



حامل‌های انرژی و نگاهی به ملاحظات زیست‌محیطی صنعت آهن و فولاد تا اول سال ۲۰۲۲

پیش‌بینی استفاده زیاد از هیدروژن سبز

به‌جای انرژی‌های فسیلی در تولید فولاد دنیا تا سال ۲۰۳۰

(قسمت اول)

مهندس هومن طیبی - دکتر مهندس سید تقی نعیمی، کارشناس رسمی دادگستری

غیردلخواه به انواع مطلوب‌تر تبدیل نموده است. به عنوان نمونه انرژی را از شکل علوفه به گوشت، از چوب به گرما و زغال‌سنگ، گاز و نفت را به برق تبدیل کرده است. توان کاری یک انسان سالم در بهترین شرایط حدود ۱۰۰ وات است.

زمانی در حدود یک میلیون سال پیش بشر اولیه پا به عرصه وجود گذاشت، هنوز مسیر درازی را برای رسیدن به تکامل نسبی امروزی خویش پیش‌رو داشته است. نیاکان اولیه ما، هنوز طریقه روشن کردن آتش و استفاده از آن را نیاموخته بودند و از این رو بشر اولیه فقط به مواد غذایی که مصرف می‌نمود به عنوان تنها منبع انرژی در دسترس خویش اکتفا می‌کرد. مقدار مصرف روزانه انرژی او در حدود دو کیلوکالری تخمین زده می‌شود.

با تکامل تدریجی بشر مقدار مصرف روزانه انرژی انسان‌های ساکن اروپا در حدود ۱۰۰ هزار سال پیش تقریباً ۲/۵ برابر مقدار اولیه افزایش یافت. چنین افزایشی در مقدار انرژی مصرفی حاصل آموختن روش‌های مناسب‌تر برای دستیابی به غذا نظیر شکار حیوانات و هم‌چنین استفاده از چوب به عنوان سوخت برای گرمایش و پخت و پز بوده است.

با آغاز انقلاب کشاورزی در حدود پنج هزار سال قبل مقدار انرژی مصرفی روزانه بشر به حدود ۱۲/۵ کیلوکالری در روز رسید که این افزایش منتج از آموختن چگونگی به‌کارگیری حیوانات برای استفاده در مزارع می‌باشد. با گذشت ۱۴۰۰ سال از میلاد مسیح مقدار

بشر برای تولید بیشتر فولاد، محصولات پتروشیمی، سیمان و... سالانه به‌خصوص در چند سال اخیر انرژی‌های فسیلی بیشتری مصرف نموده است. به عبارت دیگر، رفاه ظاهری امروزه بشر در اثر مصرف بیش از پیش حامل‌های انرژی فسیلی تأمین گردید. افزایش مصرف حامل‌های انرژی برای توسعه اقتصاد جهانی عملاً اجتناب‌ناپذیر بوده است.

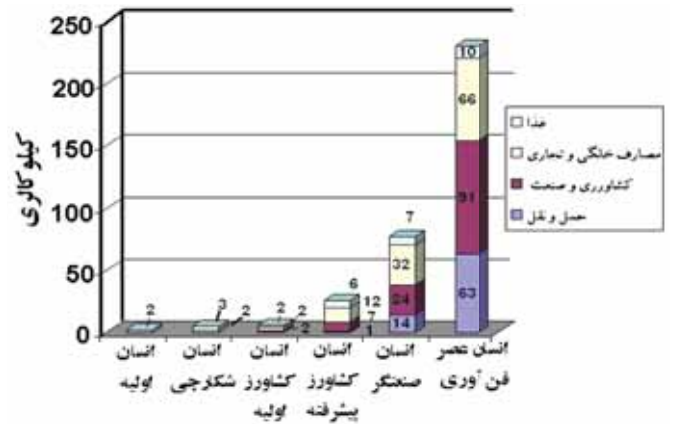
در این مقاله مختصری در ارتباط روند افزایش تدریجی مصرف انرژی بشر از قرن‌های گذشته تا کنون آورده و کوشش می‌گردد بر مبنای بررسی ذخایر شناسخته شده نفت، گاز، زغال‌سنگ با در نظر گرفتن میزان تولید نفت، گاز، ایران و دنیا به‌خصوص نسبت ذخایر گاز و نفت به تولید و مصرف آنها به تجزیه و تحلیل وضعیت خاص ایران در سال ۲۰۲۰ پرداخته شود. با توجه به لزوم جلوگیری از افزایش حرارت کره زمین در سال‌های آینده لزوم جایگزینی مصرف هیدروژن سبز به‌جای حامل‌های انرژی فسیلی مصرفی در تولید فولاد خام مختصری بیان گردید.

