علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره دوازدهم، اسفند ماه ۹۸

طراحی به روش واسازی و الگویی برای معماری زیست‌سازگار

سیدمهدی امیر کیایی[۱]

سیدمجید مفیدی شمیرانی[۲]

محمدجواد مهدوی نژاد[۳*]

mahdavinejad@modares.ac.ir

محمدمهدی رییس سمیعی[٤]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۳**

چکیده

زمینه و هدف: مصرف زیاد منابع خام در صنعت ساختمان، و آب و انرژی پنهان آن‌ها، موجب آلودگی و تخریب محیط زیست می‌شود. هدف از پژوهش، توسعه نظریه معماری سرآمد و تبیین روش‌های دوستدارمحیط زیست، در تخریب ساختمان و کاربست مجدد مصالح یا بهیافت، متناسب با چرخه عمر مفید ساختمان است.

روش بررسی: روش تحقیق پژوهش، توصیفی – تحلیلی است. در بیان مفاهیم نظری از روش توصیفی استفاده شده و بر اساس روش تحلیل کیفی مبتنی بر نظرات کارشناسی، این مفاهیم بسط داده شده‌اند.

یافته ها: تحلیل‌ها نشان می‌دهند که یکی از روش‌های پایدار در طراحی و اجرا ساختمان، پیش بینی «اصلِ واسازی» است. طراحی انعطاف-پذیر امکان بازاستفاده از مصالح ساختمانی را فراهم کرده و امکان مدیریت مصالح با قابلیت بازاستفاده خلاقانه، بهیافت و بازیافت را به عنوان بخشی از «زیبایی‌شناسی سبز» مقدور می‌سازد. نگاه هولیستیک و رویکرد یکپارچه به فرآیند طراحی، اجرا و تخریب آثار معماری، موضوع کلیدی در موفقیت محسوب می‌شوند.

بحث و نتیجه گیری: اصل «واسازی» نوعی انعطاف‌پذیری در الگوی معماری دوستدار طبیعت و زیست‌سازگار است، که بر استفاده مجدد از مصالح پس از پایان عمر مفید ساختمان تاکید می‌کند. تاکید بر ترسیم طرحواره‌ای جامع‌نگر از مراحل اولیه فرآیند طراحی معماری، از نوعی نگاه معمارانه و رویکرد طراحی مینا به بهره‌وری در مصرف انرژی سرچشمه می‌گیرد.

واژه های کلیدی: چرخه عمر مفید ساختمان، معماری سرآمد، رویکرد طراحی مینا، بهره‌وری در مصرف انرژی، معماری دوستدار طبیعت.

---

۱ - گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳ - گروه معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران* (مسوول مکاتبات).

۴- گروه معماری، دانشکده معماری و هنر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.12, February, 2020

Design for Disassembly and Shifting to Eco-Friendly Architecture

Seyed Mehdi Amirkiaei[1]
Seyed Majid Mofidi Shemirani[2]
Mohammadjavad Mahdavinejad[3*]
mahdavinejad@modares.ac.ir
Mohammadmehdi Raissamiei [4]

Accepted: 2017.10.25 Received:2017.07.24

Abstract

Background and Purpose: Construction and demolition waste management is one the controversial issues in building industry. The "hidden water" and the "hidden energy" of building material are from among the most important issues in designerly approach to energy efficiency under the high-performance architecture theory. The aim of the research is to outline the concept of design for disassembly in order to minimize construction and demolition waste (C&DW) and facilitate appropriate disposal.

Materials and Methods: Descriptive-analytical method has been adopted in which description of the theoretical concepts has merged with an analytical approach to the expert opinions.

Results: Studies have shown that the successful cases in the framework of design for disassembly were deliberately designed with dismantling prediction from the early stage of the design process. Integrated approach toward the life cycle is the key factor in eco-friendly design and construction which is based on recycling, creative reuse, repurposing and upcycling strategies as a part of "green aesthetics".

Discussion and Conclusions: The concept of design for disassembly rots from flexibility in architectural design process and is an influential procedure for C&DW. The life cycle assessment (LCA) is a comprehensive methodology to address gains of the concept of design for disassembly. Moreover it has showed a meaningful relationship between design for disassembly and the environmental impacts which might be addressed as designerly approach to energy efficiency.

Keywords: Life cycle assessment (LCA), Design for disassembly, High-performance architecture, Designerly approach to energy efficiency, Eco-friendly architecture, Construction and demolition waste (C&DW).

1- Department of Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3 - Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran * (Corresponding Author).
4- Department of Architecture, Faculty of Architecture and Art, Guilan University, Rasht, Iran

مقدمه

رشد جمعیت و افزایش میزان مصرف انرژی و استفاده بی رویه از منابع طبیعی، مشکلات زیادی را برای جوامع بشری به وجود آورده است. سهم صنعت ساختمان در میزان مصرف منابع و تولید آلودگی های ناشی از آن زیاد است و ضایعات تولید شده حاصل از عملیات ساخت و تخریب، مشکلات فراوانی ایجاد می نماید. با توجه به این که ساختمان ها به عنوان منابعی از مصالح ساختمانی در نظر گرفته می شوند، لذا مدیریت بر شیوه طراحی تا تخریب گامی در جهت بهبود شرایط موجود است. به خصوص مرحله تخریب که در حال حاضر به طور غیرعلمی انجام می شود. به گونه ای که تقریباً تمامی مصالح به کار رفته در ساختمان به عنوان ضایعات به سمت مراکز دفن انتقال می یابند. این مساله موجب استفاده از مصالح جدید و در نتیجه برداشت از منابع طبیعی، آلودگی محیط زیست و مصرف انرژی می گردد. طراحی برای واسازی، شیوه ای از ساخت و تخریب است که توسط آن مصالح ساختمانی یا باز استفاده می شوند و یا به صورت مصالح بازیافتی مجدداً استفاده می شوند.

