



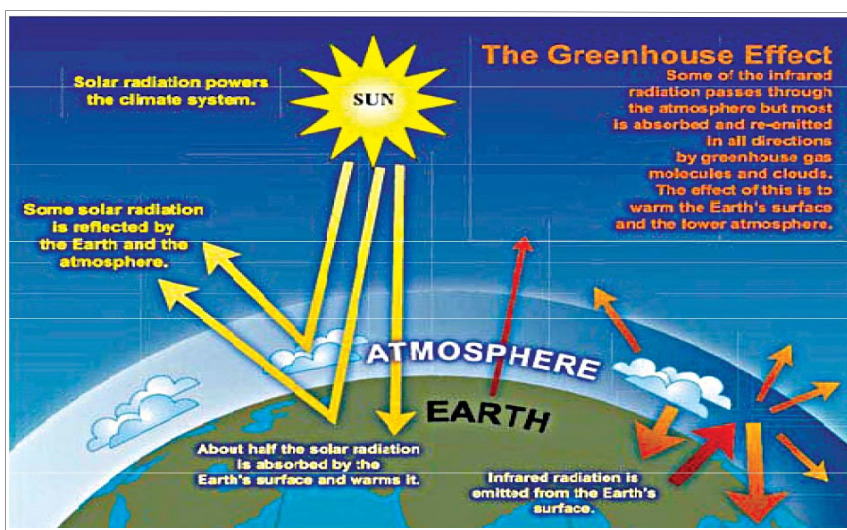
# محاسبه مقدار نشر گاز متان در اثر سوزاندن گازهای سرچاهی در فلر (مطالعه موردی)

موسسه انرژی پدیده‌ی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

چکیده

سالانه حجم بالایی از گازهای همراه نفت ایران در فلرها سوزانده می‌شود. فلرینگ بر کیفیت هوا تأثیر می‌گذارد زیرا در حدود ۲۵۰ نوع ماده سمی را در اتمسفرها می‌کند. در واحدهای بهره‌برداری نفت و گاز، به دلایل مختلف، مقدار زیادی گاز به محیط تخلیه می‌شود که سهم گاز متان به عنوان دومین عامل تشکیل دهنده گازهای گلخانه‌ای بسیار زیاد است. از آنجایی که ایستگاه‌های تقویت فشار گاز، پتانسیل بالایی برای نشر آلاینده دارند، هرگونه پیشگیری از اتلاف گاز در آنها تأثیر قابل توجهی از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی خواهد داشت. در این مقاله، با مطالعه یکی از واحدهای تقویت فشار گازهای همراه نفت در گچساران و شبیه‌سازی کامل آن با نرم افزار HYSYS و Flarenet، مشخص شد روزانه ۳۱/۳۱ تن گاز متان به دلیل بازدهی کم فلر مورد مطالعه، به صورت نسوخته در اتمسفرها می‌شود.

واژگان کلیدی | فلرینگ، احتراق ناقص، گاز متان، مدیریت گازهای فلر.



مقدمه

اثر گلخانه‌ای فرآیندی است که باعث گرم شدن سطح زمین و اتمسفر می‌شود. برخی از گازهای اتمسفری نظیر دی‌اکسید کربن، بخار آب و متان، با جذب طیف موج بلند منتشر شده از سطح زمین، قادرند تعادل انرژی کره زمین را تغییر داده و اثر گلخانه‌ای به وجود آورند. [۵] بدون اثر گلخانه‌ای احتمالاً حیات روی کره زمین وجود نداشت، زیرا متوسط درجه حرارت زمین، به جای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۸- درجه می‌شد. [۱] هنگامی که انرژی حاصل از خورشید از اتمسفر عبور می‌کند، بخشی از انرژی توسط ابرها و دیگر ذرات اتمسفری به فضا بازتاب یا منعکس می‌شود

شکل ۱ | اثر گلخانه‌ای گازهای موجود در اتمسفر زمین [۶]

\* نویسنده عهده‌دار مکاتبات (mohsen.moradibidhendi@gmail.com)

و حدود ۱۹ درصد انرژی موجود توسط ابرها، گازها (مانند ازن) و ذرات در اتمسفر جذب می‌شود. حدود ۵۵ درصد انرژی خورشیدی از میان اتمسفر زمین عبور می‌کند و ۴ درصد، از سطح به فضا منعکس می‌شود. به‌طور متوسط، ۵۱ درصد تابش خورشید به سطح زمین می‌رسد. [۶] سپس، این انرژی، منجر به گرم شدن سطح زمین، ذوب برف و یخ، تبخیر آب و فتوسنتز گیاهی می‌گردد. گرم شدن زمین توسط نور خورشید موجب می‌شود که سطح زمین به‌عنوان یک تابشگر انرژی در باند موج بلند (گاهی تابش مادون قرمز نامیده می‌شود)، عمل کند. [۷] باوجود اینکه انتشار انرژی معمولاً به سمت فضاست، ولی فقط بخش کوچکی از این انرژی واقعاً به فضا باز می‌گردد و بخش اعظم تابش مادون قرمز بیرون رفته، توسط گازهای گلخانه‌ای جذب می‌شود. جذب تابش موج بلند توسط اتمسفر باعث می‌شود که انرژی گرمایی اضافی به اتمسفر زمین اضافه شود. مولکول‌های گاز گلخانه‌ای اتمسفر که اکنون گرم‌تر هستند، شروع به تابش انرژی موج بلند در همه جهات می‌کنند. بیش از ۹۰ درصد انتشار این انرژی موج بلند به سطح زمین می‌رسد که بار دیگر توسط سطح جذب می‌شود. گرم شدن زمین توسط تابش موج بلند باعث می‌شود سطح زمین بار دیگر تابش کند و چرخه‌ای که شرح داده شد، دوباره تکرار شود، تا زمانی که هیچ موج بلندی برای جذب، در دسترس نباشد. مقدار انرژی گرمایی که با اثر گلخانه‌ای به اتمسفر اضافه می‌شود، با

غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین کنترل می‌شود. (شکل ۱) [۲]

