

## بررسی و مقایسه غلظت آلاینده‌های خروجی نیروگاه تولید برق در مقاطع زمانی استفاده از سوخت گاز و مازوت

حدیث زارعی<sup>۱</sup> ، رضا میرزایی<sup>۲</sup> ، میترا طلایی<sup>۳</sup>

۱- \* کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری مهندسی ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، اراک، ایران

۳- دکتری آلودگی محیط زیست، دانشگاه آزاد همدان، همدان، ایران

\* ایمیل نویسنده مسئول : zrei.hds@gmail.com

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۷/۲۲

### چکیده

با تسریع روند صنعتی شدن، انرژی ضروری‌ترین عامل توسعه در جوامع شده‌است. نیروگاه‌های تولید کننده برق در این توسعه نقش کلیدی داشته‌اند. آلودگی هوای ناشی از نیروگاه‌ها عمدتاً شامل انتشار اکسیدکربن، اکسیدگوگرد، اکسیدهای نیتروژن است. در این مقاله میزان انتشار گازهای مذکور در مقاطع زمانی استفاده از سوخت مازوت و گاز طی ده سال بررسی و مقایسه شده است. غلظت گاز CO هر دو حالت پایین‌تر از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران بود و غلظت NOx در هر دو مقطع بالاتر از حد استاندارد و غلظت SOx در مقطع استفاده از سوخت مازوت تفاوت چشم‌گیری نسبت به استفاده از سوخت گاز داشت. گرچه استفاده از گاز برای تولید برق مشکلات مربوطه به زائدهات در صنعت برق و نیروگاه‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان انرژی‌های جایگزین سوخت‌های فسیلی می‌تواند آینده روشنی را در راستای محیط زیست پاک به ارمغان داشته باشد.

### کلمات کلیدی

"نیروگاه تولید برق"، "آلودگی هوا"، "سوخت فسیلی" و "انرژی تجدیدپذیر"

## Investigating and comparing the concentration of pollutants in power plants when using gas and mazut fuel

Hadis Zareie<sup>1</sup>\*, Reza Mirzaei<sup>2</sup>, Mitra Talaie<sup>3</sup>

1.\* Master of Chemical Engineering, University of chemistry and chemical engineering of IRAN, Teharn, Iran

2.PHD student of Genetic engineering of plant breeding, IslamicAzad University Arak, Arak, Iran

3.PHD of Environmental Pollution, IslamicAzad University Hamedan, Hamedan, Iran

\*Email Address: zrei.hds@gmail.com

### Abstract

Accelerating the process of industrialization has increased energy consumption as the most essential factor of development in societies. Powerplants have a main role in this development. Air pollution from powerplants mainly includes the release of carbon monoxide, sulfur oxides, nitrogen oxides. In this paper, the amount of emissions mentioned in the periods of using gas and mazut fuel during ten years has been studied. CO concentration in both cases was lower than the standard of the Environmental Protection Agency of Iran, NOx concentration in both sections is higher than standard level. The concentration of SOx during the use of mazut fuel was significantly different from the use of gas fuel. Although the use of gas to generate electricity significantly reduces waste-related problems in the electricity industry and power plants, the use of renewable energy as an alternative to fossil fuels could bring a brighter future to a cleaner environment.

### Keywords

"Power plant", "air pollution", "Fossil Fuels"& "renewable energy"

