اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

ثروتی که می‌سوزد!

تهیه و تنظیم : تحریریه سفیرامید
زیرنظر مهندس محسن‌فراکش

مقدمه

سالانه بیش از **۱۵۰ بیلیون مترمکعب** گازطبیعی در فلرها می سوزد. یعنی سالانه معادل ۴ درصد از کل گاز تولیدی جهان در فلرها می‌سوزد و علاوه بر اتلاف مقدار بسیار زیاد انرژی، **۲۰۷ میلیون تن دی‌اکسیدکربن** نیز در جو منتشر می‌شود. این میزان دی اکسید کربن تاثیر زیادی در تشدید **اثر گلخانه‌ای** و همچنین کاهش pH **باران‌های اسیدی** دارد. از طرف دیگر سالانه مبلغ قابل توجهی صرف نگهداری سیستم‌های Flare می‌شود.سوال مهم این است که چرا با این همه کمبود انرژی در سطح جهان و قیمت بالای سوخت‌های فسیلی، این حجم عظیم از گاز فلر می‌شود. پاسخ این سوال بسیار ساده است، آدم‌ها همیشه عادت دارند که ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش را برای راحت شدن از شرّ مواد زائد انتخاب کنند. شاید در گذشته فلرکردن تنها راه منطقی، اقتصادی و امکانپذیر به شمار می‌رفته است؛ زیرا جمع‌آوری، ذخیره یا تزریق مجدد گاز به داخل مخزن دارای هزینه زیاد بوده و در برخی از موارد نیز با خطراتی همراه می‌باشد.

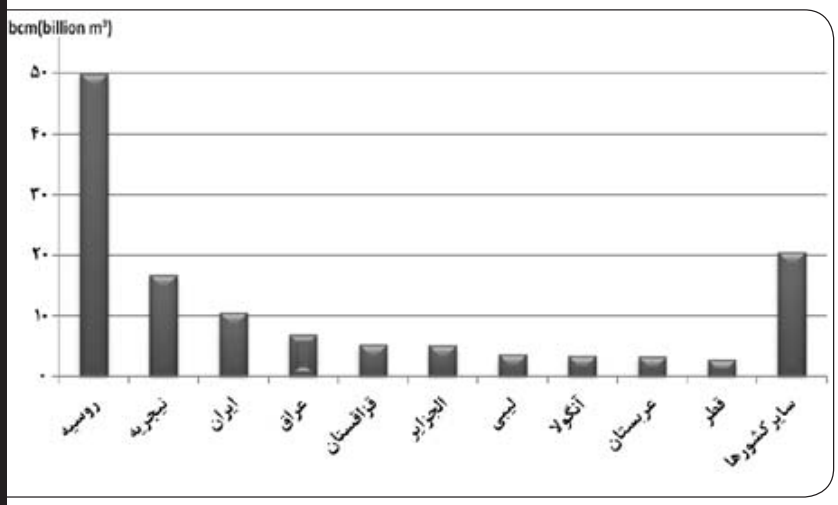
سوال جدی‌تر این است که حالا با توجه به پیشرفت گسترده فناوری‌های مرتبط با گاز و همچنین امکان بازیافت مواد همراه گاز و استفاده مناسب از گاز فلر، چرا بازهم این گاز به راحتی می‌سوزد و علاوه بر اتلاف مقدار زیادی انرژی، تاثیر نامطلوبی نیز در آلودگی محیط زیست نیز برجای می گذارد؟

پاسخ این سوال در «توسعه سریع اقتصادی برخی از کشورها و همچنین عدم وجود ابزارهای کافی و بازدارنده نزد سازمان‌های متولی محیط زیست در سطح ملی وجهانی» نهفته می‌باشد. با یک بررسی ساده متوجه می‌شویم که در برخی از کشورهای پیشرفته مقررات بسیار سختی برای جلوگیری از آلوده سازی هوا وجود دارد، به عنوان مثال استانداردهای اروپائی Euro درزمینه سوخت اتومبیل‌ها از Euro 1 (اجباری شده درسال ۱۹۹۲میلادی) تا Euro 5 (اجباری شده در سال ۲۰۰۹ میلادی)، باعث شده میزان آلاینده‌ها شامل NOx، منواکسیدکربن، ذرات معلق، هیدروکربورها و ... در اروپا به میزان قابل کاهش یابد. این در حالی است که در برخی کشورهای جهان سوم الزامی برای رعایت استانداردهای Euro 2 یا Euro 3 یا استانداردهای مشابه وجود ندارد و در تبلیغ خودروها، از این استانداردها به عنوان یک مزیت (Option) یاد می‌شود.

جدول شماره ۱ تولید گاز طبیعی در کشورهای روسیه، نیجریه، ایران، قطر و آمریکا را به همراه میزان گاز فلر شده و دی‌اکسید کربن تولید شده نشان می‌دهد. در همین سال‌ها مجموع گاز مصرفی دوکشور صنعتی آلمان و فرانسه

ردیف	میزان تولید	گازطبیعی bcm		گاز فلرشده bcm		گاز CO_2 (تولید شده از گاز Flare) mT
	نام کشور	سال	۲۰۰۸	۲۰۰۵	۲۰۰۸	۲۰۰۸
۱	روسیه		۶۸۴/۸	۵۵/۲	۴۰/۲	۹/۱۲۳
۲	نیجریه		۶۸/۴	۲۱/۳	۱۴/۹	۴۰/۵۹۷
۳	ایران		۱۷۴	۱۱/۳	۱۰/۳	۲۸/۸۰۹
۴	قطر		۷۶/۶	۲/۷	۳	۵/۸۲۶
۵	آمریکا		۶۹۶/۶	۲	۲/۳	۹/۱۲۱
	کل جهان		۳۷۶۵	۱۶۲	۱۴۰	۲۰۷/۳۶۶

جدول ۱ : میزان تولید گازطبیعی، گازفلر و دی‌اکسیدکربن



شکل ۱ : سهم کشورهای مختلف در تولید گازفلر

از میزان گاز فلر شده در سطح جهان کمتر می‌باشد. جالب است که بدانید میزان واردات گاز اروپا از روسیه تقریباً برابر میزان گاز فلر شده توسط روسیه می‌باشد. در ایران نیز میزان گاز فلر شده بسیار زیاد و در حدود ۱۰ درصد گاز تولید شده و به اندازه مصرف کشور بلژیک می‌باشد. لازم است به این نکته دقت شود که تنها گاز آلاینده تولید شده CO_2 نمی‌باشد. فلرها علاوه بر تولید دی‌اکسیدکربن، SO_2 ، NOx و ذرات‌ریز PM[Particulate Matters] ، گازهای متان، بوتان، پروپان اتیلن، پروپیلن، بنزن، تلوئن را به صورت هیدروکربن‌های نسوخته از خود باقی می‌گذارند.

فلر چیست؟

فلر Flare ، به معنای شعله بی‌حفاظ، روشنائی خیره‌کننده، مشعل و زبانه آتش معنا شده است. در حوزه نفت و گاز و صنایع وابسته به آن، فلر، دودکش Stack یا لوله عمودی امتداد یافته‌ای است که به منظور ایمنی کارکنان و جلوگیری از صدمه دیدن تجهیزات، گازهای مازاد قابل اشتعال یا سمی را می‌سوزاند. در واقع فلر، مواد قابل اشتعال، سمی و بخارات خورنده را به ترکیبات با ضررکمتر تبدیل می‌نماید. هنگامی که فرایند عملکرد کاملی نداشته باشند. فلرها، فعال می‌شوند یا حجم گازهای درحال سوختن آنها اضافه می‌شود، این عملکرد ناقص می‌تواند نتیجه خرابی یک تجهیز / کمبود در سرویس جانبی(بخار، برق، ...)یا به دلیل تعمیرات و توقف عمدی کارخانه باشد.

