

بررسی اثرات زیست محیطی صنعت بتن در ایران

محمد دلنواز، دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس *

محمد رضا میرزا حسینی، دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، **

حدیث جان نثاری، دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

* تلفن تماس: ۰۹۱۲۲۸۱۲۱۷۴ آدرس پست الکترونیکی: mdelnavaz@modares.ac.ir

** تلفن تماس: ۰۹۱۲۲۱۲۷۵۳۲ آدرس پست الکترونیکی: mmirzahosseini@civileng.iust.ac.ir

چکیده

کشور در حال توسعه ایران بدليل قرار گرفتن در منطقه استراتژیک خاورمیانه و در اختیار داشتن زمینه های بالقوه برای بخش های مختلف صنعت در حال حاضر باشد فرازینده ای مراحل ساخت و ساز را می پیماید. هم اکنون عملیات ساختمانی در نقاط مختلف کشور اعم از ساخت بناهای مسکونی، سدها، اسکله ها، نیروگاه ها و پالایشگاه ها در حال انجام است. صنعت ساختمان به عنوان بزرگترین مصرف کننده و برش اشت کننده مصالح طبیعی از زمین است که به عنوان بزرگترین تولید کننده نخاله نیز در سطح کشور محسوب می شود. با در نظر گرفتن اینکه بتن پر مصرف ترین ماده ساختمانی در کشور است لذا بررسی اثرات مثبت و منفی آن از لحاظ اثرات زیست محیطی بسیار حائز اهمیت می باشد.

بتن به عنوان یک ماده کامپوزیت در حالت کلی از سیمان، آب، ستگانه های ریز و درشت تشکیل شده است که در مواردی برای ارتقای کیفیت آن مواد افزودنی نیز به آن اضافه می گردد. بنابراین برای ارزیابی اثرات زیست محیطی این ماده به عنوان پر مصرف ترین ماده ساختمانی در کشور بررسی موردنی هر یک از مواد تشکیل دهنده بتن و اثر توازن آنها در این مقاله مورد بررسی قرار می گیرند. در انتها نیز راهکارهای کلی برای کاهش اثرات زیست محیطی این ماده بیان می گردد.

کلید واژه ها: بتن، پوزولان، محیط زیست، سیمان، دوام بتن.

۱- مقدمه

"توسعه پایدار" به عنوان معیار اصلی توسعه برای فراهم کردن شرایط حیات در زمان حال و آینده می باشد دغدغه اصلی دولتمردان قرار گیرد. توجهات جهانی نیز در سال های اخیر با رشد چشمگیری رو به فزونی است به نحوی که کنوانسیون های بین المللی زیادی تشکیل شده که منجر به تصویب و تدوین اعلامیه های جهانی در این مورد شده است. مهم ترین این کنوانسیون ها که در سال ۱۹۹۴ به تصویب و تایید ۱۷۹ کشور جهان رسیده است، کنوانسیون ریو می باشد که برای پایداری توسعه جوامع انسانی ایجاب می نماید که:

- حداقل دخالت در منابع طبیعی زمین به عمل آید.
- مواد آلاینده کمتری وارد آب، هوا و خاک گردد.
- انرژی منابع طبیعی بالاخص منابع تجدید ناپذیر (سوخت های فسیلی) با حداکثر صرفه جویی ممکن مورد استفاده قرار گیرند.

البته باید توجه داشت در اکثر مواقع معیارهای زیست محیطی با شرایط اقتصادی در تقابل بوده است و رابطه تنگاتنگ این دو عامل همواره بایستی با هم در نظر گرفته شوند. با توجه به تایید کنوانسیون ریو توسط ایران رعایت معیارهای این اعلامیه جهانی در تمام مراحل بهره گیری، نگهداری، بهسازی و تخریب در پایان عمر سازه ها می بایست مورد توجه قرار گیرد.

مطابق آمار حدود ۳۰ الی ۴۰ درصد تولید گازهای گلخانه ای و ۴۰ تا ۵۰ درصد زباله ها و نخالات

تولید شده در جهان بصورت مستقیم یا غیر مستقیم مربوط به صنعت ساختمان است [۱].

