برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در دو پالایشگاه شهید هاشمی نژاد و فجر جم و ارائه راهکارهای عملیاتی جهت کاهش انتشار در آن‌ها

کاظم کاشفی[1*]، توحید نودل[2]، فاطمه گودرزوند چگینی[1]، فاطمه زاجکانیها[3]، علی‌اصغر محجوبی[4]

۱- پژوهشگاه صنعت نفت،
۲- شرکت انرژی‌های تجدید پذیر مهر،
۳- مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز ایران،
۴- شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد

نویسنده مسئول، ایمیل: kashefik@ripi.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۹

چکیده

امروزه پالایشگاه‌های گاز طبیعی به‌منظور خالص‌سازی گاز طبیعی و بهینه کردن خواص گاز استخراجی از چاه‌های گاز جهت کاربردهای مختلفی همچون مصارف خانگی با سرعت بیشتری درحال‌توسعه می‌باشند. هر پالایشگاه گاز از مجموعه‌ای از واحدهای فرآیندی تشکیل شده است که هر یک از آن‌ها می‌توانند عاملی جهت انتشار گازهای گلخانه‌ای به محیط‌زیست باشد؛ بنابراین هدف این مقاله ابتدا بررسی، مطالعه و برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از واحدهای فرآیندی موجود در دو پالایشگاه شهید هاشمی نژاد و فجر جم و سپس ارائه راه‌کارهایی جهت بهبود عملکرد و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در این پالایشگاه‌ها است. به‌طورکلی منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای به سه بخش احتراقی، منابع فرآیندی و انتشار فرار تقسیم‌بندی شده است. در بخش احتراقی از چهار روش موازنه‌ی جرمی (بر اساس میزان و ترکیب سوخت)، روش آنالیز گازهای خروجی دودکش (با استفاده از دو متد جداگانه) و روش ضرایب انتشار عمومی برای هر دو پالایشگاه استفاده‌شده است. مقایسه نتایج این چهار روش برای بویلرهای این دو پالایشگاه نشان می‌دهد که روش موازنه‌ی جرمی در محاسبه‌ی انتشار CO_2 و ضریب انتشار برای محاسبه‌ی انتشار CH_4 نتایج مناسب‌تری ارائه خواهند داد. همچنین انتشار فرار مربوط به نشتی تجهیزات و انتشار فرایندی مربوط به تصفیه فاضلاب مربوط به این دو پالایشگاه نیز محاسبه و برآورد شده است.

نتایج برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای در این دو پالایشگاه نشان می‌دهند که فلر کردن گازها، دی‌اکسید کربن موجود در گاز خام ورودی به پالایشگاه و مصرف سوخت در تجهیزات تبدیل انرژی، سه منبع عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌حساب می‌آیند؛ بنابراین ۱۱ پروژه جهت بهبود بازده و کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در این دو پالایشگاه حول محور کاهش فلرینگ، بهبود راندمان انرژی (در هر سه بخش تولید، انتقال و مصرف) و جذب CO_2 از گازهای خروجی از دودکش ارائه و ارزیابی شده است.

کلمات کلیدی: پالایشگاه گاز، گازهای گلخانه‌ای، کاهش انتشار، بهبود عملکرد، توسعه پایدار.

۱- مقدمه

گازهای گلخانه‌ای که سبب به وجود آمدن مشکلات زیست‌محیطی خطرناکی شده‌اند، از منابع مختلفی انتشار می‌یابند که یکی از این منابع، صنایع نفت و گاز است، [۱]. در بین صنایع نفت و گاز، پالایشگاه‌ها اگرچه سهم انتشار CO_2 کمی (تقریباً ۸-۱۰٪) نسبت به انتشار کلی دارند، ولی به دلیل اینکه افزایش تقاضا محصولات آن‌ها درجاهای دیگر مانند بخش انتقال می‌تواند باعث افزایش انتشار گردد، جزء منابع مهم هستند [۲- ۴]. به‌عبارتی‌دیگر هر چه تقاضای بازار جهت خرید محصولات یک پالایشگاه افزایش یابد، این پالایشگاه نیاز به مصرف سوخت فسیلی بیشتری به‌منظور تولید محصول بیشتر دارد که این باعث افزایش پخش گازهای گلخانه‌ای از این منبع خواهد شد [۵]. انتشار گازهای گلخانه‌ای از پالایشگاه‌های نفت بر اساس میزان تولید سال ۲۰۰۵ حدود ۲۱۴ میلیون تن[1] است [۶]. این مطالب نشان می‌دهد که شناسایی منابع پخش آلاینده‌ها در پالایشگاه‌ها جهت ارائه راه‌کارهایی به‌منظور کاهش انتشار می‌تواند بسیار مهم باشد. بر این اساس، چندین مطالعه به‌منظور بهبود عملکرد و بازده ای پالایشگاه‌ها و کاهش انتشار CO_2 در پالایشگاه‌ها انجام شده است [۷-۱۳]. این مطالعات در درجه‌ی اول به پیش‌بینی بهترین عملکرد تکنولوژی‌های در دسترس، به‌طوری‌که توانایی کاهش میزان پخش آلاینده‌ها را نسبت به تکنولوژی‌های قدیمی داشته باشند، تمرکز کرده‌اند. از طرفی دیگر یکی از مسائل مهم در انتخاب بهترین راه‌کار و تدوین یک سناریو مناسب جهت کاهش میزان نشر یک منبع انتشار، اطلاع از میزان انتشار و برآورد آن با دقت مناسب است. به‌طورکلی اندازه‌گیری و برآورد میزان انتشار آلاینده‌های هوای از منابع مختلف، از ابزارهای اساسی در مدیریت کیفیت هوا به‌حساب می‌آید. تخمین میزان انتشارات در امور مختلفی مانند مدل‌سازی کیفیت هوا، توسعه سیاست‌های کاهش انتشار، تعیین قابلیت کاربرد برنامه‌های کاربردی، تعیین اثرات منابع انتشار و استراتژی‌های مناسب کاهش انتشار و موارد مشابه دیگر بسیار بااهمیت می‌باشند [۱۴]. بر این اساس تحقیقات مختلفی در دنیا برای برآورد میزان نشر گازهای گلخانه‌ای از صنایع و حوزه‌های مختلف انجام شده است.

در سال ۱۹۹۱ سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا (EPA) با همکاری پژوهشگاه صنعت گاز آمریکا (GRI) تحقیقات جامعی را باهدف برآورد میزان نشر متان از صنعت گاز طبیعی آن کشور آغاز نمودند [۱۵]. انجام این پژوهش داده‌های لازم برای ارزیابی میزان تولید گاز گلخانه‌ای متان و همچنین اثر نسبی زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی بر پدیده گرمایش زمین و نیز امکان در نظر گرفتن گاز طبیعی به‌عنوان بخشی از استراتژی تغییر سوخت و منابع انرژی را در اختیار قرار داد.

در سال ۱۹۹۹ پژوهشگاه گاز کانادا پروژه‌ای را انجام داد که در آن منابع نشر احتراقی که منجر به انتشار گاز دی‌اکسید کربن نیز می‌شوند شناسایی و میزان نشر از آن‌ها برآورد شد [۱۶]. این مطالعه علاوه بر گازهای گلخانه‌ای، آلاینده‌های دیگر را مانند مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، دی‌اکسید سولفور، ترکیبات آلی فرار، کل ترکیبات آلی و ذرات خاص را شامل می‌شود. موسسه نفت آمریکا مطالعه جامع و گسترده‌ای را بر روی روش‌های مختلف تخمین و ارزیابی میزان نشر گازهای گلخانه‌ای انجام داده است. در این پروژه مجموعه‌ای فراگیر از ضرایب نشر گازهای گلخانه‌ای تدوین شد. همچنین عملیات صنایع نفت و گاز در بخش‌های مختلف و منابع نشر مربوط به آن‌ها به‌طور کامل شرح داده شد [۱۷ و ۱۸].