فلرها بعنوان یکی از قسمت‌های ضروری، همواره در کنار چاه‌های نفت، پالایشگاه‌های نفت و گاز، پتروشیمی‌ها، کارخانه مواد شیمیائی و Landfill ها دیده می‌شوند. فلرها حین فعالیت گرما و صدا زیادی تولید کرده و هوا را آلوده می‌کنند. میزان و نوع گازهای انتشار یافته از فلر به محیط زیست تابع راندمان و کیفیت احتراق و نوع گازهای ارسالی به فلر می‌باشد. به همین دلیل اگر طراحی فلر به صورت مناسب بر مبنای میزان گاز دریافتی انجام شده باشد، می‌توان امیدوار بود که آلودگی کمتری توسط آن ایجاد شود. پرداختن به موضوع فلر از دو جهت کلی دارای اهمیت می باشد، اول آنکه گازهای ارسالی به فلر دارای ارزش اقتصادی قابل توجهی است و نکته دوم تاثیرات مخرب زیست محیطی ناشی از احتراق گازهای مذکور است. از این رو مدیریت گازهای فلر بستر مناسبی برای انجام فعالیت‌های علمی، تحقیقاتی و کاربردی در سطح کشور می‌باشد.

شکل ۲ : یک نمونه از فلر نصب شده بر روی سکوی دریائی

فلر چگونه عمل می‌کند؟

سیستم فلر شامل سه بخش اصلی : فرایندگاز به عنوان منبع تولید گاز فلر، شبکه جمع‌آوری گاز فلر به عنوان واسط فرایند و سیستم و تجهیزات فلر می‌باشد و بطور کلی در سه حالت مختلف از شرایط عملیاتی کارخانه، فعال شده و گازهای دریافتی را می‌سوزاند:

۱- در شرایط کار عادی :

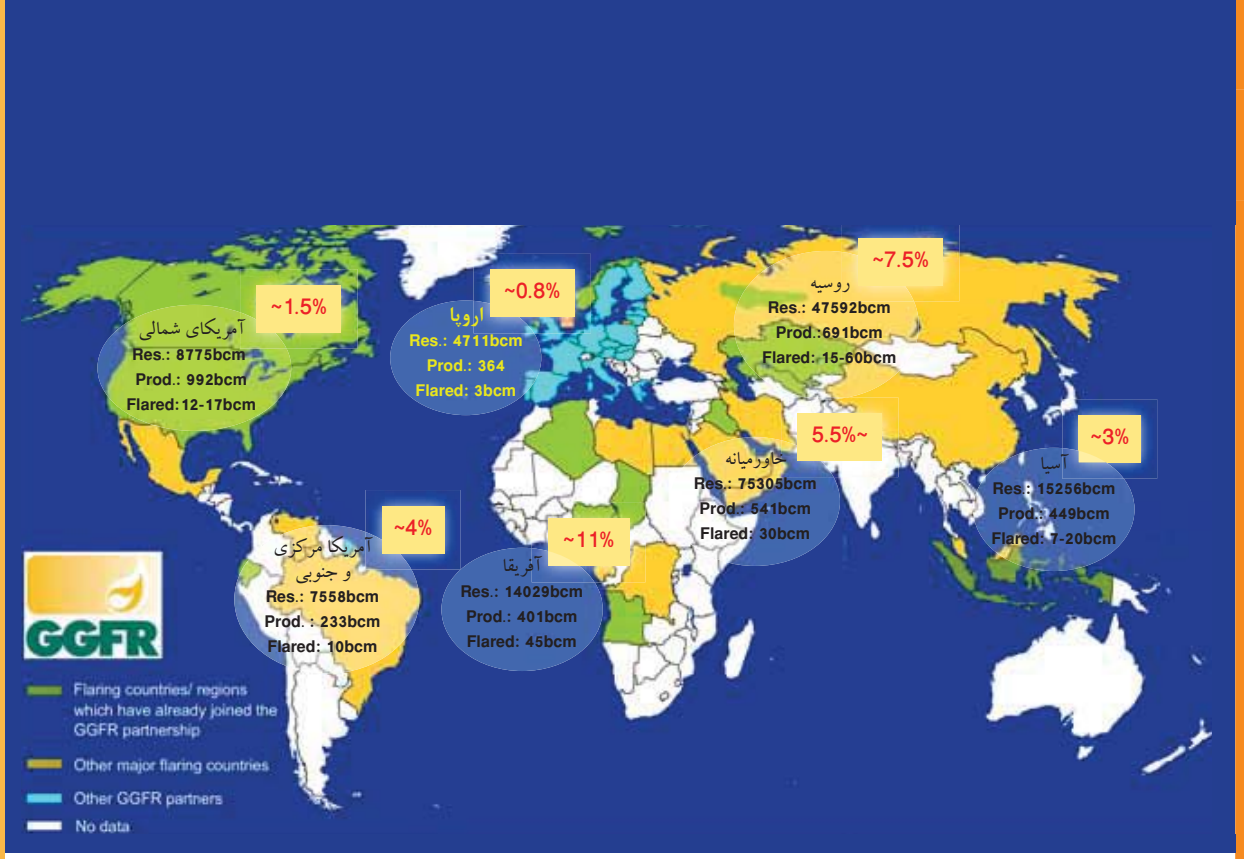
در این حالت دلایل سوختن گاز عبارت است از: اقتصادی نبودن جمع‌آوری گاز و انتقال آن به مصرف کننده(این حالت بیشتر در مورد گاز همراه نفت اتفاق می‌افتد و شامل چاه‌های پراکنده با فاصله زیاد یا چاه‌های با میزان گاز همراه کم می‌باشد)، همچنین وجود ریسک بالا در تزریق احتمالی گاز به داخل مخزن نفت یا میادین گاز نیز از عوامل اصلی فلر کردن در شرایط عادی می‌باشد. در این شرایط به دلیل مشخص بودن نوع ترکیب گاز فلر و حجم آن می‌توان با برنامه‌ریزی و طراحی مناسب، بخش زیادی از گاز فلر را بازیافت نمود.

۲- شرایط آشفتگی واحد در هنگام راه‌اندازی:

درهنگام راه‌اندازی (Start up) ، میزان گاز موجود در سیستم اغلب بیشتر از ظرفیت می‌باشد، در این صورت بخشی از گاز اضافه از طریق فلر تخلیه می‌شود. همچنین درزمان توقف (Shut down) واحد بهره‌برداری، باقی ماندن گاز در سیستم(تجهیزات فرایندی) خطرناک می‌باشد، در این حالت از طریق شیرهای تخلیه (Blowdown) ، این مقدار گاز باقی مانده درتجهیزات، از طریق سیستم فلر تخلیه می‌شود.

۳- شرایط اضطراری واحد :

در موقع بروز حادثه یا ایجاد نقص فنی در تجهیزات و همچنین اشتباهات انسانی، به صورت اتوماتیک گاز اضافه غیرقابل استفاده از طریق فلر تخلیه می‌شود. برخی از دلایل دیگر فلر شدن در شرایط اضطراری واحد بهره‌برداری عبارتند از : تغییر در خوراک ورودی، تعمیر و نگهداری نامناسب، انحراف از رویه بهره‌برداری، قطع جریان برق و بهره‌برداری بیش از ظرفیت طراحی شده واحد.