## ۱- مقدمه

هسته ای و استفاده از انرژیهای تجدید شونده است. تولید برق با استفاده از سوختهای فسیلی ممکن است با یکی از انواع نیروگاههای دیزلی، توربینهای گازی، حرارتی بخار، چرخه‌های ترکیبی و با استفاده از سوخت‌های گاز، نفت کوره یا زغال سنگ انجام گیرد. سه نوع سوخت فسیلی وجود دارد که همگی می‌توانند برای تأمین انرژی استفاده شوند. ذغال سنگ، نفت و گاز طبیعی. زغال سنگ یک سوخت فسیلی جامد است که طی میلیون‌ها سال با پوسیدگی پوشش گیاهی زمین تشکیل شده است. وقتی لایه‌ها با گذشت زمان فشرده و گرم می‌شوند، رسوبات به ذغال تبدیل می‌شوند. ذغال سنگ در مقایسه با دو سوخت فسیلی دیگر فراوان تر است. برخی از کشورهای در حال توسعه برای تأمین انرژی به زغال سنگ وابسته هستند زیرا توانایی تهیه نفت یا گاز طبیعی را ندارند. گاز طبیعی یک سوخت فسیلی گازی است که در مقایسه با زغال سنگ، نسبتاً پاک‌تر محسوب می‌شود و آلودگی کم-تری دارد. گاز طبیعی از بقایای میکروارگانیسم‌های دریایی تشکیل می‌شود. این نوع نسبتاً جدیدی از منبع انرژی است و استفاده از آن در کلیه کشورهای جهان و نیز در کشور ایران رو به افزایش است. نفت کوره به عنوان نفت سنگین، نفت دریایی یا مازوت نامیده می‌شود. این سوخت به صورت برشی از برج تقطیر نفت خام به صورت محصول برج تقطیر یا باقیمانده برج تقطیر بدست می‌آید و در فصول سرد سال استفاده می‌شود که با توجه به وجود انواع ناخالصیها، عناصر سنگین و گوگرد در آن، مسائل زیست محیطی و زیادات مرتبط با فعالیت نیروگاه به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. روش انتخابی تولید برق از سوخت‌های فسیلی نیز بر مواد زاید تولیدی از نظر کمی و کیفی موثر می‌باشد تجزیه و تحلیل حرارتی-اقتصادی نیروگاه‌های توربین گاز برای بهبود عملکرد ترمودینامیکی و اقتصادی آن ضروری است (Godfrey T, 2019).

اخیراً مبحث انرژی و محیط زیست بیشتر مورد توجه مسئولان و صاحبان صنایع واقع شده است. باتوجه به آلاینده‌های خروجی از نیروگاه مشخص شده است که سوخت‌های فسیلی نقش مهمی در گرمایش جهانی دارند. نوع و نحوه انتخاب سوخت در بازدهی فرایند تولید انرژی و چالش‌های آن بسیار موثر است. در گذشته انرژیهای فسیلی تنها انتخاب جوامع برای مصارف خود بوده است. لیکن امروزه انرژیهای تجدیدپذیر و پاک توانسته است جایگزینی مناسب برای این امر معرفی گردد (زارعی، ۱۳۹۴). با انتخاب سوخت‌های جایگزین مناسب سوخت‌های فسیلی می‌توان سهم نیروگاه‌ها در این پدیده را کاهش داد. امروزه بسیاری از منابع انرژی تجدید پذیر برای استفاده در دسترس هستند، به عنوان مثال انرژی خورشیدی و بادی و انرژی آب. در مجموع می‌توان اظهار داشت که استفاده انرژی‌های نو و تجدید شونده به جای استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تولید برق، با توجه به مجموعه عوامل اقتصادی و محیط زیست در مقیاس جهانی بتدریج رو به گسترش است. در این مقاله مقایسه‌ای بر انواع سوخت‌ها آمده است و در آخر باتوجه به استانداردهای زیست محیطی بهترین روش برای تولید برق پیشنهاد شده است.

## • محیط زیست و صنعت برق

امروزه زندگی بدون استفاده از انرژی برق غیرقابل تصور است. برق به رغم همه ی قابلیت‌ها و مزایایی که دارد در جریان تولید، انتقال و توزیع آن آثاری بر محیط زیست می‌گذارد که در صورت عدم برنامه ریزی صحیح در هریک از این مراحل می‌تواند آثار تخریبی جبران ناپذیری