در سال ۲۰۰۶، سازمان ملل برنامه گسترده‌ای را با عنوان راهنمای فهرست گازهای گلخانه‌ای توسط پنل بین‌المللی در مورد تغییرات آب‌وهوا (IPCC) به اجرا گذاشت که درنتیجه آن یکی از بزرگ‌ترین و جامع‌ترین فهرست‌های منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای تهیه شد [۱۹].

محقق Salem به شناسایی منابع انتشار دی‌اکسید کربن در پالایشگاه‌های کویت (۳ پالایشگاه)، محاسبه میزان انتشار آن‌ها و ارائه راه‌کارهایی به‌منظور کاهش انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته است. او گزارش کرد که میزان انتشار دی‌اکسید کربن از سه پالایشگاه بررسی شده، 2.88 ,3.2 and 3.78 mtpa است و کوره‌های حرارتی بیشترین درصد انتشار (۷۵-۶۲٪) بسته به ساختار هر پالایشگاه را دارند[۲۰]. محقق Johansson و همکارانش به بررسی استراتژی‌هایی جهت کاهش نشر دی‌اکسید کربن در صنایع پالایشگاه نفت اتحادیه اروپا ((the European Union (EU) پرداختند. نتایج ارزیابی آن‌ها نشان داد که روش‌های short-term در کاهش انتشار CO_2 مانند جایگزینی سوخت و اندازه‌گیرهای بازدهی انرژی می‌تواند انتشار دی‌اکسید کربن را تا ۹-۴۰ $MtCO_2/year$ (۶-۴۰٪ از کل انتشار پالایشگاه‌ها) کاهش دهد [۲۱].

1- million tons of CO_2 equivalents

در این مقاله منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش‌های مختلف دو پالایشگاه شهید هاشمی نژاد و فجر جم بررسی و مطالعه شده است. بدین منظور منابع موجود در این پالایشگاه‌ها به سه منبع کلی احتراقی، فرآیندی و انتشار فرار تقسیم‌بندی شده است. سپس از روش‌های مختلف جهت محاسبه و برآورد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از هریک از این منابع استفاده شده است. نتایج محاسبات برآورد انتشار نشان می‌دهند که فلر کردن گازها، دی‌اکسید کربن موجود در گاز خام ورودی به پالایشگاه و مصرف سوخت در تجهیزات تبدیل انرژی، سه منبع عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌حساب می‌آیند. بدین منظور پروژه‌هایی جهت بهبود عملکرد این پالایشگاه‌ها و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از این پالایشگاه‌ها ارائه و بررسی گردیده شده است.

۲- شرح عملکرد پالایشگاه‌های مورد مطالعه

۲-۱- پالایشگاه گاز شهید هاشمی‌نژاد خانگیران

شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد خانگیران در ۱۸۰ کیلومتری شمال شرق شهر مشهد قرار دارد و گاز طبیعی مشترکین شش استان کشور را تأمین می‌نماید. مخازن گازی منطقه خانگیران سرخس شامل سه مخزن گاز شیرین بااستعداد باقیمانده تولید ۱۷ میلیارد مترمکعب و یک مخزن گازترش عظیم مزدوران بااستعداد باقیمانده تولید ۳۰۰ میلیارد مترمکعب است. مخزن گازترش مزدوران حاوی ۳/۵٪ گاز سمی سولفید هیدروژن (H_2S) و ۶/۵٪ گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) است. واحدهای تصفیه گاز پالایشگاه شامل دو برج موازی تماس دهنده آمین با گاز، ۴ برج خشک کننده گاز تصفیه شده و دیگر تجهیزات لازم تشکیل یافته است. عملیات شیرین سازی گاز نیز توسط محلول ۳۴٪ دی اتانول آمین (DEA) با جدا نمودن ۱۰٪ گاز اسیدی خوراک پالایشگاه و ارسال آن به واحد بازیافت گوگرد انجام می‌شود. این واحد توانایی تولید ۱۸۰۰ تن گوگرد در روز با درجه‌ی خلوص ۹۹/۷ درصد را دارا است.

واحد سرویس‌های جانبی نیز قادر به تولید ۵۴۰ تن بخار در ساعت بوده و نیروگاه پالایشگاه نیز با ۳ توربین گاز و دو توربین بخار جمعاً توانایی تولید ۳۳ مگاوات ساعت برق را دارد. این پالایشگاه جدا از شبکه سراسری، انرژی الکتریکی موردنیاز کلیه دستگاه‌ها و تأسیسات جانبی را می‌نماید. همچنین به علت وجود مقادیر اندکی از مایعات نفتی همراه با خوراک گاز طبیعی مجموعه، واحد جداسازی و تثبیت مایعات نفتی نیز در این پالایشگاه وجود دارد. در این راستا برای استفاده بهینه از مایعات استحصالی، دو واحد تقطیر مایعات گازی با ظرفیت روزانه ۱۱۵۵ بشکه آماده راه‌اندازی است.

۲-۲- پالایشگاه گاز فجر

این پالایشگاه در استان بوشهر و در ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی بندر بوشهر قرار دارد. این پالایشگاه با ۸ واحد پالایشی و ظرفیت عملیاتی ۱۳/۷۵ میلیون مترمکعب در روز برای هر واحد، دارای ظرفیت پالایشی ۱۱۰ میلیون مترمکعب در روز بوده که حدود ۲۵ درصد از کل ظرفیت پالایشگاهی کشور است. گازهای میدان نار و برخی گازهای میدان کنگان در این پالایشگاه پس از شیرین سازی، نم‌زدایی و کنترل نقطه شبنم و طی مراحل پالایشی به خط لوله دوم ۵۶ اینچ گاز کشور تزریق می‌گردد.

۳- برآورد انتشار

به‌طورکلی منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع نفت و گاز به سه قسمت منابع ناشی از احتراق سوخت، منابع فرآیندی و انتشار فرار تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۰]. انتشارات احتراقی شامل انتشارات حاصل از احتراق سوخت در بویلرها، کوره‌ها، موتورها، توربین‌ها و احتراق مواد زائد در زباله سوزها و فلرها می‌شود که این منابع به‌طور گسترده‌ای در صنایع نفت و گاز موجود می‌باشند. از سوی دیگر در صنعت نفت و گاز، فرآیندهای شیمیایی متنوعی بر روی مواد مختلف انجام می‌شود که برخی از این فرآیندها منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان محصول جانبی می‌شوند. درصورتی‌که این گازها مهار نشده و مورد مصرف قرار نگیرند، تخلیه آن‌ها به اتمسفر باید به‌عنوان انتشار فرآیندی (یا انتشار تخلیه‌ای) گازهای گلخانه‌ای از واحد مربوطه به‌حساب آید [۱۰]. انتشارات فرار به خروج ناخواسته مواد از نشتی تجهیزات در سطوح آب‌بندی‌شده اطلاق می‌شود. این انتشارات معمولاً از آب‌بندی اتصالات و شیرها صورت می‌گیرد. معمولاً انتشارات فرار در پالایشگاه‌ها و واحدهای پایین‌دستی در مقایسه با انتشارات احتراقی و فرآیندی، ناچیز می‌باشند، درحالی‌که این انتشار در تأسیسات بالادستی می‌تواند قابل‌ملاحظه باشد. جهت محاسبه میزان انتشار بخش نفت و گاز برای سه نوع منبع نشر ذکر شده، می‌توان از روش‌های متفاوتی استفاده نمود.

۳-۱- برآورد انتشار منابع احتراقی

در این مقاله برای محاسبات انتشار منابع احتراقی دو پالایشگاه

ذکر شده از چهار روش متفاوت زیر استفاده شده است:

- روش موازنه‌ی جرمی (بر اساس میزان و ترکیب سوخت)

$$CC = \frac{\sum(HC_i \times N_i) + CD}{100} \quad (۱)$$

که در این رابطه، CC مقدار مول‌های کربن موجود در هر مول سوخت‌درصد مولی هیدروکربن (mole C/mole fuel)، HC_i درصد در سوخت برحسب درصد، Ni تعداد اتم‌های کربن در هیدروکربن i و CD درصد مولی دی‌اکسید کربن در سوخت (برحسب درصد) در سوخت است.

