Archive of SID

بررسی بخشهای کم عمق شمالی و جنوبی خلیج فارس برای نصب توربین‌های بادی فراساحلی با توجه به شرایط محیطی

حبیب اله رضایی منفرد[۱]، عارف صداقت[۲]، اصغر وطنی اسکویی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان
Rezaei9937@yahoo.com
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان
۳. دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

چکیده

با توجه به منابع محدود سوختهای فسیلی و همچنین مسائل زیست محیطی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر روز به روز در حال گسترش می باشد. یکی از این منابع انرژی تجدیدپذیر، انرژی باد می باشد. با توجه به گسترش استفاده از انرژی باد برای تولید برق در جهان بخصوص اروپا و آمریکا، اما نتوانسته رشد قابل توجهی در منطقه خاورمیانه داشته باشد. از این رو در این مقاله به بررسی بخشهای کم عمق جنوبی و شمالی خلیج فارس برای نصب توربینهای بادی فراساحلی با توجه به شرایط محیطی پرداخته‌ایم. خلیج فارس منطقه‌ای مهم از لحاظ ذخایر نفت و گاز می‌باشد. و یکی از دلایل بی میلی کشورهای پیرامون آن در مورد استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر، همین مسئله است. با توجه به رشد جمعیت در این منطقه و نیز مسائل زیست محیطی و توجه به گردشگری در این منطقه و وجود خط ساحلی طولانی و شرایط محیطی آرام و مناسب خلیج فارس، می‌توان از توربینهای بادی فراساحلی به عنوان گزینه مناسبی برای تنوع بخشی به منابع تولید انرژی الکتریکی بهره برد. و فنداسیونهای مناسب برای استفاده در بخش کم عمق شمالی و جنوبی خلیج فارس نیز معرفی گردیده است.

کلمات کلیدی: توربین‌های بادی فراساحلی، خلیج فارس، شرایط محیطی، فنداسیون

مقدمه

در عصر کنونی با توجه به محدودیت منابع فسیلی و مسایل زیست محیطی و با توجه به بالا رفتن میزان تقاضای انرژی، چگونگی استفاده و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی موجود در دنیا، به یکی از مهمترین مباحث متداول در محافل علمی و حتی سیاسی تبدیل گشته است. در بسیاری از کشورها، میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر روز به روز در حال افزایش است. یکی از این انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی باد می‌باشد. اهمیت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر

www.SID.ir

Archive of SID

برای تولید انرژی پاک می‌باشد. انرژی باد خشکی به طور معمول امروزه برای تولید برق استفاده می‌گردد. اما این نوع توربین بادی خشکی دارای محدودیتها و اشکالاتی می‌باشند. اول از همه پتانسیل باد خشکی به مانند پتانسیل باد در شرایط دریا، بالا نیست و نیز به دلیل نفوذ بصری و ایجاد سروصدای تولید شده توسط پره‌ها با تفکر انسان سازگاری ندارد. به دلایل بالا، توربین‌های بادی را به دور از ساحل مستقر می‌کنند. تاثیر آنها بر روی محیط زیست، بسیار ناچیز است. توربین‌های بادی بخاطر نبود هیچگونه موانعی برای تغییر مسیر جریان هوا و سرعت باد می تواند به ما مقدار بسیار عظیمی برق دهد(۱۱). از این رو در این مقاله به بررسی و مقایسه بخشهای کم عمق شمالی و جنوبی خلیج فارس برای نصب توربین‌های بادی فراساحلی پرداخته‌ایم.

انرژی باد

باد پدیده‌ای است که در اثر حرکات درونی زمین اتفاق می‌افتد یا زمانی که تابش خورشید بطور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد که سبب تغییراتی در دما و فشار می‌شود. نیروی شیب فشار باعث وزش باد بطور مستقیم از مرکز پرفشار به مرکز کم فشار می‌شود،که بر مسیر جریان اثر می‌گذارد. در اثر فعالیت نیروی فشار و نیروی کریولیس در کنار یکدیگر باد پدیدار می‌شود(۷). از جمله مزایای استفاده از انرژی باد می‌توان به فراوانی وجود انرژی باد در سطح کره زمین که آنرا به جانشینی قابل توجه برای سوختهای فسیلی مبدل ساخته است. و پایان ناپذیر بودن این انرژی و نیز اثر گلخانه‌ای آن نسبت به سوختهای فسیلی بسیار ناچیز می‌باشد به طوری که میتوان این اثر را نادیده گرفت.

سایت‌یابی برای احداث مزارع بادی فراساحلی

یکی از مهمترین عوامل در استفاده از انرژی باد، موضوع جای مناسب برای احداث مزارع بادی فراساحلی می‌باشد. تعیین محل احداث مزارع بادی شامل پارامترهای مختلفی از جمله موجودیت و خصوصیات باد در منطقه بادخیز، موقعیت جغرافیایی محل، اغتشاش باد، بادهای غالب، مخاطرات جوی، جنس بستر دریا و عمق آب می‌باشد. از آنجایی که پتانسیل انرژی باد متناسب با توان سوم سرعت می‌باشد، بنابراین مکانهایی که در آنها سرعت متوسط سالیانه باد مناسب بوده و وزش مداوم باد را در پی داشته باشد از اهمیت خاصی برخوردارند(۷). بر اساس پیشنهادات انجمن انرژی بادی بریتانیا در زمینه توسعه مزارع بادی فراساحلی، توربینهای بادی فراساحلی نباید در فاصله‌ای نزدیکتر از ۵ کیلومتر از خط ساحلی نصب گردند.