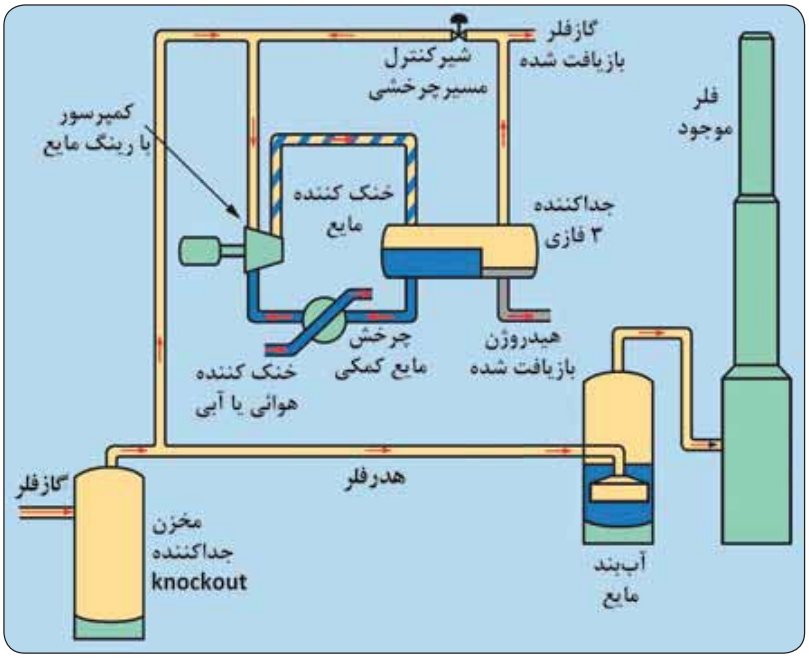


شکل ۳ : گستره گاز فلر در سطح جهان

ترکیب گاز فلر چیست؟

ترکیب گاز فلر در اساس مشابه ترکیب گاز موجود در فرایند می‌باشد و بسته به اینکه چه قسمتی از سیستم دچار مشکل شود، ترکیب گاز فلر می‌تواند به میزان قابل توجهی تغییر کند.

ترکیب گازطبیعی چاه‌های مختلف و گاز همراه نفت‌خام اغلب دارای تفاوت‌هائی می‌باشند. همچنین سن و جنس(نوع مواد) سازند نیز اغلب باعث تغییر درصد ترکیبات گاز می‌شود. به طور کلی می‌توانیم بخش اصلی ترکیب گازطبیعی را شامل: متان، اتان، پروپان، بوتان، دی‌اکسیدکربن، سولفیدهیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، هلیم و آرگن بدانیم. میزان هرکدام از این گازها گاهی تا ۴۰ درصد نسبت به گاز طبیعی استحصالی از چاه دیگر تفاوت دارد. اما در بیشتر موارد میزان و درصد گاز متان در ترکیب گازطبیعی کمترین تغییر را دارد.



شکل ۴ : نمونه‌ای از سیستم بازیافت گازفلر

ظرفیت هر فلر چقدر است؟

فلرها مطابق محاسبات انجام شده و لحاظ کردن استاندارد خریداری و نصب می‌گردند. ظرفیت هر فلر با میزان گازی که باید کامل بسوزد ارتباط مستقیم دارد. علاوه بر ظرفیت، نوع فلر شامل فلرهای مرتفع و فلرهای زمینی تابع شرایط طراحی و نظر کارفرما می‌باشد. ظرفیت فلر اغلب به ما نشان می‌دهد که در بدترین شرایط چه مقدار گاز قرار است سوزانده شود. در شرایط عادی اغلب سعی می‌گردد با حذف فشار گاز ورودی به سیستم فلر، مقداری از آن بازیافت و به فرایند برگردانده شود.

در پروژه‌هائی نظیر پالایشگاه‌های پارس جنوبی با حجم خوراک روزانه به میزان 2000MMscfd ظرفیت طراحی شده فلرها به صورت زیر می‌باشد:

HP flare : 1298 MMscfd

MP flare : 229 MMscfd

LP flare : 24 MMscfd

مشاهده می‌نمائید که مجموع ظرفیت فلرها به کل میزان خوراک پالایشگاه بسیار نزدیک می‌باشد.

سیستم Zero(no)Flaring

اگرچه برای ایمن‌کردن(از خطرات جانی و آسیب رسیدن به تجهیزات) فرایندهای پالایشگاهی و پتروشیمیایی، لازم است از فلر استفاده شود، اما می‌توان راهکارهایی را ارائه نمود تا میزان جریان ارسالی به فلر به حداقل برسد. مهمترین راهکار، دقت در طراحی در جهت تولید

کمتر گاز فلر و لحاظ کردن الزامات زیست محیطی در طراحی پالایشگاه‌ها می‌باشد. از سوی دیگر با مطالعه، انتخاب و استفاده از سیستم فلرهای مناسب یا با بکارگیری تجهیزات کمکی نظیر Incinerator می‌توان در مرحله سوختن گاز، انتشار گازهای گلخانه‌ای و سمی را به حداقل رساند.

برای داشتن یک سیستم با حداقل آلودگی ناشی از سوختن گاز در فلر باید به سه موضوع دقت داشت:

موضوع اول: جداکردن H_2S, CO_2 و NOx با حذف این ترکیبات، به میزان زیادی سمی بودن گازهای خروجی از فلر کاهش می‌یابد.

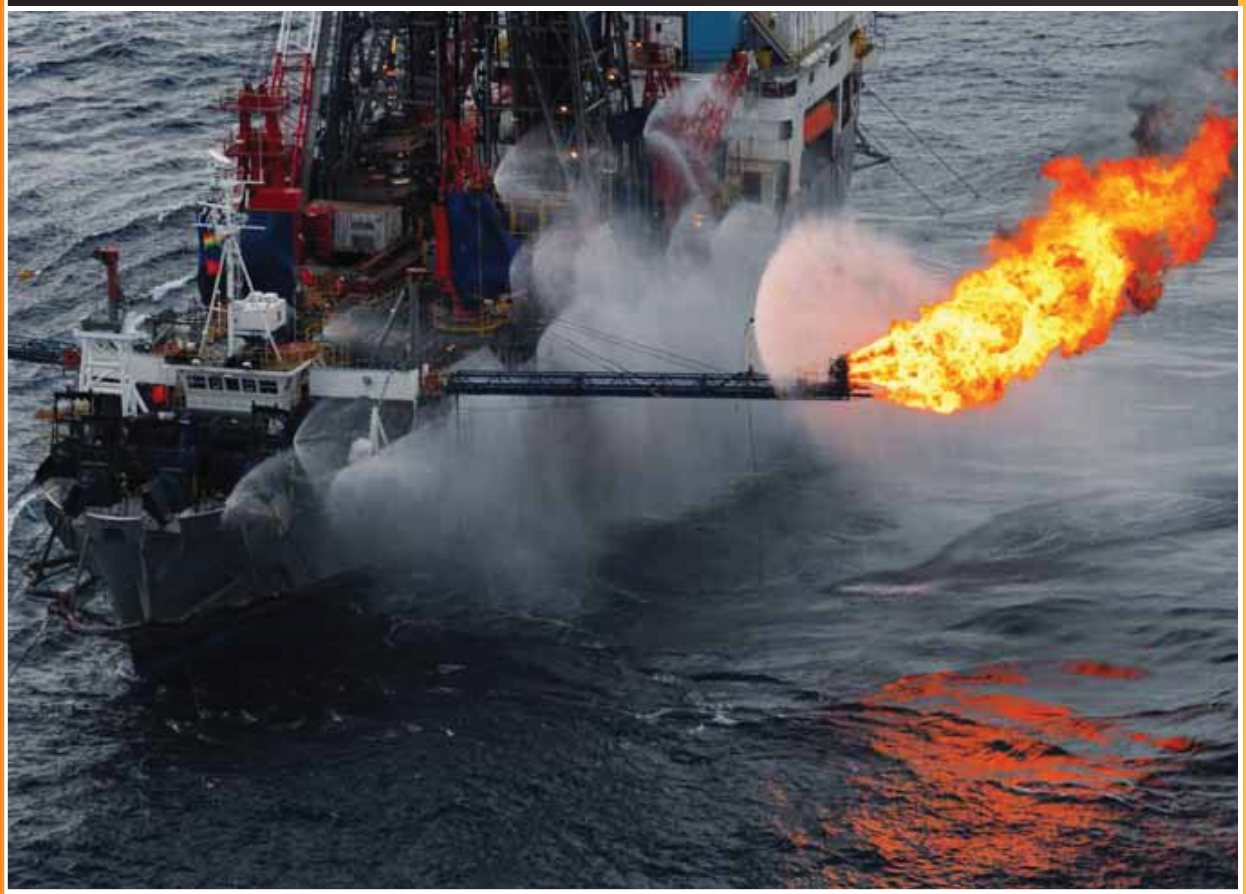
موضوع دوم: کامل و خوب سوختن گازفلر است، با کامل سوختن گاز، از تولید گازهای سمی نظیر CO جلوگیری می‌شود. همچنین با خوب سوختن گاز در دمای برنامه‌ریزی شده، امکان تجزیه هیدروکربن به حداقل می‌رسد و از تولید ترکیبات جدید و آلوده کننده جلوگیری خواهد شد. برای نیل به این مقصود اغلب در محفظه احتراق به گاز در حال سوختن، بخار تزریق می‌کنند، در صورت عدم امکان استفاده از بخار، می‌توان با دمیدن هوا به خوب سوختن گاز کمک کرد. در برخی از سیستم‌های جدید از اکسیژن به جای هوا استفاده می‌نمایند. در این حالت امکان تولید NOx اضافی که از سوختن نیتروژن هوا تولید می‌شود، نیز به حداقل می‌رسد. آخرین روش به کار گرفته شده برای به سوزی گاز، استفاده از سیستم تنظیم دمای محفظه احتراق می‌باشد. منطق این روش برپایه این اصل استوار است که در دمای تنظیم شده میزان تولید NOx و CO_2 به حداقل می‌رسد؛ درسیستم‌های جدید با استفاده ازاین روش میزان تولید گازهای مضر راکاهش می‌دهند.