برق چنان نقشی حیاتی در فرآیند صنعتی شدن و توسعه اقتصادی کشور دارد که تصور زندگی بدون آن دشوار است و بسترهای لازم را برای پویایی و رشد کشور در زمینه‌های مختلف فراهم می‌کند و عاملی ضروری در این توسعه محسوب می‌شود (Hao J, 2007). با افزایش سرعت صنعتی شدن و پیشرفت و توسعه در ابعاد گوناگون حیات بشری نیاز به افزایش ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق بیش از پیش احساس می‌شود. انرژی برق در بین انواع مختلف انرژی به دلایل متعددی از جمله عدم آلودگی، تبدیل راحت به انواع مختلف انرژی و انتقال آسان نسبت به سایر انواع انرژی برتری دارد. در کشور ما نیز صنعت تولید برق در حال توسعه، رشد و گسترش روز افزون است به گونه‌ای که در حال حاضر اکثر تجهیزات بخش توزیع، انتقال و تجهیزات نیروگاهی در داخل کشور تهیه و تامین می‌شود. از آنجاییکه کیفیت تولید برق بر همه تولیدات و صنایع اثرگذار است باید همواره در حالت بهینه خود قرار داشته باشد و تحت شرایط ایمن عرضه و توزیع گردد. همچنین رعایت استاندارد و کنترل کیفیت در صنعت برق به عنوان صنعتی رو به رشد که در چرخه اقتصادی کشور نقش حیاتی دارد امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. استفاده از سوخت‌هایی با هدف حداقل انتشار مواد آلاینده به محیط زیست، تحقیق و بررسی در زمینه بهره‌گیری از انواع انرژی با راندمان بالا و در عین حال در نظر گرفتن استانداردهای زیست محیطی و استفاده از انواع سوخت‌های تجدیدپذیر باید در لیست برنامه‌های صنعت برق قرار گیرد. در سال ۱۳۹۴ در کل نیروگاه‌های صنعت برق کشور ۵۹/۴ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی، ۶/۹ میلیارد لیتر نفت کوره، ۶/۱ میلیارد لیتر نفت گاز، ۲/۳ میلیارد مترمکعب گاز کوره بلند و تنها ۵ میلیون متر مکعب گاز کک مورد استفاده قرار گرفته است. گاز طبیعی با ۸۰/۹ درصد عمده‌ترین سهم را در سوخت مصرفی نیروگاه‌های کشور به خود اختصاص داده است. پس از گاز طبیعی، سهم نفت-کوره، نفت‌گاز و سایر سوخت‌ها به ترتیب ۱۰/۴، ۸/۳ و ۰/۴ درصد بوده‌اند. با توجه به سیاست‌های اخیر مبنی بر استفاده هر چه بیشتر از گاز طبیعی در نیروگاه‌ها و در پی اقدامات گسترده گازرسانی به نیروگاه‌ها، به دلایل مختلف از جمله سهولت بهره‌برداری و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و کاهش اثرات سوء زیست محیطی تلاش شده که از این سوخت بیش از سایر سوخت‌ها استفاده شود. در شرایط کمبود گاز طبیعی در ماه‌های سرد سال، نیروگاه‌ها به ناچار از سوخت‌های جایگزین یعنی نفت گاز برای نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی و نفت کوره برای نیروگاه‌های بخاری استفاده می‌نمایند. لذا نحوه تأمین گاز طبیعی، عملکرد نیروگاه‌ها را متأثر و محدودیت‌هایی را در بهره‌برداری از شبکه برق ایجاد می‌نماید. به طوری که در فصل سرما، اساسی‌ترین مسئله در تولید برق، تأمین سوخت نیروگاه‌ها می‌باشد. قطع سوخت گاز و محدودیت حمل و ذخیره‌سازی سوخت مایع، منجر به خروج واحدها از مدار، استهلاک واحدها و تجهیزات و همچنین در برخی مواقع خاموشی می‌گردد (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۴). مصرف سوخت گاز به دلایل مختلف از جمله کاهش اثرات سوء زیست محیطی، سهولت بهره‌برداری و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، نسبت به سوخت مایع برتری دارد (انجمن بین المللی انرژی و آلودگی هوا، ۲۰۱۶). در حال حاضر سوخت نیروگاه‌ها شامل استفاده از سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی

خروج از دودکش در اثر نیروی جنبشی ناشی از سرعت خروجی دودکش و تفاوت چگالی ناشی از تفاوت دما (دود معمولاً گرمتر از هوای محیط است) مسافتی را به صورت عمودی صعود کرده و با کاهش اثر نیروهای مذکور در اثر نیروی ناشی از باد شکسته شده و در جهت حرکت باد به سمت پایین دست حرکت کرده و به تدریج با هوای محیط مخلوط شده و پخش می‌گردد. با حرکت دود به سمت فواصل دورتر از دودکش حجم هوای بیشتری قابلیت مخلوط شدن با دود و ترقیق آن را خواهد داشت. با افزایش ارتفاع دودکش که ترقیق بیشتری صورت گرفته و معمولاً غلظت آلودگی در هنگام رسیدن دود به سطح زمین کاهش می‌یابد. بنابراین افزایش ارتفاع دودکش می‌تواند بر میزان کاهش آلودگی تاثیر بگذارد. علاوه بر نیروگاه‌های تولید برق، پالایشگاه‌ها، کارخانه‌هایی که سوخت آن‌ها گاز است و کاربری‌هایی مانند حمل و نقل، مسکونی، کشاورزی و صنایع منجر به استفاده از سوخت فسیلی و در نهایت تولید گازهای گلخانه‌ای (GHG) می‌شود (Wan, 2020). Nurdiyana با توجه به پیامدهای جبران‌ناپذیر آن برای کاهش این اثر باید تدابیری اندیشیده شود.

#### • مشخصات سوخت مصرفی نیروگاه

سوخت مصرفی نیروگاه گاز و مازوت می‌باشد که در جدول ۱ مشخصات سوخت مصرفی (گاز) که به نیروگاه تحویل می‌گردد، ارایه شده است. این نیروگاه دوگانه سوز است و بنابراین کیفیت سوخت مازوت که بیشتر در فصل زمستان مورد استفاده است در جدول ۲ ارایه شده است.

جدول ۱. مشخصات گاز مصرفی نیروگاه

وزن مخصوص گاز (Kg/m <sup>3</sup> )	۰/۷۶۷
ارزش حرارتی خالص (MJ/kg)	۴۵/۵
ارزش حرارتی ناخالص (MJ/kg)	۵۰/۳
میانگین وزن مولکولی	۱۸/۱۳
H <sub>2</sub> S (ppm)	۳
RSH (ppm)	۱۲/۵

جدول ۲. مشخصات مازوت مصرفی نیروگاه

وزن مخصوص	۰/۹۶۴۴
ارزش حرارتی ناخالص	۴۳/۶
ارزش حرارتی خالص	۴۱/۵
محتوی سولفور (درصد وزنی)	۳/۱۴۳
V (ppm)	۷۵
Fe (ppm)	۰/۹
Ni (ppm)	۲۶/۸

#### ۳- نتایج

##### • میزان انتشار آلاینده‌ها طی ده سال

براساس آمار، از بین آلاینده‌های زیست محیطی که در بخش‌های مختلف در کشور تولید و منتشر می‌گردند، سهم صنعت برق تنها در سه نوع آلاینده، قابل توجه و در سایر موارد بسیار ناچیز می‌باشد. این