اهمیت و ضرورت پژوهش، بیش از هر چیز، به تاثیر بسیار زیاد نخاله های ساختمانی بر محیط زیست باز می گردد. هدف از پژوهش، توسعه نظریه معماری سرآمد و تبیین روش های دوستدارمحیط زیست، در تخریب ساختمان و کاربست مجدد مصالح یا بهیافت، متناسب با چرخه عمر مفید ساختمان است.

با این روش مقدار ضایعات تولید شده کاهش می یابد و مواد دوباره در چرخه مورد استفاده قرار می گیرند. در این شیوه، ساختمان ها طوری طراحی می شوند تا بتوانند خود را با شرایط سازگار سازند و انعطاف پذیر باشند.

پیشینه تحقیق

سیر تحول مطالعات معماری و شهرسازی معاصر ایران و جهان (۱) گویای آن است که امروزه بیش از هر زمان دیگر «کیفیت» ساخت (۲) و هماهنگی با محیط زیست (۳) به موضوعی اساسی در فرآیند طراحی و اجرای آثار معماری تبدیل شده است (۴). تحلیل پیشینه پژوهش و مبانی نظری مربوط نشان دهنده آن است که نگاه معمارانه (۵) و رویکرد طراحی مینا (۶) نکته کلیدی در تحقق معماری هماهنگ با محیط زیست (۷) و سازگار با اقلیم (۸) محسوب می‌شود. نگاه همه‌جانبه به مساله فرآیند طراحی و اجرای آثار معماری (۹)، در کنار الهام طبیعت و سازواره های طبیعی (۱۰) رمز پایداری به شمار می‌آید.

ویکتور پاپانک (۱۹۹۵) ایده هایی برای طراحی به روش واسازی ارایه داده و آن را تکنیکی برای معماری می داند که باید استفاده از منابع را کاهش دهد. براند فهمید که در آینده، طراحی برای واسازی، حتی در یک سطح سازه ای، یک استراتژی جدید برای ساختمان سازی به حساب خواهد آمد(۱۱). المادورمیشویچ و کن یانگ (۲۰۰۹) معتقدند که بیش تر ساختمان های کنونی برای سازگاری یا جداسازی طراحی نشده اند و نمی توان اجزای آن ها را برای بازاستفاده جدا کرد (۱۲). کروتر (۲۰۰۱) سلسله مراتب واسازی را بدین گونه معرفی کرد: بازاستفاده ساختمان، بازاستفاده اجزا، بازاستفاده مصالح، بازیافت مصالح، احیای انرژی(۱۳). پاولسکی و هویت (۲۰۰۳) معتقدند که این ایده برای آینده طراحی پایدار مهم است. وبستر به این نکته اشاره دارد که دغدغه اصلی در طراحی برای واسازی، کمیاب و گران شدن مصالح بکر در آینده است. به نظر می رسد که در آینده، طراحی با تفکر وا سازی جریان اصلی ساختمان سازی را در بر خواهد گرفت و ساختمان های آینده منابعی خواهند بود از مصالحی که به سهولت قابل استخراج هستند (۱۴).

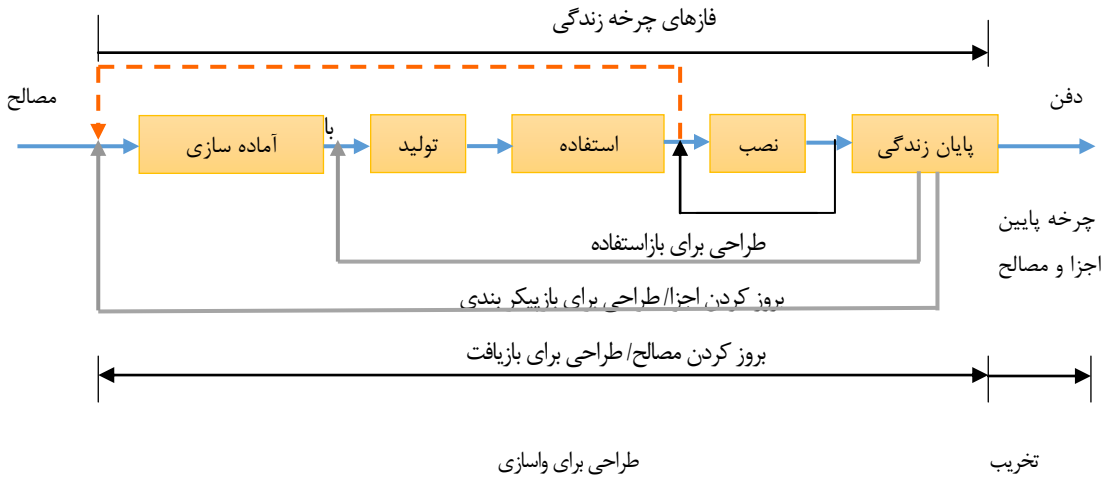
ضایعات ساختمانی و تخریب محیط زیست

هر سال در دنیا بیش از سه میلیارد تن مصالح خام برای ساخت مصالح ساختمانی استفاده می‌شود (۱۵). با عملیات ساختمانی مانند تخریب، نوسازی و ساخت، ضمن استفاده بی رویه از انرژی و منابع طبیعی، مصالح بسیاری از بین رفته و به آوار تبدیل شده و بازتاب آن به بسترهای طبیعی و بکر وارد می‌شود (۱۴). مواد

