

## مدیریت و بازیافت نخاله های ساختمانی

وحید رحمانی<sup>۱</sup>، ناصر طالب بیدختی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز

۲- استاد دانشگاه شیراز

[vahid.rahmani1@gmail.com](mailto:vahid.rahmani1@gmail.com)

[taleb@shirazu.ac.ir](mailto:taleb@shirazu.ac.ir)

### خلاصه

بازیابی نخاله های ساختمانی می تواند نیاز به انرژی، منابع طبیعی، منابع استخراج مواد و زمین لازم برای دفن بهداشتی و ایمن را کاهش دهد. در این مقاله پس از معرفی و دسته بندی مواد زائد ساختمانی، پتانسیل بازیافت هر دسته مورد بررسی قرار گرفته و سپس در مورد چگونگی مدیریت آنها که شامل ۱. دفع و دفن و ۲. بازیافت و استفاده مجدد می شود، بحث شده است که پس از مقایسه هزینه مربوط به این دو روش پیشنهاداتی در مورد مدیریت هر چه بهتر نخاله های ساختمانی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: نخاله های ساختمانی، بازیافت، دفع و دفن

### مقدمه

امروزه دیدگاه های زیست محیطی نخاله های ساختمانی در تمام دنیا مورد توجه بسیار قرار گرفته است؛ به این معنی که در بخش ساختمان هم همگام با سایر بخش ها باید بازیابی و استفاده مجدد توسعه یابد. بازیابی نخاله های ساختمانی می تواند نیاز به انرژی، منابع طبیعی، منابع استخراج و زمین لازم برای دفن بهداشتی و کنترل شده را کاهش دهد. منافع بازیافت بستگی به جنس مواد و روش بازیافت دارد. در این مقاله با بررسی کارهای انجام شده در کشور آمریکا و دیگر کشورها، با در نظر گرفتن فرهنگ کشورمان اصول و راهکارهایی جهت بازیافت نخاله های ساختمانی ارائه شده است. در ایران متأسفانه هنوز نخاله های ساختمانی را به صورت تلنبار می بینیم که با ارائه این گونه مقالات امید است مدیریت صحیح و جامعی در مورد بازیافت و دفع و دفن آنها اعمال شود.

### مواد زائد صنعت ساختمان سازی

مواد حاصل از فعالیت های ساخت و ساز را می توان به اجزای زیر طبقه بندی کرد [۱] و [۲]:

**خاک:** در عملیات گود برداری و حفاری مقدار زیادی مواد طبیعی حاصل می شود؛ مانند خاک نباتی، رس، شن، سنگ و سنگریزه. خصوصیات مواد موجود خاک از دید مهندسی عبارت است از مواد جداگانه طبیعی تحکیم نشده و بدون شکل که حاوی خاک نباتی و مواد آلی برای رشد گیاهان است. در گود برداری ها برای ساخت فونداسیون، مخلوطی از خاک نباتی و لایه های زیرین خاک و مواد دیگر مانند آجر، بتن، شیشه، سرامیک، سفال و غیره حاصل می شود. در محل های احداث ساختمان خاک نباتی حاصله را می توان در گوشه ای جمع آوری کرد و آن را مجدداً در همان محل یا جای دیگر مورد استفاده قرار داد.

معمولاً در اثر عملیات تخریب، خاک معمولی و مواد سنگی حاصل می شوند. این نوع خاک حاوی مخلوطی از مواد دیگر است. در این شرایط خاک مازاد یک آلاینده تلقی می شود که می تواند در عملیات بازیافت سایر مواد حاصله ایجاد اختلال کند. در خلال گودبرداری از زمین هایی که قبلاً پر شده اند نیز موادی به دست می آید که معمولاً بخش عمده آن را مواد زائد ناشی از تخریب و ساخت و ساز تشکیل می دهد. این مواد بسیار متنوع و حاوی مقادیر قابل توجهی مواد بازیافتی می باشند. این مخلوط می تواند مقادیر مشابهی از برخی آلاینده خطرناک نیز باشد.

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه شیراز- دانشکده مهندسی- بخش راه، ساختمان و محیط زیست تلفن: ۰۹۱۲۱۰۴۱۲۵۸

<sup>۲</sup> استاد بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط زیست دانشگاه شیراز تلفن: ۰۹۱۷۱۱۷۹۴۰۷

**بتن:** از بتن به مقدار زیاد در ساختمان سازی استفاده می شود و یکی از اجزای معمول مواد زاید ناشی از تخریب است. بتن ماده ای با ارزش برای پردازش و تولید خرده سنگ ثانویه محسوب می شود. در مواد زاید ناشی از تخریب و ساخت و ساز، بتن به دو شکل یافت می شود: بتن مسلح که در ساخت ستون ها، سقف و ... و بتن غیر مسلح که در جاده سازی، فونداسیون و ... مورد استفاده واقع می شود. بتن مسلح نیاز به عملیاتی خاص برای خارج ساختن آرماتور به عنوان بخشی از فرایند بازیافت دارد. صرفه اقتصادی این عملیات بستگی به ارزش محصولات و هزینه پردازش دارد. از این رو در اغلب موارد بتن مسلح را به زمین های دفن ارسال می کنند. بتن غیرمسلح ناشی از تخریب، معمولاً با مواد طبیعی مخلوط می شود و بازیافت آن از لحاظ اقتصادی بستگی به مقادیر مواد غیر قابل بازیافت موجود در آن دارد.

