

وزارت نیرو
سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)

جنبه‌های زیست محیطی سیستم‌های ترکیبی بزرگ حرارت و قدرت

تهیه و تدوین:
سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)

جنبه‌های زیست محیطی سیستم‌های ترکیبی بزرگ حرارت و قدرت
تهیه و تدوین: سازمان بهره‌وری انرژی ایران - تهران :
وزارت نیرو ، معاونت امور انرژی + نشر صدوق ۱۳۷۸
ح ، ۸۳ ص: مصور ، جدول، نمودار I.S.B.N 964-6553-07-9
۱. سیستم‌های ترکیبی گرما و برق و نیرو - تأثیر بر محیط زیست
الف : سازمان بهره‌وری انرژی ایران . ب : ایران . وزارت نیرو . معاونت امور انرژی .
ج: آزمایشگاه هارول . واحد حمایت تکنولوژی انرژی
Harwell Laboratory, Energy Technology Support Unit [H. L.E. T. S. U]
م ۷۸-۳۳۱۶ ۳۶۳/۷۳۹ TD ۱۹۶ / س ۹۲ ج ۹

این کتاب ترجمه‌ای است از مجموعه کتاب‌های " راهنمای فنی بهره‌وری انرژی " (Good Practice Guide 116) که توسط " ETSU " انگلستان چاپ و منتشر شده است.

جنبه‌های زیست محیطی سیستم‌های ترکیبی بزرگ حرارت و قدرت

تهیه و تدوین : سازمان بهره‌وری انرژی ایران
ناشر : وزارت نیرو - سازمان بهره‌وری انرژی ایران
ویرایش و بازنگری مجدد : علیرضا محمدیه
حروفچینی : نسرين سلیمانی
خدمات فنی : نشر پارسین سبز
نوبت چاپ : دوم - تابستان ۸۳
لیتوگرافی و چاپ : چاپ فرشیوه
تیراژ : ۵۰۰۰ نسخه

شابک: ۹-۰۷-۶۵۵۳-۹۶۴ / I. S. B. N. 964-6553-07-9

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه	۱
۱-۱- سیستم‌های ترکیبی حرارت و قدرت	۱
۲-۱- بهره‌وری در CHP ها	۴
۲- CHP و آلاینده‌های محیطی	۹
۱-۲- احتراق سوخت‌های فسیلی	۹
۱-۱-۲- دی اکسید کربن (CO_2)	۱۰
۲-۱-۲- دی اکسید گوگرد (SO_2)	۱۱
۳-۱-۲- منواکسید کربن (CO)	۱۲
۴-۱-۲- اکسیدهای نیتروژن (NO_x)	۱۲
۵-۱-۲- ذرات	۱۳
۶-۱-۲- سایر ترکیبات	۱۴
۲-۲- خروجی بویلرهای صنعتی و تجاری	۱۴
۳-۲- خروجی مراکز تولید برق	۱۶
۴-۲- انتشار مواد از سیستم‌های CHP	۱۷
۱-۴-۲- توربین‌های گازی	۱۸
۲-۴-۲- موتورهای احتراق تراکمی (CI)	۱۹
۳-۴-۲- موتورهای گازی احتراق جرقه‌ای	۲۰
۴-۴-۲- بویلرهای حرارت اتلافی	۲۰
۵-۲- کاهش انتشار گازها توسط CHP	۲۱

- ۲-۶- نیازهای تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری..... ۲۴
- ۳- ملاحظات زیست محیطی در نصب CHP ها..... ۲۷
- ۳-۱- انتشار محصولات احتراق..... ۲۷
- ۳-۲- صدا (Noise)..... ۲۸
- ۳-۲-۱- صدای خروجی..... ۲۹
- ۳-۲-۲- صدای محیطی..... ۳۰
- ۳-۳- چشم‌انداز سازه‌ها و ساختمان‌ها..... ۳۱
- ۳-۴- تخلیه یا انهدام سیالات مایع..... ۳۲
- ۳-۵- ذخیره و نگهداری مواد..... ۳۲
- ۳-۵-۱- گاز طبیعی..... ۳۳
- ۳-۵-۲- ذخیره و نگهداری مشتقات نفت و مواد شیمیایی..... ۳۳
- ۳-۵-۳- جابجایی و ذخیره زغال سنگ..... ۳۳
- ۴- قوانین زیست محیطی مربوط به مواد آزاد شده از فرآیندهای احتراق..... ۳۵
- ۴-۱- تاریخچه مختصری از قوانین انگلستان..... ۳۵
- ۴-۲- قانون EC در مورد انتشار مواد در هوا..... ۳۶
- ۴-۳- قوانین انگلستان در مورد فرآیندهای احتراق..... ۳۷
- ۴-۴- کنترل آلودگی برای نصب تجهیزات CHP..... ۴۲
- ۴-۵- قوانین آینده محیط زیست در مورد CHP..... ۴۳
- ۵- طراحی مهندسی برای کمینه کردن خروجی‌ها..... ۴۵
- ۵-۱- محدود کردن تولید NO_x ۴۵
- ۵-۱-۱- توربین‌های گازی..... ۴۵

۴۷	۲-۱-۵- موتورهای احتراق تراکمی
۴۸	۳-۱-۵- بویلرها
۴۸	۲-۵- بهبود گازهای خروجی دودکش
۴۹	۱-۲-۵- کاهش کاتالیزوری حساس (SCR)
۴۹	۲-۲-۵- کاهش غیرکاتالیزوری
۵۰	۳-۲-۵- گوگردزایی گاز دودکش (FGD)
۵۳	۶- راه آینده

فهرست ضمایم

صفحه	عنوان
۵۵	ضمیمه ۱) جدول داده‌ها و فرمول‌های تبدیل
۵۷	ضمیمه ۲) فهرست کتابنامه‌ها و اسناد مربوطه
۵۸	ضمیمه ۳) منابع اطلاعات بیشتر
۵۹	ضمیمه ۴) جداول تبدیل انرژی
۶۱	ضمیمه ۵) خروجی‌های نیروگاه‌های مرکزی مولد قدرت
۶۲	ضمیمه ۶) آدرس‌های تماس برای مشاوره در مورد کنترل آلودگی
۶۴	ضمیمه ۷) پیشرفت‌های جدید موتورگازی برای کمینه کردن خروجی‌ها

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱) طرح واره توربین نمونه CHP و موازنه انرژی آن	۵
شکل ۲) طرح واره موتور احتراق تراکمی CHP با سوخت دوگانه و موازنه انرژی آن	۶
شکل ۳) طرح واره سیکل ترکیبی CHP و موازنه انرژی آن	۷
شکل ۴) نمودار افزایش زمانی میزان CO ₂ برحسب سال	۱۱
شکل ۵) انتشار NO _x و CO از توربین های گازی با تزریق آب	۴۶
شکل ۶) تغییرات گازهای خروجی بر حسب هوای مخلوط در سوخت	۶۴

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱) گرمای سوخت‌های کربنی و انتشار CO_2	۱۰
جدول (۲) درصد گوگرد و SO_2 تولیدی سوخت‌ها	۱۲
جدول (۳) میزان انتشار مواد از سوخت‌ها	۱۵
جدول (۴) خروجی بویلرهای صنعتی	۱۶
جدول (۵) انتشار مواد از توربین‌های گازی	۱۸
جدول (۶) خروجی‌های موتورهای احتراق تراکمی	۱۹
جدول (۷) خروجی‌های موتورهای گازی احتراق جرقه‌ای	۲۰

جدول ۸) خروجی‌های نمونه از سیستم‌های ترکیبی حرارت و قدرت

۲۲

جدول ۹) محاسبه کاهش خروجی‌ها توسط CHP در یک مثال

۲۳

جدول ۱۰) خلاصه نتایج کاهش خروجی برای محدوده‌های مختلف انتخابی
CHP (g/kwh)

۲۳

جدول ۱۱) محدوده صدای تولیدی از منابع و مکان‌های مختلف

۲۸

جدول ۱۲) میزان صدا از محرک‌های اصلی CHP

۳۰

جدول ۱۳) خلاصه محدودیت مواد منتشره از دسته A جزوات راهنما

۴۰

جدول ۱۴) خلاصه محدودیت مواد منتشره از دسته B جزوات راهنما

۴۱

پیشگفتار

افزایش روزافزون مصرف انرژی در تمام شئون زندگی و محدودیت منابع انرژی از یکسو و مصرف بی رویه آن توسط جوامع مختلف از سوی دیگر، علاوه بر آلودگی محیط زیست و هدر دادن سرمایه‌های ملی، زندگی آینده بشر را با مخاطره مواجه ساخته است.

تجربه ایران و جهان در دهه‌های گذشته نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و توسعه صنعتی به عنوان پیش شرط‌های اقتدار سیاسی، استقلال ملی و شکوفایی فرهنگی، به عوامل مختلف از جمله انرژی و بهره‌وری مطلوب و بهینه از منابع آن نیازمند است.

اگر چه ایران از غنی‌ترین منابع انرژی برخوردار است اما تلف کردن و استفاده نادرست از آن خسارات جبران ناپذیری را بر بودجه سالانه کشور تحمیل می‌کند. از این رو استفاده منطقی از انرژی و برنامه‌ریزی در این زمینه از اولویت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

با آگاهی نسبت به اهمیت این امر بود که دولت جمهوری اسلامی ایران با تصویب بند (و) تبصره (۱۹) قانون برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، حرکت در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و گسترش مصرف منطقی منابع انرژی را به صورت وظیفه‌ای برای مسئولان درآورد و در راستای همین قانون و قوانین دیگری در برنامه سوم توسعه آئین‌نامه‌های اجرائی به تصویب رسید که از آن جمله،

آئین‌نامه اجرایی بند الف تبصره ۱۲، طراحی دوره‌های آموزشی مدیران و کارشناسان واحدهای مدیریت انرژی برای صنایع و مؤسسات، تشکیل واحد مدیریت انرژی در صنایع با توان مصرفی بالا، برگزاری سمینارهای آگاهسازی، تهیه کتاب‌ها و بروشورهای فنی جهت گسترش فرهنگ صحیح مصرف انرژی را، می‌توان نام برد. در همین راستا، معاونت امور انرژی وزارت نیرو در سال ۱۳۷۵ نسبت به ترجمه و چاپ (راهنماهای فنی مدیریت انرژی) در ۲۱ جلد اقدام کرد و اینک سری جدیدی تحت عنوان (راهنمای فنی بهره‌وری انرژی) انتشار می‌یابد که از سوی ETSU در کشور انگلستان با نام **Best Practice Programme (Energy Efficiency)** چاپ شده است. این کتاب از سری راهنماهای فنی بهره‌وری انرژی ۵۶ جلدی انتخاب گردیده که امید است به لحاظ اهمیت موضوع، بقیه مجلدات آن به ترتیب چاپ و در اختیار علاقمندان قرار گیرد.

سازمان بهره‌وری انرژی ایران
(سابا)

۱- مقدمه

اقتصاد کشورهای پیشرفته بر پایه تولید گرما و توان می‌باشد. غالب مصرف‌کنندگان گرما، تجهیزات احتراقی سوخت فسیلی را نزدیک محل مصرف قرار می‌دهند، در صورتی که الکتریسیته مورد نیاز از طریق کابل از یک نیروگاه تأمین می‌شود.

هزینه‌های منابع توان و گرما توسط قیمت سوخت‌های فسیلی در بازار و بازده تبدیل سوخت به انرژی تعیین می‌شوند. بازده حرارتی تأمین گرما از سوخت بوسیله بویلرهای مناسب حدوداً ۷۵ تا ۸۵ درصد می‌باشد. در صورتی که برق تولید شده از سوخت‌های فسیلی توسط نیروگاه‌های دور از نقاط مصرف بازده متوسطی در حدود ۳۰٪ دارد.

۱-۱- سیستم‌های ترکیبی حرارتی و قدرت^(۱)

سیستم‌های ترکیبی حرارت و قدرت (CHP) الکتریسیته و گرمای مصرفی خود را از یک کارخانه تأمین می‌کنند. نصب چنین سیستم‌هایی به صورت مجتمع و در مواقعی که گروهی از مصرف‌کنندگان نزدیک به هم قرار دارند و نیاز زیادی به توان و گرما دارند، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد. CHP روشی با بازده انرژی و منافع زیست‌محیطی زیاد می‌باشد. بازده کلی تولید انرژی به ۸۰٪ یا بالاتر می‌رسد. CHP همچنین می‌تواند ضریب اطمینان اتصال منبع الکتریکی را برای محل‌هایی که احتمال خرابی غیرقابل قبولی دارند، افزایش دهد.

هم اکنون بیش از ۱۵۰ کارخانه CHP در مقیاس بزرگ (بیش از یک مگاوات) در مراکز صنعتی انگلستان نصب شده‌اند و بالغ بر ۷۵۰ کارخانه CHP در مقیاس کوچک نیز وجود دارد. در مجموع ظرفیت نصب شده در حدود ۳۰۰۰ مگاوات توان الکتریکی است. در سال ۱۹۹۳/۹۴ تولید CHP بیش از ۱۴۰۰۰ GWh، تقریباً ۵٪ توان الکتریکی تولیدی در انگلستان بود.

تأسیسات CHP به سه دسته بزرگ طبقه‌بندی می‌شوند، انتخاب دسته مناسب برای یک محل خاص بستگی به نسبت گرما و توان مورد نیاز آن محل دارد. توربین‌های گازی مولد توان الکتریکی گازهای تخلیه خود را از بویلرهای بازیافت حرارتی^(۱) عبور می‌دهند. این کارخانجات معمولاً با سوخته‌های گازی کار می‌کنند اما بسیاری از آنها قابلیت اضافه کار با گازوئیل به عنوان سوخت ذخیره را دارند. سیکل بخار CHP همراه با بویلر کارخانه، بخار فشار بالا را برای مولد الکتریکی در یک توربین بخار تأمین می‌کند. بویلرها می‌توانند برای استفاده از هر نوع سوخت موجود طراحی شوند و بسیاری از آنها می‌توانند بیش از یک نوع سوخت استفاده کنند.

