حاصل از احتراق، شامل هوای اضافی و ماده ویژه‌ای به‌صورت هواسل است.

[منبع: برگرفته از زیربند 3.1.31، استاندارد EN ISO 13705: 2012]

۳-۲-۳

آب زیرزمینی

groundwater

آبی که داخل زمین نگه‌داشته می‌شود و معمولاً می‌تواند از تشکیلات زیرزمینی بازیابی شود.

[منبع: زیربند 41، استاندارد EN ISO 6107: 2004]

۴-۲-۳

محصولات میانی (واسط)

intermediate products

خروجی (برونداد)[1] حاصل از یک فرآیندِ واحد که ورودی (درونداد)[2] برای سایر فرآیندهای واحد است و مستلزم تغییر شکل بیشتری درون آن سامانه است.

[منبع: زیربند 6.2.1، استاندارد EN ISO 14050: 2010]

۵-۲-۳

محل دفن

landfill

محل دفع[3] پسماند، برای نهشت[4] (دفن) رو یا درون زمین، تحت شرایط مقرر یا کنترل‌شده است.

[منبع: زیربند ۳-۱۸، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱۶۲۰۲: سال ۱۳۹۱- تغییریافته]

۶-۲-۳

شیرابه

leachate

مایعی که از پسماند جامد یا محیط دیگر تراوش کرده و حاوی مواد محلول و/ یا معلق از محیط است.

[منبع: زیربند ۳-۱۷۷، استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱۵۳: سال ۱۳۹۴]

۷-۲-۳

آلاینده

1- Output
2- Input
3- Disposal
4- Deposit

آلاینده

contaminant

pollutant

مواد خارجی پخش یا آمیخته‌شده به آب، هوا، خاک یا زمین به میزانی که کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا زیستی آن را طوری تغییردهد که برای انسان یا سایر موجودات زنده یا گیاهان و یا آثار و ابنیه زیان‌آور باشد.

[منبع: زیربند الف-۴، پیوست **الف**]

۳-۲-۸

باقیمانده

residue

مواد به‌جا مانده از مصرف یا یک فرآیند است.

[منبع: زیربند۳-۸-۱۲، استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۵۵۳۸سال: ۱۳۹۸- تغییریافته]

۳-۲-۹

ته‌نشینی

sedimentation

فرآیند فرونشستن یا رسوب مواد معلق موجود در آب یا فاضلاب، تحت‌تاثیر نیروی جاذبه است.

[منبع: بند 62، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۲-۱۰

فاضلاب

waste water

هر نوع ماده مایع زائد، حاصل از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و دامداری، شهری و خانگی که به آب یا خاک تخلیه شود.

[منبع: زیربند الف-۱۳، پیوست **الف**]

۳-۲-۱۱

لجن

sludge

هرگونه مخلوط مواد جامد که در محلول ته‌نشین شده‌است. لجن‌ها حاوی مایعاتی هستند که به‌صورت مایعات مستقل ظاهر نمی‌شوند.

[منبع: زیربند ۳-۳۱۹، استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱۵۳: سال ۱۳۹۴]

۳-۲-۱۲

آب سطحی

surface water

آبی جاری یا ساکن بر روی سطح وسیعی از زمین است.

[منبع: بند 74، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۲-۱۳

پسماند

waste

به مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) گفته می‌شود که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم حاصل از فعالیت انسان بوده و از نظر تولیدکننده، زائد تلقی می‌شود.

[منبع: زیربند الف-۱۳، پیوست **الف**]

۳-۲-۱۴

پردازش پسماند

waste treatment

کلیه فرایندهای مکانیکی، شیمیایی و زیستی که منجر به تسهیل در عملیات دفع شود.

[منبع: زیربند الف-۱۳، پیوست **الف**]

۳-۲-۱۵

مدیریت پسماند

waste management

برنامه‌ریزی، ساماندهی، مراقبت و عملیات اجرایی مربوط به تولید، جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، جداسازی، حمل‌ونقل، بازیافت، پردازش و دفع پسماندها و همچنین آموزش و اطلاع‌رسانی در زمینه پسماند است.

[منبع: زیربند الف-۱۳، پیوست **الف**]

۳-۳ اصطلاحات مدیریت پسماند

۳-۳-۱

تحویل دهنده/ ارسال کننده

Consignor

طرفی که، طبق قرارداد با متصدی حمل، بار را ارسال یا تحویل می‌دهد یا خود واسطه حمل‌ونقل می‌شود.

[منبع: زیربند 2.13، استاندارد ISO/TS 24533: 2012]

۲-۳-۳

حمل‌کننده

carrier

شخص یا سازمانی که دارای یک وسیله حمل‌ونقل است و موظف به حمل‌ونقل مسافران یا کالا از طریق زمین، راه‌آهن، هوا یا آب است.

[منبع: زیربند 2.7، استاندارد ISO/TS 24533: 2012]

۳-۴ اصطلاحات پردازش پسماند

۱-۴-۳

شرایط هوازی

aerobic condition

شرایطی است که در آن اکسیژن محلول وجود دارد.

[منبع: بند 5، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۲-۴-۳

شرایط غیرهوازی

anaerobic condition

شرایطی است که در آن اکسیژن محلول، نیترات و نیتریت موجود نیست.

[منبع: بند 6، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۳

مرکزگریزی

centrifugation

حذف نسبی آب از لجن فاضلاب با نیروی گریز از مرکز است.

[منبع: بند11، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۴

پردازش شیمیایی

chemical treatment

فرآیندی شامل افزودن مواد شیمیایی با هدف رسیدن به یک نتیجه خاص است.

[منبع: بند 12، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۵

انعقاد شیمیایی

chemical coagulation

فرآیند افزودن مواد شیمیایی (ماده منعقدکننده) که باعث ناپایداری و انبوهه‌ای شدن ماده کلوئیدی پراکنده و تبدیل‌شدن به لخته می‌شود.

[منبع: بند 13، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۶

فیلتراسیون (صافش)

filteration

فرآیند پردازش که در آن، آب از میان لایه متخلل مواد به‌منظور حذف مواد ذره‌ای عبور داده می‌شود.

[منبع: بند 36، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۷

لخته‌سازی

floculation

تشکیل ذرات بزرگ قابل‌تفکیک با انبوهه‌سازی ذرات کوچک است. این فرآیند معمولاً با کمک ابزارهای مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی یا زیستی انجام می‌شود.

[منبع: بند 38، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۸

شناورسازی

flotation

به روی سطح راندن مواد معلق در آب، به‌عنوان مثال از طریق واردکردن گاز به ماده معلق است.

[منبع: بند 39، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۹

زباله‌سوزی

incineration

سوزاندن کنترل‌شده فرآورده‌ها یا سایر مواد قابل‌احتراق پسماند، بر اساس ضوابط مربوطه است.

[منبع: زیربند ۳-۱۶۲، استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱۵۳: سال ۱۳۹۴- تغییریافته و زیربندهای الف-۹ و الف-۱۵، پیوست **الف**]

۳-۴-۱۰

زباله‌سوز

incinator

ابزاری ساخته‌شده به‌منظور از بین بردن مواد طی اکسایش گرمایی، بر اساس ضوابط مربوطه است.

[منبع: زیربند ۲-۱۱-۲، استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۳۳: سال ۱۳۹۵ و زیربندهای الف-۹ و الف-۱۵، پیوست **الف**]

۳-۴-۱۱

اسمز معکوس

reverse osmosis

جریان آب از طریق غشا از محلول غلیظ‌تر به سمت محلول با غلظت کم‌تر، در نتیجه اعمال فشاری بیش از فشار اسمزی نرمال به محلول غلیظ‌تر است.

[منبع: بند61، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۴-۱۲

ته‌نشینی

sedimentation

فرآیند فرونشستن و رسوب‌کردن مواد معلق موجود در آب یا فاضلاب، تحت‌تاثیر نیروی جاذبه است.

[منبع: بند 62، استاندارد ISO 6107-1: 2004]

۳-۵ اصطلاحات آنالیز پسماند

۳-۵-۱

پتانسیل الکتروجنبشی

پتانسیل زتا

electrokinetic potential
zeta potential

تفاوت در پتانسیل الکتریکی بین صفحه لغزش و پتانسیل مایع توده‌ای است.

یادآوری- واحد پتانسیل الکتروجنبشی، *ولت* است.

[منبع: زیربند 2.1.8، استاندارد ISO 13099-1: 2012]

۳-۶ اصطلاحات کلی ایمنی و سلامت

۳-۶-۱

صدمه

harm

آسیب یا خسارت به سلامتی انسان‌ها یا خسارت به اموال یا محیط‌زیست است.

[منبع: زیربند 3.1، استاندارد ISO/IEC Guide 51: 2014]

۳-۶-۲

ریسک

risk

ترکیبی از احتمال بروز یک صدمه و شدت آن صدمه است.

یادآوری- احتمال وقوع شامل مواجهه با یک موقعیت مخاطره‌آمیز، وقوع یک رویداد مخاطره‌آمیز و امکان اجتناب یا محدودکردن آن صدمه است.

[منبع: زیربند 3.9، استاندارد ISO/IEC Guide 51: 2014]

۳-۶-۳

ایمنی

s**afety**

رهایی و خلاصی از ریسکی (۳-۶-۲) که غیرقابل‌تحمل است.

[منبع: زیربند 3.14، استاندارد ISO/IEC Guide 51: 2014]

۳-۶-۴

ریسک قابل‌تحمل

tolerable risk

میزانی از ریسک (۳-۶-۲) که در یک شرایط معین براساس ارزش‌های جاری جامعه پذیرفته شده‌است.

یادآوری- در راستای اهداف این استاندارد، اصطلاح «ریسک قابل‌قبول» و «ریسک قابل‌تحمل» مترادف درنظر گرفته می‌شوند.

[منبع: زیربند 3.15، استاندارد ISO/IEC Guide 51: 2014]

۴ کوته‌نوشت‌ها

معادل فارسی	معادل انگلیسی	کوته نوشت‌ها
فاکتور حفاظتی اختصاص‌یافته	Assigned Protection Factor	AFP
بهترین فنون در دسترس	Best Available Techniques	BAT
بهترین رویه زیست‌محیطی	Best Environmental Practice	BEP
فیلترهای کیسه‌ای	Bag Filters	BFs
اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی	Biochemical Oxygen Demand	BOD
بهترین روش‌های در دسترس ارجاع به سند	Best Available Techniques Reference Document	BREF
طبقه‌بندی، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی	Classification, Labeling and Packaging	CLP
سرطان‌زاها، جهش‌زاها و ناقص‌الخلقه‌زاها و عوامل سمیت تولیدمثلی	Carcinogens, Mutagens and Reproductive Toxicants	CMTR
نانولوله‌های کربنی	Carbon Nanotubes	CNTs
اکسیژن‌خواهی شیمیایی	Chemical Oxygen Demand	COD
طرح مدیریت و ممیزی محیط‌زیست	Eco-Management and Audit Scheme	EMAS
سامانه‌های مدیریت زیست‌محیطی	Environmental Management Systems	EMS

ENO	Engineered Nano-Object	نانوشیء مهندسی‌شده
ESPs	Electrostatic Precipitators	رسوب‌دهنده الکترواستا
EWC	European Waste Catalogue	کاتالوگ پسماند اروپا
FGC	Flue Gas Conditioning	آماده‌سازی گاز دودکش
HDPE	High-Density Polyethylene	پلی‌اتیلن با چگالی بالا
IBC	Intermediate Bulk Container	مخزن واسطه مواد توده‌ای
MNO	Manufactured Nano-Object	نانوشیء ساخته‌شده
MWCNT	Multi Wall Carbon Nanotubes	نانولوله‌های‌کربنی چنددیواره
NOAA	Nano-Object, and their Agglomerates and Aggregates greater than 100 nm	نانوشیء و انبوهه‌ها و کلوخه‌های آن‌ها با ابعادی بزرگ‌تر از ۱۰۰ نانومتر
PPE	Personal Protective Equipment	تجهیزات حفاظت فردی
PM	Particulate Matter	مواد ذره‌ای
(Q) SAr	Quantitative Structure-Activity relationship	ارتباط کمی فعالیت- ساختار
R&D	Research and Development	تحقیق و توسعه
RPE	Respiratory Protective Equipment	تجهیزات حفاظت تنفسی
STOT	Specific Target Organ Toxicity	سمیت ارگان هدف خاص
STW	Sewage Treatment Works	فعالیت‌های تصفیه فاضلاب
WAC	Waste Acceptance Criteria	معیار پذیرش پسماند
WFD	Waste Framework Directive	آیین‌نامه چارچوب پسماند
WI	Waste Incineration	زباله‌سوزی پسماند
WMP-MNO	Waste from the Manufacturing and Processing of Manufactured Nano-Objects	پسماند حاصل از ساخت و فرآوری نانواشیاء ساخته‌شده

۵ چارچوب مقرراتی

هدف از این بند، ارائه راهنمایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان نانواشیاء ساخته‌شده، شرکت‌هایی که با جمع‌آوری WMP-MNOs در طی حمل‌ونقل یا انبارش مواد سروکار دارند و شرکت‌های پیش‌پردازش‌کننده یا پردازش‌کننده WMP-MNOs، است.

در حال‌حاضر، هیچگونه الزامات مقرراتی ویژه مدیریت پسماند نانومواد و نانواشیاء ساخته‌شده در اروپا وجود ندارد، اما سایر چارچوب‌های مقرراتی اعمال می‌شوند. نانومواد به‌طورکلی و MNOs به‌طور خاص، بخشی از مدیریت پسماند و نظارت بر مواد شیمیایی هستند که ملزم به رعایت تمام مقررات موجود هستند. در پیوست A، استاندارد CEN/TS 17275: 2018 نقشه‌ای از چارچوب مقررات ارائه شده‌است و کاربر از قوانین اصلی مرتبط در اروپا آگاه می‌شود.

۶ مدیریت کلی محیط‌زیست و پسماند

۶-۱ کلیات

هدف از این بند، ارائه رهنمودهایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs است.

۶-۲ مدیریت کلی محیط‌زیست

اثبات شده‌است که با به‌کارگیری سامانه‌های مدیریت محیط‌زیست (EMS)، ایمنی کارکنان و محیط‌زیست در تمام مراحل چرخه زندگی محصولات با نتایج و رویه‌های بهتری همراه بوده است.

سامانه‌های مدیریت محیط‌زیست جامع مورداستفاده در اروپا عبارتند از:

قانون[۱] (EC) No 1221/2009 [۲] پارلمان و شورای اروپا به تاریخ ۲۵ نوامبر ۲۰۰۹، درباره شرکت داوطلبانه سازمان‌ها در یک طرح مدیریت محیط‌زیست و ممیزی (EMAS) [1] است و همچنین به استانداردهای ISO نیز ارجاع داده می‌شود که چارچوب مدیریت محیط‌زیست و رهنمودهایی را برای اجرا ارائه می‌کنند. در سطح ملی، از استاندارد ملی ایران– ایزو شماره ۱۴۰۰۱: سال ۱۳۹۷ [۲] استفاده می‌شود.

مدیریت ریسک و ارزیابی ریسک موجب تقویت مدیریت صحیح محیط‌زیست می‌شود و جزئیات بیشتر در بند ۷ ارائه شده‌است.

مدیریت پسماند یک فعالیت فرعی از مدیریت محیط‌زیست را تشکیل می‌دهد و بنابراین توصیه می‌شود به‌طور همه جانبه در چارچوب مفاد EMS موردتوجه قرار گیرد.

۱- در این استاندارد، شیوه درج قوانین اروپایی عینا براساس مفاد قوانین اروپایی است. بنابراین وجود پرانتز یا سایر علائم، هریک مفهوم خاصی دارد.

2- European Council

بهترین فنون موجود (BAT) در سند مرجع (BREF) و بهترین رویه زیست‌محیطی (BEP) برای پردازش پسماند مواد شیمیایی، مناسب بوده و می‌توانند راهنمایی مفیدی را برای کاهش انتشار MNOs در جریان‌های پسماند ارائه کنند (به‌عنوان مثال BAT برای پردازش پسماند [آیین‌نامه انتشارهای صنعتی 2010/75/EU[1] در مورد کنترل و پیشگیری آلودگی یک‌پارچه، اکتبر ۲۰۱۷ [3]].

۶-۳ اصول کلی مدیریت WMP-MNOs

علاوه‌بر اصول کلی مدیریت پسماند که در زیربند ۶-۱ شرح داده‌شد، اصول ویژه زیر نیز کاربرد دارند:

۱- توصیه می‌شود کلیه پسماندهای حاصل از ساخت و فرآوری MNOs مطابق با سلسله مراتب (هرم) مدیریت پسماند پردازش شوند. بنابراین ضروری است تا از کاهش کل پسماند با جلوگیری از تولید پسماند در هر مرحله از ساخت و فرآوری MNOs اطمینان حاصل شود؛

۲- اگرچه هیچ‌گونه چارچوب مقررات خاصی برای WMP-MNOs در ایران و اروپا وجود ندارد، اما سایر چارچوب‌های مقررات مواد شیمیایی و مدیریت پسماند (در مورد WMP-MNOs) اعمال می‌شوند و این الزامات قانونی باید برای آن‌ها رعایت شوند؛

۳- تولیدکننده مواد پسماند موظف است برای ارزیابی مخاطره‌های احتمالی همراه با MNO اقدامات مناسب را انجام دهد، در مورد نحوه مدیریت ریسک‌های مربوطه حین جمع‌آوری، استفاده، انبارش و مدیریت پسماند احتمالی تأسیسات تولیدی یا فرآوری، آگاهی داشته باشد؛

۴- توصیه می‌شود درصورت عدم آگاهی کافی از مخاطره‌های ویژه MNOs، همواره مخاطره‌های MNOs حداقل در سطح شکل غیرنانومقیاس آن ماده، طبقه‌بندی شوند؛

۵- توجه به این نکته ضروری است که خواصMNO ممکن است با خواص شکل غیرنانومقیاس آن ماده متفاوت باشد که منجر به افزایش احتمالی مخاطره‌های سلامتی، زیست محیطی، فیزیکی و سایر موارد می‌شود.

۶- توجه به این نکته ضروری است که خواص MNO که به‌عنوان پسماند دفع می‌شود (به‌عنوان مثال در محل دفن یا در زباله‌سوزی) ممکن است به‌علت برهم‌کنش‌های فیزیکی و شیمیایی با MNO اولیه متفاوت باشد. این مسئله ممکن است خواص توکسیکولوژیکی، اکوتوکسیکولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و قابلیت جابه‌جایی را (به‌عنوان مثال در محل دفن) تغییر دهد.

۷- توصیه می‌شود تمام پسماندهای حاصل از ساخت و فرآوری MNOs طبق اصل مجاورت[2] پردازش شوند [4].

1- European Union
1- Proximity principle

یادآوری- مخاطره‌های فیزیکی، محیطی، سلامتی یا سایر موارد براساس مقررات (EC) No 1272/2008 در مورد دسته‌بندی، برچسب‌گذاری (CLP) ترکیبات و مواد [16] تعریف شده‌اند. برای اطلاعات بیشتر به پیوست **پ** مراجعه شود.

توجه: انجام اقدامات مناسب و استفاده از جدیدترین اطلاعات توصیه می‌شود.

استاندارد CEN/TS 16937: 2016 [5] رهنمودهایی را در مورد فرآیندی که یک سازمان ممکن است به‌کارگیرد تا از پاسخگویی، شفافیت، ایمنی (برای کارکنان، مشتریان، و محیط زیست) و ارتباطات شفاف اطمینان حاصل کند، ارایه می‌کند. راهنمایی‌های بیشتری در بند ۱۰ ارائه شده‌است.

۶-۴ سلسه مراتب (هرم) مدیریت پسماند

توصیه می‌شود اکثر پسماندها، از جمله WMP-MNOs، مطابق سلسله مراتب مدیریت پسماند پردازش شوند (به شکل ۲ مراجعه شود). همانگونه که در این هرم مشاهده می‌شود در نخستین مرحله، اولویت با پیشگیری از تولید پسماند است.

پس از تولید پسماند، اولویت با آماده‌سازی آن برای استفاده مجدد، سپس بازیافت و پس از آن بازیابی و درنهایت دفع (به‌عنوان مثال زباله‌سوزی یا دفن) است (به زیربندهای الف-۵، الف-۱۱، الف-۹، پیوست **الف**، مراجعه شود).

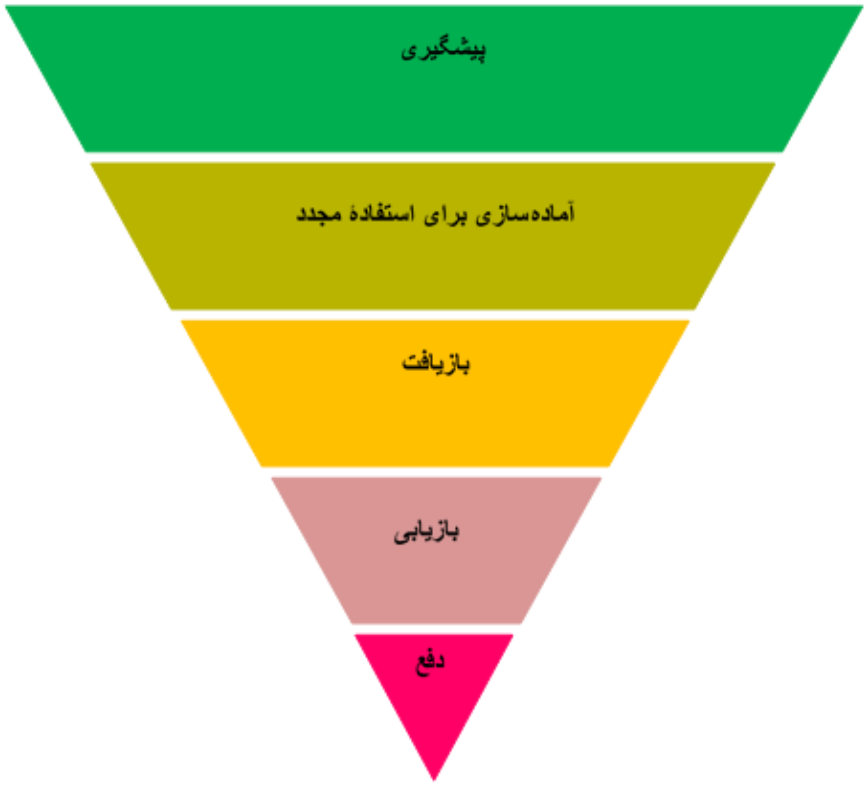
توصیه می‌شود علاوه‌بر اصول کلی مدیریت پسماند، در مواردی که مقدور است، WPM-MNOs از سایر پسماندها تفکیک شوند.

یادآوری ۱- در اروپا طبق آیین‌نامه محل‌دفن (1999/31/EC)، محل‌های دفع بر اساس امکان دفع پسماندهای مخاطره‌آمیز[1]، غیرمخاطره‌آمیز[2] یا بی‌اثر[3] طبقه‌بندی می‌شوند و پسماندها به این شرط پذیرفته می‌شوند که مطابق معیار پذیرش پسماند (WAC) برای آن طبقه از محل دفن باشند.

یادآوری ۲- طبق قانون مدیریت پسماندها، در کشور جمهوری اسلامی ایران پسماندها به ۵ گروه تقسیم می‌شوند: پسماند عادی، پسماند پزشکی، پسماند ویژه، پسماند کشاورزی و پسماند صنعتی. پسماند ویژه به کلیه پسماندهایی گفته می‌شود که به دلیل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری‌زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خورندگی و مشابه آن به مراقبت ویژه نیاز داشته باشد و آن دسته از پسماندهای پزشکی و نیز بخشی از پسماندهای عادی، صنعتی، کشاورزی که نیاز به مدیریت خاص دارند جزء پسماندهای ویژه محسوب می‌شوند (به زیربندهای الف-۳، الف-۹، الف-۱۰، الف-۱۴و الف-۱۶، پیوست **الف**، مراجعه شود).

یادآوری ۳- در این استاندارد محل‌های دفع بر اساس امکان دفع به سه دسته: پسماندهای مخاطره آمیز (ویژه)، غیرمخاطره‌آمیز یا بی‌اثر طبقه‌بندی شده‌اند.