### ۱- ضرورت انجام تحقیق

دانشمندان معتقدند گرم شدن کره زمین که به‌طور عمده نتیجه افزایش گازهای گلخانه‌ای است، از مدت‌ها پیش برقرار بوده است. جو یا اتمسفر، شیشه یک گلخانه عمل می‌کند؛ یعنی پرتوهای نور خورشید را جذب و کره زمین را گرم می‌کند. این پدیده طبیعی برای حیات کره زمین سودمند است. اما گازهای سوختی کارخانه‌ها و پایگاه‌های حرارتی و اتومبیل‌ها و گازهای دیگری که وارد جو می‌شوند، همگی، گرمای زیادی را در نزدیکی سطح زمین حبس می‌کنند. اثر گلخانه‌ای، نامی است که دانشمندان بر این پدیده نهاده‌اند. متان، از نظر اهمیت در میان گازهای گلخانه‌ای، پس از دی‌اکسید کربن و آب قرار دارد ولی در مقایسه با دی‌اکسید کربن، به ازای هر مولکول، اثر گرم شدن کره زمین با افزایش متان، ۲۵ برابر بیشتر از اثر مربوط به دی‌اکسید کربن است. [۳] نظر به اهمیت و پیامدهای گسترده افزایش دمای کره زمین، راهبردهای متعددی برای کاهش این اثرات ارائه شده است؛ برای نمونه، در سال ۱۹۹۷ طبق پیمان کیوتو، تعدادی از کشورهای صنعتی متعهد شدند که انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را طی دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ حداقل ۵ درصد در مقایسه با سطح آن در دهه ۱۹۹۰ کاهش دهند. از دیگر تلاش‌های جهانی صورت گرفته برای کاهش آلودگی می‌توان به طرح تغییر آب و هوای کانادا

و همچنین سیستم مبادله انتشار در اتحادیه اروپا اشاره کرد.

از شروع انقلاب صنعتی، غلظت همه گازهای گلخانه‌ای اصلی افزایش یافته است. دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند که میانگین دمای هوا در اثر افزایش میزان دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای، از جمله گاز متان، به اندازه چند درجه افزایش خواهد یافت و این افزایش دما، روی آب و هوا، محیط زیست و اکوسیستم‌های مختلف کشورهای جهان اثر منفی می‌گذارد. [۸] برخی از گازها که در اثر فعالیت‌های انسان اثر گلخانه‌ای را تشدید می‌کند، عبارتند از: دی‌اکسید کربن، متان، اکسید نیترو، کلروفلوئور کربن و ازن تروپوسفوری. از میان گازهای مذکور، گاز دی‌اکسید کربن ۵۵ درصد، کلروفلوئور کربن‌ها ۲۵ درصد، متان ۱۵ درصد و اکسید نیترو ۵ درصد از شدت اثر گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. [۵] غلظت برخی از گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین در سال‌های ۱۷۵۰ تا ۱۹۹۸ میلادی، و درصد افزایش غلظت آن‌ها نسبت به سال ۱۷۵۰ در جدول ۱ آورده شده است. [۹]

از سال ۱۷۵۰ تاکنون، غلظت متان در اتمسفر بیش از ۱۵۰ درصد افزایش یافته است. منابع اصلی متان اضافی وارد شده به اتمسفر عبارتند از: کشت برنج، احشام، مکان دفن زباله، معدن ذغال سنگ و استخراج نفت و گاز؛ شرایط هوائی زیر آب رفتن شالیزار برنج، موجب ایجاد گاز متان می‌شود. احشام در طی هضم علوفه، متان به محیط آزاد می‌کنند و برخی محققان معتقدند که افزایش متان

۲ | مقدار GWP برای چند گاز مختلف [۱۰]

و دوره GWP مقدار زمانی بررسی شده	GWP دوره زمانی بررسی شده برای		
	سال ۲۰	سال ۱۰۰	سال ۵۰۰
دی اکسید کربن	۱	۱	۱
متان	۲۲	۲۵	۷/۶
اکسید نیترو	۲۸۹	۲۹۸	۱۵۳

۱ | میزان گازهای گلخانه‌ای قبل و بعد از دوره صنعتی شدن [۹]

ردیف	عنوان	غلظت در اتمسفر (۱۷۵۰)	غلظت در اتمسفر (۱۹۹۸)	درصد افزایش
۱	دی اکسید کربن	278ppmv <sup>۱</sup>	365ppmv	۳۱%
۲	متان	700ppb <sup>۲</sup>	1745ppb	۱۵۰%
۳	اکسید نیترو	270ppb	314ppb	۱۶%

از این منبع در قرن گذشته چهار برابر شده است. در محل های دفن زباله هنگامی که پسماندهای آلی در طول زمان تجزیه می شود، متان تولید می شود. نهشته های گاز طبیعی، نفت و زغال سنگ هنگامی که استخراج شوند، متان تولید می کنند.

مطابق گزارش هیأت بین الدولی تغییرات آب و هوایی (IPCC<sup>3</sup>)، ایران در سال ۲۰۰۷ رتبه دهم دنیا و رتبه اول خاورمیانه را در انتشار گازهای گلخانه ای به خود اختصاص داده است. [۱۰] این سطح انتشار از یک سو متأثر از سطح مصرف حامل های انرژی فسیلی و از سوی دیگر، ناشی از فناوری بهره برداری از انرژی است. از این رو، سیاست گذاری برای کنترل انتشار آلاینده ها مستلزم توجه به دو متغیر سطح مصرف انرژی و فناوری مورد استفاده است. با توجه به جدول ۱، مقدار متان در اتمسفر زمین کمتر از دی اکسید کربن است اما درصد افزایش متان از ابتدای دوره صنعتی شدن بشر بسیار بیشتر از دی اکسید کربن بوده که نشان دهنده ضرورت توجه بیشتر به افزایش انتشار این گاز است. علاوه بر این، برای بررسی مقدار تأثیر هر گاز در گرمایش زمین، پارامتری با عنوان GWP<sup>۴</sup> تعریف شده و نمایانگر آن است که هر حجم مشخص گاز، چند برابر همان حجم دی اکسید کربن باعث گرمایش زمین می شود. مقدار این پارامتر به مواردی از قبیل توانایی هر گاز در جذب نور مادون قرمز و طول عمر آن گاز در اتمسفر بستگی دارد. مقدار این پارامتر برای چند گاز بر اساس مطالعات انجام شده، در جدول ۲ آورده شده است. [۱۰]

مقدار GWP متان در یک دوره ۱۰۰ ساله ۲۵ برابر دی اکسید کربن است که نشان می دهد، یک حجم مشخص متان ۲۵ برابر همان حجم دی اکسید کربن اثرات گلخانه ای دارد. این دلایل باعث شده تا بسیاری از کشورها توجه به کاهش انتشار متان در اتمسفر را مقدم بر کاهش دی اکسید کربن بدانند. [۱] سوال اساسی این است که آیا کاهش انتشار متان امکان پذیر است؟

