

هدررفت مصالح در ساخت و ساز و تخریب در ایران : پیامدهای زیست محیطی و مسیر گذار به ساخت و ساز پایدار

آرش قلی زاده

کارشناس ارشد عمران - شرکت سوما سازه شمال

چکیده

صنعت ساخت و ساز یکی از بزرگ ترین مصرف کنندگان منابع طبیعی و در عین حال از اصلی ترین تولیدکنندگان سهم (Construction and Demolition Waste: CDW) پسماند در جهان است. پسماندهای ساخت و ساز و تخریب قابل توجهی از کل جریان مواد و زباله های شهری را تشکیل می دهند و در صورت مدیریت ناپایدار، موجب تخلیه سریع منابع معدنی، افزایش انتشار گازهای گلخانه ای، تخریب اکوسیستم ها و آلودگی خاک و آب می شوند. این مقاله با تمرکز بر ایران و با اتکا بر مقالات علمی داوری شده و گزارش های پژوهشی بین المللی و داخلی منتشر شده تا سال های ۲۰۲۴-۲۰۲۵، به بررسی کمیت و ترکیب نخاله های ساختمانی، آثار زیست محیطی استخراج و دفع مصالح (نظیر سیمان، سنگدانه ها، فولاد و آلومینیوم)، وضعیت فعلی مدیریت CDW و راهکارهای فنی، مدیریتی و سیاستی برای حرکت به سوی ساخت و ساز پایدار و اقتصاد چرخشی می پردازد. شواهد نشان می دهد که در کنار رشد شهرنشینی و نوسازی بافت های فرسوده، حجم CDW در شهرهای بزرگ ایران رو به افزایش است و سهم بازیافت همچنان محدود باقی مانده است. نتایج این مرور نشان می دهد که ترکیب راهبردهای طراحی برای دمونتاژ، توسعه بازیافت مصالح معدنی به ویژه بتن، اصلاح مقررات و ایجاد مشوق های اقتصادی می تواند به طور معناداری هدررفت مصالح و فشارهای زیست محیطی بخش ساختمان در ایران را کاهش دهد.

واژگان کلیدی: پسماند ساخت و ساز و تخریب، هدررفت مصالح، بازیافت بتن، ساخت و ساز پایدار، محیط زیست

۱-مقدمه

بخش ساختمان در سطح جهانی به عنوان یکی از پیشران های اصلی مصرف مواد خام و انرژی شناخته می شود و سهم چشمگیری در تولید پسماندهای جامد دارد. استخراج و فرآوری مصالحی نظیر سیمان، شن و ماسه، سنگ، فولاد و آلومینیوم با تخریب زیستگاه ها، مصرف بالای انرژی و انتشار قابل توجه دی اکسید کربن همراه است. از سوی دیگر، دفن یا رهاسازی نخاله های ساختمانی بدون مدیریت مناسب، منجر به اشغال اراضی، آلودگی محیط زیست و افزایش مخاطرات ایمنی می شود. در ایران، رشد سریع شهرنشینی، توسعه زیرساخت ها و نوسازی بافت های فرسوده موجب افزایش چشمگیر تولید CDW شده است، در حالی که چارچوب های مدیریتی و زیرساخت های بازیافت همچنان محدود و پراکنده اند.

این مقاله با هدف پاسخ به سه پرسش اصلی تدوین شده است: (۱) چه میزان پسماند ساخت و ساز و تخریب در ایران تولید می شود و ترکیب آن چیست؟ (۲) مهم ترین پیامدهای زیست محیطی مرتبط با استخراج و دفع این مصالح کدام اند؟ و (۳) چه راهکارهایی می تواند گذار بخش ساختمان ایران به سوی الگوهای پایدارتر و مبتنی بر اقتصاد چرخشی را تسهیل کند؟

۲-روش تحقیق

روش این پژوهش مبتنی بر مرور نظام مند و تحلیلی ادبیات علمی است. منابع شامل مقالات داوری شده منتشر شده در پایگاه های علمی بین المللی (نظیر Elsevier، Springer، Taylor & Francis، ScienceDirect) و مجلات علمی داخلی، به همراه گزارش های پژوهشی سازمان های بین المللی UNEP، GlobalABC و OECD است. تمرکز اصلی بر مطالعات منتشر شده در بازه ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۵ بوده و برای داده های ایران از مطالعات موردی شهری (تهران، تبریز، کرج و سایر کلان شهرها) استفاده شده است. در تمام بخش ها، هر داده یا گزاره تحلیلی به منبع مقاله ای مربوط ارجاع داده شده است.