1- Hazardous waste
2- Non-hazardous waste
3- Inert waste



شکل ۲ – هرم مدیریت پسماند

۶-۵ پیشگیری از تولید پسماند

با پیشگیری از تولید پسماند در طی فرآوری و ساخت MNO، نیازی به اقدامات پرهزینه مدیریت پسماند در مرحله بعد نخواهد بود. صرفه‌جویی در هزینه به‌طورکلی با اجتناب از هزینه‌های مواد خام و تامین انرژی، کار اضافی، تلاش برای مشخصه‌یابی پسماند، فرآوری و اداره امور و نیز اجتناب از هزینه‌های دفع مستقیم حاصل می‌شود. با جلوگیری از تولید پسماند احتمال اینکه انسان و محیط‌زیست به‌طور ناخواسته در معرض نانواشیاء حاصل از بقایا و پسماند تولیدشده آن قرار گیرند نیز کاهش می‌یابد و از این‌رو موثرترین سازوکار، مدیریت WMP-MNOs است.

کاهش از مبدأ به معنای اجرای رویه‌های مدیریت یا رویکردهای فنی است که مانع از تولید پسماند از مبدأ آن می‌شود. ابزارهای متنوعی برای کاهش از مبدأ تولید پسماند گسترش یافته‌اند، که عبارتند از رویه‌های مدیریت مطلوب و نیز راه‌حل‌های فنی و نوآوری‌های علمی که در زمینه فرآوری و ساخت MNO کاربرد داشته‌باشند. مثال‌ها در پیوست **ب** ارائه شده‌است.

۶-۶ استفاده مجدد و بازیافت

توصیه می‌شود شرکت‌هایی که از MNOs فرآوری‌نشده استفاده می‌کنند (به‌عنوان مثال سازندگان و اصلاح‌کنندگان) برای استفاده مجدد و بازیافت MNOs، در چرخه حیات محصول، راهکاری پیدا کنند. توصیه می‌شود بقایای حاصل از فرآوری و ساخت MNO یا مورداستفاده مجدد قرار گیرد یا بازیافت شود تا پسماندی که باید دفع شود کاهش یابد و منابع در زنجیره تولید حفظ شوند. در بهترین حالت، توصیه می‌شود فرصت‌های استفاده مجدد و بازیافت، در مراحل اولیه از فرآیند تولید و توسعه، شناسایی و اجرا شوند.

الف- استفاده مجدد

توصیه می‌شود سازندگان و اصلاح‌کنندگان نانواشیاء، امکان استفاده مجدد از بقایای فرآوری و ساخت MNO را به‌عنوان مواد خام، در فرآیند تولید آن‌ها بررسی کنند و درصورت امکان، موظفند فرآیند تولید خود را به‌نحوی طراحی کنند که MNO از بقایا جدا شوند و به‌راحتی مورداستفاده مجدد قرار گیرند. بدین منظور، به تامین‌کنندگان سطوح بالا (مانند سازندگان) توصیه می‌شود علاوه بر زنجیره تامین (به‌عنوان مثال اصلاح‌کنندگان یا فرموله‌کنندگان)، ترکیب (غلظت‌ها و اجزای زیستی یا شیمیایی) و خطرات مشخص MNOs و ماده تامین‌شده (مانند برگه اطلاعات ایمنی SDS[1]) را در اختیار مراجعان خود قرار دهند.

ب- بازیافت

دو گزینه برای بازیافت امکان‌پذیر است:

۱- «بازیافت حلقه بسته»[2] بدان معنا که WMP-MNOs به‌عنوان مواد خام اولیه در همان فرآیند تولید به‌کار می‌روند.

۲- «بازیافت حلقه باز»[3] بدان معنا که WMP-MNOs کاربرد دیگری خواهند داشت.

بازیافت MNOs ممکن است دشوار باشد. MNOs ممکن است با سایر مواد، ترکیبات پیچیده‌ای را تشکیل دهند که تجزیه آن‌ها دشوار باشد. با این‌وجود، اکنون نیز روش‌های گوناگونی وجود دارند که بازیافت MNO را در پراکنش‌ها (به‌عنوان مثال، نانوذرات روی و کادمیم (میاکونکایا[4] و همکاران، ۲۰۱۰ [7]) یا نانوذرات طلا و پالادیم (نظر[5] و همکاران، ۲۰۱۱ [8]) امکان‌پذیر می‌کند.

بقایای فرآوری و ساخته‌شده MNO موجود در مواد اولیه بازیافت‌شده ممکن است باعث آلودگی متقابل غیرعمدی محصولات شود و توصیه می‌شود از این کار جلوگیری شود. توصیه می‌شود به کاربرد هدفمند مواد بازیافتی، توجه ویژه‌ای شود، زیرا استفاده پراکنده از مواد بازیافتی درصورتی‌که در طی فرآیند بازیافت بی‌تحرک نشوند، سبب بروز ریسک انسان و محیط‌زیست در مواجهه با MNOs می‌شود.

1- Safety Data Sheet
2- Closed loop recycling
3- Open loop recycling
4- Myakonkaya
5- Nazar

۷ مدیریت و ارزیابی ریسک

هدف از این بند، ارائه راهنمایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs، شرکت‌های اداره‌کننده WMP-MNOs در طی حمل‌ونقل یا انبارش و شرکت‌های پیش پردازش‌کننده یا پردازش‌کننده WMP-MNOs است.

جابه‌جایی ایمن، استفاده و مدیریت مواد شیمیایی در تولید، ساخت و سنتز مواد شیمیایی از طریق رویکرد جامع و نظام‌مند برای مدیریت و ارزیابی ریسک در هر شرکت یا مکانی که مواد شیمیایی استفاده می‌شود (از جمله آزمایشگاه‌ها) کاملاً تضمین‌شده و مطمئن است. در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵: سال ۱۳۹۸[۹] و استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۶۰: سال ۱۳۹۱ [۱۰] در مورد مدیریت ریسک راهنمایی ارائه شده‌است.

بنابراین توصیه می‌شود WMP-MNOs به‌گونه‌ای جابه‌جا، انبارش و دفع شوند که کارکنان و محیط در کمترین حد ممکن در معرض مواجهه قرار گیرند، به‌ویژه در مورد پسماندهای مخاطره‌آمیز (ویژه) شناخته‌شده یا مواردی که ریسک آن‌ها کاملاً مشخص نیست.

پتانسیل ریسک‌ها برای سلامت انسان، محیط‌زیست و کارکنان باید در تمام مراحل چرخه حیات نانومواد و MNOs از جمله در طی مراحل بازیافت، استفاده مجدد و دفع ارزیابی شود. در استاندارد ISO/TR 13121: 2011 [11] برای حفاظت از سلامت و ایمنی عمومی، مشتریان، کارکنان و محیط‌زیست رهنمودهایی برای شناسایی، ارزیابی، رسیدگی، تصمیم‌گیری و بیان پتانسیل ریسک‌های توسعه و استفاده نانومواد ساخته‌شده از جمله MNOs ارائه شده‌است. در استاندارد مذکور، تولید، توزیع، استفاده/استفاده مجدد و انواع مختلفی از مدیریت پایان حیات نانومواد و نانواشیاء ذکر شده‌است.

سازمان‌های تولیدکننده WMP-MNOs و شرکت‌های دفع پسماند برای شناسایی و اعمال اقدامات مدیریت ریسک موظف هستند ارزیابی ریسک را به‌طور کامل انجام دهند. راهنمایی در مورد نحوه انجام ارزیابی ریسک در محیط‌های کاری مربوط به فناوری‌های نانو در استاندارد ISO/TR 12885: 2008 موجود است.

ریسک‌هایی که یک سازمان را از لحاظ عملکرد اقتصادی و اعتبار حرفه‌ای و نیز پیامدهای اجتماعی، ایمنی و زیست محیطی تحت‌تاثیر قرار می‌دهد، می‌تواند عواقبی را به‌دنبال داشته‌باشد. از این‌رو، مدیریت ریسک به‌طور موثر به سازمان‌ها کمک می‌کند تا عملکرد مطلوبی در یک محیط کاملاً غیرقابل پیش‌بینی نیز داشته باشند.

۸ ردگیری[1] پسماند

هدف از این بند، ارائه راهنمایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs، شرکت‌های اداره‌کننده WMP-MNOs در طی حمل‌ونقل یا انبارش و شرکت‌های پیش‌پردازش‌کننده یا پردازش‌کننده WMP-MNOs، است.

معمولاً سازمان‌های مختلفی عهده‌دار جابه‌جایی، حمل‌ونقل و پردازش پسماند هستند. توصیه می‌شود اطلاعات مربوط به محتوا و مخاطره‌ها ویژه از یک سازمان به سازمان دیگر منتقل شود. برای جلوگیری از رقیق‌شدن نامناسب ماده مخاطره‌آمیز و حصول اطمینان از جابه‌جایی و درنهایت دفع صحیح آن، ردگیری WMP-MNOs بسیار مهم است.

توصیه می‌شود تمام فعالان زنجیره تامین (از جمله سازندگان و اصلاح‌کنندگان) با یکدیگر همکاری کنند و برای رعایت طبقه‌بندی پسماند براساس فهرست اروپایی پسماند (تصمیم کمیسیون اروپا 2000/532/EC [13]) و پیوست III از آیین‌نامه چارچوب پسماند 2008/98/EC [4] و جابه‌جایی و دفع صحیح پسماند، اطلاعات لازم و کافی را در اختیار یکدیگر قرار دهند (به پیوست **الف** مراجعه شود).

ردگیری پسماند و مدرک (مدارک) اطلاعاتی مربوط به WMP-MNOs (به‌عنوان مثال توصیف پسماند) از طریق زنجیره تامین (از مبدأ تولید پسماند تا ایستگاه انتقال و محل دفن) باید همراه با پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه) و غیرمخاطره‌آمیز باشد.

توصیه می‌شود ردگیری پسماند و مدارک اطلاعاتی توسط ذی‌نفعان مرتبط کامل شود. نوع و سطح اطلاعات مربوط به WMP-MNOs باید مطابق با هر دو قانون ملی و اروپا در خصوص پسماند آماده شده و حاوی جزئیات کافی درباره جابه‌جایی ایمن، انبارش و دفع WMP-MNOs باشد. برخی از اطلاعات خاص (به‌عنوان مثال نوع پوشش برای نانواشیاء) درباره MNOs نیز باید ارائه شود تا به شرکت دفع پسماند در تصمیم‌گیری برای بهترین پردازش پسماند کمک کند. نوع پوشش نانواشیاء یک پارامتر کلیدی برای پیش‌بینی قابلیت پراکنش یا پایداری کلوئیدی آن دسته از نانواشیاء در یک محیط مایع و متعاقبا قابلیت تحرک زیست‌محیطی است.

علاوه‌بر این، توصیه می‌شود برگه اطلاعات ایمنی (SDS) نانواشیاء ساخته‌شده ضمیمه WMP-MNOs باشد. در استاندار ملی ایران شماره ۱۹۵۴۴: سال ۱۳۹۴[۱۴]، رهنمودهایی برای توسعه محتوا و انسجام در تبادل اطلاعات مربوط به ایمنی، سلامت و مسائل زیست‌محیطی MNOs در برگه‌های اطلاعات ایمنی ارائه شده‌است. در مواردی که اطلاعات ناقصی درباره خطرات بالقوه ناشی از WMP-MNOs وجود دارد، یک رویکرد محتاطانه مطرح شده‌است (به بند ۹ مراجعه شود). بهترین روش آن است که کیسه‌های حاوی این WMP-MNOs به‌طور ویژه برچسب‌گذاری شوند (مطابق با زیربند ۱۰-۳-۳).

1- Tracking

توصیه می‌شود قبل از دفع نهایی، از مخلوط کردن این پسماندها اجتناب شود، مگرآنکه خواص مخاطره‌آمیز پسماند به‌طور قطع مشخص شده‌باشد و آن پسماند را بتوان با سایر مواد مشابه مخلوط کرد. در مواردی که مشخصه‌یابی مخاطره‌های WMP-MNOs کاملاً ارزیابی نشده باشد، مخلوط کردن WMP-MNOs با سایر پسماندها باعث از بین‌رفتن قابلیت ردگیری می‌شود و از این رو باید از آن اجتناب شود.

۹ طبقه‌بندی پسماند

هدف از این بند، ارائه رهنمودهایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs و شرکت‌های عهده‌دار پیش‌پردازش و پردازش WMP-MNOs است.

هدف از مدیریت پسماند، جلوگیری از/ یا محدودکردن اثرات منفی پسماند بر محیط‌زیست و سلامت انسان است. بدین منظور، ترکیب پسماند باید به‌تفصیل شرح داده شود تا خواص مخاطره‌آمیز WMP-MNOs مشخص شود. شرکت‌های تولیدکننده، فرآوری‌کننده یا دفع‌کننده WMP-MNOs ملزم به تصمیم‌سازی درباره مسیر دفع موردنظر هستند. چنین تصمیماتی براساس مقررات موجود در مدیریت پسماند مواد شیمیایی اتخاذ می‌شوند. چارچوب مقررات برحسب طبقه‌بندی پسماند به عنوان مخاطره‌آمیز (ویژه) یا غیرمخاطره‌آمیز، روش اجرایی پردازش مناسب پسماند را تجویز می‌کند. طبقه‌بندی پسماند که پیش‌پردازش مناسب و مسیر دفع را مشخص می‌کند، به ارزیابی مخاطره‌ها و مشخصات پسماند بستگی دارد. همانگونه که در زیربند ۶-۳ بیان شده‌است، توصیه می‌شود به این احتمال توجه شود که خواص MNO که به‌عنوان پسماند دفع می‌شوند ممکن است به‌علت واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی نسبت به خواص MNO اولیه، تغییر یافته‌باشد. این امر ممکن است خواص فیزیکوشیمیایی، اکوتوکسیکولوژی، توکسیکولوژی و همچنین قابلیت جابه‌جایی را تغییر دهد (اصل ۶ مربوط به زیربند ۶-۳).

چنانچه WMP-MNOs مخلوطی از MNOs با سایر اجزای غیرMNOs یا مخلوطی از MNOs دارای ترکیبات مختلف شیمیایی باشد، باید مقدار هر جزء، خواص و مخاطره‌های مربوط لحاظ شود تا تصمیم گرفته شود که آیا WMP-MNOs باید به‌عنوان پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه) یا غیرمخاطره آمیز طبقه‌بندی شوند. در تصمیم‌گیری مبنی بر اینکه آیا پسماندهای WMP-MNOs به‌عنوان مخاطره‌آمیز یا غیرمخاطره‌آمیز (ویژه) طبقه‌بندی شوند، باید به غلظت بیش از مقدار حد آستانه کلی قانونی MNOs و هرگونه ماده دیگر (مثلا کاتالیست فلز سنگین به‌عنوان عناصر آلاینده، حلّال پسماند مایع و غیره) توجه شود.

مسیر دفع پسماند براساس جزئی که بالاترین طبقه مخاطره را دارد، مشخص می‌شود. توصیه می‌شود زمانی‌که درباره مخاطره بالقوه MNO تردید وجود دارد، بالاترین طبقه مخاطره به WMP-MNO اختصاص یافته و به مخاطره‌ها زیست‌محیطی و اکوتوکسیک توجه ویژه‌ای شود.

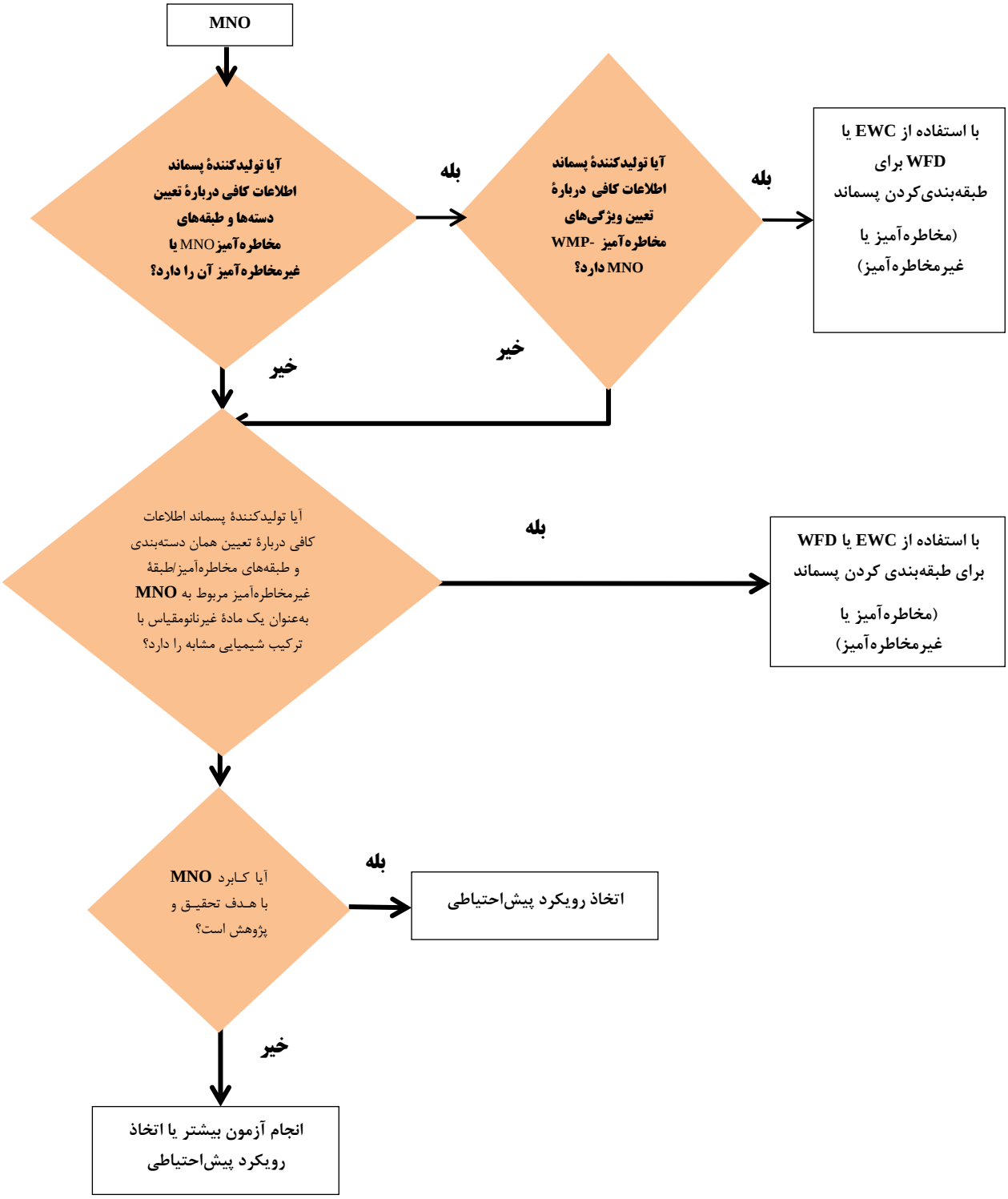
طبقه‌بندی پسماند به‌عنوان مخاطره‌آمیز باید طبق قانون طبقه‌بندی مواد شیمیایی باشد (به زیربندهای الف-۳، الف-۵، الف-۹، الف-۱۱، پیوست **الف**، مراجعه شود).

درباره تعریف و دسته‌بندی پسماندهای مخاطره‌آمیز در 2008/98/EC راهنمایی غیرالزامی ارائه شده‌است [4] [15]. در روندنما یا نمودار درخت تصمیم‌گیری در شکل ۳، راهنمایی بیشتری درباره دسته‌بندی مخاطره‌های پسماند مربوط به MNOs ارائه شده‌است.

در مواردی که اطلاعات کافی برای طبقه‌بندی مخاطره ها MNOs یا غلظت آن‌ها در پسماند موجود نیست، تولیدکننده پسماند باید عهده‌دار آزمون‌ها شود. چنانچه امکان‌پذیر نباشد، توصیه می‌شود بر مبنای یک رویکرد احتیاطی، WMP-MNO به‌عنوان پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه) طبقه‌بندی شود.

مشابه ردگیری پسماند، طبقه‌بندی پسماند از عوامل سودمند برای اشتراک اطلاعات در طی زنجیره تامین است. براساس قانون طبقه‌بندی، برچسب‌گذاری و بسته‌بندی CLP، تولیدکننده، واردکننده و توزیع‌کننده مواد و ترکیبات باید تمام اقدامات مناسب را انجام دهند تا از اطلاعات فنی یا علمی نوینی آگاه شوند که ممکن است طبقه‌بندی را تحت‌تاثیر قرار دهد.

چنین رهنمودهایی نمی‌توانند محدوده‌های غلظت/مقادیر حد آستانه را برای MNOs موجود در پسماند توصیه کنند، آن‌ها بیانگر خواص مخاطره‌آمیزی هستند که در مقادیر پایین تر از آن MNO می‌تواند هنگام درنظر گرفتن مسیر دفع مناسب برای آن پسماند، نادیده گرفته شود. رده‌ها و طبقه‌های مخاطره ها براساس قوانین CLP [16] تعریف می‌شوند. مقادیر حد آستانه مواد مجزا برای ارزیابی خواص مخاطره‌آمیز در پسماند، در آیین‌نامه چارچوب پسماند (2008/98/EC) [4] مشخص شده‌اند.



یادآوری ۱- مخاطره شامل: ماهیت مخاطره زیست‌محیطی، فیزیکی یا سلامت و دسته مخاطره تقسیم معیارها درون هر طبقه مخاطره است که شدت مخاطره را تعیین می‌کند [16].

یادآوری ۲- اطلاعاتی که به تعیین خواص مخاطره کمک می‌کند عبارتند از:

- نتایج آزمون‌های انجام‌شده مطابق مقرارت روش آزمون مندرج در (EC) NO 440/2008 [17]؛

- نتایج آزمون‌هایی مطابق با اصول صحیح علمی است که در سطح بین‌المللی به رسمیت شناخته‌شده‌اند یا روش‌هایی که مطابق روش‌های بین‌المللی صحه‌گذاری شده‌باشند؛

- نتایج کاربرد روش‌های آزمون غیرتجربی مانند ارتباطات کمی فعالیت- ساختار (Q)SAr، روش علمی برای پیش‌بینی خواص ناشناخته یک ماده شیمیایی از طریق خواص شناخته‌شده ترکیبات شیمیایی مشابه آن، رویکرد رده‌ای، رویکردی که بر اساس آن یک طبقه مواد شیمیایی بر اساس ویژگی‌های خاصی از طبقات دیگر متفاوت و متمایز می‌شود[1]؛

- داده‌هایی از قبیل داده‌های همه‌گیرشناسی، داده‌های مربوط به پایگاه داده تصادفات و داده‌های شغلی؛

- هرگونه اطلاعات علمی؛

- هرگونه اطلاعات دیگری که حاصل برنامه‌های شیمیایی شناخته‌شده در سطح بین‌المللی است.

یادآوری ۳- راهنمای ایمنی نانو انگلستان [18] چند ویژگی را در قالب پرسش‌هایی فهرست کرده‌است که ممکن است به سمیّت نانومواد اشاره داشته‌باشد، به این معنا که ممکن است وجود یک یا چند مشخصه فیزیکوشیمیایی افزایش مخاطره بالقوه را مطرح کند.

- آیا ماده ذره‌ای شکل[2] به‌عنوان یک CMTR[3] (کارسینوژن، موتاژن، تراتوژن و سم تولید مثلی) یا حساسیت‌زا طبقه‌بندی شده‌است؟

- آیا نانوماده از فلز(های) واکنش‌پذیر تشکیل شده‌است؟ آیا نانوماده حساس به نور است؟ آیا نانوماده دارای یک سطح کاملاً باردار است؟

- آیا نانوماده محلول است؟

- آیا نانوماده الیافی است (به‌عبارتی دارای یک نسبت منظری[4] بالا است)؟

- آیا نانوماده دارای یک قطر آئرودینامیک کم و در عین‌حال یک یا چند (نسبت) منظر بالاست؟

شکل ۳- درخت تصمیم‌گیری برای تقسیم‌بندی WMP-MNOs

۱۰ روش‌های پیش‌دفع WMP-MNOs توسط شرکت‌های تولیدکننده و فرآوری‌کننده MNOs

۱۰-۱ کلیات

هدف از این بند، ارائه رهنمودهایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs است.