در طول تاریخ، بشر برای پیش‌برد منافع خویش همواره حامل‌های انرژی و مواد را از شکل‌های

← **سرآغاز زندگی اجتماعی و تمدن بشر، با شناخت و کاربرد فلزات هم‌زمان بوده است. در تحقق و تکوین توسعه حیرت‌انگیز صنعت و تکامل نسبی تکنولوژی امروزی عناصر و مصالح فلزی دخالت مستقیم داشته و دارند. تهیه مصنوعات آهنی از سنگ آهن فقط مسأله عصر حاضر نیست، بلکه سابقه طولانی در تاریخ تمدن بشری دارد.**

ماهنامه پردازش: تولید محصولات فولادی امروزی به مصرف زیاد حامل‌های انرژی فسیلی نیاز دارد. مصرف حامل‌های انرژی فسیلی سبب تولید مقدار زیاد گاز CO₂ می‌گردد. حدود ۲۵ درصد کل گاز CO₂ تولیدی صنایع سال ۲۰۲۱ دنیا در اثر تولید حدود یک میلیون و ۱۱۹ هزار تن فولاد به‌وجود آمده است.

شکل (۱)



مقدار انرژی مصرفی بشر در طول تاریخ سهم تقریبی هر بخش از کل انرژی مصرفی توسط انسان

شکل (۲)



سرانه مصرف انرژی در کشورهای مختلف جهان برحسب میلیون تن نفت خام در سال ۲۰۲۰



مصرف روزانه انرژی بشر به حدود ۲۵ کیلوکالری در روز رسید که این افزایش نتیجه استفاده انسان از نیروی باد، جریان آب، درک چگونگی استفاده از زغال سنگ برای گرمایش فضای منازل و استفاده سیستماتیک از حیوانات برای حمل و نقل بوده است. در سال ۱۸۷۵ با اختراع ماشین بخار به طور ناگهانی مصرف روزانه انرژی بشر سه برابر شد و به حدود ۷۵ کیلوکالری در روز رسید. در حالی که افزایش مصرف انرژی توسط انسان تا این تاریخ روندی کند و آهسته را پشت سر می گذاشت ولی با اختراع ماشین بخار و آغاز عصر انقلاب صنعتی مصرف روزانه انرژی بشر در مدت زمان نسبتاً کوتاهی سیر صعودی را طی نمود.

با دسترسی به فناوری‌های پیشرفته هر نفر آمریکایی در دهه ۱۹۷۰ میلادی به طور متوسط روزانه ۲۳۰ کیلوکالری انرژی مصرف می کرد. به عبارت دیگر مقدار مصرف انرژی روزانه بشر در ۵۰ سال پیش حدود ۱۱۵ برابر بیشتر از انسان نخستین شده است.

امروزه مصرف انرژی کشورهای مختلف به هیچ وجه یکنواخت و متوازن نمی باشد. براساس آمار موجود در سال ۲۰۲۰ سرانه مصرف انرژی در کشورهایی با بالاترین مصرف انرژی حداقل ۵۹ برابر سرانه مصرف انرژی در کشورهایی با کمترین مقدار مصرف انرژی بوده است (بنگلادش ۹/۷ و قطر ۵۹۴). بیش از ۳۸/۹ درصد انرژی جهان در سال ۲۰۲۰ در ۳۰ کشور عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD) مصرف شده است. براساس آمار سازمان ملل متحده، این کشورها در سال ۲۰۲۰

حدود ۱۸ درصد از کل جمعیت جهان را تشکیل می دادند. شکل (۲) سرانه مصرف انرژی در سال ۲۰۲۰ کشورهای مختلف را نشان می دهد.

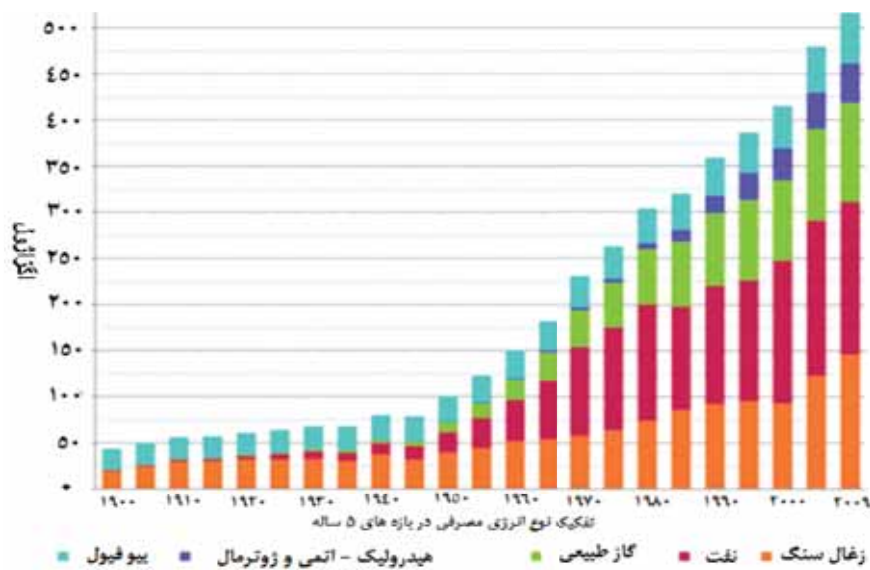
مصرف سرانه انرژی ایران در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۴۳/۲ گیگاژول و کشورهای هم جوار ایران: پاکستان ۱۵/۷، ترکیه ۷۴/۶، عراق ۵۱/۳، کویت ۳۵۲/۹، امارات ۴۲۳/۷، آذربایجان ۶۱/۳ و افغانستان ۲۷/۶ گیگاژول بود.

