تعیین فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق خروجی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی کشور و مقایسه آن با کشورهای آمریکای شمالی

سعید نظری*[۱]، امیر سهرابی کاشانی[۱]، سوسن داوری[۱]، زهرا دلاور مقدم[۱]

تاریخ دریافت مقاله:
۸۸/۵/۲۴
تاریخ پذیرش مقاله:
۸۸/۸/۱۲

کلمات کلیدی:
فاکتور انتشار ، گازهای حاصل از احتراق، نیروگاه-های سوخت فسیلی، مشخصات بهره‌برداری نیروگاه

چکیده:

در این مقاله فاکتور انتشار (NOx، CO_2 و SO_2) خروجی از نیروگاه های کشور ارائه شده است. فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق برای ۵۰ نیروگاه بخار، گازی و سیکل ترکیبی با ظرفیت ۳۴۸۶۳ مگاوات بر اساس مشخصات بهره برداری نیروگاه مشتمل بر ظرفیت تولید، نوع و میزان سوخت مصرفی و تغییرات آن، مشخصات دودکش، آنالیز گازهای حاصل از احتراق و مشخصات فیزیکی گاز دودکش بر حسب g/kWh محاسبه شده و با میانگین گیری وزنی بر اساس انرژی الکتریکی تولیدی بر حسب kWh در هر نیروگاه و با در نظر گرفتن کل انرژی الکتریکی تولیدی در نیروگاه های سوخت فسیلی، نیروگاه های برق آبی و نیروگاه های بادی، فاکتور انتشار گاز های مذکور تعیین شده است. فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی کشور برای گاز CO_2 ۶۴۰ g/kWh, گاز SO_2، ۲/۷۵ g/kWh و گاز NOx ، ۲/۴ g/kWh محاسبه شده و سپس مقایسه‌ای بین این مقادیر و فاکتور انتشار گازهای مذکور در حوزه کشورهای آمریکای شمالی انجام شده است. در صورت استفاده بیشتر از انرژی های تجدیدپذیر، انرژی برق آبی و انرژی هسته ای و همچنین افزایش راندمان نیروگاه ها استفاده از سیستم های پایش مداوم و سیستم های کاهش آلاینده های (خروجی از دودکش) نیروگاه‌ها، فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های کشور به شدت کاهش می‌یابد.

۱) پژوهشگاه نیرو
* نویسندهٔ مسئول
Snazarikudahi@nri.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

مقدمه

انقلاب صنعتی و رشد روز افزون صنایع مختلف موجب تولید و انتشار آلاینده‌های گازی و گازهـای گلخانـه ای شـده است. اندازه‌گیری غلظت گازهای خروجی از دودکش و محاسبه دبی گاز خروجی از آن موجب تعیین میزان جرم آلاینده‌های خروجی در واحد زمان می‌شود. بر اساس قوانین استاندارد هوای پاک، بررسی میزان انتشار آلاینده‌هـای خروجـی از صـنایع یکی از راه های تشخیص و اندازه‌گیری کیفیت هوا محسوب می‌شود. بدین منظور فاکتور انتـشار مـورد محاسـبه و ارزیـابی قرار گرفته و یک ابزار کاربردی و اساسی در دست مدیران جهت کنترل کیفیت هواست. فاکتور انتـشار و بـرآورد مقـدار آن برای مدیریت کیفیت هوا ابزار کلیدی محسوب شده و تخمین میزان نشر برای توسعه راهکارهای کنترل انتشار بسیار مهـم است. این فاکتور معمولاً بر اساس جرم آلاینده تولیدی بخش بر محصول یا ماده اولیه (واحـد وزن، حجـم، فاصـله، انـرژی تولیدی یا زمان انتشار آلاینده) بیان می‌شود. به عنوان مثال در یک صنعت که از زغال‌سـنگ بـرای تولیـد انـرژی اسـتفاده می‌کند، میزان انتشار ذرات معلق بر حسب کیلوگرم به ازای هر مگاگرم زغال‌سنگ سوخته شده بیانگر فـاکتور انتـشار ذرات معلق خروجی از آن صنعت است.

در نیروگاه‌ها فاکتور انتشار برحسب میزان جرم آلاینده‌های تولیدی یا گازهـای حاصـل از احتـراق بـر حـسب انـرژی الکتریکی تولیدی یا انرژی حرارتی مورد استفاده بیان می‌شود. به طور کلی معادله تخمین انتشار به شرح زیر است[۱]:

$$E = A \times EF \times (1 - \frac{ER}{100}) \qquad (۱)$$

E = میزان انتشار آلاینده (مقدار جرم آلاینده)

A = نرخ فعالیت (میزان تولید واحد صنعتی، به طور مثال تناژ تولیدی سیمان یا کیلووات ساعت برق تولیدی)

EF = فاکتور انتشار (مقدار جرم آلاینده منتشره به ازای میزان محصول تولیدی یا نرخ فعالیت)