موقعیت و اهمیت خلیج فارس

خلیج فارس آبراهی است که در امتداد دریای عمان و در میان ایران و شبه‌جزیره عربستان قرار دارد. مساحت خلیج فارس ۲۳۷۴۷۳ کیلومتر مربع است. و پس از خلیج مکزیک و خلیج هادسون سومین خلیج بزرگ جهان بشمار می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

خلیج فارس از شرق از طریق تنگه هرمز و دریای عمان به اقیانوس هند راه دارد، و از غرب به دلتای رودخانه اروندرود، که حاصل پیوند دو رودخانه دجله و فرات و پیوستن رود کارون به آن است، ختم می‌شود. طول خلیج فارس از تنگه هرمز تا آخرین نقطه پیشروی آن در جهت غرب در حدود ۸۰۵ کیلومتر است. عریض ترین بخش خلیج فارس ۲۹۰ کیلومتر می‌باشد.

به سبب وجود منابع سرشار نفت و گاز در خلیج فارس و سواحل آن، این آبراهه در سطح بین‌المللی، منطقه‌ای مهم و راهبردی بشمار می‌آید.

زمین‌شناسی و ریخت‌شناسی خلیج‌فارس

از نظر ریخت‌شناسی، خلیج فارس نامتقارن بوده و شیب سواحل جنوبی آن ملایم‌تر از شیب سواحل شمالی است. کرانه جنوبی خلیج فارس، به ویژه در شرق شبه جزیره قطر، منطقه وسیع و کم عمقی است (۱۰ تا ۲۰ متر). خلیج فارس از رسوبات سخت و بلند با اشکال خطی ساخته شده و به واسطه یک دشت ساحلی باریک با دریا در ارتباط است. جزایر ایرانی خلیج فارس بصورت پشته‌های کشیده و موازی ساحل که در واقع دنباله رشته کوه زاگرس هستند که بر اثر بالا آمدن آب بشکل جزیره درآمده‌اند مانند قشم و کیش و یا اینکه کم و بیش دایره‌ای شکل هستند مانند هرمز و ابوموسی که گنبدهای نمکی سری هرمز هستند. شکل ساحلی خلیج فارس در مجاورت ایران از نوع طولی است که موازی با محور ارتفاعات مجاور است که گاهی تراکم آبرفت‌ها فاصله زیادی بین خط ساحل و ارتفاعات زاگرس ایجاد کرده مانند جلگه بوشهر، و گاهی دامنه تاقدیس‌ها در خط ساحلی قرار گرفته‌اند مانند غرب خور موج.

سواحل ایران در قسمت شمالی خلیج فارس از مرز ایران و عراق تا جزیره بوشهر و اراضی داخل استان خوزستان از بسترهای متعلق به دوران چهارم تشکیل گردیده که شامل ته‌نشین های آبرفتی و دشتهای ساحلی است. از هندیجان تا بوشهر در پشت این ته‌نشینها در قسمت شمال و در کوه‌ها، بسترهای نازکی از رس مطبق سبز و رس مورق قیری تیره موسوم به رس کاغذی و ماسه سنگ و همچنین رس مورق شنی با سنگ‌گل و سنگ‌لای وجود دارد. از بوشهر تا کنگان، بستر دوران چهارم در امتداد ساحل باریک است و در شمال و نزدیک خط ساحلی بسترهای میانه‌ای وجود دارد که کاملا منظم نبوده و متشکل از ماسه‌سنگ، رس مورق و سنگهای گل و سنگ‌لای قهوه‌ای می‌باشد.

بین کنگان و منطقه بندرعباس، ساحل از سازندهای صخره‌ای متنوعی به قرار زیر تشکیل گردیده است:

- در مشرق کنگان تا مسافتی در حدود ۲۰ کیلومتری امتداد ساحل، طبقات مزبور وارد بسترهای دوران سوم زمین‌شناسی از جمله ته‌نشینهای ضخیم ماسه سنگ نوع فلیش و رس مطبق و گهگاهی سنگ آهکی ساحلی می شود.
- ادامه سازندهای صخره‌ای فوق‌الذکر به صورت سنگ آهن دریایی یا گلوبوترونکانا بوده و تا مسافت ۶۰ کیلومتری تا بندر عسلویه ادامه پیدا می‌کند.
- از بندر عسلویه تا حوالی بندرعباس خط ساحلی پوشیده از طبقه‌ای به ضخامت‌های مختلفی از دورانهای علیا و سفلای سوم بوده و در قسمتی بین رستیک و بندرعباس سازندهای آن از برجستگی‌های دیاپیریک بوجود آمده که در حقیقت اغلب گنبدهای نمکی هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

در اثر وجود امواج ساحلی، در خلیج‌فارس اوولیت‌های آهکی تشکیل می‌شوند که در نواحی کم عمق در سواحل جنوبی خلیج فارس و تنگهٔ هرمز، بیشترین مقدار را دارد.

