

## ORIGINAL ARTICLE

# Evaluation of Key Indicators Influencing the Social and Environmental Performance of Green Concrete and the Impact of Training on Its Improvement

Ali Ghorbani<sup>1</sup>, Amin Ghorbani<sup>2</sup>

1. Asistant Professor, Department of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Asistant Professor, Department of Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

Correspondence:

Ali Ghorbani

Email: [ghorbani@pnu.ac.ir](mailto:ghorbani@pnu.ac.ir)

Received: 18/May/2023

Accepted: 28/Oct/2023

### How to cite:

Ghorbani, A., & Ghorbani, A. (2025). Evaluation of Key Indicators Influencing the Social and Environmental Performance of Green Concrete and the Impact of Training on Its Improvement. *Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 13(2), 135-149. (DOI: [10.30473/EE.2023.67422.2624](https://doi.org/10.30473/EE.2023.67422.2624))

### ABSTRACT

The improvement of sustainable development performance in the construction industry is guided by two factors: regulatory oversight and market demand, in which the improvement of sustainable development performance can be financially beneficial for companies. This article examines the influential indicators on the social and environmental aspects of green concretes containing steel slag in several industrialized countries. To conduct a more accurate assessment, the social and environmental life cycle analysis (LCA) was utilized. Among more than forty evaluated indicators, the data quality assessment results identified reliable social indicators, including: general education expenses, fair wages, goods produced by forced labor, health costs, human trafficking, weekly working hours per employee, respect for indigenous rights, and public sector corruption. The evaluated green concrete not only demonstrates geographical representation diversity but also reveals product design variations (with three different steel slag content levels) and potential differences resulting from company efforts, presented in four introduced categories. The examination of key social and environmental indicators of green concrete showed differences in the relationship between sustainability performance and steel slag content. While an increase in slag content led to worsened social performance, it improved environmental performance in all examined countries. The balance between social and environmental performance indicates constraints in sustainable product design and highlights the effectiveness of supply chain management in improving sustainability performance for green concrete.

### KEYWORDS

Social Life Cycle Assessment, Green Concrete, Alternative Cement, Construction Industry, Building Materials.



# آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار

سال سیزدهم، شماره دوم، ۱۴۰۳ (۱۳۵-۱۴۹)

DOI: [10.30473/EE.2023.67422.2624](https://doi.org/10.30473/EE.2023.67422.2624)

«مقاله پژوهشی»

## ارزیابی شاخص‌های تأثیرگذار بر عملکرد اجتماعی و محیط زیستی بتن سبز و بررسی تأثیر آموزش در بهبود آن

علی قربانی<sup>۱</sup>، امین قربانی

### چکیده

بهبود عملکرد توسعه پایدار صنعت ساخت‌وساز توسط دو عامل نظارت و کشف بازار هدایت می‌شود که در آن بهبود عملکرد توسعه پایدار شرکت می‌تواند از نظر مالی مفید باشد. در این مقاله، شاخص‌های تأثیرگذار بر توسعه پایدار بتن‌های سبز دارای سرباره فولادی از منظر اجتماعی و محیط زیستی در چند کشور صنعتی دنیا مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به منظور بررسی دقیق‌تر از ارزیابی چرخه عمر اجتماعی و محیط زیستی بهره گرفته شد. از میان بیش از چهل شاخص ارزیابی شده، نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت داده‌ها، شاخص‌های اجتماعی قابل اعتماد شش مجموعه داده مورد بررسی را شامل: هزینه‌های عمومی برای آموزش (آموزش و پرورش)، حقوق منصفانه، کالاهای تولید شده توسط کار اجباری، هزینه‌های بهداشتی، قاچاق افراد (قاچاق)، ساعات کار هفتگی به ازای هر کارمند (ساعت کار)، احترام به حقوق بومی (حقوق بومی) و فساد بخش عمومی (فساد) نشان داد. بتن سبز ارزیابی شده نه تنها تنوع بازنمایی جغرافیایی را نشان می‌دهد، بلکه طرح‌های محصول و تفاوت بالقوه ناشی از تلاش‌های شرکت را نشان می‌دهد که در قالب چهار کلاس معرفی شدند. بررسی شاخص‌های مهم اجتماعی و محیط زیستی بتن سبز تفاوتی را در رابطه بین عملکرد پایداری و سرباره‌های فولادی نشان داد. در حالی که افزایش محتوای سرباره منجر به عملکرد اجتماعی بدتر شد، این افزایش، عملکرد محیط زیستی را در همه کشورهای مورد بررسی بهبود بخشید. توازن بین عملکرد اجتماعی و محیط زیستی حاکی از محدودیت‌های طراحی محصول پایدار است و اثربخشی آموزش و مدیریت زنجیره تأمین را برای بهبود عملکرد پایداری برای بتن سبز نشان می‌دهد.

### واژه‌های کلیدی

ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی، بتن سبز، سیمان جایگزین، صنعت ساخت‌وساز، مصالح ساختمانی.

۱. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

نویسنده مسئول:

علی قربانی

رایانامه: [ghorbani@pnu.ac.ir](mailto:ghorbani@pnu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶

### استناد به این مقاله:

قربانی، علی. و قربانی، امین. (۱۴۰۳). ارزیابی شاخص‌های تأثیرگذار بر عملکرد اجتماعی و محیط زیستی بتن سبز با رویکرد توسعه پایدار و بررسی تأثیر آموزش در بهبود آن، فصلنامه علمی آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۱۳(۲)، ۱۳۵-۱۴۹. (DOI: [10.30473/EE.2023.67422.2624](https://doi.org/10.30473/EE.2023.67422.2624))



## مقدمه

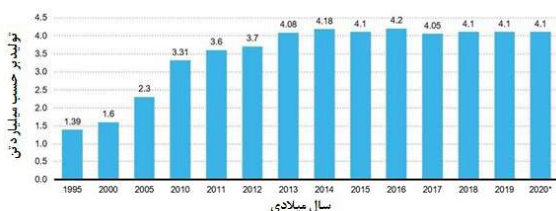
حدود ۱۰ درصد دی‌اکسید کربن است (Hasanbeigi et al., 2012; Liang et al., 2020; Latawiec et al., 2018). به‌منظور کاهش تأثیر بر پایداری محیط‌زیست، تلاش‌های مختلفی صورت گرفته است. یکی از این موارد استفاده از سرباره فولادی به‌عنوان چسبنده جایگزین سیمان است که منجر به بتن‌های سبز می‌گردد. در این تحقیق، دامنه پایداری با بررسی نه‌تنها نقاط حساس محیطی، بلکه اجتماعی و اثرات بتن مخلوط سرباره فولادی (از این پس بتن سبز) که از سرباره فولادی به‌عنوان جایگزین سیمان استفاده می‌کند، بررسی می‌گردد.

