[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

نقش مصالح بومی در معماری پایدار از دیدگاه زیست‌محیطی

غلامرضا اکرمی *، لیلا علی‌پور **

تاریخ دریافت مقاله: 1393/03/24
تاریخ پذیرش مقاله: 1394/08/13

چکیده

امروزه افزایش ساخت‌وسازهای ساختمانی موجب تولید نخاله‌های فراوان شده است که در حاشیه شهرها انباشته شده و یکی از آلوده کننده‌ترین عوامل محیط‌زیست به‌شمار می‌آید. ساختمان‌های امروزی به‌ویژه در شهرها از مصالح جدید ساخته شده‌اند. برای تهیه مصالح جدید، انرژی زیادی صرف می‌شود. در جهت کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از مصالح ساختمانی، بایستی چرخه حیات مصالح از زمان استخراج از طبیعت، تا بازگشت دوباره به طبیعت و انرژی مصرفی در این چرخه مورد بررسی قرار گیرد. مسئله این تحقیق؛ مشکلات زیست محیطی ساخت‌وساز امروزین است که به‌دلیل استفاده نا مناسب از مصالح جدید در ساختمان‌سازی پدید آمده است. در این پژوهش ویژگی‌های ممتاز مصالح بومی از نگاه زیست محیطی بررسی شده و استفاده از مصالح بومی به‌عنوان یک راهکار سالم و مفید و کم هزینه پیشنهاد می‌شود. فرایند تولید مصالح از استخراج تا بازگشت آن به طبیعت و تأثیر آن در آلودگی محیط زیست، اعم از مصالح جدید و مصالح بومی، مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته است. نمودار چرخه حیات مصالح، الگویی حاصل از دیگر نمودارها و جداول گوناگون زیست‌محیطی است که به‌صورت جامع‌تری، عوامل گوناگون در آن دیده شده است. هر مرحله از حیات مصالح در این الگو تشریح می‌شود. با بررسی و مقایسه مصالح بومی و مصالح جدید، مشخص می‌شود که مزایای استفاده از مصالح بومی به مراتب بیشتر است. عدم تخریب طبیعت در برداشت، کمترین آلودگی در تولید، پایین بودن مصرف انرژی در تولید، صرفه‌جویی در انرژی حمل و نقل، کاهش مصرف انرژی در بهره‌برداری، کاهش هزینه‌های تمام شده و از همه مهمتر بازگشت سریع به طبیعت و عدم تخریب محیط‌زیست از مزایای مصالح بومی به‌شمار می‌رود. البته به‌کارگیری مصالح بومی شرایط خاص خود را دارد.

واژگان کلیدی: مصالح بومی، معماری پایدار، چرخه حیات، محیط‌زیست.

* استادیار دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران و عضو هسته پژوهشی معماری روستایی دانشگاه شهید بهشتی.
** کارشناسی‌ارشد معماری، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران و دانشجوی دکترای معماری، دانشگاه علم و صنعت.
leila.alipour@gmail.com

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

مقدمه

افـزایش سـاخت‌وسـازهای سـاختمانی در شـهرها بـا تخریب ساختمان‌های نـه‌چنـدان قـدیمی، تـوأم اسـت. ساختمان‌هایی که اغلب آن‌هـا بـا مصـالح غیـر بـومی و جدید مانند آجر سفال، سنگ پلاک، گچ، سیمان، فـولاد و شیشه ساخته شده‌اند. این نوع مصالح بعد از تخریـب به نخاله تبدیل شده و در حاشیه شهرها انباشته می‌شوند و باعث تخریـب محـیط‌زیسـت و بـه تبـع آن آلـودگی شهرها می‌گردند. در آینده نیز مصـالح کـاملاً صـنعتی و شـیمیایی از قبیـل آلومینیـوم، مـواد پلاسـتیکی[1]، قیـر و مصـالح ترکیبـی مثـل آزبسـت‌هـا و ایرانیـت‌ها(کـه در ساخت‌وسازهای جدید به‌کار می‌روند) به این نخالـه‌هـا افزوده می‌شود. مصرف بیش از حد و ناصـحیح مصـالح جدید موجب آسیب‌های زیست‌محیطی جبران ناپذیری شده است و از این پس بـا رواج مصـالح صـنعتی، ایـن آسیب‌ها بیشتر و زیان‌آورتر خواهد شد. انرژی مصـرفی برای تهیه مصالح جدید بسیار زیاد است. مصرف بـالای انرژی در بخش ساختمان و چالش‌های زیست‌محیطـی فراوان، بازبینی در روند ساخت‌وساز در کشور را حیاتی می‌سازد. تصمیمات مـؤثر و حیـاتی معمـولاً در فراینـد طراحـی سـاختمان اتخـاذ مـی‌شـود. در زمـان طراحـی تصمیماتی گرفته می‌شود که تا پایـان عمـر سـاختمان و حتی سال‌هـا پـس از تخریـب آن، بـر محـیط‌زیسـت و طبیعـت تـأثیر مـی‌گـذارد(Zhou, Yin, Hu, 2009). انتخـاب مصـالح یکـی از تصـمیمات معمـار در فراینـد طراحی است که اگـر بـه شـکلی صـحیح و بـا مطالعـه صورت نگیرد، جبران خسارات آن دشوار خواهـد بـود. اما عوامل فراوانی در هنگام طراحی، در انتخاب مصـالح مورد نظر نقـش دارنـد. در اینجـا چنـد پرسـش مطـرح می‌شود؛ چه مصالحی برای محیط زیست زیانبارتر است و چـه عـواملی در ایـن انتخـاب مـؤثر اسـت؟ تفـاوت ساخت‌وساز بومی و جدید از این نظر چیست؟

عوامل مؤثر زیست‌محیطی گوناگون در انواع پژوهش‌هـا مورد بررسی قرارگرفته‌اند. اما الگـوی جـامعی کـه تمـامی این عوامل در آن لحاظ شده باشد کمتر مورد توجـه بـوده است. در مواردی نیز ایـن الگوهـا و جـداول، بـر مـوردی خاص تأکید می‌ورزند. در اینجا شناخت تـأثیرات زیسـت محیطی هر مصالح ساختمانی با در نظر گرفتن کل چرخـه حیات آن ماده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

معماری پایدار

محـور تمـامی مباحـث مـرتبط بـا پایـداری توجـه بـه نسـل‌هـای بعـدی، آینـده محـیط‌زیسـت و حفاظـت از محیط‌زیست جهانی بـوده اسـت. مهـم‌تـرین تعریفـی کـه تاکنون از توسعه پایدار ارائه شده است مربوط به اجـلاس ریو می‌باشد که بیان می‌کند: توسعه‌ای که نیازهـای کنـونی بشر را بدون به مخـاطره انـداختن نیـاز نسـل‌هـای آینـده برآورده سازد و در آن به محیط‌زیسـت و نسـل‌هـای فـردا نیز توجه شود. اصول توسعه پایدار در ارتباط بـا پایـداری زیست محیطی به طور خلاصه شامل توجه بـه اسـتفاده از منابع تجدیدپـذیر، اسـتفاده کمتـر از انـرژی‌هـای تجدیـد ناپـذیر و آلـوده‌کننـده، تـأمین نیازهـای پایـه‌ای انسـان و اجتماع و ایجاد محیطی سالم برای نسل‌های آینـده، توجـه بـه محـیط‌زیسـت و کـاهش آلـودگی و نیـز توجـه بـه چرخه‌های زیست محیطی می‌باشد (بیرانوند، 1390).

تجلی توسعه پایـدار در حـوزه محـیط سـاخته شـده، معماری پایدار نامیده می‌شود. آنچـه کـه در ایـن مقالـه مورد توجه قرار گرفته اسـت، رویکـرد معمـاری پایـدار نسبت به مسائل محیطی است؛ هرچند که جداکردن این موضـوع از سـایر جنبـه هـای اقتصـادی، فرهنگـی و اجتماعی، کاری دشوار است. از دیدگاه ریچـارد راجـرز

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

طراحی پایدار قصد دارد تا با نیازهای آینده رو به رو شود، بدون آنکه منابع طبیعی باقیمانده برای نسل آینده را از بین ببرد. در مورد ساختمان‌ها، طراحی پایدار به کارایی منابع، انرژی حداقل، انعطاف‌پذیری و عمر طولانی اشاره می‌کند. به‌نظر جونگ جین کیم سه اصل صرفه‌جویی در مصرف منابع، طراحی براساس چرخه حیات و طراحی انسانی مباحث معماری پایدار را شامل می‌شود (گرجی مهبلانی، 1389).

مصالح بومی

مصالح بومی یا به اصطلاح بوم‌آورد شامل مصالح موجود یا قابل تهیه در روستا یا شهر یا مصالح وارد شده به روستا یا شهر از فاصله‌ای کوتاه می‌شود (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد، طهماسبی، 1388). اصطلاح بوم‌آورد به معنی مصالحی که متعلق به محل و بوم خودشان هستند از زنده یاد استاد پیرنیا به‌جا مانده است. ایشان یکی از اصول معماری ایران را خودبسندگی دانسته و استفاده از مصالح بوم‌آورد را از مصادیق خودبسندگی می‌دانند(پیرنیا، 1387). در این مقاله مقصود از مصالح بومی تأکید بر بوم‌آورد بودن مصالح و استفاده از تکنولوژی بومی در تولید و استحصال این مصالح است.

