

## ■ نیروگاه‌های بادی در جهان ۹۶

دکتر محمد جمیل

از حدود سال‌های ۱۹۸۰ میلادی، به تدریج انرژی‌های خورشیدی و بادی به صحنه زندگی و اقتصاد روزمره کشورهای پیشرفته راه یافتند و هر چند کل ظرفیت نیروگاه‌های بادی نصب شده در جهان در حال حاضر از حدود ۱/۵ الی ۲ درصد نیروگاه‌های هسته‌ای جهان تجاوز نمی‌کند.<sup>(۱)</sup> براساس محاسبات جدید اقتصادی که خسارات وارده به محیط زیست و در نهایت به خود انسان و جامعه

### مقدمه

با توجه به اهمیت ویژه‌ای که انرژی و نحوه تبدیل و کاربرد آن در جهان امروز دارد، نیاز روزافزونی به انرژی‌های بدون آلودگی زیست محیطی احساس می‌شود. براساس مطالعاتی که دکتر کنود رفلد<sup>۲</sup> از مؤسسه انرژی بادی آلمان طی چند سال گذشته در زمینه استفاده از انرژی بادی انجام داده و در نشریات این مؤسسه درج شده است<sup>(۱)</sup>. نگارنده در تاریخ ۱۳۷۵/۱۰/۳ در پژوهشگاه مواد و انرژی به سخنرانی در باره «نیروگاه‌های بادی در جهان» پرداختم.

1. Dr.Knud Rehfeld.

2. DEWI-Wilhelmshaven.



جدول ۱- قاره امریکا

کشورها	ظرفیت تمام نیروگاه‌های بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۵	ظرفیت تمام نیروگاه‌های بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۶
۱- ایالات متحده امریکا	۱۵۹۱ مگاوات	۱۵۹۶ مگاوات
۲- کانادا	۲۱	۲۱
۳- مکزیک	۱/۶	۱/۶
۴- امریکای مرکزی و جنوبی	۱۰	۳۲
جمع	۱۶۲۳/۶MW	۱۶۵۰/۶MW

به ارقام مندرج در جداول ۱ تا ۵ منطبق است با آخرین آمار ارائه شده از طرف BMT Consult ApS تا پایان سال ۱۹۹۶ [5.4]

جدول ۲- قاره اروپا

کشورها	ظرفیت تمام نیروگاه‌های بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۵	ظرفیت تمام نیروگاه‌های بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۶
۱- دانمارک	۶۳۷ مگاوات	۸۳۶ مگاوات
۲- فنلاند	۶/۱	۷/۲
۳- فرانسه	۳	۵/۷
۴- آلمان	۱۱۳۲	۱۵۵۲
۵- یونان	۲۸	۲۹
۶- ایتالیا	۳۲/۵	۷۰/۵
۷- ایرلند	۷	۱۱
۸- هلند	۲۴۹	۲۹۹
۹- پرتغال	۸/۵	۱۹/۱
۱۰- اسپانیا	۱۳۲	۲۴۹
۱۱- سوئد	۶۹	۱۰۳
۱۲- انگلستان	۲۰۰	۲۷۳
۱۳- دیگر کشورهای اروپایی	۲۷	۲۳
جمع	۲۵۳۲/۱MW	۳۴۹۷/۵MW

رأبه صورت ارقام دلاری برمی شمرد، آینه و صلاح بشریت در استفاده از انرژی های جدید دانسته شده است، در زیر، چکیده مطالعاتی که یک شرکت مشاوره ای دانمارکی در زمینه نیروگاه های بادی انجام داده است، همراه با آخرین آمار موثق در