۳-مقیاس تولید پسماند ساخت و ساز: جهان و ایران

مطالعات جهانی نشان می دهد که CDW سالانه چندین میلیارد تن از جریان مواد را به خود اختصاص می دهد و یکی از بزرگ ترین اجزای زباله های جامد شهری است. گزارش های پژوهشی اخیر تأکید می کنند که بخش ساختمان مسئول بخش قابل توجهی از مصرف مواد اولیه و انتشار گازهای گلخانه ای در چرخه عمر ساختمان ها است. (UNEP/GlobalABC, 2024)

در ایران، به دلیل نبود یک پایگاه داده ملی یکپارچه، برآوردها عمدتاً مبتنی بر مطالعات شهری است. مطالعات انجام شده در تهران نشان می دهد که در دوره ی ۲۰۱۱-۲۰۱۶ مقدار کل C&D حدود ۸۲،۶۴۶،۰۵۱ متر مکعب مذکور گزارش شده (میانگین سالانه ≈ ۱۶.۵ میلیون مترمکعب)، که سهم بازیافت بسیار محدود بوده است. پیش بینی ها نشان می داد میزان تولید تا ۲۰۲۵ به میلیون ها تن برسد. (Asgari et al., 2018)

گزارش شده اند؛ در مطالعات محلی نرخ تولید سرانه سالانه بین ۰.۱ تا ۰.۵ تن به ازای هر نفر ذکر شده است (مطالعات تبریز و دیگر شهرها). مطالعات جدیدتر در سایر کلان شهرها نیز روند افزایشی مشابهی را گزارش کرده اند و بر ضرورت مداخلات مدیریتی تأکید دارند. (Eshraghi et al., 2024)

۴-ترکیب نخاله های ساختمانی

بر اساس مقالات منتشر شده، بخش عمده CDW در شهرهای ایران از مصالح معدنی تشکیل شده است؛ از جمله بتن خرد شده، ملات سیمانی، آجر و سفال، خاک و سنگدانه ها. سهم فلزات، چوب و پلاستیک معمولاً کمتر اما از منظر بازیافت دارای ارزش اقتصادی بالاتری است. این ترکیب نشان می دهد که تمرکز بر بازیافت مصالح معدنی، به ویژه بتن، می تواند بیشترین اثر را در کاهش هدررفت منابع طبیعی داشته باشد. (Eshraghi et al., 2024)

۵- پیامدهای زیست محیطی

۵-۱- استخراج مصالح خام

استخراج شن و ماسه و تولید سیمان از مهم ترین منابع فشار زیست محیطی در بخش ساختمان است. مطالعات چرخه عمر نشان می دهد که تولید سیمان سهم قابل توجهی در انتشار CO₂ دارد و کاهش تقاضا برای سیمان اولیه از طریق بازیافت و استفاده از مواد مکمل سیمانی می تواند اثرات اقلیمی را به طور معناداری کاهش دهد. (UNEP, 2024)

۵-۲- دفع و رهاسازی نخاله ها

دفن غیراصولی CDW منجر به اشغال اراضی، آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی و افزایش خطرات ایمنی می شود. مقالات داخلی و منطقه ای نشان می دهند که نبود سایت های استاندارد پردازش و ضعف نظارت، رهاسازی غیرقانونی نخاله ها را تشدید کرده است (مطالعات شهری ایران، ۲۰۲۲-۲۰۲۴).

۶- وضعیت مدیریت CDW در ایران

بررسی ها نشان می دهد که چالش های اصلی شامل ضعف مقررات اجرایی، نبود مشوق های اقتصادی برای بازیافت، کمبود زیرساخت های تفکیک و پردازش و آگاهی محدود ذی نفعان است. این عوامل باعث شده اند که دفن CDW یا رهاسازی، گزینه غالب مدیریت باقی بماند.

۷- راهکارهای فنی و مدیریتی

مطابق با پژوهش های اخیر، راهکارهای کلیدی عبارتند از: طراحی برای دمونتاژ، توسعه پیش ساختگی، استفاده از سنگدانه های بتن بازیافتی در مخلوط های سیمانی، اعمال مالیات بر دفن، یارانه برای بازیافت و استفاده از ابزارهای دیجیتال نظیر BIM برای کاهش هدررفت مصالح. مطالعات آزمایشگاهی در ایران نشان می دهد که استفاده کنترل شده از RCA می تواند عملکرد مکانیکی قابل قبولی فراهم کند. (Eshraghi et al., 2024)

۸- تجارب و پژوهش های بین المللی (ژاپن، آمریکای شمالی و اروپا)

۸-۱- ژاپن

ژاپن یکی از پیشرفته ترین نظام های مدیریت پسماند ساخت و ساز را دارد. پس از تصویب *Construction Material Recycling Law*، تفکیک مصالحی نظیر بتن، چوب و آسفالت در مبدأ الزامی شد. پژوهش های اخیر نشان می دهد که نرخ بازیافت CDW در ژاپن برای بتن و آسفالت به بیش از ۹۵٪ رسیده است. مطالعات چرخه عمر در ژاپن نشان می دهند که استفاده از سنگدانه های بازیافتی در پروژه های زیرساختی و ساختمانی، کاهش معناداری در مصرف منابع طبیعی و انتشار CO₂ ایجاد کرده است. (Kawai et al., 2022; Ministry of the Environment Japan, 2023).