موتورهای پیستونی^(۲) مولد توان الکتریکی که در آنها حرارت از دودهای خروجی و موتور سیستم برودتی بازیافت می‌شود. موتورهای احتراقی تراکمی^(۳) (CI) می‌توانند از سوخته‌های مایع گازی استفاده کنند و موتورهای گازی احتراق جرقه‌ای^(۴) (SI) سوخته‌های گازی متان و مشتقات آن را استفاده می‌کنند. در برخی از تأسیسات، توربین‌های بخار را با توربین‌های گازی (گاهی با موتورهای پیستونی) جهت ایجاد سیکل ترکیبی تأسیسات CHP با هم ترکیب می‌کنند.

-
- 1- heat recovery boilers
 - 2- Reciprocating engines
 - 3- Compression – ignition engines
 - 4- Spark – ignition gas engines

۱-۲- بهره‌وری در CHPها

عملکرد تأسیسات CHP یک روش مؤثر و مطمئن برای تحقق نیازهای انرژی است. دولت برای افزایش ظرفیت CHP نصب شده در انگلستان به میزان ۵۰۰۰ Mwe تا سال ۲۰۰۰ برنامه‌ریزی کرده است. سازمان بهره‌وری انرژی از این موضوع تحت عنوان بهترین برنامه عملی پشتیبانی می‌کند. تعدادی از راهنماهای بهره‌وری انرژی منتشر شده‌اند که تحقق پذیری، طراحی مهندسی و بهره‌برداری محدوده‌ای از CHPها را ارزیابی می‌کنند. به ویژه راهنمای شماره ۴۳ معرف جزئیات CHP در ابعاد بزرگ است. تعدادی از تأسیسات CHP مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و جزئیات آنها به عنوان بررسی‌های موردی منتشر شده‌اند و نقشه‌های آنها به صورت قسمتی از بهترین برنامه عملی آورده شده‌اند. جهت دریافت فهرست کامل انتشارات موجود CHP در سازمان بهره‌وری انرژی با دفتر تحقیقات بهره‌وری انرژی در ETSU تماس بگیرید (به ضمیمه ۳ رجوع شود).

این راهنما مسایل زیست محیطی تأسیسات CHP را مورد ملاحظه قرار داده و موارد مهم آن را مورد بحث قرار می‌دهد و به صاحبان، طراحان و کاربرهای فعلی و آینده کارخانجات CHP در جهت تحقق کامل موارد زیست محیطی کمک می‌کند. این راهنما به مسایل و جنبه‌های فنی نصب، طراحی و بهره‌برداری یک کارخانه CHP با تأکید بر رعایت دو موضوع محیط زیست به شرح ذیل می‌نگرد.

نصب یک کارخانه CHP در یک محل صنعتی موجود نیاز به نقشه‌برداری و طراحی مهندسی دقیق دارد تا اثرات زیست محیطی را در سطح محلی کمینه کند. طراحی و بهره‌برداری از یک تأسیسات CHP مشروط به رعایت قوانینی است که به منظور کنترل خروجی‌های آلوده کننده محیط زیست وضع شده‌اند.

این راهنما مربوط به تأسیسات CHP با یک خروجی الکتریکی به میزان حداقل یک مگاوات می‌باشد. راهنمای بهره‌وری انرژی شماره ۱۱۵ نکات مشابهی را در مورد تأسیسات CHP موتور گازی در مقیاس کوچک ارائه نموده است.

۲- CHP و آلاینده‌های محیطی

CHP یک فرآیند با بازده انرژی بالاست و در مقایسه با سیستم‌های مولد حرارت و قدرت تجاری، مقدار قابل توجهی محصولات احتراق (خروجی دودکش) در واحد انرژی مصرف شده را کاهش می‌دهد. کاهش مقدار این محصولات اثر مفیدی بر روی آلودگی هوا و پیامدهای ناشی از آن می‌گذارد. عملکرد روش CHP معمولاً مصرف سوخت محلی را مقداری افزایش می‌دهد اما مقدار قابل ملاحظه‌ای سوخت مصرفی نیروگاه‌های مرکزی را بواسطه کاهش خرید برق، کاهش می‌دهد. این بخش از راهنما چگونگی انتشار مواد آلاینده از فرآیند احتراق را تشریح نموده و نشان می‌دهد که چگونه CHP می‌تواند در این مورد صرفه‌جویی نماید. جهت محاسبه کاهش خروجی‌ها هنگام جایگزینی کارخانه CHP بجای کارخانه بویلر و الکتریسیته خریداری شده، روشی نیز آماده بهره‌برداری شده است.

۲-۱- احتراق سوخته‌های فسیلی

احتراق سوخت فسیلی واکنشی بین اکسیژن و عناصر تشکیل دهنده سوخت می‌باشد. فرآیند احتراق باعث اتلاف حرارت می‌شود که حرارت مورد نیاز فرآیند و محصول آن نیز می‌باشد. در عین حال، احتراق سوخته‌های فسیلی باعث تخلیه گازها در هوا می‌شود که این مسأله اثرات مخربی روی محیط زیست نیز دارد.

تمام سوخت‌های فسیلی شامل کربن هستند که مهمترین عنصر قابل احتراق می‌باشد، هیدروژن نیز دیگر منبع مهم انرژی است. از احتراق کربن و هیدروژن مقادیر زیادی دی‌اکسید کربن و بخار آب تولید می‌شود. در فرآیند احتراق بسته به ترکیب سوخت و نوع فرآیند احتراق سایر گازهای آلوده کننده نیز تولید می‌شوند. جدول ضرایب اتمی و مولکولی استفاده شده در احتراق شیمیایی عناصر در ضمیمه (۱) آمده است.

۲-۱-۱- دی‌اکسید کربن (CO₂)

بیشترین تولید فرآیند احتراق، گاز دی‌اکسید کربن است. تبدیل همه کربن‌های قابل دسترس به دی‌اکسید کربن هدف اصلی هر فرآیند احتراق است که در این صورت بیشترین انرژی آزاد می‌شود. با سوزاندن سوخت‌های کربن‌دار، اکسیژن هوا با کربن ترکیب شده و دی‌اکسید کربن تولید می‌شود.

جدول ۱- گرمای سوخت‌های کربنی و انتشار CO₂

سوخت	درصد کربن در سوخت	CO ₂ تولید شده بر حسب تن سوخت بر حسب تن	CO ₂ بر حسب kg انرژی قابل دسترس بر حسب (GCV) GJ	CO ₂ بر حسب kg انرژی قابل دسترس بر حسب (GCV) Mwh
زغال سنگ	۸۷	۳/۲	۹۱	۳۲۷/۶
نفت کوره	۸۶	۳/۱	۷۴	۲۶۶/۴
نفت گاز	۸۶	۳/۱	۶۹	۲۴۸/۴
گاز طبیعی	۷۳	۲/۸	۵۰	۱۸۰

دی‌اکسید کربن یک گاز بی‌اثر هواست که به عنوان قسمتی از سیکل طبیعی کربن زمین می‌باشد. اما افزایش میزان آن عامل مهمی برای اثر گلخانه‌ای^(۱) می‌باشد

1- green house effect

که احتمال گرم شدن زمین و تغییرات اقلیمی را افزایش می‌دهد. نمودار افزایش زمانی CO_2 در شکل (۴) نشان داده شده است و با فرض رشد موجود و محاسبات انجام شده به نظر می‌رسد که سوخت کربن کاهش قابل ملاحظه‌ای را داشته باشد.

شکل ۴- نمودار افزایش زمانی میزان CO₂ (بر حسب سال)

میزان CO₂ تولید شده بستگی به مقدار کربن سوخت و نرخ مصرف سوخت دارد. تنها با سوزاندن کمتر کربن می‌توان CO₂ خروجی را کاهش داد. هر روشی که در آزادسازی انرژی سوخت بهره بیشتری را داشته باشد، مقدار انتشار آن را کاهش می‌دهد.

۲-۱-۲- دی‌اکسید گوگرد (SO₂)

دی‌اکسید گوگرد از احتراق گوگرد موجود در سوخت تولید می‌شود. یک کیلوگرم گوگرد موجود در سوخت دو کیلوگرم SO₂ در خروجی تولید می‌کند. واکنش‌های شیمیایی بعدی در هوا منتهی به تولید عناصر اسیدی مانند اسید سولفوریک (H₂SO₄) می‌شوند که این عناصر سبب اصلی باران اسیدی می‌باشند و

بر روی بوم شناسی^(۱) سطح زمین اثر زیادی می‌گذارند. درصد گوگرد SO_2 تولیدی سوخت‌ها در جدول ذیل آمده است.

جدول ۲- درصد گوگرد و SO_2 تولیدی سوخت‌ها

سوخت	درصد گوگرد در سوخت	CO_2 تولیدشده بر حسب سوخت بر حسب تن	CO_2 بر حسب انرژی قابل دسترس بر حسب (GCV)GJ	CO_2 بر حسب انرژی قابل دسترس بر حسب (GCV)Mwh
زغال سنگ	۲/۰	۴۰	۱/۱۵	۴/۱۴
نفت کوره	۲/۵	۵۰	۱/۱۷	۴/۲۱
نفت گاز	۰/۳	۶	۰/۱۳	۰/۴۷
گاز طبیعی	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز

مؤثرترین روش کاهش SO_2 کاهش مقدار گوگرد سوخته شده در فرآیند احتراق می‌باشد. روش‌های کاهش آلودگی زیادی موجود هستند و روش پیشرفته دی سولفوریزاسیون گاز دودکش^(۲) (FGD) می‌تواند SO_2 را از فرآیند احتراق جدا کند. جزئیات این روش در بخش (۵-۲-۲) توضیح داده می‌شود.

۲-۱-۳- منو اکسید کربن (CO)

منو اکسید کربن از احتراق ناقص کربن به وجود می‌آید و عوامل متعددی در یک فرآیند احتراق باعث این عمل می‌شوند. میزان تولید آن بسیار کم و جزئی از میلیون گاز خروجی می‌باشد، اما باید توجه داشت هنگامی که کنترل ضعیفی روی فرآیند احتراق اعمال شود، میزان آن به شدت بالا می‌رود. CO یک گاز سمی است و مقادیر زیاد آن باعث بروز مشکلات تنفسی و آلودگی هوا می‌شود. با تعویض، تعمیر و کنترل تجهیزات احتراق می‌توان تولید CO را محدود نمود.

۲-۱-۴- اکسیدهای نیتروژن (NO_x)

1- ecology gas de - Sulphurisation

2- Flue

از واکنش اکسیژن (O_2) با نیتروژن (N_2) در حرارت بالا اکسید نیتریک (NO) و دی اکسید نیتروژن (NO_2) تولید می‌شود. تولید NO_x بر خلاف CO_2 و SO_2 فقط وابسته به سوخت مصرفی نمی‌باشد. میزان تشکیل NO_x تحت تأثیر یک سری عوامل در فرآیند احتراق از قبیل حرارت احتراق، زمان توقف در ناحیه احتراق و غلظت اکسیژن و نیتروژن می‌باشد. تولید NO_x به دو روش زیر دسته‌بندی می‌شود:

۱-۱-۱) حرارتی NO_x حرارتی که در اثر واکنش بین اکسیژن و نیتروژن جوی تولید می‌شود و در تمام فرآیندهای احتراق کم و بیش وجود دارد.

۱-۱-۲) سوخت NO_x سوخت که در اثر واکنش نیتروژن سوخت صورت می‌گیرد. بنابراین تولید NO_x با احتراق سوخت‌های جامد و نفتی که در ترکیب شیمیایی آنها نیتروژن وجود دارد، متناسب است.

NO_x تولیدی در یک فرآیند احتراق معمولاً شامل بیش از ۹۰٪ NO و کمتر از ۱۰٪ NO_2 است. در برودت جو برخی از NO ها با ازن (O_3) واکنش نموده و NO_2 تشکیل می‌دهند. این عمل باعث تخریب لایه ازن در طبقات بالای جو و تشکیل مه در سطح زمین می‌شود. NO_2 نیز برای دستگاه تنفسی مضر است. واکنش‌های جوی شامل NO همچنین منجر به تشکیل اسید نیتریک (HNO_3) و باران اسیدی می‌شوند.

۲-۱-۵- ذرات^(۱)

اگر طراحی و بهره‌برداری فرآیند احتراق درست انجام نشود، هر فرآیندی که از سوخت مایع یا جامد استفاده کند می‌تواند تولید ذرات جامد نماید. این ذرات معمولاً به صورت ذرات رنگی و یا دوده در خروجی دودکش قابل رؤیت می‌باشند. حضور ذرات کربن سوخته نشده یا مواد باقیمانده مانند خاکستر باعث بروز این مسأله می‌شوند.

اکثر این ذرات معمولاً روی سطوح اطراف محل تخلیه می‌نشینند و فقط در صورتی که سمی بوده یا خاصیت خوردگی داشته یا در مقیاس کلانی تولید شوند، ایجاد خسارت زیست محیطی می‌کنند. هنگامی که دود هواپیما و ذرات آن تهدیدی برای دستگاه تنفسی حیوانات به حساب می‌آید و رؤیت دود هواپیما مرتباً به عنوان یک تعدی بر محیط زیست محلی محسوب می‌شود، میزان ذرات قابل رؤیت در خروجی یک دودکش زنگ خطری برای کنترل نادرست فرآیند احتراق می‌باشد.

۲-۱-۶- سایر ترکیبات

فرآیندهای احتراق می‌توانند مقادیر کمی ترکیبات شیمیایی و مواد آلی تولید کنند که شامل گازهایی از قبیل هیدروکربن‌های سوخته نشده (UHC) باشند. به طور کلی این ترکیبات در اثر کنترل ضعیف فرآیند احتراق و به همراه ذرات جامد و منو اکسید کربن تولید می‌شوند. تعمیر و نگهداری کمتر از حد معمول یا کنترل ضعیف تجهیزات منجر به احتراق ناقص سوخت و افزایش ترکیبات آلی در خروجی دودکش می‌شوند. در شرایط عادی میزان خروج این ترکیبات به عنوان یک مسأله مهم مورد توجه نمی‌باشند.