آب و هوای خلیج فارس

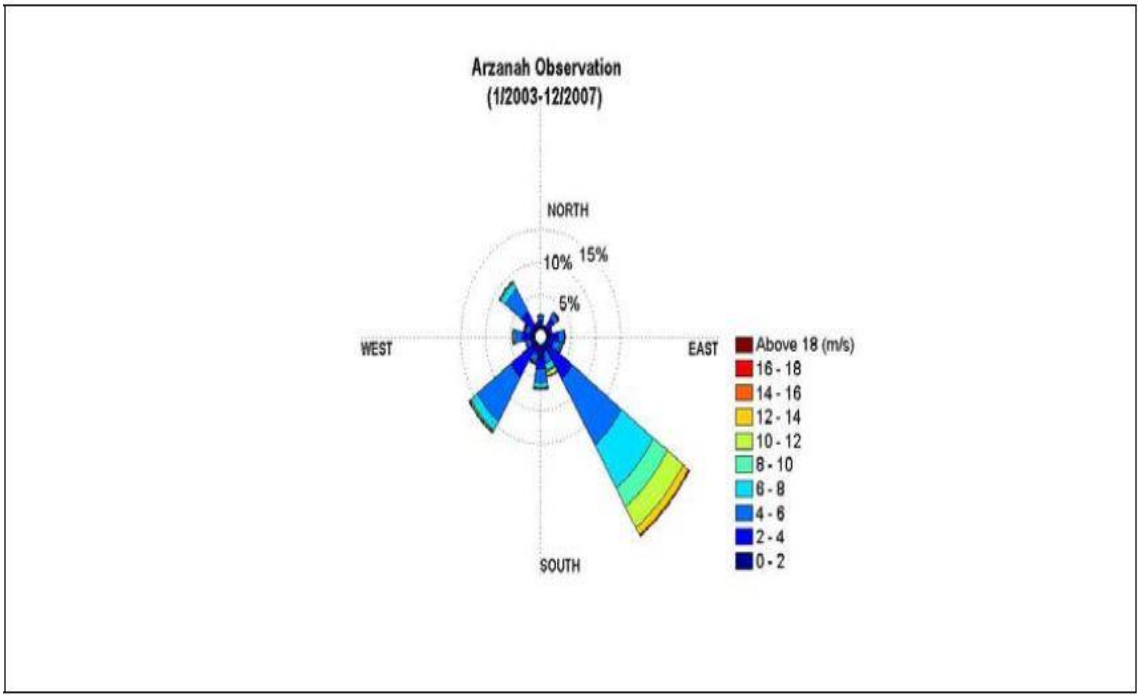
آب و هوای خلیج فارس خشک و نیمه استوایی است. در تابستان دما گاهی تا ۵۰ درجه سانتیگراد می‌رسد و میزان تبخیر بیشتر از میزان آب‌های وارده می‌باشد. در زمستان دما تا ۳ درجه سانتیگراد هم گزارش شده است. در عین شوری زیاد آب خلیج فارس، ۲۰۰ چشمه آب شیرین در کف و ۲۵ چشمه آب کاملاً شیرین در سواحل آن جریان دارند که منشا همگی آن‌ها از کوه‌های زاگرس در ایران است. آب‌های شیرینی که وارد خلیج فارس می‌شوند عمدتاً محدود به روان آب‌های کوه‌های زاگرس در ایران و کوه‌های ترکیه و عراق است. رودخانه‌های اروند، کارون، جراحی، مند، دالکی و میناب بزرگترین و پرآب‌ترین رودخانه‌هایی هستند که به خلیج فارس می‌ریزند که بیشتر سرچشمه‌های آن‌ها در کوه‌های زاگرس قرار دارند. در کرانه جنوبی، آب‌های ورودی به خلیج فارس بسیار کم است که موجب بالا بودن رسوبات کربناتی در این بخش شده‌است. میزان بارندگی در سواحل جنوبی کمتر از ۵ سانت‌متر در سال و در سواحل شمالی بین ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر در سال است.

وضعیت باد در خلیج فارس

در طول زمستان در بیشتر نواحی خلیج فارس، جهت باد از سوی شمال غربی بوده ولی در قسمت جنوب آن باد بیشتر از سوی غرب است و در تنگه هرمز جهت باد به جنوب غربی تغییر می‌یابد. در تابستان باد موسمی در شمال خلیج فارس از سوی شمال غربی تا جنوب می‌وزد، در مهرماه تغییرات در وضعیت بادهای موسمی شروع شده و بادها همراه با رگبارهای کوتاه و تند است. در قسمت شمالی خلیج فارس، باد غالب، باد شرجی(باد قوس) می‌باشد که جهت آن جنوب شرقی- شمال غربی است و در تابستان گرم و سوزان و در زمستان گرم و مرطوب و بیشتر بارانی است. این باد شدید است و گاهی خسارتهایی نیز به همراه دارد. این باد در زمستان جهت شمال شرقی پیدا کرده و ریزش بارش بیشتری را سبب می‌شود. سرعت بادهای فراساحلی می‌تواند بیشتر از ۲۰ درصد سرعت باد در خشکی باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱): گلباد سالیانه بر اساس اطلاعات سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ در ایستگاه جزیره آرزانه در جنوب خلیج فارس

وضعیت توربین‌های بادی فراساحلی در خلیج فارس

هیچ توربین بادی فراساحلی در خلیج فارس وجود ندارد. با توجه به سواحل طولانی پیرامون خلیج فارس و عمق کم این کرانه‌ها بخصوص در قسمت جنوبی، پتانسیل برای احداث مزارع بادی فراساحلی در خلیج فارس وجود دارد. بارهای وارد بر فنداسیونهای توربین بادی فراساحلی به هنگام بهره‌برداری شامل بارهای ثقلی و بارهای محیطی می‌شود. بارهای محیطی شامل نیروهای هیدرودینامیکی، باد، جریان و سرعت مبنا می‌باشد. بارهای محیطی، معمولا برای هر فنداسیون، یک سری از آنها به عنوان بار غالب و تعیین کننده می‌باشد. در دریای شمال: نیروی هیدرودینامیک، و در نقاط زلزله خیز، نیروی زلزله نیز غالب بوده و در مناطق قطبی، نیروی وارده از طرف یخ و برخورد با آن. در خلیج فارس نیروی هیدرودینامیکی و زلزله مهم می‌باشد.