برخی اوقات در عملیات نگهداری، مواد بتنی حاصل می شوند، مانند سنگ های پیاده رو و سنگ جدول. این مواد به دلیل استحکام زیاد بازیافت می شوند.

**آجر:** آجر از مصالح معمول مورد استفاده در ساختمان ها است و در اثر تخریب، مقدار زیادی از آن به دست می آید که می توان از آن برای ساختمان های جدید، پوشش زمین و سایر مقاصد استفاده کرد.

**سنگ:** سنگ در نتیجه حفاری زمین حاصل می شود و برای پر کردن زمین بسیار ارزشمند است. سنگ های حاصل از تخریب ساختمان های قدیمی را می توان مجدداً پرداخت و سیقل داد و از آن استفاده کرد.

**فلزات:** در بیشتر موارد فلزات به عنوان ماده ارزشمند بازیافت می شوند. برای مثال در انگلستان یکی از مراکز بازیافت، از مواد زاید صنعتی و مواد خنثی در عرض یک هفته حدود ۱۰ تن فولاد، جمع آوری و با پردازش و فروش آن درآمدی حدود ۲۰۰۰۰ پوند در سال عایدش می شود.

فولاد سبک در سیستم تهویه، کانال های تهویه، مجرای آب، پوشش بام و غیره به کار می رود. در سیستم های توزیع آب و برق از مس به مقدار زیاد استفاده می شود. از آلومینیوم در روکش ها و از چدن در مجاری فاضلاب رو استفاده می شود.

**تیر و الوار چوبی:** در عملیات تخریب، الوار و تیر به دست آمده را می توان به فروش رسانید، اگر چه قسمت عمده آن به محل های دفن ارسال می شود. البته خرابی چوب به دلیل باد کردن و پوسیدگی و وجود اتصالات، میخ و پیچ و ... موجب بروز مشکلاتی در بازیافت و به کارگیری مجدد آن می شود.

**شیشه، گچ و سایر مواد:** شیشه و گچ معمولاً در طی تخریب آسیب دیده و کمتر بازیافت می شوند. برخی از مواد که برای سوزاندن مناسب اند یا مواد پلاستیکی که فناوری بازیافت آن پیشرفته است، ممکن است بازیافت شوند.

**مواد قیری:** معمولاً قیر به دست آمده از ساخت جاده یا مازاد حاصل از عملیات ساخت و ساز عمرانی، غیرآلوده بوده و برای بازیافت مناسب است، ولی قیر مصرفی در حفاری و کنده کاری در تأسیسات زیرزمینی شهری با مواد دیگر مانند خاک مخلوط می شود و معمولاً قابل بازیافت نیست.

**سازه های معماری:** سازه های معماری مثل شومینه، قطعات چوبی تراش خورده که در تزیینات داخلی به کار می روند و همچنین کاشی های تزیینی را می توان بازیافت کرد و بازار خوبی هم دارند.

## پتانسیل بازیافت مصالح

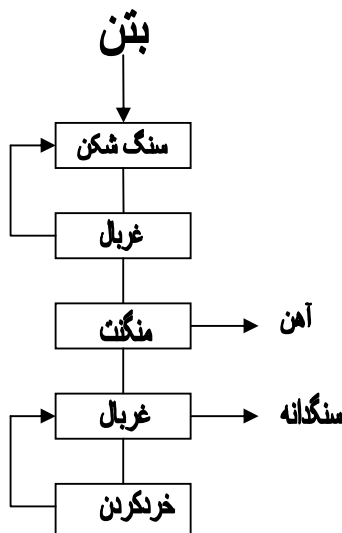
**بتن، آجر فشاری و بتن مصالح:** بتن، آجر فشاری و بتن سبک می توانند شکسته شوند و به عنوان مصالح دانه ای درشت دانه به عنوان جایگزینی برای شن در جاده ها به کار روند. در این حالت هیچ گونه ذخیره انرژی در نظر گرفته نشده و صرفاً حفاظت از منابع طبیعی و مقدار زباله ای که به محل دفن فرستاده نمی شود، مدنظر بوده است.