موضوع سوم: نوع گاز فلر شده می‌باشد، گاز فلر شده را می‌توان به ۳ نوع تقسیم کرد. نوع اول سوختن گازهای همراه نفت Associated Gas می‌باشد. در این نوع گاز، ترکیب و حجم گاز فلر تقریباً مشخص است و می‌توان با یک برنامه‌ریزی مناسب سوختن بخش قابل توجهی از این گاز راکاهش داد. نوع دوم گازهای فلر در حجم کم می‌باشند. این نوع گاز، مربوط به فعال شدن شیرهای ایمنی یک بخش و برای یک زمان کوتاه یا تخلیه گاز داخل تجهیزات برای تعمیرات می‌باشد. با استفاده از فشارشکن مناسب و مخازن ذخیره می‌توان این گاز را به راحتی جمع‌آوری و بازیافت کرد. نوع سوم زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد زیادی از شیرهای ایمنی به طورهمزمان یا HIPPS فعال شود. بازیافت در این حالت دارای پیچیدگی زیاد و هزینه بالائی می‌باشد.

سیستم Flare Gas Recovery

اگرچه سیستم Zero Flaring سیستم مناسب و توانمندی محسوب می‌شود و در کاهش میزان اتلاف انرژی و همچنین کاهش میزان گازهای آلاینده بسیار تاثیرگذار می‌باشد و می‌تواند حجم گاز فلر را به میزان قابل توجهی کاهش دهد یا درموقع سوختن از تولید گازهای مخرب جلوگیری نماید، اما این سیستم قادر نیست تاثیر گازهای فلر و اتلاف انرژی توسط آن را به صورت کامل و مطمئن حل نماید. البته حوزه کارکرد سیستم No Flare و Recovery عملاً دارای همپوشانی زیادی می‌باشند.

با استفاده از سیستم‌های بازیافت گاز فلر علاوه بر کاهش اتلاف انرژی و همچنین کاهش آلودگی، می‌توانند از گازفلر، انرژی تولیدکرده یا آن‌را به سیستم گاز مصرفی تزریق نمود. برای بازیافت گاز فلر با توجه به ترکیب و حجم گاز، توسط شرکت‌های مختلف، روش‌ها و فناوری‌های متعددی آزمایش و ارائه شده است. برخی از این فناوری‌ها عبارتند از :



شکل ۵ : یک نمونه از فلر نصب شده بر روی کشتی بهره‌بردار FPSO

۱- جمع‌آوری و تزریق گاز فلر به میدان گاز یا مخازن نفت‌خام برای ازدیاد فشار در این مخازن
۲- جمع‌آوری و تزریق گاز فلر به حفره(مخازن) خالی زیرزمینی برای جلوگیری از انتشار آن
۳- جمع‌آوری و انتقال گاز فلر به تاسیسات جمع‌آوری گازطبیعی و انتقال به شبکه انتقال گاز
۴- استفاده از گرمای سوختن گاز جهت تولید آب گرم و بخار و استفاده از آن در تولید الکتریسیته و سیستم آب گرم شهری
۵- تولید مستقیم الکتریسیته توسط توربوژنراتورها
۶- استفاده از گاز متان و دی‌اکسیدکربن و گرمای ناشی از سوختن گاز در فرایندهای تولید GTL
۷- استفاده در سیستم‌های تولید انرژی‌های نو نظیر پیل‌های سوختی
۸- تولید LNG و استفاده از این فراورده

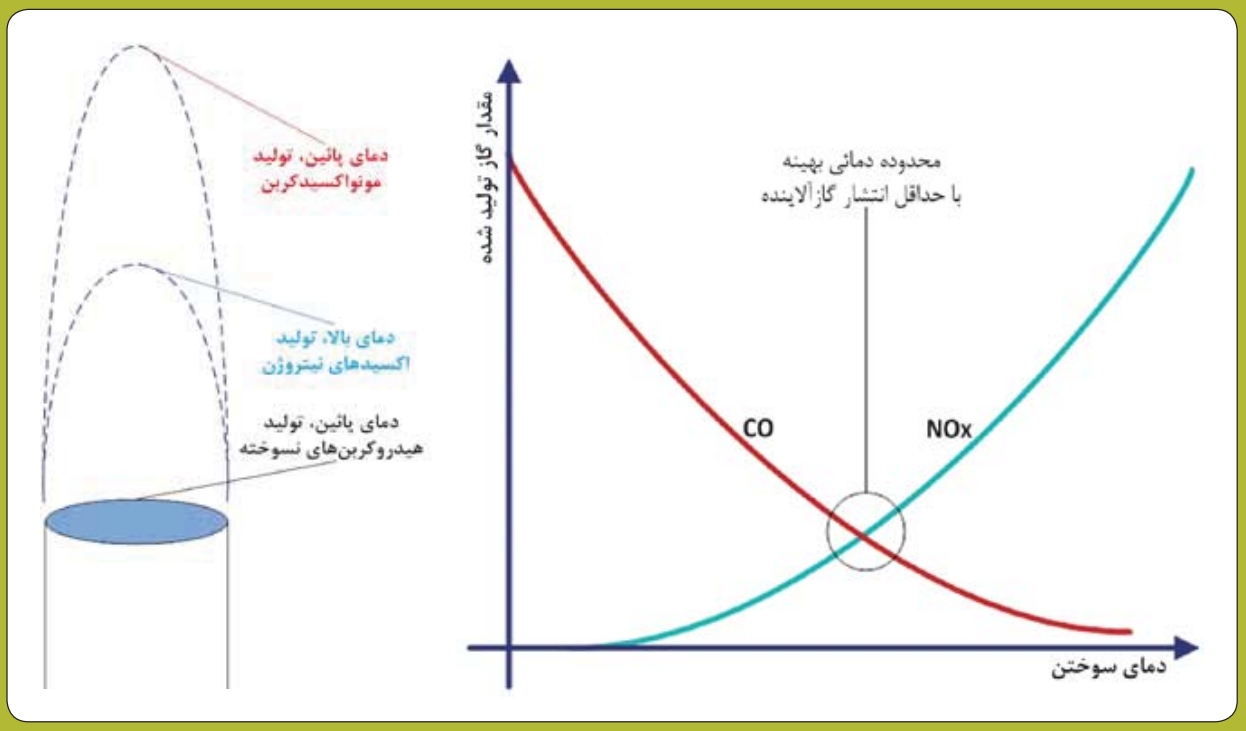
شرکت‌های مختلف با توجه به نوع گازفلر و حجم آن، فناوری‌های مناسبی را توسعه داده‌اند. این فناوری‌ها هر کدام دارای مزایا و معایبی می‌باشند. برخی از شرکت‌ها بر روی جمع‌آوری و استفاده سوختی از این گاز تمرکز کرده‌اند. به عنوان مثال ارائه تجهیزات تهیه LNG در مقیاس کوچک تحت عنوان miniLNG یکی از این فناوری‌ها می‌باشد. تهیه الکتریسیته از طریق سوختن گازفلر در توربین‌های ویژه که میزان انتشار گازهای آلاینده آنها بسیار کم است، از دیگر روش‌های بازیافت این انرژی می‌باشد. این نوع توربین برای سوختن گاز با ارزش حرارتی کم و همچنین گازهای دارای حجم مواد آلاینده بالا به شکل مناسبی توسعه داده شده‌اند.