وضعیت لرزه‌خیزی خلیج فارس

خلیج فارس محل برخورد دو صفحه تکنوتیک آفریقایی و آسیایی اروپایی می‌باشد که کوهزایی‌هایی در منطقه شمالی ساحل خلیج فارس به وقوع می‌پیوندد. در قسمت شرقی پس از فرماسون آغاجاری از کنگان تا چابهار وقوع زلزله‌هایی به صورت منظم مشاهده می‌شود که شاید حاکی از بالا آمدن صفحه تکنوتیک زیر خلیج فارس باشد. برای طراحی فنداسیونهای توربینهای بادی فراساحلی از زلزله سطح مقاومت استفاده می‌شود. زلزله سطح مقاومت شامل حرکتی که احتمال تجاوز از آن در طول عمر سازه، از یک تعداد منطقی بیشتر باشد. این دوره بازگشت حداقل برابر ۲۰۰ سال

www.SID.ir

Archive of SID

درنظر گرفته می‌شود. این سطح از حرکت زمین برای تحلیل و طراحی الاستیک سازه بکار می‌رود. برای مناطق خلیج فارس شتاب موثر حرکات زمین در زلزله سطح مقاومت، نباید کمتر از 0/06g در نظر گرفته شود.

جدول (۱) : دوره‌های بازگشت انواع زمین لرزه‌ها به سال

مناطق	بزرگی ۷/۵ ریشتر	بزرگی ۷ ریشتر
خلیج فارس	۱۸۹۶	۵۳۲
دریای عمان	۱۱۹	۵۶

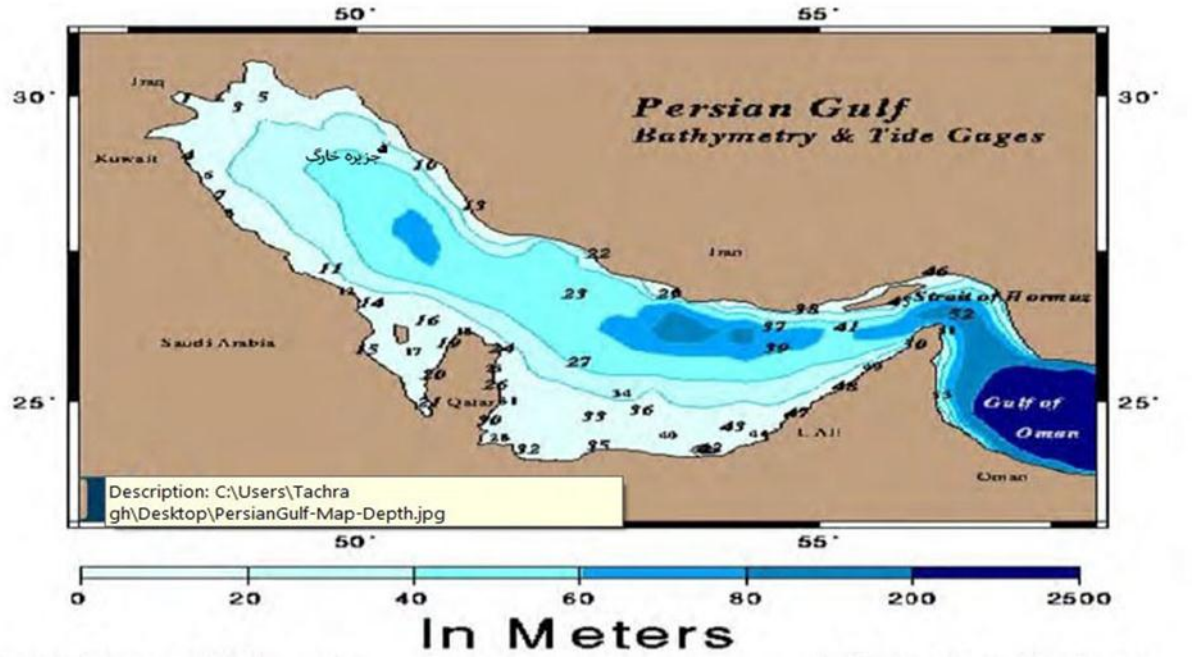
وضعیت عمق آب و امواج در خلیج فارس

محیط دریایی خلیج فارس چه از لحاظ ارتفاع موج شاخص، چه از لحاظ جهت و سرعت بادهای غالب در نزدیکی سواحل، چه از لحاظ عمق آبهای آن و آرامش نسبی موجود در شرایط جوی، نسبت به سایر دریاها که این فناوری در آنها استفاده می شود بسیار آرام و ساخت چنین سازه‌هایی، هزینه‌های طراحی و اجرایی به نسبت کمتری را شامل می شود. امواج تولید شده در خلیج فارس در اثر باد را می‌توان به طور کلی به دو دسته، یعنی امواج محلی و امواج دورآ تقسیم نمود. حداکثر ارتفاع امواج محلی و موج دورآ در انتهای پهن‌ترین منطقه مرکزی خلیج فارس به ترتیب به ۱/۶ متر و بیشتر از ۲ متر و بیشتر از آن می‌رسد. حداقل ارتفاع امواج در باریک‌ترین منطقه یعنی در تنگه هرمز دیده می شود. در مجموع در ۷۵ درصد اوقات خلیج فارس آرام و یا دارای کمی تلاطم است به نحوی که ارتفاع موج به یک متر نیز نمی‌رسد. ولی تقریبا ۵ الی ۶ درصد اوقات دریا ممکن است در سراسر منطقه دارای تلاطم با امواج به ارتفاع ۱/۶ متر یا بیشتر باشد. حداکثر چنین حالتی در پاییز و زمستان و حداقل آن در بهار و تابستان است.

فاصله زمانی امواج در قسمت شمالی خلیج فارس کوتاه و بین ۳ تا ۵ ثانیه است. زیرا فاصله بین دو ساحل یا طول حوزه تاثیر باد و مدت وزش باد محدود می‌باشد. با این وجود در موارد نادری در این قسمت از خلیج فارس فاصله‌های زمانی ۱۰ ثانیه‌ای هم دیده شده است. در قسمتهای جنوبی خلیج فارس، متوسط فاصله زمانی بین دو موج قدری بیشتر است. امواج دورآی بلندتر از ۳/۵ متر در کمتر از یک درصد اوقات سراسر سال در خلیج فارس بوجود می‌آید. امواج دورآی بلندتر از ۱/۸ متر هم در ۹ درصد اوقات با تغییرات جزیی در سراسر سال دیده می‌شود.

