

کاهش تولید گازهای گلخانه ای به واسطه استفاده از انرژی بادی و سیستم ذخیره ساز انرژی

جواد ریوندی ، علی مروجی

1- کارشناس تحقیق و توسعه شرکت نیان الکترونیک مشهد، شهرک صنعتی طوس،

2- کارشناس تحقیق و توسعه شرکت نیان الکترونیک مشهد، شهرک صنعتی طوس

خلاصه

در این مقاله به فاکتور انتشار (SO_2 ، NO_x ، CO_2) خروجی از نیروگاه های کشور که باعث آلودگی زیست محیطی میشود اشاره می گردد. سپس با توجه به رشد سالیانه 3700 مگاواتی ظرفیت نیروگاه های کشور با بررسی آلودگی های آتی و خسارات اجتماعی ناشی از این ظرفیت ها می پردازیم و در ادامه این پارمترها با در نظر گرفتن دو حالت نیروگاه بادی و سیستم ذخیره ساز انرژی محاسبه و بررسی می شوند. طی این مقایسه با توجه به جایابی های بهینه صورت گرفته و شرایط شبکه برق کشور از لحاظ پایداری دینامیکی و استاتیکی آن، به طور سالیانه از 3700 مگاوات ظرفیت نیروگاهی، میزان 2000 مگاوات آن را بصورت نیروگاه بادی در نظر می گیریم و همچنین با در نظر گرفتن سیستم ذخیره ساز انرژی در شبکه برق کشور، طی تحقیقات انجام شده با توجه به وضعیت نیروگاه ها می توان میزان بازده نیروگاه های کشور را در بازه های زمانی خاصی از سال تا میزان 2 درصد افزایش داد. در انتها ملاحظه می شود که میزان آلودگی ناشی از گازهای گلخانه ای در کشور به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.

کلمات کلیدی: انرژی بادی ، خسارات اجتماعی ، سیستم ذخیره ساز انرژی ، گازهای گلخانه ای

1. مقدمه

آلودگی هوا یک تهدید جدی ، مستمر و فراگیر علیه سلامت موجودات زنده و محیط زیست می باشد که علاوه بر مشکلات زیست محیطی و به خطر انداختن سلامت انسان ها و سایر موجودات زنده دارای طبقات سوء اقتصادی و اجتماعی نیز می باشد که به صورت آرام و تدریجی و بعضا غیر قابل جبران نمایان می شود و لذا ضروری است به عنوان یک معضل ملی به آن توجه گردد .

در دنیای امروز و عصر تکنولوژی ، با توجه به روند رو به رشد جمعیت جهان و افزایش سطح رفاه جوامع که در بسیاری از موارد منجر به افزایش یا ایجاد مصارف جدید انرژی می شود و افزایش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه ای را در پی دارد . در خصوص کشور ما نیز ، مصرف فزاینده سوخت های فسیلی طی سال های گذشته ، علاوه بر تحمیل هزینه های گزاف به اقتصاد ملی ، بحران آلودگی هوا را نیز ایجاد کرده است که این آلودگی سلامت و بهداشت شهروندان را شدیداً در معرض خطرات جدی قرار می دهد . طبق آمار سازمان بهداشت جهانی آلودگی هوا چهارمین عامل مهم مرگ و میر در جهان می باشد که سالانه حدود 1200000 نفر بر اثر آن فوت می کنند .

2. روند افزایش آلودگی نیروگاه های کشور

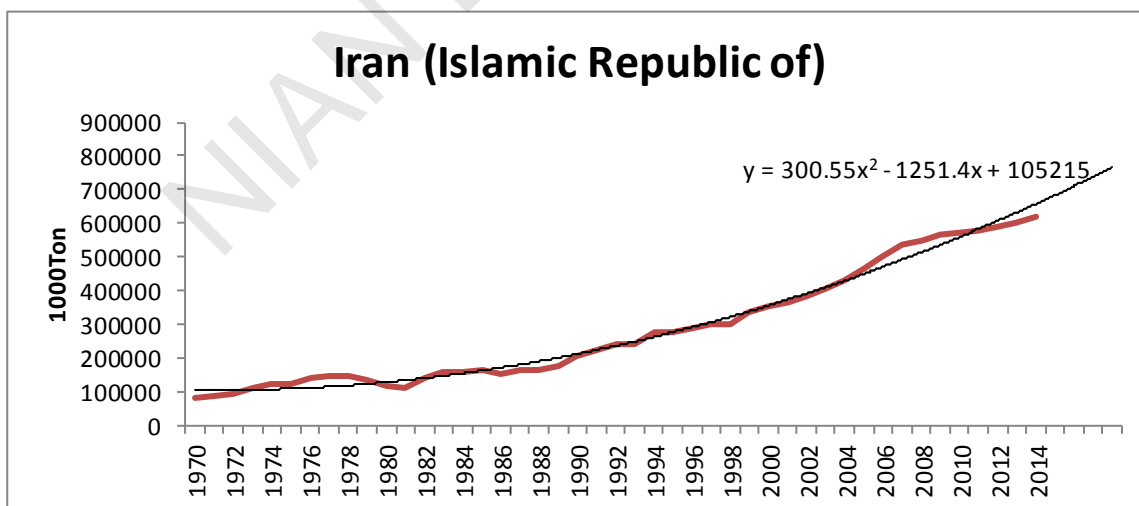
با توجه به افزایش مصرف سالیانه انرژی و برق در کشور می توان از واحدهای نیروگاهی تجدیدپذیر و همچنین استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی به جای احداث واحدهای نیروگاهی فسیلی جدید جهت تامین این نیاز استفاده نمود. به طبع با احداث واحدهای نیروگاهی فسیلی جدید میزان انتشار گاز های گلخانه ای نیز افزایش می یابد.