صرف بتن در سال های ۲۰۰۱-۲۰۰۰ تقریباً ۵/۱ میلیارد متر مکعب بوده است [۲] که با در نظر گرفتن جمعیت جهان مصرف سرانه هر نفر به طور متوسط ۱ متر مکعب می باشد. به این میزان سالانه حدود ۵ الی ۷ درصد افزوده می گردد. این روند رو به رشد در کشور ایران نیز قابل مشاهده است به نحوی که نرخ مصرف آن در برخی نقاط کشور بسیار بالاتر از حد معمول جهانی است. در ایران با در نظر گرفتن این سهم سرانه، مصرف هر ایرانی از سیمان معادل ۴۷۰-۴۵۰ کیلو گرم سیمان در سال می باشد و با در نظر گرفتن جمعیت ۶۵ میلیون نفری برای کشور، میزان مصرف سیمان در کشور ۳۰ میلیون تن خواهد شد. بنابراین با توجه به میزان مصرف بالای مصالح معدنی و شیمیایی در بتن بررسی عملکردهای زیست محیطی بتن به عنوان پر مصرف ترین ماده ساختمانی که امروزه در تمام پروژه های معمول در سطح کشور نقش اساسی را در ساخت و ساز ایجاد می کند در تمام مراحل تولید، نگهداری، بهره برداری، تولید نخاله های زائد و قابل مصرف حائز اهمیت است.

۲- بتن و مواد تشکیل دهنده آن

بتن به عنوان یک ماده کامپوزیت از سیمان، آب و مصالح سنگی تشکیل شده که ژل سیمانی عامل چسباننده ذرات سنگدانه به یکدیگر است و تشکیل یک ماده یکپارچه با قابلیت برابری بالا را می دهد. در ایران با توجه به در دسترس بودن مصالح سنگی اعم از شن و ماسه و با توجه به این نکته که حدود ۷۰ الی ۸۰ درصد حجم بتن را همین مصالح سنگی تشکیل می دهند، استفاده از این مصالح سنگی صرفه اقتصادی بالایی دارد و به این جهت استفاده از آن در اکثر پروژه ها در رقابت با فولاد رو به افزایش است. با توجه به موقعیت خاص مناطق جنوبی کشور و مستعد بودن این مناطق برای خورندگی آرماتورها نیاز به افزایش قابلیت بتن برای مقابله با این اثرات است. از این رو تمهیدات مختلف در طرح اختلاط و اضافه کردن مواد افزودنی به بتن ضروری است.

۱-۲-آب

کشور ایران با قرار گرفتن در منطقه گرم و خشک جزء نقاط کم بارش دنیا به حساب می‌آید و متوسط بارش در آن 250 میلیمتر است که به میزان $1/3$ متوسط بارش جهانی می‌باشد. از آنجا که در طرح اختلاط بتن بسته به میزان مقاومت درخواستی و پایایی بتن میزان نسبت آب به سیمان معادل -0.6 ، انتخاب می‌گردد اگر مقدار متوسط آب به سیمان را معادل $5/0$ در نظر بگیریم میزان آب مصرفی نیز 15 میلیون تن یا به عبارتی 15 میلیارد لیتر در سال خواهد شد. البته میزان آب اضافی برای شستن و عمل آوری بتن مقدار فوق را حدود 2 برابر افزایش می‌دهد بنابراین کل آب مصرفی حدود 30 میلیارد لیتر می‌شود. بنابراین از یک سو برای کاهش میزان مصرف آب در بتن مصرفی و از سوی دیگر دقت به این نکته که کمتر کردن نسبت آب به سیمان باعث افزایش مقاومت و پایایی بتن می‌گردد پارامترهای زیر برای کاهش میزان آب پیشنهاد می‌گردد:

- استفاده از مواد روان کننده و فوق روان کننده که با تامین کردن اسلامپ و کارایی لازم در بتن باعث کاهش میزان آب مصرفی در بتن و افزایش قابلیت های بتن می‌گردد.
- استفاده از بتن های پیش ساخته در پروژه هایی که صرفه اقتصادی نیز در آنها تامین گردد، با توجه به اینکه شرایط عمل آوری در حالت بخار و حرارت کنترل شده در کارخانه با استفاده مجدد از آب مصرفی می‌تواند صورت گیرد.
- بررسی روش های دیگر عمل آوری که در آنها تا حد امکان میزان آب برای عمل آوری را کاهش دهد.
- استفاده مجدد از آب که در مراحل شستن تجهیزات و وسایل، تولید، حمل، ریختن و جادادن بتن مصرف می‌شود.
- استفاده از منابع دیگر آب غیر از آب شرب در بتن بدون آنکه کیفیت بتن کاهش یابد (این مورد در بتن ریزی هایی که پوشش آرماتور در بتن وجود ندارد می‌تواند مدنظر قرار گیرد)