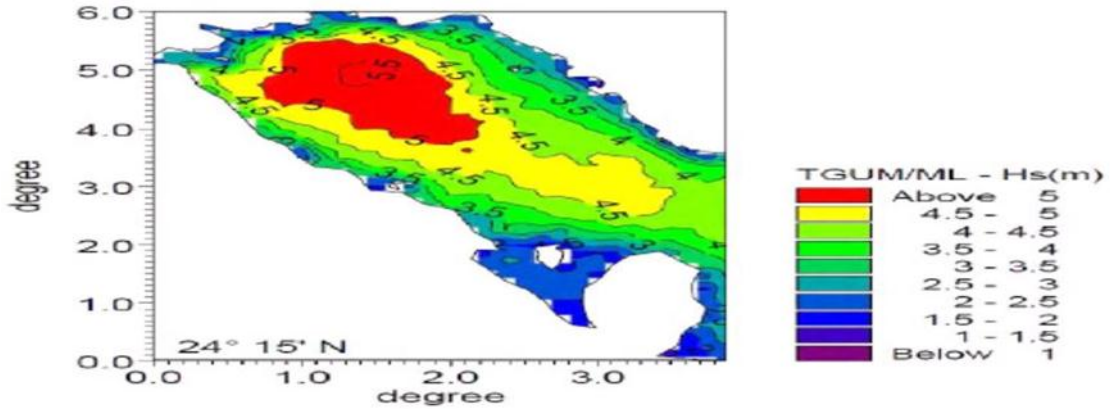
www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲) : نقشه ژرفاشناسی خلیج فارس (کانون پژوهش‌های دریای پارس)

به دلیل محصور بودن، اثر اقیانوس بر خلیج فارس بسیار ناچیز است و به همین علت سرعت جریان‌های زیرین و افقی آن بسیار کم و در حدود ۱۰ سانتیمتر در ثانیه است. شوری بیشتر خلیج فارس نسبت به اقیانوس موجب پیدایش جریان آبی از اقیانوس هند به خلیج فارس می‌شود که به موازات ساحل ایران و در جهت پادساعتگرد است. عمیق‌ترین نقطه خلیج فارس با عمق ۹۳ متر در ۱۵ کیلومتری تنب بزرگ و کم عمق‌ترین نقطه آن با عمقی بین ۱۰ تا ۳۰ متر در سمت غرب می‌باشد. همچنین جزایر متعددی در خلیج فارس وجود دارند. در شکل (۳) ارتفاع موج‌های شاخص در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله قسمت‌های مختلف خلیج فارس نشان داده شده است.



شکل (۳) : ارتفاع موج شاخص در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله از قسمتهای مختلف خلیج فارس

www.SID.ir

Archive of SID

شوری و خورندگی آب در خلیج فارس

آب و هوای گرم و خشک خلیج فارس که موجب تبخیر بسیار زیاد آب می‌شود، باعث بالا رفتن میزان شوری و افزایش دمای آبهای سطحی خلیج فارس می‌گردد. حداکثر شوری سطح آب در ماه بهمن و در راس خلیج فارس و تنگه هرمز است و میزان شوری آب در ناحیه مرکزی خلیج فارس سریعا افزایش می‌یابد. حداقل شوری آب در مردادماه است که متوسط مقدار آب در قسمت اعظم خلیج فارس ۳۸ تا ۳۹ هزارم و حداکثر میزان آن در امتداد سواحل جنوبی در حدود ۴۱ هزارم می‌باشد.

بر اساس تحقیقاتی که توسط مهندسین مشاور متالوژی و خورندگی مورلی و آتلی در خلیج فارس بر روی شمع هایی از جنس فولاد معمولی انجام گرفته نتایج زیر بدست آمده است.

میزان خورندگی در ناحیه تلاطم به طور متوسط برابر ۰/۱۴ میلیمتر بر سال بوده و در نقاط دیگر به جز این ناحیه میزان خورندگی ممکن است برابر ۰/۰۷ میلیمتر بر سال درنظر گرفته شود.

زبری سطح آب

زبری منطقه فراساحلی نسبت به خشکی کمتر است و استفاده از توربینهای بادی کوتاه‌تر در فراساحل در مقایسه با خشکی امکان‌پذیر است. مثلا زبری سطح خشکی $Z=0/03$ باشد، زبری سطح فراساحلی $Z=0/01$ در هر ارتفاع خواهد بود.

انواع فنداسیونهای مورد استفاده برای سواحل خلیج فارس

با توجه به عمق آب در سواحل جنوبی و شمالی خلیج فارس و نیز رعایت مسائل اقتصادی، به بررسی انواع فنداسیونها می‌پردازیم.