- روش آنالیز گازهای خروجی دودکش (Protocol Method)

(۲)

$$E_i = \sum_{n=1}^{N}\left((Q)_n \times [1-(f_{H20})_n] \times \frac{(C_i)_n}{100\%} \times \frac{MW_i}{MVC} \times \left(\frac{T_o}{T_n}\right) \times \left(\frac{P_n}{P_o}\right) \times M_N \times K\right)$$

در این رابطه E_i نرخ انتشار آلاینده"i" برحسب تن در سال، N تعداد دوره‌های اندازه‌گیری در هرسال، n شماره‌ی دوره اندازه‌گیری، $(Q)_n$ دبی حجمی گازهای خروجی از دودکش در دوره اندازه‌گیری "n" برحسب [acfm]، $(Ci)_n$ غلظت آلاینده "i" در گاز خروجی (بر مبنای درصد حجمی خشک)، MW_i جرم مولی آلاینده "i" [kg/kg- mol]، MVC ضریب تبدیل مولی به حجمی در شرایط استاندارد [849.5 scf/kg-mol]، T_o دمای استاندارد (°R)، T_n دمایی محیط در هنگام اندازه‌گیری دبی، P_o فشار استاندارد، P_n فشار متوسط در هنگام اندازه‌گیری دبی، MN طول هر دوره زمانی برحسب دقیقه و K ضریب تبدیل [0.0011023 tons/kg] است.

- روش آنالیز گازهای خروجی دودکش (Flue Gas Based)

(۳)

$$FAR = 11.5C + 34.5(H - O) + 4.32S$$

(۴)

$$\dot{m}_{exh} = \dot{m}_{fuel} + \dot{m}_{air}$$

(۵)

$$\begin{cases} X_{N2} = \dfrac{(\frac{\dot{m}_{air}}{\dot{m}_{exh}} \times \frac{79}{29})(-(\sum_i^n (X_i \times M_i)) - 18(100 - \sum_i^n X_i))}{10(\frac{\dot{m}_{air}}{\dot{m}_{exh}} \times \frac{79}{29}) - 100} \\ X_{H2O} = \left(100 - \sum_i^n X_i\right) - X_{N2} \\ M_{exh} = \dfrac{[28X_{N2} + 18X_{H2O} + \sum_i^n (X_i \times M_i)]}{100} \end{cases}$$

(۶)

$$E_i = \frac{\dot{m}_{exh}}{M_{exh}} \times X_i$$

در این روابط FAR نسبت جرمی سوخت به هوای موردنیاز، $\dot{m}_{exh}$ دبی جرمی محصولات ناشی از احتراق، $\dot{m}_{air}$ دبی جرمی هوای موردنیاز (با احتساب هوای اضافی)، X_i ترکیب درصد آلاینده‌ها در محصولات احتراق، M_i جرم مولی محصولات ناشی از احتراق، M_{exh} جرم مولی جریان خروجی از دودکش و n تعداد اجزای موجود در محصولات احتراق است [۱۰].

- روش ضرایب انتشار عمومی

(۷)

$$\text{GHGs Emission} = \sum_i \sum_j (\text{Activity Data})_i \times (\text{Emission Factor})_{ij} \times (\text{GWP})_j$$

در این رابطه Activity Datai عبارت است از داده‌های فعالیت زیر بخش i (که i شامل میزان مصرف سوخت در پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، صنعت و حمل و نقل و غیره و یا میزان تولید و پالایش و توزیع نفت خام، گاز طبیعی و زغال‌سنگ است). Emission Factorij ضریب انتشار گاز گلخانه‌ای j از زیر بخش i (گاز گلخانه‌ای j شامل سه گاز گلخانه‌ای اصلی دی‌اکسید کربن، متان، اکسید نیترو و سایر گازهای گلخانه‌ای فرعی) است. GWP_j نیز پتانسیل گرمایش جهانی گاز گلخانه‌ای j است که نشان‌دهنده نقش و اثر هر گاز در گرمایش جهانی بوده و نسبت به گاز دی‌اکسید کربن سنجیده می‌شود [۱۰].

۲-۳- برآورد انتشار فرار و فرآیندی

به‌طورکلی منابع انتشار عمده‌ی فرار و فرآیندی در پالایشگاه‌های گاز به ترتیب انتشار فرار مربوط به نشتی تجهیزات، انتشار فرار از مخازن ذخیره و انتشار فرایندی مربوط به تصفیه فاضلاب می‌باشند. بررسی‌های انجام شده در این مقاله نشان داد که هیچ‌گونه انتشاری از مخازن ذخیره وجود ندارد. به‌بیان‌دیگر با توجه به نوع سیال موجود در مخازن ذخیره و با توجه به شرایط عملیاتی این مخازن امکان رخداد فرآیند فلش در مخازن مربوطه بسیار ناچیز بوده و درنتیجه میزان انتشار فرار بسیار اندک است؛ بنابراین محاسبات مربوط به نشتی تجهیزات و انتشار فرایندی مربوط به تصفیه فاضلاب دیگر عبارت‌اند از:

- انتشار فرار مربوط به نشتی تجهیزات

(۸)

$$E_{Gas,IndustrySegment} = A_{IndustrySegment} \times E_{Gas,IndustrySegment}$$

در این رابطه $E_{Gas,Industry\ Segment}$ میزان انتشار گاز گلخانه‌ای، $EF_{Gas,Industry\ Segment}$ ضریب انتشار گاز گلخانه‌ای و $A_{Industry\ Seg-ment}$ نیز سطح فعالیت است [۱۰]. عامل مجهول در این معادله، ضریب انتشار است که مقدار این ضریب در صنایع مختلف برای کشورهای درحال‌توسعه و با اقتصاد در حال گذر آمده است.

- انتشار فرایندی مربوط به تصفیه فاضلاب

(۹)

$$E_{CH_4} = [(P \times W \times COD) - S] \times B \times MCF \times 0.001$$

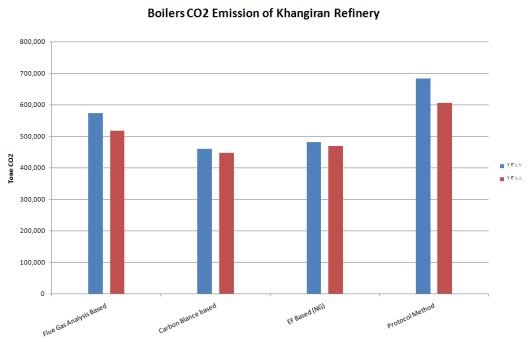
که در این رابطه E_{CH4} میزان انتشار متان (برحسب تن در سال)، P مقدار تولید محصول در سال (تن)، W نرخ تولید پساب (برحسب مترمکعب بر تن محصول تولیدی)، COD اکسیژن خواهی شیمیایی (برحسب کیلوگرم بر مترمکعب پساب تولیدی) S مقدار لجن جمع‌آوری‌شده (کیلوگرم در سال)، MCF ضریب تبدیل به متان و ضریب 0.001 نیز ضریب تبدیل کیلوگرم به تن است. تنها ضریب مجهول در این رابطه ضریب تبدیل متان یا MCF است [۱۰].

۴- محاسبات انتشار در پالایشگاه‌های خانگیران و فجر جم

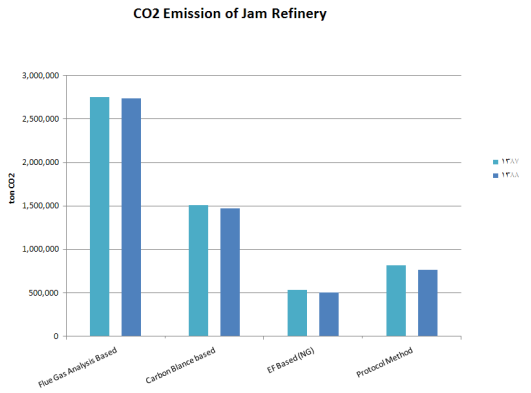
۴-۱- محاسبات انتشار از منابع احتراقی

در این بخش با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از پالایشگاه گاز خانگیران در قالب پرسشنامه، محاسبات انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع احتراقی پالایشگاه گاز خانگیران ارائه می‌شود. لازم به توضیح است که مقایسه‌ی این چهار روش تنها برای بویلرهای این پالایشگاه صورت گرفته است، چرا که تنها آنالیز محصولات احتراق خروجی از بویلرها در دسترس است. به‌بیان‌دیگر مقایسه‌ی این چهار روش تنها در تجهیزات بویلر امکان‌پذیر است.

