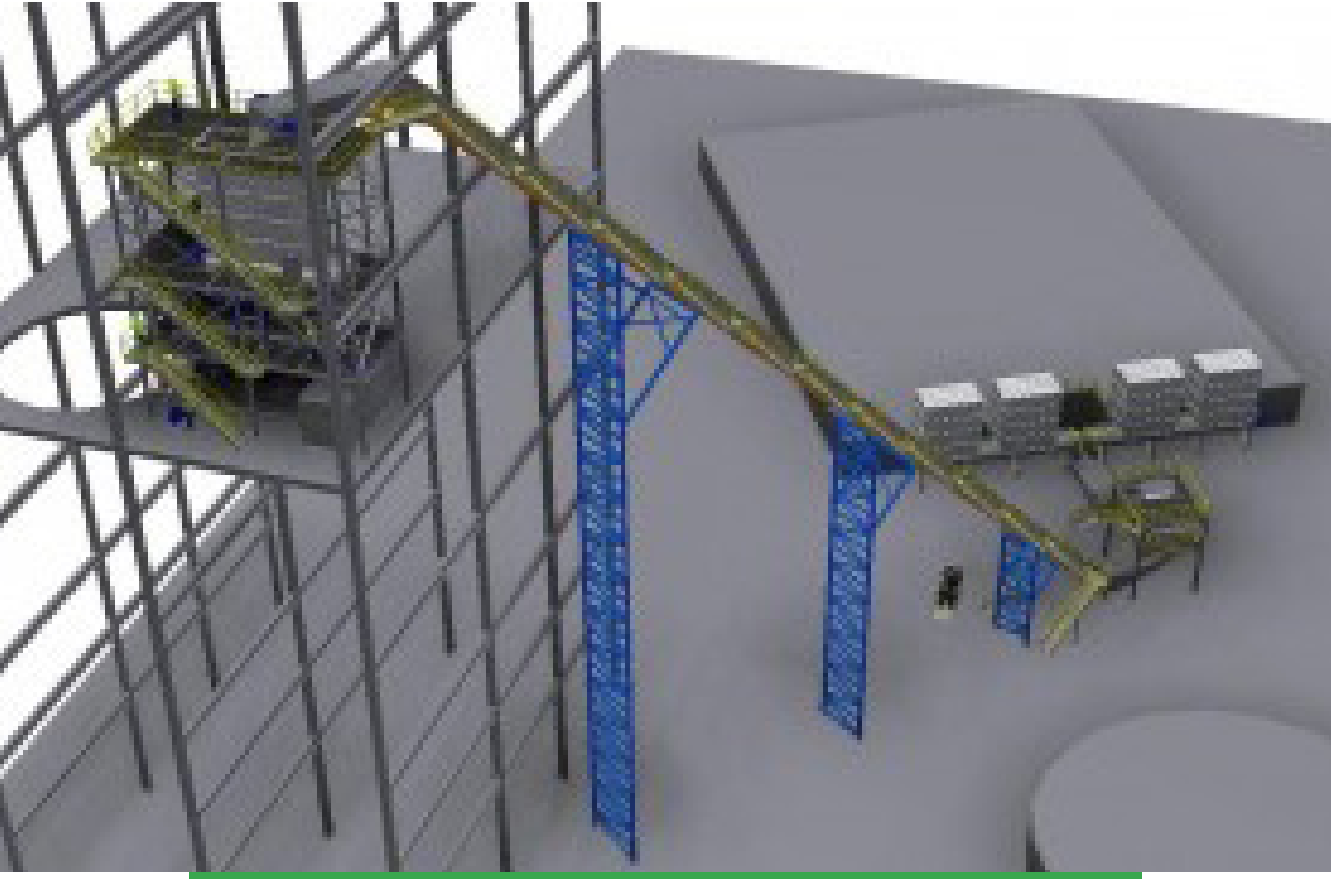

چالش عدم مصرف RDF * در صنعت سیمان ایران (بخش دوم)