زایدی که به صورت نخاله های ساختمانی تولید می شوند خود از آلاینده های محیط می باشند. روزانه میلیون ها تن نخاله در شهرهای بزرگ دنیا در زمین دفن و موجب بحران زیست محیطی می شوند. در اروپا، سالانه حدود ۱۸۰ میلیون تن از ضایعات ناشی از ساخت و تخریب ایجاد می شود. در آمریکا نیز میزان این ضایعات ۱۳۶ میلیون تن می باشد (۱۱). در ایران نیز برای ساخت هر ساختمان، مصالح بسیاری به کار می رود که از منابع طبیعی به دست آمده و نحوه استخراج و میزان آن بر محیط تأثیر می گذارد. از تأثیرات محیطی ضایعات ساختمانی می توان به مصرف سوخت‌های تجدید ناپذیر، آلودگی آب و خاک، تولید گازهای گل خانه ای، نابودی گیاهان و سکونت گاه های حیوانات، خطرات استفاده و دفع مصالح سمی، خطرات آلودگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی و آلوده کردن طبیعت از طریق تولید و دفع ضایعات اشاره کرد (۱۶).

چرخه زندگی

شناخت جامع از مصالح ساختمانی و روش های به کار رفته در ساختمان، نقش مهمی در میزان مصرف انرژی، منابع و تولید ضایعات نهایی آن دارد. انتخاب روش مناسب از ابتدای طراحی، متناسب با ویژگی های مصالح و جایگاه استفاده از آن ها، عمر مفید مصالح را افزایش داده و امکان واسازی و باز استفاده از آن ها را فراهم می نماید. آن چه که مهم است این است که عمر یک ساختمان با آغاز مرحله تخریب به پایان نمی رسد، بلکه زندگی جدید را در مسیری تازه آغاز می نماید. بنابراین یک ساختمان را می توان به عنوان منبعی سرشار از مصالح گوناگون برای بهره برداری مجدد به حساب آورد. یک ساختمان چیزی نیست که شما تمام می کنید بلکه چیزی است که شما شروع می کنید(۱۷). توجه به مصالح قابل باز استفاده، بعد از این که ساختمان به پایان عمر خود رسید آغاز نمی شود. پیشرفت در استفاده از مصالح قابل مصرف، از ابتدای طراحی، با انتخاب مصالحی که باز استفاده یا باز یافت می شوند و با طراحی کامل چرخه زندگی ساختمان در ذهن شروع می شود. طراحی یک ساختمان باید به گونه ای انجام شود که آن ساختمان، پس از پایان عمر مفیدش، به عنوان یک منبع از مصالح قابل باز استفاده برای یک ساختمان جدید به حساب آید(۱۸). چرخه زندگی مصالح با امکان واسازی را می توان به صورت شکل (۱) نشان داد.

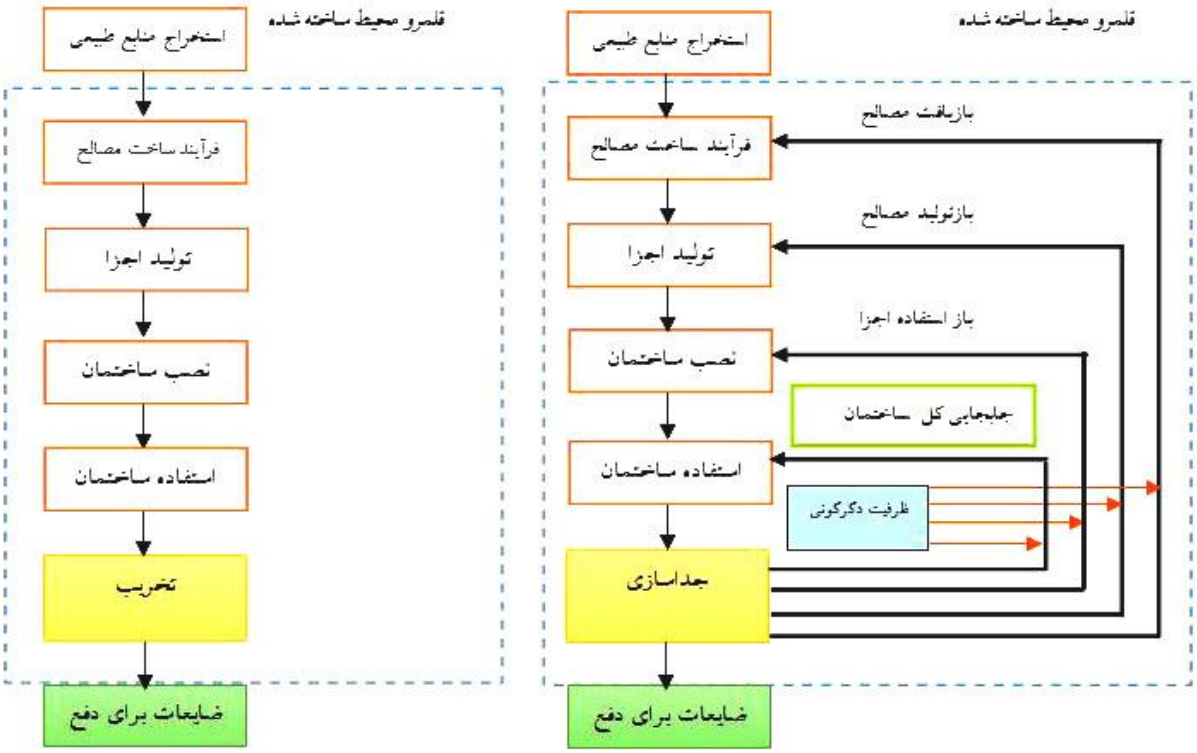


شکل ۱- طراحی برای واسازی و چرخه مصالح (۱۹)

Figure1- Design for dismantling and material cycle (19).