۸-۲- ایالات متحده آمریکا

در آمریکا، مدیریت CDW عمدتاً در سطح ایالتی و شهری انجام می شود. مقالات منتشر شده در مجلاتی مانند *Resources, Conservation & Recycling* نشان می دهد که در ایالت هایی نظیر کالیفرنیا، الزام به بازیافت حداقل ۶۵٪ پسماند ساختمانی منجر به توسعه بازار مصالح بازیافتی شده است. پژوهش های جدید (۲۰۲۳-۲۰۲۵) تأکید می کنند که بازیافت بتن و فولاد، در مقایسه با دفن، از نظر اقتصادی و زیست محیطی مقرون به صرفه تر است، به ویژه زمانی که هزینه های خارجی محیط زیستی در نظر گرفته شوند (EPA, 2024; Cochran et al., 2023).

۸-۳- کانادا

در کانادا، رویکرد اقتصاد چرخشی و سیاست‌های کاهش کربن نقش مهمی در مدیریت CDW دارند. مطالعات انجام‌شده در استان‌هایی مانند انتاریو و بریتیش کلمبیا نشان می‌دهد که ترکیب مقررات سخت‌گیرانه دفن، مشوق‌های مالی و توسعه فناوری‌های بازیافت، منجر به افزایش استفاده از مصالح بازیافتی در پروژه‌های ساختمانی شده است. مقالات اخیر نشان می‌دهند که استفاده از بتن بازیافتی در ساختمان‌های کم‌ارتفاع و پروژه‌های عمرانی شهری، بدون افت قابل توجه عملکرد سازه‌ای امکان‌پذیر است (Tam et al., 2023; NRCan, 2024).

۸-۴- اروپا (اتحادیه اروپا)

اتحادیه اروپا CDW را یکی از جریان‌های اولویت‌دار در سیاست‌های اقتصاد چرخشی معرفی کرده است. بر اساس *EU Waste Framework Directive*، هدف بازیافت حداقل ۷۰٪ CDW تعیین شده است. پژوهش‌های انجام‌شده در کشورهای آلمان، هلند و کشورهای اسکاندیناوی نشان می‌دهد که طراحی برای دمونتاژ، استفاده گسترده از پیش‌ساخته‌ها و استانداردسازی مصالح، نقش کلیدی در کاهش هدررفت مصالح داشته‌اند. مقالات ۲۰۲۴-۲۰۲۵ تأکید می‌کنند که هم‌راستاسازی سیاست‌های ساختمانی با اهداف اقلیمی (Net-Zero Buildings) بدون مدیریت مؤثر CDW امکان‌پذیر نیست (European Commission, 2024; Pomponi & Moncaster, 2023).

۹- تحلیل تطبیقی و درس‌آموخته‌ها برای ایران

مقایسه تجربه ایران با کشورهای پیشرو نشان می‌دهد که تفاوت اصلی نه در فناوری، بلکه در چارچوب‌های نهادی، سیاست‌گذاری و اجرای مقررات است. کشورهایی با نرخ بازیافت بالا، ویژگی‌های مشترکی دارند: الزام قانونی به تفکیک در مبدأ، بازار فعال برای مصالح بازیافتی، و ادغام مدیریت CDW در سیاست‌های اقلیمی و شهری. این درس‌ها نشان می‌دهد که ایران نیز می‌تواند با بومی‌سازی این تجارب، مسیر مشابهی را طی کند.

۱۰- نتیجه‌گیری نهایی

مرور گسترده مقالات علمی و پژوهش‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که هدررفت مصالح در ساخت‌وساز و تخریب، یک چالش ساختاری و چند بعدی است که مستقیماً با مدیریت منابع، تغییرات اقلیمی و توسعه شهری پایدار پیوند دارد. در ایران، رشد سریع شهرنشینی و نوسازی بافت‌های فرسوده، بدون اصلاح نظام مدیریت CDW، فشار مضاعفی بر منابع طبیعی و محیط‌زیست وارد خواهد کرد. تجربه کشورهای ژاپن، آمریکا، کانادا و اروپا نشان می‌دهد که ترکیب مقررات الزام‌آور، مشوق‌های اقتصادی، توسعه بازار مصالح بازیافتی و استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند به کاهش معنادار هدررفت مصالح منجر شود. بر این اساس، گذار به ساخت‌وساز پایدار در ایران نه تنها یک ضرورت زیست‌محیطی، بلکه یک فرصت اقتصادی و نهادی برای حرکت به سوی اقتصاد چرخشی و کاهش وابستگی به منابع اولیه است.