■ نویسنده: علی‌اکبر کفاش بازاری
Kafash@Tehrancement.co.ir
رئیس آزمایشگاه مرکز تحقیق و توسعه کارخانه سیمان تهران

• چکیده:
یکی از معضلات مهم شهرنشینی، تولید زباله و آسیب به محیط‌زیست است که طی سال‌های گذشـــته، محققان به این موضوع توجه داشـــته‌اند و مهم‌ترین دستاورد آنها، امکان تبدیل زباله به ســـوخت (RDF)، تولید انرژی و استفاده بهینه از آن می‌باشد. از سوئی دیگر بحران انرژی که طی ســـال‌های اخیر در ایران نیز به‌صورت کمبود گاز و برق دیده می‌شود، مزید بر علت می‌باشد. در این میان، علی‌رغم مطالعات متعدد انجام شده، بهره‌گیری از RDF در صنعت سیمان ایران مغفول مانده است. در بخش قبلی و فعلی این مقاله ضمن معرفی RDF، انواع آن و تحقیقات انجام شده در این زمینه، به برخی تجربیات و اقدامات عملیاتی سایر کشورها در به‌کارگیری این فناوری پرداخته شده است. نکته بسیار مهم در این چالش، حمایت‌های دولتی جهت تسهیل در اجرای این فناوری می‌باشد.

کلمات کلیدی: RDF، سیمان، صنعت، محیط‌زیست.

* Refuse Derived Fuel (RDF)

۱. مقدمه:

فرایند تولید سیمان نیازمند انرژی زیادی است؛ ازاین‌رو در دنیا علاقه فراوانی به یافتن سوخت‌های جایگزین و ارزان در بین تولیدکنندگان سیمان وجود دارد. همان گونه که مطرح شد، بخشی از زباله جامد شهری قابل اشتعال شامل مخلوطی از کاغذ، مقوا، پلاستیک، پارچه، چرم و چوب که فاقد بوی تعفن هستند و می‌توان از آنها محصولی تولید کرد که دارای ارزش حرارتی بالا باشد، RDF نامیده می‌شود. به‌طورکلی جداسازی اجزای قابل احتراق از زباله‌های جامد شهری (MSW)[1] را RDF گویند که تبدیل آنها به انرژی، با استفاده از روش‌های پیش فراورش[2] و یا تبدیلی[3] انجام می‌شود. در اصل RDF یک روش بازیافت انرژی است که می‌توانند اجزای MSW را به سوخت‌های گازی تبدیل نموده و از این سوخت‌ها برای تولید انرژی گرمایی استفاده نمود [۱]. عمده‌ترین کاربرد RDF، استفاده به‌عنوان سوخت اصلی یا مکمل در بویلرها و کوره‌ها می‌باشد. طی سال‌های اخیر، استفاده از زباله‌ها برای تولید انرژی (EfW)[4] به اشکال مختلفی انجام‌گرفته است که اهم آنها شامل:

۱- سوخت جامد بازیافت شده (SRF)[5] از زباله‌های خانگی،

۲- گوشت و استخوان وعده‌های غذایی (MBM)[6]؛

۳-Cemfuel ساخته شده از حلال‌های صنعتی؛

۴-لاستیک‌های خرد شده (TDF)[7]؛

۵- لجن فاضلاب (SS)[8]؛

۶- سوخت‌های زیستی[9] (کلمه زیست‌توده به‌سادگی بیانگر مواد اولیه بیولوژیکی است که سوخت از آن ساخته می‌شود) هستند. هم‌اکنون در دسترس بودن MBM (که ۱۰۰٪ زیست توده‌ای[10] است) کاهش‌یافته و در نتیجه منتهی به تغییرات بازار شده است؛ بنابراین تأمین‌کنندگان به‌جای ارائه این سوخت به صنعت سیمان، خودشان از آن برای تولید برق استفاده می‌کنند. مهم‌ترین مزایای مصرف RDF به‌عنوان یک سوخت پایدار در تولید سیمان، مقرون‌به‌صرفه بودن، کاهش هزینه‌های تولید و کمک به محیط‌زیست است. از مهم‌ترین معایب مصرف آن، نیاز به هوای اضافی، سوختن ناقص RDF ، کاهش ظرفیت و بازده حرارتی و بازیافت انرژی، وجود ذرات بسیار ریز و ایجاد مشکل در احتراق است.