ER = درصد کلی کاهش انتشار بوده و در صورت عدم استفاده از سیستم های کاهش آلاینده این مقدار صفر اسـت. بـرای محاسبه فاکتور انتشار روش‌های مختلفی نظیر پایش مداوم، روش موازنه مواد، مدل سازی و چند روش دیگـر وجـود دارد. پایش مداوم، بهترین روش است و به طور کامل میزان و نحوه انتشار را مشخص می‌کنـد، امـا هزینـه اجرایـی زیادی دارد. بدین منظور از روش موازنه مواد استفاده می‌شود که ضریب اطمینان زیـاد و هزینـه کمتـری نـسبت بـه پایش مداوم دارد، ولی کاربرد آن محدود است. برای حل این مشکلات متخصصان به دنبـال روش‌هـایی‌انـد کـه بـا هزینه کمتـر، اطمینـان لازم را جهـت محاسـبه فـاکتور انتـشار فـراهم آورد. اسـتفاده از روش هـای مـدل‌سـازی و نرم افزارهای نگارش یافته در این زمینه جهت محاسبه فاکتور انتشار و استفاده بلند مدت از آن کاربرد بـسیار زیـادی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

دارد. این روش دارای هزینه اجرایی کم و قابلیت اطمینان زیاد است و در صنایع و مناطقی کـه امکـان انـدازه‌گیـری وجود ندارد کاربرد زیادی دارد[۲].

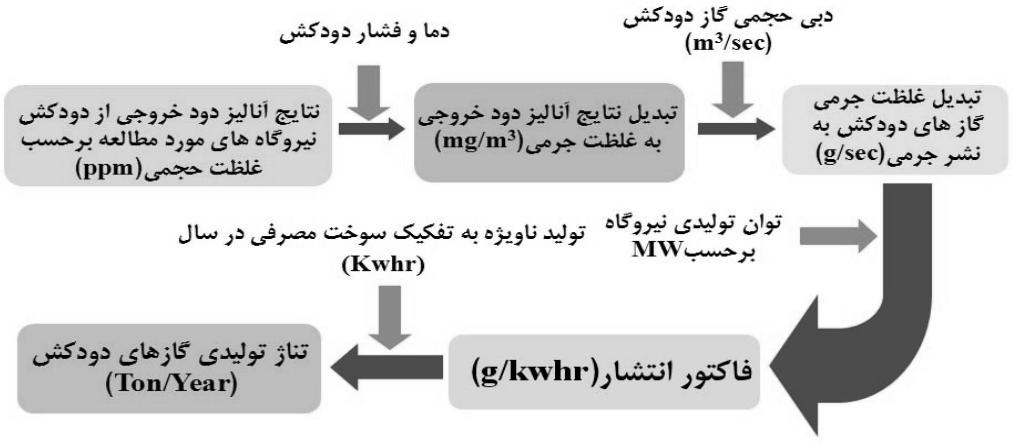
مبنای انجام محاسبهٔ تعیین فاکتور انتشار گاز های CO_2، NOx و SO_2 خروجی از نیروگاه های کشور

جهت تعیین فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق خروجی از نیروگـاه هـای کـشور پـروژه تـدوین اطلـس آلـودگی نیروگاه‌های کشور در گروه محیط زیست پژوهشگاه نیرو و با کارفرمایی شرکت توانیر در فاصله سال هـای ۱۳۸۴ تـا ۱۳۸۷ اجرا گردید. در این پروژه ۵۰ نیروگاه حرارتی کشور بـا ظرفیـت ۳۴۸۶۳ مگـاوات متـشکل از نیروگـاه‌هـای بخـار، گـازی و سیکل ترکیبی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. ابتدا سیستم‌های اصلی و جانبی نیروگاه‌های حرارتـی در رابطـه بـا منـابع تولید آلودگی شناسایی شد. در این ارتباط سیستم‌های پاشش سوخت، نوع دیگ بخـار یـا بـویلر و مشخـصات مـشعل هـا، مشخصات محفظه احتراق، سیستم کنترل احتراق، سیستم کنترل آلاینده‌ها، سیکل آب و بخار، قطـر و ارتفـاع دودکـش و سیستم پایش آلاینده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت[۲].

مرحلهٔ بعد، غلظت حجمی آلاینده‌های منتشر شده گازی برحسب ppm برای انواع واحد های هر نیروگاه به تفکیـک فصل و تغییر سوخت در بار کامل اندازه گیری شده و با توجه به سـاعات کـارکرد واحـدها در سـال، فـاکتور انتـشار واقعـی گازهای NOx, SO_2 و CO_2 در هر یک از واحد های ۵۰ نیروگاه مورد بررسی برحسب gr/kWh , به انضمام میزان کل آلودگی منتشر شده از هر واحد نیروگاهی در سال، محاسبه گردید. فاکتورهای انتشار آلاینده‌های نیروگاه‌ها برای اولـین بـار در کشور از طریق اندازه گیری و انجام محاسبه به دست آمد که می‌تواند ماخذ بسیار دقیقی برای انجام محاسبات مربوط به طرح های توسعه آتی نیروگاه‌های کشور باشد[۲].