توصیه می‌شود شرکت‌های تولیدکننده و فرآوری‌کننده MNOs در حین پیش‌دفع WMP-MNOs بهترین روش‌ها را به‌کارگیرند، که عبارتند از:

-جداسازی پسماند؛

1- Category approach
2- Particulate
3- Carcinogen, Mutagen, Teratogen and Reproductive Toxicant
4- Aspect ratio

- جابه‌جایی ایمن و آماده‌سازی پسماندها به‌ویژه پسماندهایی که برای سلامت انسان و محیط‌زیست مخاطره‌آمیز هستند یا مواردی که ریسک آن‌ها کاملاً مشخص نیست، به‌نحوی که مواجهه کارکنان، عامه مردم و به‌ویژه محیط‌زیست تا حد ممکن کاهش یابد؛

- یک وظیفه مراقبتی.

۱۰-۲ جداسازی قبل از دفع

طبق قوانین اروپایی[1]، ترکیب پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه) با هرگونه پسماند غیرمخاطره‌آمیز یا مخاطره‌آمیز دیگری غیرقانونی است. انواع گوناگون پسماند یا اجزاء تشکیل‌دهنده پسماند باید جداسازی شوند. یک پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه) نباید با مواد یا پسماند غیرمخاطره‌آمیز دیگری مخلوط شود. انواع رده‌های مختلف پسماند مخاطره‌آمیز نباید با یکدیگر مخلوط شوند (به زیربند الف-۹، پیوست **الف** مراجعه شود).

۱۰-۳ روش‌های جابه‌جایی ایمن برای دفع پسماند و آماده‌سازی برای دفع

۱۰-۳-۱ کلیات

چنانچه WMP-MNOs هیچ‌گونه مخاطره‌ای نشان ندهند و درصورتی که دانش کافی درباره ریسک بالقوه بر سلامت انسان و محیط‌زیست در طی جابه‌جایی، بسته‌بندی، انبارش و دفع وجود نداشته باشد، توصیه می‌شود روش‌های مناسبی به‌کار گرفته شوند تا مواجهه انسان و محیط‌زیست تا حد ممکن کاهش یابد.

۱۰-۳-۲ بسته‌بندی و جابه‌جایی

مهم است که مواد پسماند به‌دقت جابه‌جا شوند. برای جلوگیری از آسیب به یکپارچگی آن‌ها، ضروری است پرتاب نشوند. توصیه می‌شود جابه‌جایی WMP-MNOs همواره به‌گونه‌ای انجام شود که کنترل و مهار آن‌ها به حداکثر برسد و انسان و محیط تا کمترین حد ممکن در معرض مواجهه قرار گیرند، به‌ویژه در مورد پسماندهایی که برای سلامت انسان و محیط‌زیست مخاطره داشته یا مواردی که مخاطره ها آن‌ها کاملاً مشخص نیست. در مواردی که WMP-MNOs ریسک معناداری برای سلامت انسان یا محیط‌زیست داشته باشند یا چنانچه نمودار ریسک قطعی نباشد، بهتر است از فنون جابه‌جایی برای مواد دارای ریسک مشخص استفاده کرد.

توصیه می‌شود WMP-MNOs در ظرف دو جداره قرار گیرد. ضروری است ظرف بیرونی قبل از خارج شدن از محوطه کار آلوده نشود. درصورت آلوده‌شدن، توصیه می‌شود با استفاده از جاروبرقی صنعتی از نوع طبقه H (مخاطره بالا) دارای فیلتر، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۷۷۷: سال ۱۳۹۷ [۱۹] و یا پارچه مرطوب تمیز شود.

1- European legislation

ضروری است کیسه‌های پلاستیکی که حاوی مقدار زیادی پسماند است، بسیار محکم و بادوام باشند. ضروری است مراقبت شود کیسه‌ها حاوی موادی نباشند که به یکپارچگی کیسه‌ها آسیب بزند، مثل اشیاء نوک‌تیز. ضروری است کیسه‌های پسماند بیش ازحد پُر نشوند و توصیه می‌شود از دو کیسه استفاده شود. ضروری است کیسه بیرونی کاملاً پیچیده و مهروموم شود و سپس با نوار چسب لفافه‌پیچی شود. ترجیحاً قبل از مهروموم کردن، هوا از داخل کیسه متصاعد نشود. این کار ممکن است باعث انتشار MNOs هوابرد در هوا شود.

توصیه می‌شود پسماندهای مایع حاوی MNOs در ظروف محکم گذاشته شوند تا از نشت آن‌ها جلوگیری شود و در ظروف دوجداره نیز انبارش شوند. توصیه می‌شود درصورت امکان، قبل از دفع MNOs آن‌ها از مایع جدا شوند (به‌عنوان مثال از طریق فیلتراسیون).

توصیه می‌شود WMP-MNOs اکسایشی و قابل انفجار بادقت جابه‌جا شوند و در ظروف مناسب انبارش شوند (برای مثال در مخازن تحت فشار مجهز به شیرهای فشاربالا).

توصیه می‌شود با استفاده از اقدامات کنترل مهندسی مناسب، بسته‌بندی برای دفع از همان مبدأ مواجهه کنترل شود (به‌عنوان مثال با روش‌های گردوغبارزدایی یا تهویه مکنده موضعی موثر). پسماند پودری غیرمحلول واکنش‌ناپذیر می‌تواند با آب مرطوب شود (احتمالاً با افزودن یک عامل ترکننده) و رطوبت آن حفظ شود تا انتشار MNOs هوابرد به حداقل برسد. به‌خاطر داشته باشید حداقل استفاده از آب موردنیاز و جلوگیری از ورود هرگونه آب اضافی به زهکش فاضلاب حائز اهمیت است. هرگونه آب اضافی که ناخواسته از WMP-MNOs مخاطره‌آمیز و WMP-MNOs دارای مخاطره نامشخص حاصل می‌شود، نباید به‌طور مستقیم از طریق زهکش دفع، جمع‌آوری یا فیلتر شوند (به زیربند ۱۲-۱ مراجعه شود).

۱۰-۳-۳ برچسب‌گذاری

پسماند باید مطابق با آیین‌نامه‌های اجرایی و با برچسب اطلاعات مربوط بسته‌بندی شود. توصیه می‌شود برچسب‌گذاری برای جابه‌جایی ایمن و دفع، WMP-MNOs به‌درستی انجام شود و سایر مواد شیمیایی یا حلّال‌ها نیز به‌درستی به برچسب‌گذاری اضافه شوند (به زیربندهای الف-۵ و الف-۱۸، پیوست **الف** مراجعه شود)

توصیه می‌شود چنانچه WMP-MNOs در دسته مخاطره‌آمیز باشند، کیسه‌ها و ظروف حاوی پسماند با درج نام مواد و خواص مخاطره‌آمیز برچسب‌گذاری شوند. برای تحقیق و توسعه پسماند حاصل از MNOs که به‌تازگی سنتز شده‌اند و قرار است دفع شوند، ممکن است مناسب باشد که بالاترین طبقه‌ها و رده‌های مخاطره را به آن‌ها اختصاص دهید.

۱۰-۳-۴ معیارهای کنترل ایمنی

جابه‌جایی، انبارش و انتقال MNOs واکنش‌پذیر، لازم است براساس معیارهای کنترل ایمنی انجام شود. هنگام مدیریت و دفع WMP-MNOs باید سلسله مراتب کنترل مخاطره، سامانه‌ای که در صنعت برای به‌حداقل رساندن یا عدم مواجهه مخاطره ها به‌کار می‌رود، مدنظر قرار گیرد. سلسله مراتب کنترل‌های مخاطره براساس کارایی نزولی عبارتند از:

۱- حذف؛

۲- جایگزینی؛

۳- کنترل‌های مهندسی؛

۴- کنترل‌های اجرایی؛

۵- تجهیزات حفاظت فردی.

در مفاد این استاندارد، مراحل ۲ تا ۵، با جایگزینی یک فرآیند که می‌تواند مواجهه را به حداقل برساند ارائه شده‌است، اما به مرحله ۱ (حذف) مرتبط نیست.

برای جلوگیری از مواجهه MNOs هوابرد در آزمایشگاه‌های پژوهشی و کارگاه‌های صنعتی، ابزارهای دسته‌بندی اقدامات کنترلی برای ارزیابی ریسک جابه‌جایی WMP-MNOs و شناسایی اقدامات کنترلی لازم می‌تواند مفید باشد. در استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۹۸۱۶: سال ۱۳۹۷[۲۰] استفاده از رویکرد اقدامات کنترلی برای کنترل ریسک‌های مربوط به مواجهه MNOs و NOAAs (نانواشیاء، انبوهه‌ها و کلوخه‌های بزرگ‌تر از ۱۰۰ نانومتر) به‌واسطه مواجهه شغلی، حتی درصورت فقدان یا محدودیت دانش مربوط به سمیّت آن‌ها و تخمین‌های کمّی مواجهه، شرح داده شده‌است.

توصیه می‌شود از ایجاد شرایطی که ممکن است موجب واکنش گرماده شده و انفجار گردوغبار را افزایش دهد، جلوگیری شود. ریسک انفجار به مقدار MNOs و غلظت گردوغبار در هوا و وجود منبع احتراق برای انرژی لازم بستگی دارد. در استاندارد CEN/TS 17274 [21] رهنمودی برای آزمون MNOs از لحاظ خواص اشتعال یا انفجار ارائه شده‌است. آیین‌نامه ATEX 99/92/EC[1] (همچنین معروف به «ATEX 137» یا «آیین‌نامه کارگاه ATEX») حداقل الزامات برای بهبود سلامت و حفاظت ایمنی کارکنان که احتمالاً در معرض ریسک ناشی از جوهای[2] قابل‌احتراق هستند را تعیین می‌کند [22].

1- Atmospheres Explosives
2- Atmospheres

۱۰-۳-۵ تجهیزات حفاظت فردی

توصیه می‌شود تجهیزات مناسب حفاظت فردی ازجمله، لباس کار یکسره، ترجیحا یک‌بار مصرف و دستکش، باید پوشیده شوند. برای بسیاری از MNOs، دستکش‌های یک‌بار مصرف ضد مواد شیمیایی ممکن است کافی باشد. بااین‌وجود، به موارد زیر باید توجه شود:

- ضخامت و نوع ماده (جنس) دستکش؛
- پوشیدن دو لایه از دستکش‌های یک‌بار مصرف به‌دلیل خواص برخی از مواد به‌کاررفته در دستکش؛
- سایر مواد شیمیایی (به‌عنوان مثال مایعات آلی شامل حلّال‌ها) به‌کار رفته یا مورداستفاده در حین دفع و مدیریت WMP-MNOs.

چنانچه آلودگی لباس کار مهم باشد، باید لباس از پارچه‌ای تهیه شود که کمترین جذب و رهایش گردوغبار محیط را داشته باشد، مانند استفاده از پلی‌اتیلن به‌جای کاغذی یا پنبه‌ای.

توصیه می‌شود تجهیزات حفاظت تنفسی (RPE) فقط در صورت لزوم و به‌عنوان آخرین راه حل استفاده شود (به‌عنوان مثال هنگامی‌که سنجش‌های کنترلی کاملاً قابل‌اجرا و عملی نباشد یا کنترل کافی امکان‌پذیر نباشد). علاوه‌براین، RPE و PPE، به‌طورکلی می‌تواند به‌عنوان حفاظت بیشتر استفاده شود حتی هنگامی‌که سایر اقدامات با اولویت بالاتر در جای خود در حال استفاده هستند، برای مثال دستگاه‌هایی که فرآیند تمیزکردن و زدودن آن‌ها کوتاه‌مدت باشد. ماسک نیمه صورت[1] یا ماسک یک‌بار مصرف با فیلتر مناسب (نوع FFP3[2])[3] فقط باید به‌عنوان یک اقدام احتیاط‌آمیز ثانویه در مواقع «سرریزشدن تصادفی» و نه به‌عنوان اولین خط دفاع استفاده شود. توصیه می‌شود ماسک تمام صورت[4] APF40[5] (فاکتور حفاظت اختصاص‌یافته ۴۰) با درجه P3[6] فقط باید در جو حاوی MNOs هوابرد استفاده شود. تمام کارکنانی که از RPE استفاده می‌کنند باید آموزش دیده باشند و ممکن است مجبور شوند برای رعایت قوانین ملی «آزمون انطباق با صورت» انجام دهند. توصیه می‌شود RPE به‌عنوان آخرین راه‌حل حفاظتی استفاده شود. توصیه می‌شود تمام موارد آلوده مانند فیلترها و PPE یک‌بار مصرف به‌درستی دفع شوند.

1- Half mask

2- Filtering Face Piece

۳- ماسک یک‌بار مصرف یا ماسک نیمه‌صورت FFP3: FFP3 صرفاً برای فیلتر کردن گردوغبار طراحی شده‌است. ماسک‌های FFP3 می‌توانند مواجهه گردوغبار را تا فاکتور ۲۰، کاهش دهند.

4- Full Face

۵- APF: یک رتبه‌بندی عددی که میزان حفاظت RPE را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، RPE با APF شمارهٔ ۴۰، مواجهه استفاده‌کننده را دست‌کم تا فاکتور ۴۰، کاهش می‌دهد.

۶- P3: درجه‌بندی‌های P حفاظت محصول را دربرابر ذرات تعیین می‌کند و در ترکیب با طبقه‌بندی فاکتورهای حفاظتی عملکرد عملکرد RPE را نشان می‌دهد. P3 بالاترین حفاظت است.

راهنمایی بیشتر درباره رویه‌های سلامت و ایمنی در محیط‌های کاری در طی جابه‌جایی و فرآوری MNOs در استاندارد ISO/TR 12885: 2008 [12] و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۹۸۱۶: سال ۱۳۹۴ [۲۳] از جمله استفاده از PPE و RPE، انبارش و آموزش ارائه شده‌است.

۱۰-۴ وظیفه مراقبت

کارکنان موظفند در طی مدیریت و دفع پسماند تا جایی که می‌توانند از آسیب رسیدن به یک فرد یا ایجاد آلودگی محیط‌زیست جلوگیری کنند. رهنمودهایی درباره انبارش، محدود کردن و برچسب‌گذاری پسماند برای رعایت این مسئولیت، در این استاندارد ارائه شده‌اند. هنگامی‌که این پسماند به سازمان دیگری محول می‌شود، یک بنگاه باید اطمینان حاصل کند که آن سازمان مجوز دریافت (پسماند) را دارد (یعنی آن‌ها یک حمل‌کننده پسماند دارای مجوز ثبت‌شده بوده یا یک محل مجوزدار برای دریافت پسماند مربوط به آن دسته مناسب را دارد). اسناد مربوط به ردگیری پسماند و اسناد اطلاعات این تعامل را ثبت کنند و کمک کنند این «وظیفه مراقبت» انجام شود. نگهدارنده پسماند موظف است اطمینان حاصل کند، شخصی که پسماند را تحویل می‌گیرد دارای حکم یا مجوز مربوط باشد. پس از تحویل، فرد بعدی که پسماند را تحویل گرفته عهده‌دار این «وظیفه مراقبت» می‌شود و الی آخر. نخستین فردی که پسماند را تحویل می‌گیرد بهتر است کنترل کند که این پسماند از کجا تحویل گرفته شده‌است. این حالت در موارد زیر رخ می دهد، برای نمونه: چنانچه پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه) باشد یا نخستین دریافت‌کننده درباره جابه‌جایی صحیح آن تردید داشته‌باشد یا چنانچه خطرات اساسی پسماند، قطعی نباشند.

۱۱ انتقال و انبارش WMP-MNOs

هدف از این بند ارائه رهنمودهایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs و شرکت‌هایی است که در طی نقل‌وانتقال یا انبارش، WMP-MNOs را جابه‌جا می‌کنند.

در مکانی که پسماند تولید می‌شود لازم است انواع مختلف پسماند از یکدیگر تفکیک و دسته‌بندی شوند تا پتانسیل بازیابی بیشتر شود. به‌ویژه، پسماندهای مخاطره‌آمیز نباید مخلوط شوند مگر فقط تحت شرایط مجوز محیطی مربوط. این اصل در مورد WMP-MNOs نیز صادق است.

همه پسماندها باید به‌طور ایمن و مطمئن حمل و انبارش شوند. چنانچه، حتی با درنظرداشتن خواص غیراختصاصی پسماند، بتوان آن را با قطعیت به‌عنوان غیرمخاطره‌آمیز طبقه‌بندی کرد، توصیه می‌شود:

- پسماندها را در یک محل امن ذخیره کنید؛
- از ظروف مناسبی استفاده کنید که از نشت پسماند جلوگیری شود؛
- ظروف را برحسب نوع پسماندی که دارند به‌وضوح برچسب‌گذاری کنید؛
- از روکش‌هایی استفاده کنید که مانع ریختن پسماند شود؛

- چنانچه باران باعث جاری‌شدن آب آلوده می‌شود از روکش‌های ضدآب استفاده کنید؛
- در فواصل معین، مرتباً همه موارد بالا را بازبینی کنید تا در مقابل خوردگی، ساییدگی و آسیب به ظرف یا زباله‌روبی از آن‌ها که باعث خروج یا نشت احتمالی می‌شود، جلوگیری شود؛
- پسماند مایع، با ایجاد یک محافظ یا حصاری با ظرفیت مناسب، در یک محیط اختصاصی انبارش شود تا از نشت مایع و تخلیه آن، به‌عنوان مثال به درون زهکش، جلوگیری شود.

روش انبارش مناسب مواد مخاطره‌آمیز مهم است و می‌تواند راهنمایی مناسبی را به‌ویژه در مورد WMP-MNOs مخاطره‌آمیز و مخاطره‌های نامشخص و نامعلوم آن ارائه کند. این موارد عبارتند از (البته محدود به این موارد نیستند):

- توصیه می‌شود مراقبت و اطمینان حاصل شود که WMP-MNOs ناپایدار نبوده و تجزیه نشوند یا به‌گونه‌ای تغییر نکنند که باعث مخاطره جدیدی شوند؛
- جنس[1] ظرف با خواص فیزیکی و شیمیایی WMP-MNOs سازگار باشد. بسته‌بندی پسماند MNO مطابق رهنمودهای کلی برای استفاده از ظروف برای انبارش مواد شیمیایی باشد [24]؛
- ظروف مخصوص ذخیره انبوه دارای شالوده محکم و باثباتی باشند و در برابر خوردگی مقاوم باشد؛
- شرایط لازم برای کنترل سرریزی وجود داشته باشد؛
- برای جلوگیری از احتراق اقدامات کنترلی انجام شود؛
- تسهیلات انبارش، طراحی، ساخته و اجرا شوند تا احتمال آسیب به ظروف و تجزیه‌شدن یا تغییر WMP-MNOs به حداقل برسد؛
- مواد ناسازگار تفکیک شوند؛
- تسهیلات انبارش به سامانه تهویه مناسب مجهز شوند.

چنانچه تعیین مخاطره مربوط به پسماند امکان‌پذیر نباشد یا درصورت اطمینان از مخاطره‌آمیز بودن پسماند، موارد زیر نیز توصیه می‌شود:

- آیین‌نامه‌های کتبی در مورد انبارش و دفع آن ارائه شود؛
- سوابق را ثبت کنید و موقعیت مکانی نگهداری آن را نیز مشخص کنید؛
- یک ارزیابی ریسک انجام دهید، به‌عنوان مثال مشخص کنید چه ریسک‌هایی وجود دارند و چگونه باید آن‌ها را کنترل کرد؛

1- Material

به‌طور مرتب هرگونه نشتی، خراب‌شدن تدریجی[1] ظروف و یکپارچگی برچسب آن‌ها یا سایر ریسک‌های احتمالی بازبینی شوند.

تولیدکننده پسماند موظف است پسماندی را که باید حمل‌ونقل شود به‌درستی شرح دهد، برچسب بزند و محکم بسته‌بندی کند. توصیه می‌شود حمل پسماند، خواه پسماند موردنظر در طبقه مخاطره‌آمیز باشد یا غیرمخاطره‌آمیز، توسط یک حمل‌کننده پسماند که به‌درستی نامش ثبت شده‌است، مطابق با شرایط جابه‌جایی آن رده از پسماندها به‌همراه شرح کامل و جامعی از آن، انجام شود.

در مواردی که تولیدکننده نتواند وضعیت مخاطره‌آمیز/غیرمخاطره‌آمیز پسماند را مشخص کند، موظف است از موارد مربوط به حفاظت از انسان‌ها و محیط‌زیست، اطمینان حاصل کند. به این معنا که پسماند جامد معمولاً باید در دو کیسه قرار داده‌شود، انتهای کیسه به شکل گردن قو بلند و تاب‌خورده باشد و با نوارچسب مسدود شود و اگرچه سایر ظروف مانند بشکه یا مخازن واسط مواد توده‌ای (IBCs) نیز ممکن است مناسب باشد. این کیسه‌ها باید دارای برچسب باعنوان مخاطره‌آمیز باشند.

باید توجه داشت که کیسه‌ها حاوی اشیایی نباشند که احتمال داشته‌باشد به یکپارچگی کیسه آسیب بزند، مثل اشیاء تیز. همچنین بسیار مهم است تا از عدم خروج هوا از کیسه‌ها در طی پُرشدن، در مواقعی که از گردوغبار تولیدشده ممکن است افراد را در معرض یک ریسک قرار دهد، اطمینان حاصل شود.

توصیه می‌شود زمانی‌که مایعات یا پودرهای قابل‌احتراق انبارش یا حمل‌ونقل می‌شوند، شرایط ویژه‌ای برای حفاظت در برابر انفجار و اشتعال به‌کار گرفته شود و باید به این نکته توجه داشت که احتمال انفجار و اشتعال برخی از MNOs ممکن است در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر به‌مراتب بیشتر باشد.

۱۲ انتخاب مسیرهای پردازش و دفع WMP-MNO

هدف از این بند، ارائه رهنمودهایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs و شرکت‌هایی است که WMP-MNOs را پیش‌پردازش یا پردازش می‌کنند.