علاوه بر این، در نقشه راه جهانی صنعت سیمان، مصرف سوخت‌های جایگزین از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۵۰ باید از ۵٪ در سال ۲۰۱۰ به ۳۷٪ در سال ۲۰۵۰ برسد [۳-۲].

۲. تحقیقات و مبانی:

طبق آمار انجمن صنفی کارفرمایان صنعت سیمان ایران، سهم انرژی در قیمت تمام شده صنعت سیمان، نسبت به روش تولید و سن کارخانه، بالغبر ۳۵-۲۵٪ برآورد می‌گردد و لذا زمینه خوبی جهت انجام اقدامات مدیریت مصرف انرژی و نیز اجرای معیار مصرف بهینه در این صنعت وجود دارد. شهر تهران روزانه ۳۰۰۰

1 Municipal Solid Waste (MSW)
2 Front-end
3 Back-end
4 Energy from Waste (EfW)
5 Solid recovered fuel (SRF)
6Meat and Bone Meal (MBM)
7 Tire-derived fuel (TDF)
8 Sewage Sludge (SS)
9 Biofuel
10 Biomass

تا ٤٠٠٠ تن پســـماند جامد تولید می‌کند که شامل ۳۰٪ پلاســـتیک، ١٦٪ کاغذ و مقوا، ۷٪ منسوجات اســـت. RDF تولیدی در شهر تهران دارای تقریباً ۳۰٪ رطوبت و ارزش حرارتی حدود MJ/Kg ۲۲ است که انرژی آن معادل یک میلیون مترمکعب گاز طبیعی است. صرفه‌جویی کل حاصل از جایگزینی سوخت‌های فسیلی با RDF مربوط دو بخش است: حذف هزینه دفن پسماندهای جامد و حذف هزینه سوخت فسیلی [٥-٤]. در ادامه برخی پارامترهای سوخت‌های فسیلی رایج و سوخت‌های جایگزین جهت مقایسه ارائه شده اســـت. به طور میانگین، ارزش حرارتی پســـماندهای خانگـــی، صنعتی، تجاری و حاصل از تخریب به ترتیب ١٤، ١٨، ٢٠ و ١٥ مگاژول بر کیلوگرم می‌باشد. ارزش حرارتی ناخالـــص (GCV)[11] برای گاز طبیعـــی، مازوت، لجن خشـــک، ضایعات و پلاستیک‌های مخلوط به ترتیـــب ۸۹۳۰، ۱۰۲۵۰، ۳٦۱۵، ۳۸۷۰ و ٦٤۷۵ بوده و هوای موردنیاز نیز بـــه ترتیب ۹/٤، ۱۳/۸، ۸/٤، ٤/٦ و ۵/۰ است [٦]. سالیانه بالغبر ١٦ میلیون تن پسماند در کشور تولید می‌شود که ۲۵-۱۸٪ از آن دارای ارزش حرارتی اســـت و قابلیت استفاده در کوره‌هـــای پخت ســـیمان را دارند؛ در صورت اســـتفاده از پسماندهای جامد شهری و صنعتی در صنایع مذکور، سالیانه بالغبر ۱/۵ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی صرفه‌جویی می‌شـــود [۷]. در ســـند "آسیب‌شناسی مشکلات ساختاری صنعت سیمان کشور" که توســـط معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی کشـــور (۱۳۹۷) انجام شده است، به مســـائل مرتبط با مدیریت پسماندهای جامد در صنعت سیمان به تفضیل پرداخته شده است.