چرخه زندگی و معماری دوستدار محیط زیست

کلید طراحی پایدار، طراحی چرخه زندگی است که استفاده بهینه از منابع و فعالیت های بازار را در همه فازهای ساختمان(پیش ساخت، ساخت و فاز بعد از ساخت) در نظر می گیرد(۲۰). تخریب، آغاز فرآیندی است که اگر هوشمندانه و از قبل پیش بینی شده باشد، مراحل اجرای آن آسان، کم هزینه برای محیط زیست و سودمند برای کاربران خواهد بود. بزرگ ترین نتیجه فعالیت تخریب، تولید ضایعات است که اگر از ابتدا به آن فکر شود، می تواند حداقل آلودگی را ایجاد نماید. مشکلات موجود در بسیاری از کشورها، استفاده از یک روش خطی است که با تخریب و در نتیجه تولید ضایعات باقی مانده به اتمام می رسد. راه حل این مشکل، یک چرخه عمر بسته است که در آن استفاده مجدد و بازیافت جزو اولویت ها به حساب می آیند. هم اکنون حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد آوارها و نخاله های ساختمانی قابل بازیافت بوده و استفاده مجدد از آن ها در شرایط فعلی صرفه اقتصادی بالایی دارد (۲۲). در شکل (۲) نمونه های ممکن و موجود پایان زندگی مصالح برای محیط ساخته شده، نشان داده شده است.



شکل ۲- راست: سناریوهای ممکن چرخه عمر برای محیط ساخته شده ، چپ : چرخه عمر محیط ساخته شده، گهواره تا گور (۲۱)

Figure2–Right: Possible End-of-life Scenarios for the Built Environment, left: Life Cycle of the Built Environment, cradle to grave (21)

کشورهای پیشرفته صنعتی، طی سالیان اخیر، تلاش نموده اند تا این میزان ضایعات قابل دفن را با روش های بازاستفاده و بازیافت به حداقل ممکن برسانند. یکی از روش های جلوگیری از ایجاد ضایعات تخریبی در ساختمان، مدیریت زنجیره مواد و بهبود صنعت بازیافت است به گونه ای که بتوان با حفظ مصالح ساختمانی در چرخه شان، نهایت استفاده را از عملکرد آن ها به عمل آورد (۲۳). این امر با در نظر گرفتن چرخه زندگی مصالح و لایه بندی قسمت های مختلف ساختمان صورت می گیرد که تمامی لایه ها در این روش قابلیت واسازی دارند.

ارزیابی چرخه زندگی

چرخه زندگی روشی است برای طراحی که امکان آنالیز فرآیندهای ساختمان و تأثیر آن را روی محیط فراهم می کند. ارزیابی چرخه زندگی، عناصر و خدمات مورد نیاز در ساختمان را پیش بینی می کند و تأثیرات محیطی آن ها را مشخص می نماید. این روش می تواند مزایای محیطی و اقتصادی طراحی برای واسازی را نشان دهد(۲۰). ارزیابی چرخه زندگی ابزار اصلی برای ارزیابی عملکرد زیست محیطی و در نتیجه دست یابی به توسعه پایدار است. ارزیابی چرخه زندگی برای یک محصول از ماده خام تا پایان زندگی آن (گهواره تا گور) مورد استفاده قرار می گیرد. این روش امکان کارآمد بودن و استفاده مجدد از مواد و بازیافت را هنگامی که یک ساختمان به آخرین مرحله زندگی خود می رسد، فراهم می کند(۲۴). ارزیابی چرخه زندگی، جنبه های محیطی و تأثیرات آن را از طریق عمر محصول مورد مطالعه قرار می دهد. با در نظر گرفتن چرخه زندگی، همیشه جریانی از مصالح، با گردش از طبیعت به طبیعت در دوره زندگی ساختمان وجود دارد(۲۵).

وا سازی و انعطاف پذیری

واسازی شامل جدا کردن تمام اجزا و مصالح ساختمان یا هر محصولی، از بزرگ ترین تا کوچک ترین عضو آن می باشد به طوری که قابلیت استفاده و نصب مجدد آن ها وجود داشته باشد. به طور کلی، واسازی عکس فرایند ساخت و نصب اجزا و مصالح است. با این روش مصالح ارسالی برای دفن درزمین کاهش می یابد. می توان واسازی را به عنوان جداسازی کامل یا جزیی ساختمان برای تسهیل استفاده مجدد اجزا و مواد بازیافتی تعریف کرد. به عبارت دیگر، جداسازی سیستماتیک قطعات ساختمان به منظور افزایش میزان استفاده مجدد و بازیافت مواد، واسازی نامیده می شود (۲۶). جداسازی در مقابل ساخت یک ساختمان جدید است. در واقع سازه با نظمی که بر اساس آن ساخته می شود به عقب واسازی می شود. کروتر نیز فرآیند واسازی یک ساختمان یا یک سازه را با نظمی بر عکس فرایند ساخت معرفی می کند. واسازی، جدا کردن اجزاء و مصالح ساختمان بدون آسیب به آن ها است. می توان تکنیک جداسازی را یک واسازی سیستماتیک سازه و مثل یک تکنیک بالا به پایین یا تخریب از سقف به زمین بر شمرد(۲۷). واسازی یک راه ساخت ساختمان ها برای احیا شدن، بازاستفاده و بازیافت مصالح ساختمان است (۲۱). در جدول (۱) تعریف طراحی برای واسازی از نظر برخی پژوهش گران آورده شده است.