در این بند، اطلاعاتی برای راهنمایی درباره انتخاب پردازش و دفع WMP-MNOs ارائه شده‌است. هدف از این بند، ارائه رهنمودهایی درباره انتخاب گزینه‌های پردازش و دفع برای به‌حداقل رساندن ریسک‌های نامطلوب احتمالی بر انسان و محیط‌زیست در طی پیش پردازش و دفع است. مسیرهای پیش‌پردازش و دفع منتخب که در این بند به آن‌ها پرداخته شده‌است، باید مقدار MNOs منتقل‌نشده را در بقایای جامد به حداقل برساند (به‌عنوان مثال در خاکستر فرّار، خاکستر کف کوره یا خاکستر فیلتر ناشی از زباله‌سوزی پسماند یا تصفیه فاضلاب). این بخش حاوی زیربندهایی به شرح زیر است:

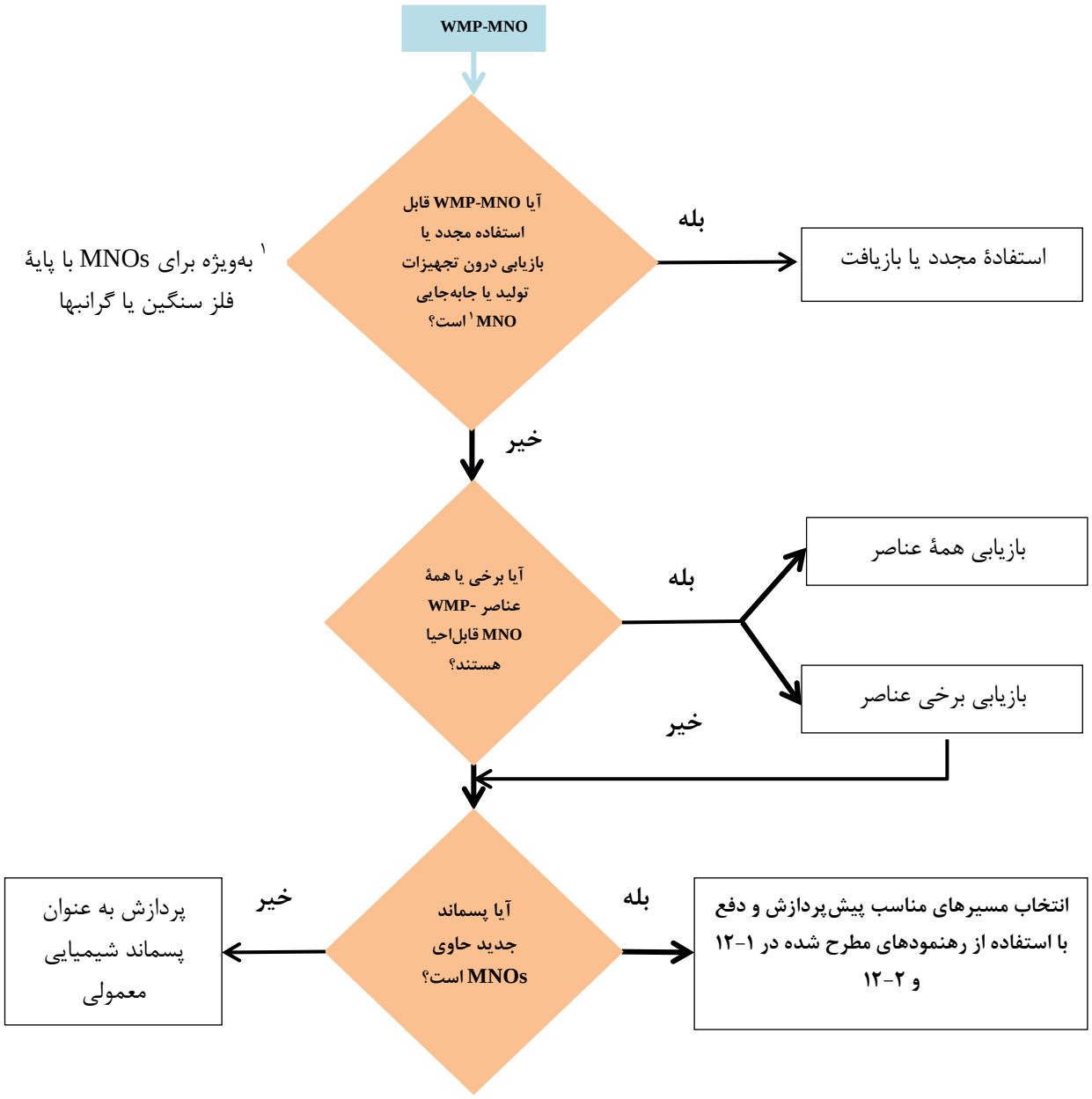
الف- گزینه‌هایی برای پیش‌پردازش پسماندهای مایع و «جامد» که قبل از دفع حاوی MNOs باشد؛

1- Deteriorating

ب- گزینه‌هایی برای دفع MNOs.

در شکل ۴ یک چارچوب کلی در مورد پردازش WMP-MNOs مشاهده می‌شود، دفع از طریق زباله‌سوزی یا محل دفن، آخرین راه حل است. در مواردی که از لحاظ اقتصادی یا فنی امکان‌پذیر باشد، WMP-MNOs یا برخی از عناصر آن‌ها باید مورداستفاده مجدد قرارگیرند یا بازیافت شوند.

چنانچه WMP-MNOs مخلوطی از MNOs با سایر عناصر غیر-MNO یا مخلوطی از MNOs با ترکیبات شیمیایی مختلف باشد، باید به مقدار هر عنصر و خواص مخاطره مربوطه توجه شود تا روش پیش‌پردازش و دفع مناسبی انتخاب شود.



شکل ۴- روندنمای کلی ارائه رهنمودهایی درباره پردازش WMP-MNO قبل از دفع

۱-۱۲ پیش پردازش WMP-MNOs قبل از دفع

۱-۱-۱۲ کلیات

طبق مقررات، پردازش، به عنوان فرآیندهای فیزیکی، حرارتی، شیمیایی یا زیستی (از جمله دسته‌بندی کردن) تعریف می‌شوند که خواص پسماند را تغییر می‌دهد تا ماهیت مخاطره‌آمیز یا حجم آن کاهش یابد و جابه‌جایی را تسهیل یا بازیابی را تسریع کند [4].

در اکثر موارد، توصیه می‌شود WMP-MNOs قبل از دفع، از طریق زباله‌سوزی یا دفن پیش‌پردازش شوند. هرچند در شرایطی که یک WMP-MNOs بی‌اثر باشد و پردازش آن از لحاظ فنی امکان‌پذیر نباشد، پسماند پردازش‌نشده، قابل‌دفن می‌شود [25].

- WMP-MNOs به استثنای پسماند بی‌اثر، درجائی‌که که پردازش آن، مقدار یا مخاطره‌های واردشده بر سلامت انسان یا محیط‌زیست را کاهش نمی‌دهد.

- هرگونه پردازش WMP-MNO باید دارای هر دو معیار زیر باشد:

الف- باید یک فرآیند فیزیکی/ حرارتی/ شیمیایی یا زیستی شامل دسته‌بندی کردن را شامل شود؛

ب- باید مشخصه‌های پسماند را تغییر دهد تا حجم یا ماهیت مخاطره‌آمیز آن را کاهش دهد و یا اینکه جابه‌جایی آن را تسهیل کند یا بازیابی آن را ارتقاء بخشد.

«مشخصه‌ها» باید خواصی از پسماند باشد که پتانسیل اثر بر سلامت انسان یا محیط‌زیست را در محل دفن داشته باشد.

طبق قوانین اروپا، دفن پسماند مایع، غیرقانونی است [6]. در پراکندگی مایع حاوی MNOs که نمی‌توان آن‌ها را سوزاند، فاز مایع و فاز جامد حاوی MNOs باید تفکیک شوند.

هنگامی‌که پسماند MNOs به شکل پودری است، پسماند جامد حاوی MNOs نیز نامیده شده و به‌عنوان پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه) (برای سلامتی و محیط زیست) درنظر گرفته می‌شوند، توصیه می‌شود این پسماند قبل از دفع، در محل دفن پسماندهای مخاطره‌آمیز (ویژه)، در بشکه قرار داده شود.

۲-۱-۱۲ MNO به شکل پودر/ پسماند جامد حاوی MNO

پسماندهای حاوی MNOs جامد به‌شکل پودری باید قبل از دفع، پیش پردازش شوند. پردازش WMP-MNO باید طبق مقررات مربوط به مسیر دفع (محل دفن یا زباله‌سوزی و غیره) باشد.

پیش‌پردازش پسماند جامد MNO برای محل دفن باید براساس راهنماها و ویژگی‌ها آن برای پذیرش پسماند (معیار پذیرش پسماند) باشد که سه رده را شامل می‌شود: محل دفن برای پسماند مخاطره‌آمیز (ویژه)، محل دفن برای پسماند غیرمخاطره‌آمیز و محل دفن برای پسماند بی‌اثر (به زیربندهای الف-۳، الف-۹، الف-۱۰، الف-۱۴و الف-۱۶، پیوست **الف**، مراجعه شود).

متراکم کردن WMP-MNO حجم آن را کاهش می‌دهد ولی به‌علت غلظت بالاتر، ممکن است سمیّت آن افزایش یابد. این فرآیند نباید باعث انتشار معنی‌دار MNO به شکل گردوغبار شود، زیرا برای انسان و محیط‌زیست مضر است. ترشوندگی (اما نه پراکنش در مایع) می‌تواند یک راه‌حل باشد.

توصیه می‌شود جابه‌جایی و انبارش در محل دفن با بسته‌بندی مناسب پودرهای فشرده‌شده MNO بهبود یابد. توصیه می‌شود انبارش یا بسته‌بندی مطابق با الزامات ایمنی مانند محدود کردن شیرابه (برای نوع خاصی از محل دفن) و سایر انتشارها مانند بو یا گردوغبار باشد. قراردادن سطل‌های مخصوص یا بسته‌بندی

دوجداره بر شیشه‌گون‌سازی[1] ارجح است. با این‌وجود، شیشه‌گون‌سازی در مواردی استفاده می‌شود که WMP-MNO یک خطر اثبات‌شده و مقاوم برای سلامتی انسان و محیط داشته باشد. محدودیت‌های شیرابه برای هرگونه انبارش طبق WAC برای محل دفن موردنظر باشد، به‌عنوان مثال MNOs که ترکیب شیمیایی آن‌ها براساس فلزات سنگین است [25] (به منبع EN 12457-1: 2002 و برای معیارهای پذیرش پسماند به زیربندهای الف-۳ و الف-۹، پیوست **الف**، مراجعه شود).

توصیه می‌شود در پیش‌پردازش پسماند WMP-MNO تعیین‌شده برای زباله‌سوزی جابه‌جایی، کاهش انتشار یا پراکندگی احتمالی پودر اصلاح و بهبود یابد. توجه شود که جابه‌جایی، بسته‌بندی مجدد یا فرآوری پسماند WMP-MNO ممکن است باعث رهایش گردوغبار یا پراکنش مایع شود. این بدان معناست که بسته‌بندی مجدد درصورت امکان به حداقل برسد. بسته‌بندی برای زباله‌سوزی درون زباله‌سوز قابل امحا باشد.

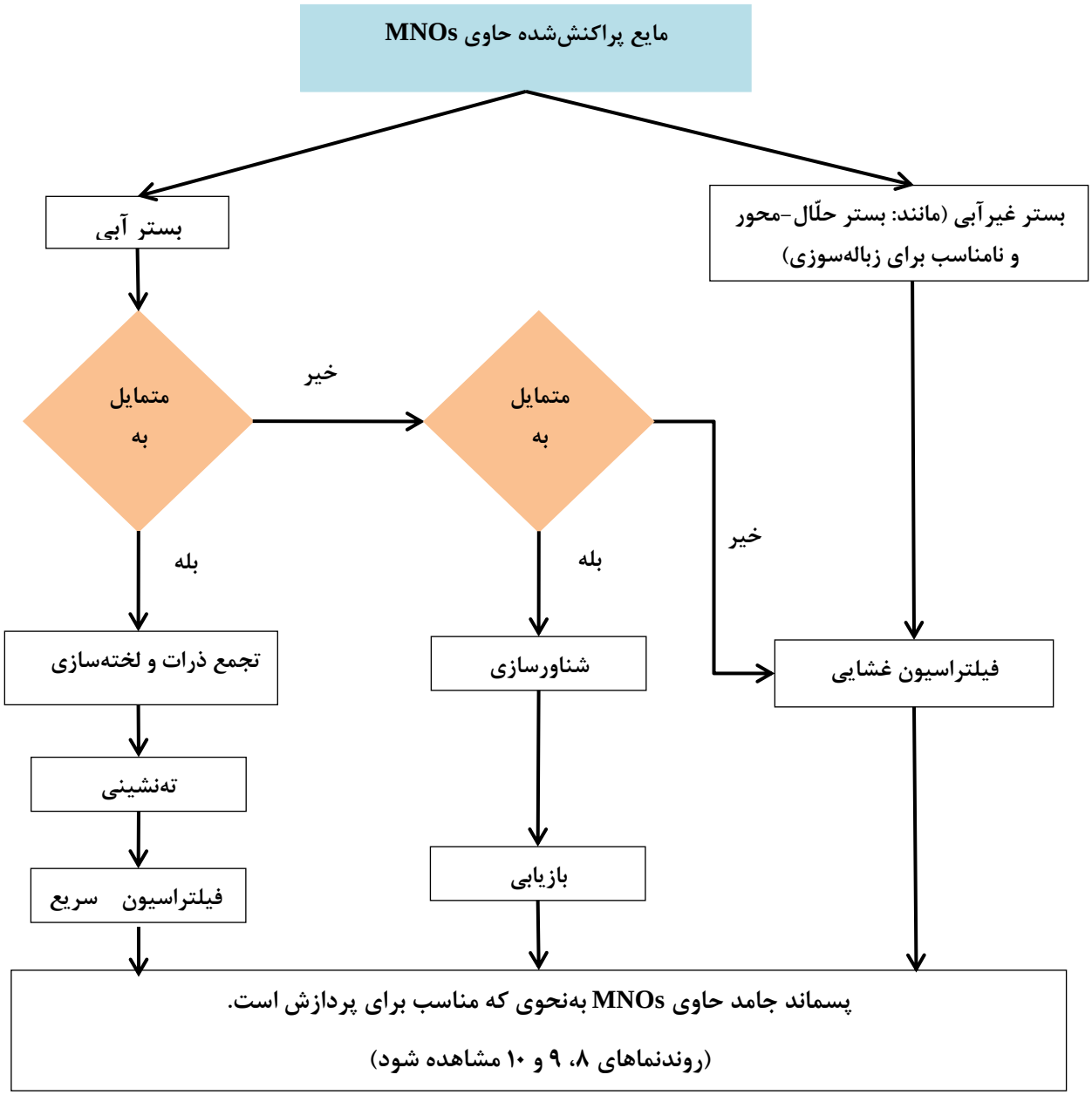
پسماند نباید با ظرف وارد واکنش شود و آن را تجزیه کند. ظرف باید به‌درستی برچسب‌گذاری و مُهروموم شود. توصیه می‌شود بسته‌بندی پسماند MNO جامد طبق رهنمودهای کلی برای استفاده از ظروف برای انبارش مواد شیمیایی باشد [26].

۳-۱-۱۲ مایع حاوی MNOs

گزینه‌های متعددی برای پردازش پراکندگی مایع حاوی MNOs یا WMP-MNOs مایع وجود دارد تا MNO قبل از دفع از جریان پسماند حذف شود. رایج‌ترین گزینه‌ها عبارتند از: فرآیندهای تجمع ذرات (انعقاد) و تجمع الکتریکی ذرات (انعقاد الکتریکی)، فرآیند لخته‌سازی یا فرآیند فیلتراسیون. سایر فرآیندهای جداسازی پیش‌پردازش (به‌عنوان مثال فرآیند فیلتراسیون مغناطیسی) به یک نوع از MNO محدود می‌شود و برای پردازش در یک مقیاس بزرگ فاضلاب که حاوی MNOs است، نامطلوب به‌شمار می‌رود.

در شکل ۵، روندنمای ارایه شده به پیش‌پردازش مایع پراکنش‌شده حاوی MNOs برای جداسازی فاز مایع از فاز جامد حاوی MNOs پرداخته است.

1- Vitrification



شکل ۵- روندنمای حاوی رهنمودهایی درباره پیش‌پردازش مایع پراکنش‌شده حاوی MNOs

اندازه‌گیری پتانسیل زتا یکی از مقیاس‌هایی است که قبل از پیش‌پردازش انجام می‌شود تا مسیر مناسب پیش‌پردازش و دفع ارزیابی شود. پتانسیل زتا نشانگر میزان آسانی تجمع ذرات و لخته‌سازی MNO منتشرشده است. فاکتورهای تاثیرگذار بر پتانسیل زتا عبارتند از pH، رسانایی و غلظت ذرات یا هر ماده افزودنی دیگر.

بزرگی پتانسیل زتا نشان‌دهنده درجه دفع الکترواستاتیک بین ذرات دارای بار مشابه در یک پراکندگی است. برای ذرات کوچک، بالا بودن پتانسیل زتا نشان‌دهنده پایداری کلوئیدی است، یعنی ذراتی که در برابر انبوهه‌سازی مقاومند. کوچک بودن پتانسیل زتا بدین معنی است که تجمع ذرات (انعقاد) یا لخته‌سازی رخ

می‌دهد. در مدیریت WMP-MNO هدف، کاهش پایداری کلوئیدی تا حدی ممکن است، زیرا MNOs پراکنده که از لحاظ کلوئیدی ناپایدارند بلافاصله انبوهه می‌شوند و درنتیجه در محیط (آبی) چندان متحرک نخواهند بود. گزینه‌های پردازش پراکندگی مایع حاوی عبارتند از:

الف- فرآیندهای تجمع ذرات و تجمع الکتریکی ذرات (انعقاد الکتریکی)

فرآیندهای انعقاد و لخته‌سازی ممکن است انبوهگی/کلوخگی سریع ذرات و حذف سریع ذرات را از طریق ته‌نشینی افزایش دهند، اما به مقدار زیادی لخته‌ساز نیاز است و مقدار زیادی لجن تولید می‌کند. فرآیند تجمع الکتریکی ذرات (انعقاد الکتریکی)، با یا بدون مواد سطح فعال[1] ممکن است انبوهه‌سازی/کلوخه‌سازی ذرات را بهبود دهد. در مقایسه با فرآیند تجمع شیمیایی ذرات (انعقاد شیمیایی) لجن کمتری را تولید می‌کند و نیازی به تنظیم pH ندارد. اشکال اصلی آن، انحلال الکترود درون جریان فاضلاب است که باید مرتباً جایگزین شود. علاوه‌براین، به رسانایی نسبتاً بالای سوسپانسیون (تعلیقه) آب و مصرف انرژی نسبتا بالایی نیاز دارد.

ب- فرآیند شناورسازی

شناورسازی با هوای محلول یا شناورسازی نانوحباب[2]، با فرآیند تجمع ذرات (انعقاد) ممکن است زلال‌سازی فاضلاب را در مقایسه با فرآیند سنتی تجمع ذرات (انعقاد)/ لخته‌سازی افزایش دهد. برای افزایش کارایی شناورسازی MNO، می‌توان افزودنی‌ها را افزود (به‌عنوان مثال می‌توان افزودنی‌ها را برای غلبه بر رفتار آب‌دوستی برخی از نانواشیاء افزود).

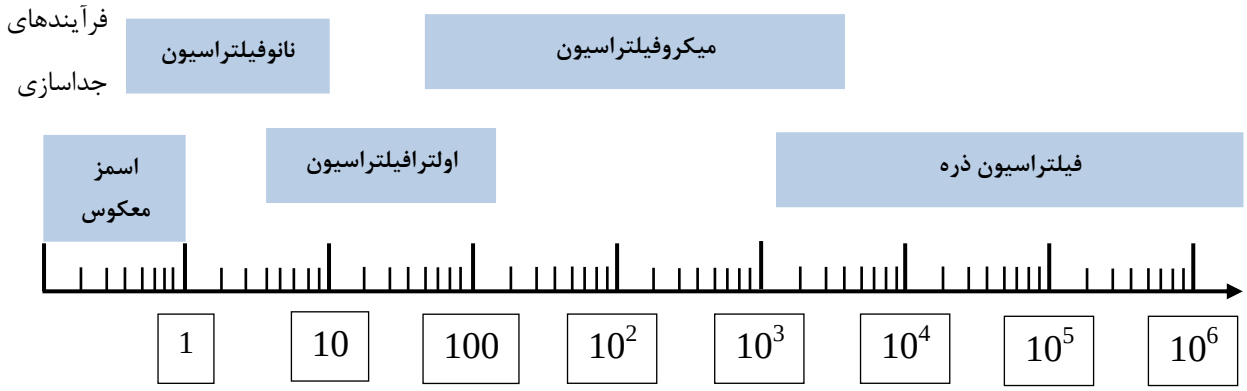
ج- فرآیند فیلتراسیون

جداسازی/تفکیک MNOs از مایع با اولترافیلتراسیون/نانوفیلتراسیون و یا اسمز معکوس امکان‌پذیر است. فرآیندهای غشایی به درونداد انرژی بالا و هزینه‌های انبارش متوسطی بستگی دارد که می‌تواند به‌طور معناداری بیشتر از سایر پردازش‌ها باشد. با این‌حال، فرآیند فیلتراسیون غشایی دچار گرفتگی غشایی می‌شود که منجر به کاهش جریان و افزایش هزینه‌های عملکردی می‌شود. برای به حداقل رساندن میزان گرفتگی غشا، ممکن است برای حذف MNO در فاضلاب، فناوری غشای اسمز معکوس پس از پیش‌پردازش کاربرد داشته‌باشد.

غشای متخلل می‌تواند برای حذف یا حفظ MNOs از فاضلاب یا شیرآبه‌ها به کار رود. به‌طورکلی، نانواشیاء با قطر بزرگ‌تر از اندازه منافذ غشا را می‌توان حذف کرد. مواردی که کوچک‌تر از اندازه منافذ غشا باشند را می‌توان با جذب به سطوح غشایی، برهم‌کنش‌های الکترواستا یا سایر واکنش‌ها حذف کرد.

روش‌های مختلف فیلتراسیون غشا-محور برای مایع و محدوده اندازه عملکرد در شکل ۶ مشاهده می‌شود.

1- Surfactants
2- Nano-bubble Flotation



شکل ۶- فنون مختلف بر پایه فیلتراسیون غشایی برای مایع حاوی ذرات

۱۲-۲ کدام نوع پردازش و دفع، برای کدام MNOs (دفع در محل دفن یا زباله‌سوزی)

۱۲-۲-۱ کلیات

قبل از درنظرگرفتن گزینه‌های احتمالی دفع طبق مقررات، باید براساس اصول مطرح‌شده در زیربند ۶-۳ WMP-MNO (پیش‌پردازش شده یا نشده) به‌عنوان مخاطره‌آمیز یا غیرمخاطره‌آمیز، طبقه‌بندی شوند.

در این بند، رهنمودهایی برای انتخاب یک مسیر دفع (زباله‌سوزی یا محل دفن) برای WMP-MNO ارائه شده‌است که شامل دسته‌بندی‌های زیر برای پسماند می‌شود:

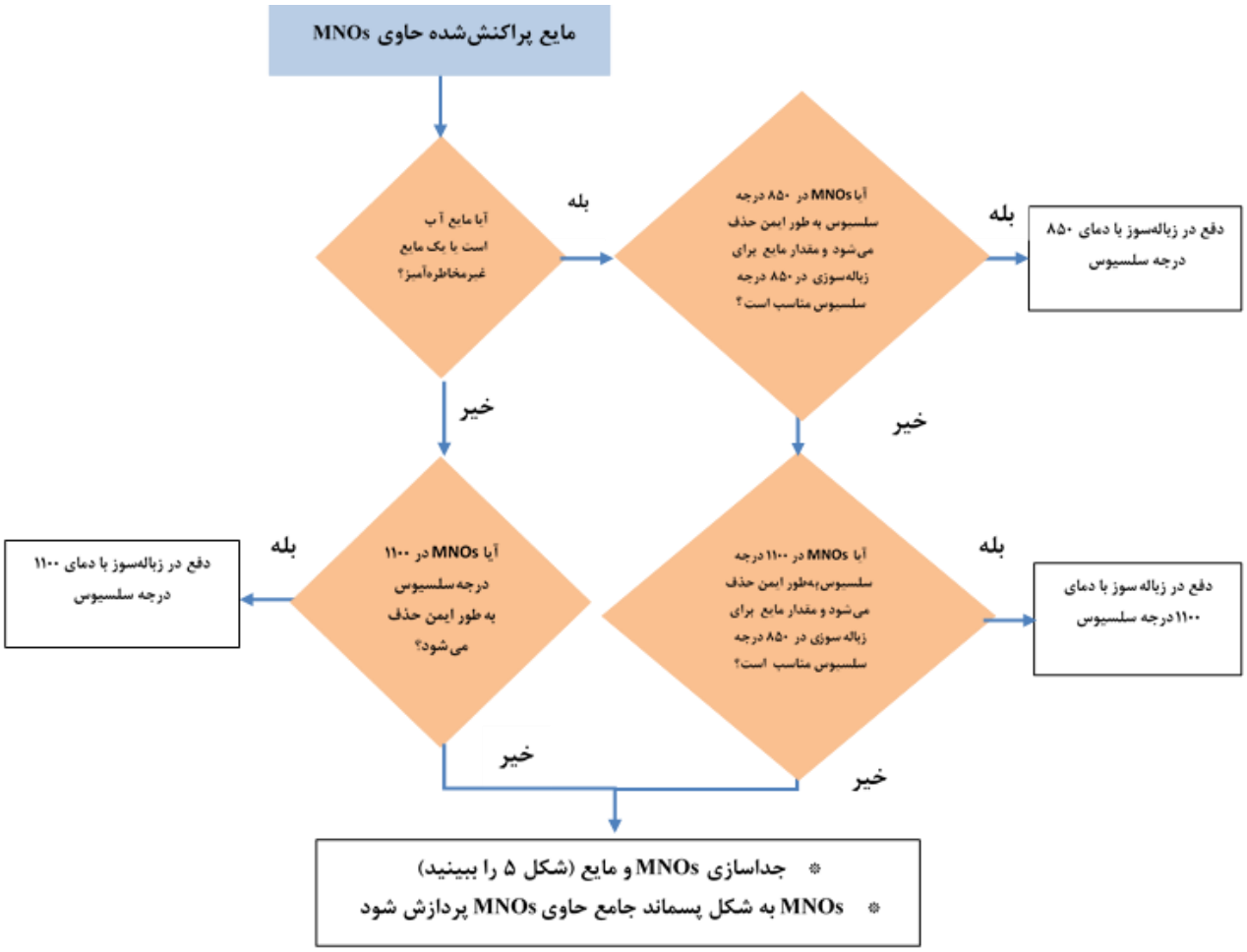
- مایع پراکنش‌شده حاوی MNOs؛

- MNO به شکل پودر که پسماند جامد حاوی MNO نیز نامیده می‌شود؛

- موارد آلوده.