برای اجرای این مرحله با توجه به تغییر سوخت از گـاز بـه مـازوت در نیروگـاه‌هـای بخـار و از گـاز بـه گازوئیـل در نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی در زمان مناسب به هریک از نیروگاه‌های اشاره شده مراجعه شده است. در این گـزارش نتایج حاصل از اندازه‌گیری گازهای حاصل از احتراق شامل گازهای NOx، SO_2 و CO_2 ارائه شده و بـا توجـه بـه روابـط ترمودینامیک حاکم بر گازها و موازنه جرمی محصولات احتراق، غلظت این گازها در محیط نرم افـزار EXCEL پـردازش شده و خروجی این نرم‌افزار شامل غلظت جرمی گازهای حاصل از احتراق، میزان انتشار و فاکتور انتشار هریک از این گازها تعیین شده است. در شکل(۱) مراحل تعیین و محاسبه فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگـاه هـای کـشور ارائـه شـده است[۲].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]



شکل۱: مراحل تعیین و محاسبه فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های کشور[۱]

ارائه فاکتور انتشار گازهایCO_2،NOx و SO_2 خروجی از نیروگاه‌های کشور به تفکیک تیپ های نیروگاهی

در جداول (۱) تا (۳) فاکتور انتشار گاز های CO_2,NOxو SO_2 خروجی از نیروگاه‌های کشور به تفکیک تیپ های نیروگاهی ارائه شده است. همانطور که از این جداول مشخص است با افزایش راندمان فاکتور انتشار گاز CO_2 کاهش می‌یابد. متوسط راندمان نیروگاه های بخار، توربین گازی و سیکل ترکیبی مطابق آمار تفصیلی صنعت برق کشور در سال ۱۳۸۶ به ترتیب ۳۶/۲ درصد، ۲۸/۲ درصد و ۴۲/۳ درصد است. بنابراین، نیروگاه های سیکل ترکیبی دارای بیشترین راندمان تولید انرژی الکتریکی و در نتیجه کمترین فاکتور انتشار گاز CO_2 است. در مورد آلاینده NOx علاوه بر راندمان، بود و نبود سیستم های متداول کاهش این آلاینده مانند سیستم های کاتالیستی، مشعل های پیش اختلاط نظیر مشعل(LNB (Low NOx Burner در نیروگاه های بخار و مشعل DLN (Dry Low NOx) در نیروگاه های توربین گازی و سیکل ترکیبی در تعیین میزان فاکتور انتشار این آلاینده سهیم‌اند[۱،۲].

طبق بررسی ها و محاسبات انجام شده در پروژه تدوین اطلس آلودگی نیروگاه های کشور، فاکتور انتشار آلاینده NOx در نیروگاه‌های توربین گازی در حالت گاز سوز با وجود راندمان کمتر نسبت به نیروگاه های بخار و سیکل ترکیبی، کمتر است و دلیل آن تجهیز نیروگاه های توربین گازی به مشعل‌های DLN است. در این وضعیت مجهز بودن نیروگاه‌ها به سیستم‌های کاهش این آلاینده بسیار موثرتر از نقش افزایش راندمان آنهاست. ۲۶/۷ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه های سیکل ترکیبی و ۷۱/۴ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های توربین گازی کشور مجهز به مشعل

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

DLN در حالت گاز سوز است. هیچیک از نیروگاه های بخار هنگام مصرف سوخت گاز دارای سیستم کاهش آلاینده NOx نیست[۱و۲].

در حالت استفاده از سوخت مایع فقط ۳/۷ درصد از کل ظرفیت نیروگاهی کشور مجهز به سیستم کاهش آلاینده NOx است. بنابراین، در حالت کلی در هنگام استفاده از سوخت مایع تیپ های نیروگاهی با راندمان تولید انرژی الکتریکی بیشتر، دارای کمترین فاکتور انتشار این آلاینده است، به جز نیروگاه‌های بخار، زیرا در این نیروگاه ها از سیستم GRFan (Gas Recirculation Fan) در هنگام بهره برداری با سوخت سنگین (مازوت) استفاده می‌نمایند. استفاده از GRFan موجب کاهش فاکتور انتشار آلاینده NOx در نیروگاه های بخار در مقایسه با نیروگاه های سیکل ترکیبی در هنگام مصرف سوخت مایع خواهد شد. ۱۸/۵ درصد از ظرفیت نیروگاه های بخار در کشور فاقد سیستم GRFan است[۱و۲].

فاکتور انتشار آلاینده SO_2 در نیروگاه های بخاری با توجه به اینکه مازوت مصرفی در این نیروگاه‌ها به طور متوسط حاوی ۲/۵ درصد وزنی گوگرد است بسیار بیشتر از فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های توربین گازی و سیکل ترکیبی است. گازوئیل مصرفی در این نیروگاه‌ها بین ۰/۵ تا ۱ درصد وزنی است. هیچیک از نیروگاه های کشور مجهز به سیستم کاهش این آلاینده نیست[۲].