برای پاسخ به این سوال لازم است به منابع انتشار گازهای گلخانه ای توجه کرد. این گازها از دو منبع فرآیندهای طبیعی مثل آتشفشان و فعالیت های بشری از قبیل استخراج نفت و گاز منتشر می شوند. در حالی که دی اکسید کربن آزاد شده بر اثر فعالیت های بشری تنها ۳٪ فرآیندهای طبیعی آزادسازی دی اکسید کربن است، متان منتشر شده بر اثر فعالیت های مختلف بشری، ۱/۵ برابر منابع طبیعی انتشار متان می باشد. [۱۱] بنابراین، کاهش انتشار متان با برنامه ریزی روی فعالیت های مختلف بشری امکان پذیر است. مقدار متانی که در دنیا در فرآیندهای مختلف نفت و گاز سوزانده شده و یا به اتمسفر رها می شود، در حدود ۵۳۰۰ میلیارد فوت مکعب در سال با ارزش تقریبی ۲۴ میلیارد دلار آمریکاست. این مقدار عظیم گاز طبیعی در حدود ۲۵٪ مصرف سالیانه گاز آمریکا و ۳۰٪ مصرف اتحادیه اروپا می باشد [۱۷]

## ۲- مواد و روش ها

یک سیستم فلر را برای نیل به چندین هدف به کار می برند، که عبارتند از:

- ۱- ایجاد یک سیستم مطمئن برای خروج و تخلیه گازهای زائد واحدهای فرایندی
  - ۲- ایجاد یک موقعیت قابل دسترس و ایمن به منظور سوزاندن گازهای پرفشار سیستم و کاهش فشار کل
  - ۳- به عنوان مکانیسمی کارآمد، به منظور کنترل گازهای قابل اشتعال در شرایط راه اندازی و یا متوقف کردن قسمت هایی از واحدهای عملیاتی
- در جهان، تلاش های متعددی در زمینه کاهش انتشار آلاینده ها به اتمسفر و فلرینگ صورت گرفته که برای مثال چند مورد از آن ذکر می گردد:
- (الف) قطر- بازیافت گازهای همراه از میدان نفتی الشاهین
- (ب) هند- بازیافت در پالایشگاه نفت و گاز اوران

(ج) مصر- بازیافت گازها در شرکت کربن بلک الکساندریا به منظور تولید برق و بخار در ایران نیز به منظور کنترل و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای دستورالعمل هایی صادر شده است که از آن جمله می توان به مرام نامه تشکیل مدیریت انتشار کربن در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی اشاره نمود. [۳]

همچنین، شرکت ملی نفت ایران به منظور جلوگیری از سوخته شدن گازهای همراه نفت خام در مبادین مختلف نفتی، در دو بخش طرح هایی در دست مطالعه و اجرا دارد. طرح هایی که مرحله اجرایی آن ها شروع شده عبارتند از:

- ۱- پروژه جمع آوری و تزریق گازهای همراه واحد بهره برداری قلعه نار، با هدف فشار افزایشی و تزریق گاز در سازند آسماری مخزن قلعه نار
  - ۲- پروژه جمع آوری و تزریق گازهای همراه نرگسی
  - ۳- پروژه بهینه سازی سیستم فرآورش میدان نفتی هفتگل
  - ۴- طرح آماک که این طرح به منظور جمع آوری هر چه بیشتر گازهای همراه در استان خوزستان و جلوگیری از سوزاندن آن هاست. نام این طرح برگرفته از حروف اول حوضه های نفتی تحت پوشش است. در این واژه؛ حرف «آ» نشانه آب تیمور، «م» نشانه مارون و منصور، «ا» نشانه اهواز و حرف «ک» نشانه کوپال است.
  - ۵- جمع آوری گازهای همراه مناطق بهرگان و خارگ و احداث NGL<sup>۵</sup> خارگ
  - ۶- طرح احداث جمع آوری گازهای همراه و استحصال مایعات گازی منطقه سیری
- در یک بررسی که توسط شرکت توتال و در بین شرکتهای بزرگ نفتی جهان در سال ۲۰۰۵ صورت گرفت، در طی فرایند تولید و فرآورش نفت و گاز، حدود ۶۴ درصد از کل گازهای سوزانده شده به صورت ممتد و ۳۶

$X_x$ : جزء جرمی آلاینده X در گاز  $(\frac{lb}{total\ lb})$   
 C: حجم مولی گاز کامل،  $(\frac{SCF^A}{total\ lb})$  ۳۷۹ در  
 دمای ۶۰ درجه فارنهایت و ۱ اتمسفر  
 طبق گزارش ارائه شده از طرف شرکت  
 ملی نفت ایران، میزان گاز ارسالی به فلر در  
 سه ایستگاه تقویت فشار گاز منطقه نفتی  
 گچساران طبق جدول ۳ ارائه شده است. این  
 آمار نشان می‌دهد به دلیل مشکلات عدیده  
 ماشین‌آلات و توقف توربوکمپرسورها،  
 حجم قابل توجهی از گاز، سوزانده شده است  
 که علاوه بر از دست رفتن سرمایه کلان (در  
 کمتر از ۳ سال در حدود ۱۲۱ میلیون دلار)،  
 تهدیدات زیست‌محیطی و کاهش خوراک  
 کارخانه گاز و گاز مایع ۱۳۰۰ گچساران  
 و در نتیجه کاهش خوراک پتروشیمی بندر  
 امام را در برداشته است. روند افزایشی مقدار  
 گازهای ارسالی به فلر که در سال ۱۳۸۹  
 نسبت به سال ۱۳۸۸ به‌طور میانگین از رشد  
 ۱۰۶ درصدی برخوردار بوده، لزوم توجه  
 بیشتر به این مسأله را نشان می‌دهد. (شکل ۲)

### ۳- روش تحقیق

نفت‌خام مورد نیاز کارخانه‌های  
 بهره‌برداری، از چاه‌ها و مخازن نفتی  
 مختلف استخراج می‌شود و به دلیل طی

میزان اختلاط هوا-سوخت و حفظ دمای مناسب  
 شعله بستگی دارد. اگر با کمبود اکسیژن مواجه  
 شویم و ذرات کربن به دمایی کمتر از دمای  
 آفرورزش برسند، دود پدید می‌آید. هنگامی که  
 یک گاز شیرین می‌سوزد، نخستین موادی که  
 انتشار می‌یابند، دی‌اکسید کربن و بخار آب است.  
 البته ممکن است مقادیری از آلاینده‌های هوا و  
 سوخت گازیِ سوخته هم انتشار یابد و اگر گاز  
 فلر گاز ترش باشد، انتشار دی‌اکسید گوگرد و  
 مقادیری سولفید هیدروژن نیز اضافه می‌گردد.