۱۲-۲-۲ پراکندگی مایع حاوی MNOs

در شکل ۷، روندنمایی مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد آیا پسماند را می‌توان به زباله‌سوزی با دمای بالا ارسال کرد یا اینکه باید مایع پراکنده‌شده حاوی MNO قبل از دفن، پیش‌پردازش شود. تصمیم به پیش‌پردازش به اینکه آیا می توان پسماند مایع و MNO را در دمای بالا سوزاند، بستگی دارد.

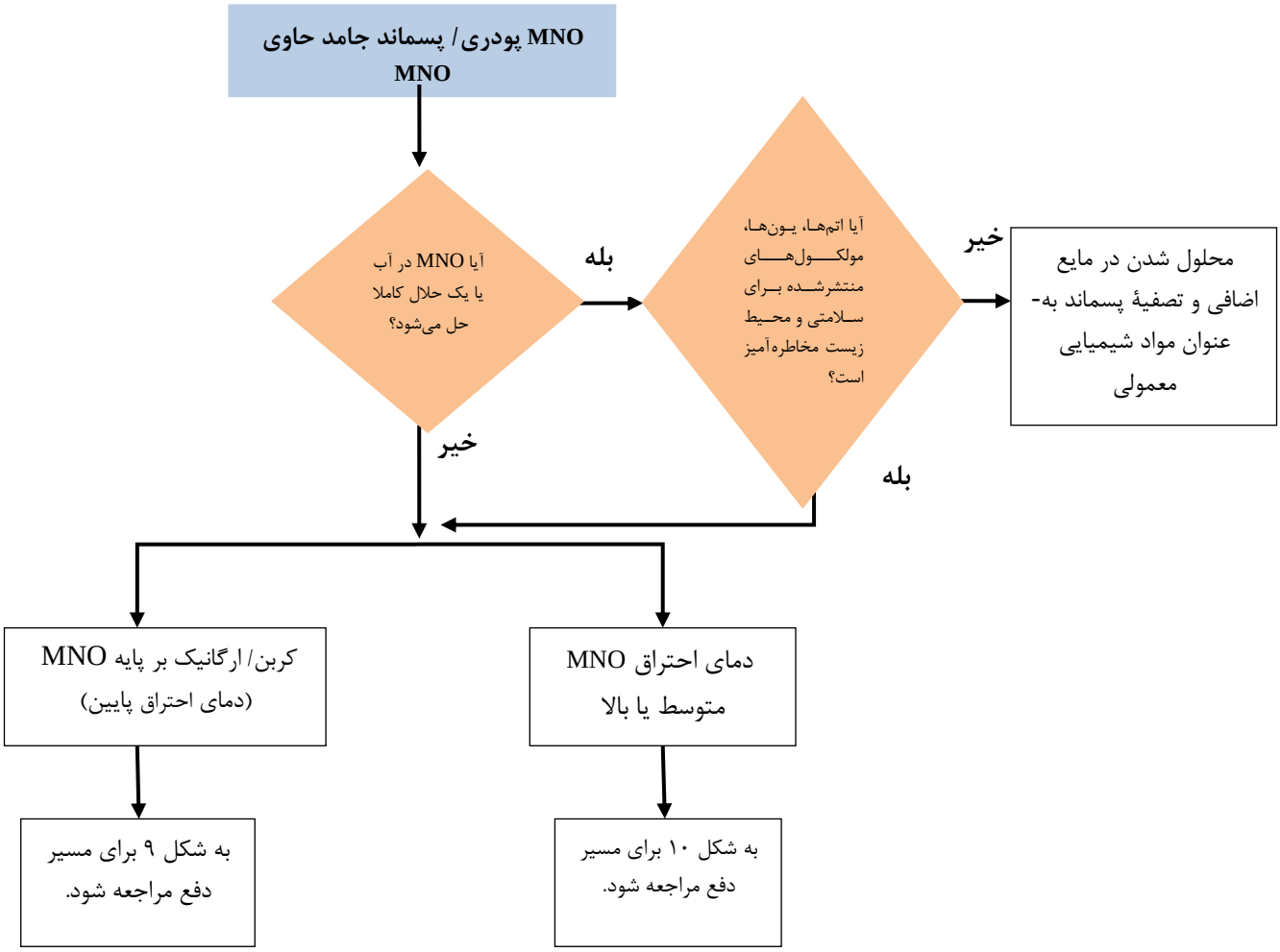


شکل ۷- روندنمای حاوی رهنمودهایی برای دفع مایع پراکنش‌شده حاوی MNOs

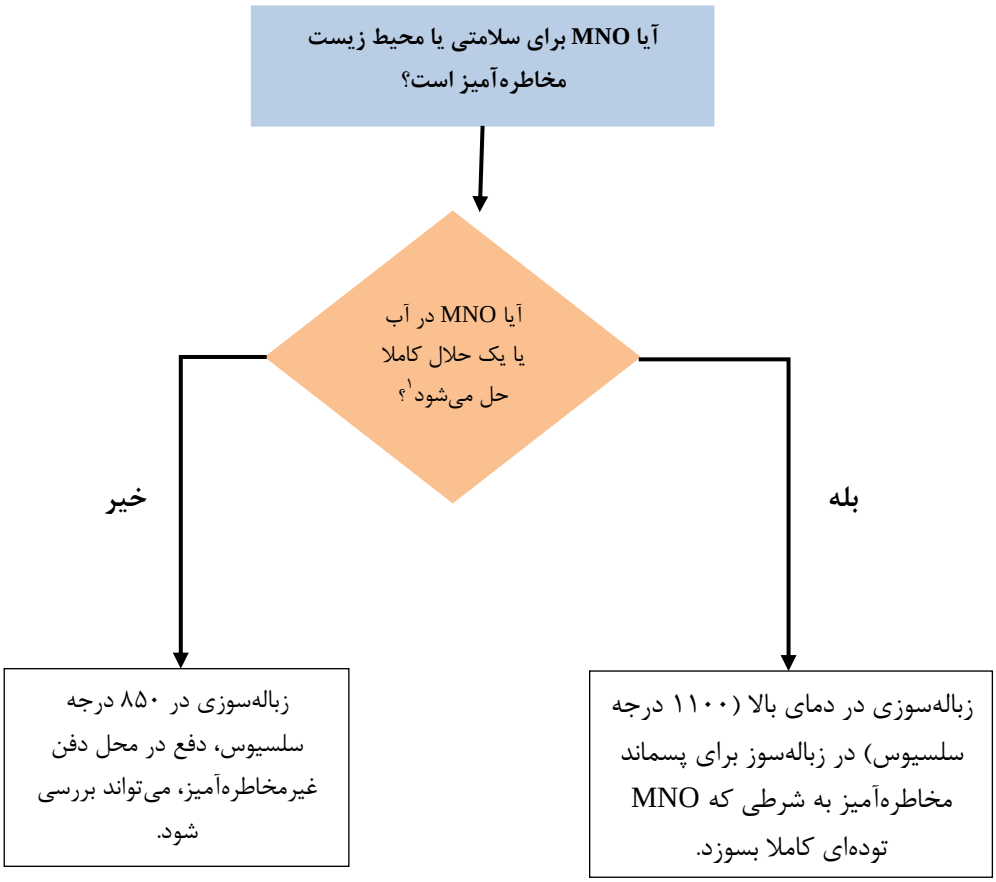
۳-۲-۱۲ MNO به شکل پودر/ پسماند جامد حاوی MNO

در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ روندنمای انتخاب یک مسیر دفع برای MNO به شکل پودر ارائه شده‌است. مسیر دفع به معیارهای زیر بستگی دارد:

- امکان حل‌شدن کامل توده MNO در آب؛
- ترکیب شیمیایی MNO و دمای احتراق آن؛
- ماهیت مخاطره‌آمیز یا غیرمخاطره‌آمیز MNO.



شکل ۸- روندنمای کلی حاوی رهنمودهایی برای دفع MNO پودری شکل/ پسماند جامد حاوی MNO



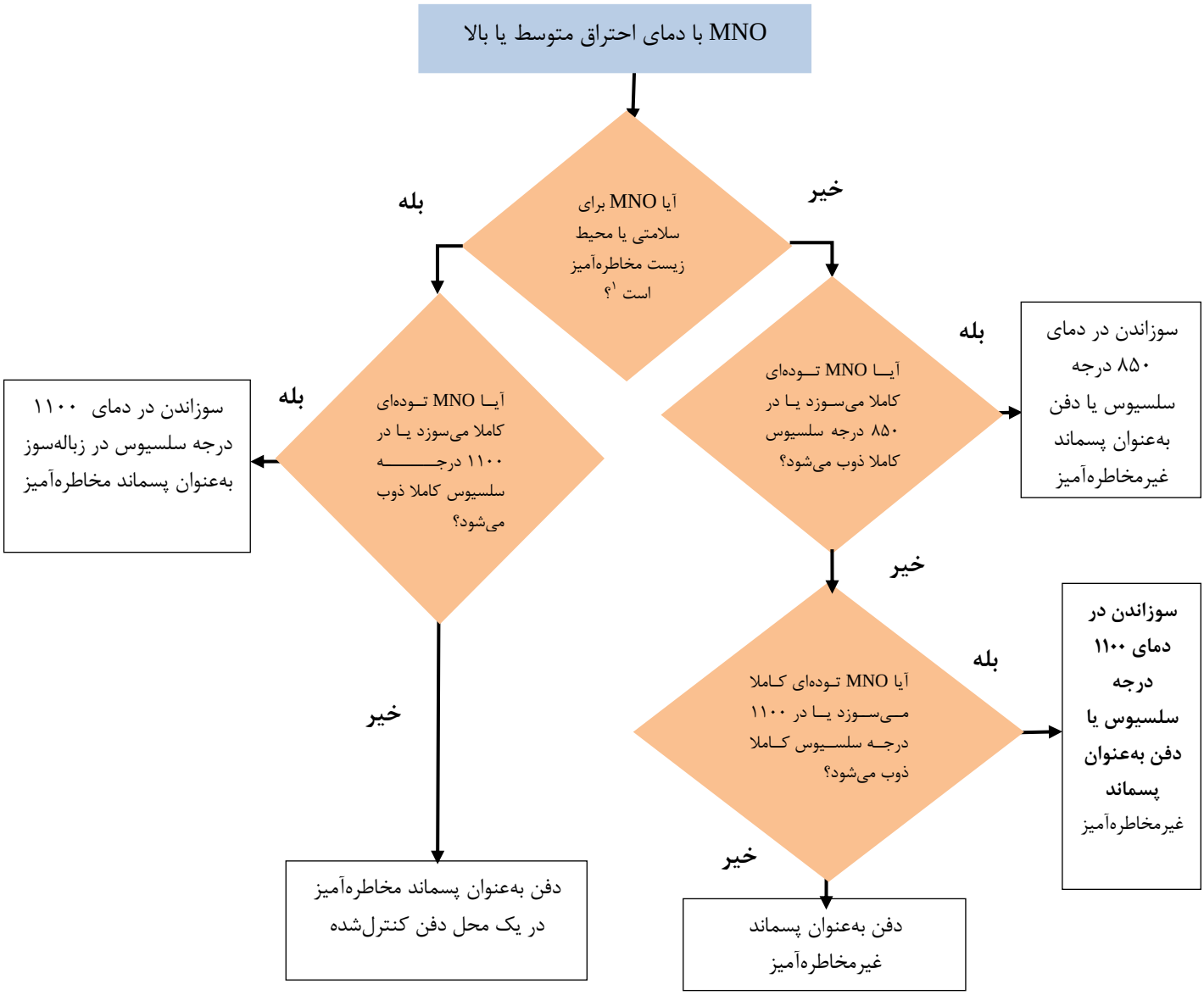
[1] مخاطره‌های فیزیکی MNO توده‌ای باید در نظر گرفته شود. حتی اگر MNO دارای خواص فیزیکی مخاطره‌آمیز باشد، ممکن است زباله‌سوزی در دمای بالا هنوز هم امکان‌پذیر باشد.

شکل ۹- روندنمای حاوی رهنمودهایی برای دفع MNO برپایه کربن/برپایه آلی (دمای احتراق پایین)

هنگامی‌که ارسال‌کننده پسماند، اطلاعات کافی درباره تعیین مخاطره (ها) یکسان با MNO به‌عنوان ماده غیرنانومقیاس را داشته‌باشد، می‌توان از همان روش دفع برای ماده غیرنانومقیاس، استفاده کرد. زمانی که حجم MNO پودری که باید دفع شود اندک باشد، می‌توان میزان خطر همسان برای پودر ماده غیرنانومقیاس و همان روش‌های دفع برای پودر ماده غیرنانومقیاس را انتخاب کرد.

اگر مقدار اندکی از MNO مخاطره‌آمیز در حجم زیادی از پسماند غیرمخاطره‌آمیز وجود داشته باشد، می‌توان تمام پسماند را با رعایت ملاحظات در زباله‌سوز تخصصی، با دمای بالا (در ۱۱۰۰ درجه سلسیوس) سوزاند. در چنین حالتی، با توجه به اثرات سلامت، ایمنی و محیط‌زیست ناشی از چنین تصمیم‌گیری، باید یک ارزیابی ریسک ا

نجام و ثبت و ضبط شود.

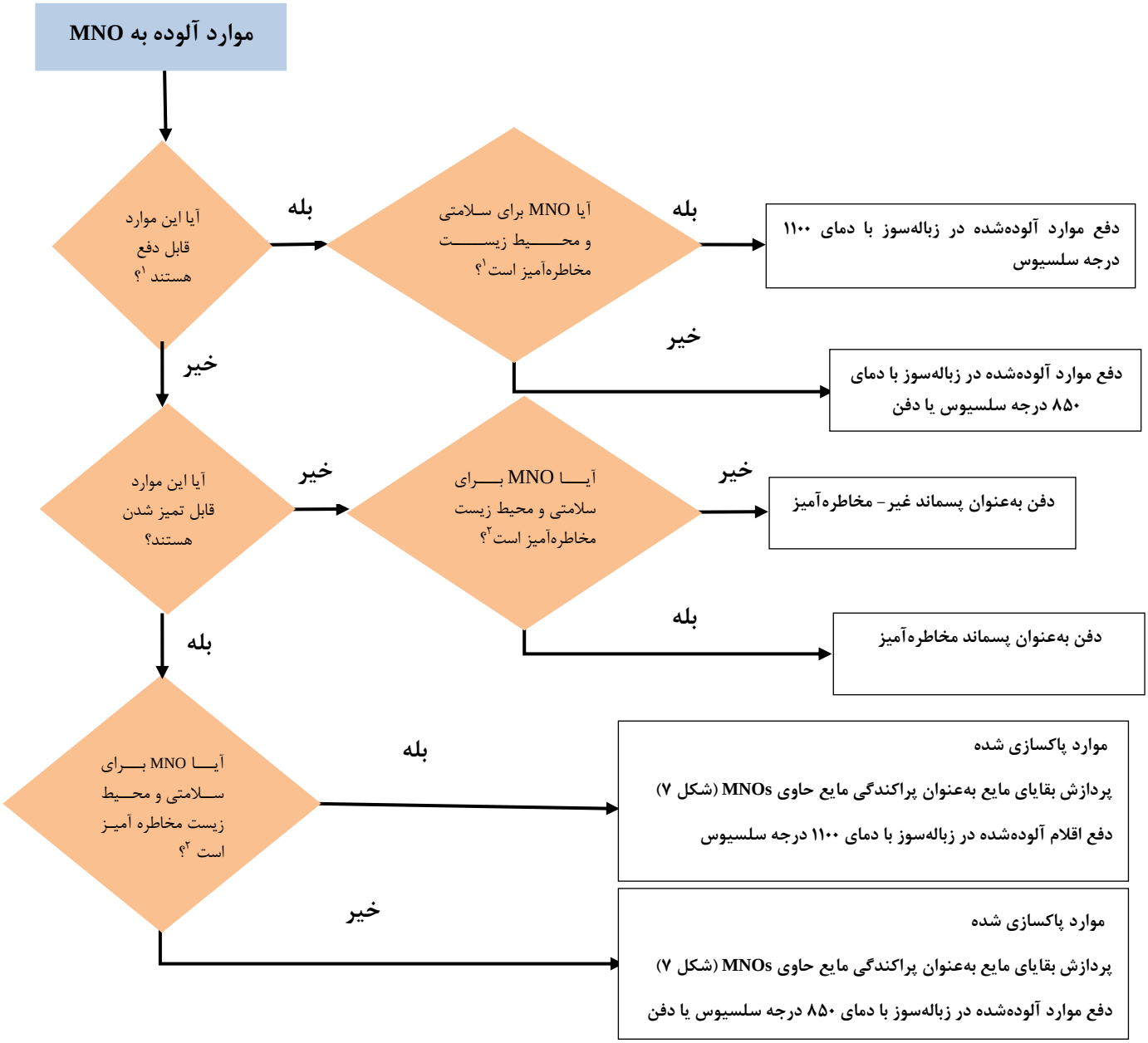


[1] به خواص فیزیکی MNOs توده‌ای باید توجه شود. در زباله‌سوز دمای بالا، هنوز هم احتمال بروز خواص مخاطره‌آمیز فیزیکی MNO وجود دارد.

شکل ۱۰- روندنمای حاوی رهنمودهایی برای دفع MNO با دمای احتراق متوسط یا بالا

۴-۲-۱۲ مورد آلوده‌شده

در شکل ۱۱، روندنمایی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده مسیر دفع برای موارد آلوده به MNOs است. مواردی را که قابل پاکسازی باشند، باید به‌جای دفن یا زباله‌سوزی، پاکسازی کرد.



[1] یک‌بار مصرف: به عنوان مثال PPE یکبار مصرف ، RPE یکبار مصرف ، رول‌های کاغذی، فیلترهای یک‌بار مصرف.

[2] مخاطره‌های فیزیکی MNO توده‌ای باید در نظر گرفته شود. حتی اگر MNO دارای خواص فیزیکی مخاطره‌آمیز باشد، ممکن است زباله‌سوزی در دمای بالا هنوز هم امکان‌پذیر باشد

شکل ۱۱- روندنمای حاوی رهنمودهایی برای دفع موارد آلوده به MNOs

۱۳ مدیریت WMP-MNOs در طی دفع پسماند

۱-۱۳ کلیات

در این بند، رهنمودهایی برای شرکت‌های دفع پسماند درباره مدیریت WMP-MNOs در زمان انتخاب یک مسیر دفع (زباله‌سوزی یا محل دفن) ارائه شده‌است. علاوه‌براین، رهنمودهایی برای تصفیه‌خانه فاضلاب و دفع به‌درون زهکش‌ها ذکر شده‌است.

۲-۱۳ واحد[1] زباله‌سوزی

درباره ساخت و استفاده از کارخانه‌های زباله‌سوزی بر اساس «آیین نامه Directive 2010/75/EU [۲۶] پارلمان و شورای اروپا، مصوب ۲۴ نوامبر ۲۰۱۰ درباره انتشارهای صنعتی»، راهنمایی شده‌است. به هر واحد فنی ثابت یا متحرک و تجهیزات اختصاص داده‌شده برای پردازش حرارتی پسماندها، با/ بدون بازیابی حرارت احتراق تولیدشده، از طریق سوزاندن از طریق اکسایش پسماندها و همچنین سایر فرآیندهای پردازش حرارتی مانند پیرولیز، گازی‌سازی یا فرآیند پلاسما، اگر مواد حاصل از عملیات پردازش متعاقباً سوزانده شوند، واحد زباله‌سوزی گفته می‌شود ((به زیربندهای الف-۳، الف-۶ ، الف-۹، الف-۱۰ و الف-۱۴، پیوست **الف**، مراجعه شود).

قابلیت کاربرد فرآیندهای زباله‌سوزی برای پردازش WMP-MNOs و انتخاب زباله‌سوز براساس عوامل زیر قابل ارزیابی است:

- نوع (مانند خواص فیزیکوشیمیایی MNOs، سایر مواد/ مواد مخلوط‌شده با MNOs، پخش‌شده در مایع درمقایسه با پودر) حجم و مخاطره WMP-MNOs و سایر مواد همراه با WMP-MNOs؛
- پارامترهای زباله‌سوزی: مانند دما، میزان اکسیژن؛
- نوع و مقدار آلاینده‌ها (مانند گازهای اسیدی، اکسیدهای نیتروژن، فلزات سنگین، ذرات معلق (PM) هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک و سایر نیمه فرّارها، دی‌بنزو-پارا-دی‌اکسین‌های چندکلره و دی‌بنزوفوران‌ها)، محصولات جانبی احتراق و بقایای تشکیل‌شده. MNOs ممکن است تشکیل و تخریب آلاینده‌ها را کاتالیز کنند؛
- مرحله پردازش بقایای جامد.

لازم به ذکر است که براساس Directive 2010/75/EU [26] هم مواد مخاطره‌آمیز و هم مواد غیرمخاطره‌آمیز را می‌توان سوزاند، به‌شرط آنکه محدودیت تنظیم‌شده در راهنمای اتحادیه اروپا را انتشار آلاینده‌ها، نقض نکند. برای زباله‌سوزی MNOs یا مواد حاوی MNOs هیچگونه الزام خاصی وجود ندارد.

1- Plant

تاکنون مقادیر حدی[1] درمورد آلاینده‌های متداول[2] کاربرد داشته و براساس نسبت جرم برای ذرات و نه براساس اندازه ذرات تنظیم می‌شود.

قابلیت کاربرد فرآیند زباله‌سوزی به موادی بستگی دارد که سوزانده می‌شود. زباله‌سوزها در دمای بالا (از ۸۵۰ درجه سلسیوس تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس) در محیط اکسیدکننده عمل می‌کنند. اکثر زباله‌سوزها در دماهایی بالاتر از دمای اشتعال کار می‌کنند اما برخی بخش‌ها در ناحیه احتراق و در ناحیه پس از احتراق تشکیل آلاینده را تسهیل می‌کنند. فلزات می‌توانند در خاکستر کف کوره یا در PM، با خاکستر فرّار و سایر محصولات جانبی احتراق وارد شوند که قبل از انتشار در هوا با استفاده از وسایل کنترلی قابل‌پردازش هستند. در پیوست **ت** رهنمودهایی برای قابلیت کاربردی زباله‌سوزی MNOs ارائه شده‌است.

مقدار و مضر بودن بقایای خاکستر کف کوره باید به کمترین میزان ممکن برسد و درصورت امکان بقایا بازیافت شوند. شرکت زباله‌سوز باید اطلاعات را درباره بقایای پسماند ارائه کند که عبارتند از:

- منبع و توصیف بقایا؛
- جزئیات مربوط به بخش محلول کل و بخش فلز سنگین محلول بقایا؛
- نوع دفع: برای نمونه بازیافت، بازیابی، دفع در محل دفن، سایر.

خاکستر کف کوره از اتاقک احتراق اولیه به محل دفن ارسال می‌شود. پس از مراحل زباله‌سوزی، گاز دودکش و خاکستر فرار در چندین مرحله پردازش می‌شوند تا ذرات و گازهای سمّی حذف شوند.