۲-سنگدانه ها

با توجه به اینکه 80 درصد حجم بتن را سنگدانه ها تشکیل می‌دهند میزان مصرف سنگدانه ها با احتساب مصرف سالانه 65 میلیون متر مکعب بتن و چگالی $2/65$ برای سنگدانه ها برابر با 13780000 تن خواهد شد. در مورد مصرف سنگدانه ها انتخاب منابع قرضه بایستی به نحوی باشد که باعث فرسایش محیط نگردد و حمل و نقل را تا محل تولید و مصرف بتن کاهش دهد و از طرفی کمترین حجم تولید نخاله را داشته باشد. استفاده از محصولات جانبی سایر صنایع مانند سرباره کوره آهن گدازی و یا ماسه های حاصل از لاکر و حوضچه های علاوه بر صرفه جویی اقتصادی، باعث کاهش اثرات زیست تخریبی سایر صنایع نیز می‌شود.

امروزه استراتژی بر مصرف بتن هایی است که در اثر عملیات تخریب شده اند و خرد کردن و مصرف آن ها به عنوان سنگدانه در بتن علاوه بر مزایای اقتصادی باعث کاهش تولید نخاله های بتن های تخریبی نیز می گردد.

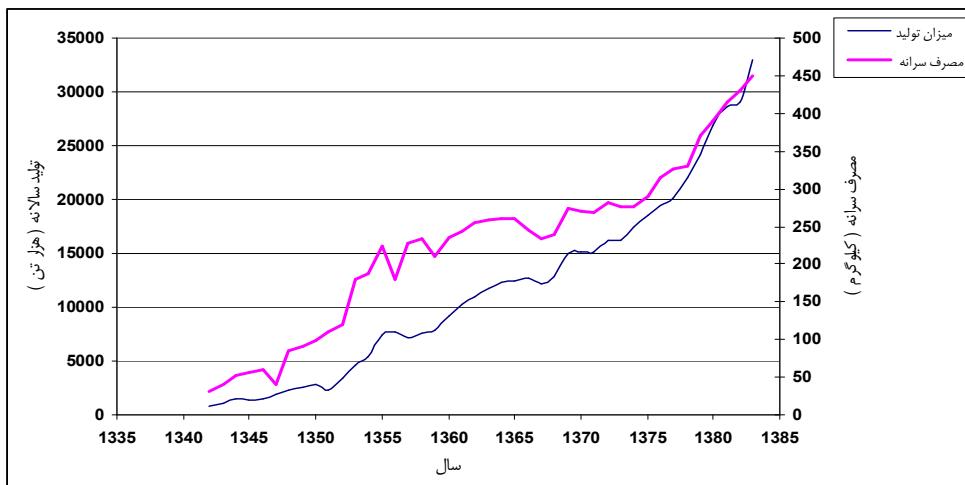
۳-۲- سیمان

در حال حاضر در حدود ۳۰ کارخانه تولید سیمان در سطح کشور وجود دارد که ظرفیت تولید سالانه ۳۳ میلیون تن سیمان در سال را دارند. این میزان در سطح جهانی برابر ۱/۵۶ میلیارد تن است که کشور چین به تنها یک سوم این مقدار تولید را به عهده دارد [۳].

جدول و نمودار ۱ به ترتیب میزان تولید و مصرف سرانه سیمان را طی سال های مختلف در برخی کشور های جهان و ایران نشان می دهنند.