فنداسیون پایه وزنی(گرانشی)

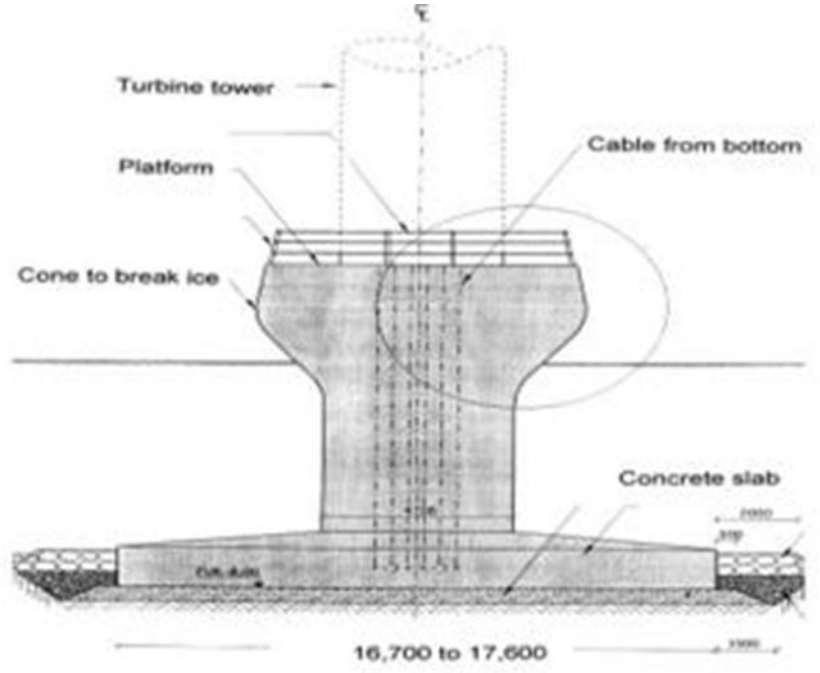
این نوع فنداسیونها در اعماق بسیار کم مورد استفاده قرار می‌گیرند که دارای فنداسیون وزنی بوده و اغلب برای قسمتهای نزدیک سواحل و آبهایی با عمق بسیار کم که دارای بستر سفت‌تری هستند و قابلیت تحمل وزن فنداسیون سنگین و توربین بادی را دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع فنداسیونها برای مستقر شدن نیاز به آماده‌سازی بستر دریا دارند. بستر دریا باید با لایه‌ای از سنگهای خرد شده به منظور پذیرش شرایط فنداسیون توربین بادی، مسطح و آماده‌سازی شود. این نوع فنداسیون‌ها در یک حوض خشک با بتن ساخته شده و پس از شناور شدن به محل نصب برده می‌شوند. در این مرحله پایه بتنی با ماسه، بتن و شن پرشده و در خاک قرار می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

به تازگی سیلندرهای فولادی براساس ساخت پایه دایره‌ای در خاک و سپس بدنبال آن پر شدن با یک ماده معدنی با چگالی بالا (Olivine) برای رسیدن به یک وزن مناسب بمنظور مقاومت در برابر مجموعه نیروهای عکس‌العملی بر روی آن بکار می‌روند. با استفاده از این روش، پایه بسیار سبک اجازه می‌دهد که آنها بوسیله کشتی جرثقیلی مشابه‌ای که برای نصب توربین‌های بادی به کار می‌روند استفاده و نصب شود. وزن فنداسیون‌ها در آبهای عمیق به منظور مقاومت در برابر نیروهای عکس‌العملی افزایش می‌یابد. امروزه بهینه سازی هزینه فنداسیون‌های توربین بادی فراساحلی منجر به کنار گذاشتن روش فوق و اتخاذ فنداسیون فولادی به جای این نوع بتنی توسط مهندسان شده است. این طرح با استفاده از سازه فلزی متشکل از یک قاب مدور با سخت‌کننده‌های جداناپذیر و یک ستون فولادی نصب شده در مرکز برای ساخت برج توربین بادی صورت می‌گیرد. با استفاده از فنداسیون‌های فولادی، در وزن و سرعت نصب صرفه-جویی می‌کنیم.

این سازه‌های فلزی لازم نیست که در خشکی و یا در حوض خشک طراحی شوند لیکن در کارگاه‌های کشتی نزدیک به نقطه نصب، می‌توانند ساخته شوند و سپس برای قرار گرفتن در محل نصب حمل گردند.



شکل (۴): نمونه ای از فنداسیون پایه وزنی مورد استفاده برای توربین بادی فراساحلی

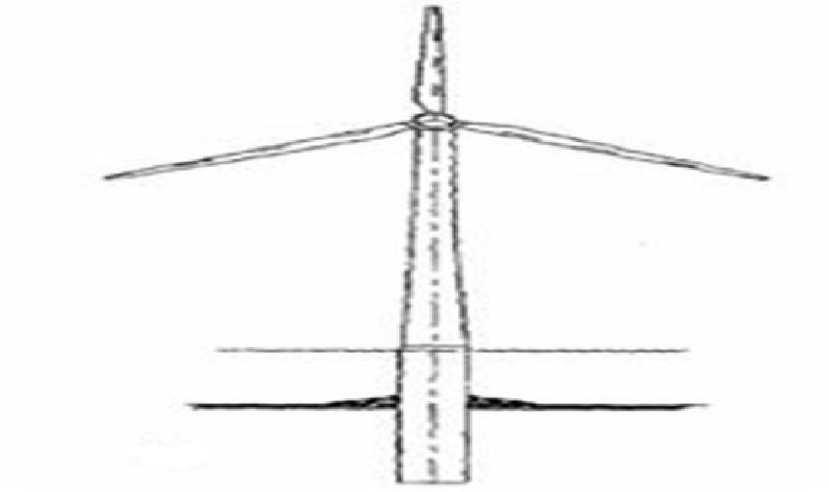
اکثر توربینهای بادی قرار گرفته در آبهای دانمارک از این نوع هستند. با توجه به اینکه فنداسیونهای وزنی برای نصب در عمق آب تا ۱۰ متر استفاده می‌شوند. برای مناطق نزدیک ساحلی خلیج فارس نیز می‌توان از این نوع فنداسیون استفاده کرد. بخصوص برای مناطق جنوبی خلیج فارس که دارای پهنای بیشتری از لحاظ عمق کم را شامل می‌شوند.