رشد مصرف سرانه انرژی ایران نسبت به میانگین رشد سرانه مصرف انرژی دنیا در بیست سال اخیر بسیار زیاد بوده است. بدون اینکه رشد اقتصادی ایران نسبت به میانگین رشد اقتصادی دنیا افزایش چندانی در این مدت نموده باشد به عبارت دیگر رشد مصرف خانگی انرژی ایران در مدت بیست سال اخیر افزایش چشم گیری نسبت به میانگین

دنیا را نشان می دهد. ائتلاف انرژی در ایران عملاً بیشتر از کشورهای پیشرفته دنیا می باشد.

چنانچه این روند افزایشی مصرف انرژی خانگی ایران در سال های آینده ادامه داشته باشد و سرمایه گذاری لازم برای بهره برداری بیشتر از منابع خدادادی گاز طبیعی انجام نگردد متأسفانه باید گفت: حداکثر در وضعیت فعلی ضریب بهره برداری از ذخایر گازی ایران از حدود پنج سال آینده ایران که دومین ذخیره گازی دنیا را به خود اختصاص می دهد باید گاز از خارج وارد نماید. امید است مسوولان محترم فعلی کشور از هم اکنون برای کاهش رشد سالانه مصرف خانگی و سرمایه گذاری لازم جهت افزایش استخراج مقدر گاز طبیعی نه برای مصرف خانگی بلکه جهت صادرات اقدامات موثر لازم مبذول فرمایند.

شکل (۳)



انواع انرژی مصرفی از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۹ در بازه های ۵ ساله

جدول (۳)

سال	آمریکا	آلمان	چین	ژاپن	ایران	عربستان	بنگلادش	هند	جهان
۲۰۱۱	۹۲/۰۵	۱۳/۲	۱۱۲/۵۴	۲۰/۰۲	۹/۱۱	۹/۱۸	۰/۹۸	۲۳/۸	۵۱۷/۶۴
	-۰/۸۶	-۰/۵	۸/۲۵	-۱/۰۹	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۰۸	۱/۳۲	۱۲/۲۶
۲۰۱۲	۸۹/۶۲	۱۳/۳۷	۱۱۷/۰۵	۱۹/۸۹	۹/۲۱	۹/۷۴	۱/۰۵	۲۵/۰۴	۵۲۴/۶۱
	-۲/۴۳	۰/۱۷	۴/۵۱	-۰/۱۳	۰/۱	۰/۵۶	۰/۰۷	۱/۲۴	۶/۹۷
۲۰۱۳	۹۲/۰۴	۱۳/۷۴	۱۲۱/۳۸	۱۹/۷۳	۹/۵۵	۹/۷۸	۱/۰۸	۲۶/۰۲	۵۳۴/۳۲
	۲/۴۲	۰/۳۷	۴/۳۳	-۰/۱۶	۰/۳۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۹۸	۹/۷۱
۲۰۱۴	۹۲/۹۹	۱۳/۱۶	۱۲۴/۸۲	۱۹/۲۲	۹/۹۸	۱۰/۴۹	۱/۱۲	۲۷/۷۹	۵۳۹/۵۶
	۰/۹۵	-۰/۵۸	۳/۴۴	-۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۷۱	۰/۰۴	۱/۷۷	۵/۲۴
۲۰۱۵	۹۲/۰۹	۱۳/۰۴	۱۲۶/۵۳	۱۸/۹۲	۹/۹۳	۱۰/۸۲	۱/۳۱	۲۸/۶۸	۵۴۴/۴
	-۰/۹	۰/۲۴	۱/۷۱	-۰/۳	-۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۸۹	۴/۸۵
۲۰۱۶	۹۱/۹۶	۱۳/۶۲	۱۲۸/۶۳	۱۸/۷	۱۰/۴	۱۰/۹۶	۱/۳۳	۲۹/۹۵	۵۵۱/۷۴
	-۰/۱۳	۰/۲۲	۲/۱	-۰/۲۲	۰/۴۷	۰/۱۴	۰/۰۲	۱/۲۷	۷/۳۳
۲۰۱۷	۹۲/۲۶	۱۳/۷۸	۱۳۲/۸	۱۸/۹۱	۱۰/۷۹	۱۰/۹۳	۱/۳۸	۳۱/۱۴	۵۶۱/۸۲
	۰/۳	۰/۱۶	۴/۱۷	۰/۲۱	۰/۳۹	-۰/۰۳	۰/۰۵	۱/۱۹	۱۰/۰۸
۲۰۱۸	۹۵/۶۴	۱۳/۴۴	۱۳۷/۵۸	۱۸/۸	۱۱/۴۲	۱۰/۶۵	۱/۴۷	۳۳/۱۴	۵۷۶/۱۳
	۳/۳۸	-۰/۳۴	۴/۷۸	-۰/۱۱	۰/۶۳	-۰/۲۸	۰/۰۹	۲	۱۴/۳۱
۲۰۱۹	۹۴/۹	۱۳/۰۵	۱۴۲/۳	۱۸/۳۷	۱۱/۹۷	۱۰/۶۸	۱/۶۴	۳۳/۸۹	۵۸۱/۵۱
	-۰/۷۴	-۰/۳۹	۴/۴۵	-۰/۴۳	۰/۵۵	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۷۵	۵/۳۸
۲۰۲۰	۸۷/۷۹	۱۲/۱۱	۱۴۵/۶	۱۷/۰۳	۱۲/۰۳	۱۰/۵۶	۱/۵۹	۳۱/۹۸	۵۵۶/۶۳
	-۷/۱۱	-۰/۹۴	۳/۴۳	-۱/۳۴	۰/۰۶	-۰/۱۲	-۰/۰۵	-۱/۹۱	-۲۴/۸۸