بتن سبز گونه‌ای از بتن استاندارد است که یا از مواد بازیافتی استفاده می‌کند، از موادی استفاده می‌کند که به محیط‌زیست آسیبی نمی‌رساند، یا دوام بیشتری دارد یا بهتر از بتن سنتی عمل می‌کند و نیاز به جایگزینی در آینده را کاهش می‌دهد. بتن پایدار به یک دلیل یک نوآوری مهم است: تولید بتن استاندارد مسئول ۸ درصد از انتشار دی‌اکسید کربن در سراسر جهان است. علاوه بر این، به ازای هر ۲۰۵۵ پوند سیمان تولیدشده، ۲۰۴۴ پوند دی‌اکسید کربن در جو آزاد می‌شود. اگرچه موادی مانند فولاد و چوب در واقع دی‌اکسید کربن بیشتری تولید می‌کنند، اما هر سال بتن بسیار بیشتری تولید می‌شود که این مواد دیگر را در سایه می‌گذارد. بتن در واقع دومین ماده پرمصرف در سراسر جهان است و فقط آب تقاضای بیشتری دارد. همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد، تولید سیمان جهانی در سال‌های اخیر پس از رسیدن به کمی بیش از چهار میلیارد تن در سال، شروع به کاهش یافته است. باین‌حال، تولید امریکا با سرعت کمتری به افزایش خود ادامه داده است و نزدیک به ۹۰ میلیون تن در سال ۲۰۲۰ تولید شده است (اما این بالاترین اوج از سال ۱۹۹۵ نیست، زیرا امریکا در سال ۲۰۰۷ به ۹۵ میلیون تن رسید) (Liew et al., 2017; Sivakrishna et al., 2020; Duxson et al., 2007; Glavind & Munch-Petersen, 2000; Garg & Jain, 2014).

صنعت ساخت‌وساز از نظر اقتصادی و اجتماعی و نیز محیط‌زیستی تأثیر قابل‌توجهی بر جامعه می‌گذارد. این واقعیت باعث ایجاد فشار اجتماعی بر این صنعت برای بهبود عملکرد توسعه پایدار گردیده است. قانون‌های وضع‌شده در اجتماع، یکی از مهم‌ترین ابزارهای فشار برای نیل به هدف ذکرشده می‌باشد که در این میان، مقررات محصولات ساختمانی و نیز دستورالعمل‌های مرتبط با انرژی از مهم‌ترین ضوابط وضع‌شده می‌باشد (Lima et al., 2021; Adetunji et al., 2003; Ortiz et al., 2009; Jones et al., 2006; Sev, 2009; Petrovic-Lazarevic, 2008; Jiang & Wong, 2016; Afzal et al., 2017).

در این راستا، مطالعات مختلف مزایای بالقوه‌ای را که شرکت‌ها می‌توانند از بهبود عملکرد توسعه پایدار به دست آورند، بررسی کرده‌اند. در بسیاری از این مطالعات، ارتباط مستقیم بین افزایش قدرت مسئولیت اجتماعی و کاهش نگرانی اثبات شده است. شرکت‌های با عملکرد اجتماعی بهتر با بازده سهام بالاتر دارای بازده دارایی و فروش بیشتر بوده‌اند. در برخی از این مطالعات، شهرت نام تجاری تحت تأثیر منفی نگرانی‌ها قرار گرفته است. همچنین رابطه مستقیمی بین عملکرد مالی و بازده سهام با عملکرد پایداری شرکت به‌دست آمده است. در عین حال، عملکرد پایداری شرکت‌ها در بخش ساخت‌وساز در برآورده کردن نیازهای نهادهای نظارتی و تأمین منافع مالی آن‌ها مؤثر بوده است (Waddock & Graves, 1997; Orlitzky et al., 2003; Agus Harjoto & Salas, 2017).

بتن یکی از مصالح ساختمانی متداول است که در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Naik, 2008; Nawy, 1987; Yee, 2001; Neville & Brooks, 2008). این در حالی است که پیامدهای خود را بر مسائل پایداری جامعه می‌گذارد. به‌عنوان مثال، سیمان مورد استفاده در بتن تقریباً مسئول ۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی است که در

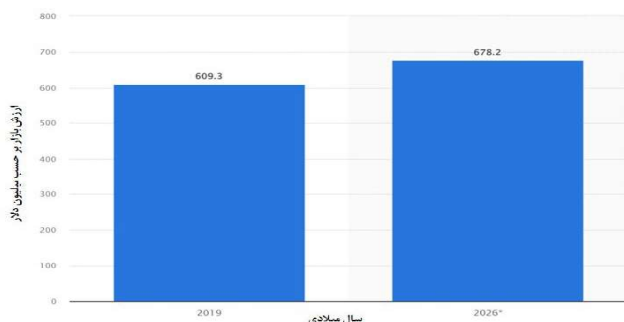


شکل ۱. میزان تولید جهانی سیمان در بازه سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۰

Figure 1. Global Cement Production from 1995 to 2020

درک عوامل مؤثر بر عملکرد پایداری، تفاوت‌ها در طراحی محصول، نمایندگی منطقه‌ای و تلاش‌های شرکت در عملکرد پایداری در نظر گرفته شد. در شکل ۲، ارزش بازار سیمان سبز در سراسر جهان در سال ۲۰۱۹، با پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۶ آورده شده است.