تیبیین برخی برای استفاده مجدد از بتن پیش ساخته و بلوک های بتن سبک سخت است، چرا که موارد استفاده مجدد بسیار کمی دیده شده است. تمام آجرهای رسی با ملات آهک یا آهک و سیمان پوشیده شده اند و می توانند استفاده مجدد شوند. در مطالعه تخریب یک ساختمان بزرگ بیمارستانی در کشور آمریکا مشاهده شد که استفاده مجدد از ۸۵ درصد آجر دیوارها امکان پذیر است، ولی چون در آجر ساختمان، آجر دودکش ها و مقادیر زیادی آجر با کیفیت پایین یافت می شود، استفاده مجدد از حدوداً ۷۵ درصد آجرها امکان پذیر فرض شده است.

در ایران استفاده از آجر گری به ظاهر فقط در جاده سازی ممکن است، چون مقدار ملات ماسه - سیمان معمولاً کنترل نشده و به جای نسبت ۶:۱ سیمان ماسه، معمولاً این نسبت حتی به ۳:۱ می رسد و به این دلیل حتی یک دیوار ۱۰ سانتی متری را فقط به کمک پتک می توان تخریب کرد. ملات با نسبت ۶:۱ سیمان ماسه نامرغوبتر از ملات با نسبت ۳:۱ می باشد اما به علت گران بودن پوکه برای ساختن بتن پوکه ای، عموماً از خرده های آجر فشاری هم استفاده می کنند که به علت چگالی نسبتاً کم (۸۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب) برای کف قابل استفاده است، اما این آجرها اغلب آغشته به ملات اند و وزن سقف را بالا می برند.

به نظر می رسد چنانچه شهرداری نظارت دقیقتری بر روی نخاله های ساختمانی صورت دهد، قادر است خرده های آجر فشاری حاصل از تخریب ساختمان ها را خریداری کند و بعداً به متقاضیان بفروشد. به این ترتیب معامله به نفع هر دو طرف خواهد بود و علاوه بر کم شدن مصرف پوکه، آجر نیز به محل دفن انتقال نخواهد یافت. علاوه بر این، ما هیچ گونه استفاده ای از بتن شکسته شده به جای شن در بستر راه ها نمی کنیم که با توجه به اینکه قیمت مصالح رودخانه ای یا حتی سنگ شکسته بسیار ارزان است، استفاده از بتن شکسته شده توجیهی ندارد. در صورت عمل مشابهی مانند وضع

مالیات برای شن و مصالح طبیعی استفاده از بتن شکسته نیز کاملاً توجیه اقتصادی خواهد داشت. شکل ۱ فرایند بازیافت بتن و تولید سنگدانه را نشان می دهد.



شکل ۱- فرایند بازیافت بتن و تولید سنگدانه

**چوب:** دو حالت برای بازیابی چوب در نظر گرفته شده که شامل سوزاندن یا بازیافت انرژی و استفاده مجدد است. برای تخمین نرخ استفاده مجدد چوب، از مطالعه ای که فقط بر روی استفاده مجدد تیرهای سقف، اعضای سقف چوبی خرابی و الوارهای دیواری صورت گرفت، استفاده شد. در این مطالعه ۹۰ درصد از این قسمت ها بین ۴۰ - ۱۷ درصد کل چوب را تشکیل داده بودند. در حالت بیشینه استفاده مجدد، نرخ استفاده مجدد ۲۰ درصد برای این چوب ها تخمین زده شد. در ضمن حدود دو سوم از کل دال های چوبی به سازه باربر پیچ شده یا صرفاً روی قسمت باربر خوابانده شده بود که حدود ۵۰ درصد از این دال ها قابل جداسازی و استفاده است [۳].

در ایران با توجه به اینکه سازه چوبی بجز در مناطق محدودی از شمال کشور تقریباً وجود ندارد، بحث استفاده از اجرای سازه تقریباً منتهی است و در همان مناطق محدود می توان از این اجزا استفاده کرد، ولی به علت کوچک بودن ناحیه چندان صرفه ای نخواهد داشت. در بیشتر مناطق کشور استفاده از چوب صرفاً به درها محدود می شود.

**فلز:** بعضی از اجزای سازه ای فلزی نظیر دستک های اتصال، کاملاً قابلیت استفاده مجدد را دارند. از کل فلز استفاده شده در ساختمان های اداری بجز فلز مورد استفاده در سرویس ها ۱۴ درصد برای اتصالات و دستک ها و ۵۵ درصد برای اجزای سازه ای مصرف می شود. تخمین زده می شود که حدود ۵۰ درصد از اتصالات و دستک ها و ۲۰ درصد از اجزای سازه ای قابلیت استفاده مجدد دارند.