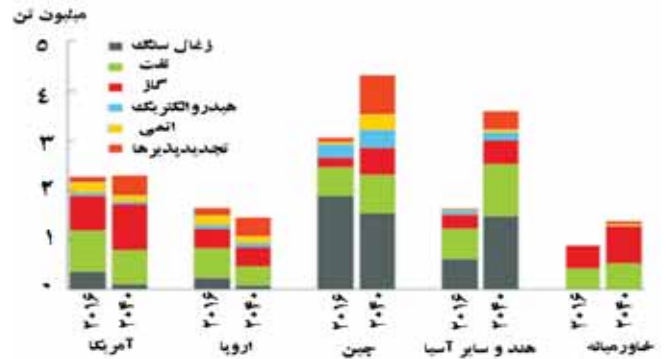
میزان مصرف انرژی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ در ایران و دنیا و بعضی از کشورهای مختلف جهان (برحسب میلیون تن معادل نفت) و درصد تغییرات مصرف هر سال به سال قبل

افزایش درصد رشد مصرف انرژی سال‌های اخیر ایران سیاست غلط قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی در ایران بوده‌است. همان‌طوری که دیده می‌شود رشد مصرف انرژی‌های فسیلی دنیا با سرعتی کمتر از دو دهه قبل تا سال ۲۰۳۰ ادامه خواهد داشت. سرانه رشد انرژی‌های فسیلی در دهه چهارم قرن اخیر عملاً با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت دنیا ناچیز خواهد بود. پیش‌بینی می‌شود در دهه پنجم قرن اخیر میزان مصرف انرژی‌های فسیلی از دهه چهارم کمتر بشود به عبارت دیگر بعد از دهه چهارم قرن اخیر مصرف انرژی‌های فسیلی سالانه دنیا روند کاهشی خواهد داشت. باگذشت زمان بشر همواره تلاش نموده است که منابع تأمین انرژی خویش را تنوع و تکثیر ببخشد. ولی با این حال و از زمان اختراع ماشین بخار و آغاز انقلاب صنعتی سوخت‌های فسیلی تا کنون همواره نقش غیرقابل انکاری برای به حرکت در آوردن چرخ صنایع و رفاه نسبی در جوامع بشری داشته‌اند پیش‌بینی می‌شود حداقل حدود ۵۰ درصد انرژی‌های فسیلی که در سال ۲۰۲۱ برای تولید