در ایـــن گـــزارش ســـوزاندن بســـیاری از پسماندهای جامد نظیر تایرهای مستعمل، چوب، کاغـــذ و مقوا و لجن فاضلاب به‌عنوان ســـوخت جایگزین در کوره‌های پخت کلینکر و نیز استفاده از برخی پسماندهای جامد نظیر سرباره فولادسازی به‌عنوان افزودنی ســـیمان امکان‌سنجی شده است. براین‌اساس الزامات در سطح کلان و با هدف ایجاد شـــبکه مدیریت یکپارچه پســـماند در اکوسیستم اقتصادی کشـــور بررســـی گردید. بدین منظور، وزارت صمت، ســـازمان‌های صمت استان‌ها باید طی همکاری با ســـازمان حفاظت محیط‌زیست، سازمان ملی اســـتاندارد و شهرداری‌های شهرهای بزرگ کشور نسبت به انجام مطالعات اقتصادی و فنی مربوط به مصرف پسماندهای جامد در صنعت سیمان اقدام کند.

اولین تحقیقات تولید آزمایشـــگاهی RDF در امریکا طی ســـال ۱۹۷۰ آغاز گردید. از میان انواع مختلف RDF تولید شده مشخص گردید که RDF متراکم شده، به دلیل یکنواختی و عدم وجود مواد غیرقابل‌احتراق نسبت به سایر RDF های تولیدی از ارزش حرارتی بالاتری برخوردار است. یکی از روش‌های تولید RDF بدین صورت است که مواد زائد جامد پس از عبور از خردکننده اولیه، ســـرند کننده، جداکننده مغناطیســـی وارد تونل بادی شده سپس وارد خردکننده ثانویه، خنک‌کننده گردیده و محصول به‌صورت پلیت RDF تولید می‌گردد. این محصول را می‌توان به‌صورت سوخت جایگزین یا همراه با سوخت‌های فسیلی برای تولید کلینکر، آب گرم، الکتریســـیته و سایر مصارف صنعتی استفاده نمود. با تبدیل زباله بـــه RDF می‌توان معضلات دفع نامناسب زباله که منجر به انتشار بیماری‌های خطرنـــاک و ایجـــاد مناظر ناخوشـــایند می‌گردد، جلوگیری نمود و به حفظ محیط‌زیست کمک کرد.

مطالعات داخلی متعددی در راستای ضرورت مصرف RDF و سوخت‌های جایگزین وجود دارد

11 Gross Calorific Value (GCV)

[۱۴–۸]. رکنی‌زاده و نجاتی (۱۳۹۲) امکان‌سنجی و تاثیر استفاده از سوخت‌های جایگزین در صنایع سیمان ایران را بررسی کردند و به روش‌ها، مشکلات پیش رو و توجیهات فنی و اقتصادی در این زمینه پرداختند. در این مطالعه طولانی بودن زمان ماند و بالا بودن دمای کوره‌های پخت سیمان باعث به‌وجودآمدن شرایط ایده‌آل برای استفاده از تایر به‌عنوان سوخت کمکی نتیجه‌گیری شده است. نتایج آزمایش‌های این محققان در چندین کوره که تایر را به‌صورت کامل یا خرد شده مصرف کرده‌اند، بیانگر آن بوده است که آلاینده‌های منتشره در هوا علاوه بر آنکه تأثیر منفی نداشته‌اند، در بعضی موارد بهبود شرایط را نیز نشان داده است. برای صرفه‌جویی یک مترمکعب گاز می‌بایست حدود ۲/۵ کیلوگرم RDF سوزانده شود. مقایسه قیمت‌ها و ارزیابی ریالی در این مطالعه نشان داده است که صنعت سیمان برای این صرفه‌جویی باید مبلغ بیشتری پرداخت نمایند، لیکن این صرفه‌جویی برای دولت می‌تواند درآمد صادراتی و تعهدات زیست‌محیطی را داشته باشد [۱۵].