جدول ۳- قاره آسیا، آفریقا، استرالیا و اقیانوسیه

کشورها	ظرفیت تمام نیروگاه های بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۵	ظرفیت تمام نیروگاه های بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۶
۱- چین	۴۴ مگاوات	۷۹ مگاوات
۲- هند	۵۷۶	۸۲۰
۳- دیگر کشورهای آسیایی	۱۰/۲	۱۲/۹
۴- استرالیا و نیوزیلند	۲/۸	۶/۳
۵- کشورهای آفریقا	۸/۶	۸/۸
۶- خاورمیانه	۸	۸/۸
۷- کشورهای مشترک المنافع	۱۶/۷	۱۷/۷
روسیه		
۸- اقیانوسیه	۰/۳	۳
جمع	۶۶۶/۶MW	۹۵۶/۵MW

جدول ۴- نیروگاه های بادی در جهان ۱۹۹۵ - ۱۹۹۶

قاره	ظرفیت نصب شده نیروگاه های بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۵	ظرفیت نصب شده بادی در حال کار تا پایان سال ۱۹۹۶
۱- آمریکا	۱۶۲۳/۶ مگاوات	۱۶۵۰/۶ مگاوات
۲- اورپا	۲۵۳۲/۱	۳۴۹۷/۵
۳- آسیا، آفریقا، استرالیا، اقیانوسیه	۶۶۶/۶	۹۵۶/۵
جمع	۴۸۲۲/۳MW	۶۱۰۴/۶MW

جدول ۵- توسعه نیروگاه‌های بادی در آینده

کشور	تخمین برای سال‌های ۱۹۹۷ - ۲۰۰۱ MW	تخمین برای سال ۱۹۹۷ MW	طی سال ۱۹۹۶ نصب شده است MW
۱- هند	۲۰۰۰	۲۰۰	۲۴۴
۲- آلمان	۱۵۰۰	۳۰۰	۴۲۰
۳- اسپانیا	۱۲۰۰	۲۰۰	۱۱۵
۴- آمریکا	۱۰۵۰	۱۵۰	۱۲
۵- چین	۷۵۰	۱۰۰	۳۵
۶- دانمارک	۷۰۰	۱۵۰	۲۰۰
۷- انگلستان	۵۵۰	۱۰۰	۷۳
۸- سوئد	۳۳۰	۳۰	۳۴
۹- هلند	۳۰۰	۵۰	۵۰
۱۰- کانادا	۳۰۰	۲۰	۰/۲
۱۱- یونان	۲۴۰	۴۰	۱
جمع	۸۹۲۰ MW	۱۳۴۰ MW	۱۱۸۴/۲ MW

مورد نیروگاه‌های بادی، در جداول ۱ تا ۵ از نظر شما می‌گذرد<sup>(۵)</sup>. بخشی از این مطالعات نیز در مرجع<sup>(۴)</sup> آمده است که نگارنده آن را با آمار ارائه شده از سوی مؤسسه انرژی بادی آلمان مقایسه کرده است. شرکت دانمارکی مذکور<sup>۱</sup> با وزارت انرژی دولت دانمارک و با شرکت‌های سازنده نیروگاه‌های بادی همکاری می‌کند و در مطالعات اخیر نیز که در ۶۰ صفحه با بیش از ۳۰ جدول و دیاگرام عرضه شده است، عوامل متعددی از قبیل عرضه و تقاضا، با صرفه بودن و نیز وضع بازار این

نیروگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. (۵)

آمار نیروگاه‌های بادی نصب شده در جهان

تا پایان سال ۱۹۹۶ بیش از ۶ هزار مگاوات ظرفیت نصب شده تمام نیروگاه‌های بادی جهان گزارش شده است (جدول ۴). وضعیت نیروگاه‌های نصب شده تا پایان سال ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ در پنج قاره جهان به ترتیب در جداول ۱ تا ۳ آمده است. (برای