۲-۲- خروجی بویلرهای صنعتی و تجاری

بیشتر گرمای مورد نیاز اماکن صنعتی و مراکز تجاری، از بخار آب گرم شده در بویلرهایی که سوخت آنها سوخت کربنی است، حاصل می‌شود که معمولاً شامل گاز طبیعی، نفت یا زغال سنگ می‌باشند. نصب و راه اندازی بویلرها غالباً به بهره‌وری انرژی کمک می‌کنند و میزان ذرات قابل رؤیت را کمینه می‌کنند. به هر حال طراحی و بهره‌برداری اکثر بویلرها عدم انتشار SO_2 و NO_x و CO را تضمین نمی‌کنند و قابلیت تعمیر و نگهداری و تنظیم تجهیزات مشعل، انتشار آنها را کمینه می‌کند.

به طور کلی میزان خروجی NO_x و CO بستگی به مشخصات احتراقی مشعل و سوخت مصرفی دارد ولی انتشار CO_2 و SO_2 به میزان کربن و گوگرد سوخت مصرفی بستگی دارد.

جدول ۳- میزان انتشار مواد از سوخت‌ها

سوخت	NO _x (تن سوخت / کیلوگرم)	CO (تن سوخت / کیلوگرم)
زغال سنگ	۴/۰ - ۱۰/۵ (۶/۱)	۰/۱ - ۱۸/۰ (۵/۲)
نفت کوره	۳/۵ - ۱۰/۰ (۷/۵)	۰/۰ - ۱۱/۷ (۰/۵)
نفت گاز	۱/۸ - ۴/۳ (۲/۶)	۰/۰ - ۱/۲ (۰/۲)
گاز طبیعی	۱/۴ - ۴/۶ (۲/۶)	۰/۰ - ۰/۲ (۰/۱)

جدول (۳) میزان خروجی محاسبه شده در یک ارزیابی از بویلرهای صنعتی انگلستان را در طول دهه ۸۰ نشان می‌دهد. مقادیر بر حسب کیلوگرم خروجی بر تن سوخت مصرفی می‌باشند و در دو حد بالا و پایین به همراه میانگین هر یک نشان داده شده‌اند.

خروج بیشتر NO_x از زغال سنگ و نفت کوره به وضوح دیده می‌شوند چون درصد نیتروژن بیشتری دارند و معمولاً در حرارت بالاتری می‌سوزند. پهنه داده‌ها با تنوع انواع تجهیزات احتراق استفاده شده در بویلرها و تغییر کنترل و تعمیر و نگهداری تجهیزات متناسب است. به ویژه پهنه زیاد میزان خروجی CO به دلیل تغییر در تنظیم نسبت هوا به سوخت در بویلرهاست.

جدول (۴) میانگین میزان خروجی NO_x را برای هر دسته نشان می‌دهد، خروجی‌ها بر حسب گرم بر کیلووات ساعت حرارت خروجی بویلر بیان شده‌اند و بر اساس ترکیبات سوخت و راندمان ۸۰٪ بویلر می‌باشند. نمودارهای قابل مقایسه برای انتشار CO₂ و SO₂ از داده‌های این بخش راهنما ترسیم می‌شوند. جدول نشان می‌دهد که با تغییر بویلرها از زغال سنگ و HFO به نفت گاز و گاز، خروجی آنها به شدت کاهش می‌یابد.

جدول ۴- خروجی بویلرهای صنعتی

بویلرهای گازسوز	بویلرهای نفت گاز سوز	بویلرهای سوخت HFO	بویلرهای زغال سوز	
۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۷۹	۰/۷۸	NO _x g/Kwh
۲۲۵	۳۱۰/۵	۳۳۳	۴۱۰	CO _۲ g/Kwh
۰/۰۰ (سوخت بدون گوگرد)	۰/۵۹ (۰/۳٪ گوگرد درسوخت)	۵/۲۷ (۲/۵٪ گوگرد درسوخت)	۵/۱۴ (۲٪ گوگرد درسوخت)	SO _۲ g/Kwh

توجه : داده‌ها براساس راندمان بویلر ۸۰٪ می‌باشند.

انتشار SO_۲ از خروجی بویلر، متناسب با درصد گوگرد سوخت، افزایش یا کاهش می‌یابد.

۳-۲- خروجی مراکز تولید برق

آمارهای انرژی سال ۱۹۹۳ انگلستان نشان می‌دهند که در حدود ۸۰٪ الکتریسیته انگلستان توسط سوختهای فسیلی در نیروگاههای مرکزی تولید می‌شوند. مابقی آن از نیروگاههای هسته‌ای، تولید در محل (CHP)، منابع تجدیدپذیر مانند هیدروالکتریک، منابع بادی و احتراق بیوسوخت تأمین یا از اروپا وارد می‌شود.

زغال سنگ گرد شده^(۱)، سوخت فسیلی اکثر بویلرهای تولید بخار با فشار بالا می‌باشد. نیروگاههای زغال سوز نوعاً راندمانی در حدود ۳۵٪ دارند و بقیه انرژی به صورت گرما به محیط منتقل می‌شود. تلفات انتقال و توزیع، راندمان را در نقطه مصرف به ۳۰٪ می‌رساند. یک مزیت مهم نیروگاههای زغال سوز این است که با

-
- 1- Pulverised coal
 - 2- Combined cycle gas turbine

مشعل‌های NO_x پایین تنظیم می‌شوند و نیروگاه‌های زغال سوز قدیمی‌تر به تدریج با نیروگاه‌های با بهره بالاتر از لحاظ بخار جایگزین می‌شوند و برخی از نیروگاه‌های نفت سوز هنوز برای وظایف محدود اوج بار و نیروگاه ذخیره (رزرو) بکار می‌روند. مولدهای گازسوز به طور فزاینده‌ای با توربین‌های گازی مولد قدرت به کار می‌روند و به این ترتیب مقداری الکتریسیته اضافی، از بخار بدست آمده از بازیافت حرارتی گازهای خروجی، تولید می‌شود، این مولدها به عنوان مولد توربین گازی با سیکل ترکیبی^(۳) (CCGT) شناخته می‌شوند. بازده این روش نوعاً در حدود ۴۵٪ می‌باشد و مابقی انرژی به محیط منتقل می‌شود. توربین‌های گازی بزرگ که از سیستم‌های احتراقی پیشرفته استفاده می‌کنند، میزان NO_x پایینی دارند (نوعاً در حدود 50 mg/Nm^3).

مولد گازی کاملاً جایگزین سیستم زغال سوز نخواهد شد و درصد قابل توجهی از برق انگلستان در نیروگاه‌های زغال سوز تولید خواهند شد. به هر حال ایستگاه‌های زغال سوز قدیمی‌تر بازده کمتری دارند و مواد آلاینده بیشتری تولید می‌کنند. بنابراین واضح است که ظرف چند سال آینده نحوه تولید با تجهیزات CHP جدید تغییر می‌کند. راندمان مولدهای CHP نوعاً ۸۰٪ است.

خروجی نیروگاه‌های سوخت فسیلی مطابق با نوع تجهیزات و سوخت مصرفی تغییر می‌کند. خروجی نمونه از مولد برق در ضمیمه (۵) به صورت مختصر آمده است. داده‌ها به وضوح نشان می‌دهند که ایستگاه‌های گازسوز (CCGT) کمترین خروجی را دارند. منابع اصلی انگلستان منابع CHP، منابع هسته‌ای و منابع انرژی تجدیدپذیر می‌باشند.

۲-۴- انتشار مواد از سیستم‌های CHP

همانند تمامی فرآیندهای احتراقی، CO_2 و SO_2 تولید شده در محرک‌های اولیه CHP بستگی به درصد کربن و گوگرد سوخت دارند. سایر خروجی‌ها مطابق با مشخصات طراحی هر ماشین خاص تغییر می‌کنند. انتشار مواد از سیکل بخار

CHP تنها در بویلرهایی که بخار تولید شده برای تولید الکتریسیته مؤثر نمی‌باشد، صورت می‌گیرد. جزئیات بیشتر در مورد محرک‌های اولیه و بویلرهای بازیافت حرارتی را می‌توان در اداره بهره‌وری انرژی (EEO) تحت عنوان راهنمای عملکرد مناسب (۴۳) پیدا نمود.

۲-۴-۱- توربین‌های گازی

فرآیند احتراق در یک توربین گازی با مقدار زیاد هوای اضافی انجام می‌شود زیرا توان خروجی به دست آمده به میزان جرمی توربین بستگی دارد. تولید CO و UHC تحت شرایط طبیعی خیلی پایین می‌باشد. انتشار NO_x از توربین‌های گازی زیاد نمی‌باشد و با تزریق آب یا بخار و یا استفاده از مشعل‌های NO_x پائین، آن را می‌توان کاهش داد. خروجی‌های نمونه توربین‌های گازی در جدول (۵) بر حسب گرم به کیلووات ساعت توان تولیدی نشان داده شده‌اند.

انتشار NO_x بر اساس هماهنگی توربین‌ها با محدودیت‌های جریان برای سوخت گازی ۶۰ ppm و سوخت نفتی ۸۰ ppm می‌باشد (جدول ۱۳ و ۱۴ بخش ۳-۴ را ببینید).

جدول ۵- انتشار مواد از توربین‌های گازی

SO ₂ g/Kwh	CO ₂ g/Kwh	NO _x g/Kwh	
ناچیز	۶۱۰	۱/۱	احتراق گاز طبیعی
۱/۴	۸۰۰	۱/۶	احتراق نفت گاز

توربین‌های گازی CHP همچنین می‌توانند سایر سوخت‌های گازی را مصرف کنند. گازهای سوختی متان که از زیرزمین تهیه می‌شوند، گازهای فاضلاب‌ها و معادن مقادیر زیادی نیتروژن و CO₂ دارند. استفاده از این گازها به واسطه درجه احتراق پایین‌تر، NO_x خروجی را نسبت به مصرف گاز طبیعی بیش از ۵۰٪ کاهش می‌دهد. گازهای پالایشگاه هیدروژن زیادی دارند و استفاده از آنها منجر به افزایش

NO_x به میزان ۲/۵ برابر می‌شود، اگرچه کربن کمتر آنها منجر به کاهش CO₂ خروجی می‌شود. استفاده از این سوخت‌ها در محرک‌های اصلی در صورتی که سوخت محترقه در سایر فرآیندهای احتراق نیز جایگزین شود، انتشار مواد را کاهش می‌دهد و با مقایسه با روش‌های دیگر گازهای زائد کمتری در محیط ظاهر می‌شوند و مزایای زیست محیطی بالاتر دارد.

۲-۴-۲- موتورهای احتراق تراکمی (CI)^(۱)

موتورهای احتراق تراکمی معمولاً با نسبت هوا به سوخت کمتر و دمای احتراق بالاتر از توربین‌های گازی به منظور ماکزیمم کردن بازده، بهره‌برداری می‌شوند و این باعث خروج NO_x نسبتاً زیادی در واحد توان می‌شود. خروج NO_x با طراحی‌های متفاوت موتور در پهنه وسیعی تغییر می‌کند، در بعضی موارد می‌توان NO_x خروجی را در بازدهی پایین‌تر موتور کاهش داد، در این صورت مقداری CO₂ افزایش می‌یابد. موتورهای CI می‌توانند از سوخت‌های گازی استفاده کنند در صورتی که مقدار کمی بنزین هواپیما جهت احتراق به گاز تزریق شود. انتخاب این سوخت معمولاً NO_x خروجی را کاهش می‌دهد ولی معمولاً توان خروجی موتور را نیز کاهش می‌دهد. خروجی‌های موتورهای احتراق تراکمی بر حسب گرم بر Kwh خروجی الکتریکی در جدول (۶) نشان داده شده‌اند.

جدول ۶- خروجی‌های موتورهای احتراق تراکمی

SO _x g/Kwh	CO _x g/Kwh	NO _x g/Kwh	
۰/۱	۵۰۰-۶۰۰	۵-۱۰	با سوخت گاز طبیعی (با بنزین هواپیما)
۱۰/۸	۷۰۰-۸۰۰	۸-۱۵	با سوخت نفت کوره

۲-۴-۳- موتورهای گازی احتراق جرقه‌ای^(۱)

موتورهای احتراق جرقه‌ای در صنایع CHP بزرگ به لحاظ محدودیت اندازه‌های موتور آنها و کمی مقدار حرارت تولیدی موتورها، مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. خروجی‌های نمونه یک موتور گازی CHP در جدول (۷) نشان داده شده است. اطلاعات خروجی موتور گازی در صنایع CHP در راهنمای تکمیلی بهره‌وری انرژی ۱۱۵ تحت عنوان «راهنمای زیست محیطی برای سیستم ترکیبی کوچک حرارت و قدرت» موجود می‌باشد.

جدول ۷- خروجی‌های موتورهای گازی احتراق جرقه‌ای

SO _۲ g/Kwh	CO _۲ g/Kwh	NO _x g/Kwh	CO _۲ g/Kwh	
ناچیز	۱-۲	۱۵-۲۵	۵۸۰	

۲-۴-۴- بویلرهای حرارت اتلافی^(۲)

بویلر حرارت اتلافی در تجهیزات CHP، گرما را از خروجی اصلی بازیافت نموده و دمای بخار آب یا آب داغ را بالا می‌برد. بازیافت گرما هیچ اثری روی گازهای خروجی اصلی ندارد ولی اگر دما خیلی افت کند باعث افزایش غلظت اسید در گازهای خروجی می‌شود.

برای بویلر با خروجی زیاد، یک بویلر حرارت اتلافی می‌تواند با استفاده از گازهای خروجی اصلی بجای هوای محیط تشکیل احتراق تکمیلی را بدهد. این روش در راهنمای بهره‌وری انرژی شمار (۴۳) تشریح شده است. افزایش دما توسط احتراق تکمیلی نسبت به بویلرهای معمولی بازده انرژی بالاتری دارد و انتشار CO_۲ از خروجی در حدود ده درصد نسبت به خروجی بویلر معمولی کاهش می‌یابد.