براساس این تخمین، حدود ۱۰ درصد کل آهن موجود، قابلیت استفاده مجدد دارند. در ایران این نرخ قطعاً بسیار بیشتر خواهد بود، چرا که از سازه های فلزی استفاده مجدد بسیار زیادی می شود، ولی با توجه به اینکه در ایران عملاً همیشه ساختمان های یک الی دو طبقه ویران شده و به جای آنها یک ساختمان حداقل ۸ واحدی ساخته می شود، شاید این نرخ استفاده بالا در کل چندان هم تاثیرگذار نباشد، اگر چه با توجه به نقشه ساختمان و با توجه به اینکه در آپارتمان های معمولی عموماً دهانه ها در همان حدود ۴/۳۰ الی ۶ متر است، امکان استفاده مجدد بسیاری وجود دارد. در ضمن می توان در آیین نامه های ساختمانی این مطلب را در نظر گرفت، برای مثال چنانچه اثر خستگی برای طراحی اتصالات در نظر گرفته شود، می توان از ورق اتصال مجدد هم استفاده کرد. آلومینیوم در و پنجره نیز در ایران به راحتی فروخته می شوند.

**پشم شیشه:** پشم شیشه می تواند دوباره برای تولید پشم شیشه جدید ذوب شود که در این حالت هیچ ذخیره انرژی لحاظ نشده است. همچنین می تواند تکه تکه شده و به پانل های جدید تبدیل شود که در این حالت انرژی مورد نیاز ۹۰ درصد کمتر از انرژی لازم برای ساخت پشم شیشه از ماسه و شیشه است. به طور کلی ۹۰ درصد پشم شیشه ساختمان را می توان مجدداً استفاده کرد که ۵۰ درصد آن برای بازیابی و ۵۰ درصد برای استفاده مجدد مصرف می شود. عیناً همین حالت نیز می تواند برای ایران اتفاق بیفتد، ولی این امر نیاز به این دارد که در برداشتن پشم شیشه قبلی به هنگام تخریب دقت بیشتری مبذول شود.

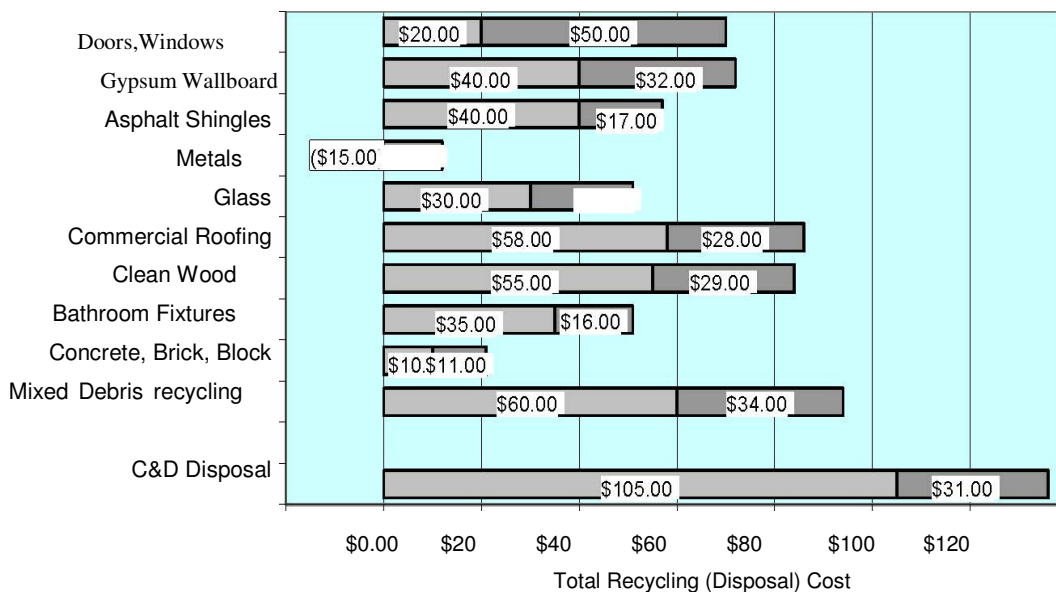
**پانل های گچی:** پانل های گچی می توانند به عنوان ماده خام برای تولید پانل جدید به کار روند یا استفاده مجدد شوند. منافع زیست محیطی بازیابی مواد بیشتر شامل استفاده کمتر از سنگ گچ خام و صرفه جویی در حمل و نقل سنگ گچ خام از معدن سنگ به کارخانه است. در پروژه هایی که استفاده مجدد از پانل گچی شده، نتایج خوبی هم به دست آمده است.

حدود دو سوم کل پانل های گچی، در دیوارها به کار رفته است. استفاده مجدد از ۴۰ درصد پانل های دیوار امکان پذیر است که حدود ۲۵ درصد از نیاز کلی پانل ساختمانی را تأمین می کند. در دفاتر، ساختمان های تجاری و اداری عموماً برای استفاده از عایق صوتی هوا از دو پانل گچی استفاده می شود. در ایران با توجه به استفاده از تیغه های ۵ سانتی و اندود گچ امکان استفاده مجدد وجود ندارد، ولی از همین تجربه می توان برای سقف های کاذب استفاده کرد. اخیراً در ایران استفاده پارتیش های فلزی و شیشه ای که ۱۰۰ درصد قابل بازیافت اند، بسیار متداول شده است.