جدول ۱- تعریف برخی پژوهش گران درباره طراحی برای واسازی

Table 1- Description of some researchers about design for disassembly

ردیف	طراحی برای واسازی
۱	طراحی برای واسازی به اصول طراحی برای تسهیل جداسازی، باز استفاده و بازیافت اجزای ساختمان در آخر عمر مفید ساختمان اشاره می کند(۲۸).
۲	طراحی برای واسازی به بهینه سازی شیوه های ساختمان و اتصالات میان اجزا برای تسهیل بازاستفاده و بازیافت تأکید می کند(۱۷).
۳	طراحی برای واسازی شامل موضوعات مختلف مربوط به سازگاری، پیش ساختگی، جداسازی قطعات و سیستم های مدولار است(۲۴).
۴	تمام راهنماهای طراحی ساختمان، جداسازی ساختمان را مثل یک واسازی سیستماتیک به صورت نظم معکوس ساخت، یک شیوه اقتصادی و ایمن، با هدف نگهداری از مصالح برای باز استفاده تعریف می کنند(۲۹).
۵	طراحی برای واسازی به این معنی است که ساختمان ها در مسیری طراحی شده اند که می توانند به آسانی از هم جدا و باز استفاده شوند. واسازی باید بتواند مجموع هزینه های انرژی و مصالح را کاهش دهد(۳۰).
۶	اصول طراحی برای واسازی راهکارهای زیادی برای واسازی یک ساختمان از طریق تصمیم سازی در فاز طراحی پیشنهاد می دهد(۱۱)
۷	ساده و مدولار کردن ساختار و فرم، مستند کردن مواد استفاده شده، انتخاب مواد برحسب ارزش، پایداری، قابلیت بازیافت، قابلیت جایگزینی و سادگی، اتصالات ساده و قابل دسترس بدون استفاده از مواد شیمیایی، توجه به عمر مفید مصالح در قسمت های مختلف ساختمان و تفکیک لایه‌های ساختمان، مهم ترین اصول واسازی هستند(۳۱).
۸	ایده به کارگیری طراحی برای واسازی یک استراتژی برای بهبود میزان باز استفاده و بازیافت در یک بازه زمانی است. طراحی برای واسازی یک راهبرد در طراحی است که جدا سازی آینده مواد و اجزای اصلی یک محصول مانند ساختمان را در نظر می گیرد(۳۲).
۹	طراحی برای واسازی را می‌توان جداسازی آسان قطعات یک ماده تعریف کرد(۳۳).
۱۰	طراحی برای واسازی و تفکیک اجزا شامل طراحی یک محصول قابل تفکیک برای نگهداری آسان تر، تعمیر و بازیافت و استفاده دوباره اجزای سازنده (مواد) آن می باشد(۳۴).

با توجه به تعاریف ارایه شده می توان گفت: طراحی برای واسازی شیوه ای از طراحی است که از ابتدا با توجه به نقش موثر طراحی در سیستم ساخت و راندمان نهایی آن، با هدف جدا سازی سریع اجزا و مصالح ساختمان یا محصول، بدون یا با کم ترین آسیب به آن ها و با بیش ترین میزان باز استفاده و باز یافت شکل گرفته است و در نتیجه مزایای زیست محیطی نیز به همراه دارد. اصول کلی طراحی برای واسازی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- اصول طراحی برای واسازی و سلسله مراتب بازیافت(۳۵)

Table 2- Principles of design for dismantling and hierarchy of recycling (35)