معاهده Kyoto چیست؟

با توجه به گرم شدن نگران‌کننده زمین، دولت‌ها در سال ۱۹۹۲ میلادی در «اجلاس زمین» در شهر «ریودوژانیرو»ی برزیل توافق کردند که با عوامل موثر در تغییرات آب و هوایی مقابله کنند. در راستای توافق انجام شده در دسامبر سال ۱۹۹۷ میلادی در کنفرانس بین‌المللی سازمان ملل در شهر کیوتو ژاپن، معاهده‌ای تنظیم گردید که در آن تعیین شده که تا چه سالی و تا چند درصد از گازهای گلخانه‌ای باید کاسته شود. گازهای مضر مورد نظر در این معاهده عبارتند از: دی‌اکسیدکربن، گاز متان، اکسیدهای نیتروژن، سولفورهگزافلوراید، HFCها و PFCها. این گازها، براساس تحقیقات انجام شده بیشترین تاثیر را در گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی دارا می‌باشند. مطابق این معاهده کشورهای ثروتمند و توسعه‌یافته ضمن متعهد شدن به اجرای مفاد این عهدنامه، موظف به کمک به دیگر کشورها در این زمینه شدند. پیمان کیوتو به دنبال این نشست مطرح و نهایتاً مورد توافق قرارگرفت. عمل به این پیمان از سال ۲۰۰۵ میلادی اجباری شده است. از آن زمان تاکنون بیش از ۱۷۴ کشور به این معاهده پیوسته‌اند. ایران نیز از آذرماه سال ۱۳۸۴ هجری به این معاهده پیوسته است.

برنامه و هدف این پیمان عبارت از کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شده توسط کشورهای توسعه یافته و کشورهای درحال توسعه، طی سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲میلادی به میزان دست‌کم ۵ درصدکمتر از میزان گاز انتشاریافته در سال ۱۹۹۰ میلادی می‌باشد. به منظور وجود برنامه اجرائی و عملی شدن مفاد این معاهده، مکانیزم‌های زیر تنظیم و پیشنهاد شده‌اند:

ET[Emissions Trading] ، Joint Implementation و CDM[Clean Development Mechanism]. اعضای معاهده خوش‌بین هستند که این مکانیزم‌ها به دلیل انعطاف‌پذیری مناسب، به تحقق اهداف معاهده در چارچوب برنامه زمانبندی کمک کنند. در این راستا اروپا بازاری ایجاد کرده که براساس آن برای ۱۲ هزار کارخانه و نیروگاه میزان مجاز انتشار دی اکسیدکربن تعیین شده است. در صورتی‌که این نیروگاه‌ها و کارخانه‌ها بیش از میزان مجاز، گازگلخانه‌ای تولید نمایند، می‌توانند سهمیه بیشتری را از این بازار خریداری کنند یا جریمه مالی بپردازند وچنانچه کمتر از این سهمیه گاز دی‌اکسیدکربن منتشر کنند، می‌توانند سهمیه خود را بفروشند و در واقع کربن تجارت نمایند. برنامه دیگر این است که کشورهای توسعه یافته می‌توانند با تامین مالی تولید انرژی‌های پاک نظیر انرژی خورشیدی درکشورهای فقیر، عدم دستیابی خودشان به اهداف پیمان را جبران کنند. این مکانیزم علاوه بر کمک به اجرای معاهده به صیانت از منابع محدود فسیلی نیز کمک می‌کند، ضمن آنکه اغلب این پروژه‌ها درآمدزا می‌باشند. در یکی دیگر از برنامه‌ها، سرمایه‌گذاری مشترک در کشورهای استقلال یافته اتحاد جماهیر شوروی سابق یا کشورهای فقیر آفریقائی برای کاهش گازهای آلاینده و گلخانه‌ای به دلیل عدم توانائی این کشورها به لحاظ فنی و مالی، توصیه شده است.



شکل ۶ : کاهش تولید گازهای آلاینده با احتراق در دمای تنظیم شده

برنامه GGFR چیست؟

در ۱۴ دسامبر سال ۲۰۰۹ میلادی در نشست بین‌المللی کپنهاک دانمارک با توجه به تاثیر قابل توجه سوختن گازهای فلر یا آزادسازی (Vent) این گازها، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین محدودکردن تاثیر آن در افزایش دمای زمین مورد توجه قرار گرفت. در پی این نشست برنامه دولتی/ خصوصی [Global Gas Flaring Reduction]GGFR به منظور کاهش جهانی گاز فلر با حمایت و تحت مدیریت بانک جهانی آغاز به کار نمود. هم اکنون این برنامه در نقاط مختلف دنیا و به ویژه در کشورهای آفریقائی، جمهوری‌های شوروی سابق و روسیه، با سرمایه‌گذاری و همچنین ترغیب شرکت‌های بزرگ نفتی ملی و همچنین شرکت‌های خصوصی و سازمان‌های بین‌المللی، فعالیت‌های گسترده‌ای را در جهت کاهش انتشار گازفلر و استفاده از این گاز برای تولید الکتریسته شروع نموده است. در حال حاضر در کشور روسیه یک واحد نیروگاهی به ظرفیت ۴۰ مگاوات جهت بهره‌برداری از گاز فلر ساخته شده است. همچنین در کشور نیجریه عملیات احداث ۳ واحد نیروگاهی با ظرفیت ۱۳۰۰ مگاوات آغاز شده است. این برنامه آینده مناسبی برای کاهش انتشار گاز فلر ترسیم نموده و کشورهای اصلی تولیدکننده گازفلر و شرکت‌های بزرگ نفتی نیز از آن استقبال نموده‌اند.