جدول ۱ - مصرف سیمان در سال های مختلف در جهان (میلیون تن) [۱]

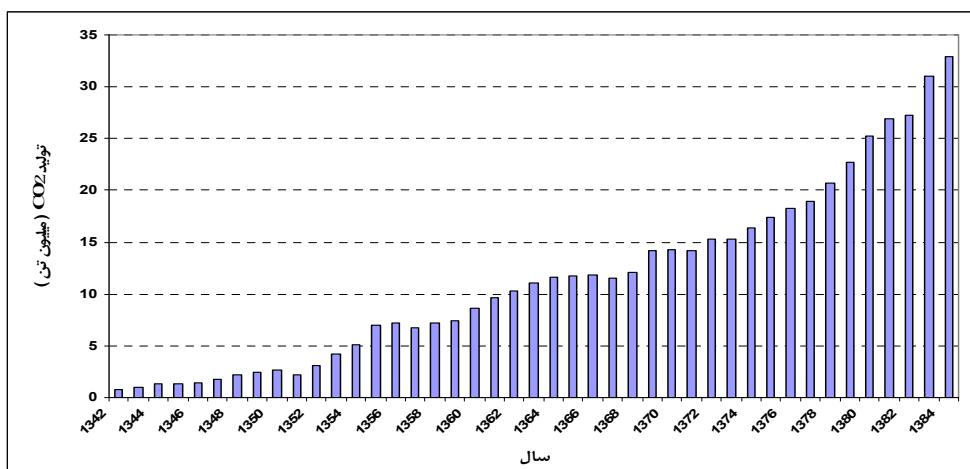
نام کشور	تولید (میلیون تن)	صرف (میلیون تن)	جمعیت (هزار نفر)	سرانه مصرف (کیلو گرم)	نسبت سرانه به ایران
چین	۵۲۰	۵۲۰	۱۲۷۷۵۵۸	۴۰۷۰۰۳	۱،۱۳
ژاپن	۸۱۰۷	۷۷،۵۱	۱۲۶۷۱۴	۶۱۱،۶۹	۱،۰۷
کره جنوبی	۴۹،۵	۴۹،۵	۴۶۸۴۴	۱۰۵۶۰۰۷	۲،۹۴
برزیل	۴۳	۴۳	۶۱۲۳۹	۷۰۰،۳۴	۱،۹۵
آلمان	۳۷	۳۷	۸۲۲۲۰	۴۵۰،۰۱	۱،۲۵
ترکیه	۳۶،۵	۳۶،۵	۶۶۵۹۱	۵۴۶،۱۲	۱،۵۲
تایلند	۳۴،۷	۳۴،۷	۶۱۳۹۹	۵۶۵،۱۶	۱،۵۷
ایران	۲۴،۳۲	۲۲،۹	۶۳۷۵۰	۳۵۹،۲۲	۱
تایوان	۱۸،۶۱	۱۸،۲	۶۹۲۷	۲۶۲۷،۴	۷،۳۱
مالزی	۱۱،۳	۱۱،۶	۲۲۴۴۴	۵۲۱،۴۹	۱،۰۴۵



نمودار شماره ۱: میزان تولید و مصرف سرانه سیمان در ایران طی سال های ۱۳۴۲-۸۳ [۴]

مواد اولیه برای تولید سیمان شامل سنگ آهک و خاک رس است که برای تولید هر یک تن سیمان، دو تن از این مواد معدنی مورد نیاز است. در ایران سنگ آهک را از کوههای آهکی و خاک رس را نیز از دشت‌های رسی تهیه می‌کنند. برای تهیه کردن آهک، عملیات انفجار توسط دینامیت تولید صدا و گرد و خاک زیادی می‌کند. از طرف دیگر خود کارخانه تولید سیمان نیز تولید گرد و خاک و آلودگی‌های دیگر می‌کنند. از معایب اصلی تولید سیمان می‌توان به مصرف انرژی بالای این صنعت اشاره کرد. برای تولید هر تن سیمان به طور متوسط ۴ گیگاژول انرژی مورد نیاز است که این انرژی در بخش‌های مختلف الکتریکی، گرم کردن و حمل و نقل مصرف می‌کند که معادل مصرف ۱۳۱ متر مکعب از گاز طبیعی است [۵].

صنعت سیمان یکی از صنایع مهم در آلودگی هواست به نحوی که ۷ درصد کل دی‌اکسید کربن تولید شده در جو را این صنعت به خود اختصاص می‌دهد. به ازای هر تن کلینکر سیمان یک تن دی‌اکسید کربن و سه کیلوگرم NO_x تولید می‌شود [۵] که با درنظر گرفتن ۳۳ میلیون تن در سال تولید سیمان می‌توان میزان حجم بالای دی‌اکسید کربن و NO_x تولید شده را مشاهده کرد. نمودار شماره ۲ میزان تقریبی تولید CO_2 ناشی از کارخانه‌های سیمان را نشان می‌دهد.