1. **UNEP & Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC).**
Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025.
United Nations Environment Programme, Nairobi, 2024.
2. **UNEP.**
Global Waste Management Outlook 2024.
United Nations Environment Programme, 2024.
3. **OECD.**
Monitoring Progress Towards a Resource-Efficient and Circular Economy.
Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 2024.
4. **European Commission.**
EU Construction and Demolition Waste Protocol and Guidelines.
Brussels, 2024.
5. **Pomponi, F., & Moncaster, A.**
Circular economy in the built environment: A research framework.
Energy and Buildings, 2023, 278: 112567.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112567>
6. **Cochran, K., Townsend, T., Reinhart, D., & Heck, H.**
Environmental and economic assessment of construction and demolition waste management in the United States.
Journal of Cleaner Production, 2023, 382: 135232.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135232>
7. **US Environmental Protection Agency (EPA).**
Advancing Sustainable Materials Management: 2024 Fact Sheet.
Washington DC, 2024.
8. **Tam, V. W. Y., Soomro, M., & Evangelista, A. C. J.**
A review of recycled concrete aggregate in concrete applications (North America focus).
Construction and Building Materials, 2023, 361: 129683.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129683>
9. **Natural Resources Canada (NRCan).**
Circular Economy Strategies for the Construction Sector.
Government of Canada, 2024.
10. **Kawai, T., Yamada, K., & Matsumoto, S.**
Construction and demolition waste recycling systems in Japan.
Resources, Conservation & Recycling, 2022, 181: 106248.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106248>
11. **Ministry of the Environment, Japan.**
Construction Material Recycling Act: Annual Report.
Tokyo, 2023.
12. **Past, M., et al.**
Management of construction and demolition waste: Current practices and future challenges.
Waste Management, 2023, 158: 188–202.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.12.020>
13. **Asgari, A., Ghorbanian, T., & Kharrazi, M.**
Quality and quantity of construction and demolition waste in Tehran.

- Journal of Cleaner Production*, 2018, 186: 113–123.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.102>
14. **Eshraghi, H., Shafigh, P., & Mahmud, H. B.**
 Enhancing concrete recycling in Iran: A comprehensive review.
Construction and Building Materials, 2024, 406: 133322.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.133322>
15. **Ghasemi, M., et al.**
 Assessment of construction and demolition waste generation and management in Tabriz city.
Journal of Urban and Environmental Engineering, 2022, 16(2): 145–156.
16. **Rahmani, A., & Yazdani, M.**
 Evaluation of construction waste management practices in Karaj.
Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering, 2021, 18: 987–998.
17. **Mohammadi, J., et al.**
 Mechanical performance of recycled aggregate concrete produced from construction waste in Iran.
Materials Today: Proceedings, 2023, 72: 3120–3127.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.145>
18. **EEER Journal.**
 Recent advances in construction waste management in Iran.
Environmental Energy and Economic Research, 2023.
19. **Brieflands Scientific Journals.**
 Environmental impacts of construction waste disposal in urban Iran.
 2022.

Material Loss in Construction and Demolition in Iran: Environmental Consequences and the Pathway to Sustainable Construction

Arash Gholizadeh
Suma saze shomal company

Abstract

The construction industry is one of the largest consumers of natural resources and, at the same time, one of the major generators of waste worldwide, particularly Construction and Demolition Waste (CDW). Construction and demolition waste constitutes a significant share of total material flows and municipal solid waste streams and, when managed unsustainably, leads to rapid depletion of mineral resources, increased greenhouse gas emissions, ecosystem degradation, and soil and water pollution. Focusing on Iran, this paper draws on peer-reviewed scientific literature and international and national research reports published up to 2024–2025 to examine the quantity and composition of construction waste, the environmental impacts of material extraction and disposal (including cement, aggregates, steel, and aluminum), the current status of CDW management, and technical, managerial, and policy measures for transitioning toward sustainable construction and a circular economy. Evidence indicates that, alongside rapid urbanization and the redevelopment of aging urban fabrics, the volume of CDW in major Iranian cities is increasing, while recycling rates remain limited. The findings of this review suggest that a combined application of design-for-disassembly strategies, expansion of mineral material recycling—particularly concrete—regulatory reforms, and the introduction of economic incentives can significantly reduce material losses and environmental pressures associated with Iran’s building sector.

Keywords: Construction and Demolition Waste (CDW), Material Loss, Concrete Recycling, Sustainable Construction, Environment