همانطور که در جدول (۱) وارد شده، متوسط فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های بخار در کشور gr/kWh ۱۵/۲۷است پراکندگی این آلاینده در آتمسفر با توجه به وضعیت هواشناسی و کلاس پایداری هوا و توپوگرافی منطقه دارای الگوهای مختلفی است. در فصل زمستان با توجه به اینکه ارتفاع اختلاط بسیار کمتر از فصول دیگر سال است، رقیق سازی این آلاینده در اتمسفر به خوبی صورت نمی‌گیرد، از این رو مناطق شهری و روستایی اطراف نیروگاه و خطوط انتقال و توزیع و سایر تجهیزات نیروگاهی از آن متاثر می گردد. با توجه به شکل(۲)، ۲۵/۹۱ درصد از برق کشور از سوخت‌های مایع نظیر مازوت و گازوئیل تامین می شود. جایگزینی سوخت های مایع با گاز طبیعی و با در نظر گرفتن ظرفیت‌های کشور به عنوان دومین دارنده ذخایر گاز طبیعی جهان موجب کاهش فاکتور انتشار گاز آلاینده SO_2 خروجی از نیروگاه های کشور خواهد شد [۲].

جدول ۱: میانگین فاکتور انتشار گاز های CO_2،NOxو SO_2 خروجی از نیروگاه‌های بخار در کشور[۲]

نوع سوخت	CO_2 (g/kWh)	NOx (gr/kWh)	SO_2 (gr/kWh)
گاز	۶۳۳	۲/۶۹۴	۰
مازوت	۱۰۲۵	۲/۵۱۹	۱۵/۲۷۶

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

جدول ۲: میانگین فاکتور انتشار گاز های CO_2,NOxو SO_2 خروجی از نیروگاه‌های توربین گازی کشور[۲]

نوع سوخت	CO_2 (gr/kWh)	NOx (gr/kWh)	SO_2 (gr/kWh)
گاز	۷۸۲	۱/۹۰۷	۰
مازوت	۱۰۴۸	۵/۷۹۲	۳/۸۴۲

جدول ۳: میانگین فاکتور انتشار گاز های CO_2,NOxو SO_2 خروجی از نیروگاه‌های توربین گازی کشور[۲]

نوع سوخت	CO_2 (gr/kWh)	NOx (gr/kWh)	SO_2 (gr/kWh)
گاز	۴۵۰	۲/۲۹۵	۰
مازوت	۶۲۲	۳/۷۸۲	۲/۳۲۵

مقایسه فاکتور انتشار و تناژ تولیدی گاز های CO_2،NOxو SO_2 خروجی از نیروگاه های کشور با کشور های حوزه آمریکای شمالی

میانگین فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی کشور (با در نظر گرفتن سهم تولید انرژی الکتریکی توسط نیروگاه های برق آبی و توربین بادی) برای گاز CO_2 ۶۴۰ gr/kWh, گاز SO_2 ۲/۷۵ gr/kWh و گاز NOx ۲/۴ gr/kWh محاسبه و برآورد شده است. در صورت استفاده بیشتر از انرژی های تجدید پذیر، انرژی برق آبی و انرژی هسته ای و همچنین افزایش راندمان نیروگاه‌ها، استفاده از سیستم های پایش مداوم و سیستم‌های کاهش آلاینده های خروجی از دودکش نیروگاه ها این فاکتور های انتشار به شدت کاهش می‌یابد، برای نمونه در کانادا که ظرفیت عمده تولید برق آن از انرژی برق آبی(۶۱٪) و انرژی هسته ای (۱۲٪) است، فاکتور انتشار گاز CO_2، ۲۲۰ gr/kWh , گاز SO_2 ۱/۰۸ gr/kWh و گاز NOx ۰/۴۵ gr/kWh است[۲،۵].

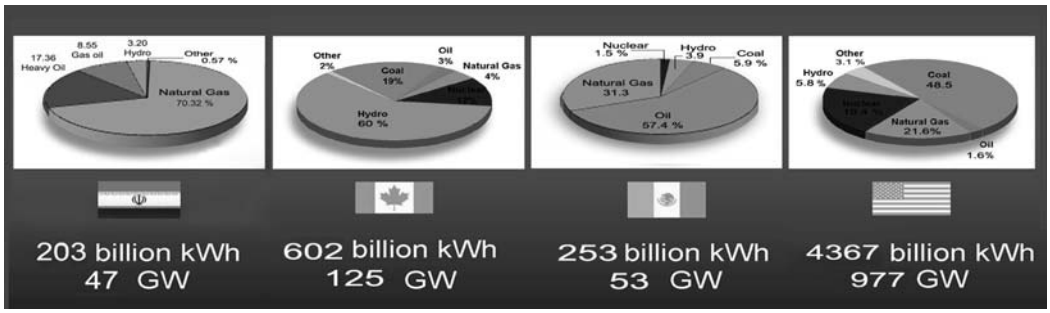
همانطور که در شکل‌های (۲)، (۳) و جدول (۴) مشاهده می شود، درصد بسیار زیاد مصرف گاز در نیروگاه های کشور موجب کاهش فاکتور انتشار کل در نیروگاه های کشور علی‌رغم عدم استفاده از سیستم‌های کاهش آلاینده ها و پایین بودن راندمان نیروگاه های کشور نسبت به نیروگاه های کشورهای آمریکای شمالی شده است. با توجه به وجود ۴ درصد وزنی گوگرد در سوخت مایع مورد استفاده در نیروگاه های کشور مکزیک و عدم استفاده از سیستم های متداول کاهش آلاینده SO_2، متوسط فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های مکزیک بسیار بیشتر از متوسط فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های ایران شده است[۲،۵].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