### هزینه بازیافت در مقایسه با دفع

این یک نقطه بحرانی است. اگر هزینه بازیافت بیش از دفع باشد، آن گاه همیشه یک دلیل خوب برای بازیافت نکردن وجود خواهد داشت، اما اگر هزینه بازیافت اندازه هزینه دفع یا کمتر از آن باشد، آن گاه در هر کاری باید بازیافت مدنظر قرار گیرد.

در شکل ۲ هزینه های مربوط به بازیافت و دفع نخاله های ساختمانی یک منطقه خاص در مقایسه با هم نشان داده شده است. برای هر ماده هزینه کل مدیریت، چه برای دفن چه برای بازیافت از دو مولفه تشکیل شده است. هزینه بازیافت؛ هزینه پردازش و بازیافت یک ماده پس از رسیدن به مرکز بازیافت است (و برای دفن، هزینه دفن هر تن مواد است). هزینه حمل و نقل؛ هزینه حمل هر ماده تا مکان دفن یا مرکز بازیافت است. این هزینه با توجه به فاصله تا مرکز و مقدار بار هر بارگیری متغیر است [۴].



■ Recycling or Disposal Cost Per Ton ■ Transportation Cost Per Ton  
 شکل ۲- هزینه بازیافت در برابر دفع نخاله ها

همانطور که شکل نشان می دهد، هزینه بازیافت تمام مواد کمتر از هزینه دفن آنهاست. برای نمونه هزینه های قسمتی از نخاله های که بیشترین وزن نخاله ها را شامل می شوند مقایسه می کنیم؛ بتن، آجر و بلوک. هزینه دفن زباله مخلوط در ساختگاه \$۱۰۵ و هزینه حمل هر تن \$۳۱ است. اگر مواد جدا شوند و بازیافت شوند، هزینه بازیافت هر تن \$۱۰ و هزینه حمل هر تن \$۱۱ خواهد بود. مجموع هزینه های مربوط به بازیافت (\$۲۱+\$۱۰) بسیار کمتر از هزینه دفن (\$۱۳۶+\$۳۱) است. برای تمام مواد عادی دیگر نیز همین قضیه دیده می شود: چوب، گچ، فلزات و شیشه. در بدترین حالت هزینه بازیافت بیش از نصف هزینه دفن نیست. وقتی که کل هزینه ها با هم جمع می شود، تقریباً در تمام پروژه های ساختمانی، هزاران دلار صرفه جویی به خاطر بازیافت حاصل می شود.

## جداسازی در مبدأ یا بازیافت مخلوط

حتی اگر نشود مواد را برای بازیافت جدا کرد باز هم هزینه های بازیافت کمتر از دفن است. در پایین شکل ۲ مقایسه مستقیم بازیافت مواد به صورت مخلوط و دفن آنها را می بینیم. هزینه های بازیافت باز هم کمتر از دفن است و ۹۰٪ - ۷۵ نخاله های مخلوط مجدداً استفاده می شوند. در شکل ۲ دیده می شود که اگر مواد به صورت جداگانه بازیافت شوند، هزینه ها بسیار کاهش می یابند. به این کار جداسازی در مبدأ گفته می شود. معنی این کار، جداسازی مواد در محل پروژه است. کارگران فلزات را از چوب، چوب را از بتن و ... جدا کرده و هر کدام را در یک پاکت مخصوص و جداگانه قرار می دهند. سپس هر کدام از این پاکتها به یک مرکز مخصوص همان ماده منتقل می شود. بازیافت مخلوط چاره ای دیگر است، به این معنی که همه مواد قابل بازیافت در یک پاکت ریخته شده و به مرکز بازیافت برده می شود و در آنجا به صورت دستی یا تجهیزات اتوماتیک جداسازی می شوند. جداسازی در مبدأ و بازیافت مخلوط هر کدام معایب و محاسنی دارد که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مزایا و معایب جداسازی در مبدأ در مقایسه با بازیافت مخلوط

معایب	مزایا	روش بازیافت
<ul style="list-style-type: none"> <li>- پاکتهای زیاد در محل</li> <li>- باید کارگرها مواد را برای بازیافت جدا کنند</li> <li>- تدارکات پیچیده بیشتر</li> <li>- چند مرکز؛ اطلاعات بیشتر برای مدیریت</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- سرعت بالاتر بازیافت</li> <li>- هزینه های کمتر بازیافت؛ بودجه برای بعضی مواد</li> <li>- معمولاً یک محل تمیز و امن تر</li> </ul>	جداسازی در مبدأ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- سرعت پایینتر بازیافت</li> <li>- هزینه های بیشتر بازیافت</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- فقط یک یا دو پاکت در محل</li> <li>- برای جداسازی مواد به کارگر نیاز نیست</li> <li>- تدارکات کمتر</li> <li>- یک مرکز؛ اطلاعات کمتر برای مدیریت</li> </ul>	بازیافت مخلوط