برنامه جامع

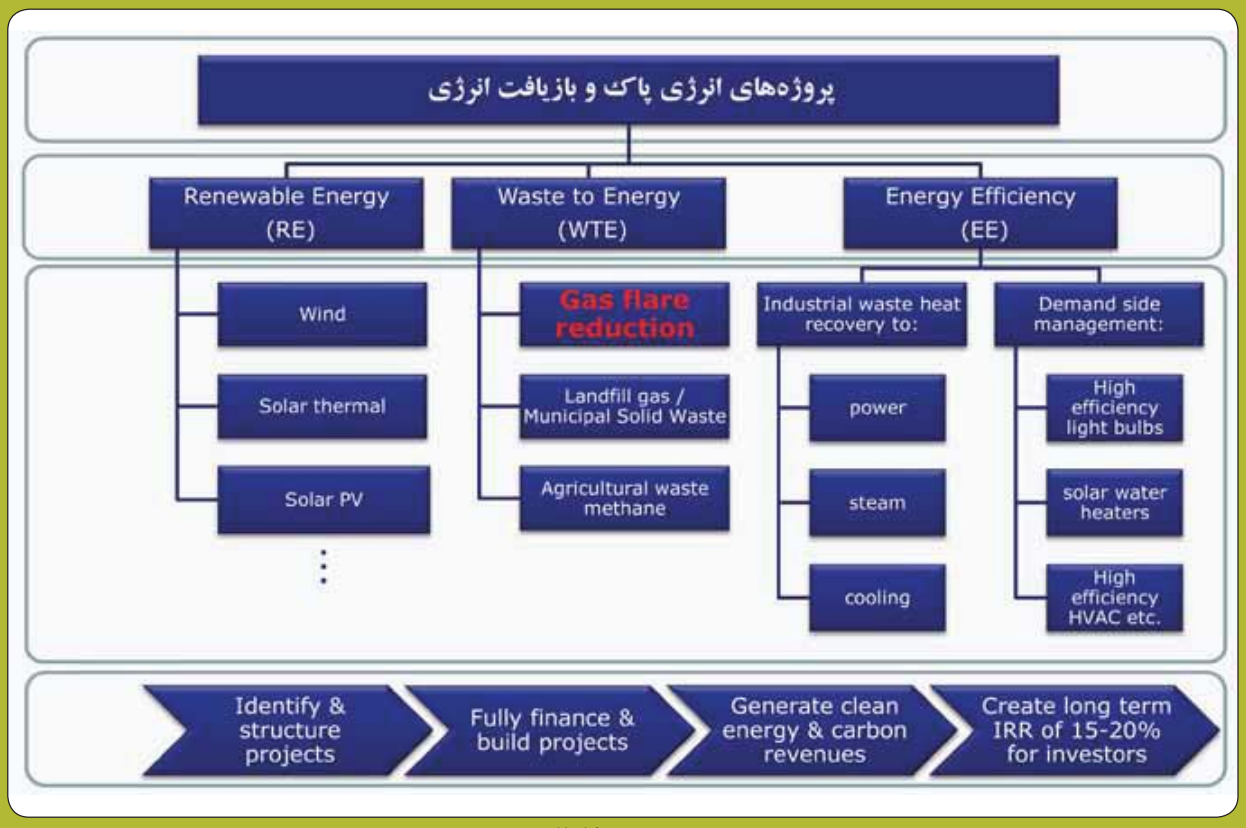
به نظر می‌رسد، برنامه‌های کاهش گازهای آلاینده و گلخانه‌ای، گسترده‌ترین برنامه‌ای است که کشورهای مختلف دنیا در آن مشارکت دارند. اما متاسفانه آمریکا به عنوان دومین تولیدکننده بزرگ CO_2 و بزرگترین تولیدکننده مجموع گازهای گلخانه‌ای از این پیمان خارج شده است و همچنین کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته و کشورهای درحال توسعه، خود را ملزم به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای نمی‌دانند، در صورتیکه این کشورها (نظیر چین) از بزرگترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شوند. اما به دلایل اقتصادی و نگرانی‌های سیاسی از آینده سوخت‌های فسیلی، این کشورها پروژه‌ها بزرگی برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در دست اجراء دارند. به عنوان مثال آمریکا از بزرگترین کشورهای پیشرو در استفاده از انرژی‌های زمین گرمائی؛ انرژی باد، انرژی خورشید، پیل‌های سوختی و ... می‌باشد. کشور چین نیز علاوه بر توسعه استفاده از انرژی‌های پاک، برنامه گسترده‌ای در صرفه جوئی مصرف سوخت دارد. به عنوان مثال ساختمان اداری و خط تولید نوکیا در چین، ۴۰ درصد نسبت به ساختمان‌هایی سبز مشابه انرژی کمتری استفاده می کند و سبزترین ساختمان بزرگ در سطح جهان می‌باشد. شکل ۷، یک نمونه از برنامه جامع تولید انرژی پاک، بازیافت انرژی و جلوگیری از انتشار گازهای آلاینده را نشان می‌دهد. این برنامه نمونه در ۳ بخش کلی زیر می‌تواند به کاهش گازهای آلاینده و افزایش بازده استفاده از سوخت‌های فسیلی به ما کمک کند.

الف- انرژی‌های تجدیدپذیر Renewable Energy

در این برنامه RE نشان‌دهنده سرمایه‌گذاری در بخش انرژی تجدید پذیر می‌باشد. تولید انرژی الکتریکی از باد، تابش خورشید، گرمای زمین، جریان آب رودخانه‌ها و اقیانوس‌ها و ... بزرگترین تاثیر در کاهش گازهای آلاینده و مضر را دارا می‌باشد، ضمن آنکه با تولید انرژی از منابع غیر فسیلی، مصرف نفت و گاز به عنوان سوخت به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد که با توجه به محدود بودن میزان ذخیره نفت و گاز، این برنامه علاوه بر کاهش میزان تولید گازهای آلاینده از منابع سوخت فسیلی ،کمک می کند تا با توسعه و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، طول عمر ذخایر موجود نفت و گاز افزایش یابد.

ب- بازیافت انرژی Waste to Energy

ساخت مواد و وسایل مختلف مورد استفاده در شهرها و صنعت نیاز به مصرف انرژی قابل توجهی دارد. ازطرف دیگر بعد از استفاده از این مواد و تجهیزات، باقی مانده‌آنها تحت عنوان زباله‌های شهری یا صنعتی دور ریخته می‌شوند. در این صورت این



شکل ۷

مواد باعث آلوده شده محیط زیست می‌شوند. در برنامه پیشنهادی، زباله‌های شهری، فضولات حیوانی و باقی‌مانده گیاهان و درختان به انرژی الکتریکی (گاهی هم به کود)تبدیل می‌شوند. گاز فلر نیز به عنوان بخش از برنامه جامع در این دسته‌بندی می‌باشد.