اخیر تقریباً ثابت باقی مانده یا کم شده است. این کشورها بیشتر کوشش نموده و می‌نمایند بدون افزایش مصرف انرژی با افزایش کیفیت، ارزش افزوده محصولات تولیدی خویش را انجام دهند، موجبات رشد و توسعه اقتصادی کشور خود را در سال‌های اخیر بدون افزایش مصرف انرژی فراهم نمودند. به عبارت دیگر رشد اقتصادی آنها در سال‌های اخیر بیشتر با افزایش بهره‌وری انرژی و سایر اقدامات فنی امکان پذیر شده است. در همین حال مقدار کل انرژی مصرفی کشورهایی نظیر هند، ایران و چین با رشدی سریع از سال‌های قبل در حال افزایش است. عملاً بهره‌وری انرژی ایران خیلی کمتر از کشورهای صنعتی می‌باشد. بهره‌وری انرژی در چین در چند سال اخیر سالانه افزایش یافته است. مصرف کل انرژی چین در سال ۲۰۲۱ تقریباً به مصرف آمریکا نزدیک شده است. احتمالاً چنانچه رشد اقتصادی چین در سال‌های آینده مانند سال‌های قبل از شروع اپیدمی کووید ۱۹ باشد مصرف انرژی چین احتمالاً بیشتر از آمریکا خواهد شد. یکی از فاکتورهای موثر در

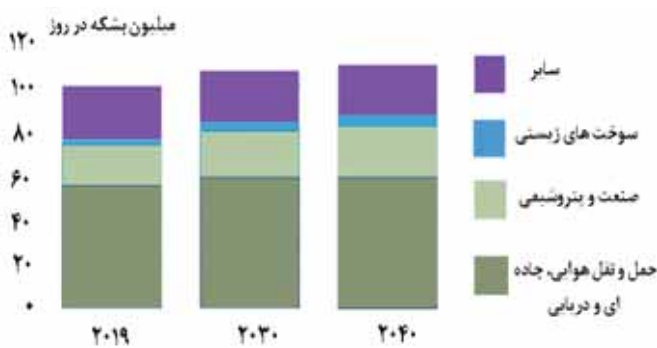
براساس پیش‌بینی‌ها، سرانه مصرف انرژی تا سال ۲۰۳۰ در کشورهای پیشرفته در مقایسه با کشورهای در حال توسعه همچنان چند برابر باقی خواهد ماند. شکل (۴) پیش‌بینی میزان سرانه مصرف نفت کشورهای مختلف را در سال ۲۰۳۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، براساس پیش‌بینی‌ها در سال ۲۰۳۰ سرانه مصرف نفت در کشورهای کانادا و ایالات متحده آمریکا بیش از ۹ برابر سرانه مصرف نفت در کشورهای جنوب آسیا خواهد بود. پس از ایالات متحده آمریکا و کانادا، ۳۰ کشور پیشرفته عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی بیش‌ترین میزان مصرف نفت را در سال ۲۰۳۰ خواهند داشت. براساس آمارهای موجود میزان کل مصرف انرژی کشورهای صنعتی جهان در ۱۰ سال اخیر تقریباً ثابت باقی مانده یا کمتر شده است. جدول (۱) تغییرات مقدار انرژی مصرفی چند کشور جهان از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود، مصرف کل انرژی کشورهایی نظیر آمریکا، ژاپن و... در سال‌های

شکل (۴)



پیش‌بینی مصرف انواع انرژی به تفکیک منطقه‌ای

شکل (۵)



تغییرات تقاضا برای محصولات نفتی در کشورهای پیشرفته و صنعتی

فولاد خام دنیا مصرف شدند با مصرف هیدروژن سبز تا سال ۲۰۳۰ جایگزین بشوند.

شکل (۶) سهم هریک از انرژی‌های فسیلی و غیرفسیلی را در طول ۲۵ سال اخیر جهان را نشان می‌دهد. نفت، گاز و زغال‌سنگ به ترتیب حدوداً ۳۰، ۲۲/۱ و ۲۷ درصد انرژی مصرفی جهان را در سال ۲۰۲۰ تأمین نموده‌اند، به عبارت دیگر در مجموع ۷۹/۱ درصد از انرژی جهان در سال ۲۰۲۰ توسط منابع سوخت‌های فسیلی تأمین شده است. با این حال ایجاد یک تمایل جهانی در میان کشورهای مختلف برای افزایش بهره‌وری حامل‌های انرژی همچنان کاهش بیشتر وابستگی به منابع سوخت‌های فسیلی در ۵۰ سال اخیر به‌خصوص در فرآیند تولید فولاد دنیا واقعیتی غیرقابل انکار است.