در آمریکا به دلیل اجرای برنامه باران اسیدی و نصب سیستم های کاهش آلاینده و افزایش راندمان نیروگاه‌ها، متوسط فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق کمتر از نیروگاه های ایران است. بر اساس این برنامه که از سال ۱۹۹۵ اجراء شده، سقف مشخصی از انتشار برای کلیه نیروگاه‌ها در نظر گرفته می‌شود و سهم معینی از این مقدار به عنوان سهمیه انتشار یک نیروگاه تخصیص داده می‌شود. این سهمیه‌ها بر اساس میزان انرژی حرارتی ورودی به نیروگاه تعیین می‌شود. در سال اول این برنامه سقف انتشار گاز SO_2 ۱۱/۹ میلیون تن در سال بوده است که در سال ۲۰۰۳ به مقدار ۱۰/۶ میلیون تن در سال کاهش داده شد. طبق این برنامه سقف انتشار این آلاینده در سال۲۰۱۰ باید به میزان ۸/۹۵ میلیون تن در سال برسد که این مقدار ۱۰ میلیون تن کمتر از انتشار نیروگاه‌ها در سال۱۹۸۰ است. استفاده از فن‌آوری‌های جدید کاهش این آلاینده موجب عملی شدن این برنامه خواهد شد[۴].

همانطور که در شکل های (۴) و (۵) مشاهده می شود، سهم انرژی های نو و انرژی هسته ای در تولید برق آمریکا و کانادا در حال افزایش است. به این ترتیب فاکتور انتشار ملی این دو کشور در حوزه تولید انرژی الکتریکی در سال های آینده به دلیل پاک بودن انرژی های نو، کاهش می یابد. نکته قابل تامل دیگر در این نمودار ها رشد اندک تولید انرژی الکتریکی در آمریکا و کانادا تا سال ۲۰۳۰ است. علت آن کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بهبود بهره وری انرژی الکتریکی است. بنابر این، صرفه جویی و بهبود بهره وری انرژی الکتریکی، بطور غیر مستقیم موجب کاهش فاکتور انتشار گازهای خروجی از دودکش نیروگاه ها خواهد شد[۶،۷].

در ایران نیز مطابق شکل(۶) توسعه ظرفیت نیروگاه های برق آبی، هسته ای و انرژی های تجدید پذیر هم هنگام با کاربرد سیستم های کاهش آلاینده های SO_2 و NOx خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی موجب کاهش فاکتور انتشار ملی در حوزه تولید انرژی الکتریکی خواهد شد. با توسعه نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز تا سال ۱۴۰۴ علاوه بر آلاینده‌های ذکر شده فاکتور انتشار جیوه (Hg) نیز باید تحت کنترل قرار گیرد. صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی در کشور ایران موجب کاهش تقاضا و در نتیجه کاهش تولید و در نهایت کاهش انتشار آلاینده های گازی در کشور خواهد

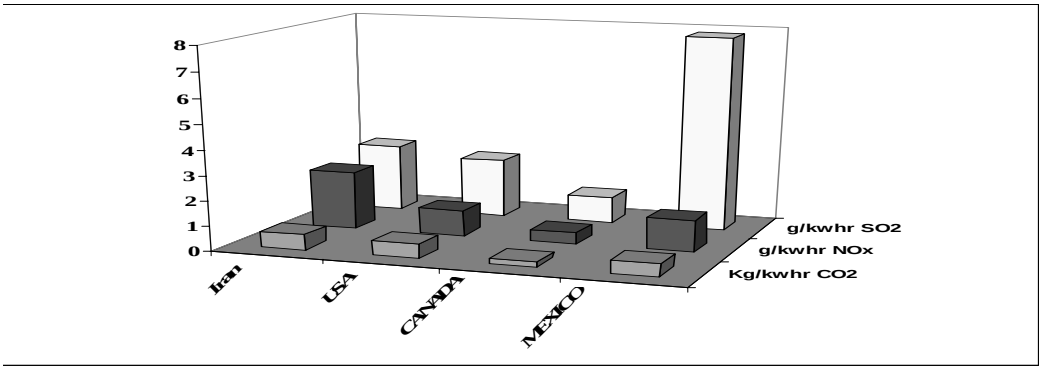


شکل۲: سهم سوخت های فسیلی و سایر انرژی های متداول در تولید برق کشور های آمریکای شمالی و ایران در سال‌های2007-2006 [۲]