ارزیابی چرخه زندگی یک ابزار حمایتی برای تصمیم‌گیری است که اثرات زیست‌محیطی یک محصول یا خدمات را محاسبه می‌کند و ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی به بعد اجتماعی آن‌ها می‌پردازد. این مطالعه دو رویکرد را برای ارزیابی شاخص‌های مهم پایداری و تأثیرات بتن سبز برای درک اینکه چگونه عملکرد پایداری می‌تواند بهبود یابد، اتخاذ کرد. برای



شکل ۲. ارزش بازار سیمان سبز در سراسر جهان در سال ۲۰۱۹، با پیش‌بینی برای سال ۲۰۲۶

Figure 2. Global Green Cement Market Value in 2019, with a Projection for 2026

پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول از ساعات کاری به‌عنوان متغیرهای فعالیت استفاده می‌کند که یک اصطلاح ضروری است و منعکس‌کننده سهم یک فعالیت معین مرتبط با هر فرآیند واحد است؛ بنابراین، استفاده از این متغیر فعالیت می‌تواند امکان مرتبط کردن مسائل اجتماعی موردتوجه را با ساعات سرمایه‌گذاری در تولید مقدار تعریف‌شده به‌عنوان یک واحد عملکردی محصول ارزیابی شده فراهم کند.

برای بیش از چهار شاخص در پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول، یک ارزیابی ریسک برای شناسایی شاخص‌های مهم اجتماعی انجام می‌شود. ارزیابی ریسک با طبقه‌بندی هر شاخص اجتماعی در شش سطح انجام می‌شود که معیارهای سطوح ریسک به‌صورت جداگانه تعیین می‌شوند. برای هر سطح ریسک، عوامل وزن دهی شده توسط پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است. سطوح ریسک ارزیابی‌شده برای هر شاخص در ساعات کاری ضرب می‌شود تا ساعات خطر محاسبه شود که برای شناسایی شاخص‌های مهم و همچنین برای ارزیابی تأثیر بالقوه استفاده می‌شود. این شاخص ارزیابی‌شده ریسک را می‌توان به‌عنوان رویکرد نوع اول تعریف‌شده در دستورالعمل‌های ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی در نظر گرفت. رویکرد نوع I اغلب به‌عنوان تجزیه‌وتحلیل

## روش‌شناسی پژوهش

در این مطالعه به کمک ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی و ارزیابی چرخه زندگی محیطی، گزینه‌های مختلف طراحی بتن مخلوط سرباره فولادی انجام شده است. این ارزیابی برای درک شاخص‌های اصلی اجتماعی و محیط زیستی ۱ کیلوگرم بتن مخلوط سرباره فولادی صورت گرفته است. اثرات اجتماعی و محیط زیستی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت که در آن مقادیر به بیشترین مقدار مقیاس شدند. این مقیاس بندی با هدف درک رابطه بین عملکرد اجتماعی و محیطی گزینه‌های مختلف طراحی بتن مخلوط سرباره فولادی انجام شد.

ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی یک ابزار نسبتاً جدیدتر مربوط به تفکر چرخه زندگی است که در آن تلاش‌های مختلفی مانند توسعه روش‌های ارزیابی تأثیر اجتماعی انجام می‌شود. پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول، یکی از معدود پایگاه‌های اطلاعاتی موجود است که فهرست چرخه عمر (LCI) را برای مسائل اجتماعی که در دستورالعمل ابتکار چرخه عمر UNEP-SETAC تعریف شده است، جمع‌آوری می‌کند. پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول بر اساس یک پایگاه داده ورودی-خروجی چند منطقه‌ای ایجاد می‌شود و موجودی در پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول به‌صورت جریان پول بیان می‌شود.

ساعات کاری موردنیاز، متغیرهای فعالیت، برای تولید محصول ارزیابی شده رخ دهد. به‌عنوان بخشی از ارزیابی، تخصیص می‌تواند انجام شود؛ اما در این مطالعه تخصیصی صورت نگرفت.

مقیاس نقطه مرجع عملکرد خلاصه می‌شود که در آن مطالعات قبلی ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی این رویکرد را اتخاذ کردند. اگرچه روش‌های نوع I تأثیرات را بر اساس پیوندهای علی تعیین نمی‌کنند، این روش امکان ارزیابی تأثیری را می‌دهد که به‌طور بالقوه می‌تواند در طول چرخه عمر محصول بر اساس

**جدول ۱.** عوامل وزن دهی قابل‌استفاده برای هر سطح خطر برای شناسایی شاخص‌های مهم اجتماعی و کمی کردن تأثیر اجتماعی چرخه زندگی

**Table 1.** Weighting Factors Applicable to Each Risk Level for Identifying Key Social Indicators & Quantifying the Social Impact of the Life Cycle

خیلی زیاد Very high	زیاد High	متوسط Medium	کم Low	خیلی کم Very low	بدون اطلاعات No information	میزان ریسک Risk level
5.0	2.0	1.0	0.5	0.25	0.5	ضرایب وزنی برای ساعات ریسک Weighting coefficients for risk hours

انتخاب شدند. هزینه سرباره فولاد به‌اندازه خاکستر بادی تخمین زده شد. این مطالعه این داده‌های بازار را بیش از قیمت‌های فرضی اتخاذ کرد. در جدول ۲، موجودی مورد‌استفاده در پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول برای ایجاد مجموعه داده بتن سبز نشان داده شده است. سه طرح محصول در رابطه با محتوای سرباره نیز برای بررسی تأثیر آن بر عملکرد اجتماعی بتن سبز معرفی شد: ۳۳، ۷۰ و ۸۵ درصد. در این پژوهش فرض شده است که قیمت سرباره و سایر مواد مورد‌استفاده در بتن سبز بدون توجه به منطقه یکسان است. در جدول ۳، موجودی اجتماعی تعریف‌شده بتن سبز نشان داده شده است. نسبت قیمت بین سرباره فولاد و سیمان و سنگ‌دانه‌ها در واحد مرجع ۱ دلار آمریکا بتن سبز نشان داده شده است. از آنجایی که قیمت سرباره و سایر مواد برای همه مناطق موردبررسی یکسان فرض می‌شود، شاخص‌های مهم و تأثیر مناطق، طرح‌های محصول و تلاش‌های شرکت بر روی تأثیر ۱ کیلوگرم بتن سبز را می‌توان با ارزیابی ۱ دلار بتن سبز نشان داد.