1. BMT Consult ApS.

بعد از ۱۹۸۰ و ۱۹۹۵ به آلمان و سایر کشورهای جهان نیروگاه بادی صادر کرده‌اند، نشان می‌دهد. در این نمودارها سهم شرکت‌های دانمارک و آلمان در احداث نیروگاه‌های بادی داخل و خارج از کشور برای سال‌های ۱۹۹۴، ۱۹۹۵ و نیز تا پایان سال ۱۹۹۴ منعکس می‌باشد، به موجب این نمودارها کشور دانمارک رتبه اول را در صادرات نیروگاه‌های بادی به خود اختصاص داده است. از نظر ارزش باد، قاره اروپا در سال ۱۹۹۶ نسبت به سال‌های قبل، از رونق کمتری برخوردار بوده است. به علاوه، مسائل گوناگون مالیاتی و قانون‌گذاری در ارتباط با زمین نیروگاه‌ها در آلمان وجود داشته، که عامل اصلی افت احداث نیروگاه بوده است.<sup>(۴)</sup>

در حال حاضر، نیروگاه‌های بزرگی با ظرفیت بیش از یک مگاوات ساخته می‌شود. آخرین اطلاعات در این زمینه مربوط به نیروگاه‌های بیش از یک مگاواتی و نصب آن در خشکی و دریاست. کشور دانمارک و آلمان از نظر تجربه و فعالیت در زمینه نیروگاه‌های بادی محور افقی از امتیاز ویژه‌ای برخوردارند. گفته می‌شود تا سال ۲۰۰۰ میلادی، دانمارک ۱۰ درصد برق مصرفی خود را از همین نیروگاه‌های بادی

مقایسه می‌توان به مقاله «باد، جایگزین چاه‌های نفت می‌شود»<sup>۱</sup> نیز مراجعه کرد. تا پایان سال ۱۹۹۶ در کشورهای اروپایی، در مجموع ۳۴۹۷/۵ مگاوات نیروگاه بادی در حال کار و نصب شده گزارش شده است. این رقم در پایان سال ۱۹۹۵ برابر ۲۵۳۲/۱ مگاوات بوده است که نسبت به سال قبل ۹۶۵/۴ مگاوات (۳۸ درصد) افزایش ظرفیت نشان می‌دهد. طی همین سال، افزایش چشمگیری در کل ظرفیت نصب شده در قاره امریکا مشاهده نمی‌شود. در حالی که در سه قاره دیگر (آسیا، آفریقا و استرالیا) در مجموع ۴۳ درصد افزایش ظرفیت نیروگاه‌های بادی گزارش شده است (یعنی حدود ۲۹۰ مگاوات) کشور دانمارک و شرکت‌های سازنده نیروگاه‌های بادی این کشور در استفاده از انرژی بادی، از سال‌های ۱۸۹۰ به بعد پیشرو بوده‌اند و تحریم نفتی اعراب در سال ۱۹۷۳ و خسارات وارده به بخش انرژی این کشور باعث شد که توسعه تکنولوژی نیروگاه‌های بادی مورد توجه بیشتری قرار گیرد؛ در سال‌های اخیر، شرکت‌های سازنده نیروگاه‌های بادی دانمارک نظیر نوردکس،<sup>۲</sup> نورد تانگ<sup>۳</sup> و وستاس<sup>۴</sup> در کشور آلمان نیز فعالیت وسیعی را شروع کرده‌اند و در سطح جهانی سهم بزرگی از بازار تولید و فروش این نیروگاه‌ها را در دست گرفته‌اند. نمودارهای موجود سهم شرکت‌های دانمارکی را که در سال‌های

۱. طراوی، حمید همشوری، ۱۸/۵/۱۳۷۶.

2. Nordex.

3. Nordlank.

4. Vestas.

جدول ۶- تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای در جهان (3], May 1997)  
[3] IAEA- Newsbriefs Vol. 12, No. 2 (75), April/May 1997