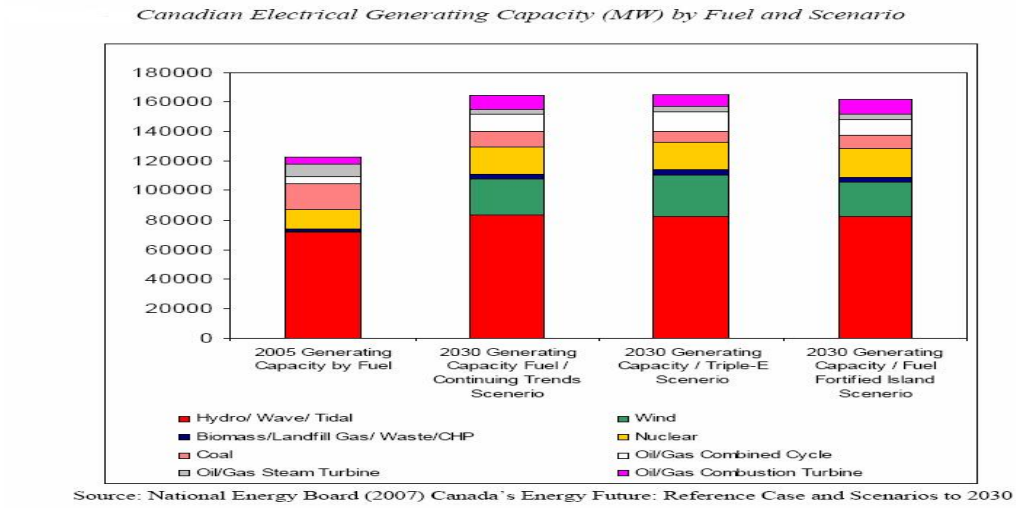
[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

جدول۴: فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق با در نظر گرفتن کلیه روش های تولید برق در مقایسه با کشور های آمریکای شمالی[۲]

کشور	CO_2 (g/kWh)	NOx (gr/kWh)	SO_2 (gr/kWh)
ایران	۶۴۰	۲/۴	۲/۷۵
آمریکا	۵۸۰	۱/۰۴	۲/۳۸
کانادا	۲۲۰	۰/۴۵	۱/۰۸
مکزیک	۵۰۰	۱/۲۶	۷/۸۳

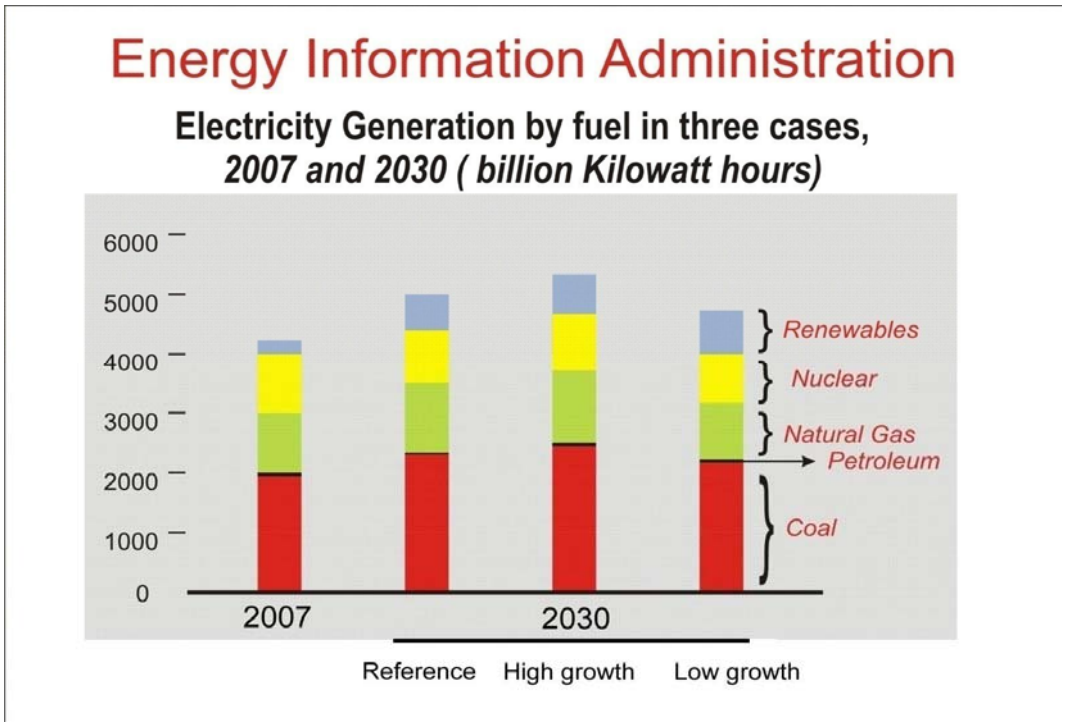


شکل۳: فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق با درنظر گرفتن کلیه روش های تولید برق در مقایسه با کشور های آمریکای شمالی[۱]