فناوری‌های کنترلی برای حذف گردوغبار از جریان گاز دودکش معمولاً برای تمام تاسیسات سوزاندن پسماند ضروری هستند. برای کاهش یا حذف ذرات از زباله‌سوزها، دستگاه‌ها، طراحی‌ها و پارامترهای عملیاتی متعددی وجود دارد و دستگاه‌های کنترلی را به‌طور سری می‌توان تجهیز کرد. دستگاه‌های کنترل ذره شامل فناوری‌های قدیمی‌تر (مانند سیکلون‌ها و اسکرابرهای تر[3]) و فناوری‌های کنترل مدرن‌تر (مانند فیلترهای کیسه‌ای، فیلترهای پارچه‌ای، رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیی و رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیی تَر) را دربرمی‌گیرد.

یک مرحله پیش‌حذف غبار را می‌توان قبل از سامانه‌های آماده‌سازی گازهای دودکش (FGC) به عنوان یک سامانه نهایی پاکسازی قرار داد. در برخی موارد، فیلتراسیون مکرر[4] به‌کار می‌رود. سامانه‌های جمع‌آوری ذرات گردوغبار عبارتند از: سیکلون‌ها، سیکلون‌های چندتایی[5]، رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیی (ESPs)، فیلترهای کیسه‌ای (BFs). سایر سامانه‌های پاکسازی گاز دودکش عبارتند از: فیلترهای کیسه‌ای، رسوب‌دهنده‌های

1- Limits of values
2- Classic pollutants
3- Wet scrubbers
4- Double filteration
5- Multi-Cyclones

الکترووایستایی تَر، ونتوری الکترودینامیکی[۱]، اسکرابرهای ونتوری[۲]، قطعات (واحدهای) فیلترکننده کلوخه، اسکرابرهای تَر یونیزه‌کننده[۳].

هولدر[۴] و همکاران [27]، که بادقت کیفیت دانش زباله‌سوزی نانومواد را ارزیابی کردند به این نتیجه رسید که: «از فناوری‌های کنترل آلودگی هوا که مطرح شده‌اند (سیکلون‌ها، اسکرابرهای تَر، فیلترهای کیسه‌ای، فیلترهای پارچه‌ای و ته‌نشین‌کننده‌های الکترووایستایی تَر)، فیلترهای پارچه‌ای[۵] بهترین گزینه برای حذف نانوذرات از گازهای دودکش هستند. ته‌نشین‌کننده‌های الکترووایستایی و اسکرابرهای تَر مجهز به سازوکار یون‌سازی نیز بازدهی نسبتاً بالایی برای نانوذره دارند. سیکلون‌ها نیز در حذف نانوذره تا حد زیادی ناکارآمد هستند [منبع: راهنمای2010/75/EU [26]]».

«از میان فناوری‌های کنترلی موجود در حذف نانوذرات و کلوخه‌های بزرگ‌تر، صرفنظر از ترکیب شیمیایی ذره، فیلترهای پارچه‌ای موثرترین گزینه هستند. در سایر دستگاه‌های کنترل آلودگی هوا، اندازه ذره و حالت کلوخگی از خواص کلیدی در تعیین بازدهی به دام انداختن نانوذره، خواهند بود». « هرچند ممکن است نانومواد در خاکستر فرّار و خاکستر کف کوره غنی شوند، ممکن است لازم باشد هر دو آن‌ها به‌طور ویژه برای جلوگیری از انتشار در محیط جابه‌جا و دفع شوند».

بهترین فنون موجود BAT و سند مرجع (BREF) عنوان‌شده برای کارخانه بزرگ احتراق[۶] [28] و BAT وBREF برای زباله‌سوزی پسماند[۷] [29]، رهنمودهایی را درباره فنون کلی برای پیشگیری و یا کاهش انتشار گردوغبار ارائه می‌کنند، از جمله عملکرد کلی حذف که بستگی به طبقه اندازه ذره (مانند < ۱ میکرومتر، ۲ میکرومتر، ۵ میکرومتر و > ۱۰ میکرومتر)، عملکرد محیطی و داده‌های عملیاتی و اثرات متقابل بین مدیا و ذره دارد.

در مورد پسماند WMP-MNOs که در دمای بالا در زباله‌سوز باید دفع شود، با استفاده از روش‌های جابه‌جایی ایمن که مواجهه کارکنان، انتشار MNOs یا پراکندگی آن در هوا و آلودگی سطحی را به حداقل ممکن برساند، پسماند باید در اتاقک احتراق قرار داده‌شود. پسماندهای WMP-MNOsمخاطره‌آمیز و پسماندهای با مخاطره نامشخص، پودرهای سست یا کیسه‌هایی که ممکن است پاره شوند نباید مستقیماً به‌درون محل گودال کوره تخلیه شوند. باید به تغذیه‌کننده خودکار پسماند (مانند عرضه واگن‌ها از نوع زنجیره‌ای خودکار) برای وارد کردن WMP-MNOs به داخل قیف کاملاً توجه شود، تا مداخله انسانی و احتمال انتشار ناخواسته و آلودگی به حداقل برسد. در مواردی که ظروف حاوی پسماند مستقیماً وارد زباله‌سوز می‌شوند، زباله‌سوز باید دارای سازوکار جابه‌جایی مناسبی باشد و به‌گونه‌ای طراحی شده‌باشد که در

1- Electrodynamic venture
2- Venturi scrubbers
3- Ionizing wet Scrubbers
4- Holder et al.

۵- معمولا منسوج نبافته موردنظر است.

۶- به وبگاه http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp_bref_0706.pdf (accessed 03.09.17) مراجعه شود.

۷- به وبگاه http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf (accessed 03.09.17) مراجعه شود.

برابر هرگونه افزایش فشار مقاومت کند. از انتشار در هوا و تخلیه به‌درون نهرهای آب (آب سطحی و مجرای فاضلاب) جلوگیری شود یا به حداقل برسد و مطابق با قانون ملی باشد [26][4] (به زیربندهای الف-۳، الف-۶، الف-۹ و الف-۱۵، پیوست **الف**، مراجعه شود).

۱۳-۳ محل دفن پسماند

۱۳-۳-۱ کلیات

اگرچه هنوز هم دفن پسماند در دنیا یک روش اصلی دفع پسماند است، اما عموما به عنوان یک روش با کمترین پایداری پذیرفته شده‌است. قبل از درنظرگرفتن روش دفن به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه مدیریت پسماند، توصیه می‌شود تولیدکننده پسماند به آیین‌نامه چارچوب پسماند [4] و سیاست‌های کاربردی ملی توجه داشته باشد.

درخصوص آنچه که می‌توان در زمین دفن کرد و وظایف و شرایطی که باید قبل از آن رعایت شوند، قوانین جامعی وجود دارد. یکی از این اصول راهنمای دفن[1] (1999/31/EC)[4] و دیگری تصمیم شورای اروپا[2] (2003/33/EC)[25] است. هدف از این راهنما آن است که تا حد ممکن اثرات مخرب ناشی از دفن پسماند بر سلامت انسان و محیط‌زیست پیشگیری یا کاهش داده‌شود. در راهنمای مذکور الزامات فنی مربوط به پسماند و محل‌های دفن شرح داده شده‌است (به زیربندهای الف-۳، الف-۱۰، الف-۱۴ و الف-۱۵، پیوست **الف**، مراجعه شود).

هدف از استاندارد حاضر، ارائه راهنمایی درباره قابلیت پذیرش پسماند در محل دفن نیست (بسیاری از مسئولان کشورها چنین راهنمایی‌هایی را قبلاً ارائه کرده‌اند) اما برخی از اصولی که با دفع WMP-MNOs مرتبط هستند در اینجا ذکر خواهند شد.

انواع خاصی از پسماند که نباید دفن شوند عبارتند از:

- پسماند مایع؛
- پسماندی که در محل دفن ممکن است قابل‌انفجار، خورنده، اکسیدشونده، قابل‌اشتعال یا بسیار اشتعال‌پذیر باشد؛
- پسماندهای بیمارستانی و سایر پسماندهای پزشکی، متعلق به مراکز پزشکی یا دامپزشکی که عفونی باشند؛
- لاستیک‌های کامل یا خردشده آن (با برخی استثنائات).

علاوه‌براین، از نکات مربوط به WMP-MNO، نمی‌توان از محل دفن برای دفع مواد شیمیایی حاصل از تحقیق و پژوهش یا فعالیت‌های آموزشی (مانند بقایای آزمایشگاه) که مشخص نیستند یا جدید هستند و

1- Landfill directive
2- Council decision

اثرات کلی آن‌ها بر انسان و/یا محیط‌زیست نامعلوم است، استفاده کرد. زیرا خود پسماندها باید به‌درستی طبقه‌بندی شوند تا بتوان آن را به نوع مناسبی از محل دفن ارسال کرد.

محل‌های دفن پسماند را می‌توان براساس نوع پسماندی که پذیرش می‌کنند: مخاطره‌آمیز (ویژه)، غیرمخاطره‌آمیز یا بی اثر، طبقه‌بندی کرد. WMP-MNO (و سایر پسماندها) فقط زمانی می‌توانند در یک محل دفن پذیرش شوند که مطابق با معیار پذیرش پسماند (WAC) برای آن طبقه از محل دفن باشند.

استانداردهای مهندسی برای انواع محل دفن و عمر آن متفاوت است. به‌طورکلی، محل‌های دفن پسماندهای مخاطره‌آمیز با طی عمر کمتر نسبت به محل‌های دفن پسماندهای بی اثر با طی عمر بیشتر به‌مراتب درجه محصورسازی بیشتری نیاز دارند. محصورسازی با استفاده از یک آستر[1] قابل‌دستیابی است که از جنس خاک رس فشرده‌شده، ورق پلیمر یا ترکیبی از هر دو ساخته می‌شود. محل دفن نوین باید دارای پوشش سطحی باشد تا گازهای حاصل از محل دفن را برای پردازش جمع‌آوری کرده و مانع از ورود بیش از حد آب باران شود.

محتمل‌ترین مسیر انتشار MNO از طریق تخلیه شیرابه از محل دفن است. این امر یا از طریق شیرابه جمع‌آوری‌شده از محل دفن یا از طریق نفوذ از آستر محل دفن است. چنانچه محل موردنظر مجهز به سامانه تصفیه شیرابه باشد، احتمالاً حذف بر پایه اکسیژن‌خواهی زیست‌شیمیایی اولیه (BOD) و اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) است و شاید تاثیری در حذف فلزات/MNOs (قطعا برای موثر بودن، طراحی نشده‌است) نداشته‌باشد. چنانچه این سامانه در حذف MNO از جریان شیرابه موثر باشد، قبل از انتشار باید شرح کاملی از سرانجامِ لجن تولیدشده ارائه شود. میزان انتشار MNO از طریق کف محل دفن بسیار متغیر است و این امر به‌شدت به عوامل متعددی بستگی دارد. این موارد شامل انواع آستر(ها) در محل(درصورت وجود)، خواص خود MNOs و شرایط درون محل دفن است.

خاصیت اصلی آستر عایق مصنوعی، در صورت وجود، تراوایی[2] پایین است. تقی‌زاده-ساحلی و همکاران (۲۰۱۳) برای ارزیابی پتانسیل انتقال نفوذی[3] مربوط به نانولوله‌های کربنی چنددیواره از طریق پلی‌اتیلن متراکم ۰٫۵ میلی‌متر، آزمایش‌های تجربی نفوذ با استفاده از سلول[4] را در آزمایشگاه انجام دادند. نتایج حاکی از آن بود که جذب از ژئوممبران پلی‌اتیلن با چگالی زیاد (HDPE)، یا انتقال از طریق غشا پس از یک ماه، قابل‌تشخیص نیست.

قابلیت MNOs برای کلوخه یا انبوهه شدن، سرنوشت آن‌ها (مانند حرکت و تاخیر) را در شیرابه‌های محل دفن به‌شدت تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. رفتار MNO_S در محل دفن، تحت‌تاثیر pH، شرایط بی‌هوازی و ترکیب شیرابه است. در فاز آب، MNO_S می‌توانند به‌راحتی کلوخه شوند و نیز بخش کوچکی از آن به‌صورت MNO_S مجزا منتشر شود یا به‌صورت یون‌ها حل شوند. انبوهگی یا کلوخگی به عوامل زیر بستگی دارد:

1- Liner
2- Permeability
3- Diffusive transport
4- Cell

۱- مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی نانوشیء

- اندازه ذره و بس‌پراکندگی[1] اندازه؛
- ترکیب شیمیایی، ساختار بلوری و نقص‌ها در شبکه بلوری، پوشش‌های سطحی؛
- اشباع مغناطیسی[2] (که جذب مغناطیسی را کنترل می‌کند)؛ آبگریزی (که برهم‌کنش آبگریزی را کنترل می‌کند) و بار سطحی (که برهم‌کنش لایه دوگانه الکترواستا را کنترل می‌کند)؛
- شکل؛
- واکنش‌پذیری/ واکنش‌پذیری فوتوشیمیایی؛
- انحلال ذره و انتشار یون‌ها.

۲- مشخصه‌های شیرابه و محل دفن:

- pH و محلول‌های یونی حل‌شده؛
- نوع و غلظت مواد آلی که به‌طور طبیعی وجود دارند، مولکول‌های زیستی و ماکرومولکول‌های زیستی؛
- نوع و غلظت مواد غیرآلی (مانند رس‌ها، آلومینوسیلیکات‌ها و اکسی‌هیدروکسیدهای آهن) و عوامل‌زیستی (مانند باکتری).

علاوه‌براین، احتمالاً رهایش با کاهش محصورسازی در طی فرآیند دفع پسماند از WMP-MNOs غیریکپارچه رخ می‌دهد. تراکم پسماند در محل دفن قبل از انسداد آن می‌تواند اقدامی با ریسک بسیار بالای رهایش باشد. به همین دلیل باید اطمینان حاصل شود که برای جلوگیری از چنین ریسک بالقوه مربوط به روش‌های خاص در محل دفن که ماده به آن‌جا ارسال می‌شود، باید پیش‌پردازش/ محصورسازی مناسب WMP-MNO کاملاً مدنظر باشد تا از ریسک بالقوه مربوط به رویه‌های خاص در محل دفنی که مواد به آن‌جا ارسال می‌شود، پیشگیری شود. از اقدامات مناسب در کاهش رهایش می‌توان به بسته‌بندی دوتایی، قراردادن در بشکه و سیمانی کردن اشاره کرد.

انتشار همزمان MNOs همراه با گاز تولیدشده در محل دفن ممکن است مسیر احتمالی دیگری برای انتشار باشد. مکان‌های محل‌دفن مجهز به سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیه گاز، ممکن است به میزان قابل‌توجهی انتشار MNOs را کاهش دهد.

در نتیجه، دفع WMP-MNOs از محل‌دفن حاکی از یک ریسک باقیمانده است که گیرنده آن پسماند باید در نظر بگیرد. به این ترتیب، دفع WMP-MNOs درمحل دفن ممکن است ریسک‌ها را کاهش دهد، اما هیچ ریسکی را حذف نمی‌کند.

1- Polydispersity
2- Saturation magnetization

برای اینکه هیچ‌گونه ریسک واقعی دراثر ازدست‌دادن محصورسازی WMP-MNO در محل دفن وجود نداشته‌باشد، مواد فقط باید به محل دفن پسماند غیرمخاطره‌آمیز تجاری یا محل دفن پسماند مخاطره‌آمیز کنترل‌شده، ارسال شوند. درنتیجه، مجموعه‌ای از پرسش‌های زیر قابل‌طرح است:

- آیا وجود MNOs می‌تواند خواه از طریق تغییر شرایط محیطی (مانند pH و اکسایش کاهش) یا با تاثیر غیرمستقیم بر فعالیت باکتریایی، برای تجزیه‌پذیری‌زیستی مضر باشد؟ پاسخ مثبت، تصمیم‌گیری برای حمایت از محل دفن پسماند تجاری غیرمخاطره‌آمیز بدون پیش‌پردازش را تضعیف می‌کند؛
- آیا MNOs برفرآیندهای هوازی و غیرهوازی در محل دفن اثرگذارند (تجزیه پسماند و تصفیه شیرابه)؟
- سرعت انحلال یا رهایش عناصر یونی از فلزات بر پایه MNOs در شرایط محل دفن چگونه است؟ پایین بودن میزان حلّالیت به‌نفع دفع در محل دفن است. در بالا بودن سرعت انحلال تصمیم به نفع محل‌دفن پسماند تجاری غیرمخاطره‌آمیز بدون پیش‌پردازش را تضعیف می‌کند. شیرابه محل دفن از یک محل دفن به محل دفن دیگر و از زمانی به زمان دیگر به‌طور معناداری بنا به تفاوت در ترکیب محل دفن، نرخ ته‌نشینی و طراحی و بهره‌برداری از محل دفن، متفاوت است.
- تحرک MNOs در شرایط محل دفن چگونه خواهد بود (آیا MNOs در پسماند جامد محل دفن باقی‌مانده‌اند یا به سمت شیرابه حرکت کرده‌اند؟).
- آیا MNOs در شیرابه‌ها کلوخه‌ای می‌شوند؟ پاسخ مثبت، دفع در محل دفن را تایید می‌کند. آیا کلوخه‌ای‌شدن به‌معنای کاهش حرکت است؟ به‌طورکلی، انبوهگی همگن[1] نانواشیاء به‌علت افزایش برخورد بین نانواشیاء و مواد آب‌خوان از طریق ته‌نشینی و برخورد، باعث افزایش سرعت رسوب در محیط متخلل می‌شوند. چنانچه انبوهه‌ها/کلوخه‌ها به یک اندازه‌ای برسند و با فرونشستن از طریق نیروی جاذبه رسوب کنند، ته‌نشینی بهبود می‌یابد. انبوهگی ناهمگن[2] با ذرات متحرک آب‌خوان (مانند رس‌ها) یا میکروارگانیسم (ریزاندامگان)[3] می‌توانند با کاهش سرعت برخورد ذرات، انتقال نانواشیاء را در محیط متخلخل افزایش دهد. این امر به پراکندگی نانواشیاء کمک می‌کند؛
- میانگین اندازه اولیه MNOs چقدر است؟ آیا MNOs از آستر تحتانی محل دفن عبور می‌کنند و میزان آن عبور چقدر است؟

1- Homo-aggregation
2- Hetero-aggregation

3- Micro-organisms

۱۳-۴ تصفیه‌خانه فاضلاب و دفع به زهکش‌ها

۱۳-۴-۱ کلیات

آیین‌نامه چارچوب آب کمیسون اروپا 2000/60/EC، مصوب سال ۲۰۰۰ [31] به‌عنوان بخش جامعی از قانون حفاظت از محیط‌زیست آبی و یکی از قسمت‌های اصلی قانون مربوط به حفاظت از سلامت انسان از طریق محیط‌زیست آبی درنظر گرفته می‌شود (به زیربندهای الف-۳، الف-۱۳ و الف-۱۷، پیوست **الف**، مراجعه شود).

آیین‌نامه مذکور دارای اهداف اصلی زیر است:

- گسترش محدوده حفاظت آب نسبت به کلیه آب‌ها، آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی؛
- دستیابی به «وضعیت مناسب» برای تمام آب‌ها تا مهلت مقرر تعیین‌شده.

موارد زیر، بخش‌های مرتبط آیین‌نامه با این استاندارد است:

۱۳-۴-۲ آب سطحی- وضعیت شیمیایی

حفاظت شیمیایی- وضعیت شیمیایی مطلوب بر مبنای رعایت تمام استانداردهای کیفی تعریف شده‌است که برای مواد شیمیایی در سطح اروپا مصوب شده‌است. درحالی‌که هم اکنون این مواد به ویژه در مقیاس نانو مشمول این استانداردها نیستند، الزامات دستیابی به وضعیت زیست بومی مطلوب وجود دارد. به این معنا که، ماده‌ای که براساس آیین‌نامه مذکور به‌عنوان ماده «مخاطره‌آمیز» یا «اولویت مخاطره‌آمیز» مطرح نیست، اگر به شکل نانومقیاس دارای خواص سمی بیشتری باشد، ممکن است باعث تخطی از شرایط زیست بومی مطلوب شود. علاوه‌براین، آئین‌نامه مذکور سازوکاری برای تجدید این استانداردها و تدوین استانداردهای جدید به‌منظور ایجاد سازوکار اولویت‌بندی مواد شیمیایی خطرناک را فراهم می‌کند. به این ترتیب این سازوکار موجب حصول اطمینان از وجود حداقل کیفیت شیمیایی به‌ویژه در مورد مواد بسیار سمّی و MNOs بالقوه، در هرجایی از جامعه است.

۱۳-۴-۳ آب زیرزمینی- وضعیت شیمیایی

پیش فرض اصلی در رابطه با آب زیرزمینی بر این است که نباید اصلاً آلوده شوند. به‌همین دلیل، تدوین استانداردهای کیفی شیمیایی می‌تواند بهترین رهیافت نباشد. در آیین‌نامه اروپایی برای حفاظت کلی، یک رویکرد کاملاً پیش‌احتیاطی مطرح است. به‌عنوان مثال، این رویکرد شامل ممنوعیت تخلیه مستقیم به درون آب زیرزمینی و لزوم پایش پیکره‌های[1] آب زیرزمینی به منظور شناسایی هرگونه تغییراتی در ترکیب شیمیایی است (به زیر بندهای الف-۱۳و الف-۱۷، پیوست **الف**، مراجعه شود).

1- Bodies

۱۳-۴-۴ دفع WMP- MNOs از طریق زهکشی

هرگونه فاضلابی که حاوی MNOs مخاطره‌آمیز و MNO دارای مخاطره نامشخص است، نباید مستقیماً از طریق زهکش‌ها دفع شود بلکه باید جمع‌آوری یا فیلتر شود (به زیربند ۱۲-۱ پیش پالایش WMP-MNOs قبل از دفع (مایع حاوی MNOs) مراجعه شود.

پسماندهای مایعی که از طریق زهکشی دفع شده‌اند معمولاً به تصفیه خانه‌های فاضلاب (STW) جریان می‌یابند. هرچند انتظار می‌رود بخشی یا همه موادی که به این ترتیب دفع می‌شوند مستقیما به محیط آبی وارد شوند. این مسئله باعث ایجاد دبی مازاد ورودی به STW و در نتیجه اتصالات نادرست یا سرریز در شرایط سیلابی می‌شود. به این معنا که، این مواد فقط زمانی باید به‌درون زهکش‌ها تخلیه شوند که برای سلامت انسان ریسک قابل‌پیش‌بینی معقولی از طریق محیط‌زیست، نداشته نباشد. علاوه‌براین، از هرنوع اثر بالقوه زیان‌آور MNOs بر سلامت و راهبری STW به دلیل اثرات زنجیره‌ای[1] به محیط دریافت‌کننده باید اجتناب شود. این موضوع به دلیل آن است که تصفیه خانه فاضلاب، واحدهای زیستی هستند وحضور MNOs، ممکن است کارایی تصفیه زیستی فاضلاب را کاهش دهد.

علاوه‌براین، بنا به دلایل زیر توجه خاصی باید به MNOs شود که دارای خواص زیست‌کشندگی[2] یا ضدباکتریایی هستند:

الف- MNOs ممکن است اثر منفی بر عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب داشته‌باشند؛

ب- MNOs ممکن است وارد لجن شوند و شاید به‌عنوان کود کشاورزی استفاده شوند.

براساس قانون کنونی، استفاده از لجن به‌عنوان کود کشاورزی محدود یا ممنوع است. به‌عنوان نمونه،کنترل‌های کلی بر فلزات موجود در لجن وجود دارد که برای MNOs هم موضوعیت دارد. افزایش استفاده از نانواشیاء زیست‌کشنده یا نانواشیاء با خواص ضدباکتریایی ممکن است استفاده از جامدات زیستی حاصل از تصفیه‌خانه فاضلاب را برای کاربردهای کشاورزی به‌عنوان کمپوست و کود شیمیایی محدود کند. همچنین، ممکن است اثرات مخربی بر جمعیت میکروبی مفید خاک بگذارند (به زیربندهای الف-۳، الف-۱۰ و الف-۱۶، پیوست **الف** مراجعه شود).