ضرایب نشر برای محاسبه مقدار نشر  
 آلاینده‌ها در مناطق عملیاتی فرایند نفت و گاز  
 به کار می‌روند. استفاده از معادله جابجایی برای  
 تخمین نشر  $CH_4$ ,  $HAP^V$ ,  $VOC^C$  ترجیح داده  
 می‌شود. این معادله برای محاسبه میزان نشر  $CO_2$   
 و  $H_2S$  در واحدهای شیرین‌سازی گاز نیز قابل  
 استفاده است. (معادله ۱)

$$E_x = Q * M_w * X_x * \frac{1}{C} \quad (1)$$

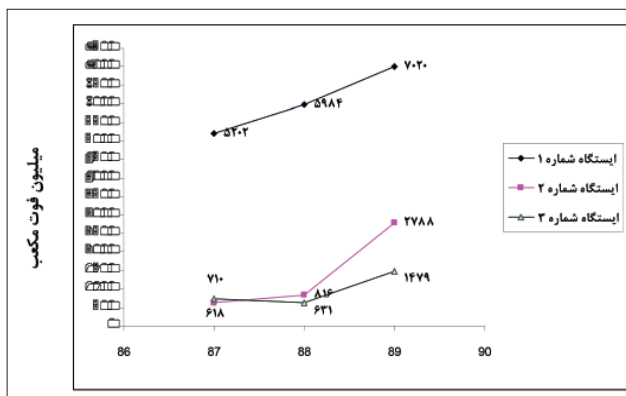
$E_x$ : مقدار نشر آلاینده  $X$   $(\frac{lb}{hr})$

Q: نرخ جریان حجمی بر حجم گاز در  
 عملیات

$M_w$ : جرم مولکولی گاز = چگالی گاز \* جرم  
 مولکولی هوا  $(\frac{lb}{lbmol})$

درصد آن به صورت مقطعی بوده است. [۱۶]  
 مهمترین دلایل سوزانده شدن گاز در مورد اول،  
 عدم توانایی در جمع‌آوری و انتقال گاز و در مورد  
 دوم شامل مشکلات پیش‌بینی نشده عملیاتی،  
 ملاحظات ایمنی و سوخته شدن گاز در راه‌اندازی  
 مجتمع‌های تولیدی بوده است. تاکنون هیچ‌یک  
 از نهادهای کشور آمار دقیقی از میزان گازی  
 که در کشور سوخته می‌شود، ارائه نداده‌اند  
 اما براساس آخرین آماری که در سال ۸۸ برای  
 اولین بار از سوی معاونت وزیر نفت اعلام شد،  
 روزانه ۱۵۱۸/۵۳ میلیون فوت مکعب از گازهای  
 همراه نفت در ایران سوزانده می‌شود. طبق تحقیق  
 شرکت توتال می‌توان گفت حدود ۹۷۲ میلیون  
 فوت مکعب از گازهای ارسالی به فلر در ایران به  
 صورت ممتد می‌باشد. [۱۸]

در فلرینگ اغلب احتراق کامل صورت  
 نمی‌گیرد و رویت دود، خود تأییدی بر این  
 موضوع است. البته میزان نشر آلاینده‌ها به ترکیب  
 گاز و بازده فلرینگ بستگی دارد. بازده فلرینگ  
 بنا به تعریف، یک شاخص عملکرد است که با  
 نسبت هیدروکربن مصرفی در احتراق نسبی به  
 جریان کل هیدروکربن آزاد شده به فلر بیان  
 می‌گردد. هنگامی احتراق کامل خواهد بود  
 که همه ترکیبات آلی به دی‌اکسید کربن و آب  
 تبدیل گردند. انتشار آلاینده‌ها به درجه بازده  
 احتراق بستگی دارد و این درجه شدیداً به دبی،



۲ | حجم گازهای ارسالی به فلر بر اساس جدول ۳

ایستگاه	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۸	نه ماه اول سال ۸۹
ایستگاه ۱	۵۲۰٫۲	۵۹۸۴	۷۰۲۰
ایستگاه ۲	۶۱۸	۸۱۶	۲۷۸۸
ایستگاه ۳	۷۱۰	۶۳۱	۱۴۷۹
جمع:	۶۵۳۰	۷۴۳۱	۱۱۲۸۷
میانگین روزانه (م ف ر)	۱۸	۲۰	۴۱/۳
نرخ رشد (نسبت به سال قبل)	---	۱۱	۱۰۶

۳ | مقادیر گازهای سوزانده شده در سه ایستگاه منطقه نفتی گچساران (MMSCF<sup>۹</sup>) [۴]



دارد، ولی با محدودیت‌هایی از جمله تغییرات پیوسته آنالیز جریان گاز ارسالی به فلر و نوسانات پیش‌بینی نشده فشار و حجم گاز و کم بودن فشار خط فلر مواجه است. در این تحقیق، برای مستدل بودن نتایج، ابتدا نمونه گازهای استحصال‌ی از چاه‌های تولیدی مخزن بی‌بی حکیمه در شرایط مختلف جمع‌آوری شد. سپس با باروش کروماتوگرافی (GC<sup>۱۰</sup>) آنالیز گردید و با کمک جریان‌سنج‌های اختلاف فشاری دبی گاز ورودی به واحد (که فشار مناسب و پایداری بیشتری دارد) در مراحل مختلف تفکیک تشکیل‌دهنده نمونه گاز ورودی به واحد، بررسی و طبق نیاز این تحقیق، ترکیب مولی گاز متان در فشارهای مختلف ارزیابی شد. (جدول ۴)

پس از شبیه‌سازی کامل واحد تقویت فشار، با استفاده از نرم‌افزار Hysys (شکل ۷) و معادله ترمودینامیکی PengRobinson که طی شش ماه صورت گرفت، مقدار گاز متان ارسالی به فلر طبق جدول ۵ بدست آمد. می‌توان با داده‌های موجود و به کمک معادله (۲)، میزان نشر آلاینده حاصل از فرایند فلرینگ را محاسبه نمود:

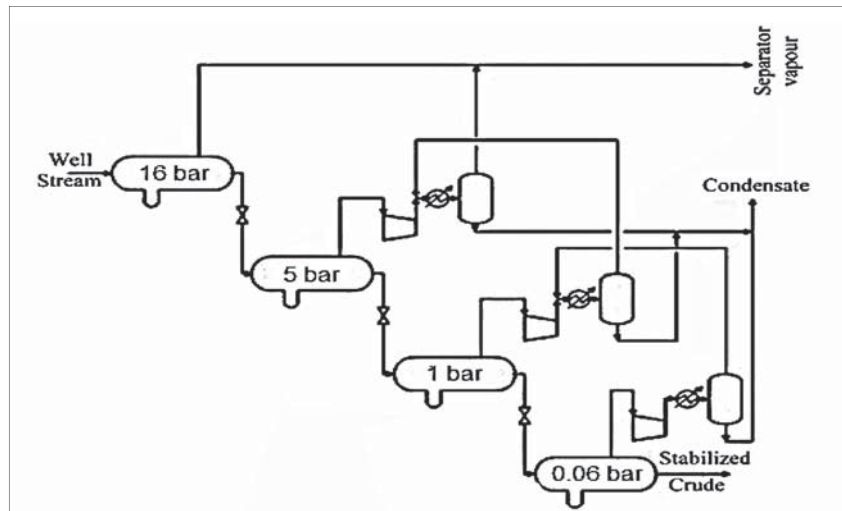
$$E_x = Q * Y_x * (1 - R) * \frac{1}{C} * M_{Wx} \quad (2)$$

$E_x$ : مقدار نشر آلاینده  $X$  ( $\frac{lb}{yr}$ )

و خطوط لوله و موقعیت جغرافیایی آن، حدود یک سوم حجم این گاز، جمع‌آوری شده و ارسال می‌گردد (حدود MMSCFD ۱۳) و مازاد آن به سمت فلر هدایت می‌شود که باید در کاهش آن اقدامات جدی صورت‌پذیرد (جدول ۵). [۴]

آگاهی از مقادیر کمی متغیرها مهمترین عامل در بخش نظارت و کنترل یک سیستم است. دستیابی به این مقادیر نیازمند روش‌های مختلف اندازه‌گیری و تجهیزات مربوطه است. کنترل گازهای ارسالی به فلر نیز از این قاعده مستثنی نبوده و مستلزم استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری است که در این میان، دو کمیت دبی و آنالیز گاز از اهمیت بیشتری برخوردار است. اندازه‌گیری این متغیرها در گازهای ارسالی به فلر اگر چه اهمیت بسیار

مسافت‌های طولانی باید گاز همراه نفت گرفته شود تا در طی مسیر، باعث ایجاد اختلال در سیستم یا بسته شدن لوله (پدیده موسوم به Lock Gas) نشود. به همین منظور، جداکننده‌هایی بر سر چاه نصب می‌شود تا با ایجاد افت فشار، گاز همراه نفت جدا شود. سپس، گاز، توسط خط لوله‌ای به سمت فلر رفته و می‌سوزد. با توجه به بالا بودن حجم این گازها می‌توان با جمع‌آوری آن و تقویت فشار در ایستگاه‌ها و تأسیسات تقویت فشار، گاز پر فشار جهت استفاده در کارخانه‌های پتروشیمی و گاز مایع فراهم نمود که از این طریق هم از تخریب محیط زیست و هم، از هدررفت ذخایر ملی جلوگیری شود. در ایستگاه تقویت فشار شماره ۱، به دلیل اشکالات تعمیراتی



شکل ۳ شمای کلی بهره‌برداری از نفت خام و جداسازی گاز

جدول ۵ مشخصات گاز ارسالی به فلر در مراحل مختلف (شکل ۴) [۴]

total	LP	MP	HP	Gas to flare
۴۵	۳۵	۴۵	۴۵	دما (C)
۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	فشار (Barg)
۲۲/۲۷	۴	۱۲/۹	۵/۳۷	حجم گاز (MMSCFD)
۰/۶۶۲	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۷۶	جزء مولی گاز متان

جدول ۴ مشخصات گاز ورودی ایستگاه [۴]

VLP <sup>۱۱</sup>	LP <sup>۱۲</sup>	MP <sup>۱۳</sup>	HP <sup>۱۴</sup>	FEED
۳۲	۳۸	۴۵	۴۵	دما (C)
۰/۰۶	۱	۵	۱۶	فشار (Barg)
۱/۲	۵/۲	۱۹/۵	۹/۳۷	حجم گاز (MMSCFD)
۰/۴۴۱	۰/۵۹۳	۰/۶۴۱	۰/۷۶۴	جزء مولی گاز متان

گرفته شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از شبیه سازی کامل واحد تقویت فشار گاز شماره ۱، سیستم فلر ایستگاه که از نوع خودایستا و بدون عامل القایی می باشد، با نرم افزار Flarenet شبیه سازی شد (شکل ۵). پس از بررسی شبکه فلر در سناریوهای مختلف از جمله ارسال مقادیر مندرج در جدول ۵ به فلر (shutdown total)، مشخص شد که سیستم موجود ظرفیت لازم را نداشته و حجم بالای گاز ارسالی به فلر، باعث زیاد شدن فشار برگشتی از مقدار حداکثر فشار مجاز<sup>۱۵</sup> (MABP) و عدد ماخ (Num- Mach) از حد مجاز (۰/۵) شده است (مطابق استاندارد API 521) (شکل ۶). این عدد نشان دهنده سرعت بالای جریان گاز فلر و عدم وجود فرصت کافی برای اختلاط مناسب گاز و هوا در خروجی فلر است.

از آنجا که راندمان احتراق برای فلری که به خوبی طراحی شده معمولاً بالای ۹۰٪ است، در خوش بینانه ترین حالت، بازدهی فلر مورد مطالعه برابر با ۹۰٪ در نظر گرفته می شود؛ به این معنا که حدود ۱۰٪ از کل جریان ارسالی به فلر، هیدروکربن های نسوخته از جمله متان می باشد. براساس معادله (۳) و جدول ۵، معادله (۴) به دست می آید:

$$E_{CH_4} = 22.27 * 10^6 \left(\frac{SCF}{day}\right) * 0.6621 \left(\frac{lbmolCH_4}{lbmol}\right) * \frac{11bmol}{379SCF} * (1 - 0.90) * 16 \left(\frac{lb}{lbmol}\right) = 62623 \left(\frac{lb}{day}\right) = 62623 \left(\frac{lb}{day}\right) \quad (4)$$

$$\frac{ton}{2000lb} = 31.31 \left(\frac{ton}{day}\right)$$

طبق محاسبات، حداقل مقدار ۳۱/۳۱ تن گاز متان، روزانه به دلیل خرابی ادوات و عدم توانایی در جمع آوری گازهای سرچاهی، بدون تغییر، به محیط منتشر می شود. معادله (۵) ارزش گازهای ارسالی به فلر را به لحاظ اقتصادی ارزیابی می کند.