ج- افزایش بازده Energy Efficiency

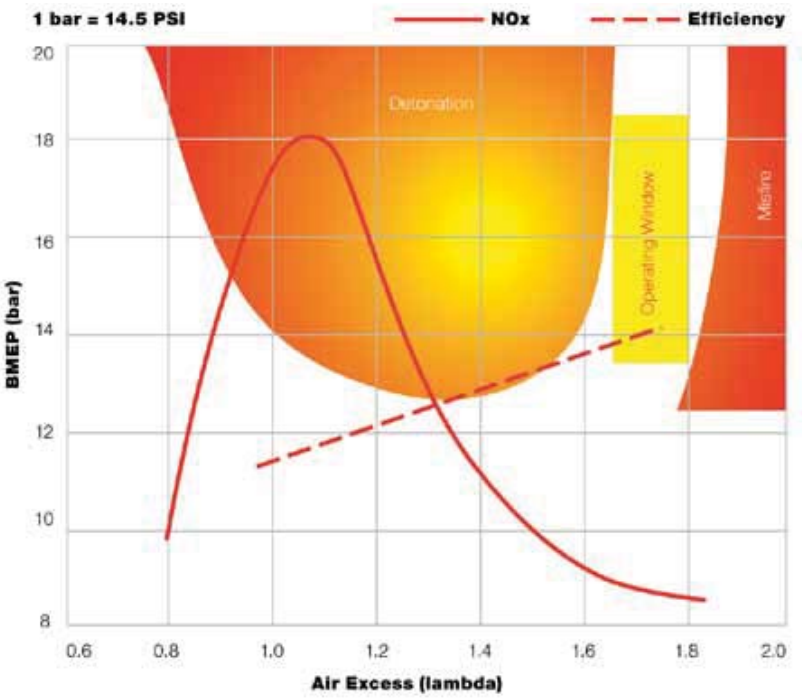
انرژی تولیدی یا مصرفی در شهرها و صنایع اغلب دارای بازده مناسبی نمی‌باشد. به عنوان مثال توربین‌های گازی نسل قدیم دارای بازده حدود ۳۷ درصد می‌باشند. همچنین میزان تولید نور در لامپ‌های التهابی کمتر از ۵ درصد می‌باشد. برای جبران اتلاف انرژی در نیروگاه‌های گازی از یک طرف با استفاده از روش‌های احتراق کنترل شده هم تولید گازهای آلاینده را کاهش می‌دهند و هم با کمک گرفتن از یک واحد بخار و ایجاد سیکل ترکیبی، بازده نیروگاه را به بالای ۶۰ درصد ارتقاء می‌دهند. در مورد لامپ‌های التهابی نیز از یک سو با طراحی مناسب ساختمان‌ها درطول روز امکان استفاده از نور خورشید را افزایش می‌دهند و از سوی دیگر با جایگزین کردن لامپ‌های کم مصرف، میزان اتلاف انرژی را به میزان زیادی کاهش می‌دهند. روش‌های مشابه آنچه که در مورد نیروگاه و لامپ به آن اشاره شده به سرعت در حال طراحی و استفاده در سایر بخش‌ها می‌باشد.

در قسمت پائین شکل ۷ به چهار گام اصلی تعریف یک پروژه حوزه انرژی پاک، اشاره شده است. نکته مهم در این نمودار؛ اشاره به فاینانس کامل و همچنین تجارت کربن، می‌باشد. به دلیل حمایت بانک جهانی و وجود علاقه به حفاظت از محیط زیست نزد کشورها و شرکت‌های بزرگ نفتی، در این حوزه تامین سرمایه برای اجرای پروژه، اغلب به راحتی در دسترس می‌باشد. از طرف دیگر نرخ بازگشت سرمایه IRR[Internal Rate of Return] در این نوع از پروژه‌ها دارای وضعیت بسیار خوبی می‌باشد و همچنین این پروژه‌ها توسط بانک جهانی توصیه و حمایت می‌شوند.

فناوری‌های بازیافت گاز فلر
Flare Gas Recovery Technologies

به مجموعه فرایندها و فعالیت‌هائی که باعث کاهش میزان سوختن گازفلر می‌شود و این گاز را به فرایند برمی‌گرداند یا آن را به شکل قابل استفاده‌ای تبدیل می‌کند و همچنین آلایندگی آن را کاهش می‌دهد، بازیافت گاز فلر می‌گویند. این در حالی است که فلرکردن یا رهانمودن Vent، گاز در تاسیسات نفت و گاز، پالایشگاه‌ها، مجتمع‌های پتروشیمی وکارخانه‌های موادشیمیائی معمول می‌باشد.

تاثیرنامطلوب آلودگی برمحیط زیست وسلامتی افراد، سرمایه‌گذاری بانک جهانی، وجود افراد دلسوز و امکان ایجاد فرایندهای سودآور از محل مصرف گازفلر، باعث شده است، بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های فعال در حوزه نفت و گاز به دنبال یافتن فناوری‌های مناسب در این زمینه باشند. به همین دلیل فضای کاملاً رقابتی ایجاد شده و روش‌های فنی و اقتصادی در حال توسعه می‌باشند. در ادامه این بحث اشاره مختصری به چند فناوری در این زمینه داریم:



شکل ۸

الف- جمع‌آوری و برگشت گاز به فرآیند گاز

استفاده از این فناوری از گذشته و در کنار طراحی سیستم فلر کاربرد داشته است. در یک حساب سرانگشتی، این فناوری ۲۰ درصد از گاز در حالت اضطرار و بیش از ۹۰ درصد از گاز حالت عادی را به فرآیند بر می‌گرداند. با توجه به وجود واحدهای حذف گازهای آلاینده در پالایشگاه گازی، این فناوری می‌تواند در پالایشگاه‌های گازی با بازده مناسب مورد استفاده قرار گیرد.

ب- استفاده از توربوژنراتور

استفاده از توربین برای سوختن گاز فلر و تولید برق، یکی از روش‌های اقتصادی و مناسب به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر، توسعه فناوری‌هائی نظیر Dry Low Emissions (DLE) Combustion یا فناوری Lean Burn Combustion باعث شده میزان گازهای آلاینده به میزان زیادی از گازهای اگزوز توربین‌ها حذف گردد. نکته مهم در اهمیت استفاده از این فناوری‌ها این است که گاز فلر ممکن است حاوی مقدار زیادی H_2S و CO_2 یا نیتروژن باشد. آزادسازی حجم زیادی از این ترکیبات برای محیط زیست بسیار خطرناک می‌باشند، این در حالی که سوخت توربین‌های اغلب CNG، گازوئیل یا کروسین می‌باشد که در صورت سوختن کامل، آلایندگی زیادی نخواهند داشت. یکی از توانائی‌های محفظه احتراق در نسل جدید توربین‌های، احتراق به روش DLE می‌باشد. در این روش احتراق، با انتخاب دمای مناسب و تنظیم دمای محفظه احتراق در این درجه حرارت، کمترین میزان CO_2 و NOx تولید می‌شود. شکل‌ها ۶ و ۸ احتراق در سیستم‌های Lean-burn و DLE را نشان می‌دهد. احتراق در نسل جدید توربین‌ها و همچنین کوره‌ها در محدوده نقطه به‌سوزی انجام می‌شود.

ج - استفاده از سیستم mini-LNG

یکی از بهترین پیشنهادات به منظور بازیافت گازفلر، استفاده از سیستم mini-LNG می‌باشد. در این سیستم مشابه بخش الف، گازفلر بعد از افت فشار به درون مخازن ذخیره هدایت می‌شود. در این مرحله پس از حذف گازهای همراه آلاینده، با استفاده از سیستم‌های کوچک پالایش و مایع سازی گاز به LNG، گاز فلر آماده فروش بوده و با استفاده از Truck یا کشتی به بازار مصرف حمل می‌گردد.

د - استفاده از میکرو رآکتور برای تولید GTL

تبدیل گاز به GTL با استفاده از گرمای حاصل از سوختن گازفلر یکی دیگر از روش‌های مناسب در بازیافت گازفلر می‌باشد. این فناوری به نظر می‌رسد تفاوت چندانی با روش تبدیل گازفلر به برق نداشته

باشد و در عمل از سوختن گاز انرژی مورد نظر برای تولید GTL یا برق ایجاد می گردد. اما استفاده از میکروراکتور و درواقع بالا بردن بازده سیستم باعث شده این فناوری در بعضی شرایط جذابیت و توجیه بیشتری نسبت به تولید برق داشته باشد. شکل ۹ برش میکروراکتور یا درواقع میکرومبدل را نشان می‌دهد و شکل ۱۰، نیز فرآیندتولید GTL را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌نمائید. در این فرآیند از گاز فلر برای تولید گرما در Steam Reforming استفاده می‌شود. واضح است در صورت عدم استفاده از سیستم احتراق کنترل شده با انتشار کم گازهای آلاینده، در عمل فقط انرژی گاز فلر بازیافت شده است و آلایندگی گاز فلر کماکان برقرار می‌باشد. لذا در این فرایند حذف گازهای آلاینده با استفاده از روش‌های سوختن و احتراق پیشرفته و کنترل شده، کمک مضاعفی به کاهش گازهای آلاینده می کند. استفاده از میکروکانال، باعث افزایش بازده مبدل حرارتی و در نتیجه کاهش مصرف انرژی و همچنین بالارفتن سرعت فرایند می‌شود.