بیشترین عامل مقایسه بین جداسازی در مبدأ و بازیافت مخلوط پیچیدگی اقتصادی است. جداسازی در مبدأ پیچیده تر است چون کارگران باید قبل از دور ریزی مصالح آنها را جدا کنند، تعداد زیادتری پاکت در محل وجود دارد و تعداد بیشتری مرکز بازیافت و جابجا کننده برای مراجعه وجود دارد. اما در اکثر موارد جداسازی در مبدأ از نظر اقتصادی مزایای بیشتری نسبت به بازیافت مخلوط دارد:

- جداسازی در مبدأ موادی را آماده می کند که می توانند مستقیماً به مراکز بازیافت فرستاده شوند و دیگر به صرف هزینه برای مرتب و جدا کردن مواد نیاز نیست.

- موادی که در مبدأ جدا شده اند معمولاً کیفیت بهتری دارند، آلودگی آنها کمتر است و بنابراین ارزش آنها در مراکز بازیافت بیشتر است.

در مقایسه، جداسازی در مبدأ به بازیافت مخلوط ارجحیت دارد، هزینه آن کمتر و سرعت آن بیشتر است.

معمولاً پیچیدگی آن قدر تأثیر گذار نیست. برای کارگران پرت کردن مواد مختلف در پاکتهای متفاوت یا بیرون ریختن مخلوط آنها خیلی تفاوت نمی کند. پاکتهای جداگانه را می توان در نزدیکترین جای ممکن از کارگران قرار دارد در حالی که برای بازیافت مخلوط باید نخاله ها را به پاکت مرکزی ریخت، بنابراین سرعت جداسازی در مبدأ بیشتر است و تلاش کمتری برای رسیدن به پاکت وجود دارد. همیشه نباید همه مواد جداسازی شوند. معمولاً یک پاکت برای نخاله های مخلوط در محل وجود دارد و همیشه مقداری مواد به صورت مخلوط دفن یا بازیافت می شوند. بعضی از مواد هم در مرحله ای از پروژه جداسازی می شوند اما در مواقع دیگر به صورت مخلوط دسته مندی می شوند. مثلاً در یک ساختمان با قاب چوبی وقتی که سازه به صورت قاب است، چوب جداسازی می شود اما وقتی چوب به صورت صفحه های بی مصرف یا تکه تکه شد آن ها را به صورت مخلوط جدا می کنند.

## روابط پیمانکار، مالک و معمار

برنامه بازیافت از تمام ابعاد شبیه بقیه مراحل پروژه ساخت و ساز است؛ رابطه و درک صحیح بین گروه مالک، معمار و پیمانکار نکته کلیدی در اجرای هر چه بهتر برنامه بازیافت است.

قابل درک است که بازیافت مواد بیش از همه برای پیمانکار مورد توجه است. هدف، انجام پروژه در زمان مشخص و با بودجه معین است. بازیافت به معنی تغییر واقعی است. این کار موجب در نظر گرفتن ضایعات، مدیریت و حمل آنها است. بازیافت به معنی اشغال فضای بیشتری توسط پاکتها، ترافیک سنگین تر برای ورود و خروج از محل و بیشتر شدن احتمال تأخیر در پروژه است. به معنی ارتباط بیشتر، اطلاعات بیشتر، فرمهای کاری بیشتر و هزینه بیشتر برای حمل و نقل و تعادل است. به معنی وجود و لازم داشتن اطلاعاتی است که در راه هدف انجام سر وقت پروژه مفید نیست. بنابراین تعجب ندارد که چرا خیلی از پیمانکاران از این کار سرباز می زنند.

برای حفظ خوب و صریح روابط مابین مالک، معمار و پیمانکار لازم است روابط روشن و قوی بین تمام قسمتهای پروژه وجود داشته باشد :

- باید به صورت کاملاً واضح، روشن شود که بازیافت یک هدف مهم و با ارزش است.
- باید برای مالک و معمار توضیح داده شود که مدیریت بازیافت برای مواد به عنوان یک کالای با ارزش اعمال می شود و نه به عنوان ضایعات و این عمل باید در برنامه مدیریت پروژه گنجانده شود.
- باید مالک، معمار و پیمانکار یک توجه خاص به عمل بازیافت داشته باشند. مالک و معمار باید با مواد قابل بازیافت آشنا باشند و بتوانند پیشنهادها و راه حل هایی برای این کار ارائه دهند.