1-Spark – ignition Gas Engines

2- Waste Heat Boilers

(جدول شماره ۴)

در احتراق تکمیلی، گازهای خروجی نسبت به هوای محیط اکسیژن کمتری دارند و بدین جهت NO_x کمتری تولید می‌شود. خروجی NO_x از احتراق تکمیلی نوعاً نصف بویلرهای معمولی است (جدول ۴ را مشاهده نمایید). آزمایشهای اخیر نشان داده است که در احتراق تکمیلی تحت شرایط احتراق معین، NO_x اضافی تولید نمی‌شود. بنابراین با استفاده از احتراق تکمیلی یک بویلر حرارت اتلافی، بجای بویلرهای معمولی، منافع زیست محیطی تجهیزات CHP افزایش می‌یابد.

۲-۵- کاهش انتشار گازها توسط CHP

یک کارخانه CHP با طراحی و عملکرد مناسب همواره راندمان انرژی را بهبود می‌بخشد و خروجی‌های CO_2 را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. از آنجاییکه CHP اغلب جایگزین نیروگاههای زغال سوز قدیمی می‌شود، به لحاظ استفاده از تجهیزات احتراقی پیشرفته تر و میزان کمتر گوگرد سوخت، مقادیر SO_2 و NO_x خروجی کاهش زیادی می‌یابند.

جدول (۸) خلاصه‌ای از خروجی‌های انواع CHP ها را بر اساس خروجی‌های بویلرها و محرک‌های اصلی نشان می‌دهد. جدول همچنین نسبت حرارت بازیافتی به قدرت تولیدی را نشان می‌دهد. با استفاده از جداول (۸) و (۹) می‌توان کاهش خروجی‌ها را برای انواع CHP محاسبه نمود.

جدول (۹) یک مثال عملی برای ارزیابی این روش می‌باشد و جدول (۱۰) خلاصه نتایج کاهش خروجی برای انتخاب‌های مختلف CHP می‌باشد (همه انتخاب‌ها جایگزین نیروگاه مرکزی زغال سوز می‌شوند).

جدول ۸- خروجی‌های نمونه از سیستم‌های ترکیبی حرارت و قدرت

H	G	F	E	D	C	B	A	
موتور SI کم مصرف با بویلر حرارت اتلافی	موتور SI با بویلر حرارت اتلافی	موتور CI با بویلر حرارت اتلافی	بویلر و توربین بخار فشار	بویلر و توربین بخار فشر بر گشتی	بویلر و توربین بخار فشار بر گشتی	توربین گازی با بویلر حرارت اتلافی و توربین بخار فشار بر گشتی	توربین گازی با بویلر حرارت اتلافی	نوع سیستم CHP
گاز طبیعی	HFO	گاز طبیعی	زغال سنگ	HFO	گاز طبیعی	گاز طبیعی	گاز طبیعی	نوع سوخت

خروجی‌ها بر حسب g/Kwh توان الکتریکی تولید شده

۵۰۰	۸۰۰	۵۷۰	۲۷۰۰	۲۲۲۰	۱۵۱۰	۵۱۰	۶۱۰	CO _۲
۳	۸-۱۵	۵-۱۰	۵/۳	۵/۳	۱/۵	۰/۹	۱/۱	NO _x
ناچیز	۱۰/۵ ٪۲/۵ گوگرد در سوخت	ناچیز	۳۴/۳ ٪۲ گوگرد در سوخت	۳۵/۲ ٪۲/۵ گوگرد در سوخت	ناچیز	ناچیز	ناچیز	SO _۲
۱/۶	۱/۴	۱/۴	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۱/۱	۱/۶	نسبت حرارت باز یافتی به قدرت تولیدی

توجه : مقدار NO_x بر Kwh توربین‌های گازی با میزان خروجی‌های توربین بر حسب قسمت به میلیون (PPm) افزایش یا کاهش می‌یابد. برای گاز طبیعی از مقدار ۶۰ PPm استفاده می‌شود.

خروجی SO_۲ تمام کارخانه‌ها با درصد گوگرد سوخت افزایش یا کاهش می‌یابد.

جدول ۹- محاسبه کاهش خروجی‌ها توسط CHP در یک مثال

SO ₂ g/kwh	NO _x G/kwh	CO ₂ g/kwh	Ref	
۵/۲۷	۰/۷۹	۳۳۳	V	اطلاعات یک ستون از جدول (۴) را برای بویلر جایگزین شده توسط CHP (مثال: سوخت HFO از جدول ۸)
۱۵/۰	۲/۷	۹۹۰	W	اطلاعات نیروگاه مرکزی زغال‌سوز (اطلاعات در ضمیمه ۵ آورده شده‌اند).
۳۵/۲	۵/۳	۲۲۲۰	(X)	اطلاعات یک ستون از جدول (۸) برای سیستم CHP انتخاب شده، (مثال: بویلر HFO نوع D با توربین بخار فشار برگشتی)
۵/۵	۵/۵	۵/۵	(Y)	از همان ستون جدول (۸)، نسبت حرارت بازیافتی به توان تولیدی را وارد نمایید. (مثال: بویلر HFO نوع D با توربین بخار فشار برگشتی)
۲۹/۰	۴/۳	۱۸۳۲	(Z)	حاصلضرب (Y) × (V)
۹/۰	۱/۷	۶۰۲		محاسبه کاهش خروجی‌ها بر حسب g/kwh از قدرت تولید شده (X) - (Z) + (W)

جدول ۱۰- خلاصه نتایج کاهش خروجی برای محدوده‌های مختلف انتخابی
(g/Kwh) CHP

SO ₂	NO _x	CO ₂	
۲۳/۲	۲/۹	۱۰۳۶	نوع A جایگزین بویلرهای زغال‌سوز
۲۳/۴	۲/۹	۹۱۳	نوع A جایگزین بویلرهای HFO
۹/۰	۱/۷	۶۰۲	نوع D جایگزین بویلرهای HFO
۹/۰	۱/۸	۵۴۵	نوع E جایگزین بویلرهای زغال‌سوز
۱۵/۰	(۴/۵)	۷۳۶	نوع F جایگزین بویلرهای گازی
۲۳/۴	۱/۰	۱۰۲۳	نوع H جایگزین بویلرهای HFO

مثال شماره یک

کارخانه اسمیت کلین بیكام^(۱) در ورسینگ^(۲) یک کارخانه تولید و ساخت دارو می باشد. این کارخانه به طور پیوسته ۸۰۰۰ ساعت در سال کار می کند. سطح تقاضای انرژی آن حدود ۱۰MW برق و به طور متوسط ۲۰ تن بر ساعت بخار می باشد. در سال های آینده افزایش تقاضای انرژی کارخانه بدیهی است.

یک توربین گازی ۱۳ مگاوات CHP در خروجی بویلرهای گازسوز برای تولید برق و بخار نصب گردید که CHP آن را باز می گرداند. به این ترتیب خروجی های CO₂ حدود ۵۵٪ و NO_x حدود ۶۰٪ کاهش یافتند و SO₂ خروجی تقریباً حذف شد.

مثال شماره دو

کارخانه کاغذسازی ثابت مرکزی در اینوریر^(۳) نزدیک آبردین^(۴) در حدود ۸۵۰۰ ساعت در سال کار می‌کند. این کارخانه تقریباً ۷۰ تن در ساعت بخار و ۱۵MW برق مصرف می‌کند. قبل از نصب CHP بویلرها برای تولید بخار از زغال سنگ، گاز طبیعی یا نفت کوره استفاده می‌کردند و از همین طریق نیز برق تولید می‌شد.

یک تأسیسات سیکل ترکیبی جدید CHP بازده و قابلیت اعتماد منبع تغذیه را افزایش داد و جایگزین مصرف نفت و زغال سنگ برای تولید بخار و الکتریسیته شد. تأسیسات CHP میزان خروجی CO₂ را در حدود ۱۸۰۰۰۰ تن در سال، NO_x را در حدود ۲۰۰ تن در سال و SO₂ را در حدود ۲۰۰۰ تن در سال کاهش داد.

۲-۶- نیازهای تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری

یک برنامه منظم بازرسی و تعمیر و نگهداری باید برای تداوم منافع زیست‌محیطی و بازده انرژی در تأسیسات CHP اعمال شود. قابل دسترس بودن محرک اصلی سطح بالا و عملکرد آن و رفتار آن کلید کاهش در هزینه‌های انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌باشد. سیستم‌های نظارت (تلویزیونی) می‌توانند رفتار سیستم و حالت تجهیزات CHP را برای کمک به تشخیص سریع مشکلات، کمینه کردن زمان خرابی و هزینه‌های تعمیر کنترل نمایند.

اکثر تولید کنندگان موتور و توربین‌های گازی می‌توانند سرویس‌های تعمیر و نگهداری با برنامه و بدون برنامه را تهیه نمایند و استفاده از سرویس‌های مشخص اطمینان روش CHP را در فراهم کردن منافع بهینه بالا می‌برد.

توربین‌های گازی و موتورهای پیستونی جهت بازرسی و تعمیر و نگهداری نیاز به توقف دوره‌ای دارند تا توسط مهندسين مربوطه مورد ارزیابی قرار گیرند. نیازمندیهای تعمیر و نگهداری محرک‌های اصلی در راهنمای بهره‌وری انرژی شماره (۴۳) تشریح شده است. سایر بازرسی‌ها باید هرچند روز یکبار و یا بیشتر توسط اپراتورها و یا پرسنل تعمیر و نگهداری کارخانه انجام شوند. اگر چه برخی از کارخانه‌های CHP که به آنها اشاره نشد، نیاز مستمری به بازرسی و نگهداری دارند و این کار اثر زیادی بر روی قابلیت اطمینان تأسیسات می‌گذارد.

۳- ملاحظات زیست محیطی در نصب CHP ها

نصب یک سیستم CHP معمولاً حرارت و قدرت کارخانه را افزایش می‌دهد. اثرات زیست محیطی آن بر روی محیط اطراف، باید در مرحله اولیه پروژه به عنوان قسمتی از طراحی و محاسبه مورد نظر قرار گیرد. اندازه و نوع تجهیزات مؤثر خواهند بود، اگر چه برای هر نوع توسعه شهری و کشوری موافقتنامه مورد نیاز است. یک روش ساده برای طراحی ساختمان، انتخاب مراجع صلاحیت‌دار محلی جهت تشخیص نیازهای آن می‌باشد. طراحی عملی ممکن است با مطالعه اثرات توسعه بر روی محیط زیست همراه شود. ارزیابی اولیه عملی و قابل پذیرش پروژه نیاز به ملاحظه محدوده وسیعی از مسائل زیست محیطی دارد تا بدین ترتیب به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی کمک کند. برخی از پروژه‌ها به مطالعه اثرات زیست محیطی بیشتری برای طراحی و مشاوره نیاز دارند.

۳-۱- انتشار محصولات احتراق

محصولات احتراق یک تأسیسات CHP، هیچگونه مواد سمی و مضر برای محیط زیست ندارند. به هر حال کاهش مناسب مواد مضر منتشره در هوا خیلی مهم

می‌باشد. قوانین استاندارد کیفیت هوا در سال ۱۹۸۹ محدودیت غلظت برای برخی از مواد در هوای محیط را تعریف کرده است. اگر تخلیه جوی در ارتفاع بلند و مناسب، در محیط انجام شود، پراکنندگی ذرات به خوبی انجام خواهد شد. ارتفاع مورد نیاز دودکش با استفاده از عوامل زیادی از قبیل حجم دود، کیفیت هوای محیط، شکل و چگونگی سطح مقطع دودکش و شرایط محیط اطراف و دما و سرعت دود، محاسبه می‌شود. به هر حال طراحی و نصب یک دودکش جدید تأثیر مشهودی روی محیط پیرامون آن می‌گذارد. ارتفاع دودکش می‌تواند با استفاده از تمیزترین فن‌آوری احتراق و با کاهش سوخت گوگردی، حداقل باشد. استفاده مجدد از دودکش‌های موجود نیز می‌تواند در موارد ممکن مفید باشد.

۳-۲- صدا^(۱)

تمام سیستم‌های CHP دارای یک محرک اصلی هستند که صدا را در سطوح اتصال و جریان داخل دودکش انتشار می‌دهند. اکثر سیستم‌های CHP یک سری تجهیزات جانبی دارند که صدای پیوسته و متناوب تولید می‌کنند. جهت مقایسه، جدول (۱۱) میزان صدای منابع مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- محدوده صدای تولیدی از منابع و مکان‌های مختلف

محدوده صدا (dB(A))	منبع
۳۵-۴۰	کتابخانه عمومی
۵۵-۶۵	ادارات - مکانهای تجاری
۷۵-۹۰	وسایل نقلیه در حرکت
۹۵-۱۱۰	مته حفاری جاده با فشار هوا (پنوماتیکی)

ملاحظات زیست محیطی در نصب CHPها

۱۱۰-۱۲۵	هواپیمای جت هنگام برخاستن
حدود ۸۰	کارخانه CHP با تجهیزات صوتی معمولی

(برای اطلاعات بیشتر به بخش های (۱-۲-۳) و (۲-۲-۳) مراجعه نمایید)

در عمل تمام منابع صدا، صداها را در یک محدود فرکانسی قابل شنیدن منتشر می‌کنند. مقیاس اندازه‌گیری "A" حساسیت گوش انسان را برای فرکانس‌های مختلف شبیه‌سازی می‌کند.

اگر چه گوش انسان حساسیت کمتری به صدای پایین‌تر از ۱۰۰۰HZ دارد، صدا در فرکانس‌های پایین‌تر کمتر توسط محافظ‌های صوتی جذب می‌شود. بنابراین ملاحظه مشخصات منابع صدا و اثر عایق صوتی بر روی کاهش صدا در تمام فرکانس‌های قابل تشخیص توسط انسان مهم می‌باشد.

صدای متناوب و منابع صدائی که تَن صوتی گسسته منتشر می‌کنند نیز، می‌توانند ایجاد مزاحمت کنند. تجهیزات CHP معمولاً به طور پیوسته بهره‌برداری می‌شوند و برای حفاظت در برابر منابع صدا متناوب مانند تهویه‌ها، پمپ‌ها و کمپرسورها باید توجه کافی مبذول شود.