در عملیات فلرینگ، از معادله (۳) استفاده می شود:

$$E_{CH_4} = Q * Y_{CH_4} * (1 - R) * \frac{1}{C} * M_{W_{CH_4}} \quad (3)$$

اختلاف موجود بین رقم ارائه شده در جداول ۳ و ۵ مربوط به ایستگاه شماره ۱ ناشی از رهاسازی گازهای طی عملیات راه اندازی، توقف و فعالیت های تعمیراتی است، درحالی که در شبیه سازی، فرایند به صورت پیوسته و بدون توقف در نظر

Q: حجم گازی که قرار است سوزانده شود  $\left(\frac{SCF}{yr}\right)$

M<sub>wx</sub>: جرم مولکولی گاز آلاینده  $\left(\frac{lbX}{lbmolX}\right)$

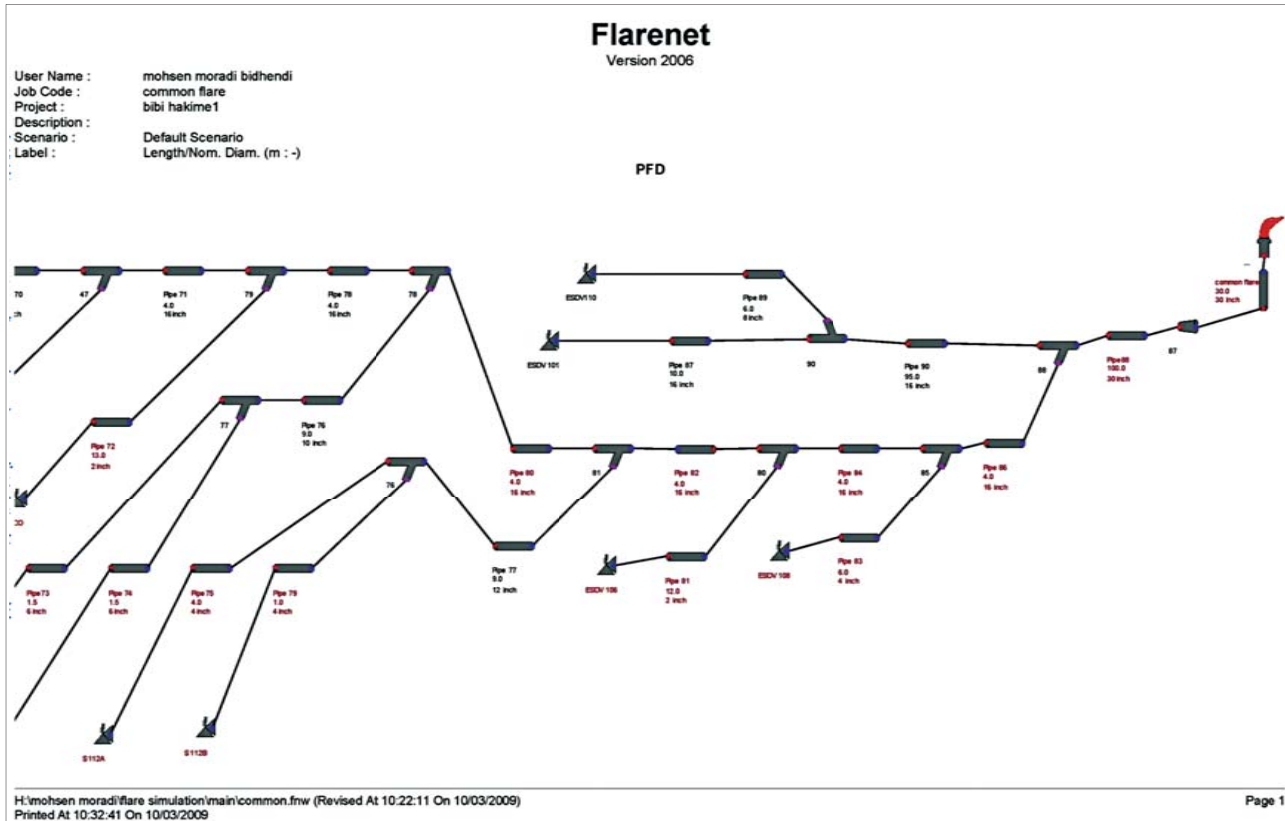
Y<sub>x</sub>: جزء مولی گاز آلاینده X در گاز ورودی  $\left(\frac{lbmolX}{lbmol}\right)$

C: حجم مولی گاز ایدال، 379  $\left(\frac{SCF}{lbmol}\right)$  در 60°F و فشار یک اتمسفر

R: بازده فلر  $\left(\frac{lbmolY}{lbmolX}\right)$  لذا، برای بررسی میزان نشر گاز متان