از سوی دیگر، زمانی‌که MNOs فلزی درمحیط رها می‌شوند، ممکن است دچار تغییرشکل‌های فیزیکی و شیمیایی شوند. این تغییرشکل‌ها ممکن است سمیّت و خواص MNOs را تغییر دهند. در محلول آبی، MNOs فلزی ممکن است کاتیون‌های فلزی آزاد کنندکه با سولفور واکنش می‌دهند و ذرات سولفید فلزی تشکیل می‌شود. هنگامی‌که سولفور کاهنده در محیط موجود باشد، نانوذرات فلزی (مانند MNOs نقره) ممکن است سم‌زدایی شوند. اثرات بر انسان و محیط‌زیست اساساً ناشی از یون‌های نقره است و سولفید نقره بسیار پایدار است و نقره یونی را آزاد نمی‌کند. با این‌وجود، برای نمونه، در مورد سولفید نقره، داده‌های اندکی

1- Knock-on effect
2- Biocidal

درباره سمیّت آن وجود دارد [32]. علاوه‌براین، امکان سم‌زدایی از طریق سولفیداسیون با توجه به سازوکارهای سولفیداسیون ممکن است متفاوت باشد [33].

استفاده از نقره به‌عنوان محصول زیست‌کشنده در اتحادیه اروپا تحت قانون محصولات زیست‌کشنده 528/2012 EU است [34]. شکل‌های مختلف نقره همچنان موضوع «ثبت، ارزیابی، صدور مجوز و محدودیت مواد شیمیایی (REACH)[1]» هستند [35].

۱۴ طرح مدیریت حوادث

هدف از این بند، ارائه راهنمایی برای سازندگان یا اصلاح‌کنندگان MNOs، شرکت‌هایی که WMP-MNOs را در طی حمل‌ونقل یا انبارش جابه‌جا می‌کنند و شرکت‌هایی است که WMP-MNOs را پیش‌پردازش یا پردازش می‌کنند.

تمام خطرات ایمنی و بهداشت و نیز محیط‌زیست باید مدیریت و کنترل شوند. به‌عنوان بخشی از ارزیابی ریسک، حوادث احتمالی باید شناسایی شوند و برنامه‌های مدیریت و پیشگیری از حوادث باید مکتوب شود تا راهنمایی برای نحوه مدیریت حوادث احتمالی باشند. روش‌های اجرایی و تخلیه‌ها در زمان آتش‌سوزی یا سایر وقایع[2] مهم باید پیاده‌سازی شوند.

حوادث[3]، سرریزی و آلودگی هوا، خاک و آب می‌تواند ناشی از موارد زیر باشد، البته محدود به این موارد نیست:

- نقص در جابه‌جایی/ انبارش پسماند ورودی؛
- نقص در ذخیره‌سازی پسماند؛
- انفجار، زمانی‌که مایعات یا پودرهای قابل‌احتراق به انبار منتقل شده یا ذخیره می‌شوند، الزامات ویژه‌ای برای حفاظت از آتش و انفجار باید به‌کار گرفت و باید به این نکته توجه داشت که برخی از MNOs ممکن است دارای احتمال بالاتری برای آتش و انفجار نسبت به ذرات با اندازه بزرگ‌تر همان مواد باشند؛
- در تماس قرار گرفتن پسماندهای ناسازگار با یکدیگر.

علاوه‌براین، در مورد زباله‌سوزها، حوادث ممکن است ناشی از موارد زیر باشند، البته محدود به این موارد نیستند:

- نقص در بارگیری پسماند؛

1- Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
2- Incident
3- Accidents

- نقص در کنترل کوره؛
- نقص در جابه‌جایی/ انبارش بقایا؛
- نقص در تجهیزات کنترل آلودگی هوا.

در مورد محل‌های دفن، حوادث ممکن است به دلایل زیر رخ دهد، اما محدود به این موارد نیست:

- نقص کف محل دفن یا آستر دیواره کناری؛
- سرریزشدن[1] مخازن ذخیره شیرابه؛
- رهایش شیرابه‌ها به یک ناحیه محصور نشده؛
- انتشار غیرعمدی شیرابه تصفیه شده.

توصیه می‌شود هنگام تهیه طرح مدیریت حوادث، توجه ویژه‌ای به مخاطره‌هایی شود که ناشی از WMP-MNOs مخاطره‌آمیزی است که باید دفع شوند.

توصیه می‌شود در مورد رهایش کنترل‌نشده ذرات هوابرد هنگام جابه‌جایی یا فرآوری WMP-MNOs مخاطره‌آمیز و WMP-MNOs که مخاطره‌های آن‌ها نامشخص است، مراحل زیر رعایت شوند:

- توصیه می‌شود ناحیه موردنظر بلافاصله خالی از کارکنان و مجزا شود. توصیه می‌شود افراد آلوده‌شده باید ناحیه را ترک کنند و لباس‌های آلوده درآورده شوند (لباس‌ها نباید با جایی تماس پیدا کنند). افرادی که احتمالا آلوده هستند دوش بگیرند و لباس‌های خود را تعویض کنند؛
- توصیه می شود تمام منابع احتراق حذف شوند؛
- توصیه می‌شود ماده ریخته‌شده به راحت‌ترین و ایمن‌ترین شکل ممکن در ظروف بدون درز برگردانده شود. برای محافظت در برابر گردوغبار، کارکنان ماسک تنفسی کامل صورت بزنند که دارای حداقل APF ۴۰ و با یک فیلتر ویژه P3 متناسب باشد، لباس یکسره با حداقل نگه‌داشت گردوخاک و دستکش‌های مناسب بپوشند. با این‌وجود، توصیه می‌شود به سایر مواد شیمیایی موجود یا ترکیب WMP-MNOs نیز توجه شود. درصورت امکان و برقراری ایمنی، اقدامات کنترلی کم‌کردن گردوغبار به‌کار گرفته‌شود (به‌عنوان نمونه، جداسازی ذرات به روش تَر[2]). درصورت استفاده از جاروبرقی، باید از نوع H باشند. علاوه‌براین، جاروبرقی‌های ضدانفجار یا ضداحتراق در برابرگردوغبار ممکن است لازم شود؛
- توصیه می‌شود تمام سطوح عاری از هرگونه آلودگی شود (به‌عنوان مثال با دستمال نم‌دار) و از سطح نمونه‌برداری شود تا از میزان مناسبی از آلودگی‌زدایی، اطمینان حاصل شود؛

1- Overfilling tanks/lagoons
2- Wet Dust Suppression Methods

- کارکنان قبل از انتقال برای استحمام و آلودگی‌زدایی شخصی، یک لباس یکسره تمیز دیگری بر روی لباس یکسره آلوده بپوشند، ماسک تنفسی کاملاً تمیز و مرطوب باشد (بدون برداشتن آن)، کفش‌ها عاری از آلودگی باشند، دست‌های خود را تمیز کنند (بدون درآوردن دستکش‌ها)؛
- تمام موارد دورریز باید به شیوه مناسب و ایمن دور انداخته‌شوند؛
- توصیه می‌شود آلودگی سطح و یا نمونه‌گیری از هوا انجام شود؛
- پس از آنکه محیط تمیز شد و نتایج نمونه‌گیری بررسی شدند و نشان دادند که محیط «تمیز» است، کارکنان می‌توانند به آنجا بازگردند؛
- برای رهایش کنترل نشده WMP-MNOs غیرمخاطره‌آمیز، توصیه می‌شود به مراحل اشاره‌شده در فوق یا برخی از مراحل بالا اشاره شود که به میزان انتشار و احتمالاً غلظت MNOs هوابرد در هوا بستگی دارد.

پیوست الف

(الزامی)

فهرست قوانین و مقررات جمهوری اسلامی ایران در مدیریت پسماند ارجاع‌شده در این استاندارد

الف-۱ مجلس شورای اسلامی، *قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، اصل ۵۰*، مصوب ۱۳۵۸/۰۱/۱۰.

الف-۲ مجلس شورای اسلامی، *قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، اصل ۴۴*، مصوب ۱۳۵۸/۰۱/۱۰.

الف-۳ مجلس شورای اسلامی، *قانون مدیریت پسماندها*، مصوب ۱۳۸۳/۰۲/۲۰، روزنامه: ۱۷۲۷۰.

الف-۴ مجلس شورای اسلامی، *قانون حفاظت و بهسازی محیط‌زیست*، مصوبه ۱۳۵۳/۳/۲۸، روزنامه: ۸۵۹۲، اصلاحیه ۱۳۷۱/۸/۲۴، روزنامه: ۱۳۹۰۸.

الف-۵ مجلس شورای اسلامی، *قانون اجازه عضویت جمهوری اسلامی ایران درکنوانسیون بازل درباره کنترل انتقالات برون‌مرزی مواد زاید زیان‌بخش و دفع آن‌ها*، مصوب ۱۳۷۱/۶/۳۱، روزنامه: ۱۳۸۸۴.

الف-۶ مجلس شورای اسلامی، *قانون هوای پاک*، مصوب ۱۳۹۶/۴/۲۵، بنا به پیشنهاد شماره ۷۳۹۹۳/ ۵۰۲۲۰ مورخ ۱۳۹۳/۶/۳۱ دولت و در اجرای اصل یکصد و بیست و سوم (۱۲۳) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، روزنامه: ۲۱۰۹۹.

الف-۷ مجلس شورای اسلامی، *قانون حفاظت از خاک*، مصوب ۱۳۹۸/۳/۴، بنا به پیشنهاد شماره ۲۱۵۹۶/۵۰۵۱۸ مورخ ۲۳/۲/۱۳۹۴ دولت و در اجرای اصل یکصد و بیست و سوم (۱۲۳) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، روزنامه: ۲۱۶۲۷.

الف-۸ مجلس شورای اسلامی، *قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور*، مصوب ۱۳۹۴/۸/۴، بنا به پیشنهاد شماره ۵۲۴۱۲/۱۰/۲۲۰ دولت و در اجرای اصل یکصدو بیست و سوم (۱۲۳) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران.

الف-۹ هیأت وزیران، *آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماند*، مصوب ۱۰/۵/ ۱۳۸۴، بنا به پیشنهاد شماره ۵۷۳۸۳ مورخ ۱۲/۱۶/ ۱۳۸۳سازمان حفاظت محیطزیست و به استناد ماده (۲۲) قانون مدیریت پسماندها، مصوب ۱۳۸۳.

الف-۱۰ هیئت وزیران، *ضوابط و رو ش‌های مدیریت اجرایی پسماندهای پزشکی و پسماندهای وابسته*، مصوب ۱۳۸۷/۲/۸، تصویب نامه شماره ۱۵۸۷۱/ت۳۸۴۵۹ ک.

الف-۱۱ هیئت وزیران، *آیین‌نامه اجرایی حمل و نقل جاده‌ای مواد شیمیایی خطرناک*؛ مصوب۱۳۸۰/۱۲/۲۲،

بنا به پیشنهاد شماره ۱۰۶۸۸.۱۱ وزارت راه و ترابری و به استناد ماده (۱۴) اصلاحی قانون رسیدگی به تخلفات و اخذ جرایم رانندگی، مصوب ۱۳۷۶.

الف-۱۲ هیئت وزیران، *آیین‌نامه اجرایی بند (ب) ماده (۲۹) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه*، مصوب ۱۳۹۷/۱۱/۱۰، بنا به پیشنهاد مشترک سازمان برنامه و بودجه کشور، وزارت جهاد کشاورزی و سازمان حفاظت محیط زیست و به استناد بند (ب) ماده (۲۹) قانون احکام دایمی برنامه های توسعه کشور، مصوب ۱۳۹۵.

الف-۱۳ هیئت وزیران، *آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب*، مصوب ۱۳۷۳/۳/۱۶، تصویب نامه شماره ۱۸۲۴۱/ت۷۱ ه‍، بنا به پیشنهاد شماره ۱۶۷۴-۱۲ سازمان حفاظت محیط زیست و به استناد ماده ۴۶ قانون توزیع عادلانه آب، مصوب ۱۳۶۱/۱۲/۱۶ مجلس شورای اسلامی.

الف-۱۴ هیئت وزیران، *تصویب‌نامه در خصوص اختیارات دستگاه های اجرایی*، مصوب ۱۳۹۴/۶/۱، تصویب نامه شماره ۷۵۶۰۹/ت۵۱۰۵۲ ه‍، بنا به پیشنهاد شماره ۴۳۳۸۹ مورخ ۱۳۹۴/۴/۷ وزارت کشور و به استناد اصل یکصدوسی‌وهشت (۱۳۸) قانون اساسی مجلس شورای اسلامی.

الف-۱۵ هیئت وزیران، *تصویب‌نامه در خصوص تعیین حد مجاز استانداردهای خروجی از کارخانجات و کارگاه های صنعتی*، مصوب ۱۳۹۵/۱/۲۲، تصویب نامه شماره ۹۵۰۵/ت۴۹۰۶۵ ه‍، بنا به پیشنهاد سازمان محیط زیست و به استناد ماده (۱۵) قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا، مصوب ۱۳۷۴.

الف-۱۶ سازمان محیط زیست، *ضوابط زیست محیطی محل‌های دفع پسماندهای عادی*، مصوب ۱۳۸۹/۱۱/۳۰، موضوع بخشنامه شماره ۸۹/۴۶۱۷۰.

الف-۱۷ سازمان محیط زیست، *استانداردهای خروجی فاضلاب* ، به استناد ماده ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب و با توجه به ماده (۳) همین آیین‌نامه و با همکاری وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع و معادن و فلزات، کشور و جهاد کشاورزی، توسط سازمان محیط زیست تدوین و تهیه شده‌است.

الف-۱۸ وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، *آیین‌نامه طبقه‌بندی و برچسب‌گذاری مواد شیمیایی کشور*، ابلاغیه ۱۳۸۸/۷/۴.

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

ابزارهایی برای کاهش تولید پسماند در مبدأ[1]

ب-۱ کلیات

صنایع فرآوری مواد خام و شیمیایی، ابزارهای گوناگونی را برای کاهش تولید پسماند در مبدأ توسعه داده‌اند، از جمله روش‌های مناسب مدیریتی و نیز راه‌حل‌های فنی و نوآوری‌های علمی که در زمینه فرآوری و ساخت MNO کاربرد داشته‌باشند. برای پیشگیری موفق از تولید پسماند، معمولاً ترکیبی از اقدامات کاهش از مبدأ در سطوح مختلف سازمانی لازم است اجرایی شود. این فعالیت‌ها دو دسته زیر را شامل می‌شود:

-رویکردهای سازمانی[2] در جلوگیری از تولید پسماند؛

-رویکردهای علمی و فنی کاهش از مبدأ.

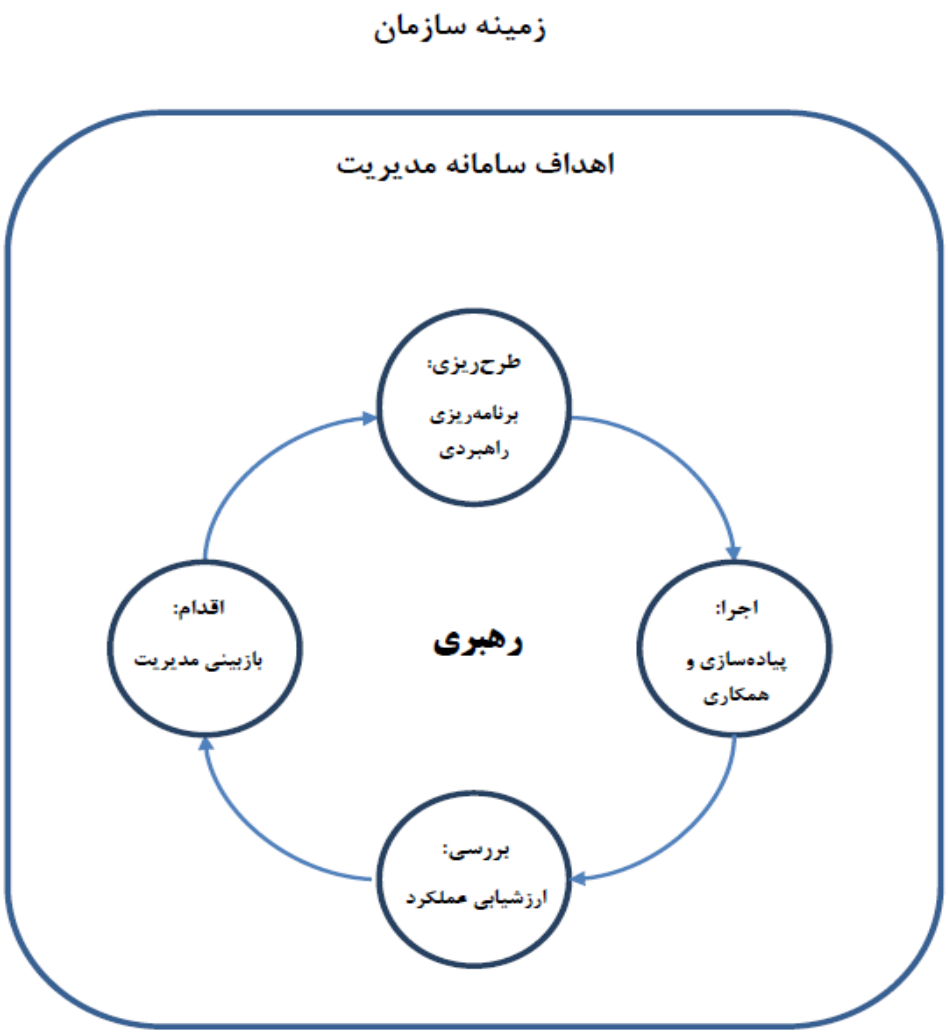
ب-۲ رویکردهای سازمانی در جلوگیری از تولید پسماند

ب-۲-۱ برنامه‌ریزی راهبری

تصمیم‌گیری با اهداف به‌حداقل‌رساندن تولید پسماند یک تحقق ثمربخش از برنامه‌های کاهش از مبدأ در یک شرکت است. برای به‌حداقل رساندن موفقیت‌آمیز پسماند تولیدی، یک برنامه راهبردی[3] لازم است که به‌جای فعالیت‌های جداگانه، تصمیم‌گیری‌های جامعی درباره روش‌های مدیریتی را شامل می‌شود. از این‌رو، تولیدکنندگان MNOs باید یک رویه پیشگیری از تولید پسماند را اتخاذ کنند و آن را در برنامه تجاری کلی شرکت جای دهند. تعهد مدیران ارشد یک فاکتور کلیدی موفقیت است.

رویکرد طرح‌ریزی- اجرا- بررسی- اقدام (PDCA)[4]، چارچوب مناسبی را برای برنامه‌ریزی راهبردی و اجرایی‌کردن فعالیت‌های مشترک، برای به‌حداقل رساندن پسماند، ارائه می‌دهد. رویکرد PDCA یک چرخه با هدف ایجاد بهبود مستمر در کارایی پسماند سازمانی است. این رویکرد می‌تواند در متن رویه‌های مدیریتی به‌رسمیت شناخته‌شده در یک شرکت ادغام شود. این رویکرد کلی در استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱۴۰۰۱: سال۱۳۹۷[۲] شرح داده شده‌است.

1- Source reduction
2- Organizational
3- Strategic
4- Plan-Do-Check-Act



شکل ب-۱- چرخه طرح‌ریزی-اجرا-بررسی-اقدام [۱۹]

ب-۲-۲ اجرای یک برنامه پیشگیری از تولید پسماند

فعالیت‌های اصلی زیر با چرخه طرح‌ریزی- اجرا- بررسی- اقدام مرتبط هستند:

۱- طرح‌ریزی

الف- توسعه یک شیوه پیشگیری از تولید پسماند شرکت که بیانگر اهداف کوتاه‌مدت، اهداف بلند مدت و اولویت‌های مربوط به کاهش از مبدأ است؛

ب- همسویی شیوه پیشگیری از تولید پسماند با سایر روش‌های شرکت (مانند EMS، EHS)؛

پ- تعیین حدومرز سازمانی و دامنه کاربرد مربوط به برنامه پیشگیری از تولید پسماند؛

ت- انتخاب شاخص‌های مناسب برای پایش پسماند حاوی MNOs؛

ث- تعریف و ابلاغ اهداف پیشگیری از تولید پسماند.

۲- اجرا

الف- اجرای برنامه پیشگیری از تولید پسماند با ارائه تعریفی از چارچوب سازمانی، شامل اختصاص منابع و تعیین وظایف؛

ب- شناسایی و ارزیابی منابع مربوط به پسماند؛

پ- اجرای محاسبات پسماند: ردگیری و تعیین کمیّت جریان مواد و مقصد جریان‌های پسماند، اطلاعات مهمی برای اجرایی و ارزیابی‌کردن اقدامات کاهش از مبدأ هستند؛

ت- انجام تحقیق و پژوهش درباره اقدامات کاهش از مبدأ، درصورت لزوم؛

ث- طراحی و اجرای اقدامات کاهش از مبدأ؛

ج- اطلاع‌رسانی و موظف‌کردن پیمانکاران یا تامین‌کنندگان برای اجرای اقدامات کاهش پسماند؛

چ- افزایش آگاهی و ظرفیت‌سازی درباره پیشگیری از تولید پسماند (به‌عنوان مثال، آموزش کارکنان، تامین مهارت خارجی).

۳- بررسی

الف- پایش فعالیت‌های کاهش از مبدأ و سنجش دستاوردها؛

ب- ارزیابی موفقیت اقدامات کاهش از مبدأ درمقابل اهداف جلوگیری از تولید پسماند؛

پ- مستندسازی اطلاعات؛

ت- گزارش پیشرفت/ ارتباط.

۴- اقدام

الف- بررسی دوره‌ای ساختار سازمانی، روش‌ها و شیوه‌نامه‌ها از پیش‌زمینه اهداف شرح داده‌شده در رویه پیشگیری از تولید پسماند؛

ب- اولویت‌بندی برای فعالیت‌های بیشتر به‌منظور بهبود مستمر در به‌حداقل‌رساندن پسماند؛

پ- آغاز یک چرخه جدید از برنامه پیشگیری از تولید پسماند؛

مشخصه تکرار[1] فرآیند، حائز اهمیت است. شرکت‌هایی که یک برنامه پیشگیری پسماند را برای نخستین بار وضع می‌کنند ممکن است این فرآیند را با فرمولاسیون یک شیوه پیشگیری اولیه پسماند (زیربند۱-الف، پیوست **ب**) و تعیین یک چارچوب سازمانی (زیربند۲-الف، پیوست **ب**) آغاز کنند. چرخه اولیه، بر ارزیابی موقعیت فعلی (زیربند۲-الف و۲-پ، پیوست **ب**) و پژوهش درباره پتانسیل‌های پیشگیری (زیربند۲-ت، پیوست **ب**) متمرکز است.

1- Iterative

ب-۲-۳ نظام اداره کردن[1] مناسب

برای جلوگیری از تولید پسماند غیر از فرآیندهای اصلی، اقدامات سازمانی باید انجام شود. غالباً، از فرآیندهای تولید اولیه پسماندی حاصل نمی‌شود، اما از فرآیندهای فرعی چنانچه به‌اندازه کافی مدیریت نشوند حاصل خواهند شد. آلودگی متقاطع (یعنی مواد پسماندی که با مواد دیگر ترکیب می‌شوند و آن‌ها را آلوده می‌کنند) یک علت بارز، برای افزایش غیرضروری مقدار پسماند است. علت دیگر تولیدِ غیرضروری پسماند، خراب‌شدن مواد به‌علت انبارش نامناسب است. این منابع پسماند را می‌توان با اجرای نتیجه‌بخش اصول جزئی اما در عین حال نیرومند نظام اداره‌کردن مناسب به حداقل رساند. فهرست زیر بیانگر برگزیده‌ای از رویکردهای نظام اداره‌کردن مناسب است که از تولید پسماند و هزینه‌ها، همزمان پیشگیری می‌کند:

- چنانچه احتمال دارد مواد خام اولیه، مواد واسطه و تولیدات خراب شوند، از انبارکردن آن‌ها اجتناب شود؛
- تاریخ مصرف مواد در مفاد برنامه‌ریزی تولید و تهیه مدنظر قرار گیرد؛
- شرایط مناسب بسته‌بندی و انبارش برای تمام مواد و پسماندها مدنظر قرار گیرد. WMO-MNOs جدای از سایر پسماندها، جمع‌آوری، پردازش و ذخیره شود. لازم است WMO-MNOs کاملاً مشخص و بدون هیچ ابهامی داخل شرکت برچسب‌گذاری و ردگیری شوند؛
- مقدار مواد و تجهیزات مانند مواد بسته‌بندی که با MNOs در تماس مستقیم قرار می‌گیرند کاهش یابد تا کمتر آلوده شوند و کمتر به تمیزکردن نیاز پیداکنند؛
- تجهیزات کلی در شرایط مناسبی انبارش شوند تا از هرگونه نشت و اتلاف که به فیلترهای بیشتری از مواد کمکی برای تمیزکردن نیاز دارند، جلوگیری شود؛
- از جدیدترین روش‌های ایمنی فنی انبارش پشتیبانی شود تا از حوادث یا سایر شکل‌های اتلاف مواد جلوگیری شود؛
- مدل تجاری لیزینگ (واسپاری) شیمیایی[2] و به‌عنوان جایگزینی برای تامین مواد میانی یا مواد شیمیایی فرعی که حاوی MNOs هستند مدنظر قرار گیرد. این مطلب به‌ویژه برای تولیدکنندگان رده پایین که ممکن است فاقد مهارتی در جابه‌جایی ایمن MNOs باشند جالب‌توجه است. لیزینگ مواد شیمیایی و تجهیزات پردازش وظیفه مراقبت در قبال مدیریت، اجرا و بررسی MNOs را به تولیدکنندگان رده پایین واگذار می‌کند که نقش تامین‌کننده خدمات را دارند [36]. با لیزینگ شیمیایی می‌توان استفاده بهینه از مواد شیمیایی پردازشی را بهبود بخشید و مقدار بقایا را با استفاده بهبودیافته از مواد کاهش داد.