طراحی یک سیستم CHP اغلب شامل مطالعه اثرات محلی تأسیسات کارخانه روی نمودار صدا نیز می‌باشد. این مسأله می‌تواند شامل ارزیابی میزان صدای موجود در نقاط مناسب در اطراف تأسیسات و ارتباط هر قسمت از سیستم با صدای کل باشد.

میزان صدائی که مضر سلامتی است و به گوش انسان آسیب می‌رساند به عنوان (صداها غیرمجاز) تحت قوانین حفاظت محیط زیست ۱۹۹۰ طبقه‌بندی شده است. مسئولین محلی وظیفه تحقیق در هر مورد شکایت را دارند.

۳-۲-۱- صدای خروجی

موتورها و توربین‌های گازی جهت کاهش صدای خروجی اغلب نیاز به یک صدا خفه کن در دودکش دارند که توسط یک بویلر بازیافت حرارتی صداگیر می‌توان این مسأله را برطرف نمود. به دلیل ارتفاع دودکش، نوع موتور یا توربین و طراحی سیستم بازیافت حرارت، با سایر عوامل ممکن است که صداگیری در خروجی لازم

باشد. مقادیر صدای خروجی برای توربین‌های گازی و موتورهای دو طرفه در جدول (۱۲) نمایش داده شده‌اند.

جدول ۱۲- میزان صدا از محرک‌های اصلی CHP

فرکانس (هرتز)	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
توربین گازی (dB)	۱۲۰	۱۲۰	۱۱۶	۱۱۲	۱۱۰	۱۰۵	۹۵
موتور پیستونی (dB)	۱۲۵	۱۲۶	۱۲۰	۱۱۲	۱۰۰	۹۲	۸۲

به‌طور کلی تمام محرک‌های اصلی صدا، خروجی بیشتری در فرکانسهای پایین‌تر به ویژه در موتورهای پیستونی دارند. در عین حال میزان صدا در توربین‌های گازی در فرکانس‌های مختلف بیشتر می‌باشد.

جهت تحقق نیازهای زیست محیطی محلی، طراحی صدا خفه کن برای خروجی محرک اصلی باید بر اساس نمودار میزان صدا انجام گیرد. صدا خفه کن هایی قابل استفاده‌اند که صدای خروجی را تا حدود ۸۰ dB (A) کاهش دهند. صدا خفه کن خروجی باید میزان صدا را بدون ایجاد یک فشار مضاعف روی صدا خفه کن کاهش دهد، ضمناً بر روی عملکرد و بازده محرک اصلی تأثیری نداشته باشد.

اغلب سیستم‌های CHP دارای یک مجرای فرعی^(۱) خروجی می‌باشند به طوری که محرک اصلی می‌تواند برای زمانهای کوتاه بدون بازیافت حرارتی کار کند. یک صدا خفه کن باید به گونه‌ای در مجرای فرعی قرار گیرد تا میزان صدا در خروجی مخزن، مجاز باشد.

۳-۲-۲- صدای محیطی

یک محدود کننده صوتی معمولاً در اطراف محرک اصلی CHP به منظور کاهش صدای محیطی نصب می‌شود. کارخانه CHP معمولاً در یک ساختمانی

می‌باشد که مخصوص صداگیری طراحی شده است. مدخل هواکش و مجاری خروجی آن برای حفاظ صوتی احتمالاً نیازمند صدا خفه‌کن‌های کوچک می‌باشند. سیستم CHP معمولاً دارای تعدادی تجهیزات جانبی مانند فن‌ها، پمپ‌ها و موتورهایست که احتمالاً تضعیف صدای آنها ضروری است. به ویژه سیستم‌های کمپرس هوا یا سوخت، نیاز به کاهش صوت یا محصور کردن صوت جهت حذف صدای تولیدیشان را دارند.

از آنجا که موتورهای پیستونی صدای بیشتری از توربین‌های گازی در فرکانس‌های پایین ایجاد می‌کنند، این مسأله در طراحی حفاظ صوتی آنها باید لحاظ شود. فونداسیون و پایه‌های موتور نیاز به کنترل ارتعاشات موتور دارند، به ویژه این مسأله برای ماشین‌های بزرگتر با سرعت کم، اهمیت بیشتری دارد. توربین‌های گازی نوسان زیادی ندارند، اما طراحی یک توربین با احتراق داخلی، کنترل صوتی نیاز دارد.

۳-۳- چشم‌انداز سازه‌ها و ساختمان‌ها

تجهیزات CHP به ساختمان‌هایی برای محرک اصلی، بویلر و وسایل جانبی مانند پمپ‌ها و کمپرسورها نیازمند می‌باشند. این ساختمانها معمولاً در کنار یک مکان صنعتی قرار می‌گیرند تا به سیستم‌های برق و گاز نزدیک باشند. ساختمان‌هایی که امکان چشم‌انداز عمومی آنها وجود دارد در طراحی باید تأثیر آنها بر روی منظره منطقه لحاظ گردد.

اصول طراحی مسئولین محلی ممکن است که در طراحی ساختمان محدودیت ایجاد نماید، همچنین درختکاری و یا محوطه سازی مورد نیاز نیز محدودیت ایجاد می‌نمایند. سازمانهای طراحی محلی ممکن است که قادر به مشاوره و یا طراحی محوطه باشند. مشاوره اولیه با مقامات محلی و سایر سازمانهای مشابه برای تشخیص راه‌حل ممکن در مورد مسائلی که ممکن است پروژه را به تأخیر بیاندازد، ضروری است.

۳-۴- تخلیه یا انهدام سیالات مایع

تولید سیال مایع در یک تأسیسات CHP مقدار زیادی نمی‌باشد، اما باید توجه داشت که در عین حال سیالات ذیل در صورتی که کنترل نشوند، می‌توانند باعث خسارات زیست محیطی شوند و باید در مرحله طراحی سیستم مورد توجه قرار گیرند.

- فاضلاب و آبهای تخلیه شده بویلر شامل ذرات جامد معلق و مقادیری مواد شیمیایی که برای بهبود آب بویلر استفاده می‌شوند، می‌باشند. در هنگام تعمیر و نگهداری و بازرسی بویلر نیز تمام آب بویلر باید خارج شود. سیال دستگاه تصفیه آب که از شستشوی دوره‌ای سیستم و تولید مجدد حاصل می‌شود.

- سیال خروجی از طریق تمیز کردن تأسیسات مانند سیستم‌های شوینده توربین
- سیال تولید شده توسط مراحل نصب و راه‌اندازی شامل شستشوی لوله‌ها و تمیز کردن مواد شیمیایی

تخلیه هر نوع سیال مایع در یک سیستم فاضلاب عمومی یا در محیط زیست نیاز به موافقت مسئولین مربوطه دارد. برای تصفیه این سیالات ممکن است چندین روش مورد نیاز باشد. برخی از مکانها یک سیستم تصفیه مناسب برای سیالات خروجی را دارند. در برخی موارد سیال باید در محل‌های خاصی نگهداری شود و توسط پیمانکاران متخصص منهدم گردد.

۳-۵- ذخیره و نگهداری مواد

در مراحل کار تأسیسات CHP و وسایل جانبی آن مواد خطرناک برای محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در هنگام طراحی و بهره‌برداری کارخانه باید تدابیری اندیشیده شود که از وقوع حادثه جلوگیری شود و این مسأله می‌رساند که باید از سیستم‌های آشکارساز و اعلان خطر استفاده گردد.

تعدادی استاندارد طراحی و مهندسی و روش عملی برای افزایش ایمنی و کاهش خطر زیست محیطی ناشی از نشت اسیدها و انتشار مواد مضر موجود می‌باشد. اطلاعات بیشتر در منابع بهره‌وری انرژی در مهندسی در ضمیمه (۲) فهرست شده‌اند.

۳-۵-۱- گاز طبیعی

جهت تحقق مشخصه‌های استاندارد و قوانین، نصب و طراحی لوله‌ها و اتصالات به نحو مناسبی باید انجام گیرد. سیستم باید پس از سرویس عادی خود، بدون سروصدا باشد. در مواقع خطر توصیه می‌شود از آشکار ساز نشت گاز استفاده شود و در این مواقع به طور خودکار گاز قطع شود.

۳-۵-۲- ذخیره و نگهداری مشتقات نفت و مواد شیمیایی

مواد مایع در یک تأسیسات CHP در حجم زیادی مصرف می‌شوند، بنابراین سوخت‌ها، مواد روغنی و مواد شیمیایی باید در مخازنی ذخیره شوند. تمام مخازن باید برای ممانعت از هر گونه نشتی ممکن با حفاظ‌های مناسب محافظت شوند. مناطقی که مصرف زیادی ندارند باید در آنجا مخازن قابل حمل مایعات، به گونه‌ای طراحی شوند که از هر گونه ریزش مواد در سطح کارخانه مصون باشند. تجهیزاتی مانند دستگاه تصفیه آب که ریزش آب دارند باید در مناطقی محدود و حفاظت شده نصب شوند. این مناطق باید قادر به ذخیره مواد مصرف شده در مخازن قابل حمل باشند و وسایل و دستورات عمل‌هایی برای جابجایی مطمئن آنها داشته باشند. حفر یک چاه برای جمع‌آوری مواد زاید تأسیسات CHP عاقلانه به نظر می‌رسد. به این طریق می‌توان مطمئن بود که تمام مایعات مضر به روش ایمنی دفع می‌شوند.

۳-۵-۳- جابجایی و ذخیره زغال سنگ

زغال سنگ باید به یک مکان ذخیره مطمئن و ایمن منتقل شود و با حداقل انتشار ذرات گرد و غبار و معلق، جابجا شود. برای از بین بردن مواد پخش شده در اثر جابجایی، نصب یک آبپاش ضروری است. آب دفع شده باید مجدداً جمع‌آوری و برای نیازهای مقتضی بازیافت شود. برای جلوگیری از تولید گاز متان زغال سنگ باید در یک مکان با تهویه هوای مناسب ذخیره شود.

۴- قوانین زیست محیطی مربوط به مواد آزاد شده از فرآیندهای احتراق

تلاش زیادی صورت گرفته تا اطلاعات مندرج در این راهنما دقیق باشند زیرا سازمان محیط زیست، اداره بهره‌وری انرژی و ETSU نمی‌توانند هیچگونه خطایی را پذیرا باشند. هرچند که ممکن است حذف یا عدم توضیح و ارائه اطلاعات در اثر سهل‌انگاری و سایر موارد باشد. خواننده باید به اسناد مربوطه جهت تحقق نیازهای عملی خود مراجعه نماید.

۴-۱- تاریخچه مختصری از قوانین انگلستان

قانون قلیایی^(۱) (بازها) سال ۱۹۰۶ اولین قدم برای وضع قوانین در مورد انتشار مواد آلاینده در هوا بود. اگر چه در مرحله اجراء محدود شد ولی به عنوان بهترین بیان قابل عمل^(۲) (BPM) جهت جلوگیری از رها شدن گازهای سمی یا نامطبوع در فرآیند صنعتی استفاده شد. این قانون به مفهوم قسمتی از ثبت اولیه کارها بر

1- Alkali
2- Best Practicable Means

روی کاغذ باقی ماند و در سال ۱۹۷۴ توسط قانون ایمنی و سلامت در کار مجدداً اجباری شد. قانون فوق همچنین نحوه اجرای قانون ایمنی و سلامت را با مختصری گسترش شامل کنترل انتشار مواد آلاینده از اماکن صنعتی ارائه کرد. در قانون بهداشت عمومی سال ۱۹۳۶ اصل «مجازات مزاحم»^(۳) برای کنترل «ذرات یا سیالاتی که مضر برای سلامتی یا مزاحم ساکنین محل می‌باشند» وضع گردید. این قانون همچنین به مسئولان محلی جهت وضع قوانینی برای کنترل خروجی و انتشار دود اختیاراتی می‌داد. قوانین متوالی هوای تمیز سالهای ۱۹۵۶ و ۱۹۶۸ انتشار دود را محدود کردند و اولین روش رسمی را برای تعیین حداقل ارتفاع دودکش‌های صنعتی مطابق با مقدار گوگرد خروجی آنها ارائه نمودند. در سال ۱۹۷۶ انجمن سلطنتی آلودگی‌های محیط زیست تأسیس شد و برای به حداقل رساندن خطر و تعادل محیط زیست، انتشار مواد آلاینده را محدود نمود. این اصول تحت عنوان بهترین انتخاب زیست‌محیطی قابل اجراء^(۱) (BPEO) وضع گردیدند انجمن همچنین قانون اختیارات محلی در کنترل آلاینده‌ها را نیز وضع نمود. در سال ۱۹۸۶ نیاز کنترل آلاینده‌های مجتمع^(۲) (IPC) تشخیص داده شد و به عنوان یک روش مؤثر پاسخ بهینه در مسائل آلاینده‌ها برای به حداقل رساندن منافع زیست‌محیطی شناخته شد.

۴-۲- EC در مورد انتشار مواد در هوا

- 1- Best Practicable Environmental option Control
- 2- Integrated Pollution

قوانین زیست محیطی مربوط به مواد آزاد شده از فرآیندهای احتراق

اتحادیه اروپا^(۳) (EC) به حفاظت محیط زیست به عنوان یک موضوع اساسی در سیاست‌هایش توجه می‌نماید.

3-The European Community
4- Frame Work

اتخاذ موضع EC جهت مبارزه با آلودگی هوا توسط کارخانجات صنعتی در سال ۱۹۸۴ وضع و منتشر گردید. این قانون به عنوان یک دستور کار مرجع^(۴) شناخته شد و موارد مهم را تعیین نمود و یک سیستم اعطای مجوز را معرفی نمود. به هر حال این قانون انتشار آلاینده‌های خاصی را محدود نکرد. قوانین کارخانجات با مصرف سوخت بالا در سال ۱۹۸۸ هر عضو را ملزم به اعمال یک برنامه جهت کاهش خروجی‌های NO_x و SO_2 می‌نمود. کارخانجات CHP و تأسیسات همراه توربین‌های گازی و موتورهای از این قوانین تبعیت می‌کردند. این قوانین هر عضو را ملزم می‌نمود تا یک برنامه به نحوی تنظیم نماید که کاهش مورد لزوم را توسط محدود نمودن انتشار مواد آلاینده در کارخانجات جدید و قدیم به اجرا درآورد. همچنین EC قوانینی در مورد کیفیت هوا ارائه کرد که غلظت NO_2 و SO_2 موجود در هوای محیط در سطح زمین را محدود می‌کرد.