ویژگی‌های مصالح پایدار

در بحث معماری پایدار ویژگی‌هایی برای مصالح ساختمانی مطلوب برشمرده می‌شود، از جمله مصرف انرژی و میزان آلودگی تولیدی آن کمینه باشد (Zimmermann, Althaus, Haas, 2005; Calkins,2008)، استحصال آن طبیعت را در معرض خطر قرار ندهد (Wever, 1997)، منابع اولیه آن تجدیدپذیر باشند(Wever, 1997)، منابع اولیه و آب و انرژی کمتری مصرف کند(اکرمی،1383؛ Calkins,2008)، بدین ترتیب نیاز به استخراج مواد خام کمتر داشته باشد (کیم،1382)، دوام و استحکام بالایی داشته باشد تا طول عمر ساختمان را افزایش دهد (Godfaurd, Janssen, Hendriks, 2005; Isik, 2008)، عدم ایجاد مسمومیت و سرطان‌زایی، جلوگیری از سروصدا ، تولید کمتر ضایعات و پسماندها (Zhou, Yin, 2009; San-jose, Losada, Cuadrado, 2009; calkins, 2008)، هزینه تهیه آن پایین باشد (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388) عدم ایجاد آلودگی در تولید و نیز در بازیافت (Howarth, Hadfield, 2006; Gabriella, Janssen, Hendriks, 2002)، انتخاب صحیح مصالح متناسب با بوم در جهت کاهش مصرف انرژی در دوران بهره برداری از ساختمان (Morel, Mesbah, Oggero, 2001; Lyons,2007; Zimmermann, Althaus, Haas, 2005)، قابل بازگشت به طبیعت و عدم تولید نخاله غیر قابل بازگشت به طبیعت(Powel, Craighill, 2001)، امکان استفاده مجدد (Calkins, 2008; Yagi, Halada, 2001; Wever,1997)، فاصله حمل کوتاه (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد، طهماسبی، 1388)؛ (Calkins,2006)، قابلیت تعمیرات در زمان بهره‌برداری(Yagi, Halada, 2001)، فناوری ساخت در دسترس و عدم نیاز به ماشین‌آلات پیشرفته (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388). عوامل فوق را که می‌توان به‌صورت خلاصه کاهش مصرف منابع و کاهش تولید ضایعات ذکر نمود و این عوامل را بایستی در کل چرخه حیات مصالح در نظر گرفت. (Gabriella, Janssen, Hendriks, 2002; yagi, Halada, 2001)

چرخه حیات مصالح

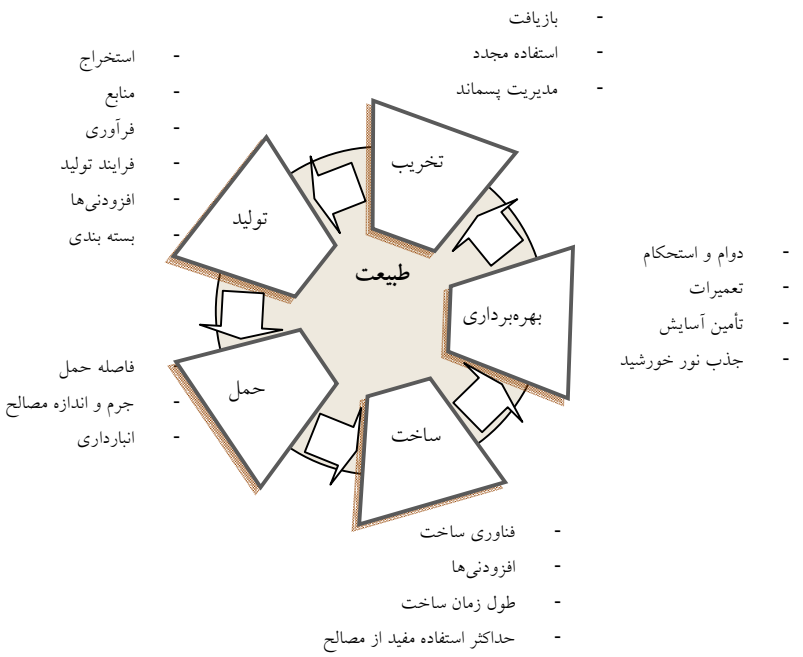
برای شناخت هر مصالح و تأثیرات زیست محیطی آن، باید کل چرخه حیات مصالح[2] را در نظر گرفت (Gabriella, Janssen, Hendriks, 2002; yagi, Halada, 2001). در تصویر شماره 1 این چرخه شامل

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

استخراج، فرآوری(تولید)، حمل و نقل، انبارداری، به‌کارگیری(در ساختمان)، بهره‌برداری، تخریب و برگشت به طبیعت است. این نمودار حاصل ترکیب چندین نمودار در مطالعات سایر پژوهشگران است. آنچه از نگاه معماری پایدار در این چرخه مهم است، مصرف انرژی و میزان آلودگی است که برای محیط‌زیست انسان پدید می‌آید(Zimmermann, Althaus, Haas, 2005). کاهش مصرف انرژی، کاهش مصرف آب و سایر منابع از اهداف اصلی معماری پایدار است(اکرمی،1383).

از این‌رو ضروری است خطرات زیست‌محیطی مصالح در تمام چرخه حیات بررسی شود. عدم ایجاد مسمومیت و سرطان‌زایی[3]، جلوگیری از سروصدا و ضایعات در هر مرحله، از اهمیت خاصی برخوردار است (Zhou, Yin, 2009; San-jose, Losada, Cuadrado, 2009). بحث کاهش مصرف انرژی و به‌تبع آن کاهش هزینه‌ها، فقط مربوط به مراحل اولیه نیست، بلکه در تمام طول چرخه حیات مصالح و حتی در مرحله مدیریت پسماند مورد توجه است.

در تصویر شماره 1 طبیعت و محیط‌زیست در مرکز چرخه قرار دارد. تمام مصالح ساختمانی(یا مواد اولیه آن‌ها) به‌گونه‌ای از طبیعت استخراج می‌شوند. سپس مراحل تولید را طی کرده و به محل ساخت حمل می‌گردند. پس از ساخت و در زمان بهره‌برداری نیز ویژگی‌های مصالح در کاهش خطرات زیست محیطی می‌تواند مؤثر باشد. پس از پایان عمر ساختمان سرنوشت مصالح بسته به اینکه دوباره مورد استفاده قرار گیرند، به چرخه تولید برگردند و یا به طبیعت بازگردانده شوند، در کیفیت محیط‌زیست مؤثر است. در هر کدام از مراحل چرخه حیات مصالح، نکات خاصی وجود دارد که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.



ت 1. چرخه حیات مصالح، مأخذ: یافته‌های پژوهش.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

تولید

تولید مصالح فرایندی دارد که قابل ملاحظه است. فرایند تولید همه مصالح یکسان نیست. ممکن است این فرایند طولانی و یا بسیار کوتاه باشد اما همه مصالح از طبیعت استحصال می‌شوند. استحصال بعضی مصالح مانند چوب، تجدیدپذیر است. این نوع مصالح قابل برگشت به طبیعت است. استحصال بعضی مصالح مانند آهن، طولانی و پیچیده است. این نوع مصالح معمولاً برگشت‌پذیر نیستند یا برگشت آن‌ها به طبیعت بسیار طولانی است. بعضی از مصالح در دسترس است ولی بعضی دیگر باید استخراج شود. خاک در دسترس‌ترین مصالح به‌شمار می‌رود. خاک مستقیماً از طبیعت استحصال[4] می‌شود و خیلی سریع به طبیعت باز می‌گردد. مصالحی مثل آهک و گچ از معدن استخراج می‌شوند. معادن آن چندان در دسترس نیست. بعضی دیگر به‌صورت خالص و اولیه در طبیعت وجود ندارد و باید آن‌را در یک فرایند پیچیده تولید کرد مانند سیمان و فولاد. استحصال مصالح تجدیدپذیر(خاک) کمترین تخریب و آلودگی را برای طبیعت و محیط‌زیست به‌همراه دارد.

مراحل تولید

استخراج مصالح با ایجاد آلودگی و مصرف انرژی همراه است. استخراج، طبیعت را تخریب می‌کند و تخریب آن جبران‌ناپذیر است. در این مرحله طبیعت (محیط‌زیست) در معرض خطر نابودی واقع می‌شود(Wever, 1997). به‌عنوان مثال استخراج سنگ، کوه را نابود می‌کند. برای تولید سیمان و یا فلزات، قسمت زیادی از طبیعت و محیط‌زیست به سرعت تخریب می‌شود. به‌عنوان نمونه انفجارهای معدن گیوچال[5] موجب نابودی و تخریب محیط زیست در منطقه علم کوه و تخت سلیمان شده و بستر رودخانه سردآبرود را برای خیزش سیل و دیگر حوادث غیر مترقبه آماده ساخته است (سلاح‌ورزی، 1385).

منابع اولیه مصالح بایستی تجدیدپذیر باشند (Wever, 1997). به‌عبارت دیگر بهره‌برداری از منابع باید به طریقی انجام شود که امکان تجدید آن‌را باقی بگذارد. به‌عنوان مثال بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل‌ها برای تولید چوب موجب تخریب سریع آن‌ها می‌شود[6]. در صورتی که بهره‌برداری اصولی و با مطالعه انجام بگیرد، جنگل‌ها امکان باروری مجدد را خواهند یافت. با برنامه‌ریزی، مدیریت و سرمایه‌گذاری می‌توان چوب مورد نیاز ساختمان‌سازی را تولید کرد[7]. تولید چوب آلوده کننده نیست، بلکه برای محیط‌زیست مفید و سازنده می‌باشد.

برخی از مصالح مانند چوب و خاک به شکل طبیعی(اولیه) مصرف می‌شوند و نیاز به فرآوری ندارند. بعضی مصالح تولیدشان با صرف انرژی و آلودگی فراوان همراه است. مثلاً سنگ را می‌توان به شکل طبیعی(همان‌گونه که در معماری بومی به‌کار می‌رود) و در صورت لزوم با اندکی تغییر شکل (مانند سنگ قلوه و سنگ لاشه) مصرف کرد. در حالی‌که برای تولید سنگ پلاک انرژی فراوان مصرف می‌شود. علاوه بر این تخریب و آلودگی هوا و محیط را همراه با سر و صدا به‌دنبال دارد[8]. انرژی زیاد از جمله آب، برق و سوخت فسیلی برای برش آن مصرف می‌شود. از این رو هر چه از مصالح به‌صورت اولیه و کمتر فرآوری شده استفاده شود، استخراج مواد خام کمتر و مصرف منابع کاهش می‌یابد (کیم،1382).

در تولید بسیاری از مصالح فرآوری شده، در زمان تولید ممکن است افزودنی‌های شیمیایی به آن اضافه شود. این‌گونه مواد (مثل مواد پلاستیکی) اغلب سمی بوده و خطرات زیست محیطی فراوانی به‌همراه دارند(Calkins,2008).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

از آنجا که دوام و استحکام مصالح موجب طول عمر ساختمان شده و دارای ارزش زیست محیطی می‌باشد، کیفیت تولید و مرغوبیت مصالح تولیدی مورد توجه قرار می‌گیرند(Godfaurd, Janssen, Hendriks, 2005). انتخاب مصالحی که مرغوب‌تر باشند، یک راهکار زیست محیطی محسوب می‌شود. بنابراین در زمان تولید می‌بایست در جهت بهینه‌سازی محصول و تولید مرغوب آن تلاش شود. البته ناگفته نماند که مرغوبیت در مصالح فرآوری شده هزینه‌ها را نیز چند برابر می‌کند.

نکته اساسی دیگر که در این مرحله بایستی به آن توجه شود، تولید مصالح در ابعاد و اندازه‌هایی است که کمترین ضایعات را در زمان ساخت ساختمان داشته باشد (Calkins,2008).