نمودار شماره ۲: میزان تقریبی تولید CO_2 ناشی از کارخانه‌های سیمان در ایران طی سال‌های ۱۳۴۲-۱۳۸۴

جدول ۲: تولید آلاینده‌ها در اثر مصرف سوخت نفت کوره در صنایع سیمان کشور (بر حسب تن) [۶]

CO2	SO2	SO3	NO2	SPM	CXHY	HCHO	CO
۷۳۲۵۸۸۴	۱۱۵۴۵۶	۱۷۶۴	۲۵۴۹۷	۲۴۳۵/۴	۷۸۷/۲	۱۴۷/۶	۹/۶۴

جدول ۳: تولید آلاینده‌های در اثر مصرف برق در صنایع سیمان کشور (تن) [۶]

CO2	SO2	CH	NOX	SPM
۱۸۴۵۸۰۰	۸۲۳۵	۷۵	۲۸۰۸	۳۵۷

جدول ۴: کاهش آلانده در اثر تولید سیمان ۴۲/۵ جای ۳۲/۵ میلیون تن در سال [۶]

CO2	SO2	SO3	NO2	SPM	CXHY	HCHO	CO
۴۸۸/۳۹۲	۷۶۹۷	۱۱۷۶	۱۷۰۰	۱۶۲	۵۲	۹/۸	۰/۶

جدول ۵: کاهش آلانده در اثر مصرف برق برای تولید سیمان ۴۲/۵ جای ۳۲/۵ میلیون تن در سال [۶]

CO2	SO2	CH	NOX	SPM
۱۲۳/۰۵۳	۵۴۹	۵	۱۸۷	۲۳/۸

از طرفی همانطور که اشاره شد گرد و خاک اطراف کارخانه های سیمان باعث ایجاد مشکلات محیطی می گردد، بنابراین مطابق ضوابط، کارخانه ها می باشد موظف به استفاده از فیلترها از جمله فیلترهای الکترواستاتیک گرددند. خود سیمان در صورتیکه در تماس مداوم با پوست بدن باشد باعث "اگزما" سیمان" می شود.

قابل ذکر است که وزارت صنایع در برنامه چهارم توسعه ایده تولید ۵۰ میلیون تن کلینکر با هدف صادرات به کشورهای همسایه در سواحل جنوبی و حاشیه خلیج فارس دارد که ۵ درصد سهم بازار بین المللی است.

۱-۳-۲- سیمان آمیخته

در این نوع سیمان درصدی از سیمان را کم کرده و موادی به آن می افزایند. قدیمی ترین این سیمان ها ، سیمان پرتلند پوزولانی است . پوزولان ها مواد سیلیسی یا سیلیسی آلومیناتی هستند که به خودی خود قابلیت چسبندگی ندارند ولی وقتی آنها را به صورت پودر نرم در می آورند می توانند با آهک ترکیب شوند و ترکیبات سیلیکات کلسیم را بوجود آورند که مواد چسبنده ای هستند[۷] . پوزولان ها به انواع طبیعی و مصنوعی تقسیم بندی می شوند. انواع طبیعی آن در ایران در نواحی جاجرود، ممقان، سهند و سبلان، بستان آباد و کرمان یافت می شود و مصرف آنها باعث افزایش کیفیت، صرفه اقتصادی و کاهش اثرات زیست تخریبی است. انواع مصنوعی آن که بسیار پر مصرف هستند شامل خاکستر بادی و دوده سیلیسی است که در ایران تنها دوده سیلیسی در کارخانه های ازنای خرم آباد و سمنان تولید می گردد. تولید سالیانه میکروسیلیس در شمال آمریکا ۶۰ میلیون تن [۸] و میزان تولیدی سالانه آن در کل دنیا معادل ۶۰۰ میلیون تن می باشد [۸].