داشته باشد. بنابراین با احساس وظیفه در مقابل حفاظت محیط زیست و حفظ آن برای نسل‌های آینده، توجه جدی به مسایل زیست محیطی در صنعت برق، ضرورتی غیرقابل انکار است. حاصل فرایند احتراق تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه‌هایی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند. تولید و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی نظیر اکسیدهای نیتروژن و اکسیدهای گوگرد و کربن مونوکسید می‌باشد. مشکلات زیست محیطی ناشی از انتشار آلاینده‌هایی است که به طور طبیعی در ساختارهای سوخت فسیلی وجود دارد، مانند گوگرد و نیتروژن. بیشترین میزان انتشار در اثر احتراق ذغال سنگ ایجاد می‌شود. توجه به محیط زیست در فرآیندهای تولید برق نیز از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. آثار زیست محیطی هر نیروگاه علاوه بر این که به تأسیسات، تجهیزات، نوع سوخت و نحوه بهره‌برداری و میزان تولید بستگی دارد، به موقعیت استقرار آن نیز بسیار وابسته است. نیروگاه‌های حرارتی سهم عمده‌ای را در تولید برق دارند. این نیروگاه‌ها برای تأمین سوخت از گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی (گازوئیل و نفت کوره) استفاده می‌کنند. این نوع نیروگاه‌ها، هوا، آب و خاک را آلوده می‌کنند و با اثرگذاری بر تغییر اقلیم بر زندگی انسان‌ها، حیوان‌ها و گیاهان تاثیر می‌گذارند (Krüger Michael, 2019). اثرات عمده‌ی یک نیروگاه حرارتی در ارتباط با محیط زیست به طور کلی آلودگی هوا از طریق انتشار گازها و ذرات (شامل PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub>)، آلودگی آب و خاک از طریق پساب خروجی نیروگاه و نفوذ آن به آب و خاک و آلودگی‌های صوتی بر اثر کارکرد تجهیزات است. به منظور کاهش هریک از اثرات مخرب زیست محیطی آلاینده‌ها باید اقدامات مهندسی و برنامه‌های راهبردی در اولویت کار نیروگاه‌ها قرار گیرد.

#### ۲- روش انجام تحقیق

##### • روش نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

اندازه‌گیری آلاینده‌های موجود در دود نیز باید بر پایه روش‌های استاندارد صورت پذیرد. برای اینکه نمونه‌های برداشته شده از دودکش یا اندازه‌گیری‌های مستقیم از دود درون دودکش دارای دقت کافی باشند، نقاط اندازه‌گیریها باید از نظر تعداد و موقعیت نقاط درون دودکش به نحو مناسب انتخاب شوند. به طور معمول ممکن است حفره ای برای انجام اندازه گیریها در دیواره دودکش موجود نباشد که در صورت امکان باید در دیواره دودکش سوراخی به قطر ۵-۷ سانتیمتر ایجاد گردد و در فاصله بین اندازه گیریها با فلائز مسدود گردد. برای دقت بهتر در نتایج باید نقاط متعددی در سطح مقطع دودکش انتخاب گردند. در پایان لازم به یاد آوری است که در هر مرحله از اندازه گیریهای دودکش باید میزان توان تولیدی عملی نیروگاه در همان لحظه و سایر شرایط احتراق از جمله میزان هوای اضافی تزریقی به کوره، دمای احتراق، نوع سوخت مصرفی یا نسبت انواع سوختها و میزان سوخت مصرفی، درجه حرارت محیط و در صورت امکان سرعت و جهت باد اندازه گیری و در فرم مربوطه ثبت گردد.

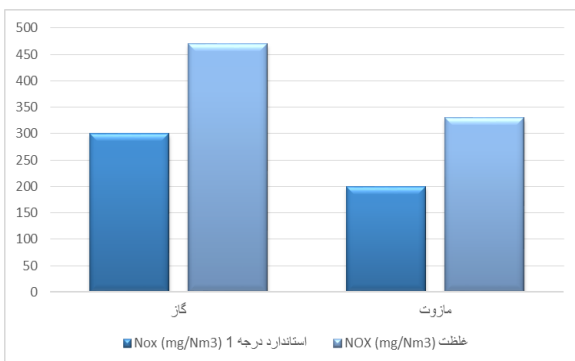
##### • انتشار گازهای خروجی از دودکش و گازهای گلخانه‌ای

دود حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی نیروگاه‌ها از طریق دودکش-هایی با ارتفاع زیاد از محل ورود گازها وارد اتمسفر می‌گردد. روند پخش شدن دود دره‌های اطراف معمولاً به این صورت است که دود پس از