انواع تولید

تولید را می‌توان به دو شکل تولید انبوه (متمرکز) و تولید محلی (غیرمتمرکز) در نظر گرفت.

تولید محلی (بومی): مصالحی مانند آجر و خشت خام را می‌توان کاملاً به‌صورت محلی تولید کرد[9]. این نوع تولید مصالح را تولید بومی(محلی) و نوع اول می‌نامیم. البته امروزه تولید آجر سفال به‌صورت کارخانه‌ای و متمرکز انجام می‌شود.

تولید منطقه‌ای؛ سیمان از آن نوع مصالحی است که در عین اینکه فرایند تولید طولانی و پیچیده دارد ولی می‌توان آن‌را در هر منطقه‌ای از کشور تولید کرد[10]. این نوع تولید مصالح را تولید منطقه‌ای و نوع دوم می‌نامیم.

تولید ملی(کشوری)؛ فلزات از جمله محصولاتی هستند که به‌صورت متمرکز تولید می‌شوند. کارخانجات تولید فلزات، معدود و با فرایندی طولانی و پیچیده تولید می‌شود[11]. این نوع تولید مصالح را تولید کشوری (ملی) و نوع سوم می‌نامیم.

چگونگی و نوع تولید مصالح، بر مصرف انرژی تولید، انرژی حمل مواد اولیه و انرژی حمل محصول مؤثر است.

هزینه‌های حمل و نقل اولیه

مصالح بومی مثل خاک، سنگ محلی (سنگ قلوه و لاشه) و چوب به‌عنوان مصالح بومی کمترین هزینه حمل را دارند. ولی مصالحی که نیاز به فرآوری پیچیده و طولانی دارد مانند سیمان و آهن، حمل‌ونقل مواد اولیه آن هزینه زیادی را تحمیل می‌کند. برای تهیه سیمان، مواد اولیه باید با صرف انرژی از مسافت دور در سطح منطقه به کارخانه حمل شود. سپس سیمان تولید شده را با صرف انرژی مضاعف به مناطق مصرف حمل کرد. برای تولید فولاد، ابتدا باید سنگ آهن را در نقاط مختلف کشور کشف و استخراج کرد. سپس سنگ مورد نظر می‌بایست از محلی با فاصله چند صد کیلومتری با صرف انرژی زیاد به کارخانه حمل شود. سپس با طی مراحل بسیار پیچیده، صرف انرژی فوق‌العاده و در فرایندی طولانی و آلوده کننده به فولاد تبدیل گردد و برای مصرف، دوباره با صرف انرژی به سراسر کشور حمل و توزیع شود. بار کردن و خالی کردن مصالحی مثل آهن و فولاد نیز مستلزم مصرف انرژی است[12]. همچنین استفاده از آهن و فولاد نیاز به مصرف انرژی دارد[13]. بنابراین مصالحی همچون فولاد فرایندی بسیار طولانی از استخراج تا مصرف دارند و در این فرایند انرژی زیادی را مصرف می‌کنند و به‌همین نسبت بسیار آلوده‌زا و پر هزینه محسوب می‌شوند (Howarth, Hadfield, 2006). مصالح منطقه‌ای کمتر از مصالح ملی انرژی بر هستند. هر چند از نظر آلودگی ممکن است تفاوتی با مصالح ملی نداشته باشند. کارخانه تولید سیمان تا کیلومترها اطراف خود را آلوده کرده و مزارع، جنگل و مراتع را از بین می‌برد. هیچ

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

موجود زنده‌ای در حوزه آلودگی کارخانه سیمان در مصونیت نیست[14]. اما در مقابل مصالح بومی کمترین مصرف انرژی را، هم در تولید و هم در حمل و نقل دارند. همچنین کمترین آلودگی را در تولید دارند. لذا به نسبت، در چرخه تولید تا مصرف، کمترین آلودگی را ایجاد می‌کنند.

هزینه‌های تولید

اغلب مصالحی که فرایند تولید آن‌ها طولانی و پیچیده است، مصالحی گران، با مصرف انرژی بالا و به‌طبع، آلایندگی بیشتری نیز دارند (آلایندگی نیز مستلزم هزینه است)[15]. این‌گونه مصالح به‌دلیل محدود بودن کارخانه‌های تولید، در حمل و نقل، مسافت بیشتری را طی می‌کنند. به‌عنوان نمونه می‌توان تیرآهن را نام برد که دارای پیچیدگی تولید است و به نسبت، مصالحی گران محسوب می‌شود.

بنابراین مصالحی که به شکل خام (طبیعی یا بدون فرآوری) مصرف می‌شوند به‌مراتب مصالحی سالم‌تر و زیست‌محیطی‌تر و در ضمن کم هزینه‌تر محسوب می‌شوند.

در پایان مرحله تولید، مصرف انرژی مربوط به بسته‌بندی مصالح جدید نیز از عوامل دخیل در افزایش مصرف انرژی هستند. ولی در مقابل موجب کاهش ضایعات مصالح و کاهش تخریب محیط‌زیست می‌شوند. اما هرچند بسته‌بندی برای جلوگیری از آسیب، آلودگی را کاهش می‌دهد؛ لیکن بسته‌بندی برای مصالح جدید امری ناگزیر و مستلزم هزینه است و قیمت مصالح را بالا می‌برد.

حمل و نقل

برای اینکه یک ساختمان ساخته شود لازم است مصالح از محل تولید به محل ساختمان حمل شوند. دو عامل مؤثر در حمل و نقل؛ فاصله و وزن مصالح است. بعضی از مصالح تا رسیدن به مرحله استفاده، چندین بار حمل و نقل می‌شوند.

فاصله حمل

انرژی مصرفی و آلودگی تولیدی در مراحل حمل با طولانی شدن مسیر حمل به‌شدت افزایش می‌یابد. هزینه حمل مصالح ساختمانی عموماً قسمت اعظم هزینه مصالح را در مصالح نوع دوم (مصالح منطقه‌ای) و نوع سوم (مصالح کشوری) در برمی‌گیرد (Davila, Chang, 2005). مصالحی که تولید آن‌ها به شکل متمرکز صورت می‌گیرد، بیشترین هزینه‌های حمل را در بردارند(Wever,1997). اما مصالحی مانند شن‌وماسه که به شکل طبیعی(برداشت محلی) مصرف می‌شوند و می‌توانند از فاصله‌ای نزدیک به محل ساختمان حمل شوند، کمترین آلودگی و مصرف انرژی را دارند(Calkins,2008).

وزن مصالح حمل شده

برخی مصالح مانند فولاد و سیمان علاوه بر فاصله حمل طولانی، به‌دلیل وزن زیاد، حمل مشکل‌تری داشته و مصرف انرژی و هزینه را بالا می‌برند.

انبارداری

انبارداری مصالح نیز از عوامل مؤثر زیست محیطی محسوب می‌شود. زیرا هم نیاز به صرف انرژی و هزینه حمل داشته و هم نیاز به‌ساخت انبار دارد. مصالح نوع دوم و سوم مثل سیمان و آهن حتماً باید به موقعیت‌های شهری حمل، انبار و سپس توزیع شود. لذا هزینه‌های حمل و انبارداری و توزیع آن‌ها بسیار گران است. از این رو بهره‌گیری از مصالح محلی و بومی آشکار می‌نماید که کمترین فشار را از لحاظ آلودگی و تخریب برای محیط‌زیست به‌همراه دارند. زیرا مصالح بومی فاصله حمل کوتاهی دارند و به‌راحتی در دسترس بوده و نیاز به حمل‌ونقل طولانی نداشته و به طبع ایجاد

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

آلودگی کمتری می‌کنند. به‌همین نسبت هزینه کمتری نیز در بردارند.

ساخت

آنچه که تاکنون مطرح شد مربوط به مراحل تولید و مراحل قبل از به‌کارگیری و مصرف مصالح در ساختمان‌سازی است. اما در زمان ساخت هم مؤلفه‌های فراوانی در مورد کیفیت به‌کارگیری و مصرف مصالح وجود دارد. از جمله ایجاد آلودگی به شکل دی‌اکسیدکربن، سروصدا و گردوخاک، مصرف انرژی برای برپایی ساختمان و مصرف آب در زمان ساخت که برای مصالح مختلف می‌بایست مورد توجه قرار گیرند. امکان دسترسی به فناوری ساخت، نکته مهمی است که در انتخاب مصالح مؤثر است. ماشین آلات ساختمانی نیاز به مصرف انرژی دارند و با آلودگی و ایجاد صدا همراهند. آب نیز جزء منابع انرژی محسوب می‌شود و می‌بایست در مصرف آن صرفه‌جویی به‌عمل آید (Calkins,2008).

صرفه‌جویی در مصرف مصالح به نوع طراحی بستگی دارد. از این‌رو نوع طراحی در میزان مصرف مصالح در طول زمان ساخت می‌تواند مؤثر باشد(Wever,1997). به‌علاوه تناسب ابعاد فضا با اندازه مصالح موجب کاهش ضایعات می‌شود. طول دوره ساخت نیز مؤلفه مؤثری است. افزایش زمان ساخت، افزایش آلودگی و مصرف انرژی را به‌همراه دارد. بنابراین باید از مصالحی استفاده کرد که زمان ساخت را کوتاه‌تر کرده، فناوری آن‌ها در دسترس باشد و نیاز به ماشین‌آلات را به حداقل برساند، نیاز به مصرف آب کمی داشته باشد، ساخت آن ایجاد آلودگی و سرو صدا نکند، به افزودنی‌ها و مواد شیمیایی نیاز نداشته و کمترین خطر را برای سلامت انسان و محیط‌زیست به‌دنبال داشته باشد. امروزه با استفاده از اسکلت بتونی، طول دوره ساخت به مراتب افزایش یافته است. به این ترتیب افزایش زمان ساخت در زمان استفاده از مصالح جدید موجب صرف انرژی زیادتر و آلودگی بیشتر می‌شود.

مصالح گوناگون چسباننده‌های مختلفی دارند. به‌علاوه برخی از مصالح به رنگ، اندود و دیگر افزودنی‌ها نیاز دارند. چسباننده و ملات خاص هر مصالح، عاملی در بررسی تأثیرات زیست محیطی آن مصالح است (Ljungberg,2007). مثلاً در ملات آجر، امروزه از سیمان استفاده می‌شود. در چوب که مصالحی طبیعی است ممکن است از رنگ و یا چسباننده‌های شیمیایی مضر استفاده شود. البته چسب چوب آلودگی کمتری دارد و در اتصالات چوب از پیچ و میخ هم می‌توان استفاده کرد که ساده و کم‌خطر است. روش‌های قدیمی کار را راحت‌تر و مناسب‌تر می‌کرده است.