	سطوح ارتباط		غیرمرتبط ۰	●مرتبط	■ ارتباط زیاد
شماره	اصول	تغییر مکان ساختمان	بازاستفاده اجزا	بازتولید اجزا	بازیافت مصالح
۱	استفاده از مصالح بازیافتی و قابل بازیافت	۰	۰	■	■
۲	کم کردن تعداد اجزای مختلف مصالح	۰	۰	■	■
۳	اجتناب از مصالح سمی و خطرناک	۰	۰	■	■
۴	ساخت زیرمجموعه‌های مجزا از همان مصالح	۰	۰	■	■
۵	اجتاب از پوشاننده‌های دوم برای مصالح	۰	۰	■	■
۶	امکان معرفی انواع مصالح	۰	۰	■	■
۷	کم کردن تعداد انواع مختلف اجزا	■	■	●	۰
۸	استفاده مکانیکی و نه شیمیایی اتصالات	■	■	■	۰
۹	استفاده از یک سیستم ساختمانی باز و نه بسته	●	■	۰	۰
۱۰	استفاده از طراحی مدولار	●	■	۰	۰
۱۱	طراحی برای استفاده از ابزار و تجهیزات معمولی و اجتناب از وسایل خاص	■	■	●	۰
۱۲	جدا کردن سازه از پوشش برای جداسازی مجزا	●	■	۰	۰
۱۳	امکان دسترسی به همه قسمت‌ها و نقاط اتصال	■	■	●	●
۱۴	ساختن‌اجزای مدولار برای رسیدگی بهتر	■	■	●	۰
۱۵	امکان دسترسی و تعیین موقعیت	■	■	۰	۰
۱۶	امکان دسترسی برای نصب و جداسازی	■	■	۰	۰
۱۷	استفاده از تعداد کم اتصالات	■	■	●	۰
۱۸	استفاده از تعداد کم تر از انواع مختلف از اتصالات	■	■	●	۰
۱۹	طراحی اتصالات و اجزای با مقاومت بالا جهت استفاده مجدد	■	■	۰	۰
۲۰	اجازه به جداسازی موازی	●	■	●	●
۲۱	امکان معرفی انواع اجزا	●	■	●	۰
۲۲	استفاده از شبکه سازه‌ای استاندارد	■	۰	۰	۰
۲۳	استفاده از تولید پیش ساخته و انبوه	■	■	۰	۰
۲۴	استفاده از مصالح و اجزای سبک	■	■	■	■
۲۵	شناسایی نقاط جداسازی	■	■	●	۰
۲۶	فراهم کردن قسمت‌های یدک و انبار در سایت در خلال جداسازی	■	۰	۰	۰
۲۷	نگهداری همه اطلاعات از اجزا و مصالح	■	●	۰	۰

واسازی و طراحی انعطاف پذیر

مهم ترین هدف واسازی، تغییر نگرش نسبت به فرایند طراحی و تخریب سنتی به سمت روش طراحی و تخریب هدف مند می باشد که باعث کاهش یا به حداقل رساندن ضایعات ناشی از ساخت و تخریب می شود. با این شیوه طراحی، ساختمان ها و اجزای سازگار، قابل انتقال و نصب مجدد خواهیم داشت. افزایش هزینه دفن در زمین، صنعت ساختمان را وادار می کند که به اصل جداسازی یا واسازی بنا توجه بیش تری داشته باشد تا بتواند با در نظر گرفتن زنجیره چرخه مصالح، آن ها را به عنوان مصالح قابل بازاستفاده از ساختمان های جداسازی شده مورد استفاده مجدد قرار دهد و بدین طریق از میزان ضایعات ارسالی برای دفن در زمین بکاهد(۱۱). با طراحی برای واسازی، می توان به هدف هایی مانند جابجایی سریع ساختمان از سایت، کاهش فشارهای محیطی و ایمنی برای کارگران، دسترسی آسان به اجزا و مصالح، محافظت از آسیب در فرآیند واسازی، کاهش هزینه های ابزار و تجهیزات، حذف کردن ضایعات مواد تولیدی از فرآیند آن، احیای مصالح با راندمان بالا برای بازاستفاده و بازیافت و حذف مواد سمی در مصالح ساختمان دست یافت.

مزایا و فوائد

برخی از مهم ترین مزایای طراحی به روش واسازی عبارتند از:

مزایای محیطی: واسازی به کاهش تولید ضایعات و میزان ضایعات دفن شده در زمین کمک می کند. این مساله بخارات گازهای گل خانه ای را کاهش می دهد و یک تأثیر مستقیم در سطوح محلی دارد(۲۷). هنگامی که ساختمانی تخریب می شود، ترافیک، سر و صدا و گرد و غبار حاصل از انتقال ضایعات آن و جمع کردن ضایعات در ایستگاه های مرکزی، جوامع اطراف را تحت تاثیر قرار می دهد . انتخاب روش طراحی مبتنی بر اصول واسازی این آثار مخرب را کاهش می دهد(۳۱).

مزایای اجتماعی: واسازی اجزا و مصالح ساختمان به صورت دستی صورت می گیرد. از این رو، فرصت های شغلی ایجاد شده و کارگرهای محلی، جذب کار می شوند. استفاده از این روش می تواند برای کارگران بدون مهارت یا کم مهارت فرصت های کار خلق کند.

مزایای اقتصادی: واسازی ساختمان و احیای مصالح هزینه های معمول ساختمان را کاهش می دهد. صرفه جویی در حمل و نقل و هزینه های دفع ضایعات، کاهش هزینه برای توسعه محل دفن، صرفه جویی هزینه های تهیه مصالح خام، توسعه جریان اقتصادی جدید (به عنوان مثال صنعت مصالح دست دوم) و منافع حاصل از بازفروش مصالح ضایعاتی و ذخیره شده، بهبود وضعیت مالی از طریق کاهش هزینه های آلودگی و انرژی، از مهم ترین مزایای اقتصادی واسازی ساختمان است(۲۷).

مزایای تاریخی: واسازی به نگهداری از بناهای مهم تاریخی کمک می کند. ساختمان های قدیمی معمولاً مصالح و اجزای ارزش مندی دارند و حاوی آثار استادکارانه هستند. واسازی می تواند این مصالح تاریخی و یا اجزا را ذخیره کند و در دسترس خریداران قرار دهد. بازاستفاده از اجزای ساختمان قدیمی به حفظ و انتقال روش های معماری و آثار استادکارانه از طریق ذخیره و بازفروش مصالح و اجزا کمک می کند(۲۷).