علاوه بر این، پایگاه داده حاوی اطلاعاتی در مورد کیفیت داده‌های هر داده ورودی است. ارزیابی کیفیت داده‌ها از طریق یک ماتریس، برای ارزیابی چرخه زندگی انجام شد و با نسخه اجتماعی سازگار شد. کیفیت داده‌ها بر اساس پنج جنبه ارزیابی می‌شود که شامل قابلیت اطمینان منبع، انطباق کامل، انطباق زمانی، انطباق جغرافیایی و انطباق فنی بیشتر می‌باشند. هر جنبه، معیارهای خود را برای سطح کیفی دارد که برای ارزیابی کیفیت از ۱ (بهترین) تا ۵ (بدترین) امتیاز می‌گیرد. در این پژوهش، شاخص‌های اجتماعی با کیفیت پایین، حاوی هر جنبه با بدترین سطح کیفی، از ارزیابی حذف شدند. هر شاخصی که ممکن است با شاخص‌های محیط زیستی همپوشانی داشته باشد نیز برای جلوگیری از افزونگی حذف شد.

در این مطالعه، شش مجموعه داده برای نشان دادن بتن سبز با استفاده از سرباره فولادی برای کشورهای مربوطه ایجاد شد. این شش کشور شامل سوئیس، آلمان، ژاپن، سوئد، تایلند و آمریکا می‌باشند. این کشورها برای بررسی تأثیر منطقه‌ای و همچنین در دسترس بودن مجموعه داده‌های LCI محیطی

**جدول ۲.** مجموعه داده‌های موجودی چرخه زندگی که در بتن سبز برای ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی استفاده می‌شود

**Table 2.** Inventory Data Sets Used in Green Concrete for Social Life Cycle Assessment

سوئیس Switzerland	آلمان Germany	ژاپن Japan	سوئد Sweden	تایلند Thailand	امریکا United States
تولید فلزات اساسی Production of basic metals	فلزات آهنی اساسی Basic ferrous metals	ضایعات فولاد Steel waste	تولید فلزات اساسی Production of basic metals	آهن و فولاد Iron and steel	کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ Iron and steel factories and ferroalloy production
					سرباره Slag

سوئیس Switzerland	آلمان Germany	ژاپن Japan	سوئد Sweden	تایلند Thailand	امریکا United States	سیمان و سنگ‌دانه Cement and aggregate
ساخت‌وساز Construction	ساخت‌وساز پایه Basic construction	بتن آماده Ready- Mix Concrete	ساخت‌وساز Construction	سیمان و محصولات بتن Cement and concrete products	تولید بتن آماده Production of Ready- Mix Concrete	

جدول ۳. هزینه اجتماعی بتن سبز مورد بررسی به ازای ۱ دلار

Table 3. Social Cost of Green Concrete Examined per 1 Dollar.

۸۵ درصد 85%	۷۰ درصد 70%	۳۳ درصد 33%	محتوای سرباره Slag content
0.90 دلار 0.90 dollars	0.69 دلار 0.69 dollars	0.35 دلار 0.35 dollars	سرباره فولاد Steel slag
0.10 دلار 0.10 dollars	0.31 دلار 0.31 dollars	0.65 دلار 0.65 dollars	سیمان و سنگ‌دانه Cement and aggregate

کلاس (کلاس A تا D) معرفی شدند. بر اساس عملکرد پایدار محصولی که شرکت‌ها تولید می‌کنند، شرکت‌ها به چهار کلاس طبقه‌بندی شدند. به‌عنوان مبنای طبقه‌بندی، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مونت کارلو از هر مجموعه داده بتن مخلوط سرباره فولادی برای نشان دادن کلاس استفاده شد. به‌عنوان شرکت‌های با عملکرد برتر به‌عنوان کلاس A، از نتایج نشان‌دهنده صدک ۲،۵ تحلیل مونت کارلو استفاده شد. شرکت‌های کلاس B که اکثریت شرکت‌ها را نشان می‌دهند، از میانه تجزیه و تحلیل برای نشان دادن کلاس استفاده شد. برای کلاس C، مقدار میانگین به‌عنوان میانگین شرکت‌ها استفاده شد. برای نمایش کلاس D، عقب‌ماندگی‌ها، از نتیجه صدک ۹۷/۵ استفاده شد.

برای ارزیابی کمی اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی محصولات مورد بررسی، همه شاخص‌ها با بدترین مجموعه داده در شاخص‌های مربوطه نرمال‌سازی شدند. نرمال‌سازی برای مشاهده تأثیر جنبه‌های به کار گرفته شده در عملکرد اجتماعی و محیط زیستی انجام شد.

### یافته‌های پژوهش

از میان بیش از چهار شاخص ارزیابی شده، نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت داده‌ها، شاخص‌های اجتماعی قابل‌اعتماد شش مجموعه داده مورد بررسی را به شرح زیر نشان داد: هزینه‌های عمومی برای آموزش (آموزش و پرورش)، حقوق منصفانه، کالاهای تولیدشده توسط کار اجباری، هزینه‌های بهداشتی، قاچاق افراد (قاچاق)، ساعات کار هفتگی به ازای هر کارمند

در پایگاه داده، نمایش فنی مجموعه داده‌ها در مقایسه با پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول که بازنمایی جغرافیایی بهتری دارد، بهتر بود. از آنجایی که بیشتر اثرات محیط زیستی یک بتن به دلیل استفاده از سیمان است، بررسی شاخص‌های مهم محیطی از طریق مخلوط‌های مختلف بین سیمان و سرباره فولاد انجام شد. مخلوط سرباره مورد بررسی در سه بخش زیر بود: ۲۵-۷۰٪، ۶۶-۸۰٪، و ۷۰-۱۰۰٪. نمایش جغرافیایی موجود از LCI سیمان مخلوط با سرباره فولاد سوئیس، اروپا بدون سوئیس، آمریکا و بقیه جهان بود. این مطالعه رویکرد محتوای بازیافتی را به‌عنوان روش تخصیص در نظر گرفت.

مقوله‌های تأثیر ارزیابی شده از پایه CML-IA به شرح زیر بودند: کاهش منابع غیرزنده برای سوخت‌های غیرفسیلی. کاهش منابع غیر زیستی (ADP) برای سوخت‌های فسیلی. پتانسیل گرمایش جهانی (پتانسیل گرمایش جهانی)؛ پتانسیل تخریب لایه ازن (پتانسیل تخریب لایه ازن)؛ سمیت انسانی؛ سمیت آب شیرین؛ سمیت آب دریایی؛ سمیت زمینی؛ تشکیل ازن فتوشیمیایی (تشکیل ازن فتوشیمیایی)؛ اسیدی شدن و اوتروفیکاسیون.