از دلایل عمده ایجاد چنین روندی را می‌توان به این موارد اشاره نمود:

- ۱) افزایش قیمت جهانی این نوع از انرژی‌ها یا به دلیل محدودیت منابع تأمین آنها و افزایش تقاضا.
- ۲) تجدیدنظیر بودن این منابع و ضرورت یافتن جایگزین مناسب برای این نوع سوخت‌ها.
- ۳) آلاینده‌بودن استفاده از این نوع انرژی‌های فسیلی.
- ۴) استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی سبب

افزایش درجه حرارت کره زمین و موجب به خطر افتادن تعادل اکوسیستم محیط‌زیست در سطح جهان می‌شود.

روند کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی بشر به ازاء تولید هر واحد از یک محصول ناشی از تلاش برای حفظ محیط‌زیست و کاهش هزینه تولید می‌باشد، به دلیل انگیزه‌های اقتصادی افزایش سرسام‌آور قیمت گاز در سال ۲۰۲۱ و اوایل ۲۰۲۲ در اروپا و افزایش قیمت جهانی نفت از اواخر سال ۲۰۲۱ عامل ایجاد تلاش و جنب و جوشی موثر در میان مسوولان صنایع مختلف و دولت مردان برای افزایش بهره‌وری بیشتر انرژی، کاهش هرچه بیشتر وابستگی به سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت و گاز، همچنین سرمایه‌گذاری بیشتر در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، باد، زمین گرمایی و ... بوده و می‌باشد.

شکل (۵) موید این است که روند افزایش مصرف انرژی در بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰ خیلی کمتر از افزایش آن تا سال ۲۰۳۰ خواهد بود.

مصرف کننده انرژی‌های فسیلی تا به امروز در جهان هستند و مسوول رها کردن حدود ۶ درصد از کل گاز دی‌اکسیدکربن سال ۲۰۲۱ در دنیا به محیط زیست با مصرف سوخت‌های فسیلی بودند. از این رو انگیزه‌های اقتصادی و هم‌چنین زیست محیطی سبب شده است، که متخصصین صنایع تولید فولاد در سطح جهان تلاش زیادی را از ۵۰ سال قبل جهت کاهش مصرف کل انرژی به ازاء تن تولید فولاد برای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به طور اخص و کاهش مصرف انرژی به طور اعم به ازاء هر تن تولید محصولات فولادی انجام داده و می‌دهند.

تکامل تدریجی تکنولوژی فرآیند تولید فولاد که عمدتاً نتیجه تحقیقات ۵۰ سال اخیر این صنعت در سطح جهان است، سبب شد تا مصرف ویژه انرژی به‌ازاء تولید یک تن محصولات فولادی در سال ۲۰۲۰ در کشورهای صنعتی نسبت به ۳۰ سال قبل حدود ۴۰ درصد کاهش یابد.

گازهای گلخانه‌ای

و افزایش دمای کره زمین

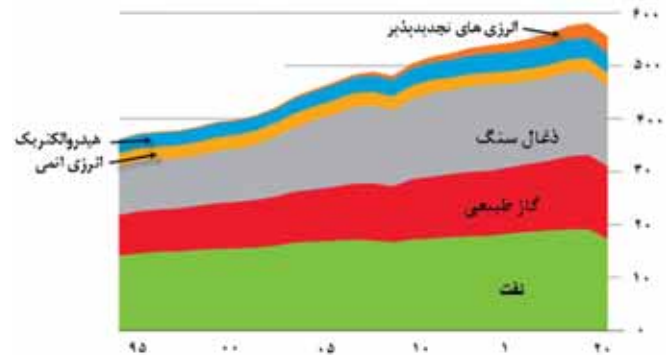
در این قسمت ضمن ذکر مقدمه‌ای از اثر گازهای گلخانه‌ای بر پدیده گرم شدن کره زمین به توصیف

روند کاهش مصرف انرژی در تولید

فولاد خام به خصوص در ۵۰ سال اخیر

صنایع آهن و فولاد از جمله مهم‌ترین بخش‌های

شکل (۶)



روند تغییر سهم انرژی‌های مختلف مصرفی جهانی بر حسب اگزاژول تا سال ۲۰۲۰

شکل (۷)



تمهیداتی که سبب کاهش یا جابجایی مصرف حامل‌های انرژی به‌ازاء تن تولید آهن خام مذاب شده است

شکل (۸)



تحولات مهم تکنولوژی کوره بلند از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰ که سبب افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی ویژه در کوره بلند به ازاء تن تولید آهن خام مذاب شده است

را در سال ۱۸۹۶ میلادی ارائه نمود. به طور کلی گازهای چند اتمی که دارای دو اتم غیر متقارن گازی باشند، نظیر (SF₆، H₂S، H₂O، SO₂، CH₄، NO₂، CF₄، CO₂ و ...) به گازهای گلخانه‌ای موسوم‌اند و اثر جذبی بالایی در اتمسفر زمین دارند. از سوی دیگر گازهای تک‌اتمی متقارن (نظیر H₂، N₂، O₂ و ...) به گازهای عبوری موسوم‌اند و انرژی جذبی بالایی ندارند.