جدول 1: سهم نیروگاه های ایران در انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای در سال 1392 [1]

بخش / گاز	NO _x	SO ₂	CO ₂
نیروگاهی (درصد)	34.83	56.46	30.61
منابع دیگر تولید کننده گازهای آلاینده	65.17	43.54	69.39

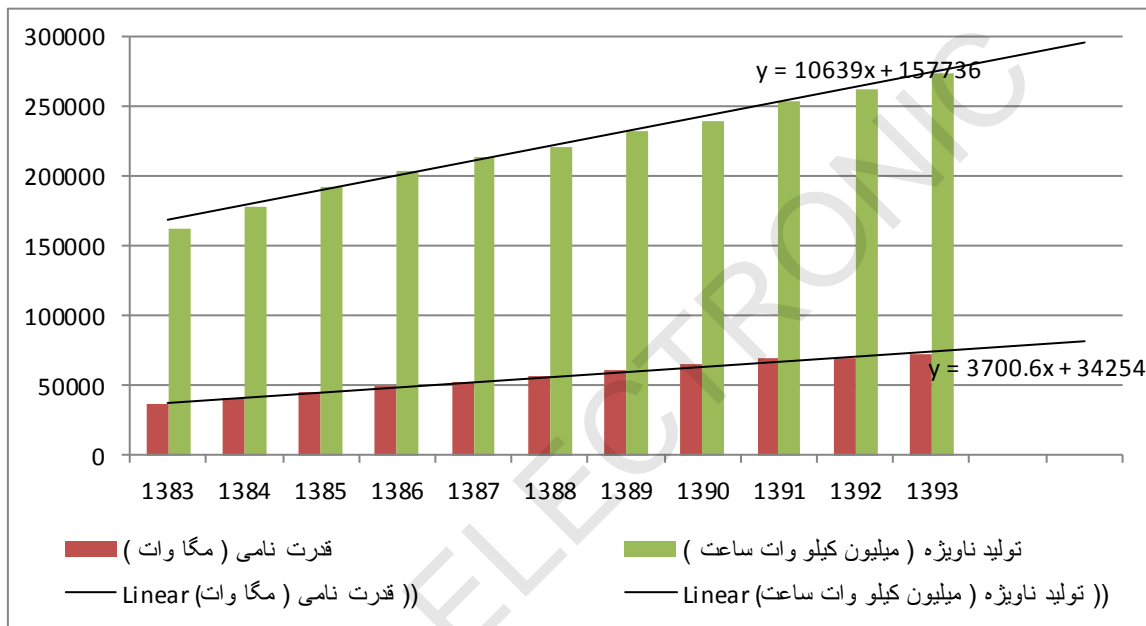
همانطور که در مقدمه بیان شد آلودگی هوا اثرات مخرب فراوانی بر روی محیط زیست و همچنین سلامت انسان ها می گذارد. آلودگی هوا باعث بیماری های خطرناک بسیاری از جمله: آسم، انواع سرطان ها، اختلالات اعصاب، اختلالات گوارشی، بیماری های قلبی و عروقی و ... می گردد. متأسفانه این آلودگی بر روی سلامت کودکان و افراد سالخورده تاثیرات مخرب بیشتری دارد.

در نمودار زیر میزان انتشار گازهای گلخانه ای در کشور ایران طی سال های اخیر که توسط اتحادیه اروپا تهیه شده است را مشاهده می کنید که متأسفانه به صورت نمایی روبه افزایش می باشد و در صورت ادامه ی این روند در سال های آتی باعث ایجاد خسارات اقتصادی هنگفت و هم چنین افزایش بیماری ها و مرگ و میرهای ناشی از آلودگی هوا می گردد.

شکل 1: روند افزایش تولید گاز CO₂ در کشور [2]

3. رشد احداث نیروگاه های فسیلی در کشور

با توجه به آمار روند ده ساله صنعت برق ایران در نمودار زیر مشاهده می کنید که بطور میانگین سالیانه حدود 3700 مگاوات به ظرفیت نیروگاهی کشور افزوده می شود که باعث افزایش انتشار گاز های گلخانه ای می گردد.