در شکل‌های (۱) و (۲) محاسبات میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن در پالایشگاه گاز خانگیران و پالایشگاه فجر جم با استفاده از چهار روش ذکر شده، نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، نتایج محاسبات دو روش موازنه‌ی جرمی و ضرایب انتشار نزدیک به یکدیگر بوده و تنها نتایج دو روش دیگر میزان انتشار را بیشتر از این دو پیش‌بینی می‌کند. دلیل این امر را می‌توان به مقاطع زمانی و فاصله‌ی نمونه‌برداری‌ها نسبت داد. چرا که بر اساس اطلاعات دریافتی، فاصله‌ی نمونه‌برداری‌های انجام شده از یکدیگر نسبتاً زیاد بوده و نمی‌توان این نتایج را به‌عنوان نماینده کاملی از دوره‌ی عملکرد یک ساله دانست. ازاین‌رو محاسبه‌ی میزان انتشار دی‌اکسید کربن منابع احتراقی با استفاده از روش آنالیز گازهای دودکش دارای خطا است. به همین دلیل جهت انجام دیگر محاسبات و یکپارچگی نتایج برای مقایسه‌ی میزان انتشار، از روش موازنه‌ی جرمی کربن در محاسبه‌ی انتشار CO_2 و ضریب انتشار برای محاسبه‌ی انتشار CH_4 استفاده شده است.



شکل (۱): مقایسه‌ی میزان انتشار CO_2 از بویلرهای پالایشگاه خانگیران با چهار روش مختلف



شکل (۲): مقایسه‌ی میزان انتشار CO_2 از پالایشگاه فجر جم با چهار روش مختلف

۴-۲- محاسبات انتشار فرار و فرآیندی

با توجه به مطالب بیان شده میزان انتشار فرار و فرایندی گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن و متان از پالایشگاه خانگیران و پالایشگاه فجر به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: خلاصه انتشار فرار و فرایندی از پالایشگاه گاز خانگیران در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۸ (تن)

	انتشار فرار به‌صورت نشت تجهیزات		انتشار فرایندی از واحد تصفیه فاضلاب	
سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۸
دی‌اکسید کربن	۲۵۰۴	۲۵۵۲	۲۷/۴	۳۹/۳
متان	۲۰۵	۲۰۹	۱/۳	۱/۸

جدول ۲: خلاصه انتشار فرار و فرایندی از پالایشگاه گاز فجر در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۸ (تن)

	انتشار فرار به‌صورت نشت تجهیزات		انتشار فرایندی از واحد تصفیه فاضلاب	
سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۸
دی‌اکسید کربن	۲۸۵۱۹	۲۸۲۰۳	۱۸/۳	۱۸/۳
متان	۹۰۲۵	۸۹۲۵	۰/۱۴	۰/۱۴

۳-۴- برآورد انتشار کل گازهای گلخانه‌ای

در جدول ۳ انتشار کل گازهای گلخانه‌ای از پالایشگاه‌های خانگیران و فجر ارائه شده است. در این جدول به ترتیب انتشار از منابع احتراقی و انتشار فرار و فرایندی به همراه انتشار کل معادل دی‌اکسید کربن ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود انتشار معادل دی‌اکسید کربن در پالایشگاه گاز خانگیران در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ به ترتیب در حدود $۱/۹۹۷ \times ۱۰^{۶}$ و $۱/۹۹۵ \times ۱۰^{۶}$ تن بوده است، در حالی که این رقم برای پالایشگاه گاز فجر به ترتیب $۰/۷۱۲ \times ۱۰^{۶}$ و $۰/۶۸۱ \times ۱۰^{۶}$ تن است. با مقایسه‌ی این ارقام مشخص می‌شود که هر دو پالایشگاه خانگیران و فجر جم در سال ۱۳۸۸ در مقایسه با سال ۱۳۸۷، به ترتیب کاهش انتشاری در حدود ۲۴۵۰ و ۳۱۷۰۰ تن داشته‌اند.

جدول ۳: مقایسه‌ی انتشار کل گازهای گلخانه‌ای از پالایشگاه‌های خانگیران و فجر (تن)

ردیف	منبع نشر	گاز گلخانه‌ای	پالایشگاه خانگیران		پالایشگاه فجر	
			۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۸
۱	احتراقی	CO_2	۱۹۸۹۶۶۳	۱۹۸۷۰۶۰	۴۹۳۹۵۶	۴۶۴۶۷۶
		CH_4	۲۴/۹	۲۵	۱۷/۲	۱۶/۸
۲	فرار (نشت تجهیزات)	CO_2	۲۵۰۴	۲۵۵۲	۲۸۵۱۹	۲۸۲۰۳
		CH_4	۲۰۵	۲۰۹	۹۰۲۵	۸۹۲۵
۳	فرآیندی (واحد تصفیه پساب)	CO_2	۲۷/۴	۳۹/۳	۱۸/۳	۱۸/۳
		CH_4	۱/۳	۱/۸	۰/۱۴	۰/۱۴
۴	جمع کل	CO_2	۱۹۹۲۱۹۴	۱۹۸۹۶۵۱	۵۲۲۴۹۳	۴۹۲۸۹۷
		CH_4	۲۳۱/۱۶	۲۳۵/۸	۹۰۴۲/۳	۸۹۴۱/۹
۵	**انتشار کل معادل CO_2**	**CO_2**	**۱۹۹۷۰۴۸**	**۱۹۹۴۶۰۳**	**۷۱۲۳۸۱**	**۶۸۰۶۷۷**

۵- شناسایی پروژه‌های کاهش انتشار در پالایشگاه‌های گاز خانگیران و فجر جم

همان‌گونه که مطالعه منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در دو پالایشگاه گاز فجر جم و خانگیران نشان داد، فلر کردن گازها، دی‌اکسید کربن موجود در گاز خام ورودی به پالایشگاه و مصرف سوخت در تجهیزات تبدیل انرژی، سه منبع عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت پالایش گاز به‌حساب می‌آیند. لذا روش‌های کلی زیر می‌توانند به‌عنوان روش‌های کاهش انتشار در این صنعت موردتوجه قرار گیرند:

- کاهش فلرینگ
- بهبود راندمان انرژی (در هر سه بخش تولید، انتقال و مصرف)
- جذب CO_2 از گازهای خروجی از دودکش

به دلیل مصرف سوخت گاز در این پالایشگاه‌ها، بحث تغییر سوخت (از سوخت‌های سنگین به سوخت‌های سبک) که یکی دیگر از روش‌های کاهش انتشار است در این دو پالایشگاه مطرح نیست. بر این اساس برای شناسایی پروژه‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در این دو پالایشگاه، پس از محاسبه میزان انتشار آلاینده‌ها از منابع فوق‌الذکر، واحدها و فرآیندهای موجود در آن‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در این بخش، نتیجه بررسی‌های صورت گرفته در خصوص شناسایی پروژه‌های کاهش انتشار در دو پالایشگاه خانگیران و فجر جم ارائه می‌شود.

۱-۵- شناسایی پروژه‌های کاهش انتشار در پالایشگاه گاز خانگیران

۱-۱-۵- پروژه نصب اکونومایزر در بویلرها

شش بویلر صنعتی در پالایشگاه گاز خانگیران وجود دارد که چهار عدد از آن‌ها (A، B، C و D) با عنوان بویلرهای قدیمی شناخته شده و دو بویلر دیگر (E و F) بویلرهای جدید خوانده می‌شوند. طبق طراحی ظرفیت هرکدام از این شش بویلر برابر ۹۰/۷ تن بخار در ساعت بوده و دما و فشار بخار تولیدی نیز به ترتیب برابر ۳۲۱ °C و ۵۳۰ psig است.