مزایای فرهنگی: روش طراحی برای واسازی در شیوه هایی از معماری بومی مورد استفاده قرار می گیرد. لذا توجه به اصول فرهنگی و عوامل تاثیر گذار بر روش های اجرای بومی و نوع مصالح مصرفی، فرهنگ بومی را ارتقا داده و تعلق خاطر بیش تری برای کاربران بناها ایجاد می نماید.

مزایای سلامت: استفاده از شیوه های واسازی مانع انجام روش تخریب سنتی شده و تا حد زیادی موجب جلوگیری از آلودگی های ناشی از آن می گردد که شامل آلودگی های صوتی، گرد و غبار، ضربه و لرزش، آسیب به محیط زیست، ترافیک و ... می باشد و در نتیجه سلامت جسمی و روانی افراد تامین می گردد.

نتیجه گیری

صنعت ساختمان به دلیل نقش موثر بر میزان مصرف انرژی و تولید ضایعات و تبعات ناشی از آن باید در مسیر درستی هدایت شود. روش طراحی یک ساختمان، نقش موثری بر میزان مواد قابل باز استفاده و باز یافت و ضایعاتی دارد. آمارهای تکان دهنده از حجم ضایعات ساختمانی در دنیا و در ایران نشان دهنده اهمیت استفاده از روش های جایگزین مناسب در فرایند طراحی تا تخریب ساختمان می باشد. باید به ساختمان ها به عنوان سرمایه آینده و عناصری ارزش مند نگریست. هر چه ساختمان ها انعطاف پذیر تر طراحی شوند، تاثیرات منفی کم تری روی محیط خواهند داشت. مواردی که باید به منظور کمک به سلامت محیط زیست و کاهش ضایعات و نخاله های ساختمانی در طراحی، ساخت و تخریب ساختمان ها مد نظر قرار گیرند، عبارتند از :

توجه به چرخه عمر مصالح: با در نظر گرفتن چرخه عمر مصالح، مصالح مصرفی در قسمت های مختلف ساختمان از نظر کارایی و عمر مفید بررسی شده و دسته بندی می گردند تا بر حسب خصوصیات ذاتی خود در لایه های مختلف ساختمان قرار گیرند.

ارزیابی چرخه زندگی مواد برای انتخاب بهترین حالات ممکن: برای واسازی، بنا به صورت لایه های مختلف در نظر گرفته می شود که این لایه ها قابلیت جداسازی داشته و در بعضی قسمت ها امکان واسازی هم زمان چند لایه وجود دارد. مصالح با عمر طولانی تر در لایه های اصلی و درونی و مصالح با عمر کم تر در لایه های بیرونی قرار می گیرند تا امکان تعویض، تعمیر و جداسازی آن ها از اجزای اصلی تسهیل گردد. انتخاب سیستم های مناسب برای سازه و معماری به عنوان اجزای با قابلیت واسازی نقش مهمی در واسازی ساختمان دارد. ارزیابی چرخه زندگی بررسی بهترین و مناسب ترین سیستم، مصالح و اتصالات برای بنا برحسب طول عمر مفید آن ها می باشد.

طراحی یکپارچه: اگر طراحی و اجرا با توجه به اصول واسازی انجام شوند، پس از پایان عمر مفید ساختمان، اجزا و مصالح آن به راحتی از هم تفکیک شده و دوباره در یک ساختمان جدید استفاده می شوند.

در مجموع می توان نتیجه گرفت که واسازی و طراحی با پیش بینی واسازی به عنوان روشی از معماری پایدار، می تواند جایگزین روش های سنتی طراحی و ساخت گردد و نقش مهمی در کاهش مصرف منابع، انرژی و آلودگی محیط زیست داشته باشد. زمانی که به چرخه بسته مصالح و انتخاب صحیح آن ها به لحاظ ماهیت ساختاری و عملکردی توجه شود، می توان میزان ضایعات را به حداقل ممکن رساند تا به بهبود شرایط زیست محیطی، اقتصادی، فرهنگی و ... کمک شود.

پیشنهادهایی برای آینده

استفاده از روش های تشویقی از سوی دولت و سازمان های مسوول جهت نهادینه سازی بهیافت و بازاستفاده از مصالح حاصل از واسازی و بر اساس چارچوب «مالیات کربن» و چرخه عمر مفید ساختمان.

منابع

1. Mahdavinejad M, Hosseini SA. Data mining and content analysis of the jury citations of the Pritzker Architecture prize (1977–2017). Journal of Architecture and Urbanism, 2019;43(1):71.
2. Mahdavinejad M. Designerly Approach to Energy Efficiency in High-Performance Architecture Theory. *Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*. 2020;10(2):75-83. [Persian]