شکل 2: روند افزایش ظرفیت نیروگاه های کشور [3]

4. میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای توسط احداث واحدهای نیروگاهی بادی و سیستم ذخیره ساز

انرژی

گسترش روز افزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی ، افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع ، بحث گرم شدن هوا و اثرات پدیده گلخانه ای ، ریزش باران های اسیدی و ضرورت متعادل نمودن نشر CO_2 ، همگی لزوم صرفه جویی در مصرف سوخت های فسیلی و توجه به استفاده از منابع تجدیدپذیر را ایجاب می کند . در بین انرژی های تجدیدپذیر ، انرژی بادی یکی از اقتصادی ترین روش های تولید برق بوده که آلودگی زیست محیطی نداشته و پایان ناپذیر می باشد .

جدول 2: انتشار گاز های آلاینده و گلخانه ای بخش نیروگاهی ایران به تفکیک سوخت در سال 1391 [1]

نیروگاه	Co ₂ (Ton×10 ³)	No _x (Ton×10 ³)	So ₂ (Ton×10 ³)
وزارت نیرو			
نفت گاز	17882.4	114.6	50.1
گاز طبیعی	69524.7	291.2	-
نفت کوره	56801.2	141.8	753.3
جمع	144148.3	547.5	803.5
بخش خصوصی			
نفت گاز	5096.9	36.5	19.8
گاز طبیعی	15001.8	15.4	-
نفت کوره	-	-	-
جمع	20098.8	51.9	19.8
صنایع بزرگ			
نفت گاز	87.4	0.3	0.01
گاز طبیعی	8159.6	29.7	-
نفت کوره	-	-	-
گاز کوره ی بلند	2170.1	-	-
جمع	10417.1	29.9	0.4
جمع کل	174664.1	629.4	823.6

تولید گازهای گلخانه ای به ازای هر کیلووات ساعت برابر است با :

جدول 3: انتشار گاز های گلخانه ای بخش نیروگاهی ایران

Co ₂ (gr /kwh)	No _x (gr /kwh)	So ₂ (gr /kwh)
687	2.475	3.239

به عنوان نمونه در منطقه منجیل هر توربین بادی 500 کیلووات در سال 1500000 کیلووات ساعت برق تولید می کند که باعث کاهش آلاینده های محیط زیست به مقدار زیر خواهد شد [4]:

$$\text{Co}_2 = 1030500 \text{ Kg}$$

$$\text{No}_x = 3712.5 \text{ Kg}$$

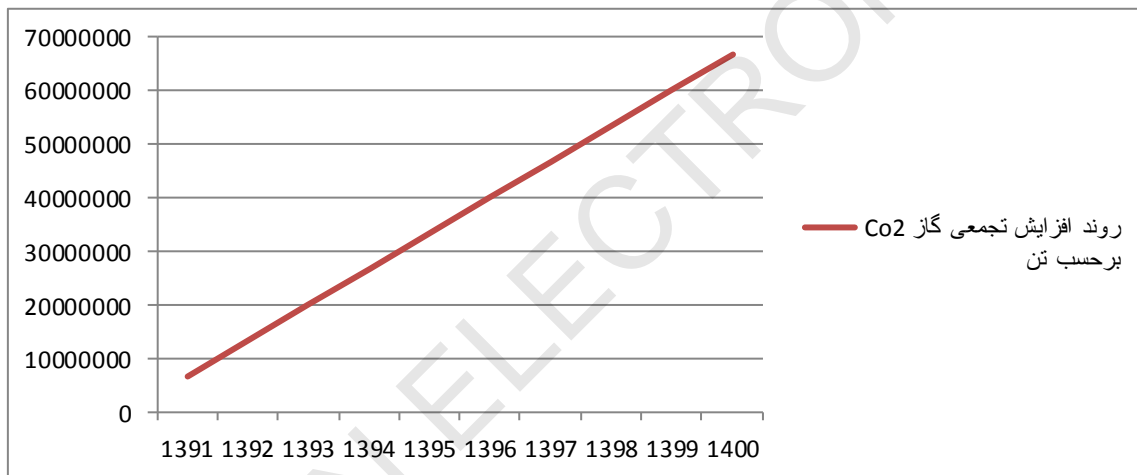
$$\text{So}_2 = 4858.5 \text{ Kg}$$

با توجه به احداث سالانه 3700 مگاوات واحدهای نیروگاهی جدید در کشور میزان آلودگی سالانه ناشی از این واحدها طبق جدول زیر می باشد:

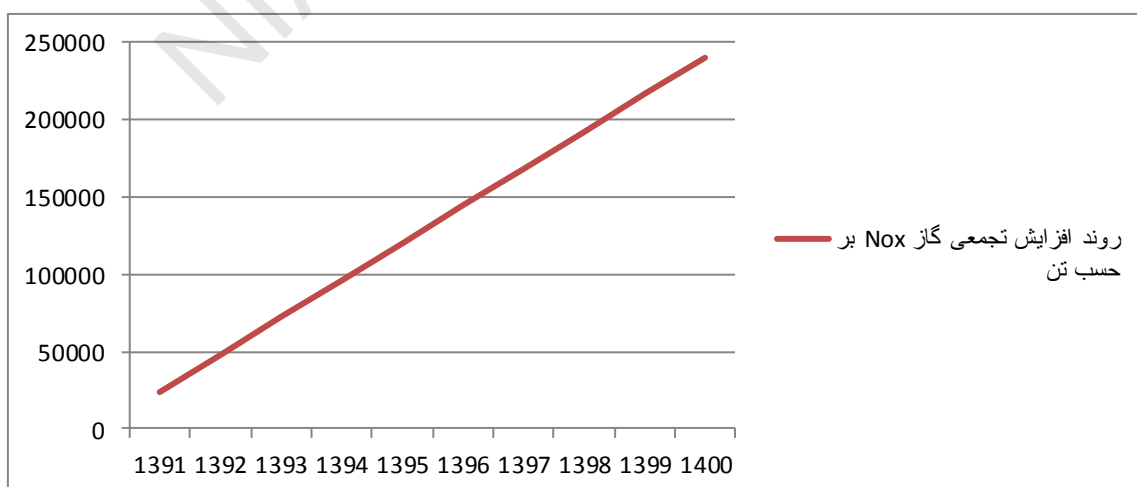
جدول 4: میزان آلودگی سالانه ناشی از واحدهای جدید

Co ₂ (Ton)	No _x (Ton)	So ₂ (Ton)
6680113.2	24065.91	31494.74

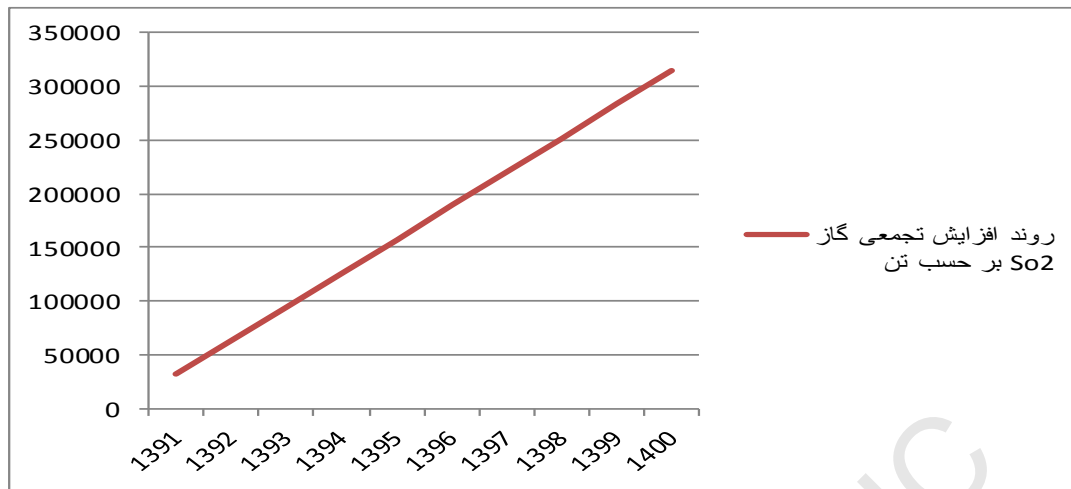
در صورت احداث سالانه 3700 مگاوات احداث نیروگاه فسیلی میزان افزایش تولید گازهای گلخانه ای تا سال 1400 بصورت نمودارهای ذیل می باشد.