کشور	تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای در حال کار	تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای در حال ساخت
۱- آرژانتین	۲	۱
۲- ارمستان	۱	ندارد
۳- بلژیک	۷	ندارد
۴- برزیل	۱	۱
۵- بلغارستان	۶	ندارد
۶- کانادا	۲۱	ندارد
۷- تایوان	۱	ندارد
۸- چین	۳	۲
۹- جمهوری چک	۴	۲
۱۰- فنلاند	۴	ندارد
۱۱- فرانسه	۵۸	۳
۱۲- آلمان	۲۰	ندارد
۱۳- مجارستان	۴	ندارد
۱۴- هند	۱۰	۴
۱۵- ایران	ندارد	۲
۱۶- ژاپن	۵۳	۲
۱۷- قزاقستان	۱	ندارد
۱۸- جمهوری کره	۱۲	۴
۱۹- جمهوری لیتوانی	۲	ندارد
۲۰- مکزیک	۲	ندارد
۲۱- هلند	۲	ندارد
۲۲- پاکستان	۱	۱
۲۳- رومانی	۱	۱
۲۴- فدراسیون روسیه	۲۹	۴
۲۵- آفریقای جنوبی	۲	ندارد
۲۶- جمهوری اسلواک	۴	۴
۲۷- اسلونی	۱	ندارد
۲۸- اسپانیا	۹	ندارد
۲۹- سوئد	۱۲	ندارد
۳۰- سوئیس	۵	ندارد
۳۱- انگلستان	۳۵	ندارد
۳۲- جمهوری اکراین	۱۶	۴
۳۳- ایالات متحده آمریکا	۱۱۰	ندارد
جمع	۴۴۴	۳۵

مقام نخست را در استفاده از انرژی هسته‌ای داراست و بعد از آن، کشور فرانسه با ۵۸ نیروگاه با ظرفیت بیش از ۵۹ هزار مگاوات، مقام دوم جهان را حائز است (مرجی ۲۰۲).

با توجه به آمار ارائه شده، می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر، حدود ۱/۸ درصد نیروگاه بادی در مقایسه با نیروگاه‌های هسته‌ای در جهان نصب شده، برای استفاده از انرژی بادی موجود است و آن‌گونه که در جدول ۵ آمده است، آینده نیروگاه‌های بادی بسیار امیدبخش است. سهم برق هسته‌ای جهان، حدود ۱۷ درصد کل انرژی الکتریکی تولید شده است، (۸) در میان انرژی‌های نوین با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژیکی، بیشترین امید به انرژی بادی است. طبق پیش‌بینی شورای جهانی انرژی در سال ۲۰۲۰ حدود ۱۸۰ GW ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های بادی خواهد بود، (۸) یعنی میانگین نرخ رشد سالانه‌ای معادل ۱۵ درصد.

در حال حاضر، در ایران برای ساخت ۲ نیروگاه هسته‌ای با کل ظرفیت ۲۱۴۶ مگاوات برق برنامه‌ریزی شده است و ۲ نیروگاه بادی نیز در مجموع به ظرفیت یک مگاوات در منجیل و رودبار از شرکت نورد تانک خریداری و (در سال ۱۳۷۳) نصب شده است.

۱. محمد عامری، بهمن جبب‌زاده شیخ، مجموعه مقالات نخستین همایش ملی انرژی، تهران، اردیبهشت ۱۳۷۶، ج سوم، ص ۸۸-۹۸.

تأمین خواهد کرد. برق نیروگاه‌های بادی از نظر اقتصادی در مقایسه با نیروگاه‌های ذغال سنگی، مقرون به صرفه است و تولید هر کیلو وات ساعت برق بادی حدود ۴ سنت محاسبه شده است. (۱۷)

در خصوص مطالعات مربوط به اقتصادی بودن نیروگاه‌های بادی در ایران، مراجعه شود به مقاله بررسی فنی اقتصادی نیروگاه‌های بادی<sup>۱</sup> و مطالعاتی که اخیراً دکتر عامری و همکاران در مرکز تحقیقات نیرو انجام داده‌اند.