3. Mahdavinejad M. High-Performance Architecture: Search for Future Legacy in Contemporary Iranian Architecture. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, 2017; 9(17):129-138. [Persian]
4. Mohtashami N, Mahdavinejad M, Bemanian M. Contribution of city prosperity to decisions on healthy building design: A case study of Tehran. *Frontiers of Architectural Research,* 2016;5(3):319-31.
5. Javanroodi K, Nik VM, Mahdavinejad M. A novel design-based optimization framework for enhancing the energy efficiency of high-rise office buildings in urban areas. *Sustainable Cities and Society*. 2019; 49:101597.
6. Kia A, Mahdavinejad M. Interactive Form-Generation in High-Performance Architecture Theory. *International Journal of Architecture and Urban Development*. 2020; 10(2):37-48.
7. Mahdavinejad M, Bitaab N. From Smart-Eco Building to High-Performance Architecture: Optimization of Energy Consumption in Architecture of Developing Countries. *E&ES*. 2017; 83(1): 012020.
8. Fallahtafti R, Mahdavinejad M. Optimisation of building shape and orientation for better energy efficient architecture. *International Journal of Energy Sector Management*. 2015; 9(4): 593-618.
9. Mahdavinejad M, Zia A, Larki AN, Ghanavati S, Elmi N. Dilemma of green and pseudo green architecture based on LEED norms in case of developing countries. *International journal of sustainable built environment*, 2014;3(2):235-46.
10. Qasemi E, Mahdavinejad M, Aliabadi M, Zarkesh A. Leaf Venation Patterns as a Model for Bioinspired fog harvesting. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2020 Jun 15:125170.
11. Crowther, ph., 2014. Investigating Design for Disassembly through Creative Practice., INTERSECTIONS: Expertise, Academic Research and Design, International Symposium., Florence (Italy).
12. Sturgess, D., 2009. An Architecture of Disassembly and Cyclical Material Life, a thesis presented to Ryerson university for degree of Master of Architecture, university of waterloo, 2012, 17,29.
13. Papokyriakou, A., Hopkinson, L., 2012. The Potential Of Integration Design For Deconstraction as a Waste Minimization Strategy in to the Profession of Architect, Proceedings of 2 nd conference - People and Buildings, London Metropolitan University, London, Uk.
14. Nikghadam, N., Mofidi, S, M., Localization of Design Method with Considering Deconstruction in Iran, International Building and Development Conference, Science and research Branch, Islamic Azad University., Winter 2014., Isfahan, Iran
15. Saghafi, M. J., Teshnizi, Z. A. H., 2011. Building Deconstruction and Material Recovery in Iran: an analysis of major determinants, ELSEVIER, Procedia Engineering 21, International

16. Khawaja, N.A. A Methodology for Total Life-Cycle Costing of Buildings Designed for Disassembly.Thesis for Master of Applied Science, Concordia University, 2005, 52.
17. Sigrid Nordby,A., 2009, Salvageability of building materials Reasons, criteria and consequences regarding architectural designthat facilitate reuse and recycling, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2005, 20,22.
18. Webster, M., D, Gumpertz, S, Inc, H, Costello, D.T., 2005. Designing structural Systems for Deconstruction: How to Extend a New Building′s useful Life and Prevent it from Going to waste when the End finally comes.Green build Conference Atlanta, GA, Georgia.
19. Silverstein,S. A., and Appkiying.,. Design for Disassembly to connection design in steel Structures. Thesis for Master of engineering in civil and environmental engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2009, 6.
20. Durmisevic, E. Transformable Building Structures, Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction. University of Delft, 2006, 103.
21. Isik, A. Disassembly and Re-use of Building Materials: A Case Study on Salvaged Timber Component,s., Master of Science. The Middle East Technical University, 2003, 6,39.
22. Mahmoudi, M, M., Nikghadam, N., 2009. Architectural Design Considering Deconstruction and Reinstallation of Elements. Journal of Fine Arts Vol 39, PP 25-36.
23. Macozoma, Dennis S., 2002.Understanding the concept of flexibility in Design for Deconstraction., CSIRB&CTechnology,Seeinformationin :https://www.irb.fraunhofer.de.
24. Zobusova, D. Design for Deconstruction, Bachlor of Architectural Technology and Construction Management, VIA University College, 2014, 11,14.
25. Dodoo, A. life Cycle Primary Energy Use and Carbon Emission of Residential Buildings. Doctor of Philosophy Thesis, Mid Sweden University, 2011,14.
26. Endicott, B., Fiato, A. , Foster, S. , Huang, T., Totev, P., 2005. Research on Building Deconstruction, CE 268 Civil Systems and the Environment, University of California, Berkeley.
27. Cakici,F.z. The process and Feasibility of building Deconstruction A case study in Ankara, Thesis for Master of science in building science in Architecture, Middle east Technical university. 2005, 8,12,18,19.
28. Jaillon,L., Poon, GS., 2014. Life cycle design and prefabrication in Buildings: A review and case studies in HongKong. Elsevier, Automation in Construction vol 39, pp 195-202.
29. Horner. R.M.W., Simon, M., Haram, M.Ei., 2007. Cradle-to-cradle - A concept for the disposal of Buildings at the End of their Lives?. International conference on Green Building and sustainable cities, 853-863.

Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment, Glasgow, Scotland.

30. Kibert, CH.J., Chini, A.R., Languell, J., 2001. Deconstruction as An Essential Component Of Sustainable Construction. CIB World Building Congress, Wellington, New Zealand.
31. Barkkume, A., 2008. Deconstruction and Design for Disassembly Newjersey Institute of Tecnology.Newjersey school of Architecture, See information in: http://www.academia.edu/178424.
32. Crowther, Ph., 2000. Building Disassembly and the Lessons of Industrial Ecology, Shaping the Millennium: Collaborative Approaches. CIB, EPA, QUT, CSIRO-Brisbane, Australia.
33. Thormak, C., Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings, See information in: http://portal.research.lu.se/portal/files/4809710/1693314.pdf.
34. Chiodo, J., 2005. Design for Disassembly Guidelines., Active Disassembly Research, See information in: http://www.activedisassembly.com
35. Chini, A. R., 2001. Deconstruction and Materials Reuse:Technology, Economic, and policy., CIB publication 266.,CIB T Group 39 world Building Congress, university of Florida ., Newzealand