دمای بالای گازهای خروجی از دودکش این بویلرها (بیش از ۳۰۰ °C) نشان می‌دهد که انرژی قابل‌توجهی در آن‌ها تلف می‌شود. این در حالی است که آب ورودی به بویلرها دمایی حدود ۱۵۰ °C داشته و نصب یک سیستم اکونومایزر در مسیر گازهای خروجی از بویلرها برای افزایش دمای این آب می‌تواند باعث کاهش این اتلاف انرژی گردد.

بر این اساس در قالب پروژه ممیزی انرژی، طرحی اولیه برای نصب اکونومایزر در بویلرها پیشنهاد داده شده است. در این طرح ابتدا بر اساس ظرفیت آزاد فن بویلرها حداکثر افت فشار قابل‌قبول محاسبه شده و درمجموع نتیجه‌گیری شده است که فن‌های موجود در بویلرها می‌تواند جوابگوی افت فشار ناشی از نصب اکونومایزر باشد. در طراحی حرارتی اکونومایزرها حداکثر افت فشار مجاز برابر ۴۰ mmH_2O، لوله‌های اکونومایزر به‌صورت افقی و تبادل حرارت بین آب و گاز به‌صورت جریان مخالف[1] در نظر گرفته شده‌اند. حداقل حرارت بازیافت شده در هر اکونومایزر حدود ۵ MMkCal/hr است درحالی‌که کل حرارت آزاد شده در هر بویلر حدود ۶۵ MMkCal/hr است. با توجه به مقدار انرژی قابل بازیافت توسط هر اکونومایزر کل انرژی قابل بازیافت در شش اکونومایزر برابر ۳۱/۰۴ MMkCal/hr به دست می‌آید:

$$4 \times 5.24 + 2 \times 5.04 = 31.04 \frac{MMkCal}{hr}$$

با توجه به اینکه آمار مصرف سوخت بویلرها در سال‌های اخیر از مصرف ناچیز سوخت مایع در مقایسه با سوخت گاز حکایت دارد، در بویلرهای قدیمی از مقدار حرارت بازیافت شده در حالت مصرف سوخت گاز استفاده شده است. با توجه به ارزش حرارتی سوخت گاز (۳۳۹۷۸ kJ/Sm^3) و با لحاظ کردن ضریب بار متوسط بویلرها در دو سال اخیر (۰/۷۹۱)، میزان کاهش مصرف سوخت سالانه در اثر نصب اکونومایزرها قابل محاسبه است:

$$\frac{31.04 \times 10^6 \frac{kCal}{hr} \times \frac{4.184 kJ}{kCal}}{33978 \frac{kJ}{Sm^3}} \times 8760 \times 0.791 = 26{,}484{,}768 \frac{Sm^3}{y}$$

۲-۱-۵- پروژه بازیابی گازهای فلاش درام

یکی از جریان‌های پیوسته‌ای که به فلر پالایشگاه گاز خانگیران ارسال می‌شود گازهای خروجی از فلاش درام است. این در حالی است که این گازها از ارزش حرارتی قابل‌توجهی برخوردار بوده و بازیابی و مصرف آن‌ها به‌عنوان سوخت می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا شود. جدول ۴ شرایط فرآیندی و ترکیب درصد گازهای خروجی از فلاش درام یک واحد تصفیه گاز در دو حالت برقرار بودن آمین به برجک فلاش درام و بدون برقراری جریان آمین را نشان می‌دهد. این اطلاعات بر اساس میانگین‌گیری از نتایج اندازه‌گیری حاصل شده است. همچنین مقدار جریان گازها در شرایط حداکثر دریافت گاز هر واحد تصفیه گاز (۴۲۰,۰۰۰ Sm^3/hr) گزارش شده است.

1- Counter Current

جدول ۴: مشخصات گازهای خروجی از فلاش درام یک واحد تصفیه گاز در پالایشگاه گاز خانگیران

عنوان		واحد	بدون برقراری جریان آمین به برجک فلاش درام	با برقراری جریان آمین به برجک فلاش درام
ترکیب درصد	C1	mol%	۴۴/۸	۷۳
	C2+	mol%	۰/۱۵	۰/۴
	CO_2	mol%	۴۵/۵	۲۶
	H_2S	mol%	۸/۶	NILL
	N_2	mol%	۰/۹۵	۰/۶
نرخ جریان		Sm^3/hr	۳۴۰۰	۱۸۰۰
دما		°C	۸۰	۸۰
فشار		psig	۸۵	۸۵
ارزش حرارتی خالص		$kCal/Sm^3$	۴۰۵۰	۵۶۰۰

بر اساس این جدول با برقرار شدن جریان آمین به برجک فلاش درام، ارزش حرارتی گازهای خروجی از فلاش درام حدود ۳۸٪ افزایش می‌یابد. بااین‌وجود ارزش حرارتی این گازها همچنین پایین‌تر از ارزش حرارتی گاز سوخت مصرفی پالایشگاه است. همچنین با برقرار شدن جریان آمین، روزانه از سوختن حدود ۵۰ تن گوگرد (معادل انتشار حدود ۱۰۰ تن SO_2) جلوگیری می‌شود. با توجه به شرایط موجود در پالایشگاه و در نظر گرفتن ارزش حرارتی گازهای فلاش درام، زباله‌سوز واحدهای بازیافت گوگرد بهترین مصرف‌کننده برای استفاده از این گازها معرفی شده است.

در شرایط طراحی، میزان مصرف سوخت در زباله‌سوز برای رسیدن به دمای ۶۴۸ °C حدود ۲۸۲۰ Sm^3/hr برآورد شده است. در شرایط فعلی در مواقعی که راندمان واحدهای بازیافت گوگرد در حد بالایی قرار دارد، میزان مصرف سوخت زباله‌سوز در حداکثر مقدار حدود ۲۵۰۰ Sm^3/hr است و با کاهش راندمان، مصرف سوخت تا حد نصف کاهش می‌یابد؛ بنابراین چنانچه از گازهای فلاش درام به‌عنوان سوخت در زباله‌سوز استفاده شود نیاز به حدود ۱۹۰۰-۴۰۰۰ Sm^3/hr خواهد بود (با توجه به ارزش حرارتی گازهای فلاش درام). در حال حاضر با در نظر گرفتن مشخصات برنرهای زباله‌سوز و همچنین شیر کنترل دما (TV-277) امکان استفاده از گازهای فلاش درام به میزان ۴۰۰۰ Sm^3/hr وجود ندارد. بااین‌وجود، با اختلاط این گازها با سوخت پالایشگاه (به‌صورت برابر) و همچنین در مواقعی که راندمان واحدهای بازیافت گوگرد پایین است می‌توان از این گازها در زباله‌سوز استفاده کرد.

۳-۱-۵- پروژه جایگزینی روش فعلی تولید آب مقطر با روش اسمز معکوس

در حال حاضر برای تولید آب مقطر در پالایشگاه خانگیران از روش تبخیر استفاده می‌شود. در سیستم تولید آب مقطر کنونی، آب خام ورودی به پالایشگاه پس از عبور از برج‌های سختی گیر و کاهش سختی آن تا حد کمتر از ۱ ppm در مخازن آب صنعتی ذخیره می‌شود. این آب پس از تزریق اسید (جهت حذف گاز دی‌اکسید کربن محلول در آب)، عبور از دی کربوناتور، تزریق کاستیک، تنظیم PH و هوا زدایی در برج‌های هوا زدا، وارد تبخیرکننده‌ها شده و پس از اختلاط با ۵۰ ton/hr بخار HP، یک جریان بخار فشار پایین تولید می‌شود. این جریان وارد کولرهای هوایی شده و پس از کندانس به سمت مخازن ذخیره آب مقطر ارسال می‌شود. بر این اساس و با توجه به انرژی بر بودن سیستم فعلی تولید آب مقطر و همچنین مصرف بالای مواد شیمیایی در این سیستم، طرح جایگزینی آن با روش اسمز معکوس پیشنهاد داده شده است. در این طرح سعی شده از امکانات موجود حداکثر استفاده به عمل آید. لذا با توجه به پایین بودن میزان سیلیس و بالا بودن سختی در آب خام ورودی پالایشگاه، بجای استفاده از زلال‌ساز در مرحله مقدماتی از برج‌های سختی گیر موجود در سیستم قبلی استفاده شده است. در این فرآیند آب صنعتی (آب بدون سختی موقت) ذخیره شده در مخازن ذخیره، توسط پمپ‌های آب صنعتی به سمت پکیج‌های تصفیه اسمز معکوس ارسال می‌شود. بر اساس خصوصیات شیمیایی آب صنعتی و طراحی انجام شده، جهت تولید آب مقطر از این آب لزوماً باید از دو پکیج اسمز معکوس به‌صورت سری استفاده شود؛ به‌طوری‌که محصول پکیج اول به‌عنوان خوراک وارد پکیج دومی شده و نهایتاً محصول پکیج دوم آب مقطری با ضریب هدایت الکتریکی کمتر از ۴ میکروزیمنس (Conductivity < 4 µS/cm) خواهد بود.