در زمان ساخت می‌بایست بهترین بهره‌برداری را از مصالح به‌عمل آورد. به‌عبارت دیگر هر ماده‌ای باید در بهترین شکل و با بیشترین حد سودمندی استفاده شود(Calkins, 2008). در این زمینه فناوری اجرا، نیز بسیار دخیل است. انتخاب مصالحی که در زمان ساخت بیشترین شکل بهره‌برداری را دارند، موجب کاهش مصرف منابع می‌شود. به‌عنوان مثال استفاده از فولاد به شکل تیرآهن در سقف، حداکثر بهره‌برداری از این ماده مقاوم ساختمانی نیست[16].

یکی از مؤلفه‌هایی که بر حفظ محیط‌زیست اثرگذار است و هزینه را نیز کاهش می‌دهد، استفاده مجدد یا بازیافت مصالح است. اما در مرحله ساخت بایستی این نکته را مورد توجه قرار داد که مصالح ترکیبی دیگر قابل بازیافت و یا استفاده مجدد نیستند. امکان جدا کردن شن و سیمان پس از تخریب بتن وجود ندارد. یا سنگ‌های پلاک پس از تخریب خرد می‌شود و قابل استفاده نیستند و به‌لحاظ چسبندگی که با ملات دارد در طبیعت به‌صورت ضایعات باقی می‌مانند(Calkins, 2008).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

به‌طور کلی فناوری ساختمان‌سازی بایستی کمترین خطر را برای سلامتی انسان و محیط‌زیست داشته باشد. انرژی و آب کمتری مصرف کند و آلودگی کمتری تولید کند. در نتیجه ضروری است، مصالحی مصرف شود که فناوری اجرای آن‌ها پاک باشد.

بهره‌برداری

نوع مصالح مصرفی باید به‌گونه‌ای باشد که در زمان بهره‌برداری حداکثر بهره‌وری را داشته باشد و کمترین صدمه را به آسایش انسان وارد آورد و مصرف انرژی آن به کمترین حد بهینه برسد. برای این منظور انتخاب مصالح باید با توجه به بوم مورد نظر و اقلیم منطقه، صورت گیرد. برای آسایش انسان، بایستی دما و رطوبت درون ساختمان تنظیم شود. امروزه تنظیم و ثابت نگهداشتن دمای داخل فضا با تاسیسات مکانیکی میسر است. لیکن مصرف انرژی برای تنظیم دما بستگی به جداره‌ها و بازشوها دارد. هرچه جداره و بازشو تبادل حرارت بیشتری داشته باشد، مصرف انرژی برای ثابت نگهداشتن دما بیشتر است. به‌عنوان نمونه هرچه جداره‌ها جرم حرارتی بالاتری داشته باشند، در اقلیم‌هایی مانند مناطق گرم‌وخشک و یا سرد کوهستانی موجب کاهش مصرف سوخت در ساختمان می‌شود(Morel, Mesbah, Oggero, 2001).

علاوه بر ضخامت دیوارها(جرم)، ضریب انتقال حرارتی[17] مصالح جداره‌ها نیز عامل مهمی در کاهش مصرف انرژی است. در این مورد می‌توان فولاد را با چوب مقایسه کرد که هر دو برای تیرپوش سقف استفاده می‌شود. ضریب انتقال حرارتی فولاد بسیار بالا است و استفاده از این ماده موجب می‌شود که مصرف انرژی در ساختمان برای سرمایش و گرمایش افزایش یابد[18](Lyons,2007). لذا انرژی مصرفی جهت سرمایش‌وگرمایش، روشنایی وغیره به‌طور مستقیم به مصالح مصرفی مرتبط است(Zimmermann, Althaus, Haas, 2005). بنابراین انتخاب صحیح مصالح متناسب با بوم موجب می‌شود که مصرف انرژی در طول عمر ساختمان کاهش یابد. رنگ مصالح نیز در جذب انرژی مؤثر است. از این‌رو مصالحی که رنگ روشن دارند جذب حرارتی کمتری داشته و انرژی خورشید را منعکس می‌کنند(Calkins, 2008) بنابراین از گرم شدن ساختمان و همچنین محیط اطراف جلوگیری می‌کنند.

طول عمر ساختمان در زمان بهره‌برداری بستگی به استحکام و دوام مصالح مصرفی در مقابل تنش‌های وارده، رطوبت و شرایط محیطی دارد (Godfaurd, Clements Crooome, Jeronimidis, 2005). کاهش طول عمر ساختمان‌ها موجب مصرف بیش از حد انرژی و ایجاد آلودگی می‌شود و تولید پسماندهای ساختمان را افزایش می‌دهد(Isik, 2008). دوام و طول عمر ساختمان بستگی به نوع مصالح، نوع فن‌آوری ساخت و همچنین شیوه ساخت بنا دارد. تعمیرات سهل و آسان هم می‌تواند به طول عمر بنا بیافزاید. انتخاب مصالح باید به‌گونه‌ای باشد که تعمیر آن‌را در زمان بهره‌برداری امکان پذیر و آسان سازد(Yagi, Halada, 2001). معمولاً مصالحی که با شرایط محیطی مطابقت دارند، تعمیر و نگهداری آن‌ها نیز آسان است. به‌عنوان مثال مصالح بومی(چوب) در نواحی مرطوب علاوه بر مقاومت در مقابل رطوبت، یک سازه چوبی را به راحتی با تعویض یکی از اعضا می‌توان تعمیر نمود. در حالی که تعمیر سازه بتنی تقریباً ممکن نیست یا بسیار سخت است.

تخریب

میزان تأثیر زیست‌محیطی مصالح مصرفی در زمان تخریب ساختمان تعیین می‌شود. عمل تخریب بایستی کمترین سروصدا و آلودگی را به‌همراه داشته باشد. به‌عنوان مثال آجر و سنگ برچیده می‌شوند، اما بتن با

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

انفجار تخریب می‌شود. انرژی مصرفی، آلودگی هوا و تولید سر و صدای انفجار قابل مقایسه با هیچ نوع تخریب دیگری نیست! علاوه بر این مصالح پس از تخریب پسماندهای متفاوتی دارند. این پسماندها بسته به میزانی که در طبیعت باقی می‌مانند تأثیر مخرب بر محیط‌زیست و طبیعت می‌گذارند. برخی مصالح دورریزهای خطرناک محسوب می‌شوند. در مقابل برخی دیگر مجدداً قابل استفاده هستند. مصالحی مانند فلزات می‌توانند دوباره وارد چرخه تولید شوند. اما عمل بازیافت فلزات با صرف انرژی زیاد و ایجاد آلودگی همراه است (Gabriella, Janssen, Hendriks, 2002). اما مصالحی مانند آجر(به‌خصوص اگر با ملات گل کار شده باشد)؛ می‌تواند به‌همان شکل اولیه، دوباره مورد استفاده قرار گیرند که این امر کاهش تولید زباله و نیز کاهش مصرف منابع را در پی دارد (Calkins, 2008). بنابراین برای امکان قابلیت استفاده مجدد، بایستی مصالح در زمان تخریب دسته‌بندی شده و جدا شوند(عظمتی، 1387).

نباید پسماندهای ساختمان را رها کرد، بلکه باید برای استفاده مجدد از آن و یا بازگشت‌شان به طبیعت مدیریت لازم صورت گیرد. اما تمام مصالح قابل بازگشت به محیط طبیعی نیستند. بتن پس از تخریب نخاله‌های فراوان تولید کرده که دیگر قابل استفاده نیست و در طبیعت نیز تجزیه نمی‌شود (Powel, Craighill, 2001). متأسفانه تنها در تهران روزانه 40 هزار تن نخاله ساختمانی تولید می‌شود. تولید نخاله‌های ساختمانی 4 تا 5 برابر تولید زباله‌های خانگی است[19] (بهشتی،1384). حتی برخی از این مصالح دورریزهای خطرناک محسوب می‌شوند.

اگر پس از پایان عمر ساختمان، مصالح دوباره قابل استفاده باشند و یا به طبیعت بازگردانده شوند؛ چرخه حیات مصالح کامل می‌شود. استفاده از مصالحی که دوباره به‌همان شکل اولیه قابل استفاده باشند، موجب کاهش مصرف منابع می‌شود (Yagi, Halada, 2001). تولید ضایعات تنها مربوط به مرحله تخریب ساختمان نیست بلکه در زمان تولید مصالح و یا اجرای ساختمان نیز باید میزان دورریز مواد به حداقل برسد (San-jose, Losada, Cuadrado, 2009).

چرخه بتن

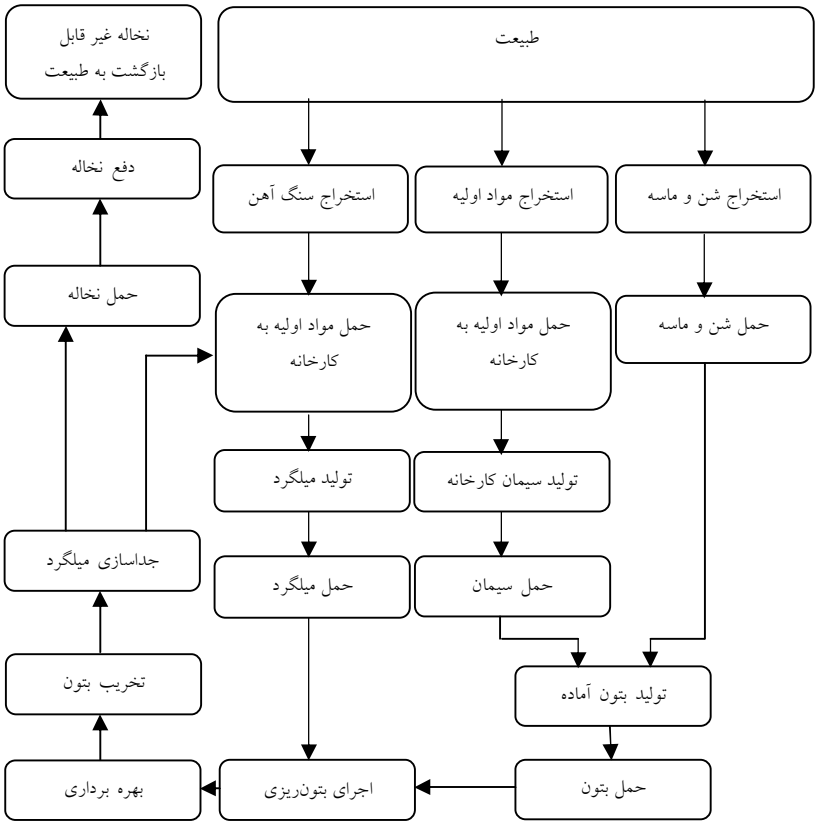
آنچه که در زمینه مؤلفه‌های زیست‌محیطی عاملی مؤثر ذکر شد، عواملی کلی هستند. اما می‌توان مؤلفه‌های مذکور را در هر منطقه با توجه به مصالح در دسترس، در محل مورد نظر بررسی کرد (zimmermann, Althaus, Haas, 2005). به این ترتیب اولین گام در انتخاب مصالح تهیه لیست مصالح موجود بومی است و سپس باید هر مصالح را در چرخه حیات آن از ابتدا تا انتها مورد بررسی قرار داد.