Case Name: H:\MOHSEN MORADNIBI HAKIME1\HSC						
Unit Set: Hove/TextUnitSet						
Date/Time: Mon Mar 09 15:51:59 2009						
bibl hakime1 gas unit simulation mohsen moradi bidhendi						
Material Stream: total gas to flare						
Fluid Package: Basis-1						
Property Package: Peng Robinson						
CONDITIONS						
Overall						
Vapour / Phase Fraction	1.0000					
Temperature: (C)	40.15					
Pressure: (psig)	1.304					
Molar Flow (MMSCFD)	22.26					
Mass Flow (tonne/d)	674.7					
Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)	1.059e+004					
Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-2.257e+004					
Molar Entropy (kcal/kgmole-C)	182.3					
Heat Flow (kcal/h)	-2.503e+007					
Liq Vol Flow @Std Cond (barrel/day)	---					
COMPOSITION						
Overall Phase						
Vapour Fraction 1.0000						
COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (tonne/d)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m <sup>3</sup> /h)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	15.4480	0.0139	6.8791	0.0099	0.2789	0.0040
H2S	31.2476	0.0282	25.5551	0.0379	1.3506	0.0193
Nitrogen	0.0005	0.0006	0.8054	0.0009	0.0313	0.0004
CO2	37.2937	0.0336	39.3908	0.0584	1.9886	0.0294
Methane	734.1516	0.6621	282.8701	0.4189	39.3392	0.5810
Ethane	116.6943	0.1052	84.2158	0.1248	9.8655	0.1407
Propane	81.9945	0.0739	66.7865	0.1288	7.1352	0.1017
i-Butane	17.1315	0.0155	23.8981	0.0354	1.7718	0.0253
n-Butane	35.8549	0.0323	50.0167	0.0741	3.5733	0.0510
i-Pentane	10.3595	0.0093	17.9370	0.0266	1.1988	0.0171
n-Pentane	10.3453	0.0093	17.9142	0.0266	1.1853	0.0169
n-Hexane	8.0159	0.0072	16.5791	0.0246	1.0425	0.0149
n-Heptane	9.3533	0.0084	22.4838	0.0333	1.3646	0.0195
TEGlycol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Methanol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Total	1108.7798	1.0000	674.7216	0.0000	70.1258	1.0000
Vapour Phase						
Phase Fraction 1.0000						
COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (tonne/d)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m <sup>3</sup> /h)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	15.4480	0.0139	6.8791	0.0099	0.2789	0.0040
H2S	31.2476	0.0282	25.5551	0.0379	1.3506	0.0193
Nitrogen	0.0005	0.0006	0.8054	0.0009	0.0313	0.0004
CO2	37.2937	0.0336	39.3908	0.0584	1.9886	0.0294
Methane	734.1516	0.6621	282.8701	0.4189	39.3392	0.5810
Ethane	116.6943	0.1052	84.2158	0.1248	9.8655	0.1407
Propane	81.9945	0.0739	66.7865	0.1288	7.1352	0.1017
i-Butane	17.1315	0.0155	23.8981	0.0354	1.7718	0.0253
n-Butane	35.8549	0.0323	50.0167	0.0741	3.5733	0.0510
i-Pentane	10.3595	0.0093	17.9370	0.0266	1.1988	0.0171
n-Pentane	10.3453	0.0093	17.9142	0.0266	1.1853	0.0169
n-Hexane	8.0159	0.0072	16.5791	0.0246	1.0425	0.0149
n-Heptane	9.3533	0.0084	22.4838	0.0333	1.3646	0.0195
TEGlycol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Methanol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Total	1108.7798	1.0000	674.7216	1.0000	70.1258	1.0000
User Variables						
Hyprotech Ltd. HYSYS v3.1 (Build 4815) Page 4 of 4						
Licensed to: LEGENDS * Specified by user.						

مشخصات فیزیکی و ترمودینامیکی مجموع گازهای ارسالی به فلر (گزارش نرم افزار HYSYS) شکل ۴



شکل ۵ | PFD بخشی از شبکه فلر موجود (run شده در حالت rating جهت بررسی اشکالات)

$$1(m^3) = 35.315(Ft^3)$$

$$1(m^3CH_4) = 200.8(\text{تومان})$$

$$\text{ارزش گاز متان} = 22.27 * 10^6 \left(\frac{SCF}{day}\right)$$

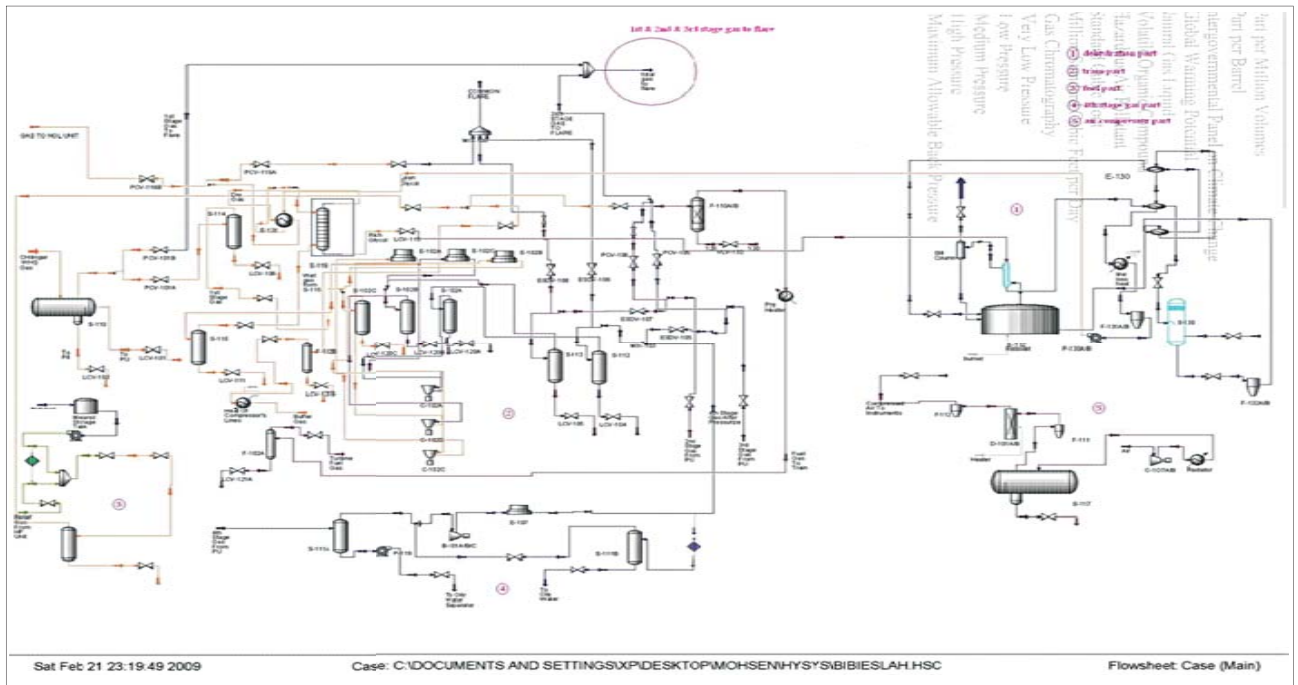
$$* 66.21\% * \frac{1(m^3)}{35.315(SCF)} * 200.8 \left(\frac{\text{تومان}}{m^3}\right)$$