قبل از ورود آب به غشاها چند واحد پیش‌تصفیه شامل رزین‌های سختی گیر، فیلترهای کربنی، تزریق محلول ۳۰ درصد بی سولفیت سدیم ($NaHSO^3$) برای حذف کلر و فیلترهای کارتریجی با منافذ بسیار ریز (تا حدود کمتر از۵ میکرون) در نظر گرفته شده است. آب خروجی از فیلترهای میکرونی ابتدا وارد پمپ‌های فشار قوی شده و فشار آن تا حدود ۱۵/۵ kg/cm^2 افزایش می‌یابد. سپس وارد سیستم اسمز معکوس شماره ۱ شده و با عبور از غشاها املاح آن تا حدود ۹۸٪ گرفته می‌شود. مقدار آب محصول آن حداقل ۷۵٪ خوراک ورودی و مقدار دور ریز آن (Reject) حداکثر ۲۵٪ مقدار خوراک است. خوراک سیستم اسمز معکوس شماره ۱ مقدار ۸۰ m^3/hr آب صنعتی و محصول آن‌که ۶۰ m^3/hr آب باکیفیت (Conductivity < 50 µS/cm) بوده که به یک مخزن فلزی با ظرفیت ۴۰۰ m^3 جهت ذخیره‌سازی انتقال داده می‌شود و از آن به‌عنوان خوراک واحد اسمز معکوس شماره ۲ استفاده می‌شود.

سیستم اسمز معکوس شماره ۱ دارای ۸ عدد مخزن تحت‌فشار مرحله اول و ۴ عدد تحت فشار مرحله دوم بوده که جریان آب محصول دو مرحله در مخزن فوق ذخیره شده و جریان آب دور ریز مرحله اول به‌عنوان خوراک وارد تحت فشار مرحله دوم استفاده می‌شود. آب محصول مرحله دوم تصفیه، ذخیره‌سازی شده و جریان دورریز آن‌که حدود ۲۰ m_3/hr پساب صنعتی با املاح بالا است وارد تصفیه‌خانه پساب‌های صنعتی می‌شود.

تعداد المنت‌های بکار رفته در هر تحت فشار برابر ۶ عدد بوده و لذا کل المنت‌های موجود در سیستم اسمز معکوس شماره ۱ برابر ۷۲ عدد است. ابعاد هر المنت برابر "D=8 و"L=40 است. ازآنجاکه آب ورودی به پکیج دوم، محصول پکیج اول است، نیازی به پیش‌تصفیه‌های اولیه نیست. لذا آب مخزن ذخیره اسمز معکوس شماره ۱ توسط پمپ با شدت جریان m^3/hr ۶۰ فقط وارد فیلترهای کارتریجی می‌شود. فشار جریان فوق با عبور از پمپ‌های فشارقوی تا حدود Kg/cm^2 ۱۳/۵ افزایش یافته و نهایتاً وارد سیستم اسمز معکوس شماره ۲ می‌شود.
این سیستم دارای ۶ عدد تحت فشار مرحله اول و ۳ عدد تحت فشار مرحله دوم بوده که پس از تصفیه، آب مقطر تولیدی با ضریب هدایت الکتریکی کمتر از ۴ میکروزیمنس با شدت جریان m^3/hr ۴۵ در مخازن آب کندانس (مقطر) ذخیره می‌شود. جریان آب دور ریز مرحله اول به‌عنوان خوراک وارد تحت فشار مرحله دوم شده که پس از تصفیه، جریان دورریز آن به مخازن آب صنعتی برگشت داده شده و مجدداً از آن به‌عنوان بخشی از خوراک اسمز معکوس شماره ۱ استفاده می‌شود. تعداد المنت‌های بکار رفته در هر تحت فشار برابر ۶ عدد بوده و لذا کل المنت‌های موجود در سیستم اسمز معکوس شماره ۲ برابر ۵۴ عدد است. ابعاد هر المنت برابر "D=8 و "L=40 است.

۵-۱-۴- نصب بویلر بازیاب در خروجی زباله سوزها

در پالایشگاه گاز خانگیران از چهار زباله‌سوز برای سوزاندن گازهای خروجی از واحدهای بازیافت گوگرد استفاده می‌شود. برای سوزاندن این گازها، گاز سوخت به مقدار لازم وارد زباله‌سوز می‌شود تا دما در حد موردنظر تنظیم شود. گازهای خروجی از زباله سوزها طبق طراحی دمایی برابر ۶۴۹ °C داشته و بدون بازیابی انرژی از طریق دودکش به اتمسفر تخلیه می‌شوند. این در حالی است که با نصب بویلر بازیاب در این واحدها می‌توان از انرژی گازهای خروجی برای تولید بخار استفاده کرد. طبق بررسی‌هایی صورت گرفته، انرژی قابل بازیابی توسط بویلر بازیاب در این واحدها درمجموع حدود ۱۱۷ MW به‌دست‌آمده است. با فرض راندمان ۸۰ درصدی این سیستم قادر خواهد بود حدود ۱۳۲ ton/h بخار با دمای ۳۰۹ °C و فشار ۳۵/۸ barg تولید کند. در حال حاضر حدود ۴۴۴ ton/h بخار HP در شش بویلر موجود در پالایشگاه تولید می‌شود. برای تولید این مقدار بخار حدود ۲۴/۸۳ ton/h گاز سوخت در این بویلرها مصرف می‌شود؛ بنابراین نصب بویلر بازیاب در زباله سوزها می‌تواند مصرف گاز سوخت در بویلرها را حدود ۷/۴ ton/h کاهش دهد.

۵-۱-۵- پیش گرم کردن هوای ورودی به بویلرها

با گرم کردن هوای ورودی به بویلرها می‌توان مقدار گاز سوخت مصرفی در آن‌ها را کاهش داد. انرژی موردنیاز برای این گرمایش می‌تواند از کندانسور واحدهای بازیافت گوگرد تأمین شود. البته امکان‌پذیری این پروژه به مقدار بسیار زیادی به چیدمان واحدها در سایت پالایشگاه و امکان‌پذیری عملیاتی بستگی دارد. در واحدهای بازیافت گوگرد، پس از هر مرحله کاتالیستی از یک کندانسور برای مایع سازی گوگرد تولید شده استفاده می‌شود. این مایع سازی با تولید بخار در کندانسورها همراه است. با این وجود در کندانسور مرحله سوم، آب با جذب گرما از گوگرد تبخیر شده و سپس با عبور از خنک‌کن هوایی دوباره کندانس شده و به کندانسور برگشت داده می‌شود. به این ترتیب علاوه بر اینکه حدود ۶/۱۱ MW انرژی بلا استفاده می‌ماند، مقدار قابل‌توجهی برق نیز در خنک‌کن هوایی مصرف می‌شود. با مصرف این انرژی اتلافی برای پیش گرم‌کردن هوای ورودی به بویلرها، دمای این جریان هوا از ۱۷°C به ۶۳°C افزایش می‌یابد. هر ۲۰°C افزایش دمای هوای ورودی بویلر، مصرف گاز سوخت بویلرها را حداقل ۱٪ کاهش می‌دهد؛ بنابراین با توجه به افزایش ۴۶ درجه‌ای دمای هوای ورودی به بویلرها در این پروژه، مصرف گاز سوخت در بویلرهای پالایشگاه حدود ۲/۳٪ معادل ۰/۶ ton/h کاهش می‌یابد.