به‌عنوان نمونه بتن را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

در نمودار شماره 1 چرخه حیات بتن نشان داده شده است. ابتدا بایستی از معادن، با تخریب زیست‌بوم محل، ماده خام استخراج شود، پس از رسیدن به کارخانه، طی مراحل پیچیده و با ایجاد آلودگی فراوان، سیمان تولید می‌شود. حمل سیمان تولیدی و انبار آن با مصرف انرژی زیاد همراه است. در نهایت ترکیب آن با شن و ماسه نیاز به دستگاه‌های خاص خود و مصرف انرژی دارد. در مواردی از جمله در شهرهای بزرگ، بتن در کارگاه مربوطه ساخته و به محل ساختمان حمل می‌گردد. در این صورت قیمت تمام شده بتن گرانتر است. افزودنی‌های شیمیایی بتن و سیمان مؤلفه مخرب دیگری است(Isik, 2008). حمل بتن به محل کارگاه، پمپ بتن به محل مصرف، ویبره و نگهداری آن با صرف انرژی زیاد و هزینه‌های گزاف همراه است.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

همچنین صرف آب برای ساخت و نگهداری بتن زیانبار است. دقت و مراقبت از بتن برای رسیدن به مقاومت نهایی و مورد نظر، بسیار دشوار و مستلزم مهارت و هزینه است. میلگرد مصرفی نیز با طی مراحل مختلف تولید و حمل، به صرف انرژی فراوان برای رسیدن به پای کار نیاز دارد. پس از تخریب نیز این نوع مصالح(بتن) به نخاله‌های بی‌مصرف تبدیل شده، قابل تجزیه و بازگشت به چرخه طبیعی نیستند و موجب تخریب محیط‌زیست و طبیعت می‌شوند (Powel, Craighill, 2001). ماشین آلات فراوانی در مراحل چرخه ساخت بتن از زمان استخراج از معدن تا دفع نخاله، مورد استفاده قرار می‌گیرند که علاوه بر افزایش هزینه ساخت موجب آسیب‌های زیست محیطی فراوان نیز می‌گردند.



ن 1. چرخه حیات بتن، مأخذ: یافته‌های پژوهش.

مقایسه مصالح بومی با مصالح جدید

در جدول شماره 1، عوامل مؤثر در انتخاب مصالح مناسب زیست محیطی که در مورد چرخه حیات مصالح ذکر شد، نشان داده شده است.

با توجه به جدول شماره 1 می‌توان ویژگی‌های مثبت مصالح بومی را باز شناخت. یکی از مهمترین تفاوت‌های مصالح بومی و مصالح جدید در مرحله تولید است. تولید مصالح جدید با مصرف انرژی و آلودگی فراوان همراه است در حالی‌که اغلب مصالح

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

بومی تنها به یک فرآوری ساده اولیه نیازمند می‌باشند. بسیاری از مصالح بومی از منابعی تجدیدپذیر تهیه می‌شوند. مصالحی مانند خاک، چوب و حتی مواد دور ریز مثل کاه، گالی، ساقه برنج که به شکل مؤثری در معماری بومی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

با وجود مقاومت و استحکام بالای مصالح جدید در مقایسه با مصالح بومی، ساختمان‌های امروزین عمر پایین‌تری دارند(Morel, Mesbah, Oggero, 2001). زیرا از این مصالح به شکل صحیح استفاده نمی‌شود و این ساختمان‌ها مانند گذشته قابل تعمیر نیستند!

	ویژگی مصالح سازگار با محیط‌زیست	ویژگی مصالح ناسازگار با محیط‌زیست
استخراج و تولید	1. طول عمر بیشتر ساختمان(Morel , Mesbah, Oggero,2001) 2. کاهش مصرف مصالح (کیم، 1382) 3. استحصال تجدیدپذیر (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388)(Wever,1997) 4. امکان استفاده به‌صورت خام و یا با فراوری اولیه (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388) (Howarth, Hadfield, 2006) 5. عدم استفاده از مواد شیمیایی در تولید (Howarth, Hadfield, 2006)	1. تخریب محیط‌زیست در زمان استخراج و برهم زدن اکوسیستم محل (Wever,1997; Howarth, Hadfield, 2006) 2. آلودگی فراوان در زمان استخراج ماده اولیه و تولید در کارخانه (Howarth, Hadfield, 2006) 3. مصرف بالای انرژی در تولید (Howarth, Hadfield,2006) 4. ایجاد مسمومیت و یا سرطان‌زایی در تولید برخی از مصالح (Calkins,2008) 5 . نیاز به فناوری پیشرفته جهت تولید
حمل و انبار	1. فاصله حمل کوتاه (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد، طهماسبی،1388) (Calkins,2006) 2. کاهش نیاز به انبار	1. مسیر طولانی حمل و مصرف انرژی و ایجاد آلودگی (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388) 2. نیاز به انبار 3. چندین مرحله حمل تا رسیدن به محل استفاده 4. وزن بالا و نیاز به ماشین آلات فراوان جهت حمل (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388)
ساخت‌وساز	1. فناوری ساخت ساده و در دسترس (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388) (Howarth, Hadfield, 2006) 2. زمان ساخت کوتاه‌تر 3. عدم نیاز به ماشین‌آلات پیشرفته(Howarth, Hadfield, 2006) 4. عدم ایجاد سر و صدا و آلودگی 5. کاهش هزینه‌ها (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388)	1. ایجاد سر و صدا و آلودگی در زمان ساخت 2. تولید ضایعات در حین ساخت(Calkins,2006) 3. افزودنی‌های مضر و شیمیایی(Isik,2008) 4. نیاز به ماشین‌آلات جهت ساخت‌وساز و مصرف انرژی 5. عدم استفاده صحیح 6. عدم آشنایی افراد محلی با نحوه کاربرد مصالح (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388) (صادق پی، 1391)
بهره‌برداری	1. ضریب انتقال حرارت پایین و عدم نیاز به عایق کاری حرارتی (هادی، نصرالهی، حسینی، 1390) (صادق‌پی، 1391) 2. قابلیت تعمیرات در حین بهره‌برداری (Yagi, Halada, 2001) 3. تطابق با آب و هوای محل (هادی، نصرالهی، حسینی، 1390) (قبادیان،1382)	1. نیاز به عایق کاری حرارتی(Lyons,2007) 2. نیاز به وسایل سرمایش و گرمایش (صادق پی، 1391) (Zimmermann, Althaus, Haas, 2005) 3. کاهش طول عمر ساختمان (Morel, Mesbah, Oggero, 2001)
تخریب و بازیافت	1. قابل برگشت به طبیعت 2. قابلیت استفاده مجدد (Calkins,2008; Wever,1997) 3. قابلیت بازیافت	1. عمل تخریب با صرف انرژی و ایجاد آلودگی و سروصدا 2. ایجاد پسماندهای خطرناک 3. عدم تجزیه در طبیعت و ایجاد نخاله (Powel, Craighill, 2001) 4. عدم امکان استفاده مجدد (Howarth, Hadfield, 2006) 5. بازیافت پرهزینه و با صرف انرژی (Gabriella, Janssen, Hendriks, 2002)

ج 1. ویژگی‌های مثبت مصالح بومی و ویژگی‌های منفی مصالح جدید از دیدگاه زیست‌محیطی در چرخه حیات مصالح.
مأخذ: یافته‌های پژوهش.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

استفاده از مصالح بوم‌آورد سبب کاهش مصرف انرژی و تولید آلودگی در مرحله حمل می‌شود. درحالی‌که برای استفاده از فولاد ابتدا بایستی حمل مصالح خام و سپس حمل فولاد به ساختمان تا فاصله‌های چند صد کیلومتری محقق شود. چوب به‌راحتی در دسترس است. چوب ساختمانی برای دوام بیشتر نیاز به فرآوری دارد. اما انرژی مصرفی برای فرآوری چوب قابل مقایسه با انرژی مصرفی برای تولید فولاد یا بتن نیست. در زمان ساخت، انرژی مصرفی برای برش چوب به مراتب کمتر از انرژی لازم برای برش تیرآهن است. چوب با دست و اره دستی هم بریده می‌شود. اما برش تیرآهن نیاز به برش جوش دارد که انرژی زیادی را مصرف می‌کند و ضمناً نیاز به فن‌آوری پیچیده و تخصص دارد. در زمان بهره‌برداری، چوب عایقی حرارتی است در حالی‌که فولاد یک ماده انتقال‌دهنده سریع حرارت است و برای جلوگیری از تبادل حرارت نیاز به عایق‌کاری حرارتی دارد. پس از تخریب، چوب در صورت سالم بودن، به سادگی و به شکل کامل از ساختمان خارج می‌شود و می‌توان دوباره آن‌را مورد استفاده قرار داد. در صورت پوسیدگی برای مصارف سوخت استفاده می‌شود. یا می‌توان آن‌را در فرایند تولید صفحات چوبی مثل نئوپان به‌کار گرفت. در نهایت نیز به سادگی به چرخه طبیعت برمی‌گردد. فولاد نیز قابلیت بازیافت دارد. اما بازیافت آن با صرف انرژی فراوان، طول زمان و آلودگی محیط‌زیست همراه است.

پیشرفت تکنولوژی، افزایش تعداد کارخانه‌ها، تنوع مصالح ساختمانی جدید، استفاده از مواد شیمیایی، نه‌تنها موجب بالا رفتن کیفیت ساختمان و افزایش طول عمر آن نشده، بلکه تخریب فراوان زیست محیطی را نیز به‌همراه داشته است (Morel, Mesbah, Oggero, 2001). به‌کارگیری مصالح خطرناکی مانند ایرانیت[20] و فوم[21]، امری کاملاً مغایر با قوانین زیست محیطی و آسایش و سلامت انسان است.