وجود گازهای گلخانه‌ای به خودی خود برای قابل سکونت بودن زمین الزامی است. هواشناسان معتقدند که وجود گازهای گلخانه‌ای سبب به وجود آمدن محیطی مناسب در روی زمین برای گیاهان و جانوران می‌گردد.

به طوری که اگر این گازها در جو زمین موجود نبودند، دمای زمین به طور متوسط ۱۸- درجه سانتیگراد می‌گشت در حالی که هم اکنون دمای زمین به طور متوسط ۱۵/۵+ درجه سانتیگراد است. این خاصیت گازهای گلخانه‌ای به خاطر جذب بالای انرژی سوزان سطح شده از خورشید و نیز انرژی منعکس شده از زمین است.

به طور دقیق‌تر نحوه یاری رساندن گازهای گلخانه‌ای به روند گرم شدن کره زمین بدین شرح است که این ترکیبات به پرتوی خورشید اجازه عبور آزادانه از اتمسفر کره زمین را می‌دهند؛ بخشی از پرتوی ورودی پس از برخورد با سطح زمین مجدداً به سمت بالا منعکس می‌شود. ولی این بار ترکیبات گلخانه‌ای با جذب نمودن بخش مادون قرمز پرتوی بازتابی، گرم شده و در نتیجه منجر به گرم شدن فضای اطراف خویش و در نهایت کل اتمسفر کره زمین می‌شوند.

ترکیبات شیمیایی متنوعی قابلیت عمل نمودن به عنوان گاز گلخانه‌ای را دارند. بخشی از این ترکیبات به طور طبیعی در اتمسفر زمین وجود

گازهای دیگر نظیر CO₂ (۳۶۰ ppm)، CH₄ (۱/۷۵ ppm)، NO₂ (۱۰۰ ppm)، SO₂ (۲۰ ppm) و H₂S دیگر اجزاء متشکله اتمسفر کره زمین هستند. برای نخستین بار دانشمندان سوئدی به نام آرهینوس نظریه پدیده گلخانه‌ای

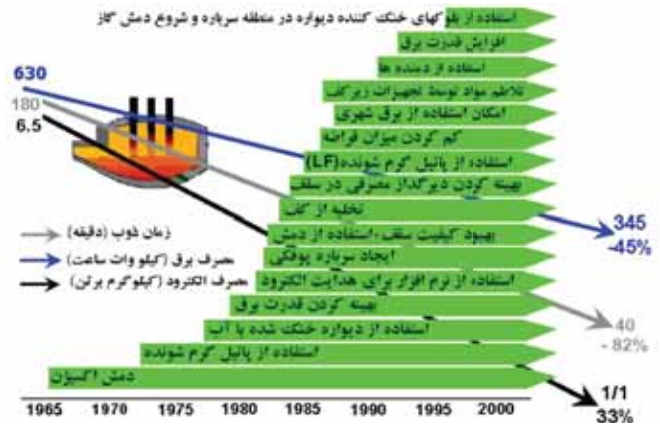
برخی از منابع مهم انرژی مصرفی در صنعت تولید فولاد آورده خواهد شد. اتمسفر زمین شامل گازهای فراوانی است که نیتروژن، اکسیژن و آرگون بیشترین مقدار آن را (۹۹/۹۶ درصد) تشکیل می‌دهند هم‌چنین

شکل (۱۰)



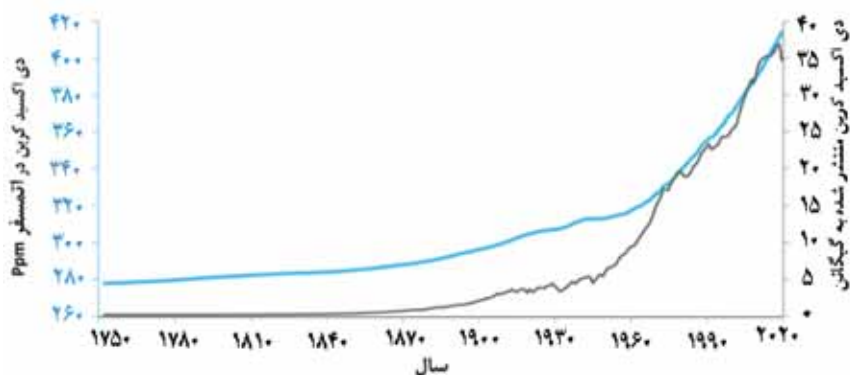
تمهیداتی که از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ سبب افزایش راندمان تولید، بهبود کیفیت فولاد خام ریخته شده و ... شده است