مونوپایل

www.SID.ir

Archive of SID

این نوع فنداسیون بیشتر برای نصب در عمق آب تا ۲۵ متر استفاده می‌شود. با توجه به سادگی ساختار بدون اینکه روش ساخت ویژه‌ای مورد نیاز باشد یک شمع با استفاده از روش شمع‌کوبی و یا چکش ارتعاشی و بصورت پایدار و محکم در بستر دریا قرار می‌گیرد. در شرایطی که بستر دریا بسیار سخت باشد روش حفاری مورد نیاز خواهد بود. قرارگیری مونوپایل در بستر دریا بستگی به خصوصیات خاک، عمق آب و تجربه تیم دارد. برای نصب فنداسیونهای یکی از بزرگترین پارک‌های بادی فراساحلی دنیا، HORNS REV در دانمارک از این روش استفاده شده است. . قطر شمع‌ها در حدود ۳ تا ۵ متر هستند و نفوذ شمع به بستر دریا از ۱۸ تا ۲۵ متر می‌تواند باشد. سازه مونوپایل هیچگونه آماده‌سازی بستری نیاز ندارد، بلکه به محافظت در برابر جلبک‌های دریایی یا پوشش‌های دیگر روی سطح خود نیاز دارد. این نوع فنداسیون نیز برای سواحل خلیج فارس مناسب می‌باشد.



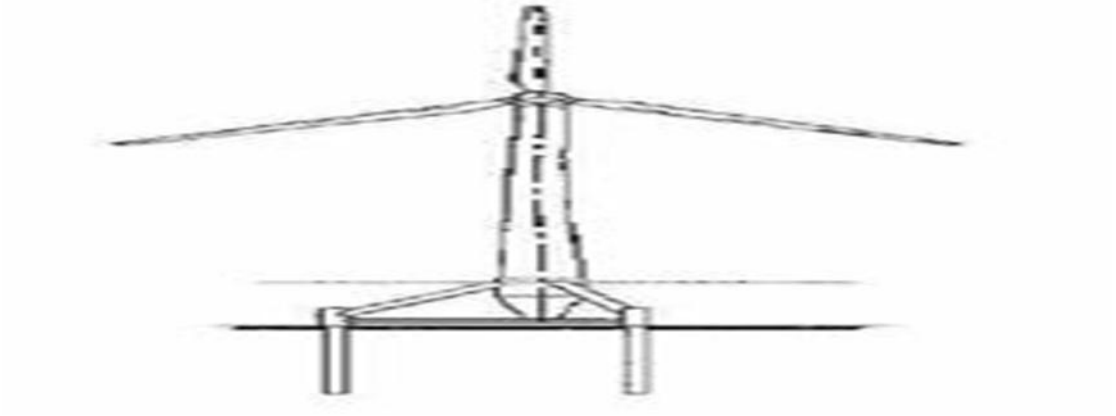
شکل (۵): سازه تکیه‌گاهی مونوپایل

سازه تکیه‌گاهی تریپد

برای عمق آب بیشتر از ۲۰ متر، Tripod مناسب‌ترین راه حل برای انتخاب فنداسیون می‌باشد. اولین توربین بادی نصب شده با این نوع فنداسیون در Nogersund در سوئد بود. فنداسیون‌های Tripod دارای یک مزیت نسبت به انواع دیگر فنداسیونها که قبلا ذکر شدند دارد و آن این است که آنها به مقدار کم یا هیچگونه نیازی به کنترل آبشستگی موضعی ندارند. از یک ستون مرکزی و سه شمع ساخته شده که به بستر دریا هدایت می‌شوند و در سه گوشه به قاب متصل شده‌اند. جدای از پرکردن استوانه مرکزی با دوغاب به منظور حفظ سیلندر در یک موقعیت ثابت و محکم، هیچگونه آماده سازی بستر دریا مورد نیاز نیست. هنگامی که در آبهای کم عمق مانند زیر ۷ متر قرار داده شود، همیشه مشکل برخورد کشتی به قسمتی از سازه وجود دارد. این سازه تکیه‌گاهی دارای پتانسیل بالایی برای سایت های دور از ساحل و درنتیجه برای آبهای عمیق‌تر دارا می باشد. طراحی در فاصله‌های بسیار دور از محل، به عنوان یک مشکل برای طراحی وزن سبک Tripod محسوب نمی شود.

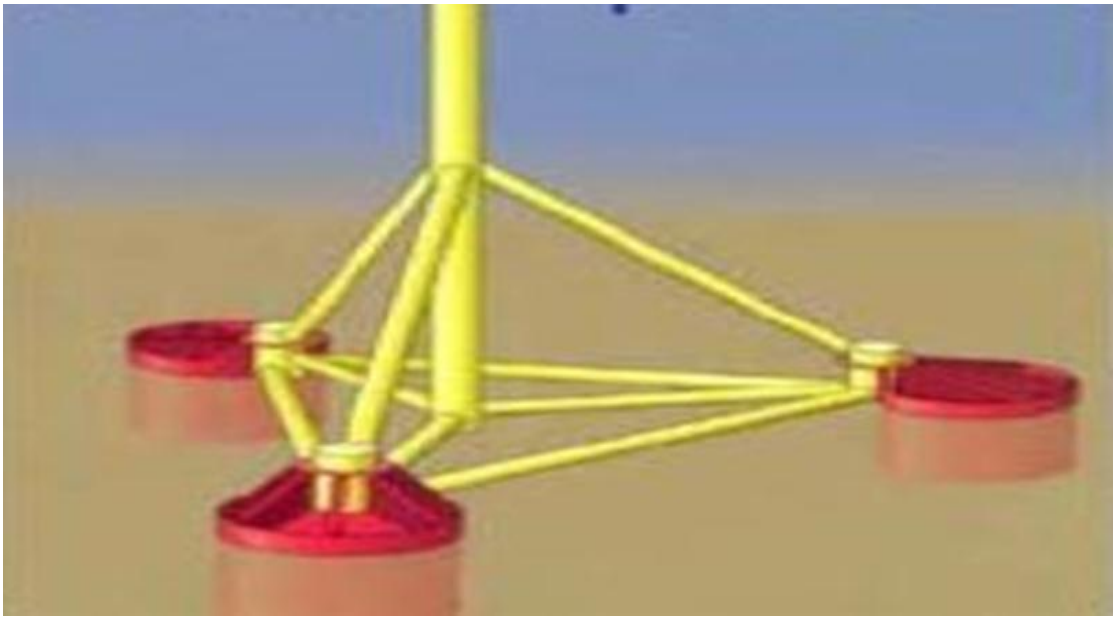
www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۶): سازه تکیه‌گاهی Tripod