رشیدی و همکاران (۱۳۹۸) طرح تولید RDF از پسماند شهری و مواد دورریز خط پردازش (ریجکتی) کارخانه کمپوست سایت آزادشهر و استفاده آن در صنایع و کارخانه سیمان پیوند در استان گلستان را امکان‌سنجی نمودند. این محققان با هدف ارائه راهکارهای مناسب برای جلوگیری از انحراف پسماند از دفن و جایگزینی سوخت‌های تجزیه‌پذیر به‌جای گاز طبیعی و مازوت در صنایع دارنده دیگ بخار و کارخانه سیمان پیوند با کمک بخش خصوصی این مطالعه را انجام دادند. آنها در ابتدا طی سه نوبت در ۳ فصل پاییز، زمستان ۹۷ و تابستان ۹۸، با استفاده از روش آنالیز مستقیم (دستی) از پسماند مخلوط ورودی و ریجکتی به میزان ۳۰۰ کیلوگرم نمونه‌برداری کردند. سپس ارزش حرارتی (به روش بمب کالری‌متری) نمونه‌های پسماند را تعیین نمودند. نتایج آنالیز فیزیکی پسماند ریجکتی در چهاربخش پسماند دفنی (۵٪)، آلی (۴۰٪)، مواد باارزش احتراق (۳۱٪) و مواد خشک باارزش فروش (۱۸٪) تقسیم‌بندی شد. دراین‌رابطه، استفاده از تجهیزاتی از قبیل کیسه بازکن، سرند دیسکی برای جداسازی مابقی پسماندهای آلی، سرند لرزشی بر اساس نوع فرم برای جداسازی سایر پسماندهای ارزشی، خردکن اولیه و خشک‌کن برای تولید RDF مطلوب پیشنهاد شده است. طی این تحقیق، میزان ارزش حرارتی محاسباتی برای پسماند ریجکتی kcal/kg ۵۷۰۰ بوده که با احتساب روزانه ۱۵۰–۱۳۰ تن RDF، می‌تواند ۳۰٪ سوخت کارخانه سیمان به‌عنوان سوخت کمکی را (در دو قسمت مشعل اصلی به شکل مستقیم و محفظه کلساینر به شکل غیرمستقیم) تامین نمود [۱۶].

طبق مطالعات شیرزادی (۱۳۸۹) در کشور ایران ۷۰–۶۵٪ پسماندها را مواد آلی تشکیل می‌دهد که قابل تبدیل به کمپوست می‌باشند. حدود ۱۵–۱۰٪ پسماندهای خشک بازیافتی قابل بازیافت هستند و مابقی (۲۵–۲۰٪) پسماندهای به‌اصطلاح دفنی یا غیربازیافتی (مانند کیسه‌های پلاستیک، مواد یک‌بارمصرف، مواد بسته‌بندی، منسوجات) که در واقع دارای ارزش حرارتی می‌باشند و برای تامین سوخت کوره‌های بلند مانند کارخانه سیمان، آهک، ذوب‌آهن و یا تامین سوخت نیروگاه‌های ویژه مورداستفاده قرار

می‌گیرد [۱۷]

طبق یک بررسی، تنها با احتراق زباله‌های شهر تهران، می‌توان سالانه حدود ۲۳۰ مگاوات الکتریسیته تولید نمود که منجر به حفظ ۲/۳ میلیون بشکه نفت و یا ۰/۸ میلیون تن زغال‌سنگ و یا ٤/۹ میلیون تن سرباره سنگ معدن می‌شود. البته کاربرد RDF با مشکلاتی از جمله ذخیره‌سازی، طراحی کوره‌های سازگار با RDF، ایجاد خوردگی در کوره‌ها و ایجاد خاکستر زیاد اشاره نمود [۱۸].

۳. اقدامات، برنامه‌ها و تجربیات برخی کشورها برای مصرف RDF در صنعت سیمان:

در بخش قبلی، به برخی اقدامات انجام‌گرفته برای مصرف RDF در کشورهای مختلف اشاره شد که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- تفاهم‌نامه گروه سیمان سیام[12] در کشور ویتنام برای مدیریت پسماند و استفاده از آنها به‌عنوان سوخت کوره؛