باید اهداف اجرایی مناسب و تعهد و ضمانت آنها ایجاد شود. باید اهداف بازیافت و استانداردهای مربوط به آن به صورت صریح در فرمهایی پیشنهادی و دیگر قرار دادها که شامل گزارش و حفظ آنها و استفاده های موجود است آورده شود.

در بعضی از پروژه ها به دلیل محدودیت های محل پروژه، اندازه پروژه و برنامه ریزی، چاره ای جز بازیافت مخلوط نیست. در این موارد باید با شرکتی کار کرد که در مورد سرعت کار و هزینه بهترین باشد. اما در جاهایی که امکان جداسازی در مبدأ وجود دارد، بهترین گزینه است. اصول جداسازی در مبدأ راحت است : هر ماده قابل بازیافت وقتی تولید شد، جدا شده و در پاکت مناسب ریخته می شود.

چند قانون اضافی، کار جداسازی در مبدأ را راحت تر می کند:

- تا آنجایی که ممکن است تعداد کمتری پاکت در محل قرار دهید : پاکتها فضا اشغال می کنند و وجود تعداد زیاد آنها موجب گیج شدن و ایجاد آلودگی می شود. به طور کلی هدف، داشتن یک پاکت برای نخاله و یک یا دو پاکت برای نخاله های مشخص تولیدی برای هر مرحله از پروژه می باشد.
  - مواد را با پاکتها نظیر کنید: به طور مثال یک پاکت چوب، حدود  $30-25 m^3$  ظرفیت دارد اما فلزات اشغال حاصل از سیم کشی و لوله کشی ممکن است فقط به یک پاکت  $3-1/5 m^3$  نیاز داشته باشند. برای چیرهایی مانند بتن، مکن است مواد بسیاری داشته باشیم، اما ساینز پاکت ممکن است با توجه به وزن آن محدود شود. مکان پروژه و راههای دسترسی نیز نقش مهمی در انتخاب پاکت بازی می کند.
  - پاکت ها را به محل کار نزدیک کنید : یکی از مزایای جداسازی در مبدأ این است که فقط یک پاکت برای همه نخاله ها وجود ندارد. پاکت های کوچکتری در اغلب موارد نزدیک محل کار قرار می گیرد. می توان پاکت های متوسط چرخ دار نزدیک محل کار قرار دارد و پس از پرشدن آنها را در پاکت های بزرگتر تخلیه کرد تا موجب صرفه جویی و راحتی در کار شود.
- وقتی که پروژه در حال انجام است، مواد مختلفی بازیافت می شود (در پاکت های مختلف) و به مراکز متفاوتی فرستاده می شود. این کار مقداری انرژی و فکر لازم دارد، اما در اکثر موارد صرفه جویی در هزینه ها و مزایای جداسازی در مبدأ این کار را با ارزش تر می کند.

## شرکتهای حمل و نقل و مراکز بازیافت

وجود این شرکتها برای برنامه بازیافت الزامی است. در صورت عدم وجود آنها کار بازیافت بیهوده است. مطمئناً وجود هر چه بیشتر این مراکز موجب افزایش کیفیت کار آنها می شود. آشنایی با این مراکز برای معمار و مالک لازم است البته پی گیری های مربوط به این قسمت بر عهده پیمانکار می باشد.

## آموزش

یک اصل ساده در بازیافت نخاله ها وجود دارد: اگر نیازها و شرایط مشخص برآورده نشود، برای رفع آن به صرف هزینه نیاز است [۵]. بازیافت کننده ها برای بازیافت مواد معینی ایجاد شده اند: چوب، فلز، گچ، پانل دیواری و ... . اگر باری که وارد یک مرکز بازیافت می شود، با مواد غیر مربوط به آن مرکز مخلوط باشد باعث ایجاد مشکل می شود که این خود هزینه زاست. مواد آلوده هم باید جدا شوند وگرنه کیفیت مواد حاصل در بازیافت را پایین می آورند، و حتی ممکن است کل بار رد شود و به ساختگاه ارجاع داده شود که همه اینها موجب ایجاد هزینه برای پیمانکار می شود. مطمئناً آسان ترین و کم هزینه ترین کار، رعایت اصول در اولین مکان و شروع کار است، این یعنی آموزش.

آموزش لازم نیست گسترده ، وقت گیر یا پیچیده باشد. برای اکثر موارد، شامل یک درس ساده می شود : اگر X داریم، به جعبه X می رود. اگر Y داریم به جعبه Y می رود. اگر سوالی دارید از مسئول خود بپرسید.