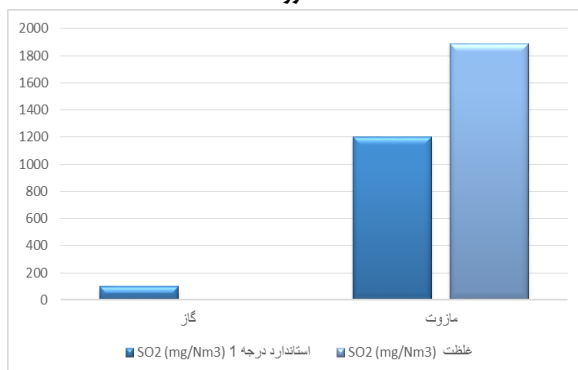
گاز خروجی از واحدهای مستقر در نیروگاه بخار در هنگام استفاده از سوخت گاز پایینتر از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست و در هنگام استفاده از سوخت مازوت ۵/۵٪ بیشتر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران است (Fouladi Fard, 2016). علت این انحراف می تواند به دلیل وجود درصد گوگرد بالا، در سوخت مازوت تحویلی به این نیروگاه باشد.

#### ۴- نتیجه گیری

آلودگی های ناشی از سوخت فسیلی سبب اثرات سو بر سلامتی انسان-ها مانند گیجی ، سرگیجه ، سردرد ، حالت تهوع ، ضعف و با قرار گرفتن طولانی مدت یا مداوم ، تغییراتی در سیستم عصبی و سیستم قلبی عروقی با ایجاد پدیده های علاوه بر این با ایجاد پدیده هایی مانند باران اسیدی موجب اسیدی شدن منابع طبیعی، آب و تخریب بافت خاک- های زراعی می گردد (Philip Kiameh, 2012). لذا انتخاب روش های تولید و سوخت مناسب جهت کنترل و کاهش آلودگی و آثار مخرب زیست محیطی امری لازم است. انرژی های تجدید پذیر از انرژی های برقی، خورشیدی، باد، آب، انرژی حاصل از زیست توده و انرژی حاصل از اقیانوس ها تشکیل شده اند. استفاده از انرژی های جایگزین در برخی از نقاط بطور گسترده ای بکار می رود. پس انرژی- های تجدید پذیر بنا به محدودیت های زیست محیطی در بسیاری از نقاط دنیا مورد استفاده قرار گرفته و تحقیقات جهت توسعه کاربرد آنها و کاهش قیمت تمام شده برق از این روشها همچنان ادامه دارد. به نظر می رسد در سال های آینده ، سهم تولید برق از انرژی های تجدید پذیر و انرژی های نو از کل برق تولیدی جهان افزایش قابل ملاحظه ای یابد.

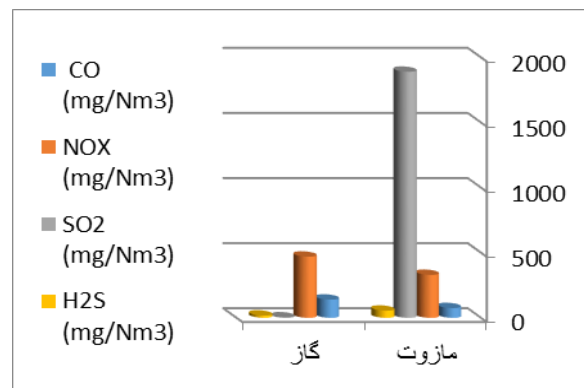


نمودار ۳. مقایسه غلظت گاز NOx خروجی نیروگاه با غلظت استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران در زمان استفاده از سوخت گاز و مازوت.

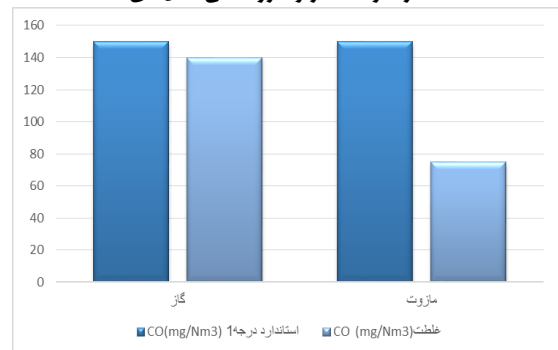


نمودار ۴. مقایسه غلظت گاز SO2 خروجی نیروگاه با غلظت استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران در زمان استفاده از سوخت گاز و مازوت.