شکل 3: روند افزایش تجمیعی گاز Co₂ بر حسب تن تا سال 1400



شکل 4: روند افزایش تجمیعی گاز No_x بر حسب تن تا سال 1400



شکل 5: روند افزایش تجمعی گاز So2 بر حسب تن تا سال 1400

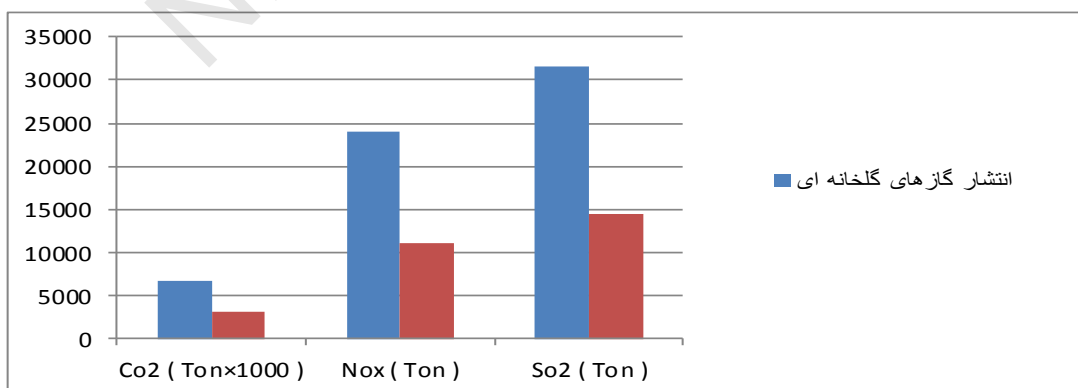
4-1. نیروگاه بادی

با توجه به امکانات زیرساختی کشور و در راستای انجام اهداف برنامه ششم توسعه، 2000 مگاوات از 3700 مگاوات را از طریق نیروگاه های بادی (با بازده 30 درصد) تامین کرد که باعث کاهش تولید گازهای گلخانه ای طبق جدول زیر میگردد.

جدول 5: کاهش میزان آلودگی سالیانه ناشی از واحدهای جدید در حضور 2000 مگاوات نیروگاه بادی

Co ₂ (Ton)	No _x (Ton)	So ₂ (Ton)
3610872	13008.6	17024.184

همانطور که در شکل 6 مشاهده می نمایم در هر سال توسط نصب 2000 مگاوات نیروگاه بادی، انتشار گاز های گلخانه ای به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.



شکل 6: مقایسه میزان انتشار گازهای گلخانه ای با حضور 2000 مگاوات نیروگاه بادی

4-2. سیستم ذخیره ساز انرژی

ذخیره سازی انرژی الکتریکی یکی از مسائل مهم مدیریت سیستم قدرت می باشد و نیاز به ذخیره انرژی الکتریکی در کشور ایران یک ضرورت می باشد. ذخیره برق توسط روش های گوناگونی از جمله روش های زیر صورت می پذیرد [5]:

- 1- روش ذخیره انرژی تلمبه ذخیره ای
- 2- روش ذخیره انرژی بوسیله فشرده سازی هوا Compressed Air Energy Storage (CAES)
- 3- روش ذخیره انرژی بوسیله چرخ طیار یا FlyWheel
- 4- ذخیره سازی انرژی در ابر رساناها
- 5- خازن های الکتروشیمیایی
- 6- استفاده از باتری های مقیاس بزرگ یا Grid battery storage

همچنین استفاده از سیستم های ذخیره ساز انرژی دارای مزایایی از جمله: کاهش آلودگی های زیست محیطی، کنترل فرکانس در پیک، جلوگیری از خواب سرمایه، کاهش تلفات خطوط انتقال و توزیع، کاهش میزان خاموشی ها، کاهش سرمایه گذاری در زیرساخت ها، افزایش قابلیت اطمینان سیستم، جلوگیری از آسیب به تجهیزات، کاهش میزان واردات برق، کاهش میزان هزینه و تعرفه های مصرف برق (آر بی تراژ انرژی)، افزایش نفوذ منابع تولید تجدید پذیر و ... می باشد.

تولید برق در ساعات پیک نسبت به ساعات غیرپیک باعث استفاده ی بیشتر از ظرفیت نیروگاه ها و همچنین داخل مدار آوردن نیروگاه های فرسوده توسط دیسپاچینگ ملی می گردد که حدود 2 درصد بازده کلی نیروگاه های کشور پایین می آید که به طبع باعث افزایش مصرف سوخت نیروگاه ها و تولید گازهای گلخانه ای می گردد. در صورت استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی از این کاهش راندمان نیروگاه ها جلوگیری به عمل می آید.

در سال 91 در صورت استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی با توجه به ترازنامه انرژی از میزان تولید گازهای گلخانه ای طبق جدول 6 جلوگیری به عمل می آورد و هم چنین استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی سالیانه طبق جدول 7 از تولید گازهای گلخانه ای می کاهد:

جدول 6: کاهش میزان آلودگی در سال 91 با استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی

	آلودگی بدون استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی	کاهش آلودگی در صورت استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی
CO ₂ (Ton×10 ³)	174664.1	291.1
NO _x (Ton×10 ³)	629.4	1.049
SO ₂ (Ton×10 ³)	823.6	1.373

جدول 7: آلودگی سالیانه توسط 3700 مگاوات نیروگاه فسیلی در کشور

	آلودگی بدون استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی	کاهش آلودگی در صورت استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی
Co ₂ (Ton)	6680113.2	11133.5
No _x (Ton)	24065.91	40.1
So ₂ (Ton)	31494.74	52.5

5. هزینه خسارات اجتماعی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای

بیشترین سهم خسارت های زیست محیطی مربوط به آثار آلودگی گازهای گلخانه ای بر سلامت انسان است. علاوه بر آسیب های سلامتی انتشار آلاینده ها موجب مسائل و مشکلات زیست محیطی منطقه ای و جهانی از قبیل بارش باران های اسیدی و انباشت گازهای گلخانه ای جوی و تغییر آب و هوای جهان می شوند. براساس ضرایب (Energy Protection Agency) EPA آمریکا، هزینه های اجتماعی سه آلاینده ی مهم So₂، Co₂ و No_x طبق جدول 8 می باشد.