۵-۱-۶- بهبود راندمان انرژی در واحد نم‌زدایی

گاز طبیعی پس از حذف گازهای اسیدی برای حذف رطوبت به واحد نم‌زدایی وارد می‌شود. در این واحد چهار برج جذب وجود دارد که همواره دو عدد از آن‌ها در فاز جذب، یک برج در فاز گرمایش احیاء و برج دیگر در فاز خنک‌سازی احیاء قرار دارند. جریان داغ گاز احیاء پس از خروج از برج جذب در دو مرحله خنک شده و دمای آن از ۲۸۰°C به ۳۸°C کاهش می‌یابد. این در حالی است که جریان گاز احیاء قبل از ورود به برج جذب از یک گرم‌کن عبور داده می‌شود تا دمای آن از ۳۸°C به ۳۰۲°C افزایش یابد. انرژی مصرفی این گرم‌کن که از طریق احتراق گاز سوخت به دست می‌آید برابر ۲۶/۰۷ MW است.
در پروژه تدوین استاندارد و بهینه‌سازی انرژی توصیه شده است یک مبدل حرارتی برای تبادل حرارت بین جریان‌های داغ و سرد گاز احیاء نصب شود. با نصب این مبدل دمای جریان سرد گاز احیاء حدود ۲۰۷°C افزایش یافته و به ۲۴۵°C می‌رسد. به این ترتیب انرژی مصرفی گرم‌کن موجود حدود

۲۰/۴۴ MW معادل ۱/۵ ton/h گاز سوخت کاهش می‌یابد. با توجه به پیوسته بودن فرآیند توصیه شده است طراحی این مبدل و استراتژی کنترلی آن دقیقاً مورد مطالعه قرار گیرد.

۲-۵- شناسایی پروژه‌های کاهش انتشار در پالایشگاه گاز فجر جم

۱-۲-۵- پروژه نصب اکونومایزر در بویلرها

تعداد بویلرهای موجود در پالایشگاه گاز فجر جم برابر ۱۱ عدد است که پنج عدد از آن‌ها دارای ظرفیت ۴۷ ton/h و شش عدد از آن‌ها دارای ظرفیت ۶۵ ton/h می‌باشند. همانند بویلرهای پالایشگاه گاز خانگیران، این بویلرها نیز فاقد تجهیزات بازیابی انرژی از گازهای خروجی (مانند اکونومایزر) بوده و گازهای حاصل از احتراق با دمایی بیش از ۳۰۰ °C وارد اتمسفر می‌شوند. یکی از پتانسیل‌هایی که برای بهینه‌سازی انرژی در پالایشگاه فجر جم پیشنهاد شده است بازیابی انرژی از گازهای خروجی از بویلرها است. این بازیابی انرژی می‌تواند از طریق نصب اکونومایزر برای پیش گرم‌کردن آب ورودی به بویلر و یا نصب سیستمی جهت پیش گرم‌کردن هوای ورودی به بویلر صورت گیرد.

۲-۲-۵- پروژه بازیابی انرژی از گازهای خروجی از توربین گازها

در حال حاضر ۱۳ عدد توربین گاز در پالایشگاه فجر جم وجود دارد که ۴ عدد از آن‌ها برای تولید برق (۲ توربین در مدار)، ۶ عدد از آن‌ها برای تأمین نیروی محرکه کمپرسورهای سیکل تبرید پروپان (۳ توربین در مدار) و ۳ توربین گاز باقیمانده برای تأمین نیروی محرکه کمپرسورهای گاز ارسالی به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. درحالی‌که گازهای خروجی از اگزوز این توربین گازها حاوی انرژی زیادی هستند هیچ واحدی برای بازیابی انرژی از آن‌ها وجود ندارد. از این انرژی می‌توان برای تولید بخار، پیش گرم‌کردن آب ورودی به بویلر یا پیش گرم‌کردن هوای ورودی به بویلرها استفاده کرد.

طبق بررسی‌هایی صورت گرفته، انرژی قابل بازیابی از گازهای خروجی سه توربین گاز سیکل تبرید پروپان برابر ۳۸/۳۷ MW و برای ۲ توربین گاز واحد تولید برق برابر ۳۱/۸۰ MW به دست آمده است.

با توجه به اینکه قرار است توربین گازهای جدیدی برای تولید برق نصب شوند، در صورت تمایل به استفاده از سیستم‌های بازیابی انرژی بهتر است این سیستم‌ها بجای واحدهای تولید برق قدیمی بر روی توربین گازهای جدید نصب شوند.

۳-۲-۵- پروژه بهبود کمپرسور سیکل پروپان

شش خط تبرید پروپان در پالایشگاه فجر جم نصب شده است که سه خط از آن‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. در هریک از این خطوط از یک کمپرسور ۲ مرحله‌ای با مصرف انرژی ۸/۹۳۱ KW استفاده می‌شود. طبق بررسی‌هایی صورت گرفته با اعمال برخی تغییرات می‌توان مصرف انرژی در این کمپرسورها را کاهش داد. مشخص است که این کاهش مصرف انرژی، کاهش مصرف سوخت در توربین گاز کمپرسور و درنتیجه کاهش انتشار دی‌اکسید کربن را در پی خواهد داشت. یکی از این روش‌هایی که می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش مصرف انرژی کمپرسورها داشته باشد و کیفیت محصول را تغییر ندهد، عبارت از جایگزینی کمپرسور ۳ مرحله‌ای بجای کمپرسورهای ۲ مرحله‌ای موجود است. این تغییر کاهش مصرف انرژی در هر کمپرسور از ۸/۹۳۱ KW به ۷/۷۸۰ KW را در پی خواهد داشت. این کاهش مصرف انرژی باعث خواهد شد مصرف گاز سوخت در توربین گاز هر کمپرسور به میزان ۳۰۱ kg/h کاهش یابد.

۴-۲-۵- خنک کردن هوای ورودی به توربین گازها

توان خروجی و راندمان توربین گاز با افزایش درجه هوای محیط کاهش پیدا می‌کند. یکی از راهکارهای جبران این افت راندمان، خنک کاری هوای ورودی به کمپرسور توربین گاز است. با خنک کاری هوای ورودی دبی جرمی هوا و درنتیجه توان خالص خروجی توربین گاز افزایش می‌یابد. با توجه به تعداد قابل‌توجه توربین گازهای موجود در پالایشگاه فجر جم و اقلیم گرم منطقه، کاهش دمای هوای ورودی به این توربین گازها و درنتیجه افزایش راندمان آن‌ها می‌تواند مصرف گاز سوخت در پالایشگاه را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهد.