برای تجزیه و تحلیل نقاط حساس برای حمایت از تصمیم‌گیری تولیدکنندگان، سه گروه معرفی شدند: موجودی‌های مرتبط با کلینکر، موجودی‌های مربوط به سرباره؛ و موجودی‌های مرتبط با انرژی این گروه‌ها برای ارزیابی هر دو کانون اجتماعی و محیطی استفاده شدند.

به‌منظور بررسی ارتباط بالقوه تنوع بین تولیدکنندگان در رابطه با تلاش‌های انجام‌شده برای عملکرد پایداری، چهار

هنگام ارزیابی گروه‌های موجودی مرتبط، همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، همه شاخص‌های مهم کشورهای مورد ارزیابی به‌عنوان موجودی‌های مرتبط با سرباره طبقه‌بندی شدند (البته به‌جز «کالاهای تولیدشده توسط کار اجباری» در مجموعه داده تایلندی)؛ بنابراین، نقاط حساس شناسایی‌شده حتی با افزایش سهم سرباره در بایندر از ۳۳ درصد بیشتر، مرتبط با سرباره فولاد باقی می‌مانند. یکی دیگر از جنبه‌های رایج در میان نقاط شناسایی‌شده در شاخص «کالاهای تولیدشده توسط کار اجباری» مشاهده شد که در آن محصولات چین کانون همه کشورها بود. این واقعیت نشان می‌دهد که منشأ سرباره فولاد نقش مهمی در مورد شاخص دارد.

(ساعت کار)، احترام به حقوق بومی (حقوق بومی) و فساد بخش عمومی (فساد). در جدول ۴، ذینفع مربوطه با توجه به طبقه‌بندی انجام‌شده در پایگاه داده ارزیابی چرخه عمر تأثیر اجتماعی محصول، با الهام از دستورالعمل‌های ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی، برای هر شاخص آورده شده است. این مطالعه چهار نفر از پنج ذینفع فهرست شده در دستورالعمل ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی را تحت پوشش قرار داد.

در جدول ۵، خلاصه‌ای از شاخص‌های اجتماعی شناسایی‌شده مجموعه داده‌ها نشان داده شده است. در این جدول، فرآیند با بالاترین خطر به‌عنوان اندیس‌های مهم برای هر شاخص نشان داده شده است.

#### جدول ۴. ذینفعان مربوطه برای هر شاخص اجتماعی

Table 4. Relevant Stakeholders for Each Social Indicator

رده تأثیر ارزیابی شده Evaluated impact category	شاخص‌ها Indicators	زیرمجموعه Subset	ذینفع Stakeholder
آموزش Education	هزینه‌های عمومی در آموزش و پرورش Public expenses in education	کمک به توسعه اقتصادی Contribution to economic development	جامعه Society
سلامتی Health	هزینه‌های بهداشتی Health Costs	سلامت و امنیت Health And security	
حقوق منصفانه Fair wages	دستمزد زندگی در ماه Monthly living wag حداقل دستمزد در ماه Minimum monthly salary متوسط دستمزد ماهانه بخش Average monthly salary by sector	حقوق منصفانه Fair wages	
کالاهای تولیدشده توسط کار اجباری Goods produced by forced labor	کالاهای تولیدشده توسط کار اجباری Goods produced by forced labor	کار اجباری Forced labor	کارگر Worker
قاچاق Smuggling	قاچاق انسان Human trafficking		
ساعات کار Working hours	ساعات کار هفتگی برای هر کارمند Weekly working hours per employee	زمان کار Working hours	
حقوق بومیان Indigenous rights	حضور جمعیت بومی Presence of indigenous population مسائل حقوق بشری که مردم بومی با آن مواجه هستند. Human rights issues faced by indigenous people	احترام به حقوق بومیان Respect for indigenous rights	جامعه محلی Local community
فساد Corruption	فساد بخش دولتی Public sector corruption	فساد Corruption	بازیگران زنجیره ارزش Value chain actors

است محدود باشد زیرا بیشتر قسمت‌های هر جعبه برای همه طبقات با یکدیگر همپوشانی دارند. آنچه این ویژگی نشان می‌دهد این است که برای بتن مخلوط سرباره فولادی، تفاوت در عملکرد اجتماعی هشت موضوع اجتماعی بررسی شده بین طبقه شرکت نسبت به سایر عوامل، مانند مناطق یا طرح‌های محصول که در میله نشان داده شده‌اند، کمتر است. طرح جعبه بنابراین، تأثیر سایر جنبه‌ها ممکن است بر روی کلاس شرکت در مورد عملکرد اجتماعی بتن سبز مهم‌تر باشد.

در شکل ۳، توزیع نتایج تأثیر اجتماعی نرمال شده در ساعات ریسک بر اساس طبقات شرکت نشان داده شده است. نرمال‌سازی با در نظر گرفتن حداکثر مقدار مقوله‌های مربوطه به‌عنوان مرجع انجام شد. نتیجه نشان داد که کلاس‌های شرکت بر عملکرد اجتماعی مجموعه داده‌های محصول بررسی شده در هنگام تمرکز بر طول میله‌ها در شکل تأثیر دارند: طول میله‌ها برای شرکت‌های کلاس D بیشتر از A است. با این حال، اگرچه میله‌ها طولانی‌تر شدن برای طبقه بدتر، اهمیت طبقات شرکت بر روی تأثیر اجتماعی بتن سبز ممکن

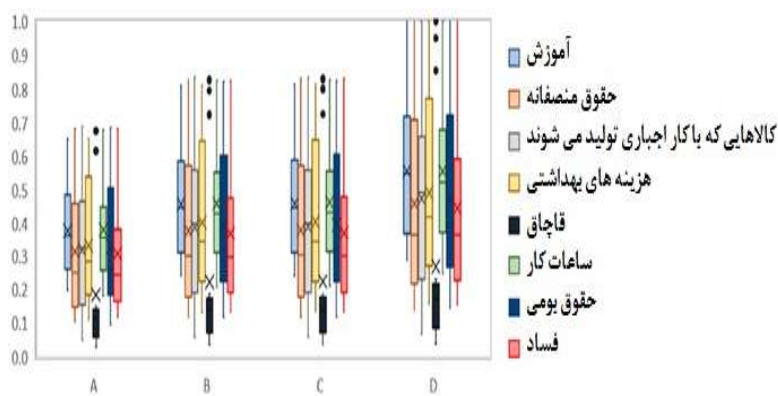
جدول ۵. کانون‌های اجتماعی شناسایی شده شاخص‌های اجتماعی انتخاب شده