جدول 8: هزینه های اجتماعی سه آلاینده مهم [6]

	خسارت اجتماعی
Co ₂	0.05 \$/kg
No _x	16 \$/kg
So ₂	35.2 \$/kg

جدول 9: خسارت سالیانه ناشی از گازهای گلخانه ای با احداث 3700 مگاوات نیروگاه فسیلی جدید

	میزان تولید (Ton)	خسارت اجتماعی سالیانه (میلیون دلار)
Co ₂	6680113.2	334
No _x	24065.91	385
So ₂	31494.74	1108.6
مجموع		1827.6

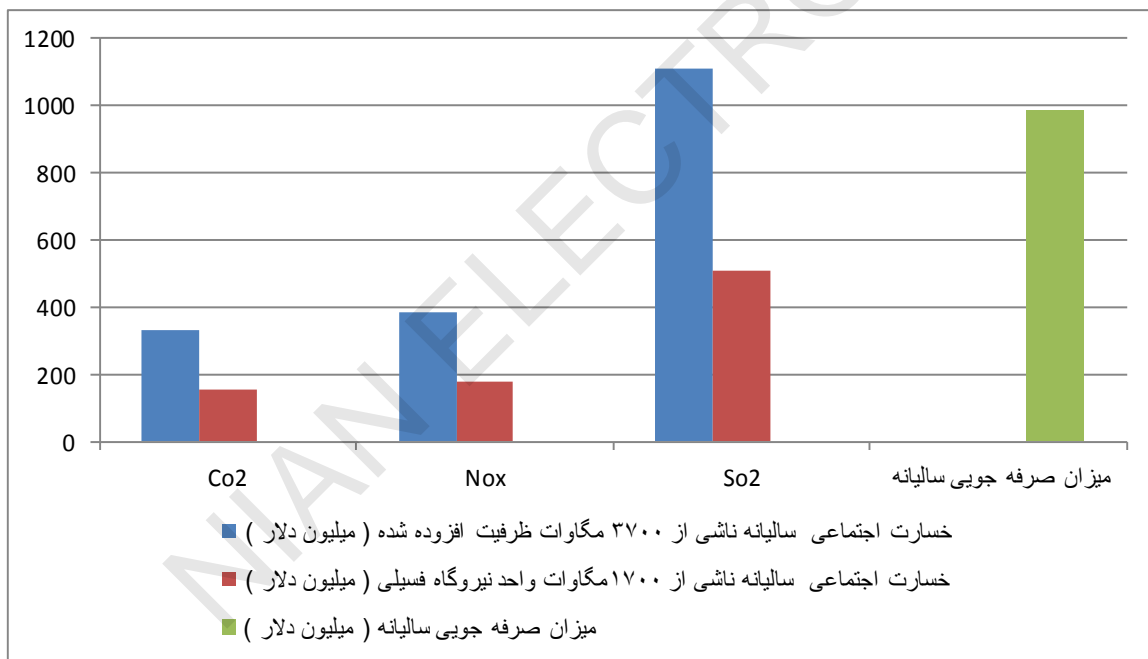
1-5. نیروگاه بادی

همان طور که می دانید نیروگاه های بادی، آلودگی زیست محیطی ندارند و طبق فرض مسئله با در نظر گرفتن 2000 مگاوات نیروگاه بادی از مجموع 3700 مگاوات نیروگاه جدید سالیانه، می توان از افزایش میزان آلودگی محیط زیست جلوگیری به عمل آورد و خسارات اجتماعی ناشی از آن را کاهش داد [8،7].

جدول 10: میزان صرفه جویی سالیانه ناشی از واحدهای جدید در حضور 2000 مگاوات نیروگاه بادی

	کاهش میزان تولید (Ton)	میزان صرفه جویی سالیانه (میلیون دلار)
CO ₂	3610872	180.5
NO _x	13008.6	208.1
SO ₂	17024.184	599.3
مجموع		987.9

در نمودار زیر میزان خسارت اجتماعی سالیانه ناشی از ایجاد 3700 مگاوات ظرفیت جدید نیروگاهی فسیلی در مقایسه با ایجاد 1700 مگاوات ظرفیت نیروگاهی فسیلی و 2000 مگاوات ظرفیت نیروگاهی بادی برای تامین نیاز سالیانه کشور و همچنین میزان صرفه جویی سالیانه را مشاهده می کنید .