امروزه در کشورمان مصرف قابل توجه میکروسیلیس که دارای ریزی بسیار بیشتری از سیمان است برای ساخت بتن های با مقاومت بالا و توانمند در حال افزایش است. اما نکته مهم در مورد میکروسیلیس مصرف این مواد در کارگاه می باشد به نحوی که عموماً کارگران نا آشنا اقدام به دپو کردن آنها در محل

هایی که در معرض جریان باد است می‌کنند و به علت سبکی این ذرات، جریان باد باعث پراکنده شدن این ذرات در محیط کارگاه و ایجاد مشکلات تنفسی حاد می‌شود. بنابراین مصرف این مواد در کارگاه بایستی با دقت خاص صورت گیرد.

۴-۲ - مواد افزودنی

مصرف انواع مواد افزودنی شامل روان کننده‌ها و فوق روان کننده‌ها بدلیل کاهش نسبت آب به سیمان، باعث افزایش مقاومت و پایایی بتن می‌گردد مفید است. از طرفی این مواد که بصورت مواد آلی هستند تنها در ابتدای اضافه کردن باعث تولید گازهای فرار می‌شوند اما پس از مدتی اثرات آنها ازین رفته و کلاً اثرات تخریب پذیری زیستی قابل توجهی از آنها گزارش نشده است.

۳- روش‌های کاهش اثرات زیست تخریبی صنعت بتن در کشور

مهم ترین عاملی که با بهبود آن می‌توان اثرات زیست تخریبی بتن را کاهش داد افزایش پایایی بتن است، زیرا با افزایش پایایی عمر سازه‌های بتنی افزایش یافته (حدود ۲ برابر) و اثرات نامناسب بودن بتن و نخاله‌های ناشی از آن در محیط کاهش می‌یابد. متاسفانه در حال حاضر در ایران کیفیت بتن‌های تولیدی بسیار پایین تر از حالت ایده‌آل آن است. به عنوان نمونه در نواحی ساحلی خلیج فارس به علت شرایط محیطی نامناسب و خورندگی بالای محیط و عدم دقت در تولید بتن مناسب هزینه بالای برای ترمیم و بهسازی سازه‌ها مصرف می‌شود به نحوی که اسکله بندر امام در خلال سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۰ معادل ۲۰ میلیارد ریال و حد فاصل سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ حدود ۲۴۰ میلیارد ریال هزینه داشته است.

عواملی که می‌توان به کار برد تا دوام بتن را افزایش داد عبارتند از:

- ✓ استفاده از مواد پوزولانی و کاهش نفوذپذیری برای افزایش پایایی
- ✓ استفاده از مواد روان کننده برای کاهش نسبت آب به سیمان در نتیجه افزایش مقاومت و پایایی
- ✓ در نظر گرفتن پوشش کافی برای آرماتورها و ممانعت از خوردگی آنها در محیط‌هایی که مستعد خورندگی هستند.
- ✓ استفاده از سیمان‌های مناسب به عنوان مثال سیمان تیپ ۲ در نواحی حاشیه خلیج فارس که اثر توام کلر و سولفات را دارد [۹].

با رعایت موارد فوق و افزایش کیفیت دوام بتن افزایش یافته و اثرات زیست تخریبی بتن ناشی از تخریب سازه‌های بتنی کاهش می‌یابد.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری:

با توجه به وجود معادن فراوان سنگدانه با کیفیت مناسب در کشور و مصالح مورد نیاز برای صنعت سیمان استفاده از بتن در پروژه‌های مختلف در مقایسه با فولاد دارای صرفه اقتصادی قابل توجهی است. با در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی صنعت بتن در راه توسعه پایدار می‌بایست راههای کاهش اثرات زیست تخریبی این صنعت پر کاربرد کشور را مد نظر قرار داد. برای این منظور می‌بایستی توجهات خاص را نسبت به هر یک از اجزای تشکیل دهنده بتن و در نهایت جسم یکپارچه بتن مبذول داشت.

از آنجا که بیشترین اثرات زیست تخریبی در صنعت بتن ناشی از صنعت سیمان است بایستی بیشترین فعالیت‌ها را در این صنعت متمرکز کرد. استفاده از مواد پوزولانی هم به صورت طبیعی هم به صورت مصنوعی باعث مصرف کمتر سیمان در بتن می‌شود و از طرف دیگر باعث افزایش کیفیت بتن و پایایی آن خواهد شد.