۵-۲-۵- بازیابی گازهای ارسالی به فلر و تولید LPG

واحد ۸۲۰۰ برای تولید، LPG از گازهای خارج شده از بالای برج تثبیت میعانات گازی که تا پیش از این سوزانده می‌شد، طراحی گردیده است. این واحد شامل دو قسمت فرآیند و ذخیره‌سازی است. بخش فرآیند این واحد شامل سه بخش مایع سازی، جداسازی و تصفیه LPG است. بخش مایع سازی شامل یک واحد سرمایش برای مایع سازی جزئی گازهای ورودی، بخش جداسازی دارای سه ستون تقطیر برای جداسازی LPG از مواد سبک‌تر از C_{2-} و سنگین‌تر از C_{5+} و واحد تصفیه یک غربال مولکولی برای جداسازی اجزای گوگردی است. ظرفیت این واحد روزانه ۵۰۱/۲ تن گاز خوراک

بوده و محصول آن ton/day ۸۰ پروپان، ton/day ۱۲۱/۸ بوتان و ton/day ۷۶/۵ میعانات گازی است. واحد به‌گونه‌ای طراحی گردیده است که قادر است تحت شرایط ۵۰٪ تا ۱۱۰٪ حالت نرمال کار کند.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله به‌منظور بهبود عملکرد دو پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد و فجر جم و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از این دو پالایشگاه، منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای شناسایی و میزان انتشار آن‌ها برآورد و محاسبه گردیده شد. بر این اساس، ابتدا منابع موجود در این دو پالایشگاه به سه بخش احتراقی، منابع فرآیندی و انتشار فرار تقسیم‌بندی شد. از چهار روش موازنه‌ی جرمی (بر اساس میزان و ترکیب سوخت)، روش آنالیز گازهای خروجی دودکش (Protocol Method)، روش آنالیز گازهای خروجی دودکش (Flue Gas Based) و روش ضرایب انتشار عمومی برای محاسبه و برآورد میزان انتشار در بخش احتراقی استفاده شد. همچنین انتشار فرار مربوط به نشتی تجهیزات و انتشار فرایندی مربوط به تصفیه فاضلاب مربوط به این دو پالایشگاه محاسبه و برآورد شد. نتایج محاسبات نشان داد که میزان ۱۹۹۲۱۹۴ و ۵۲۲۴۹۳ تن دی‌اکسید کربن در سال ۱۳۸۷ و میزان ۱۹۸۹۶۵۱ و ۴۹۲۸۹۷ تن دی‌اکسید کربن در سال ۱۳۸۸ به ترتیب برای پالایشگاه‌های خانگیران و فجر جم و همچنین میزان ۲۳۱/۱۶ و ۹۰۴۲/۳ تن متان در سال ۱۳۸۷ و میزان ۲۳۵/۸ و ۸۹۴۱/۹ تن متان در سال ۱۳۸۸ به ترتیب برای پالایشگاه‌های خانگیران و فجر جم به جو منتشر شدند. همچنین نتایج نشان دادند که فلر کردن گازها، دی‌اکسید کربن موجود در گاز خام ورودی به پالایشگاه و مصرف سوخت در تجهیزات تبدیل انرژی، سه منبع عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت پالایش گاز به‌حساب می‌آیند؛ بنابراین ۱۱ پروژه حول محور سه منبع ذکر شده به‌منظور بهبود عملکرد و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای طراحی و بررسی گردیده شد.

۷- منابع:

[۱] پروژه پژوهشی شناسایی پتانسیل پروژه‌های مکانیسم توسعه پاک در پالایشگاه‌های گاز خانگیران و فجر جم، مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز ایران، ۱۳۸۹-۱۳۹۰

[2] EUROPIA. 2030e2050 European contribution to EU energy pathways to 2050. Brussels, Belgium: The European Petroleum Industry Association. Available at: http://www.europia.com/content/default.asp?PageID¼782; 2011.

[3] IEA. Energy technology perspective. Paris: OCED/IEA; 2010. 2010.

[4] European Commission. Commission staff working document, impact assessment, Accompanying document to the: communication from the commission of the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions, A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, SEC; 2011. 288 final; 2011. Brussels: 8.3.2011.

[5] EUROPIA. European draft position paper on the review process of the EU ETS directive. Brussels: European Petroleum Industry Association; 2007.

[6] USEPA. United States Environment Protection Agency, Available and emerging technologies for reducing greenhouse gas emissions from the petroleum refining industry. Office of air and radiation; October 2010.

[7] Szklo A, Schaeffer R. Fuel specification, energy consumption and CO2 emission in oil refineries. Energy 2007; 32(7):1075e92.

[8] Worrell E, Galitsky C. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for petroleum refineries, An ENERGY STAR guide for energy and plant managers. Berkeley, US: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Report LBNL-56183.105 p. Available at: www.energystar.gov/ia/business/industry/ES_Petroleum_Energy_Guide.pdf?eca6- 79e5; February 2005.

[9] Molle W, Wever E. Oil refineries and petrochemical industries in Europe. GeoJournal 1984;9(4):421e30.

[10] IPPC. Reference document on best available

velopment, the International Energy Agency, and the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996.

[20] S.M. Al-Salem. Carbon dioxide (CO2) emission sources in Kuwait from the downstream industry: Critical analysis with a current and futuristic view. Energy 81 (2015) 575-587.

[21] Johansson D, Rootzen J, Bernstsson T, Johnsson F. Assessment of strategies for CO2 abetment in the European petroleum refining industry. Energy 2012; 42: 375e86.

techniques for Mineral Oil and Gas Refineries. Seville, Spain: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), European Commission. European Commission 425 p. Available at: eippcb.jrc.es/reference/; 2003.

[11] Saygin D, Patel MK, Tam C, Gielen DJ. Chemical and petrochemical sector e potential of best practice technology and other measures for improving energy efficiency. Paris: OECD/IEA. 55 p. Available at: www.iea.org/papers/ 2009/ chemical_petrochemical_sector.pdf; 2009.

[12] De Lima RS, Schaeffer R. The energy efficiency of crude oil refining in Brazil: a Brazilian refinery plant case. Energy 2011; 36(5):3101e12.

[13] Holmgren K, Sternhufvud C. CO2-emission reduction costs for petroleum refineries in Sweden. Journal of Cleaner Production 2008;16(3):385e94.

[14] http://unfccc.cdm.int

[15] http://www.epa.gov

[16] Gas Research Institute Canada (GRI Canada). "Handbook for Estimating Methane Emissions From Canadian Natural Gas Systems". Prepared by Clearstone Engineering Ltd. Enerco Engineering Ltd. and Radian International for Gas Technology Canada. Guelph, ON, 1998.

[17] http://www.api.org

[18] API 2004 - American Petroleum Institute (API), Compendium of Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Gas Industry; API, Washington, DC, 2004.

[19] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Reference Manual (Volume 3), United Nations Environment Programme, the Organization for Economic Co-operation and De-

Estimation of greenhouse gas emissions in two refineries of Hasheminejad and Fajr Jam and providing operational solutions to reduce emissionsn

Kazem Kashefi[1*], Tohid Nodel[2], Fatemeh Goodarzvand-Chegini[1],

Fatemeh Zajakaniha[3], Ali Asghar Mahjoubi[4]

1-Research Institute of Petroleum Industry, 2-Renewable Energy Company of Mehr, 3-Research and Technology Management of Iranian National Gas Company, 4-Hasheminejad Gas Refining Company

Corresponding Author, Email: kashefik@ripi.ir

Abstract

Nowadays, natural gas refineries have been developed to purify natural gas and optimize the extractive gas properties of gas wells for various uses, such as home use. Each gas refinery is composed of a set of process units, each of which can be a factor in the emission of greenhouse gases into the environment. Therefore, the purpose of this paper is to first study and estimates the greenhouse gas emissions of the process units in the two refineries of Shahid Hasheminejad and Fajr Jam and then provides solutions to improve performance and reduce carbon dioxide emissions in these refineries. Generally, greenhouse gas emission sources are divided into three sections: combustion, process and fugitive emissions. In the combustion section, four mass balance methods (based on the amount and composition of fuel), stack outlet gas analysis method, stack outlet gas analysis method and general propagation coefficient method have been used for both refineries. Comparison of the results of these four methods for boilers in these two refineries shows the mass balance method will result in more accurate results in calculating the CO2 emission and emission factor for the calculation of the CH4 emission. Also, the fugitive emission related to equipment leakage of wastewater treatment process related to these two refineries has been estimated. The results of the estimation of greenhouse gas emissions in these two refineries show that the flaring of gases, carbon dioxide in the raw gas entering the refinery and fuel consumption in the energy conversion equipment are three main sources of greenhouse gas emissions. Therefore, 11 projects to improve the efficiency and reduce carbon dioxide emissions in these two refineries have been presented around the flaring reduction, improving energy efficiency (in all three sectors of production, transmission and consumption), and CO2 capture from exhaust gases from the stack of furnace.

Keywords: *gas refinery, greenhouse gas emissions, emission reduction, performance improvement, sustainable development*