یکی از دلایل متفاوت بودن دما در مکان شهری و مکان روستایی استفاده از مصالح بومی و همگن در روستا و مصالح غیر بومی و ناهمگن در شهر است[22]. در مکان شهری کف آسفالت[23] خیابان‌ها و بدنه سنگی یا سیمانی ساختمان‌ها، جاذب شدید گرمای آفتاب هستند. توصیه‌های غلط آئین‌نامه‌های اجرایی، استفاده از مصالح جدید را رواج داده و موجب شده که ساختمان‌سازی در تمام بوم و مناطق ایران شکلی یکسان به خود بگیرد. برای فراهم کردن آسایش داخل ساختمان‌های جدید باید از وسایل مکانیکی سرمایشی، گرمایشی و تهویه استفاده شود تا بتوان دما و رطوبت را تنظیم کرد. استفاده از وسایل مکانیکی مستلزم صرف انرژی زیاد است. مصرف انرژی دمای محیط و آلودگی را افزایش می‌دهد. در این شرایط مصرف انرژی در زمان بهره‌برداری از ساختمان بسیار سرسام‌آور است و منابع مالی زیادی از دولت صرف فراهم کردن سوخت برای تأمین انرژی ساختمانی از نوع خانگی می‌شود.

این درحالی است که در معماری سنتی و بومی همه‌چیز در جهت کم مصرف کردن طراحی شده است. معماری سنتی و بومی با موقعیت خود از نظر جغرافیایی و اقلیمی منطبق است. کمترین انرژی را برای گرم شدن یا سرد شدن نیاز دارد. ساده است، مصالح آن در محل قابل تأمین است. نیاز به تخصص تکنولوژیکی ندارد. مصالح طبیعی است و پس از پایان عمر بنا به‌راحتی به طبیعت باز می‌گردد. در حالی‌که تخریب ساختمان‌های جدید نخاله غیر قابل تجزیه، خطرناک و آلوده تولید می‌کند. بعد از زلزله در شهرها، محوطه وسیعی از نخاله برجای می‌ماند. در شهر بم بعد از زلزله سال 1382، کنار جاده‌های منتهی به شهر بم تا

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

کیلومترها انباشته از نخاله‌های مصالح ساختمانی شده است. نخاله‌ها هم منظره بیرونی شهر را تخریب کرده و هم آلودگی‌های آن به‌وسیله جریان باد به شهر برمی‌گردد. درحالی‌که در روستاهایی که همچنان از مصالح بومی بهره می‌گیرند، بدون ایجاد زباله، خانه‌های جدید به سرعت در جای خویش برپا می‌شود. در این مورد نیز روستاهای بم مثال زدنی است. چرا که در روستاها تمام آوارهای ناشی از خانه‌های روستایی به مزارع برگشت و تنها ساختمان‌های دولتی روستایی به نخاله تبدیل شدند.

از آنجا که مصالح مصرفی نباید در هیچ کدام از مراحل ایجاد مسمومیت و آلودگی کنند، معماری بومی گرچه در مقایسه ظاهری، کیفیت معماری جدید را ندارد، لیکن از بسیاری جنبه‌ها به صلاح زیست انسان است و آسایش و آرامش انسان‌های بومی را فراهم می‌کند. مصالح بومی مانند سنگ قلوه، سنگ لاشه، چوب، خشت و حتی آجر را به‌صورتی که در معماری بومی به‌کار می‌روند، می‌توان پس از تخریب دوباره مورد استفاده قرار داد. این به معنی صرفه‌جویی، ارزان تمام شدن، آلوده نشدن محیط‌زیست و جلوگیری از تخریب طبیعت است. مصالح و ضخامت دیوارها در معماری قدیمی عایق صدا و حرارت است و آسایش و آرامش ساکنین را فراهم می‌کنند. دیوارهای ضخیم معماری گذشته، امروزه دیگر رواج ندارد و برای کاهش انتقال حرارت در دیوارهای نازک امروزین از عایق‌های حرارتی استفاده می‌شود. این مواد اغلب از مواد شیمیایی و مخرب محیط‌زیست محسوب می‌شوند، قابلیت احتراق بالایی داشته و ایجاد دود سمی می‌کنند. تولید آن‌ها نیز با ایجاد آلودگی فراوان همراه است. در هر منطقه از ایران، مصالحی وجود دارد که می‌تواند بهترین پاسخ را برای عوامل اقلیمی داشته باشد. شاخه‌های نخل در نواحی گرم و مرطوب، تنه درختان در کرانه دریای خزر و خاک در فلات مرکزی همگی بهترین واکنش را در برابر شرایط اقلیمی آن ناحیه دارند(قبادیان، 1382).

معرفی تعدادی از مصالح بومی ایران

با توجه به اینکه کشور پهناور ایران دارای پهنه‌بندی اقلیمی متنوعی است، هر منطقه مصالح بومی خود را دارد. از آنجا که ایران داری چهار اقلیم اصلی است، هر اقلیم مصالح مربوط به خودش را دارد. به‌عنوان مثال در کرانه جنوبی دریای خزر، مصالح نباتی(درخت و چوب) به‌عنوان مصالح بومی در نظر گرفته می‌شود. در کرانه شمالی خلیج فارس و دریای عمان، حصیر و نخل و سنگ و گل؛ در نواحی کوهستانی و مرتفع فلات، سنگ، گل و چوب و کاهگل؛ در دشتهای فلات مرکزی، گل، خشت و آجر و در نواحی شمالی چوب و گالی به‌عنوان مصالح بومی معرفی می‌شوند (قبادیان، 1382).

در روش دیگری کشور ایران به 8 پهنه اقلیمی (با توجه به خرده اقلیم‌ها) تقسیم می‌شود و مصالح متداول برای هر کدام از این 8 پهنه مورد دسته‌بندی قرار می‌گیرد (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد و طهماسبی، 1388). البته در هر شهر یا روستا با توجه به اقلیم خرد و مصالح در دسترس محیطی بایستی مصالح بومی را متناسب با همان نقطه انتخاب نمود. در ادامه تعدادی از مصالح بومی متداول در نقاط مختلف ایران معرفی می‌شوند.

چوب از درخت استحصال می‌شود. درختانی مثل کاج، بلوط، سپیدار میوه ندارند. محصول آن‌ها چوب است که از تنه درخت حاصل می‌شود. آن‌ها به‌راحتی قابل کاشت و تکثیرند و موقعی که به رشد کافی رسیدند، استحصال و از چوب آن‌ها استفاده می‌شود[24]، پس از برداشت، می‌توان به جای درخت بریده شده

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

درخت دیگری کاشت. بنابراین استحصال چوب، طبیعت را تخریب نمی‌کند. تولید آن طولانی است ولی با برنامه‌ریزی قابل تأمین است. نیاز به آب زیاد و آبیاری ندارد. انرژی لازم برای استحصال درخت نیز زیاد نیست. تبدیل چوب به اشکال و ابعاد مختلف به آسانی و به‌صورت محلی انجام پذیر است[25]. انرژی مصرفی در این مرحله زیاد نبوده و ضایعات آن قابل استفاده است[26] و آلودگی نیز ندارد. چوب کمترین ضریب جذب حرارتی را در بین مصالح دارد. چوب در پایان عمر بهره‌وری خود به طبیعت برمی‌گردد[27] و هیچ آلودگی به‌دنبال ندارد.

خاک مستقیماً از طبیعت برداشت و در همه جا یافت می‌شود. فرآوری ندارد و بلافاصله قابل استفاده است. بنابراین کمترین انرژی را از موقع برداشت تا مصرف دارد. اگر لازم باشد، تنها برای حمل آن انرژی صرف می‌شود. قابل برگشت به طبیعت است و موجب تخریب طبیعت نمی‌شود. خاک بعد از چوب کمترین ضریب جذب حرارتی را دارد. در دشت‌های فلات ایران به‌دلیل کمیاب بودن چوب و سنگ، تنها مصالحی که به‌منظور امور ساختمانی در این مناطق به‌طور گسترده یافت می‌شود خاک است. طبق آمار در مناطق گرم و خشک کشور ساختمان‌های اجرا شده با مصالح خاکی به مراتب بیشتر از هر نوع ساختمان دیگری است. این مصالح در ساختمان سازی سنتی به‌صورت ساختمان‌های گلی، خشتی و آجری کاربرد دارد(قبادیان،1382). خاک برای شفته آهک پی، اندود کاهگل، اندود غوره‌گل[28]، گل گچ برای ملات دیوارچینی و سقف‌های قوسی و گنبدی، اندود دیوارهای داخلی و ساختن خشت خام و آجر استفاده می شود.

خشت خام از خاک بدست می‌آید. فرآوری خشت بسیار ساده است. خاک را با آب مخلوط کرده و آن‌را رها می‌کنند تا خوب خیس بخورد. سپس به آن کاه اضافه می‌کنند (برای اینکه خشت ترک نخورد) و آن‌را بسیار لگد می‌کنند تا خوب ورز داده شود. آنگاه آن‌را قالب زده و خشت را در آفتاب خشک می‌کنند. خشت خام پس از خشک شدن قابل استفاده است. بدین طریق خشت خام در محل و خیلی ساده و ارزان تولید می‌شود. ملات خشت خام گل است. در گذشته اغلب ساختمان‌ها با خشت خام ساخته می‌شدند[29].

آهک در طبیعت به‌صورت سنگ یافت می‌شود و باید آن‌را استخراج کرد. سنگ آهک مستقیماً قابل استفاده نیست. سنگ آهک باید پس از استخراج به کوره حمل شده و پخته شود تا قابل استفاده گردد. در این صورت عیناً قابل برگشت به طبیعت نیست. استخراج، حمل به کوره، پخته شدن و حمل آن به پای کار مستلزم صرف انرژی است. از نظر صرف انرژی تا پای کار برسد نسبت به چوب و خاک انرژی بیشتری مصرف می‌کند. ولی فرآوری آن از سیمان به مراتب کوتاه‌تر و انرژی و هزینه کمتری مصرف می‌کند. برای پی و ملات دیوار به‌کار می‌رود. آهک در مکان‌های مرطوب بسیار کارایی دارد.

آجر: ماده اولیه آجر، خاک رس است. خاک رس در طبیعت یافت می‌شود. برای تولید آجر باید خاک رس را به گل تبدیل کرد، آن‌را ورز داد، بعد قالب زده شود و سپس پخته شود. در گذشته معمولاً کوره آجرپزی را در جایی احداث می‌کردند که زمین رسی باشد[30]. بنابراین خاک نیاز به حمل ندارد. ولی امروز که تولید آجر نیز کارخانه‌ای شده است، برای قالب زدن، پختن و حمل آن به‌پای کار نیاز به‌صرف انرژی دارد. آجر مثل چوب و خاک و خشت، قابلیت برگشت سریع به طبیعت را ندارد ولی بعد از عمر ساختمان دوباره قابل استفاده است. از این نظر عمر طولانی دارد. در عین حال برگشت‌پذیری آن به‌طبیعت سریع‌تر و آسان‌تر از

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

مصالحی مثل بتن و سیمان است. ضریب جذب حرارت آجر بعد از چوب و خاک، کمترین است. آجر برای دیوارچینی، سقف، فرش کف، پله، دست‌انداز و نمای ساختمان به‌کار می‌رود. در گذشته بعد از خشت و گل بیشترین مصرف را در ساختمان‌های بومی داشته است.