ب-۳ رویکردهای علمی و فنی کاهش از مبدأ

هدف اصلی از اقدامات فنی پیشگیرانه از تولید پسماند در مبدأ، شامل دو جنبه زیر است:

1- Housekeeping
2- Chemical Leasing

- افزایش بازدهی محصول موردنظر؛
- کاهش محصولات فرعی و بقایا.

این امر مربوط به مسیرهای سنتز اولیه (مانند واکنش‌های شیمیایی تَر[1]، سنتز حرارتی، یا پردازش مکانیکی) و نیز فرایندهای تولید تکمیلی (مانند جداسازی، پردازش، غلظت MNOs) و فرآیندهای کمکی (به‌عنوان مثال، برهم‌کنش ایجاد بارالکتریکی/تخلیه بار الکتریکی، ظروف حمل‌ونقل و انبارش؛ تمیزکردن فیلترها، غیره) است. تغییرات یا طراحی مجدد مسیرهای موجود در تولید MNOs ممکن است برای تحقق کاهش پسماند از مبدأ آن ضروری باشد. علاوه‌براین، تهیه مواد خام تصفیه‌شده و غلیظ‌شده از تولید محصولات جانبی ناخواسته که لازم است متعاقبا پس از سنتز MNOs جدا شوند، جلوگیری می‌کند.

جلوگیری از تولید پسماند یک عنصر مهم در تحقیق و توسعه نانواشیاء نوین به‌شمار می‌رود. اقدامات کاهش از مبدأ باید از آغاز فعالیت‌های نوآوری و ارتقا خطوط تولید صنعتی مدنظر قرار گیرد. اصول شیمی سبز الهام‌بخش مفهوم فرآیندهای سنتزی پیشگیری از تولید پسماند برای MNOs هستند. موارد زیر برگرفته از اصول شیمی سبز و مهندسی سبز [37] [38] هستند که مربوط به کاهش تولید WMP-MNOs از مبدأ هستند.

الف- پیشگیری: بهتر است به‌جای پردازش یا پاکسازی پسماند از تولید پسماند پیشگیری کرد.

ب- اتم اکونومی[2]: روش‌های سنتز باید به‌گونه‌ای طراحی شوند تا بیشترین استفاده از تمام مواد انجام شود و تمام آن‌ها به محصول نهایی تبدیل شود. درصورت امکان، روش‌هایی برای سنتز باید طراحی شوند تا موادی را تولید و به‌کار گیرند که سمیّت اندک یا هیچگونه سمیّتی برای سلامت انسان و محیط‌زیست نداشته باشند.

پ- بهره‌گیری از حلّال‌ها و مواد کمکی ایمن‌تر: توصیه می‌شود از مواد کمکی غیرضروری (مانند، حلّال‌ها، عوامل جداکننده و غیره) درصورت امکان در حداقل میزان ممکن، استفاده شود و پس از استفاده، بی‌ضررسازی شود. مشتق‌سازی غیرضروری (استفاده از گروه‌های مسدودکننده، حفاظت/حفاظت‌زدایی، تغییر موقت فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی) باید به حداقل برسد یا درصورت امکان از آن‌ها اجتناب شود، زیرا چنین مراحلی به شناساگر بیشتری نیاز دارد و می‌تواند باعث تولید پسماند شود.

ت- طراحی برای جداسازی: توصیه می‌شود عملیات جداسازی و پردازش با هدف به حداقل رساندن مصرف انرژی و استفاده از مواد طراحی شود.

ث-کاتالیزور: شناساگرهای کاتالیزوری (تا آنجا که امکان دارد انتخابی باشند) نسبت به شناساگرهای استوکیومتری ارجح هستند. محصولات شیمیایی باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که در پایان نقش خود به محصولات تجزیه‌شده بی‌خطری، تجزیه شوند و در محیط‌زیست باقی نمانند.

1- Wet Chemical Reactions
2- Atom Economy

ج- تجزیه فوری برای پیشگیری از آلودگی: روش‌شناسی‌های تحلیلی باید بیشتر برای پایش آنی، در حین کار و کنترل قبل از تشکیل مواد مخاطره‌آمیز، توسعه یابند.

چ- ذاتی به‌جای وابسته به وضعیت و شرایط: اطمینان حاصل کنید که تمام دروندادها و بروندادهای مواد و انرژی حتی المقدور ذاتاً غیرمخاطره‌آمیز باشند.

گزینش اصول شیمی سبز برای توسعه مسیرهای جایگزین سنتز MNOs می‌تواند تحقیق و توسعه ویژه رویکردهای جدید و مختص نانو را الزامی کند. شیمی ابرمولکولی[1]، نمونه‌ای از رویکردهای سنتز نوین برای فناوری نانو است. واکنش‌های خودآرایی[2] (خود مونتاژ) در حالت جامد رخ می‌دهند (از حلّال‌ها استفاده نشود) و بازدهی را تا ۱۰۰ درصد می‌رسانند. استفاده از اصل پایین به بالا می‌تواند به توسعه مسیرهای جدید پردازشی که مراحل سنتز کمتری دارند، کمک بیشتری کند. بدین منظور از شرایط فیزیکی و شیمیایی که سنتز در آن رخ می‌دهد باید درک و فهم کاملی داشت. توضیح دقیق دروندادها و بروندادهای کل سامانه تولید برای درک بازدهی فرآیند و نسبت پسماند مربوط به هر مرحله از فرآیند ضروری است.

سایر موارد کاهش از مبدأ در فرآیندهای سنتز MNO، جایگزینی تولید پیوسته با حالت تولید ناپیوسته است. این امر نیاز به انبارش موقت و استفاده از استخراج و مایعات فلاش‌شده[3] (با فشار آب)، عوامل تمیزکننده و مواد مصرفی (مانند بسته‌بندی) دارد.

1- Supramolecular
2- Self-assembly
3- Flushing

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

طبقات و دسته‌های خطر CLP

پ-۱ کلیات

فهرست ۱، ۲ و ۳ طبقه‌بندی مخاطره‌ها در سامانه CLP [۱۶] را نشان می‌دهد. هر طبقه دارای یک یا چند دسته مخاطره می‌باشد.

فهرست ۱- مخاطره‌های فیزیکی

- مواد منفجره (مواد منفجره ناپایدار، قسمت‌های ۱-۱، ۱-۲، ۱-۳، ۱-۴، ۱-۵ و ۱-۶)؛
- گازهای قابل‌اشتعال (شامل گازهای غیرپایدار از لحاظ شیمیایی) (دسته‌های ۱ و۲؛ دسته های A و B)؛
- هواسل‌ها[1] (دسته‌های ۱، ۲ و۳)؛
- گازهای اکسیدکننده (دسته ۱)؛
- گازهای تحت‌فشار (گاز فشرده، گاز مایع، گاز مایع سردشده، گاز محلول)؛
- مایعات قابل‌اشتعال (دسته‌های ۱، ۲ و۳)؛
- جامدات قابل‌اشتعال (دسته‌های ۱ و۲)؛
- مواد و ترکیبات با واکنش‌های خودبخودی[2] (انواع F, E, D, C, B, A و G)؛
- مایعات خودمشتعل شونده[3] (دسته ۱)؛
- جامدات خودمشتعل‌شونده (دسته ۱)؛
- مواد و مخلوط‌ها خودگرم‌شونده[4] (دسته‌های ۱ و۲)؛
- مواد و مخلوط‌هایی که در تماس با آب، گازهای قابل‌اشتعال از خود متصاعد می‌کنند (دسته‌های ۱، ۲ و۳)؛
- مایعات اکسیدکننده (دسته‌های ۱، ۲ و۳)؛
- جامدات اکسیدکننده (دسته‌های ۱، ۲ و۳)؛

1- Aerosol
2- Self-reactive
3- Pyrophoric
4- Self-heating substances and mixtures

- پراکسیدهای آلی (انواع F, E, D, C, B, A و G)؛
- خورنده[1] فلزات (دسته ۱).

فهرست ۲- خطرات سلامتی

- سمیّت حاد (دسته‌های ۱، ۲ ،۳ و۴)؛
- تحریک/ خورندگی پوست (دسته‌های ۱۱۵، ۱A، ۱B، ۱C و۲)؛
- تحریک چشم/ آسیب جدی به چشم (دسته‌های ۱ و۲)؛
- حساسیت پوستی یا تنفسی (دسته ۱، زیر دسته ۱A و ۱B)؛
- جهش‌زایی سلول‌های زایا (دسته ۱A، ۱B و ۲)؛
- سرطان‌زایی (دسته ۱A، ۱B و ۲)؛
- سمیت تولید مثل (دسته ۱A، ۱B و ۲) به‌علاوه دسته اضافی برای اثرات روی یا از طریق شیردهی؛
- سمیت اندام هدف خاص (STOT)[2]- یک‌بار مواجهه (دسته ۱، ۲) و دسته ۳ فقط برای اثرات مواد مخدر و تحریک دستگاه تنفسی)؛
- سمیت اندام هدف خاص (STOT)- مواجهه مکرر (دسته ۱ و ۲)؛
- مخاطره تنفسی[3] (دسته ۱).

فهرست ۳- خطرات زیست محیطی

- مخاطره‌ها برای محیط آبی (دسته حاد ۱ ، دسته مزمن ۱ ، ۲ ، ۳ و ۴).

فهرست ۴- خطرات اضافی

- مخاطره‌های لایه ازن (رده ۱).

یادآوری- ضمیمه III آیین‌نامه 2008/98/EC فهرست خواص پسماند است که آن را مخاطره‌آمیز می‌کند. مقررات کمیسیون اتحادیه اروپا شماره 1357/2014 از ۱۸ دسامبر ۲۰۱۴، آیین‌نامه 2008/98/EC پارلمان اروپا و شورای پسماند را جایگزین ضمیمه III کرد و آیین‌نامه‌های خاص را لغو و مقررات شورای اروپا 2017/997 از ۸ ژوئن ۲۰۱۷ ضمیمه III آئین‌نامه 2008/98/EC پارلمان اروپا و شورا در مورد خاصیت مخاطره‌آمیز HP 14 «اکوتوکسیک» را به خواص مخاطره‌آمیز HP 1 تا15 HP تغییر نام داد تا از سردرگمی احتمالی با کدهای بیانیه مخاطره تعریف‌شده در مقررات 2008/ 1272 (EC) جلوگیری شود.

1- Corrosive
2- Specific Target Organ Toxicity
3- Aspiration

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

نشان دادن قابلیت کارایی فرآیندهای زباله‌سوزی در دماهای ۸۵۰ درجه سلسیوس و ۱۱۰۰ درجه سلسیوس برای MNOs

کاربرد فرآیند زباله‌سوزی مرتبط با موادی است که باید سوزانده شوند. در پیوست حاضر، رهنمودهایی درمورد کارایی فرآیندهای ۸۵۰ درجه سلسیوس و ۱۱۰۰ درجه سلسیوس برای زباله‌سوزی MNOs ارائه شده‌است. MNOs ذکرشده در جدول ت-۱ به‌ندرت برای سوزاندن مناسب هستند. در مورد سایر MNOs، به‌ویژه MNOs آلی و با پایه کربن، براساس خواص آن ماده خاص باید سوزانده‌شوند. نکات زیر به تصمیم‌گیری کمک می‌کنند:

یادآوری ۱- کارایی برای فرآیند ۸۵۰ درجه سلسیوس و ۱۱۰۰ درجه سلسیوس به دمای احتراق MNO توده و اشباع اکسیژن در ناحیه احتراق بستگی دارد. در یک احتراق کاهشی (اکسیژن پایین)، MNO توده (به‌عنوان مثال CNTs) ممکن است حتی در دماهای بالاتر (بالاتر از ۸۵۰ درجه سلسیوس) از بین نرود.

یادآوری ۲- نقره ممکن است اکسید شود و تشکیل اکسید نقره دهد که نقطه ذوب آن پایین (۳۰۰ درجه سلسیوس) است. بنابراین بسیار محتمل است که اکسید نقره در رسوب یا خاکستر کف کوره محبوس شود.

یادآوری ۳- آهن به اکسید آهن با نقطه ذوب ۱۵۶۶ درجه سلسیوس اکسید می‌شود. چنانچه فرآیند زباله‌سوزی، ذرات آهن را تخریب یا محبوس نکند، می‌تواند به ذرات اکسید آهنی تبدیل شود که در ناحیه نانومقیاس باقی بماند.

یادآوری ۴- نانورس‌ها مانند یک ضدآتش (مقاوم در برابر آتش) عمل می‌کنند و ممکن است ترکیبی حاوی نانورس‌هایی را به‌وجود آورند که در دمایی بالاتر از دمای نرمال زباله‌سوزی پردازش شوند.

CNTs بین دماهای ۳۰۰۰ درجه سلسیوس تا ۴۰۰۰ درجه سلسیوس تولید یا بازتولید می‌شوند. باید مراقب بود تا در طی زباله‌سوزی CNTs تولید یا بازتولید نشود.

جدول ت-۱- MNOs که به‌ندرت برای سوزاندن مناسب هستند

ماده	دمای احتراق	نقطه ذوب	مناسب فرآیند ۸۵۰ درجه سلسیوس	مناسب فرآیند ۱۱۰۰ درجه سلسیوس
دی اکسید تیتانیم	-	۱۸۳۴ درجه سلسیوس	خیر	خیر
اکسید آلومینیم	-	۲۰۷۲ درجه سلسیوس	خیر	خیر

جدول ت-۱- (ادامه)

ماده	دمای احتراق	نقطه ذوب	مناسب فرآیند ۸۵۰ درجه سلسیوس	مناسب فرآیند ۱۱۰۰ درجه سلسیوس
اکسید سریم	-	۲۴۰۰ درجه سلسیوس	خیر	خیر
اکسید روی	-	۱۹۷۵ درجه سلسیوس	خیر	خیر
دی اکسید سیلیکون	-	۱۶۰۰ درجه سلسیوس	خیر	خیر

MNOs که قبلاً اکسید شده‌اند و دارای نقطه ذوب بالایی هستند ممکن است از ناحیه احتراق بدون هرگونه تغییر ضروری خارج شوند. MNOs که کاهش یافته‌اند با توجه به کافی‌بودن دمای بالا ممکن است سوزانده شوند. بااین‌وجود، احتمالاً احتراق کامل نه‌تنها به ترکیب شیمیایی بلکه به اندازه ذره و حالت کلوخه‌شدن و مساحت سطح دردسترس بستگی دارد. کاربر باید کارایی فرآیند زباله‌سوزی را مستقیماً با تامین‌کنندگان خدمات زباله‌سوزی بررسی کند.

مدت زمان باقی‌ماندن پسماند در کوره باید به اندازه کافی طولانی باشد تا از سوختن کامل و قابل‌کنترل بودن اطمینان حاصل شود. برای اطمینان از احتراق موثر گازهای کوره، موارد زیر کنترل شوند:

- میزان کافی اکسیژن برای اطمینان از احتراق کامل؛

- دمای کافی برای بهبود احتراق؛

- زمان کافی برای تکمیل واکنش‌های احتراق؛

- ایجاد تلاطم[1] برای بهبود مخلوط‌شدن.

انواع خاصی از نانواشیاء ممکن است در طی احتراق از بین نروند. بااین‌حال، باید توجه داشت که محصولات احتراق با سایر مواد وارد واکنش می‌شوند و ذرات جدیدی را تشکیل می‌دهند.

1- Turbulence

کتاب‌نامه

[1] Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS), repealing Regulation (EC) No 761/2001 and Commission Decisions 2001/681/EC and 2006/193/EC. OJ L 342, 22.12. 2009, p. 1–45

[۲] استاندارد ملی ایران-ایزو شماره ۱۴۰۰۱: سال ۱۳۹۷، سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی– الزامات همراه با راهنمای استفاده

[3] Joint Research Centre. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). Final Draft (October 2017)

[4] Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). OJ L 312, 22.11.2008, p. 3–30

[5] CEN/TS 16937: 2016, Nanotechnologies—Guidance for the responsible development of nanotechnologies

[6] Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. OJ L 182, 16.7.1999, p. 1-19

[7] Myakonkaya O., Guibert C., Eastoe J., Grillo I. Recovery of Nanoparticles Made Easy. Langmuir. 2010, **26** pp. 3794–3797

[8] Nazar M.F., Shah S.S., Eastoe J., Khan A.M., Shah A. Separation and recycling of nanoparticles using cloud point extraction with non-ionic surfactant mixtures. J. Colloid Interface Sci. 2011, 363 pp. 490–496

[۹] استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵: سال ۱۳۹۸، مدیریت ریسک- رهنمودها

[۱۰] استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۶۰: سال ۱۳۹۱، مدیریت ریسک– تکنیک‌های ارزیابی ریسک

[11] ISO/TR 13121: 2011, Nanotechnologies- Nanomaterial risk evaluation

[12] ISO/TR 12885: 2008, Nanotechnologies- Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies

[13] Commision Decision 2000/532/EC of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishinga list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste (notified under document number C(2000) 1147) (Text with EEA relevance). OJ L 226, 6.9.2000, p. 3–24

[۱۴] استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۵۴۴: سال ۱۳۹۴، فناوری نانو- تهیه برگه اطلاعات ایمنی ماده

[15] European Commission. Guidance on the definition and classification of hazardous waste. Draft version from June 2015

[16] Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006. OJ L 353, 31.12. 2008, p. 1–1355

[17] Council Regulation (EC) No 440/2008 of 30 May 2008 laying down test methods pursuant to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). OJ L 142, 31.5. 2008, p. 1–739

[18] UK Nanosafety Group (UKNSG). Working Safely with Nanomaterials in Research and Development. Second Edition, 2016

[۱۹] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۷۷۷: سال ۱۳۹۷، صافی‌های هوا با راندمان بالا (ایپا، هپا و اولپا) قسمت ۱: طبقه‌بندی، آزمون عملکرد و نشانه‌گذاری

[۲۰] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۹۸۱۶: سال ۱۳۹۷، فناوری نانو- مدیریت ریسک شغلی برای نانومواد مهندسی‌شده- قسمت ۲: استفاده از رویکرد دسته‌بندی اقدامات کنترلی

[21] CEN/TS 17274, Nanotechnologies — Guidelines for determining protocols for the explosivity and flammability of powders containingof powders containing nano-objects

[22] Directive 1999/92/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 1999 on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres (15th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). OJ L 23, 28.1.2000, p. 57–64

[۲۳] استاندارد ملی ایران ۱-۱۹۸۱۶: سال ۱۳۹۴، فناوری نانو- مدیریت ریسک شغلی- نانومواد مهندسی‌شده قسمت ۱: اصول و رهیافت‌ها

[24] Health and Safety Executive. Chemical warehousing. The storage of packaged dangerous substances. ISBN 978 0 7176 6237 1.

[25] Council Decision 2003/33/EC of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC. EC. OJ L 11, 16.1.2003, p. 27–49.

[26] Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). OJ L 334, 17.12.2010, p. 17-119

[27] Holder A.L., Vejerano E.P., Zhou X., Marr L.C. Nanomaterial disposal by incineration. Environ. Sci. Process. Impacts. 2013, 15 pp. 1652–1664

[28] European Commission. EC. Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. 2016

[29] Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available. Waste Incineration. 2016

[30] Taghizadeh-Saheli P., Rowe R.K., Petersen E.J., O'Carroll D.M. Diffusive transport of multiwall carbon nanotubes through an HDPE geomembrane. Canadian Geotechnical Conference, GeoMontreal, Montreal. Paper 246, 5p., 2013

[31] Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ L 327, 22.12.2000, p. 1–73.

[32] SCENIHR, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Opinion on Nanosilver: safety, health and environmental effects and role in antimicrobial resistance. 2014

[33] Li L., Hu L., Zhou Q., Huang C., Wang Y., Sun C. Sulfidation as a Natural Antidote to Metallic Nanoparticles Is Overestimated: CuO Sulfidation Yields CuS Nanoparticles with Increased Toxicity in Medaka (Oryzias latipes). Embryos. Environ. Sci. Technol. 2015, 49 (4) pp. 2486–2495

[34] Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. OJ L 167, 27.6. 2012, p. 1–123.

[35] Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC. OJ L 396, 30.12.2006

[36] Geldermann J., Daub A., Hesse M. 2009). Chemical Leasing as a model for sustainable development (Vol. Research Paper Nr. 9). Göttingen, Germany: Georg-August-Universität Göttingen

[37] Anastas P.T., & Warner J.C. Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press, Oxford, UK, 1998

[38] Anastas P., & Zimmerman J. Design through the 12 Principles of Green Engineering. Environ. Sci. Technol. 2003, **37** (3) pp. 94A–101A

[۳۹] استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱- ۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۱: اصطلاحات اصلی

[۴۰] استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲- ۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۲: نانواشیاء

[41] EN ISO 13705:2012, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Fired heaters for general refinery service (ISO 13705:2012)

[42] EN ISO 14001:2015, Environmental management systems — Requirements with guidance for use (ISO 14001:2015).

[۴۳] استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱۴۰۴۰: سال ۱۳۸۶، مدیریت زیست‌محیطی- ارزیابی چرخه حیات- اصول وچارچوب

[44] EN ISO 14050:2010, Environmental management — Vocabulary (ISO 14050:2009)

یادآوری- استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱۴۰۵۰: سال ۱۳۸۵، مدیریت زیست‌محیطی- واژه نامه با استفاده از استاندارد ISO 14050: 2002 تدوین شده است

[45] ISO 6107-1:2004, Water quality - Vocabulary - Part 1

[۴۶] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۵۵۳۸: سال ۱۳۹۸، مهندسی عمران و کارهای ساختمانی -واژه نامه-قسمت ۱: اصطلاحات عمومی

[47] ISO 13099-1:2012, Colloidal systems - Methods for zeta-potential determination - Part 1: Electroacoustic and electrokinetic phenomena

[۴۸] استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲۰۲: سال ۱۳۹۱، پلاستیک‌ها- بازیابی و بازیافت پسماند- آیین کار

[۴۹] استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۳۳: سال ۱۳۹۵، صنایع دریایی- حفاظت از محیط‌زیست دریایی- واژگان پاسخ به نشت نفت

[۵۰] استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۵۸۶: سال ۱۳۹۶، کشتی‌ها و فناوری دریایی‌برآورد اندازه و انتخاب دستگاه ضایعات سوز- راهنما

[51] ISO 29464:2017, Cleaning of air and other gases - Terminology

[52] ISO/IEC Guide 51:2014, Safety aspects - Guidelines for their inclusion in standards

[53] ISO/TR 14685:2001, Hydrometric determinations - Geophysical logging of boreholes for hydrogeological purposes - Considerations and guidelines for making measurements

[54] ISO/TS 24533:2012, Intelligent transport systems - Electronic information exchange to facilitate the movement of freight and its intermodal transfer - Road transport information exchange methodology