Table 5. Identified Social Contexts for Selected Social Indicators

بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% امریکا United States	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% تایلند Thailand	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% سوئد Sweden	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% ژاپن Japan	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% دانمارک Denmark	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% چین China	
کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ (امریکا) Iron and steel factories and ferroalloy production (USA)	آهن و فولاد (تایلند) Iron and steel (Thailand)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	فلزات آهنی اساسی (آلمان) Basic ferrous metals (Germany)	تولید (هند) Production (India)	آموزش Education
کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ (امریکا) Iron and steel factories and ferroalloy production (USA)	آهن و فولاد (تایلند) Iron and steel (Thailand)	تولید فلزات اساسی (سوئد) Production of basic metals (Sweden)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	تولید فلزات اساسی (سوئیس) Production of basic metals (Switzerland)	حقوق منصفانه Fair wages
محصولات فلزی (چین) Metal products (China)	کشت محصول (چین) Cultivation (China)	محصولات فلزی (چین) Metal products (China)	محصولات فلزی (چین) Metal products (China)	محصولات فلزی (چین) Metal products (China)	محصولات فلزی (چین) Metal products (China)	کالاهایی که با کار اجباری تولید می‌شوند Goods that are produced with forced labor
کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ (امریکا) Iron and steel factories and ferroalloy production (USA)	آهن و فولاد (تایلند) Iron and steel (Thailand)	ساخت‌وساز (هند) Construction (India)	ساخت‌وساز (هند) Construction (India)	ساخت‌وساز (هند) Construction (India)	تولید (هند) Production (India)	هزینه‌های بهداشتی Health expenses

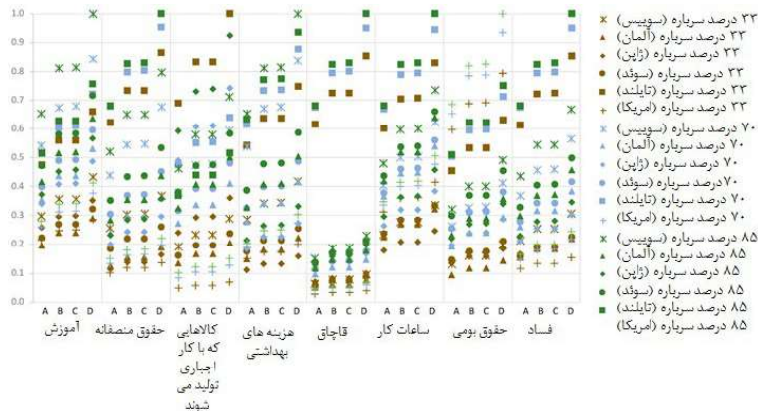


بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% امریکا United States	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% تایلند Thailand	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% سوئد Sweden	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% ژاپن Japan	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% دانمارک Denmark	بتن سرباره فولادی ۳۳٪ Steel slag concrete 33% چین China	
کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ (امریکا) Iron and steel factories and ferroalloy production (USA)	آهن و فولاد (تایلند) Iron and steel (Thailand)	ماشین‌آلات و تجهیزات (روسیه) Machinery and equipment (Russia)	موتورها و توربین‌ها (تایلند) Engines and turbines (Thailand)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	تولید (هند) Production (India)	قاچاق Human Trafficking
کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ (امریکا) Iron and steel factories and ferroalloy production (USA)	آهن و فولاد (تایلند) Iron and steel (Thailand)	تولید فلزات اساسی (سوئد) Production of basic metals (Sweden)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	فلزات آهنی اساسی (آلمان) Basic ferrous metals (Germany)	تولید فلزات اساسی (سوئیس) Production of basic metals (Switzerland)	ساعات کار working hours
کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ (امریکا) Iron and steel factories and ferroalloy production (USA)	آهن و فولاد (تایلند) Iron and steel (Thailand)	تولید فلزات اساسی (سوئد) Production of basic metals (Sweden)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	تولید (هند) Production (India)	حقوق بومی Indigenous Rights
کارخانه‌های آهن و فولاد و تولید فروآلیاژ (امریکا) Iron and steel factories and ferroalloy production (USA)	آهن و فولاد (تایلند) Iron and steel (Thailand)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	ساخت‌وساز (چین) Construction (China)	تولید (هند) Production (India)	تولید (هند) Production (India)	فساد Corruption



شکل ۳. توزیع نتایج ارزیابی چرخه زندگی اجتماعی نرمال شده  
Figure 3. Distribution of Normalized Social Life Cycle Assessment Results

به‌منظور بررسی تأثیر سایر جنبه‌ها بر عملکرد اجتماعی بتن سبز، نتایج ارزیابی‌های تأثیر پایداری اجتماعی بتن سبز، در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. تأثیر اجتماعی چرخه زندگی عادی  
Figure 4. Social Life Cycle Impact

منصفانه، کالاهای تولیدشده توسط کار اجباری و قاچاق بهترین بودند. با توجه به تأثیر طراحی محصول، عملکرد اجتماعی با محتوای بالاتر سرباره فولاد بدون توجه به مناطق، بدتر بود، همه به‌جز کالاهای تولیدشده توسط کار اجباری مجموعه داده تابلندی.