کارایی مصالح بومی

از آنجا که مصالح مصرفی در ساختمان بسیار وابسته به نوع ساختمان و کارایی آن می باشند، سطح بکارگیری از مصالح بومی در ساختمان‌های مختلف متفاوت است. در ساختمان‌های بالاتر از دو طبقه ناگزیر از سازه اسکلت فولادی و یا بتنی استفاده می‌شود. ارزش بالای زمین در مناطق شهری، کاربرد دیوار های قطور گذشته را غیر ممکن می‌سازند. البته مصالح بومی در بازسازی بافت‌های روستایی (طباطبایی، فاضلی، 1388؛ صادقی پی،1391)، حفظ سیمای یکپارچه روستا (سرتیپی‌پور، 1388) و حل مشکل مسکن ارزان قیمت (ویسه، خدابنده، حکاکی‌فرد، طهماسبی، 1388) می‌تواند بیشترین استفاده را داشته باشد. در معماری جدید نیز آنجا که صحبت از معماری ارگانیک می شود، مصالح بومی کاربرد فراوان می‌یابد (صادقی پی، 1391). در معماری معمول شهرها، ساختمان‌هایی با اسکلت فولادی یا بتنی، کاربرد مصالح بومی در بسیاری قسمت‌ها مانند استفاده در دیوارهای پرکننده، نماسازی، دیوار محوطه و غیره امکان‌پذیر است. به هر جهت حفظ و احیای فناوری بومی و دانش استفاده از مصالح بوم‌آورد، با احیای فرهنگ استفاده از این مصالح، ابتدا در روستاها و سپس در شهرها، امکان‌پذیر است (زمرشیدی، 1385).

فناوری و تکنولوژی بومی

توصیه به استفاده مجدد از مصالح بومی نیازمند شناخت ماهیت مصالح و به‌کارگیری فناوری خلاقانه دارد. گرچه مبحث فناوری مصالح بومی در محدوده مباحث این مقاله نمی‌گنجد، اما در این ارتباط در پژوهش‌های سایر محققین از جمله در کتب و مقالات استاد حسین زمرشیدی مانند مقاله آموزش اجرای ساختمان‌های سنتی با مصالح بنایی، پی و دیوار (زمرشیدی، 1385) و نیز در پژوهش‌های انجام شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مانند مقاله ارائه روش‌های مناسب در استفاده از مصالح بوم‌آورد (ویسه و همکاران، 1388) به این مطلب پرداخته شده است و البته همچنان نیازمند پژوهش بیشتر است.

فناوری استفاده از مصالح بومی به‌صورت یک دانش بومی ارزان و پایدار در ایران وجود دارد. هنوز هم معماران سنتی در شهرها و روستاهای ایران به‌نحوه استفاده از خشت، چوب و سنگ آشنا هستند[31]. درصورتی‌که روند جایگزینی مصالح جدید با مصالح بومی همچنان ادامه یابد، علاوه بر تخریب محیط زیست، موجب از بین رفتن تدریجی دانش به‌کارگیری مصالح بومی می‌شود و تکنولوژی وارداتی جایگزین این دانش می‌گردد. در هر ناحیه، فناوری بومی در کاربرد مصالح بومی می‌تواند حفظ و احیا گردد و با دانش روز ترکیب شده و موجب ارتقای برخی از خواص مصالح بومی‌گردد.

نتیجه

در این پژوهش مسئله انتخاب مصالح مورد بررسی قرار گرفته است. کلیه عواملی که باید در انتخاب مصالح پایدار مورد نظر قرار گیرد، با توجه به چرخه حیات مصالح توصیف و تحلیل شده است. با شناخت عوامل زیست‌محیطی مؤثر و بررسی هر یک از عوامل تأثیرگذار، مشخص شده که استفاده از مصالح بومی هر منطقه در امر ساختمان‌سازی موجب کاهش خطرات

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

زیست‌محیطی ساخت‌وساز می‌شود. امتیازات استفاده از مصالح بومی بدین صورت دسته‌بندی می شود:
- منبع مصالح بومی تجدیدپذیر است.
- استفاده از مصالح بومی غالباً به‌صورت خام و یا با فرآوری ساده صورت می‌گیرد بنابراین انرژی چندانی در مرحله تولید مصرف نمی‌کنند.
- به فناوری پیشرفته و احداث کارخانه برای تولید این مصالح نیاز نیست.
- در مرحله حمل، با توجه به فاصله کوتاه حمل، مصرف انرژی و نیز تولید آلودگی کمتری دارند.
- در مرحله ساخت‌وساز، فناوری ساخت آن ساده و در دسترس است و نیاز به ماشین‌آلات پیشرفته ندارد.
- از نظر تولید سر و صدا و آلودگی و ضایعات در زمان ساخت در پایین‌ترین حد قرار دارد.
- در دوره بهره‌برداری با اقلیم محل انطباق دارد و در کاهش مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی نقش مؤثری دارند.
- امکان تعمیرات در حین بهره‌برداری را فراهم می‌نماید.
- در زمان تخریب ساختمان، مصالح بومی به طبیعت بازمی‌گردند و یا در سایر مصارف مورد استفاده قرار می‌گیرند و تولید نخاله ندارند یا بسیار مختصر است.

بنابراین با استفاده از مصالح بومی در مقایسه با روش‌های جدید ساخت، آسیب کمتری به محیط‌زیست وارد می‌شود و ساخت‌وساز پایدارتری را به‌همراه دارد. استفاده از مصالح جدید و تقلید از کشورهای دیگر بدون شناخت و به‌کارگیری فناوری آن موجب مصرف بیش از حد انرژی و آلودگی فراوان می‌شود. گرچه استفاده از این مصالح به‌دلیل مقاومت بالا، امری اجتناب‌ناپذیر به‌نظر می‌رسد اما بایستی در حجم کمتر و به شکلی که بیشترین کارایی را داشته باشند صورت گیرد. استفاده از این مصالح مخرب نباید به‌شکل پرکننده صورت گیرد بلکه باید در حداقل‌ترین حالت مورد بهره‌برداری قرار گیرند. در این صورت تولید نخاله‌های فراوان در مرحله تخریب که موجب از بین رفتن محیط‌زیست می‌گردد، کاهش می‌یابد. بنابراین بایستی یک بازبینی کلی در مصالح مصرفی صورت گیرد و تا حد امکان از مصالحی با عوامل زیست‌محیطی بی‌خطر بهره برد. در این زمینه مصالح بومی هر محل می‌توانند بهترین گزینه‌ها باشند. البته بایستی در فناوری به‌کارگیری مجدد این مصالح و در جهت رفع ایرادات آن‌ها کوشید. این مصالح مصارف زیادی دارند مانند اینکه می‌توان در بازسازی ساختمان‌های زلزله‌زده و بهسازی بافت روستاها و نیز در معماری ارگانیک جدید جایگاه ممتازی داشته باشند.

پی‌نوشت

1. فایبرگلاس‌ها، پلگسی گلاس‌ها، پلی اتیلن‌ها و غیره که بازگشت آن‌ها به طبیعت صدها سال طول می‌کشد.

2. Life cycle assessment

3. مصرف اغلب مواد و مصالح شیمیایی و مصالح ترکیبی(ایرانیت و آزبست ها) آسیب‌های سرطانی را برای مصرف‌کنندگان به‌دنبال دارد.

4. استحصال در اینجا به معنی خواستن حاصل و برداشت مستقیم است.

5. علم‌کوه و تخت سلیمان جزء آثار ملی طبیعی که از مناطق چهارگانه محیط زیست هستند، محسوب می‌شود و معدن سنگ گیوچال که یکی از گران‌بهاترین معادن سنگ گرانیت ایران است، در نزدیکی این منطقه واقع شده است(سلاح‌ورزی، 1385).

6. جنگل نیز باید به‌صورت طبیعی استحصال و بهره‌برداری شود تا پایدار بماند. بنابراین اگر بهره‌برداری از جنگل صحیح صورت بگیرد و به‌جای هر اصله درخت که بریده می‌شود نهال دیگری کاشته شود، جنگل سالم می‌ماند و چوب کافی برای مصرف وجود خواهد داشت. در گذشته که روستاییان و بومیان خود از جنگل استفاده می‌کردند، به جنگل آسیب نمی‌رسید. زیرا روستاییان می‌دانستند چگونه درختان جنگل را استحصال کنند. لیکن از موقعی که سازمان جنگلبانی و

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

محیط‌زیست مأمور حفاظت از جنگل‌ها شده است. دست روستاییان از جنگل کوتاه شده ولی کارخانه‌داران شهری، جنگل‌ها را بریده و از بین می‌برند. به‌طوری که در نیم قرنی که از اصلاحات ارضی می‌گذرد حدود 80 میلیون هکتار از جنگل‌های ایران از بین رفته است!

7. در گذشته روستاییان همه نوع درخت، از جمله درخت سپیدار می‌کاشتند و خانه‌های خودشان را با چوب می‌ساختند. امروزه روستاییان از این کار بازداشته شده و مصرف کننده آهن و سیمان شده‌اند.

8. کارگاه‌های سنگ‌بری تمام محیط اطراف خود را با گرد سنگ ناشی از برش سنگ آلوده می‌کنند و از لحاظ تنفسی بیماری‌زا هستند. صدای دستگاه‌های برش سنگ آلودگی صدا ایجاد می‌کند و پساب آن مزارع را از بین می‌برد.

9. آجر از دیر باز در ایران به‌صورت محلی تولید می‌شده و امروزه نیز تولید می‌شود و امکان توسعه آن وجود دارد.

10. در ایران سیمان به‌صورت منطقه‌ای تهیه می‌شود ولی هنوز بسیاری از مناطق ایران فاقد کارخانه سیمان هستند.

11. در هر کشوری معمولاً یکی دو کارخانه فولاد بیشتر وجود ندارد. در ایران مهمترین کارخانجات فلز و فولاد یکی کارخانه ذوب آهن اصفهان و دیگری فولاد اهواز می‌باشد. اما متأسفانه در چند سال اخیر سایر استان‌ها نیز در یک رقابت نابخردانه در صدد ایجاد کارخانه فولاد شده‌اند.