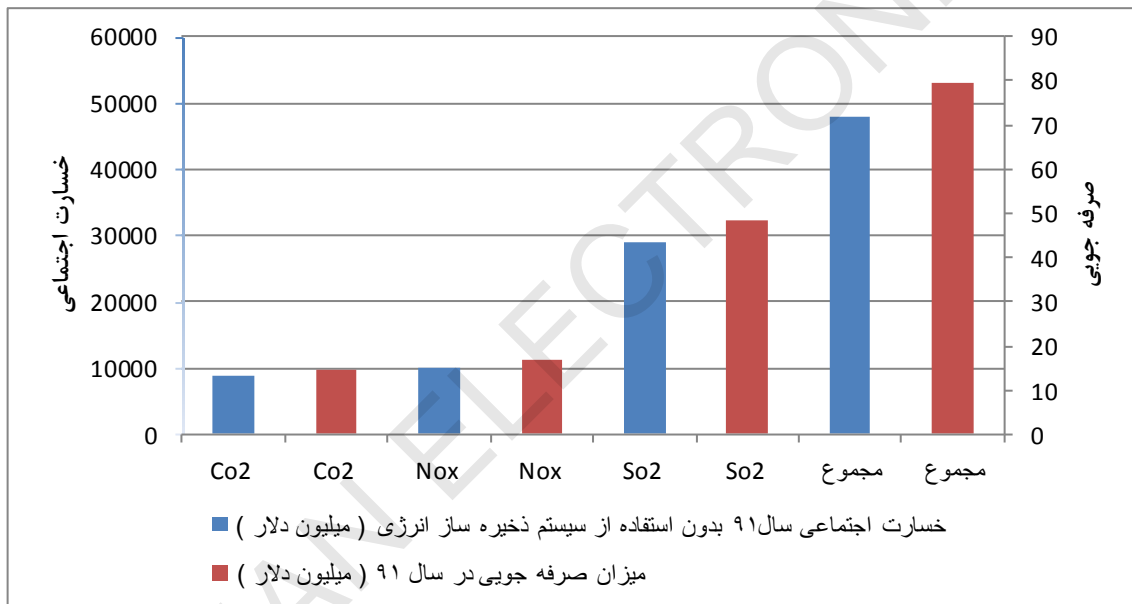
شکل 7: مقایسه خسارات اجتماعی سالیانه در حضور واحدهای بادی

5-2. سیستم ذخیره ساز انرژی

در جدول زیر میزان انتشار گازهای گلخانه ای در سال 91 توسط نیروگاه های کشور و خسارات ناشی از آن ها در همان سال و میزان تولید این گازها در حضور سیستم ذخیره ساز انرژی و صرفه جویی صورت گرفته توسط این سیستم را مشاهده می نمایید [9].

جدول 11: میزان صرفه جویی در سال 91 در حضور سیستم ذخیره ساز انرژی [9]

	میزان تولید بدون استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی (Ton×10 ³)	خسارت اجتماعی سال 91 بدون استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی (میلیون دلار)	کاهش آلودگی در صورت استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی (Ton×10 ³)	میزان صرفه جویی در سال 91 (میلیون دلار)
Co ₂	174664.1	8733.2	291.1	14.5
No _x	629.4	10070.4	1.049	16.7
So ₂	823.6	28992.8	1.373	48.3
مجموع		47796.4		79.6