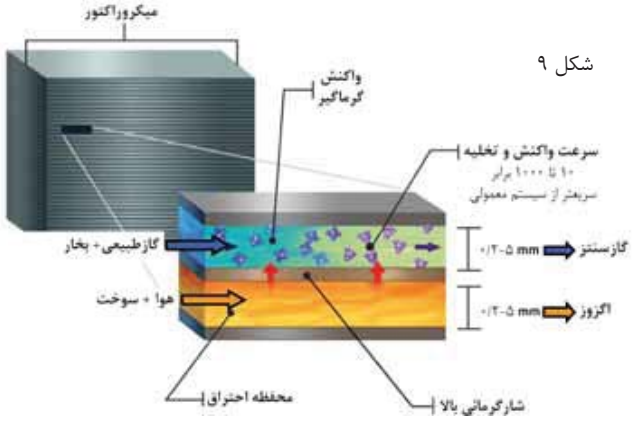
معرفی برنامه‌های معاهده کیوتو و GGFR

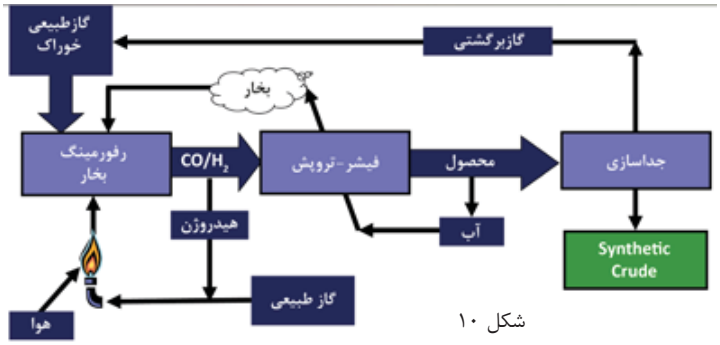
با اجرائی شدن پیمان کیوتو و همچنین با حمایت بانک‌جهانی از برنامه کاهش میزان آلایندهای محیط زیست، پروژه‌های متعددی در سطح جهان شروع شده یا به بهره‌برداری رسیده است. از این میان نیجریه با ۳ پروژه تولید برق از گاز فلر، دارای بیشترین پروژه تحت حمایت می‌باشد. دلیل حمایت بانک جهانی و شرکت‌های نفتی از پروژه‌های این کشور، نداشتن توان مالی و فنی این کشور در اجرای پروژه‌های بازیافت و همچنین حجم بسیار بالای گاز فلر در این کشور می‌باشد. به غیر از نیجریه کشورهای آنگولا،اندونزی، الجزایر و روسیه نیز از حمایت بانک جهانی در اجرای پروژه‌های بازیافت برخوردارشده‌اند. اجرای پروژه‌های بازیافت گازفلر به کشورهای یاد شده ختم نمی‌شود و ۲۰ کشور اصلی تولیدکننده گازفلر با توجه به منافع ملی هرکدام طرح‌ها و برنامه‌های کوتاه مدت و بلند مدتی برای کاهش آلایندگی و هدر رفتن این انرژی دارند. از نکات منفی و تاثیرگذار در معاهده کیوتو عدم حضور آمریکا به عنوان بزرگترین تولیدکننده گازهای آلاینده می‌باشد.(اخیراً چین به بزرگترین کشور آلاینده تبدیل شده است)

برنامه‌های کشورهای خاورمیانه

اجرای برنامه مبتنی بر معاهده کیوتو و برنامه بانک‌جهانی در کشورهای خاورمیانه به ویژه کشورهای حوزه خلیج فارس به دلیل وجود میزان بسیار بالائی از ذخایر نفت و گاز دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد. در این میان کشور عراق به دلیل جنگ علاوه بر گازفلر بخش قابل توجهی از گازطبیعی و گازهمراه نفت خود را می‌سوزاند. قراردادهای متعدد استخراج، پالایش و انتقال نفت و گاز عراق در صورت تحقق می‌تواند در چند سال آینده باعث کاهش این گازهای آلاینده شود. کشورهای قطر و امارات‌متحده‌عربی نیز برنامه‌های مناسبی برای دستیابی به شرایط No Flare تاپایان سال ۲۰۱۰ میلادی دارند.

شکل ۹





شکل ۱۰

با توجه به لحاظ شدن شرایط حداقل گاز فلر و یا بازیافت گازفلردر قراردادهای ساخت پالایشگاه‌ها و تاسیسات مرتبط با نفت و گاز این دو کشوربا شرکت‌های نفتی به نظر می‌رسد، دستیابی به این هدف برای این کشور دور از واقعیت نباشد.

برنامه‌های کشور قطر با توجه به پروژه‌های بسیار عظیم گازی این کشورکه بخشی از آن تاکنون راه‌اندازی شده و بخشی دیگر تا چند سال آینده به بهره‌برداری می‌رسد، تاثیر زیادی درآلایندگی منطقه خلیج‌فارس دارد. سایر کشورهای عربی منطقه نیز در حال اجرای برنامه‌های مشابه برای کم کردن اثرات آلایندگی و بازیافت می‌باشند.

شاید ایران از معدود کشورهای جهان باشد که حذف سوختن گازهای فلر را از قبل از معاهده کیوتو در برنامه‌های خود داشته است. اما به دلیل جنگ تحمیلی قسمت عمده‌ای از این برنامه‌ها اجرا نشده یا به تعویق افتاده است. اما برنامه‌ریزی هماهنگ با سایر کشورها در ایران از سال ۲۰۰۵ میلادی با تصویب و پذیرش معاهده کیوتو و دریافت پیشنهادفنی شرکت Statoil برای جمع‌آوری گازهای جزیره خارک شروع گردید. در سال ۲۰۰۷ میلادی پروژه‌های حوزه‌های سروش و نوروز آغاز گردید. در سال ۲۰۰۸ میلادی پروژه آماک سیری به مناقصه گذاشته شد.

در ادامه پروژه‌های نفت‌شهر و هنگام نیز به مناقصه گذاشته شدند. این پروژه‌ها در کنار طرح آماک خوزستان، گام‌های بلندی بسوی کاهش گازهای فلر می‌باشند. در فازهای مختلف پالایشگاه‌های گازی پارس‌جنوبی نیز پروژه‌های متعددی تعریف شده است. اما علیرغم گذشت چندین سال از شروع طرح‌های اشاره شده، پیشرفت محسوسی در کاهش گازهای آلاینده تولید شده در آمار مربوط به ایران دیده نمی‌شود. امید است صیانت از این ثروت ملی که با سوختن آن، علاوه بر زیان مالی، منطقه نیز به شدت آلوده می گردد. مورد توجه بیشتر مدیران زحمت‌کش و دلسوز صنعت نفت و گاز کشورمان قرار گیرد.

منابع:

1: www.worldbank.org/ggfr
2: www.hamworthy.com
3: www.johnzink.com
4: www.masdar.ae
5: Handbook of Natural Gas Transmission and Processing, *Elsevier publishing,*
S. Mokhatab,W. A. Poe, J. G. Speight
6: *Associated Gas Gathering* Projects Associated Projects(No Flaring Projects) by *National Iranian Oil Company*