۳-۴- قوانین انگلستان در مورد فرآیندهای احتراق

با توجه به رهنمود EC در کیفیت هوا، قوانین استاندارد کیفیت هوا در سال ۱۹۸۹ در انگلستان عنوان شد. این قوانین برای اینکه غلظت مواد آلاینده هواسوز از مقدار خاصی تجاوز نکنند، اختیاراتی به سازمان محیط زیست (DOE) می‌داد. حدود تعریف شده بوسیله این قوانین در روش‌های جدید برای تعیین ارتفاع مورد نیاز دودکش‌های صنعتی بکار گرفته شد و برای برخی از تجهیزات CHP نیز بکار رفت.

قانون حفاظت محیط زیست سال ۱۹۹۰ (EPA) اصلی‌ترین قانون کنترل انتشار مواد در هوا در انگلستان می‌باشد. این قانون بسیاری از اختیارات قبلی وضع شده در انگلستان را تحکیم نموده و روش‌هایی را جهت تکمیل قوانین EC مانند دستورالعمل کارخانه‌های با مصرف سوخت زیاد، ارائه نموده است. برای هر تعادل زیست محیطی، EPA ظرفیت پیش‌بینی شده‌ای^(۱) را برای مواد مضر تعریف کرده

است و برطبق آن تخلیه مواد مذکور در محیط جلوگیری، محدود و یا آزاد می‌شود. قانون همچنین اصل BATNEEC^(۱) (بهترین فنون قابل دسترس مستلزم هزینه بیش از حد نمی‌باشند) را به عنوان معیار تنظیم آزادسازی مواد پیش بینی شده به کار می‌گیرد.

در مرحله اول کنترل آلاینده‌ها تشویق می‌شوند و توسط دسته (۱) بهره‌برداری IPC تضمین می‌شود و آزادسازی مواد پیش‌بینی شده در هوا، خشکی و آب تنظیم می‌شوند. فرآیندهای تحت کنترل IPC به عنوان فرآیندهای دسته A شناخته می‌شوند. برای مقادیر بزرگتر (> ۵۰ مگاوات ورودی) در انگلستان و ویلز توسط هیأت بازرسان مواد و آلاینده ملکه^(۲) (HMIP) و در اسکاتلند توسط هیأت بازرسان آلاینده‌های صنعتی ملکه^(۳) (HMIPI) اعمال نظر می‌شود. در ایرلند شمالی آلاینده‌ها توسط سرویس محیط زیست DOE کنترل می‌شوند و EPA نظارتی ندارد.

CHP از گروه نیرو و سوخت فرآیندهای پیش بینی شده برای بخش فرآیندهای احتراق IPC تنظیم می‌شود. اهداف اصلی IPC به صورت زیر خلاصه می‌شوند:

① جهت اعمال ABTNEEC برای به حداقل رساندن انتشار مواد آلاینده و به منظور قطع زیانهای ناشی از انتشار آلودگی

② برای توجه به تخلیه آلودگی‌ها در خشکی، هوا و آب و به منظور به حداقل رساندن خسارت به محیط زیست به طوری که انجام BPEO تضمین شود.

③ برای نظارت و پذیرش اجباری تعهدات قانونی

طبق اختیارات قانونی فعلی، تجهیزات یک CHP بسته به اندازه کلی و موقعیت محلی آن ممکن است به IPC ربط داده شود. IPC توسط بحث و تجدیدنظر یک

2- Best Available Techniques Not Entailing Excessive Cost

¹ -Her Majesty's Inspectorate of Pollution

² - Her Majesty's Industrial Pollution Inspectorate

هیأت تحقیق بر روی عملکرد، هر چهار سال یکبار و یا هنگامی که یک تغییر ضروری در فرآیند لازم باشد، اعمال می‌شود. نیازمندی‌های اعمال روش عبارتند از :

نمایش تجهیزات و سیستم‌ها جهت رسیدن به موضوع IPC برای موادی که از فرآیند پیش‌بینی می‌شوند.

ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی آزادسازی موادی که ممکن است وجود داشته باشند ولی پیش‌بینی نمی‌شوند.

روش‌هایی برای نظارت بر تخلیه مواد پیش‌بینی شده تقاضا و مجوز کتبی در دفاتر عمومی ثبت می‌شوند.

HMIP جزوات راهنما برای فرآیندهای احتراق توربین‌های گازی، موتورهای احتراق تراکمی و بویلرها را منتشر می‌کند. این اسناد راهنمای خوبی در محدودیت فعلی و آینده غلظت مواد منتشره در ضمن کنترل گوگرد سوختها و نیازمندیهای نظارتی می‌باشند. هر گونه نیاز به مجوز توسط HMIP برآورده می‌شود، در فرآیندهای خاص ممکن است BATNEEC نیز مورد نیاز باشد.

خلاصه‌ای از محدودیت انتشار مواد در فرآیندهای CHP دسته A در جدول (۱۳) نشان داده شده‌اند و جزوات راهنما در ضمیمه (۲) فهرست شده‌اند.

قوانین زیست محیطی مربوط به مواد آزاد شده از فرآیندهای احتراق

جدول ۱۳) خلاصه محدودیت مواد منتشره از دسته A جزوات راهنما

	بویلرها	موتورهای دو طرفه	
NO _x			
۳۵۰ mg/m ^۳	۶۵۰ ^(۱) mg/m ^۳	گازسوز	۱۲۵ mg/m ^۳
۴۵۰ mg/m ^۳	۱۶۰۰۵ mg/m ^{(۲)۳}	نفت سوز	۱۶۵ mg/m ^۳
۶۵۰ mg/m ^۳		زغال سوز	
SO _۲			
۵ mg/m ^۳	ماکزیمم گوگرد در سوخت ۵۰۰ ppm در حجم	ماکزیمم گوگرد در سوخت ۷۰ mg/mj	گاز سوز
۱۷۰۰ mg/m ^۳	ماکزیمم گوگرد در نفت کوره ۲٪ در وزن	ماکزیمم گوگرد در نفت گاز ۳٪ در وزن	نفت سوز
۲۲۰۰ mg/m ^۳			زغال سوز

توجه: تمام محدودیت‌های ppm حجمی، خشک، در دمای K ۲۷۳^۰، فشار ۱۰۱۳ میلی‌بار با شرایط ۱۵٪ اکسیژن (O₂) برای توربین‌ها و موتورها و ۳٪ اکسیژن (O₂) برای بویلرهای نفت و گازسوز و ۶٪ برای بویلرهای زغال سوز می‌باشد.

محدودیت برای احتراق تکمیلی در یک بویلر بازیافت حرارتی توسط میانگین نیروی محرکه اولیه و محدودیت‌های NO_x بویلر نسبت به ورودی سوخت محاسبه می‌شوند.

محدودیت‌های هیدروکربن‌ها و CO روی موتورهای احتراق تراکمی اعمال می‌شوند.

محدودیت مواد معلق روی بویلرها اعمال می‌شود. کنترل آلودگی ثانویه اعمالی توسط گروه ۱ (دسته یک) EPA، وظایف ارزیابان محلی در تنظیم آلودگی هوای ناشی از فرآیندهای گروه B را توصیف می‌کند. منشی جلسه جزوات راهنما را برای فرآیندهایی که توسط سازمان حفاظت محیط زیست محلی کنترل می‌شوند، پخش می‌کند. محدودیت‌های انتشار مواد و

قوانین زیست محیطی مربوط به مواد آزاد شده از فرآیندهای احتراق

عوامل بهره‌برداری باید توسط ارزیابان محلی مورد توجه قرار گیرند، قبل از اینکه ارزیابی با مجوز بر روی آنها اعمال شود. بر طبق قانون جدید هوای تصفیه شده سال ۱۹۹۳، ارزیابان محلی همچنین باید ارتفاع دودکشها را برای فرآیندهای احتراق کوچکتر مورد ارزیابی قرار دهند و کنترل مزاحمت‌های قابل مجازات توسط دسته ۳ از EPA انجام می‌شود (تأسیسات ۵۰ MW - ۲۰).

خلاصه‌ای از محدودیت‌های خروجی که برای دسته B فرآیندهای CHP اعمال می‌شود در جدول (۱۴) آمده است و جزوات راهنما در ضمیمه (۲) فهرست شده‌اند.

جدول ۱۴- خلاصه محدودیت مواد منتشره از دسته B جزوات راهنما

بویلرها	موتورهای دو طرفه	توربین‌های گازی	
NO_x ^(۱)			
۲۰۰ mg/m ^۳	۶۶۰ Ppm ^(۲)	۶۰ ppm	گازسوز
۳۰۰-۶۰۰ mg/m ^۳	۶۶۰ Ppm	۹۰ ppm	نفت سوز
۵۰۰-۶۵۰ mg/m ^۳			زغال سوز
SO_2			
۳۵mg/m ^۳		حداکثر گوگرد در سوخت ۷۰mg/mj	گاز سوز
۳۰۰۰mg/m ^۳	حداکثر گوگرد در سوخت ۲٪ در وزن	حداکثر گوگرد در سوخت ۳٪ در وزن	نفت سوز
۳۰۰۰ ^(۳) mg/m ^۳			زغال سوز

توجه: تمام محدودیت‌های ppm حجمی، خشک، در دمای K ۲۷۳^o، فشار ۱۰۱۳ میلی‌بار با شرایط ۱۵٪ اکسیژن برای توربین‌ها و موتورها و ۳٪ اکسیژن برای بویلرهای نفت و گازسوز و ۶٪ برای بویلرهای زغال سوز می‌باشد.

- ۱- محدودیت NO_x برای توربین‌های گازی و موتورها بر اساس بازده خالص به ترتیب ۲۷/۵٪ و ۴۰٪ است. محدودیت اعمال شده منطبق با بازده محرکه اصلی فعال می‌باشد.
- ۲- در تاریخ ۹۶/۱۰/۱ به میزان ۵۰۰ ppm و در تاریخ ۹۹/۱۰/۱ به میزان ۳۶۰ ppm کاهش می‌یابد.
- ۳- برای زغال سنگ نامرغوب به میزان ۲۰۰۰mg/m^۳ کاهش می‌یابد.

- محدودیت برای احتراق تکمیلی در یک بویلر بازیافت حرارتی توسط میانگین نیروی محرکه اولیه و محدودیت‌های NO_x بویلر نسبت به ورودی سوخت محاسبه می‌شوند.
- محدودیت برای تأسیسات جدید معمولاً از تاریخ بهره‌برداری اعمال می‌شود، تاریخ اعمال محدودیتها بر روی کارخانه‌های موجود متغیر است.
- محدودیت مواد معلق برای بویلرها اعمال می‌شود.

۴-۴- کنترل آلودگی برای نصب تجهیزات CHP

در موارد منحصر بفرد که مطابق با نرخ ورودی انرژی کارخانه هیچ راهنمای خاصی برای تجهیزات CHP وجود ندارد، تأسیسات CHP مورد نظر به کنترل EPA ارجاع می‌شود.

تأسیسات CHP که گرما را از محرک اصلی بازیافت می‌کند، توسط نیازمندیهای محرک اصلی کنترل می‌شود. تأسیسات CHP که از طریق احتراق سوخت در بویلر کار می‌کند، ملزم به رعایت استانداردهای تأسیسات بویلر است، اگرچه بویلر از حرارت بازیافتی محرک اصلی نیز استفاده می‌کند. بنابراین طراحی و ظرفیت گرمای ورودی یک طرح CHP نیازهای زیست محیطی قانونی که باید تحقق یابد را معین می‌کند.

به منظور بیان محدوده اعمالی کنترل آلودگی در یک تأسیسات CHP دو پرسش و پاسخ ساده در مورد قابلیت‌های طراحی تأسیسات CHP مورد ملاحظه قرار می‌گیرند.

۱- آیا حداکثر توانایی احتراق سوخت در تمام محرکهای اصلی یا همه بویلرهایی که تأسیسات CHP را تشکیل می‌دهند از ۵۰ مگاوات تجاوز می‌کند (بر مبنای مقدار گرم کننده خالص)؟

اگر بله، نصب توسط IPC انجام می‌شود و ارزیابی HMIP برای فرآیند دسته A لازم است. اگر خیر، به سؤال بعد باید مراجعه شود.

۲- آیا مورد منحصر به فردی از تجهیزات تأسیسات CHP قابلیت احتراق سوخت در یک نرخ افزون بر ۲۰ مگاوات دارد (بر مبنای مقدار گرم کننده خالص)؟ اگر بله، این مورد به ارزیابی محلی کنترل آلودگی هوا به عنوان فرآیند دسته B نیاز دارد. اگر خیر، به نکته بعدی باید رجوع شود.

۳- اگر هیچ ارزیابی EPA مورد نیاز نباشد، ارتفاع دودکش باید توسط مسئولین محلی با توجه به قانون هوای تمیز (تصفیه شده) در سال ۱۹۹۳ محاسبه شود. بعد از تصمیم‌گیری در مورد اعمال کنترل آلودگی برای کارخانه از مسئولین محلی مشورت بخواهید و از جزوات و دفاتر راهنما استفاده کنید تا نحوه تطابق با قوانین زیست محیطی معلوم شود. مسئول محلی یا HMIP می‌تواند به هر پرسشگری پاسخگو باشد. لیستی از آدرس‌های تماس در ضمیمه شماره (۶) آورده شده است.

محرك‌های اصلی CHP و بویلرها می‌توانند با استفاده از فن‌آوری‌های پیشرفته و بدون سرمایه اضافی و هزینه‌های بهره‌برداری برای ارضاء محدودیت‌های خروجی طراحی و بهره‌برداری شوند. ارزیابی‌های با قاعده و مرتب به CHP غیراقتصادی یا غیرقابل دسترس منتهی نمی‌شود و کاهش خروجی CHP باید به عنوان یک عامل مهم در برآورد کنترل خروجی‌ها مورد توجه قرار گیرد.