استفاده از مواد پوزولانی به صورت مصنوعی در بتن که شامل استفاده از مواد زائد و تولید فرعی کارخانه‌های است باعث کاهش آلایندگی محیط می‌گردد. از طرفی مصرف بهینه این مواد باعث افزایش عمر مفید سازه و کاهش آلودگی ناشی از تخریب سازه‌ها می‌گردد استفاده از پوزولانهای مصنوعی مثل سرباره کوره آهن گدازی و سایر صنایع باعث مصرف مواد جانبی سایر صنایع در بتن گردیده و اثرات مواد زائد در محیط زیست را کاهش می‌دهد و از این رو دو هدف از آنها تامین می‌شود:

۱- افزایش کیفیت و پایایی بتن ۲- کاهش زائدات صنایع مرتبط

با توجه به برنامه‌های کلان در سطح کشور برای افزایش تولید سیمان و نرخ فزاینده تولید در سال‌های اخیر حتماً بایستی نکات زیست محیطی در این کارخانه‌ها از جمله استفاده از فیلترهای مناسب مد نظر قرار گیرد و آزمایشات مربوط به ذرات معلق موجود در هوا به طور متناوب برای اطمینان از عملکرد مفید فیلترها صورت گیرد.

افزایش دوام بتن با استفاده از مصالح استاندارد اعم از سیمان و سنگدانه و مواد افزودنی مجاز همراه با ارائه طرح اختلاط مناسب بسته به مناطق مختلف کشور صورت می‌گیرد. با رعایت این مراحل عمر مفید سازه افزایش یافته و ساخت مجدد بتن و در نتیجه استفاده از مصالح برای ساخت دوباره بتن کاهش یافته و اثرات زیست تخریبی کاهش می‌یابد.

استفاده از انواع مواد افزودنی شامل روان کننده‌ها و فوق روان کننده‌ها از آن جهت که نسبت آب به سیمان را کاهش می‌دهند و این خود باعث افزایش مقاومت و پایایی بتن می‌گردد مفید است. استفاده از آن‌ها بخصوص هنگامی توصیه می‌گردد که اثرات زیست تخریبی قابل توجهی از آنها گزارش نشده است. استفاده از نخاله‌های بتن و خرد کردن آنها و تبدیل آنها به صورت سنگدانه و استفاده مجدد آنها در بتن باعث کاهش یافتن حجم نخاله‌ها در محیط می‌گردد.

استفاده از بتن های خود متراکم باعث اطمینان یافتن از متراکم شدن بتن در نواحی پر آرماتور که در آنها متراکم کردن بتن های معمولی توسط ویراتورها مشکل است می شود ، از طرفی باعث کاهش مصرف انرژی در عملیات اجرایی، سروصدای آلدگی صوتی می شود.

به هر حال با توجه به قابلیت بالقوه ای که در سطح کشور برای ساخت بتن های مناسب وجود دارد با ارتقا دانش فنی متخصصان می توان تولید با کیفیت بالا را بالفعل کرده و از حجم بالای نخاله هایی که ناشی از تخریب سازه های بتنی با کیفیت پایین است جلوگیری کرد و از طرف دیگر از مصرف مجدد مصالح جلوگیری نمود و شرایط توسعه پایدار را در کشور هموار ساخت.

۵- منابع و مراجع

- [۱] قالیبافیان، مهدی، بتن و محیط زیست، فصلنامه انجمن بتن ایران، سال سوم، شماره ۱۱، پاییز ۱۳۸۲
- [۲] www.ecosmart.com - Cement Association of Canada
- [۳] USGS Minerals Information. Cement Statistics 2000
- [۴] مرکز آمار ایران، گزارش بررسی سیمان در ایران، صفحات ۲۱ و ۲۳
- [۵] Canada's Second Report on Climate Change. Environment Canada, 1997
- [۶] گروه محیط زیست، معاونت امور انرژی و شناخت دقیق بخش انرژی در ایران، جلد سوم، بخش صنعت فامیلی، هرمز، خواص بتن (ترجمه)، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول، تیر ماه ۱۳۷۸
- [۷] M. Malhotra, Making Concrete Greener with Fly Ash, Concrete International May 1999
- [۸] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن نشریه - توصیه هایی برای پایایی بتن در سواحل جنوب کشور - شماره ک - ۲۹۶