به‌عنوان یک مشخصه کلی در رابطه با بازنمایی جغرافیایی، محصولات تابلندی و سوئسی برای اکثر شاخص‌های در نظر گرفته‌شده بدتر عمل کردند. علاوه بر این، تأثیر منطقه به‌وضوح بر حقوق منصفانه، قاچاق، ساعات کار، حقوق بومی و فساد دیده شد، جایی که مجموعه داده‌های تابلندی بدترین عملکرد را داشتند. در مورد بهترین عملکرد، محصولات آمریکا در حقوق

جدول ۶. اطلاعات مربوط به شاخص‌های مهم برای دسته‌بندی‌ها

Table 6. Information related to Key Indicators for Categories

مرتبط با انرژی Related to energy	مرتبط به سرباره Related to slag	مرتبط با کلینکر Related to clinker	منطقه Region	محتوای سرباره Slag content
پتانسیل تخریب لایه ازن Ozone depletion potential	0	فاس غیر زیستی، پتانسیل گرمایش جهانی، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سم دریا، زمین، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن، اوتروفیکاسیون Abiotic FOS, Global Warming Potential, Human Toxicity, Freshwater Toxicity, Marine Toxicity, Terrestrial Toxicity, Photochemical Ozone Formation, Acidification, Eutrophication	سوئیس Switzerland	%65-36
پتانسیل تخریب لایه ازن، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سم دریا، اوتروفیکاسیون Ozone layer destruction potential, human toxicity, freshwater toxicity, marine toxicity, eutrophication	0	فاس غیرزنده، پتانسیل گرمایش جهانی، سم زمینی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن Abiotic phos, global warming potential, geotoxin, photochemical ozone formation, acidification	اروپا Europe	

مرتبط با انرژی Related to energy	مربوط به سرباره Related to slag	مرتبط با کلینکر Related to clinker	منطقه Region	محتوای سرباره Slag content
پتانسیل تخریب لایه ازن Ozone depletion potential	0	فاس غیر زیستی، پتانسیل گرمایش جهانی، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سم دریا، سمیت زمینی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن، اوتروفیکاسیون Abiotic FOS, Global Warming Potential, Human Toxicity, Freshwater Toxicity, Marine Toxicity, Terrestrial Toxicity, Photochemical Ozone Formation, Acidification, Eutrophication	باقی نقاط جهان Rest of the world	
پتانسیل تخریب لایه ازن، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سمیت دریا، اوتروفیکاسیون Ozone layer destruction potential, human toxicity, freshwater toxicity, marine toxicity, eutrophication	0	فاس غیر زیسته، پتانسیل گرمایش جهانی، سم زمینی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن Abiotic phos, global warming potential, geotoxin, acidification	امریکا United States	%70-20
پتانسیل تخریب لایه ازن Ozone depletion potential	0	فاس غیر زیستی، پتانسیل گرمایش جهانی، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سم دریا، سمیت زمینی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن، اوتروفیکاسیون Abiotic FOS, Global Warming Potential, Human Toxicity, Freshwater Toxicity, Marine Toxicity, Terrestrial Toxicity, Photochemical Ozone Formation, Acidification, Eutrophication	سوئیس Switzerland	%80-66
پتانسیل تخریب لایه ازن، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سمیت دریا، اوتروفیکاسیون Ozone layer destruction potential, human toxicity, freshwater toxicity, marine toxicity, eutrophication	تشکیل ازن فتوشیمیایی Photochemical ozone formation	فاس غیر زیسته، پتانسیل گرمایش جهانی، سم زمینی، اسیدی شدن Abiotic phos, global warming potential, geotoxin, acidification	اروپا Europe	
پتانسیل تخریب لایه ازن، اوتروفیکاسیون Ozone depletion potential, eutrophication	سمیت انسانی، تشکیل ازن فتوشیمیایی Human toxicity, photochemical ozone formation	فاس غیر زیسته، پتانسیل گرمایش جهانی، سم آب شیرین، سم دریا، سم زمینی، اسیدی شدن Abiotic phos, global warming potential, freshwater toxin, marine toxin, terrestrial toxin, acidification	باقی نقاط جهان Rest of the world	
پتانسیل تخریب لایه ازن، سم زمینی The potential for destroying the ozone layer, a terrestrial poison	فاس غیر زیسته، پتانسیل گرمایش جهانی، سمیت انسانی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن Abiotic phos, global warming	سم آب شیرین، سم دریا، اوتروفیکاسیون Freshwater toxicity, marine toxicity, eutrophication	سوئیس Switzerland	%95-81

مرتبط با انرژی Related to energy	مربوط به سرباره Related to slag	مرتبط با کلینکر Related to clinker	منطقه Region	محتوای سرباره Slag content
	potential, human toxicity, photochemical ozone formation, acidification			
پتانسیل تخریب لایه ازن، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سمیت دریایی، اوتروفیکاسیون Ozone layer destruction potential, human toxicity, freshwater toxicity, marine toxicity, eutrophication	پتانسیل گرمایش جهانی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن Global warming potential, photochemical ozone formation, acidification	فاس غیرزنده، سم زمینی Abiotic phosphorus (Abiotic Phos), Terrestrial toxicity	اروپا Europe	
پتانسیل تخریب لایه ازن، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سمیت دریایی، اوتروفیکاسیون Ozone layer destruction potential, human toxicity, freshwater toxicity, marine toxicity, eutrophication	پتانسیل گرمایش جهانی، سمیت انسانی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن Global warming potential, photochemical ozone formation, acidification	فاس غیرزنده، سم زمینی Non-living phase, terrestrial poison	باقی نقاط جهان Rest of the world	
پتانسیل تخریب لایه ازن، سمیت انسانی، سمیت آب شیرین، سمیت دریایی، اوتروفیکاسیون Ozone layer destruction potential, human toxicity, freshwater toxicity, marine toxicity, eutrophication	پتانسیل گرمایش جهانی، تشکیل ازن فتوشیمیایی، اسیدی شدن Global warming potential, photochemical ozone formation, acidification	فاس غیرزنده، سم زمینی Non-living phase, terrestrial poison	امریکا United States	%100-70

بودند. برای بتن سبز سوئسی، موجودی‌های مرتبط با کلینکر بدون در نظر گرفتن نسبت مخلوط سرباره برای سمیت آب شیرین، سمیت آب دریایی و اوتروفیکاسیون، شاخص‌های مهم بودند؛ بنابراین، جایگزینی کامل کلینکر می‌تواند یک استراتژی ایده‌آل برای کاهش دسته‌های تأثیر مرتبط با آب در مورد سوئیس باشد. برای پتانسیل گرمایش جهانی، کاهش غیرزنده سوخت‌های فسیلی، سمیت انسانی، اسیدی شدن و سرباره زمین‌شده زمانی که نسبت مخلوط سرباره بیش از ۸۰ درصد بود، شاخص‌های مهم بودند.