۴-۵- قوانین آینده محیط زیست در مورد CHP

انتظار می‌رود موضوعات EPA برای آینده نزدیک، همین موارد فوق باشند. اما ممکن است یک آژانس حفاظت محیط زیست جدید با قوانین فنی متفاوت شکل بگیرد. کنترل آلودگی اجباری شود و روش‌های آزمایش در فواصل زمانی متناوب تکرار شوند. DOE خاطر نشان کرده است که تمام جزوات راهنما هر چهارسال یکبار یا کمتر بازنگری شوند. این بازنگری‌ها نیاز دارند که هر قانون جدیدی که با توسعه فنون زیر نظر BATNEEC به وجود می‌آید را زیر پوشش قرار دهند.

نمونه‌ای از این عملکرد طرح مشورتی اخیر جهت بازنگری جزوات راهنما برای توربین‌های گازی است. این طرح به منظور کاهش میزان خروجی NO_x برای برخی از توربین‌های گازی است که از آخرین فن‌آوریها بهره می‌جوید. به هر حال مرور جزوات راهنما هنگامیکه محققان به نتایج جدید می‌رسند صرفاً منجر به قوانین سخت‌تر نمی‌شوند. تشخیص BATNEEC نباید با هزینه‌های گزاف به مصرف‌کنندگان CHP تحمیل شود.

تصمیمات زیست محیطی انجمن اتحادیه اروپا به نظر می‌رسد که اعمال فشار دیگری بر روی قوانین زیست محیطی است. یک مشاوره ابتدایی به عنوان طرحی مقدماتی بر روی خروجی‌های توربین‌های گازی تقریباً منجر به محدودیت‌های خروجی اعمال شده به توربین‌های گازی می‌شود که عموماً کمتر از مفاد جزوات راهنمای انگلستان می‌باشد. همچنین باید توجه داشت که خط مشی کنترل خروجی‌های بویلرهای تجاری و صنعتی کوچکتر الزاماً جایگزین کارخانه احتراق بالا نمی‌باشد.

۵ - طراحی مهندسی برای کمیته کردن خروجی‌ها

۵-۱- محدود کردن تولید NO_x

روش‌ها و سیستم‌هایی برای محدود کردن تولید NO_x در سیستم‌های احتراقی در دسترس می‌باشند. روش اصلی برای کم کردن تولید NO_x در یک فرآیند احتراق، کاهش حرارت میانگین ناحیه احتراق است.

۵-۱-۱- توربین‌های گازی

تزریق آب یا بخار به اتاقک احتراق توربین باعث کاهش میانگین دمای احتراق و تولید NO_x می‌شود (شکل ۵ را مشاهده نمایید). این تزریق باید ۵۰ تا ۱۰۰ درصد نرخ ورودی سوخت باشد. این عمل خروجی توربین را اندکی افزایش می‌دهد و بهره سیستم CHP را خیلی جزئی کاهش می‌دهد.

شکل ۵- انتشار NO_x و CO از توربین‌های گازی با تزریق آب

به منظور احتراز از آسیب رسیدن به توربین باید آب یا بخار با خلوص بالا تزریق شود. با این وجود تزریق منجر به کاهش عمر برخی از اجزای توربین می‌شود و برای توربین و سیستم‌های همراه هزینه اجرایی در بردارد. سیستم‌های گاز و گازوئیل سوز می‌توانند از تزریق استفاده کنند و عملاً تمام توربین‌های گازی با تزریق آب یا بخار به کار می‌روند. همانطور که میزان آب یا بخار افزایش می‌یابد، میزان CO در خروجی به واسطه افت جزئی شعله افزایش می‌یابد (شکل ۵ را مشاهده نمایید).

وسایل مورد نیاز برای تجهیز و تزریق آب یا بخار به یک توربین گازی هزینه سرمایه‌گذاری یک طرح CHP توربین گازی را حدود ۲ تا ۳ درصد افزایش می‌دهد. هزینه‌های بهره‌برداری نوعاً کمتر از ۱٪ افزایش می‌یابند. مشعل‌های NO_x - کم^(۱) برای اکثر توربین‌های گازی بزرگ توسعه یافته‌اند و اکنون برای برخی از توربین‌های کوچکتر نیز در دسترس می‌باشند. مشعل‌ها به نحوی طراحی شده‌اند که جهت کاهش خروجی NO_x با حرارت شعله کمتر کار کنند. در حال حاضر این مشعل‌ها می‌توانند تنها سوخته‌های گازی را در حالت NO_x - کم مصرف کنند و برخی از آنها به طور کلی قابلیت کار با گازوئیل را ندارند. مشعل‌های NO_x - کم در تأسیسات CHP انگلستان برای اکثر توربین‌های کوچکتر در دسترس نمی‌باشند و استفاده از آنها به دلیل نیاز به قابلیت کار با دو نوع سوخت به واسطه قیمت بالای گاز محدود می‌شود. تحقیقات اخیر به منظور الحاق کاتالیزورهایی به سیستم‌های احتراق توربین صورت گرفته است. به مرحله عمل در آمدن این تحقیقات منوط به تحقق‌پذیری، دوام و به صرف بودن کنترل کاتالیزوری خروجی NO_x در توربین‌های گازی است. تمام توربین‌های گازی می‌توانند با محدودیت‌های رایج و لازم خروجی، جهت رعایت قوانین کنترل آلاینده‌ها نصب و بهره‌برداری شوند.

۵-۱-۲- موتوره‌های احتراق تراکمی

روش معمول مورد استفاده جهت کاهش خروجی‌های NO_x از این موتورها تطبیق طراحی و بهره‌برداری آنها می‌باشد. یک موتور می‌تواند در حالت ماکزیمم توان خروجی، ماکزیمم بهره انرژی با مینیمم خروجی NO_x بهره‌برداری شود. تمام حالت‌های مذکور مطابق با عواملی از قبیل سوپاپ و زمان تزریق، میزان تراکم، فشار سیلندر و برودت داخلی تغییر می‌کنند. یک موتور در حالت مینیمم خروجی NO_x در ماکزیمم بازده خود بهره‌برداری نمی‌شود زیرا باعث افزایش اندکی CO₂ در

خروجی موتور می‌شود. روش دیگر برای کاهش NO_x در خروجی موتورهای CI استفاده از مقدار نسبتاً زیاد هوای اضافی در محفظه احتراق است که دمای میانگین احتراق را کمتر می‌کند.

چند روش کنترل جهت کاهش خروجی NO_x به صورت تحقیقی انجام شده است اگر چه هیچکدام از این روشها در بهره‌برداری دراز مدت قابل اجراء و یا اقتصادی نمی‌باشند. این روشها عبارتند از :

امولسیون آب در سوخته‌های مایع

اسپری آب در مدخل هوای احتراق

به جریان انداختن اندکی از گازهای سرد شده خروجی در هوای احتراق در حال حاضر اکثر طرحهای CHP شامل موتورهای CI به آستانه کنترل آلودگی تحت شرایط IPC رسیده‌اند. ضمیمه (۷) شامل اطلاعاتی در مورد روش‌های کاهش خروجی‌های موتورهای گازی احتراقی جرقه‌ای می‌باشد.

۵-۱-۳- بویلرها

پیشرفت‌های اخیر در طراحی مشعل‌ها کنترل احتراق دقیق‌تری را جهت کاهش میانگین دما و میزان خروجی NO_x داده است. برای تأسیسات CHP، مشعل‌های احتراق تکمیلی (به راهنمای فنی بهره‌وری شماره ۴۳ مراجعه شود) مزیت اکسیژن کمتر در ناحیه احتراق و بازده بالاتر احتراق را دارند و این مسأله منجر به خروجی NO_x کمتر در واحد انرژی قابل دسترس می‌شود. یک تأسیسات CHP با احتراق تکمیلی می‌تواند با طراحی و بهره‌برداری صحیح محدودیتهای خروجی مورد نیاز را در تمام شرایط بهره‌برداری برآورده سازد.

۵-۲- بهبود گازهای خروجی دودکش

در سال‌های اخیر روشهای زیادی برای بهبود گازهای خروجی به منظور کاهش غلظت خروجی‌های تولیدی خاص در فرآیندهای احتراق مطرح شده‌اند. تمام این

روش‌ها قبل از اینکه به طور وسیع در دسترس قرار گیرند در عمل به کار رفته‌اند، اما عموماً هزینه‌های بهره‌برداری تأسیسات CHP را افزایش و با توجه به مصرف انرژی اضافی بازده را کاهش می‌دهند. تولید مواد اضافی^(۱) نیز انرژی بر می‌باشد. این روش‌ها عموماً تنها در جایی بکار می‌روند که رعایت قوانین ویژه الزامی و یا کیفیت هوا مد نظر باشد و کاربرد آنها در انگلستان هنوز از رشد چندانی برخوردار نیست.

۵-۲-۱- کاهش کاتالیزوری حساس^(۲) (SCR)

SCR یک روش پیشرفته برای کاهش NO_x در گازهای خروجی به میزان بالای ۹۰٪ می‌باشد. این فرآیند به طور وسیعی در آمریکا و ژاپن بکار می‌رود اما هنوز در تأسیسات CHP یا تولید توان انگلستان اعمال نشده است. این روش به صورت مخلوط کردن آمونیاک (NH_3) با بخار خروجی و عبور مخلوط از یک کاتالیزور است. در این صورت NO_x و NH_3 تبدیل به نیتروژن و آب می‌شوند. کاهش کاتالیزوری در دمای حدود 300°C تا 400°C انجام می‌شود. برای یک سیستم CHP این مسأله ضرررسان است چرا که اگر دمای خروجی محرک‌های اصلی زیاد باشد، طراحی سیستم پیچیده تری مورد نیاز می‌باشد. کنترل سیستم SCR باید بعد از فرآیند تبدیل، آمونیاک باقیمانده در خروجی را به حداقل برساند، به ویژه در خروجی که سوخت آن شامل گوگرد می‌باشد. در حال حاضر، کاربرد SCR در تجهیزات CHP تنها در موارد خاص مثل مناطقی با سابقه NO_x زیاد به تجربه گذاشته شده است. هزینه کلی نصب و بهره‌برداری SCR برای اکثر تجهیزات CHP در انگلستان عامل محدودکننده استفاده از آن می‌باشد.

۵-۲-۲- کاهش غیر کاتالیزوری

-
- 1- feedstock
 - 2- Selective Catalytic Reduction

کاهش غیرکاتالیزوری در برخی از کارخانه‌های دارای بویلر میزان NO_x خروجی را بیشتر از ۷۰٪ کاهش می‌دهد. آمونیاک یا اوره در ناحیه احتراق افزوده می‌شود تا NO_x را به نیتروژن و آب تبدیل کند. اما این روش در عمل دارای مشکلاتی است. به عنوان مثال دمایی در حدود 900°C تا 1000°C در ناحیه احتراق نیاز دارد تا عمل تبدیل موفقیت آمیز باشد. در شرایط طبیعی بهره‌برداری دما در ناحیه احتراق اکثر بویلرها، خارج از این محدوده تغییر می‌کند.

۵-۲-۳- گوگردزدایی^(۱) گاز دودکش (FGD)

روش‌های پیشرفته متعددی برای حذف SO_2 از گازهای خروجی در کشورهای مختلف جهان به کار می‌رود. FGD قبلاً در تعدادی از نیروگاههای بزرگ زغال‌سوز در انگلستان نصب و بهره‌برداری شده است تا قسمتی از برنامه بهبود گاز دودکش تحت عنوان قانون EC در مورد کارخانه‌های با احتراق بالا را برآورده سازد. روش مرطوب شامل یک ناحیه جذب است که در آن مخلوطی از آب و سنگ آهک (CaCO_3) در گازهای خروجی پاشیده می‌شود. یک سری واکنش‌های شیمیایی صورت می‌گیرد و سنگ آهک نهایتاً SO_2 را از محیط جذب می‌کند. سپس این مخلوط از یک ناحیه اکسیداسیون عبور داده می‌شود و گچ ($\text{CaCO}_3, 2\text{H}_2\text{O}$) به عنوان یک محصول جانبی تولید می‌شود. این گچ می‌تواند در صنعت ساختمان به عنوان جایگزینی برای مواد مشابه معدنی یا استخراجی به کار رود. به هر حال برای مصرف گچ محدودیت وجود دارد و ممکن است که این گچ به عنوان یک ماده بیهوده دور ریخته شود. بازده حذف SO_2 می‌تواند بالاتر از ۹۰٪ برسد. استفاده از FGD مرطوب برای کاهش مقدار زیاد SO_2 معمولاً برای کاربردهای با مقیاس بزرگ شیوه عملی و اقتصادی است (نیروگاههای مرکزی). سیستم‌های جذب خشک گوگردزدا با تزریق پودر سنگ آهک یا آهک هیدراته، به چند نوع فرآیند احتراق در انگلستان محدود می‌شوند. این روش می

تواند کاهش قابل توجهی در SO_2 با استفاده از فیلترهای کیسه ای جهت جمع آوری گچ جامد اتلافی در سیستم‌های خروجی بدهد. سیستم‌های مشابهی با استفاده از پودر بی کربنات سدیم ساخته شده اند. سیستم‌های جذب خشک یکی از روش های ارزان برای کاهش گوگرد خروجی در کارخانجات CHP صنعتی می باشند و بازده حذف آنها به بالاتر از ۷۵٪ می رسد. با این وجود ، هزینه نصب و بهره برداری تأثیر مهمی روی تداوم بهره برداری دارد. در بسیاری از موارد استفاده از سوخت‌هایی با میزان گوگرد پایین تر ترجیح داده می‌شود.

۶- راه آینده

رقابت فزاینده‌ای برای رشد CHP هم در زمینه‌های اقتصادی و هم زیست محیطی موجود است و شرایط پایدارتری برای تحقیق در زمینه بهره‌وری انرژی وجود دارد. بنابراین ارزیابی و دوام CHP (همانطوری که در راهنمای فنی بهره‌وری شماره ۴۳ تشریح شده است) باید شامل برآورد کمی کاهش خروجی‌هایی باشد که CHP می‌تواند انجام دهد. رشد قوانین زیست محیطی استفاده مؤثرتر از سوختها و انرژی‌های اولیه را تشویق کرده و نیز جایگزینی تجهیزات فرسوده و روش‌های قدیمی را توصیه می‌کند.