12. بار کردن و خالی کردن آهن و فولاد نیاز به بالابر و جرثقیل دارد و این دستگاه‌ها انرژی مصرف می‌کنند.

13. برای استفاده از آهن باید آن‌را برش داد و برای اتصال به یکدیگر باید آن‌ها را به‌هم جوش داد. برای حمل آن‌ها به ارتفاع باید از جرثقیل و تاورکرین استفاده کرد و این به معنی صرف انرژی فراوان است.

14. به‌عنوان مثال کارخانه سیمان آبیک با بیش از 50 سال قدمت به‌دلیل تولید آلودگی بیش از حد استاندارد، برای سلامت مردم منطقه خطر آفرین شده است. استاندارد مجاز میزان غبار و ذرات 150 میلی گرم در هر متر مکعب است که این میزان در تولید کارخانه سیمان آبیک 500 میلی‌گرم در هر متر مکعب و بیش از سه برابر حد مجاز و نگران‌کننده است. سیمان آبیک تاکنون با پرداخت جرایم و عوارض به فعالیت خود ادامه داده است (پسندیده، 1388).

15. تولید انواع فلزات نه تنها محیط زیست را آلوده می‌کنند بلکه برای کارگران داخل کارخانه نیز آلوده‌زا هستند. لذا تولیدکنندگان برای مصونیت کارکنان و کارگران خود باید هزینه کنند.

16. فولاد در کشش بهینه عمل می‌کند اما استفاده از آن به‌عنوان تیرآهن، تنش خمشی در آن ایجاد می‌کند درحالی‌که فولاد در خمش بهینه نبوده و میزان مصرف فولاد افزایش می‌یابد.

17. Thermal conductivity

18. ضریب انتقال حرارتی چوب بین 0,04 تا 0,4 است. درحالی‌که ضریب انتقال حرارتی فولاد ضد زنگ بین 12 تا 45 است.

19. انباشت بیش از حد نخاله‌های ساختمانی در منطقه‌ای به نام گود آبعلی، کوهی از آوار ساختمانی و زباله ایجاد کرده که می‌تواند هر لحظه حادثه‌ای تلخ بیافریند. میزان خاک و نخاله دفع شده در تهران از سال 73 تا 82 در مجموع 97 میلیون و 102 هزار و 198 تن برآورد شده است که از این میزان تنها 6 میلیون و 787 هزار و 603 تن آن در سال 82 در گودهای اطراف تهران دفن شده است (بهشتی، 1384).

20. ایرانیت صفحه سیمانی است که به‌صورت ساده یا موجدار از ترکیب بتن و پشم شیشه ساخته می‌شوند و سرطان‌زا است.

21. فوم(یونولیت) گرچه در مقابل بلوک سیمانی یا سفالی بسیار سبک است و ساختمان را سبک می‌کند. ولی در زمان آتش‌سوزی بسیار سمی و خطرناک است. زیرا به سرعت آتش می‌گیرد و گازهای سمی متصاعد می‌کند و باعث خفگی می‌شود. عایق‌بندی آن نیز سخت و مستلزم هزینه زیاد است.

22. متأسفانه همگنی مصالح در روستاها نیز در حال تغییر است.

23. آسفالت مصالحی مسموم کننده و زیان‌آور است. باعث آلودگی تنفسی و گرمای زیاد در سطح خیابان‌های شهری می‌شود. متأسفانه این مواد سمی و بیماری‌زا در روی بام‌های ساختمان‌ها نیز استفاده می‌شود.

24. کشورهایی مثل روسیه، اوکراین، سوئد و فنلاند که در مناطق سردسیر واقع هستند. درخت کاج را به‌صورت جنگل‌های مصنوعی می‌کارند و چوب آن‌را پس از فرآوری به‌عنوان محصول صادر می‌کنند. این چوب در کشور ما به چوب روسی معروف است.

25. اغلب روستاییان چوب را خوب می‌شناسند. مهارت کار کردن با آن‌را دارند. کاشت و برداشت آن‌را به خوبی بلدند. در حال حاضر نیز در بسیاری از روستاها نجاری با وسایل جدید وجود دارد.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

26. ضایعات چوب را می‌توان برای ساخت نئوپان و ام.دی.اف استفاده کرد.
27. می‌پوسد و جذب طبیعت می‌شود.
28. غوره‌گل برای آستر سقف‌های کاهگلی به‌کار می‌رود.
29. خشت خام بهترین مصالح از لحاظ سازگاری با طبیعت انسان است.(اکرمی، 1389)
30. زمین رسی قابل کشاورزی نیست. لذا برای ایجاد کوره آجرپزی و تولید آجر مناسب است.
31. نگارندگان مقاله از فناوری بومی در به‌کارگیری مصالح بومی با کمک معماران و امکانات محلی در بهسازی بافت چند روستا از جمله روستاهای فورگ و خور در خراسان جنوبی استفاده نمودند.

فهرست منابع

- اکرمی، غلامرضا. (1383)، طراحی و بازسازی روستاهای بم با نگاه توسعه پایدار، مجموعه مقالات کارگاه تخصصی تدوین منشور توسه پایدار بم، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات معماری و شهرسازی وزارت مسکن و شهرسازی، تهران.
- اکرمی، غلامرضا. (1389)، رمز و راز معماری روستایی، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی سکونتگاه‌های روستایی، اردیبهشت 89.
- بهشتی، آزاده. (1384)، گود آبعلی مدفن نخاله های ساختمانی است، روزنامه همشهری، 11تیر 1384.
- بیرانوند، مسلم، (1390)، بازشناسی معماری پایدار و جایگاه آن در دست‌یابی به اهداف توسعه پایدار، ماهنامه دانش نما، شماره 196-197، صص 72-79.
- پسندیده، حسین. (1388)، سلامت مردم به طور جدی در خطر: احتمال تعطیلی کارخانه سیمان آبیک، خبرگزاری مهر، 4 خرداد 1388.
- پیرینا، محمدکریم. (1387)، معماری ایرانی، تالیف و تدوین غلامحسین معماریان، انتشارات سروش دانش، تهران.
- زمرشیدی، حسین. (1385)، آموزش اجرای ساختمان های سنتی با مصالح بنایی: پی و دیوار، فناوری و آموزش، سال اول، شماره2، صص 95-87.
- سرتیپی‌پور، محسن. (1388)، حفاظت واحیای میراث معماری روستایی: ضرورت راهکارها، مسکن و محیط روستا، شماره 127، صص 13-2.
- سلاح‌ورزی، بهار. (1385)، انفجارهای معدن سنگ گیوچال تخریب محیط زیست کلاردشت را به همراه دارد، روزنامه سرمایه، شماره 244، ص 16.
- صادقی پی، ناهید. (1391)، تأملی در مصالح بوم آورد روستا، مسکن و محیط روستا، شماره 139، صص 32-17.
- طباطبایی، سید هادی؛ فاضلی، سیدهاشم، (1388)، مصالح و فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان، اولین کنفرانس ملی مسکن و توسعه کالبدی روستا.
- عظمتی، حمیدرضا؛ باقری، محمد. (1387)، آموزش مفاهیم توسعه پایدار با طراحی معماری و منظر دانشگاه، مجله فناوری و آموزش؛ سال دوم، جلد3، شماره 4،صص 292-282.
- قبادیان، وحید. (1382)، بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران، دانشگاه تهران، تهران.
- کیم، جین.(1382)، واحد معماری پایدار: مقدمه ای بر طراحی پایدار، ترجمه نازلی دبیدیان و مروه فرهودی، معماری ایران، شماره 14، صص 28-6.
- گرجی مهبلانی، یوسف، (1389)، معماری پایدار و نقد آن در حوزه محیط زیست، انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره 1، صص 91-100.
- ویسه، سهراب؛ خدابنده، ناهید؛ حکاکی فرد، حمیدرضا؛ طهماسبی، فرهنگ. (1388)، ارائه روش‌های مناسب در استفاده از مصالح بوم آورد، مسکن و محیط روستا، شماره 126، صص19-2.
- هادی، ابوذر؛ نصرالهی، ابوذر، حسینی، سحر. (1390)، بررسی نقش مصالح در مدیریت انرژی معماری بومی، همایش ملی عمران، معماری، شهرسازی و مدیریت انرژی.
- Calkins, M., (2008), Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation selection and use of sustainable construction materials, John wiley & sons.
- Davila, E., Chang, N., (2005), sustainable pattern analysis of a publicy owned material recovery facility in a fast-growing urban setting under uncertainty, Journal of Environmental Management, volume 75, pp. 337-351.
- Gabriella, Ir, Janssen,M.T.,Hendriks ,Ch.F., (2002), Sustainable use of recycled materials in building construction, Advances in building Technology, volume2, pp 1399-1406.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]

- Godfaurd, J., Clements-Croome, D., Jeronimidis, G., (2004), Sustainable building solution: a review of lessons from the natural world, building and environment, volume 40, pp. 319-328.
- Howarth, G., Hadfield, M., (2006), A sustainable product design model, Materials and design, volume 27, pp 1128-1133.
- Isik, B, tulbentci, T., (2008), Sustainable housing in island conditions using Alker-gypsum-stabilized earth: A case study from northern Cyprus, Building and environment, volume 43, pp. 1426-1432.
- Ljungberg, L.y., (2007), Materials selection and design for development of sustainable products, materials and design, volume28, pp 466-479.
- Lyons, A., (2007), Materials for architects and builders: Recyclad and ecological materials, Third edition, Elsevier pp. 330-337.
- Morel, J.C., Mesbah, A., Oggero, M., Walker, p., (2001), Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction, Building and environment, volume 36, pp 1116-1126.
- Powel, J., Craighill, A., (2001), Introduction: the key to sustainabillity in the building sector, proc. of conf. Design of sustainable building policies 28-29 June, Elsevier: Paris, pp. 1-21.
- San-jose, J.T., Losada, R., Cuadrado, J., Garrucho,I., (2007), Approach to the quantification of the sustainable value in industrial buildings, building and environment, volume 42, pp. 3916-3923.
- Wever, H., (1997), Sustainable building and the use of raw materials in the civil engineering sector, Elsevier science B.V. pp.883-886.
- Yagi, k., Halada, K., (2001), Materials development for a sustainable society, materials and design 22, pp. 143-146.
- Zhou, Ch., Yin, G.F., Hu, X.B., (2009), Multi-objective optimization of material selection for sustainable products: Artificial neural networks and genetic algorithm approach, Materials and design, volume30, pp. 1209-1215.
- Zimmermann, M., Althaus, H., Haas, A., (2005), Benchmarks for sustainable construction: a contribution to development a standard, Energy and building, volume 37, pp. 1147-1157.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-09-16]