شکل (۹)



تمهیداتی که از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ سبب افزایش راندمان کوره قوس الکتریکی، کاهش مصرف الکتروود هم‌چنین کاهش مصرف برق به‌ازاء تن تولید فولاد خام شده است

شکل (۱۱)



مقدار و غلظت دی اکسید کربن منتشر شده و موجود در اتمسفر (۱۷۵۰-۲۰۲۰)

تخمین زده می شود که چرخه طبیعی کربن در کره زمین سالانه توانایی جذب سالانه ۶/۲ میلیارد تن گاز دی اکسید کربن را داشته باشد. افزایش فعالیت های صنعتی بیشتر در ۲۵۰ سال اخیر به افزایش تجمع مقدار زیادی CO₂ در جو زمین منجر شده است.

بر اساس بررسی های اخیر به علت فعالیت های بشر سالانه حدود ۴/۱ میلیارد تن گاز دی اکسید کربن اضافی علاوه بر ظرفیت چرخه طبیعی کربن به جو زمین اضافه می شود که این مازاد ظرفیت، باعث شده است طی ۱۵۰ سال اخیر، تجمع CO₂ در اتمسفر زمین به میزان ۲۵ درصد افزایش یابد.

افزایش CO₂ در جو حداقل باعث افزایش درجه حرارت زمین به میزان ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سانتی گراد شده است. بر این اساس در صورتی که همین روند ادامه داشته باشد، دمای زمین تا ۵۰ سال آینده بین ۲ تا ۵ درجه سانتی گراد افزایش خواهد یافت.

صنایع مختلف انرژی بر از جمله صنعت فولاد، نقش بسیار بزرگی در مقدار گاز دی اکسید کربن تولید شده در زمین ایفا می نمایند. منبع تولید بخش اعظم گازهای گلخانه ای تولید شده در صنایع آهن و فولاد استفاده از سوخت های فسیلی است که در ادامه به شرح مختصری در رابطه با آنان پرداخته می شود.

شکل (۷): مقدار گاز دی اکسید کربن منتشر شده در جو کره زمین از سال ۱۷۵۰ تا سال ۲۰۱۹ روند صعودی داشته است به علت شیوع اپیدمی کووید ۱۹ عملاً فعالیت های اقتصادی دنیا کاهش یافته و مسافرت های هوایی بی نهایت کمتر گردید استفاده از خودروهای شخصی به علت قرنطینه در کشورهای مختلف کاهش یافته به عبارت دیگر عذر شود سبب خیر اگر خدا خواهد درصد انتشار گاز CO₂ در سال ۲۰۲۰ همان طوری که در شکل (۱۱) دیده می شود نسبت به سال قبل کاهش چشم گیری یافته است.

سال اخیر را نشان می دهد. همان گونه که در این شکل دیده می شود، مقدار این گاز در جو کره زمین برای سالیان متمادی ثابت بوده است. علت این ثبات وجود چرخه ای به نام چرخه کربن در اکوسیستم طبیعی کره زمین است. در این چرخه، مقدار تعادلی گاز CO₂ پس از تولید، توسط تنفس موجودات زنده و سایر پدیده های طبیعی و یا جذب شدن توسط گیاهان و آب اقیانوس ها ثابت باقی می ماند.

دارند از قبیل: بخار آب، متان و اکسید نیتروژن و برخی دیگر صرفاً منتج از فعالیت های صنعتی بشر هستند.

در این میان برخی از گازها نظیر دی اکسید کربن دارای منشأ دوگانه طبیعی و صنعتی می باشد. گازهای گلخانه ای، جذب انرژی متفاوتی دارند که با ثابت جذب حرارت A نشان داده می شود:

$$A_{CO_2} = \epsilon_{CO_2} \times \frac{T_g}{T_w} \times 0.65$$

$$A_{H_2O} = \epsilon_{H_2O} \times \frac{T_g}{T_w} \times 0.45$$

$$A_{SO_2} = \epsilon_{SO_2} \times \frac{T_g}{T_w} \times 0.5$$

که در آن ϵ نرخ تشعشع، T_g دمای گاز و T_w دمای دیواره است. در بین گازهای گلخانه ای CH₄ و H₂O بیشترین ضریب جذب را دارند. ولی CO₂ به خاطر حجم اشغالی بسیار بالا و جذب بالای اشعه مادون قرمز و نیز سنگین تر بودن نسبت به هوا (CO₂ حدود ۱/۵۳ بار سنگین تر از هوا است) بیشترین اثر را روی اتمسفر نزدیک به زمین دارد.

شکل (۱۱) روند تغییرات مقدار و غلظت گاز دی اکسید کربن در جو کره زمین در طول ۲۶۰