۲- میزبانی کارخانه سیمان ریبلزدل[13] در انگلستان برای مطالعات سوخت‌های زیستی و هیدروژنی و با هماهنگی انجمن محصولات معدنی (MPA)[14] به همراه کارخانه سیمان هانسون[15] شرکت سیمان هیدلبرگ[16] با چشم‌انداز مصرف بیش از ۳۰ درصد سوخت‌های جایگزین (AF)[17] و کاهش ۳۰ درصدی انتشار Co۲ برای هر تن سیمان به زیر ۵۳۰ کیلوگرم در سال ۲۰۳۰، حذف سوخت‌های فسیلی در صنعت سیمان تا سال ۲۰۵۰ (کنفرانس بین‌المللی سم‌فوئلز[18]) [۱۹]؛

۳- برنامه‌ریزی کارخانه سیمان لیمریک[19] در ایرلند برای جایگزینی سوخت در ماه مارس سال ۲۰۲۰ و درخواست مجوز (برای همکاری در مصرف حداکثر ۹۰،۰۰۰ تن لاستیک و سایر مواد زاید (RDF) در سال به‌عنوان سوخت جایگزین در کوره خشک) از آژانس حفاظت از محیط‌زیست (EPA)[20]

٤- امضا توافق‌نامه شرکت هلدینگ خدمات محیط‌زیست عمان[21] با کارخانه سیمان عمان برای سوزاندن لاستیک‌های زباله [۲۰].

۵- رشد بازار RDF در مناطق مهم از جمله ایالات متحده امریکا، کانادا، آلمان، فرانسه، انگلیس، ایتالیا، روسیه، چین، ژاپن، کره جنوبی، تایوان، آسیای جنوب شرقی، مکزیک و برزیل بر اساس گزارش تحقیقات بازار ارائه شده توسط ریپرتزان‌ریپرت[22] [۲۱]؛

٦- روند افزایشی سریع مصرف سوخت‌های جایگزین در صنعت سیمان آلمان[۲۲].

پنج عضو سیمان انجمن محصولات معدنی انگلیس (MPA) شامل کارخانه‌های Breedon ، Cemex UK، Honson، Lafarge و Tarmac در سال ۲۰۱۸ میزان سوخت حاصل از زباله ٤۳/۲٪ را داشته‌اند [۲۳].

نتایج تجزیه‌وتحلیل QFD[23] نشان می‌دهد که شش استاندارد اصلی در استاندارد کیفیت RDF بر اساس اهمیت وجود دارد که شامل:

12 Siam Cement Group (SCG)
13 Ribblesdale
14 Mineral Products Association (MPA)
15 Hanson Cement
16 Heidelberg Cement
17 alternative fuels (AF)

18 CemFuels
19 Limerick
20 Environmental Protection Agency (EPA)
21 Oman Environmental Services Holding Company - be'ah
22 ReportsnReports
23 Quality Function Development (QFD)

RDF ۵-۳ سانتی‌متر، ذرات معلق ۸۰ میلی‌گرم در مترمکعب، رطوبت کمتر از ۲۰٪، جیوه ۵ میلی‌گرم بر مترمکعب، ارزش حرارتی بیش از ۲۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم و مقدار خاکستر کم. اولویت بهبود فرآیند با تجزیه‌وتحلیل علت نشان می‌دهد که انجام عملیات پیش‌تولید RDF با استفاده از MSW طی خشک‌کردن، کاهش ناخالصی‌ها از طریق فرآیند سرند کردن و اطمینان از طراحی تیغه‌های خردکن برای دستیابی به‌اندازه مدنظر جهت توسعه سوخت‌های جایگزین RDF در صنعت سیمان، به‌ویژه در تعیین استانداردهای کیفیت و رویه‌ها برای نتایج مطلوب RDF بوده است [۲۴].

در کشورهایی که نرخ جایگزینی سوخت‌های جایگزین (AF)[24] بالائی دارند، AF خشک بیش‌ازپیش عمومی شده است. در اروپا چندین کارخانه نوار نقاله برای این کار نصب کردند و خشک‌کن نوری برای RDF یا ضایعات زباله و پسماند را به کمک گرمای اضافی از کوره یا کولر آب‌گیری مکانیکی می‌نمایند [۲۵].