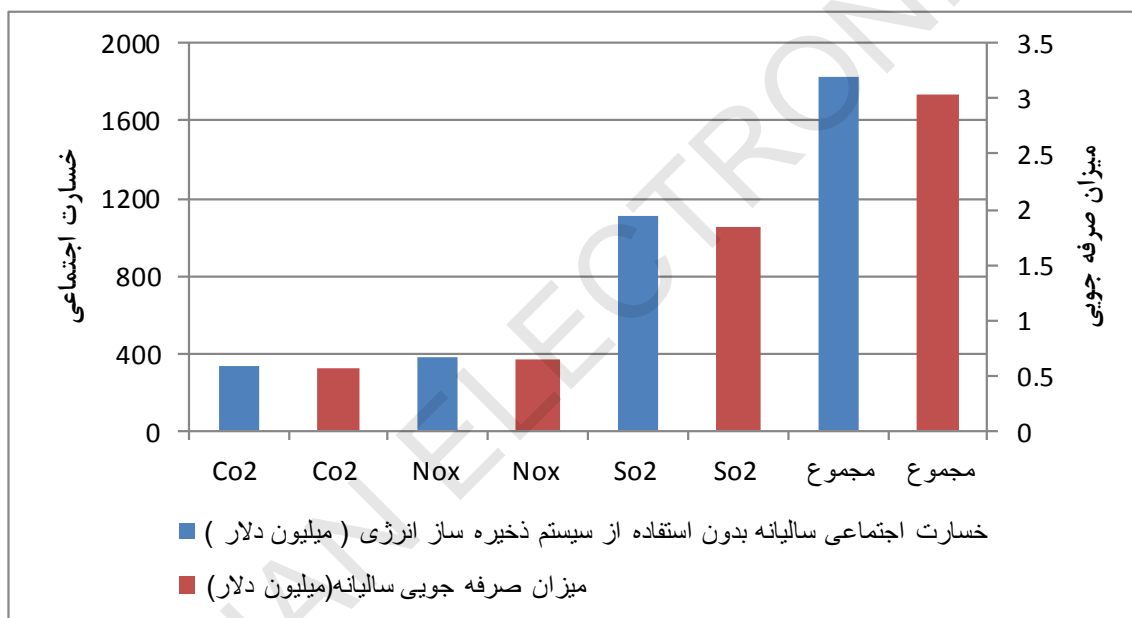


شکل 8: مقایسه میزان صرفه جویی و هزینه های اجتماعی در سال 91 در حضور سیستم ذخیره ساز انرژی

در جدول 12 میزان انتشار سالیانه گازهای گلخانه ای توسط 3700 مگاوات ظرفیت افزوده شده به نیروگاه های کشور و خسارات ناشی از آن ها در همان سال و میزان تولید این گازها در حضور سیستم ذخیره ساز انرژی و صرفه جویی صورت گرفته توسط این سیستم را مشاهده می نمایید.

جدول 12: میزان صرفه جویی سالیانه در حضور سیستم ذخیره ساز انرژی

	میزان تولید بدون استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی (Ton)	خسارت اجتماعی سالیانه بدون استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی (میلیون دلار)	کاهش آلودگی در صورت استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی (Ton)	میزان صرفه جویی سالیانه (هزار دلار)
Co ₂	6680113.2	334	11133.5	556.7
No _x	24065.91	385	40.1	641.6
So ₂	31494.74	1108.6	52.5	1848
مجموع		1827.6		3046.3



شکل 9: مقایسه میزان صرفه جویی و هزینه های اجتماعی سالیانه در حضور سیستم ذخیره ساز انرژی

نتیجه گیری

میانگین فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی کشور برای گاز Co₂ برابر با 687gr/Kwh ، برای گاز No_x برابر با 2.475gr/Kwh و گاز So₂ برابر با 3.239gr/Kwh است . در صورت استفاده بیشتر از انرژی های تجدیدپذیر مانند انرژی بادی و نیز با افزایش راندمان نیروگاه ها، نظیر استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی، فاکتورهای انتشار و میزان آلودگی و خسارات ناشی از آن بشدت کاهش می یابد. برای نمونه در کشور بطور سالانه نیاز به احداث 3700 مگاوات واحد نیروگاهی جدید می باشد که با توجه به جایابی های بهینه و همچنین بررسی پایداری شبکه کشور می توان سالانه حدود 2000 مگاوات از این نیاز را توسط منابع تولید تجدیدپذیر

نظیر نیروگاه های بادی رفع نمود که سالانه در مجموع به میزان 3640905 تن از میزان آلاینده های جدید کاسته می شود و همچنین میزان صرفه جویی در هزینه های اجتماعی سالانه حدود 988 میلیون دلار می باشد. با استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی در بازه های زمانی خاصی از سال می توان راندمان نیروگاه های کشور را تا میزان 2 درصد افزایش داد که با این افزایش راندمان، فاکتور انتشار گازهای گلخانه ای کاسته می شود. به عنوان مثال با استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی در سال 91 در مجموع به میزان 293522 تن از حجم آلاینده های نیروگاه ها کاسته می شد که این امر باعث صرفه جویی 79 میلیون دلاری در هزینه های اجتماعی در این سال می گردید.

قدردانی

با تشکر و سپاس فراوان از زحمات مدیریت محترم شرکت نیان الکترونیک جناب آقای مهندس چمنیان که در راستای انجام پروژه ما را یاری کردند.

مراجع

- [1]. ترازنامه های انرژی، وزارت نیرو.
- [2]. Global CO2 emissions from fossil fuel use and cement production 1970-2014.
- [3]. روند ده ساله صنعت برق ایران، شرکت توانیر، سال 1393.
- [4]. انرژی های نو گزارش سوم. سال 92. سازمان انرژی های نو ایران. (سانا).
- [5]. DOE/EPRI 2013 Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA. Abbas A. Akhil, Georgianne Huff, Aileen B. Currier, Benjamin C. Kaun, Dan M. Rastler, Stella Bingqing Chen, Andrew L. Cotter, Dale T. Bradshaw, and William D. Gauntlett. July 2013.
- [6]. EPA (Energy Protection Agency of USA).
- [7]. REN21-GSR2015_Onlinebook_low1.
- [8]. چالش های بهره برداری شبکه برق کشور با ورود حجم بالای توان بادی به شبکه خراسان، 12 اسفند 1394 - چهارمین کنفرانس انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران، دکتر مصطفی عیدپانی.
- [9]. اسناد و مدارک داخل سازمانی شرکت نیان الکترونیک.