در سال ۱۹۸۰ این پرسش مهم مطرح بود که: «آیا نیروگاه‌های بادی مقرون به صرفه‌اند؟» و اکنون در دهه ۱۹۹۰ این پرسش مطرح است که تا چه میزان می‌توان نصب نیروگاه‌های بادی را گسترش داد و آیا امکانات مورد نیاز برای احداث این نیروگاه‌ها فراهم است یا نه؟

## مقایسه آمار نیروگاه‌های هسته‌ای و بادی نصب شده در جهان

طبق آمار سازمان بین‌المللی انرژی اتمی اطریش، تا اوایل خرداد ۱۳۷۶ تعداد ۴۴۴ نیروگاه هسته‌ای در کشورهای مختلف جهان با ظرفیت ۳۵۱۴۷۵ MW در حال بهره‌برداری و تعداد ۳۵ نیروگاه هسته‌ای در دست ساخت بوده‌اند (جدول ۶). ایالات متحده آمریکا با تعداد ۱۱۰ نیروگاه هسته‌ای با ظرفیت بیش از یک صد هزار مگاوات،

جهت پیشنهادهای ارائه شده در بخش  
جداول، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری  
می شود.

#### منابع و مأخذ

- 1- Rehfeld, Knud. Aachener  
Windenergetage (AWET ' 96). 16. und  
17. Nov. 1996.
- 2- International Atomic Energy Agency  
(IAEA) Bulletin. No. 30/2/1997. p. 37.
- 3- IAEA- Newbriefs, Vol.12, No2 (75).  
April/May 1997.
- 4- Windkraft Journal. Nr. 2, 1997. S. 18:  
Wind Energy: World Market Update.  
1996.
- 5- BTM Consult ApS, Wind Energy  
Report 1996,  
I.C. Christensens Allee1, DK- 6950  
Ringbing.
- 6- Eggertgluss, W. Ein Extrem  
Windschwaches Jahr 1996. Windkraft  
Journal, Nr.1. 1997. S.52.
- 7- Baden. Hirger T., The Development of  
the Danish Windpower Industry,  
1980-1989. (Statement per January 1990).
- 8- امرالهی، رضا. «انرژی در جهان،  
کنونی و پیش بینی آینده»: وضعیت  
اطلاعات، ۱۳۷۶/۶/۲۴، ص ۱۲.
- 9- Nordtank Iran - Projekt, Windkraft  
Journal. Nr. 5, Sept. /Okt. 1996. S. 2-4.
- ۱۰- کیهان، ۱۳۷۶/۶/۱۹، ص ۶.

□ □ □

براساس خبری که در سال گذشته در  
مجله ویندکرافت<sup>۱</sup> منتشر شده، ایران ۲۷،  
توربین بادی دیگر نیز به ظرفیت جمعاً  
۱۰/۱ مگاوات، به ارزش ۱۰ میلیون دلار به  
شرکت نوردتانک سفارش داده است. از این  
۲۷ توربین ۸ دستگاه به ظرفیت ۵۵۰  
کیلووات و ۱۹ دستگاه به ظرفیت ۳۰۰  
کیلووات است.<sup>(۹)</sup> برای مقایسه، ظرفیت کل  
نیروگاههای برق ایران در سال جاری (۱۳۷۶)  
افزون بر ۱۷۵۰۰ مگاوات است.<sup>(۱۰)</sup>

#### نتیجه گیری

به طور خلاصه می توان چنین نتیجه گرفت  
که استفاده از انرژی بادی در بیشتر کشورها  
مقرون به صرفه است؛ به همین دلیل، در  
سالهای اخیر رشد چشمگیری داشته است  
و تکنولوژی ساخت نیروگاههای بادی به  
سمت نیروگاههای بزرگ یک مگاواتی و  
بیشتر سوق داده شده است. اروپا، آلمان و  
دانمارک، در استفاده از انرژیهای نوین، از  
جمله انرژی بادی، سرآمد سایر کشورها  
هستند. بی تردید در آینده، ظرفیت  
نیروگاههای بادی، از رقم ذکر شده نیز فراتر  
خواهد رفت.

در خاتمه این نوشتار لازم می دانم از  
همکاران پژوهشکده انرژی و محیطزیست،  
سرکار خانم مهندس خردبیر و جناب آقای  
دکتر اسحق پور برای مطالعه و اظهارنظر و  
همچنین آقای مهندس آلبرت کوچاریان،