مرکز داده‌های سوخت جایگزین (AFDC) اطلاعات، داده‌ها و ابزارهایی را برای کمک به ناوگان و سایر تصمیم‌گیران حمل‌ونقل در یافتن راه‌هایی جهت دستیابی به اهداف انرژی و اقتصادی خود از طریق استفاده از سوخت‌های جایگزین و تجدیدپذیر، وسایل نقلیه پیشرفته و سایر اقدامات صرفه‌جویی در مصرف سوخت را فراهم می‌کند [۲۶].

بااین‌حال، مطابق تحقیقات میدانی از پتانسیل مصرف RDF، هنوز در مرحله نوپا باقی‌مانده و نرخ جایگزینی حرارتی (TSR) کمتر از ۱٪ گزارش شده است [۲۷].

24 Alternative Fuels (AF)

۴. جمع‌بندی:

در این مقاله، به طور خلاصه انواع سوخت جایگزین به‌ویژه RDF معرفی شد و تجربیات مصرف سوخت حاصل از زباله (RDF) و گسترش آن در صنعت سیمان کشورهای مختلف بررسی گردید. باتوجه‌به مزایای ویژه این سوخت که شامل توجیه اقتصادی در سطح کلان برای کشور، کمک به محیط‌زیست با مدیریت پسماند است، کمبود سرمایه‌گذاری راه‌اندازی این فن‌آوری در صنعت سیمان ایران دیده می‌شود که امری بسیار ضروری است.

۵. قدردانی:

از آقای مهندس امینی یکتا و نیز مدیران، کارشناسان و تکنسین‌های محترم شرکت سیمان تهران بسیار سپاس گذارم.

۵. منابع:

[۱] محمدی، علی، RDF،۱۳۹۷ ، تکنولوژی پیشرفته استفاده از زباله‌ها در صنعت سیمان به‌عنوان سوخت جایگزین، چهارمین کنفرانس ملی صنعت سیمان و افق پیش رو، تهران،

[۲] Nobuo Tanaka & Bjorn Stigson (۲۰۱۰). “Cement Technology Roadmap ۲۰۰۹, Carbon emissions reductions up to ۲۰۵۰”.

[۳] Avier Farfan & Mahdi Fasihi & Christian Breyer. (۲۰۱۹) “Trends in the global cement industry and opportunities for long-term sustainable CCU potential for Power-to-X”. Journal of Cleaner Production, Volume ۲۱۷, ۲۰ April ۲۰۱۹, Pages ۸۲۱-۸۳۵.

[٤] عین افشار الهام، عین افشار نفیسه، خدادادی‌پور زهرا. (۱۳۹۸). "راهکارهایی جهت کاهش هزینه تولید در صنعت سیمان". اولین کنفرانس بین‌المللی و پنجمین کنفرانس ملی صنعت سیمان و افق پیش رو، آبان ۱۳۹۸. تهران.

[۵] نمازی، فرید؛ بسطامی، مهدی؛ (۱۳۹۷).

"آسیب‌شناسی مشکلات ساختاری صنعت سیمان کشور". معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن. شماره مسلسل: ۱۶۳۰۵.

[٦] چهرگانی، حسین؛ چشمه‌وزانی، ابراهیم. (۱۳۹۱). "مروری برسوخت مصرفی و شاخص‌های آن در صنعت سیمان". ماهنامه علمی تخصصی فناوری سیمان، شهریور و مهرماه ۱۳۹۱ – شماره ٥٤، صفحات ۹۵-۹۷.

[۷] برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت صنعت، معدن و تجارت، ۱۳۹٤.

[۸] هراتی، سید امیر ناصر؛ عبدالله زاده، رضا؛ جلوس جمشیدی، رضا. "برآورد پتانسیل تولید RDF از پسماندهای بازکنی شده در مکان‌های دفن ایران". مجله مدیریت پسماند، بهار ۱۳۸٦ – شماره، ۸، صفحات ۱۰۹ تا ۱۱۳.

[۹] هادی، فاطمه. "روش‌های تبدیل پسماند به RDF". مجله مدیریت پسماند، بهار ۱۳۸٦، شماره ۸، صفحات ۱٤۸-۱۵۱

[10] Hajizadeh، Yaghoub؛ Paul T.Williams؛ "Production of Activated Carbon from RDF and Its Use for Dioxin Removal in Waste Incinerators". Journal of Waste Management, April 2012, No12, 97-104.