در ارزیابی دوام یک طرح CHP، روش ارزیابی محلی و سازمان محیط زیست خیلی زود مشخصه پتانسیل حساسیت زیست محیطی طرح را به ما می‌دهد. به

علاوه دورنمای ضروری طرح جهت تحقق اهداف کیفیت هوا و سایر ملزومات زیست محیطی می‌تواند ارزیابی و تعیین شود. این مرحله می‌تواند شامل وضعیت مقدماتی طرح باشد و معرف وسعت طرح و تعیین اثرات زیست محیطی آن باشد. این خلاصه وضعیت را می‌توان به موقع جهت مشاوره با گروه‌های علاقمند محلی منتشر نمود. ابتدا اندازه و نوع طرح مشخص می‌شود و در صورت لزوم مهم است که پیشنهاداتی جهت ارزیابی منظم ارائه شوند. این مسأله می‌تواند تنظیم بهره‌برداری طرح CHP را توسط مسئول کنترل مواد آلاینده تأیید نماید و راهنمایی لازم در مورد شرایط عملکرد زیست محیطی که باید اعمال شود را به ما می‌دهد.

توجه :

- اگر طرح CHP ورودی سوخت 50 MW یا بیشتر دارد با HMIP تماس بگیرید.
- اگر طرح CHP ورودی سوخت 20 MW - 50 MW دارد با واحد سنجش محلی آلاینده‌ها تماس بگیرید.
- اگر طرح CHP ورودی سوخت پایین‌تر از 20 MW دارد به قوانین هوای تمیز سال ۱۹۹۳ رجوع کنید و با مسئولین محلی تماسی بگیرید.

ضمیمه ۱

جدول داده‌ها و فرمول‌های تبدیل
وزن مولکولی و اتمی در رابطه با فرآیندهای احتراق

۱۲	C	کربن
۲۸	N _۲	نیتروژن
۲۸	CO	مونو اکسید کربن
	O _۲	اکسیژن
		۳۲
۳۲	S	گوگرد
۴۴	CO _۲	دی اکسید کربن
۴۶	NO _۲	دی اکسید نیتروژن
...

فرمول تبدیل برای غلظت خروجی‌ها
خروجی‌ها در واحدهای مختلف به صورت زیر تعریف شده‌اند :

ppm

جزء بر میلیون حجم خروجی

mg/m^۳

میلی‌گرم خروجی بر متر مکعب

واحدهای فوق با توجه به شرایط مبنا در نظر گرفته می‌شوند که معمولاً صفر درجه سانتیگراد، دمای هوای خشک و ۱۰۱۳ میلی‌بار فشار می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری معمولاً با یک مقدار معین درصد اکسیژن نرمالیزه می‌شود تا هنگام خواندن قابل مقایسه باشد.

$Mg/MJ(g/GJ)$ میلی‌گرم بر واحد ورودی حرارتی مفید فرآیند احتراق این واحد اندازه‌گیری مستقل از دما، فشار و سایر شرایط محیطی است. تبدیل این واحدها را می‌توان با استفاده از فرمول‌های زیر و وزن مولکولی (MW) خروجی‌های اندازه‌گیری شده انجام داد.

(الف)

$$mg / m^3 = \frac{ppm \times MW}{22/4}$$

(ب)

$$ppm = \frac{(20/9 - x) \times (\text{در } y \text{ درصد اکسیژن})}{(20/9 - y)}$$

(ج) تنها برای NO_x (NO_2):

$$ppm = \frac{a}{21-x} mg / MJ$$

که در آن:

$a = 11/1$ برای سوخت زغال سنگ یا نفت

$a = 10/3$ برای سوخت گاز طبیعی

ضمیمه ۲

فهرست کتابنامه‌ها و اسناد مربوطه

راهنمای سربازرسان HMIP برای بازرسان :
جزوه راهنمای فرآیند IPR1/1 ، فرآیندهای احتراق : بویلرهای بزرگ و
کوره های ۵۰MWt و بالاتر
جزوه راهنمای فرآیند IPR1/2 ، فرآیندهای احتراق : توربین های گازی
جزوه راهنمای فرآیند IPR1/3 ، موتورهای احتراق تراکمی ۵۰MWt و بالاتر

جزوات راهنمای مسئولان ایالتی :

PG1/4 (91) توربین‌های گازی، نرخ خالص ورودی حرارتی ۲۰-۵۰MW

PG1/3 (91) بویلرها و کوره‌ها، نرخ خالص ورودی حرارتی ۲۰-۵۰MW

PG1/5 (91) موتورهای احتراق تراکمی، نرخ خالص ورودی حرارتی ۲۰-۵۰MW

جزوه راهنمای فنی HMIP (پراکنده) DI، خط مشی راهنما برای تخلیه
توده‌های زیاد مواد آلاینده خروجی.

بلندی دودکش‌ها، چاپ سوم، گزارش قانونی هوای تمیز، سال ۱۹۵۶
برآورد اکسیدهای نیتروژن، منو اکسید کربن و خروجی‌های هیدروکربن بویلرهای
صنعتی و تجاری در اسکاتلند، WSL گزارش LR 524.

راهنمای فنی بهره‌وری شماره ۴۳ ، «مقدمه‌ای بر سیستم‌های ترکیبی بزرگ
حرارت و قدرت».

راهنمای فنی بهره‌وری شماره ۱۱۵ ، «یک راهنمای زیست محیطی برای
سیستم‌های ترکیبی بزرگ حرارت و قدرت».

ضمیمه ۳

منابع اطلاعات بیشتر

اداره تحقیق و بهره‌وری انرژی

ETSU
Harwell
Oxfordshire
OX110RA
Tel : 01235 436747/432735

انجمن سیستم‌های ترکیبی حرارت و قدرت

Third Floor, Grosvenor Gardens House
35/37 Grosvenor Gardens
London
SW1W 0BS
Tel : 0171 828 4077

سازمان کارمندان عالی رتبه بهداشت محیط زیست

Chadwick House
Rushworth Street
London
SE10QT
Tel : 0171 928 6006

فن آوری AEA

مرکز فن آوری زیست محیطی ملی

Culham
Abingdon
Oxon
OX14 3DB
Tel : 01235 463040

ضمیمه ۴

جداول تبدیل انرژی

واحدهای SI

واحد انرژی در SI (سیستم بین‌المللی) ژول می‌باشد. مقادیر بزرگتر به صورت ضرایب توسط پیشوندهای زیر بیان می‌شوند.

نماد	پیشوند	ضریب
K	کیلو	10^3
M	مگا	10^6
G	گیگا	10^9
T	ترا	10^{12}
P	پتا	10^{15}
E	اکزا	10^{18}

ضرایب تبدیل برای واحدهای انرژی

Therm	KWh	Joule	Btu	
10×10^{-6}	0.2931×10^{-3}	1.055×10^{-3}	۱	Btu
$9/48 \times 10^{-9}$	0.2778×10^{-6}	۱	0.948×10^{-3}	Joule
$34/12 \times 10^{-3}$	۱	$3/6 \times 10^6$	$3/412 \times 10^{-3}$	KWh
۱	۲۹/۳۱	1.055×10^6	100×10^3	Therm

مبنای گرمای تولیدی بر اساس مقادیر انرژی سوخت ها

مبنای گرمای تولیدی *	
گالن/ MJ ۱۸۵	سوخت نفت
لیتر/ MJ ۴۰/۸	
کیلوگرم/ MJ ۴۳/۳	
تن/ FJ ۴۳/۳	
MJ/kWh ۳/۶	برق
MJ/Nm ^۳ ۳۸/۶	گاز طبیعی
MJ/gallon ۱۷۷	(سوخت موتور دیزل) نفت گاز
MJ/gallon ۱۸۹	سایر سوختهای مایع
GJ/tonne ۲۶/۵	معادل تن زغال سنگ **

* مقدار انرژی حرارتی تولید شده ، انرژی یک سوخت است که در نقطه مصرف قابل تهیه است. سوخت اولیه شامل تلفاتی در تصفیه سوخت یا تبدیل آن به شکل مشابه و تلفاتی در توزیع می باشد.

** معادل تن زغال سنگ واحدی است که برای مقاصد آماری در انگلستان به صورت ۲۵۰ ترم (در سال ۱۹۷۸) تعریف شده که با سایر تبدیلات بین المللی متفاوت است.

سایر ضرایب تبدیل

تن ۱ = ۱/۰۱۶ tonne

کیلوگرم ۱ = ۰/۴۵۳۶ پوند

لیتر ۱ = ۴/۵۴۶ گالن

ضمیمه ۵

خروجی‌های نیروگاه‌های مرکزی مولد قدرت

حالت ۵	حالت ۴	حالت ۳	حالت ۲	حالت ۱	
میانگین تولید انگلستان (تمام منابع)	میانگین تولید انگلستان (سوخت زغال سنگ)	توربین گازی سیکل ترکیبی توربین گازسوز	زغال سنگ سوز (NO _x کم)	زغال سنگ سوز	
مقدار خروجی بر واحد قدرت تولید شده					
۶۸۴	۹۹۰	۴۵۰	۹۹۰	۹۹۰	CO _۲
۱/۷	۲/۷	۰/۴ (احتراق NO _x کم و خشک)	۱/۲	۲/۷	NO _x
۹	۱۵	ناچیز	۱۵ (۱/۱ برای FGD)	۱۵	SO _۲

توجه: تمام داده‌ها بر حسب گرم خروجی بر kWh قدرت الکتریکی تولیدی است. داده‌ها شامل یک کاهش برای تلفات در سیستم توزیع می‌باشند.

ضمیمه ۶

مشاوره در مورد کنترل آلودگی

سنجش آلودگی سازمان وابسته به ملکه
سازمان محیط زیست

Romney House
43 Marsham street
London
Sw1 P3PY
Tel : 0171 276 0900

سنجش آلودگی سازمان وابسته به ملکه، منطقه شرقی

Hawars House
40 – 60 St John's street
Bedford
MK 42 0DL
Tel : 01234 272112

سنجش آلودگی سازمان وابسته به ملکه، منطقه غربی

Highwood Pavilion
Jupiter Road
Patchway
Bristol
BS12 5SN
Tel : 0117 979 4653

سنجش آلودگی سازمان وابسته به ملکه، منطقه شمالی

Stockdale House
Headingley Business Park

Victoria Road
Headingley
Leeds
LS6 1PE
Tel : 0113278 6636

بخش کیفیت هوا، واحد ارزیابی محلی سازمان محیط زیست

Wrens Court
Lower Queen Street
Sutton Coldfield
Tel : 0121 362 1077

ارزیابی آلودگی صنعتی سازمان وابسته به ملکه اداره اسکاتلند سازمان محیط
زیست

27 Perth street
Edinburgh
EH3 5RB
Tel : 0131 244 3062

سرویس محیط زیست سازمان محیط زیست ، ایرلند شمالی

Calvert House
23 Castle Place
Belfast
BT1 1FY
Tel : 01232 230560

ضمیمه ۷

پیشرفتهای جدید موتور گازی برای کمینه کردن خروجی‌ها

در یک موتور گازی، مقادیر CO , NO_x و هیدروکربن‌های سوخته نشده (UHC) در خروجی موتور تحت تأثیر میزان هوای مخلوط شده با سوخت در موتور می‌باشند. گاز طبیعی برای سوختن یک جزء گاز به ۱۷ جزء هوا نیاز دارد. شکل (۶) تغییر گازهای خروجی موتور بر حسب تغییر هوای مخلوط شده با سوخت را نشان می‌دهد.

شکل ۶ - تغییرات گازهای خروجی بر حسب هوای مخلوط در سوخت

اگر برای احتراق سوخت، هوا به اندازه کافی وجود داشته باشد به آن احتراق Stoichiometri گفته می‌شود و در خروجی موتور اکسیژن اضافی باقی نمی‌ماند. در این حالت یک مبدل ویژه کاتالیزوری را می‌توان در خروجی سیستم اضافه نمود که به عنوان کاتالیزور سه حالته^(۱) شناخته می‌شود، زیرا NO_x ، CO و UHC را به آب، CO_2 و نیتروژن تبدیل می‌کند و خروجی را خیلی تمیز و غیر مضر می‌کند.

نوع پیشرفته دیگری که اخیراً استفاده می‌شود، موتور کم سوز^(۲) است که با هوای زیادی در حدود ۵۰٪ هوای اضافی کار می‌کند. این موتورها مقدار کمی NO_x تولید می‌کنند، اما خروجی‌های سوخت خام آنها بیشتر هستند و از یک کاتالیزور اکسیداسیون برای تبدیل سوخت خام به CO_2 و آب استفاده می‌شود.

؛

ه علت آنکه این نوع موتورها در برقراری محیط تمیزتر و خروجی کمتر، موفق عمل کنند، جدیداً مبدل‌های کاتالیزوری ساخته شده‌اند که قابل اطمینان، قوی و پروام هستند. مقایسه‌ای بین انواع موتورها در جدول زیر آمده است.

موتور کم سوز	موتور Stoichiometric
استفاده از تجهیزات استاندارد مخلوط هوا و سوخت،	برای کنترل دقیق هوا و سوخت به یک مبدل کاتالیزور

- 1- 3 Way catalyst
- 2- Lean burn engine

ضمائم

سه حالته نیاز دارد.	نرخ پایدار هوا و سوخت را می‌دهد.
برای موتور با سایز مشابه، خروجی الکتریکی بیشتری را می‌دهد.	بازده حرارتی بالاتر، خروجی CO ₂ کمتری را می‌دهد.
دمای بالاتر باعث فرسودگی بیشتر و هزینه تعمیر بالاتر می‌شود.	دمای پایین‌تر سیلندر عمر تجهیزات را بالا می‌برد و هزینه تعمیر و نگهداری را کم می‌کند.
به واسطه نرخ بالاتر نیتراسیون، فساد نفت افزایش می‌یابد.	عمر شمع برق و سوخت بالاتر می‌رود.
اگر کاتالیزور استفاده نشود، خروجی NO _x بالا می‌رود.	اگر کاتالیزور استفاده نشود، خروجی سوخت خام بالا می‌رود.