نتیجه گیری

بر طبق نتایج به دست آمده در ایستگاه تقویت فشار شماره ۱ بهره برداری نفت و گاز گچساران، تقریباً ۲۲/۲۷ میلیون فوت مکعب گاز، روزانه به فلر ارسال می شود که حدود ۶۶/۲۱ درصد مولی آن متان است. با احتساب ۲۰۰/۸ تومان به ازای هر متر مکعب گاز متان، ارزش اقتصادی گاز متان که به فلر ارسال شده در این ایستگاه روزانه در حدود ۸۴ میلیون تومان می شود که به دلیل عدم توانایی در جمع آوری، به فلر ارسال شده و طبق

Flarenet Version 2006	
User Name : mohsen moradi bidhendi Job Code : common flare Project : bibi hakime 1 Description :	
Messages - Problems	
No.	Message
1	MABP Exceeded For Source 'ESDV106' (4.74699 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
2	MABP Exceeded For Source 'ESDV106' (6.35921 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
3	MABP Exceeded For Source 'S112A' (5.63911 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
4	MABP Exceeded For Source 'S112A' (5.63674 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
5	MABP Exceeded For Source 'S113B' (6.04281 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
6	MABP Exceeded For Source 'S113A' (6.02146 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
7	Choked Flow For Pipe Segment 'Pipe 72' In Scenario 'Default Scenario'
8	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 72' (0.2921.000) In Scenario 'Default Scenario'
9	MABP Exceeded For Source 'C104C' (21.36638 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
10	Choked Flow For Pipe Segment 'Pipe 64' In Scenario 'Default Scenario'
11	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 64' (0.2941.000) In Scenario 'Default Scenario'
12	MABP Exceeded For Source 'C104B' (15.07962 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
13	MABP Exceeded For Source 'C104A' (7.74934 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
14	Choked Flow For Pipe Segment 'Pipe 62' In Scenario 'Default Scenario'
15	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 62' (0.2921.000) In Scenario 'Default Scenario'
16	MABP Exceeded For Source 'C103C' (21.36638 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
17	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 61' (0.2930.782) In Scenario 'Default Scenario'
18	MABP Exceeded For Source 'C103B' (15.12338 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
19	MABP Exceeded For Source 'C103A' (8.34362 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
20	Choked Flow For Pipe Segment 'Pipe 59' In Scenario 'Default Scenario'
21	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 59' (0.2921.000) In Scenario 'Default Scenario'
22	MABP Exceeded For Source 'C102C' (21.36638 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
23	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 57' (0.2910.713) In Scenario 'Default Scenario'
24	MABP Exceeded For Source 'C102B' (15.21768 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
25	MABP Exceeded For Source 'C102A' (8.69813 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
26	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 51' (0.2900.688) In Scenario 'Default Scenario'
27	MABP Exceeded For Source 'C101B' (15.30506 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
28	MABP Exceeded For Source 'C101A' (8.8645 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
29	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 46' (0.44110.918) In Scenario 'Default Scenario'
30	MABP Exceeded For Source 'C104C' (14.07454 bar abs) In Scenario 'Default Scenario'
31	Mach Number Violation For Pipe Segment 'Pipe 44' (0.4200.622) In Scenario 'Default Scenario'

شکل ۶ | گزارش بخشی از اشکالات موجود در شبکه فلر



شکل ۷ شبیه سازی کامل ایستگاه تقویت فشار گاز

محاسبات، روزانه ۳۱/۳۱ تن متان بدون تغییر به محیط  
تخلیه می شود. این مسأله نه تنها باعث ضرر اقتصادی  
است، بلکه صدمات جبران ناپذیر آن به محیط زیست  
افزایش آلودگی هوا و گرمایش زمین غیر قابل انکار  
است. یکی از روش های پیشگیری و کاهش  
آلاینده های حاصل از فلرینگ، به کارگیری  
روش های مختلف بازیافت گاز است. با کاهش  
گازهای ارسالی به فلر، افزایش بازدهی فلر و حرکت  
به سمت احتراق کامل امکان پذیر خواهد بود. ■

#### منابع

- [1]. جعفریان ح، اصول جغرافی فیزیک، تأثیر گل خانه ای، چاپ دوم، ۱۳۸۵.
- [2]. منظور د، آثار اصلاح قیمتهای انرژی بر انتشار آلاینده های زیست محیطی در ایران، مدل سازی تعادل عمومی محاسبه پذیر، محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۱۳۹۰، ۶۰، صفحه ۱-۱۲.
- [3]. امیرفخری س ج، ضرورت کاهش انتشار متان به عنوان یکی از عمده ترین گازهای گلخانه ای، HSEQ شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران، ۱۳۸۹، صفحه ۱-۶.
- [4]. مجموعه نقشه ها و کتابچه راهبری ایستگاه های تقویت فشار گاز در گچساران.
- [5]. Kiehl J and Ke., Earth's Annual Global Mean Energy Budget Bulletin of the American Meteorological Society 78 (2), 1997, pp. 197-208.
- [6]. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Chapter 1, Historical Overview of Climate Change Science.
- [7]. Smith Jb., Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reasons for concern, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America no 106, 2009, pp. 4133-7.
- [8]. Summary for Policymakers Climate Change, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- [9]. IPCC Special Report on Emissions Scenarios, 2000, Chapter 3.
- [10]. IPCC Fourth Assessment Report (AR4) by Working Group, Changes in Atmospheric Constituents and in Radioactive Forcing, 2007.
- [11]. Noam M., A New Global Warming Strategy, How Environmentalists are Overlooking Vegetarianism as the Most Effective Tool against Climate Change in Our Lifetimes, An Earth Save International Report, 2005.
- [12]. EPA/GRI., Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Vol. 2, Technical Report, GRI-94/0257.1, EPA-600/R-96-080b, 1996.
- [13]. Gas Technology Institute. Identification and Evaluation of Opportunities to Reduce Methane Losses at Four Gas Processing Plants, USEPA No, 827754-01-0, 2002.
- [14]. Steczko k., Inventory of Methane Emissions from Gas Industry Problem Solved or Still Opened Oil and Gas Institute, Krakow, Poland, 2010.
- [15]. Amir fakhri, Methane Emissions in Iranian Natural Gas Transmission Pipelines Calculations and Mitigation Strategies, 8th International Pipeline Conference, Calgary, Alberta, Canada, 2010.
- [16]. Myroshnychenko Y., "Global Gas Flaring Reduction Partnership", presented in workshop on Natural Gas as Climate Change Solution, Washington D.C, Sep. 26, 2006.
- [17]. <http://www.worldbank.org/> Global Gas Flaring Reduction.
- [18]. <http://www.pananews.ir/notes/note.php?id=150>