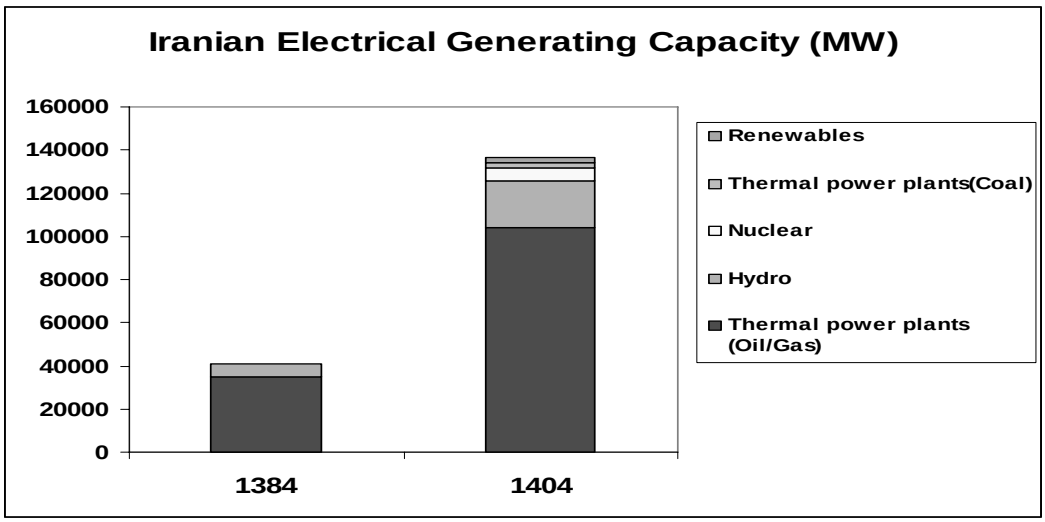


شکل۴: ظرفیت نصب شده نیروگاهی در سال ۲۰۰۵ در کانادا و پیش بینی وضع تولید برق آن کشور در سال ۲۰۳۰ و افزایش سهم انرژی های تجدید پذیر و برق آبی در تولید برق[۶]

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]



شکل۵: تولید برق در سال 2007 در آمریکا و پیش بینی تولید آن در سال 2030 [۷]



شکل ۶: ظرفیت نصب شده نیروگاهی در سال ۱۳۸۴ در ایران و پیش بینی وضع تولید برق در سال ۱۴۰۴ [۳]

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

نتیجه گیری

میانگین فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی کشور (با در نظر گرفتن سهم تولید نیروگاه های برق آبی و توربین بادی) برای گاز CO_2 ،۶۴۰ gr/kWh گاز SO_2 ، ۲/۷۵ gr/kWh و گاز NOx، ۲/۴ gr/kWh محاسبه و برآورد شده است.

در صورت استفاده بیشتر از انرژی های تجدید پذیر، انرژی برق آبی و انرژی هسته ای و نیز افزایش راندمان نیروگاه‌ها، استفاده از سیستم های پایش مداوم و سیستم های کاهش آلاینده های خروجی از دودکش نیروگاه ها، فاکتورهای انتشار به شدت کاهش می‌یابد. برای نمونه در کانادا که عمده ظرفیت تولید برق آن از انرژی برق آبی(۶۱٪) و انرژی هسته‌ای (۱۲٪) است، فاکتور انتشار گاز CO_2، ۲۲۰gr /kWh ، گاز SO_2 ، ۱/۰۸ gr/kWh و گاز NOx، ۰/۴۵ gr/kWh است.

با افزایش راندمان فاکتور انتشار گاز CO_2 کاهش می یابد. در مورد آلاینده NOx علاوه بر راندمان، بود و نبود سیستم‌های متداول کاهش این آلاینده مانند سیستم های کاتالیستی، مشعل های پیش اختلاط نظیر مشعل LNB در نیروگاه های بخاری و مشعل DLN در نیروگاه های توربین گازی و سیکل ترکیبی در تعیین میزان فاکتور انتشار این آلاینده مشارکت دارند.

تجهیز نیروگاه ها به سیستم‌های کاهش آلاینده بسیار موثرتر از نقش افزایش راندمان آنهاست. ۲۶/۷ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه های سیکل ترکیبی و ۷۱/۴ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه های توربین گازی کشور مجهز به مشعل DLN در حالت گاز سوز است. هیچیک از نیروگاه های بخاری کشور در هنگام مصرف سوخت گاز دارای سیستم کاهش آلاینده NOx نیست. در حالت استفاده از سوخت مایع فقط ۳/۷ درصد از کل ظرفیت نیروگاهی کشور مجهز به سیستم کاهش آلاینده NOx است. در حالت کلی، در هنگام استفاده از سوخت مایع تیپ‌های نیروگاهی با راندمان تولید انرژی الکتریکی بیشتر، دارای کمترین فاکتور انتشار این آلاینده است. به جز نیروگاه های بخار، که از سیستم GRFan در هنگام بهره برداری با سوخت سنگین (مازوت) استفاده می‌کنند، این مورد موجب کاهش فاکتور انتشار آلاینده NOx در نیروگاه های بخار در مقابل نیروگاه های سیکل ترکیبی در هنگام مصرف سوخت مایع خواهد شد. ۱۸/۵ درصد از ظرفیت نیروگاه های بخار کشور فاقد GRFan است.