[۱۱] زارع، نازنین؛ دیلمی، مریم؛ "طراحی کارخانه تولید RDF و سیستم‌های مکمل آن در مدیریت پسماند شهری برای پسماندهای شهری با ظرفیت ۱۰۰۰ تن در روز". مجله مدیریت پسماندها، بهار ۱۳۹۲، شماره ۱٤، صفحات ۳٤-۳۸.

[۱۲] عبداللهی فر، علی؛ مظفری، روح اله؛ کشتکار، حمید؛ "بررسی صرفه اقتصادی احداث خط تولید سوخت RDF در تکمیل خط تفکیک صنعتی پسماند در شیراز". مجله مدیریت پسماندها، بهار ۱۳۹۳، شماره ۱۵، صفحات ۳۲-۳۹.

[۱۳] امیررضا طلائی، بابک جانفشان، مهرنوش ابطحی. (۱۳۸۵). "استفاده سوخت حاصل از RDFبه عنوان یک انرژی تازه". اولین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران.

[۱٤] رضویان محمدحسن. (۱۳۹۰). "بررسی اثرات استفاده از تایرهای فرسوده به‌عنوان سوخت جایگزین در صنایع سیمان". سال هشتم، شماره ۱، پیاپی ۳٦، دی ۱۳۹۰، صفحات ٦۱-٦٤.

[۱۵] رکنی‌زاده، جلیل. نجاتی، وحید. (۱۳۹۲). " بررسی فنی و اقتصادی ورود سوخت حاصل از زباله و تایر فرسوده در صنایع سیمان ایران ". نشریه انرژی ایران / دوره ۱۷ شماره ۱ بهار ۱۳۹۲، صفحات ۱۱۱-۱۲۸

[۱٦] رشیدی، حجت اله و فروتن، سارا و ملک تاش، سعید. (۱۳۹۸). "امکان‌سنجی طرح تولید RDF از پسماند شهری و استفاده آن در صنایع و کارخانه سیمان پیوند در استان گلستان". دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی با محوریت آب، سیل و محیط‌زیست، گنبدکاووس.

[۱۷] شیرزادی گیاهی، هایده. (۱۳۸۹). "معرفی فرآیند اولین طرح پردازش پسماندهای پس سرندی جهت تولید انرژی جایگزین سوخت (RDF : Refuse Derived Fuels) در شهر کرمانشاه به‌عنوان الگو برای ایران". چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران.

[۱۸] رمضانی، مائده؛ مرزبان شیما؛ روحانی فرحمند، آرمین. (۱۳۹٦). "بازیافت انرژی از زباله: تولید سوخت RDF" چهارمین همایش مهندسی ایمنی و مدیریت HSE، آبان ۱۳۹٦.

[19] Sussan Pasuki. (2020). "Global CemFuels". 14th Global CemFuels Conference. 19 - 20 February 2020. Cyprus.

[20] "GLOBAL CEMENT NEWS: PRODUCTS & CONTRACTS". APRIL 2020, p30.

[21] Waste as fuel. From: www. 2017. hanson-sustainability.co.uk

[22] www.reportsnreports.com.

[23] www.Globalcement.com

[24] Kuntum Khoiro Ummatin & Qurrotin A. M. O. Arifianti & Aulia Hani & Yulis Annissa. (2016). "Quality Analysis of Refused-Derived Fuel as Alternative Fuels in the Cement Industry and Its Evaluation on Production". Second International Conference on Science Technology Engineering and Management (ICONSTEM).

[25] Volter Heoenig (2020). "Save your energy". Word cement magazine, June 2020, p58.

[26] "The Information Source for Alternative Fuels and Advanced Vehicles". From: https://afdc.energy.gov

[27] Kaushik Chandrasekhar & Suneel Pandey (2019). "Co-processing of RDF in Cement Plants". Energy Recovery Processes from Wastes pp. 225-236