آلاینده ها که در سطح جهانی نیز مورد توجه هستند عبارت از CO, SO2, NOx می باشند. نمودار ۱ میزان تولید و انتشار CO, SOx, NOx, نیروگاه های حرارتی را در سال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ در دو حالت مختلف سوخت گاز و مازوت را نشان می دهد. روند تغییرات توسط منحنی های فوق نشان دهنده افزایش غلظت گاز SO2 در سوخت مازوت نسبت به سوخت گاز است. البته شایان ذکر است که انتشار دی اکسید کربن نسبت به متوسط سایر کشورهای جهان بسیار بیشتر است چرا که در سایر کشورها سهم نیروگاه های برقی و هم چنین بهره گیری از نیروگاه های هسته ای و انرژی های نوین موجب شده است تا در کل انتشار دی اکسید کربن نسبت به کیلو وات ساعت برق تولید کاهش داشته باشد. بعنوان مثال کمترین انتشار دی اکسید کربن متعلق به کشور فرانسه است که حدود ۹۰ درصد از برق خود را از طریق نیروگاه- های هسته ای تامین می کند. کشورهایی که از نیروگاه های ذغال سنگی استفاده می کنند دارای بیشترین انتشار دی اکسید کربن می باشند. مقایسه کمی آلودگی های منتشره ناشی از آگروز نیروگاه در مقاطع زمانی مصرف مازوت و گاز طبیعی با مقادیر استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست در نمودارهای ۲ و ۳ نشان داده شده است. بر اساس نمودار ۲ میزان آلاینده CO, خروجی از واحدهای بخاری نیروگاه استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران را رعایت می کند. در نمودار ۳ مشاهده می شود میزان گاز NOx خروجی از واحدهای مستقر در نیروگاه بخاری در هنگام مصرف سوخت گاز ۵۶/۶۷٪ و در هنگام مصرف سوخت مازوت ۶۵٪ بیشتر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست می باشد. در مورد آلاینده SO2 مطابق با نتایج بدست آمده میزان



نمودار ۱. مقایسه غلظت آلاینده های CO, NOx, SO2, H2S در مقاطع استفاده از سوخت گاز و مازوت طی سال های ۸۹-۹۹



نمودار ۲. مقایسه غلظت گاز CO خروجی نیروگاه با غلظت استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران در زمان استفاده از سوخت گاز و مازوت.

منابع

- رحیمی ، مریم و همکاران ۱۳۸۶ ، امکان سنجی اجرای تجارت نشر در نیروگاه ها و کاهش انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای.
- ترازنامه انرژی، ۱۳۹۴ ، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی.
- زارعی و همکاران، ۱۳۹۴ ، چشم انداز آینده ایران در استحصال انرژی تجدیدپذیر باد در خلیج فارس و دریای عمان.
- Hao, J, et al, 2007, Air quality impacts of power plant emissions in Beijing. Environmental Pollution, Volume 147, P 401-408.
- Michael Krüger, 2019, Process development for integrated coal gasification solid oxide fuel cells hybrid power plants Investigations on solid oxide fuel cells/gas turbine hybrid power plants run on clean coal gas, Applied Energy, Volume 250, P 19-31.
- Power Generation Handbook: Fundamentals of Low-Emission, High-Efficiency Power Plant Operation (2012). 2nd edition. Philip Kiameh, McGraw-Hill Professional, ISBN 978-0-07-177227-3.
- Godfrey T , 2019, Comparative thermo-economic analysis of multi-fuel fired gas turbine power plant, Renewable Energy, Volume 133, P 295-306.
- Wan Nurdiyana, et al, 2020. Data on greenhouse gases emission of fuels in power plants in Malaysia during the year of 1990–2017, Data in Brief, Volume 30, 105440.
- Fouladi Fard et al, 2016. The assessment of health impacts and external costs of natural gas-fired power plant. Environmental Science and Pollution Research, 23(20).
- International Energy Agency (IEA), Energy and Air Pollution, World Energy Outlook Special Report (2016), p. 43.