همچنین اصول ساده زیر در جهت یک آموزش خوب لازم است:

- «انجام کار بازیافت مهم است و یکی از تعهدات زیست محیطی ما در این پروژه است.»
  - «انجام بازیافت مهم است. اگر این کار انجام نشود هزینه زیادی در آینده ایجاد خواهد شد.»
  - «انجام بازیافت مهم است. اگر این کار را انجام ندهید، باید به مخزن اصلی رفته و مشکلات را رفع کنید.»
- در مورد محل قرار گیری پاکتها و چگونگی و زمان خالی کردن آنها هم یک آموزش ساده لازم است. علامات قسمت دیگر آموزش است. اساساً پاکت باید یک علامت و نوشته داشته باشد. مثلاً: «بازیافت. فقط فلزات».

## موانع و راه حل ها

- بازیافت سرعت کار را پایین می آورد: بسیاری از افراد موانعی را سر راه بازیافت قرار می دهند و استدلالهایی می کنند که سرعت کار پایین می آید، اما در واقع سرعت کار پایین نمی آید. بازیافت از کارگران می خواهد که فقط کمی حواسشان را جمع کنند و از آنها نمی خواهد سخت تر یا بیشتر کار کنند. پاکتها نزدیک محل کار قرار می گیرند. بازیافت نه تنها سرعت را کاهش نمی دهد، بلکه در کل در هزینه و زمان صرفه جویی می شود.
  - جای کافی برای پاکتها وجود ندارد: اگر با توجه به هر مرحله و زمان آن، پاکت لازم قرار داده شود این مشکل وجود نخواهد داشت. لازم نیست همیشه چند پاکت داشته باشیم، در هر زمان ۲ یا ۳ پاکت کافی است.
  - با همه این پاکتها و مواد، بازیافت کار بسیار پیچیده ای است: در مقایسه با داشتن فقط یک پاکت برای همه نخاله بازیافت مشکل تر است، اما به طور کلی این طور نیست. فقط باید طبق برنامه ریزی تعیین شده، کارها را انجام داد. در هر مرحله از پروژه مسائل و مواد مربوط به همان مرحله مورد نظر است.
- آیا می توان اطمینان داشت که بازیافت کار خوبی است؟ شاید قبلاً می شد روی این قضیه شک کرد، اما امروزه با مشاهده تجربه دیگران مشخص است که بازیافت بسیار مفید است. می بینیم که روز به روز بر تعداد پیمانکاران، مالکان و معمارانی که از طرح بازیافت استقبال می کنند افزوده می شود.

## نتیجه گیری

در ایران بازیافت نخاله های ساختمانی فقط در هنگام تخریب و به صورت جداسازی مصالح ساختمانی و استفاده مجدد آنها در ساختمان یا فروش آنها توسط مالک از دیرباز انجام می شده است. برای مثال جداسازی آجر، آهن، درب و پنجره به صورت متعارف و معمول انجام می شود. اخیراً کارخانه تولید ماسه از خاک های گودبرداری تهران در محل دفن خاک و نخاله آبعلی احداث شده که قابل تقدیر است. بازیافت بتن مسلح و سازه های بتنی هنوز در ایران رواج نیافته است.

برای ترغیب بازیافت از مصالح ساختمانی و توسعه آن باید اقدامات حمایتی از طرف دولت و شهرداری در این زمینه صورت پذیرد. اگر چه با قاطعیت نمی توان نظر داد، ولی تجربیات کشورهای جهان نشان می دهد که راهکارهای زیر در توسعه بازیافت از مصالح ساختمانی مؤثر بوده اند [۶]:

۱. وضع مالیات و محدودیت هایی در استخراج شن طبیعی خصوصاً از بستر رودخانه ها؛
۲. وضع مالیات بر روی نخاله های ساختمانی؛
۳. کنترل کامل نخاله ها و افزایش هزینه دفع آنها؛ و
۴. گنجاندن ضوابط و دستورالعمل هایی برای تشویق و توسعه بازیافت در آیین نامه های راه و ساختمان سازی.

## منابع

۱. شهرداری شیراز، سازمان بازیافت، آیین نامه دستورالعمل ساماندهی، جمع آوری، حمل و دفع نخاله در سطح شهر شیراز، ۱۳۸۲
2. [www.ciwm.ca.gov/ConDemo/Specs/](http://www.ciwm.ca.gov/ConDemo/Specs/), Source: California Integrated Waste Management Board, November 2007
3. [www.wbdg.org/design/index.php?cn=4.3.4&cx=0](http://www.wbdg.org/design/index.php?cn=4.3.4&cx=0), Source: Whole Building Design Guide
4. [www.tjcg.dst.nc.us/cdwaste.htm#wastespec](http://www.tjcg.dst.nc.us/cdwaste.htm#wastespec), Source: Triangle J Council of Governments (NC), November 2007
5. [www.stopwaste.org/fsbuild.html](http://www.stopwaste.org/fsbuild.html), Source: Alameda County Waste Management Authority, December 2007
6. [www.epa.gov/rtp/new-bldg/environmental/s\\_01690.htm](http://www.epa.gov/rtp/new-bldg/environmental/s_01690.htm), Source: U.S. Environmental Protection Agency