فاکتور انتشار آلاینده SO_2 در نیروگاه های بخار با توجه به این که مازوت مصرفی در این نیروگاه‌ها به طور متوسط حاوی ۲/۵ درصد وزنی گوگرد است، بسیار بیشتر از فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های توربین گازی و سیکل ترکیبی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

است. گازوئیل مصرفی در این نیروگاه ها بین ۰/۵ تا ۱ درصد وزنی است. هیچیک از نیروگاه های کشور مجهز بـه سیـستم کاهش این آلاینده نیست.

متوسط فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های بخار gr/kWh ۱۵/۲۷ است. پراکندگی ایـن آلاینـده در آتمـسفر بـا توجه به وضعیت هواشناسی و کلاس پایداری هوا و توپوگرافی منطقه دارای الگوهای مختلفی است. در فـصل زمـستان بـا توجه به این که ارتفاع اختلاط بسیار کمتر از فصول دیگر سال است، رقیق سازی این آلاینده در اتمسفر به خـوبی صـورت نمی گیرد، از این رو مناطق شهری و روستایی اطراف نیروگاه و خطوط انتقال و توزیـع و سـایر تجهیـزات نیروگـاهی از آن متاثر می گردد.

سهم انرژی های نو و انرژی هسته‌ای در تولید برق کشورهای آمریکا و کانادا در حال افزایش اسـت. بـه دیـن ترتیـب، فاکتور انتشار ملی این کشورها در حوزه تولید انرژی الکتریکی در سال های آینده به دلیل پاک بودن انرژی های نو، کاهش می‌یابد. صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی و بهبود بهره وری انرژی، موجب کاهش فاکتور انتشار گازهای خروجی از دودکش نیروگاه ها خواهد شد. درصد بسیار زیاد مصرف گاز در نیروگاه های کشور موجـب کـاهش فـاکتور انتـشار کـل در نیروگاه‌های کشور علیرغم عدم استفاده از سیستم‌های کاهش آلاینده ها و پایین بودن راندمان نیروگاه های کشور نسبت به نیروگاه های کشورهای آمریکای شمالی شده است.

در ایران توسعه ظرفیت نیروگاه های برق آبی، هسته ای و انرژی های تجدیدپذیر همزمـان بـا کـاربرد سیـستم هـای کاهش آلاینده SO_2 و NOx خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی موجب کـاهش فـاکتور انتـشار ملـی در حـوزه تولیـد انرژی الکتریکی خواهد شد. در صورت حفظ وضع موجود نیروگاه های کشور تـا سـال ۱۴۰۴ و عـدم نـصب سیـستم هـای کاهش آلاینده و یا بهره برداری نامناسب از آن، فاکتور انتشار ملی در بخش تولید انرژی الکتریکی با توجه به افزایش سهم تولید نیروگاه های سوخت فسیلی، افزایش خواهد یافت. علاوه بر این، با توسعه نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز تا سـال ۱۴۰۴ علاوه بر آلاینده های ذکر شده فاکتور انتشار جیوه (Hg) نیز باید کنتـرل و مهـار شـود. صـرفه جـویی در مـصرف انـرژی الکتریکی در ایران موجب کاهش تقاضا و در نتیجه کاهش تولید و سرانجام کاهش فاکتور انتـشار آلاینـده هـای گـازی در کشور خواهد شد.

منابع

[۱] آمار تفصیلی صنعت برق کشور در سال۱۳۸۶، شرکت توانیر

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]

[۲] پروژه تدوین اطلس آلودگی نیروگاه های کشور، مجری ،گروه محیط زیست پژوهشگاه نیرو، کار فرما دفتر امـور تحقیقـات بـرق شرکت توانیر، ۱۳۸۵-۱۳۸۷.

[۳] سند چشم انداز بیست ساله انرژی ایران، کمیسیون تخصصی شورای عالی انرژی کشور، ،شهریور ۱۳۸۶.

[۴] شناسایی بازار CO_2، NOx، SOx و عملکرد آنها، گروه محیط زیست پژوهشگاه نیرو، سال ۱۳۸۴.

[5] J. Miller North American Power Plant Air Emissions, Paul,2004, Commission for Environmental Cooperation of North America Montréal, Québec.

[6] National Energy Board.2007, Canada's Energy Future, http://www.neb.gc.ca.

[7] U.S. Department of Energy. Annual Energy Outlook 2009 with Projection to 2030. http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index/html

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-24]