نتیجه تجزیه و تحلیل شاخص مهم مجموعه داده اتحادیه اروپا نشان داد که موجودی‌های مرتبط با انرژی، شاخص‌های مهم پتانسیل تخریب لایه ازن، سمیت انسانی، سمیت آب

شاخص‌های مهم شناسایی شده از LCIA انجام شده، ارائه شده در جدول ۶ نشان می‌دهد که شاخص‌های مهم پتانسیل گرمایش جهانی، پتانسیل تخریب لایه ازن و اسیدی شدن گروه‌های شاخص علت یکسانی برای هر یک از محتوای سرباره مستقل از نمایش جغرافیایی دارند. برای پتانسیل تخریب لایه ازن، هات اسپات‌ها مربوط به منبع انرژی گرما و/یا برق مورد استفاده است که می‌تواند شرایط مربوط به منطقه باشد. برای پتانسیل گرمایش جهانی و اسیدی شدن، کلینکر یا سرباره فولاد بسته به نسبت سرباره مخلوط، نقطه داغ بود.

هنگام تجزیه و تحلیل شاخص‌های مهم در سه گروه از موجودی‌ها همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، گروه‌های مربوطه بسته به نسبت سرباره و نمایش جغرافیایی متفاوت



- the UK construction industry—a review”. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*, 156(4), 185-199. Thomas Telford Ltd. [doi:10.1680/ensu.156.4.185.36962](https://doi.org/10.1680/ensu.156.4.185.36962)
- Afzal, F., Lim, B., & Prasad, D., (2017). “An investigation of corporate approaches to sustainability in the construction industry”. *Procedia Engineering*, 180, 202-210. [doi:10.1016/j.proeng.2017.04.179](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.179)
- Agus Harjoto, M., & Salas, J., (2017). “Strategic & institutional sustainability: Corporate social responsibility, br& value, & Interbr& listing”. *Journal of Product & Br& Management*, 26(6), 545-558.
- Duxson, P., Provis, J.L., Lukey, G.C., & Van Deventer, J.S., (2007). “The role of inorganic polymer technology in the development of ‘green concrete’”. *Cement and Concrete Research*, 37(12), 1590-1597. [doi:10.1016/j.cemconres.2007.08.018](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.08.018)
- Garg, C. & Jain, A., (2014). “Green concrete: Efficient & eco-friendly construction materials”. *Int. J. Res. Eng. Technol*, 2(2), pp.259-264.
- Glavind, M. & Munch-Petersen, C., (2000). “‘Green’ concrete in Denmark”. *Structural concrete*, 1(1), 19-25.
- Hasanbeigi, A., Price, L. & Lin, E., (2012). “Emerging energy-efficiency & CO2 emission-reduction technologies for cement & concrete production: A technical review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 6220-6238. [doi:10.1016/j.rser.2012.07.019](https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.07.019)
- Jiang, W. & Wong, J.K., (2016). “Key activity areas of corporate social responsibility (CSR) in the construction industry: a study of China”. *Journal of cleaner production*, 113, 850-860. [doi:10.1016/J.JCLEPRO.2015.10.093](https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.10.093)
- Jones, P., Comfort, D. & Hillier, D., (2006). “Corporate social responsibility & the UK construction industry”. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 19(1), 23-37.
- Latawiec, R., Woyciechowski, P., & Kowalski, K.J., (2018). “Sustainable concrete performance—CO2-emission”. *Environments*, 5(2), p.27. [doi:10.3390/environments5020027](https://doi.org/10.3390/environments5020027)
- Liang, C., Pan, B., Ma, Z., He, Z. & Duan, Z., (2020). “Utilization of CO2 curing to enhance the properties of recycled aggregate & prepared concrete: A review”. *Cement and Concrete Composites*, 105, p.103446. [doi:10.1016/j.cemconcomp.2019.103446](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103446)
- Liew, K.M., Sojobi, A.O., & Zhang, L.W., (2017). “Green concrete: Prospects & challenges”. *Construction & Building Materials*, 156, 1063-1095.
- Lima, L., Trindade, E., Alencar, L., Alencar, M., & Silva, L., (2021). “Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature”. *Journal of Cleaner Production*, 289, p.125730. [doi:10.1016/j.jclepro.2020.125730](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125730)
- Naik, T.R., (2008). “Sustainability of concrete construction”. *Practice Periodical on Structural Design & Construction*, 13(2), 98-103. [doi:10.1061/\(ASCE\)1084-0680\(2008\)13:2\(98\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0680(2008)13:2(98))
- Nawy, E.G., (2008). “Concrete construction engineering h&book”. CRC press.
- Neville, A.M. & Brooks, J.J., (1987). “Concrete technology” (Vol. 438). England: Longman Scientific & Technical.
- Orlitzky, M., Schmidt, F.L., & Rynes, S.L., (2003). “Corporate social & financial performance: A meta-analysis”. *Organization studies*, 24(3), 403-441.
- Ortiz, O., Castells, F. & Sonnemann, G., (2009). “Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA”. *Construction & Building Materials*, 23(1), pp.28-39. [doi:10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012)
- Petrovic-Lazarevic, S., (2008). “The development of corporate social responsibility in the Australian construction industry”. *Construction Management and Economics*, 26(2), pp.93-101. [doi:10.1080/01446190701819079](https://doi.org/10.1080/01446190701819079)
- Sev, A. (2009). “How can the construction industry contribute to sustainable development? A conceptual framework”. *Sustainable Development*, 17(3), 161-173. [doi:10.1002/sd.373](https://doi.org/10.1002/sd.373)
- Sivakrishna, A., Adesina, A., Awoyera, P.O., & Kumar, K.R., (2020). “Green concrete: A review of recent developments”. *Materials Today: Proceedings*, 27, 54-58.

- [doi:10.1016/J.MATPR.2019.08.202](https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2019.08.202)  
Waddock, S.A. & Graves, S.B., (1997). "The corporate social performance–financial performance link". *Strategic Management Journal*, 18(4), 303-319.
- Yee, A.A. (2001). "Structural & economic benefits of precast/prestressed concrete construction". *PCI journal*, 46(4), 34-43.  
[doi:10.15554/pcij.07012001.34.42](https://doi.org/10.15554/pcij.07012001.34.42)