یک نوع طراحی فنداسیون Tripod که تاکنون استفاده نشده، فنداسیون Tripod تحت فشار می‌باشد که در شکل(۷) قابل مشاهده می‌باشد. این نوع به این صورت عمل می‌کند که سه استوانه پایه در بستر دریا با استفاده از اختلاف فشار در جای خود محکم قرار می‌گیرند. در واقع با ایجاد خلا در زیر هر استوانه که آنها را پایدار نگه می‌دارد. به طوری که برج مرکزی با استفاده از یک شبکه تیر به این استوانه‌ها متصل می‌شود که تحت هر شرایطی پایدار است.



شکل(۷): پایه Tripod تحت فشار

سازه تکیه‌گاهی جکت

با زیاد شدن عمق آب برای تحمل و انتقال وزن و نیروهای وارده بر توربین از طرف محیط (ناشی از وزن خود توربین و

www.SID.ir

Archive of SID

نیروی دینامیکی ناشی از چرخش تیغه‌ها و نیروهای محیطی) میتوان از سازه‌های فلزی شابلونی موسوم به جکت استفاده کرد که پیشتر در صنایع نفت وگاز و اجرای سکوهای نفتی در دریاها استفاده میشود و کشورمان نیز در زمینه-های طراحی، ساخت، به آب اندازی و نصب این گونه سکوها به خودکفایی لازم رسیده و هم اکنون نیز جکت‌هایی در اعماق ۸۰ متری خلیج فارس توسط متخصصین ایرانی طراحی و اجرا شده است. لذا استفاده از این گزینه برای اجرای توربین‌های بادی فراساحلی تا اعماق ۸۰ متری با توجه به زیرساخت‌های موجود در کشور در طراحی و ساخت و نصب اینگونه سازه‌ها گزینه مناسبی جهت استفاده از انرژی پاک بنظر میرسد.

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی استفاده از توربین‌های بادی فراساحلی در بخشهای کم عمق جنوبی و شمالی خلیج فارس پرداخته شد. با توجه به گستره و طولانی بودن مرزهای شمالی و جنوبی خلیج فارس و با توجه به شرایط محیطی آرام و عمق آب کم، شرایط برای نصب توربینهای بادی فراساحلی مهیا می‌باشد. با توجه به اینکه کرانه‌های جنوبی خلیج فارس پهنای بیشتری از لحاظ عمق کم آب را دارا می‌باشند، فنداسیون پایه وزنی گزینه مناسبی می‌تواند باشد. و برای کرانه‌های شمالی خلیج فارس مناسب‌ترین گزینه، با توجه به اینکه نسبت به سواحل جنوبی خلیج فارس، پهنای عمق کم آب کمتری را شامل می شود، از دو گزینه فنداسیون پایه وزنی و فنداسیون مونوپایل با توجه به عمق آب منطقه نصب پارکهای بادی می‌توان استفاده کرد. هرچند که در عمق‌های بالاتر نیز با توجه به شرایط منطقه نصب توربینهای بادی فراساحلی، می‌توان گزینه‌های تریپد و جکت را استفاده نمود.

منابع

(۱) سرجوئی،ع.، بیرژندی، م. ۱۳۹۲. امکان سنجی انرژی باد و کاربرد آن در پتانسیل سنجی نصب توربین بادی. اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.

(۲) رزاقی کلجاهی،ا.، لطف اللهی یقین، م. ۱۳۹۲. بررسی نحوه عملکرد توربین های بادی پایه کششی در برابر نیروهای ثقلی- محیطی و نحوه امکان افزایش کارایی مزرعه توربین های بادی فراساحلی در ناحیه جنوب شرقی دریای خزر. اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.

(۳) رزاقی کلجاهی،ا.، لطف اللهی یقین،م.۱۳۹۲. بررسی و ارزیابی امکان استفاده از گزینه های مختلف توربین های بادی فراساحلی با توجه به شرایط محیطی و ژئوتکنیکی سواحل و دریاهای ایران. اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.

(۴) عین الهی پیر، فاطمه.، اکاتی، نرجس. ۱۳۸۸ . استفاده از انرژی باد به عنوان یک منبع جدید جهت تامین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست. اولین همایش ملی اصلاح الگوی مصرف با محوریت منابع طبیعی، کشاورزی و دامپزشکی، ۱۲ اسفند ۱۳۸۸ دانشگاه زابل.

www.SID.ir

Archive of SID

(۵) خلیلی سامانی، م.، موسوی زادگان، سیدحسین.، سایبانی، م. ۱۳۹۰. امکان یابی استحصال انرژی از بادهای فراساحلی در خلیج فارس. سیزدهمین همایش صنایع دریایی.

(۶) استقلال مطلق، عباس.، و دیگران. ۱۳۸۹. ارزیابی مقایسه ای هزینه تولید انرژی باد و انرژی فسیلی و نقش انرژی های تجدید پذیردر دستیابی به توسعه پایدار. اولین همایش ملی سلامت، محیط زیست و توسعه پایدار.

(۷) امید آباده، علی اصغر.، حاجتی، مجید. ۱۳۹۲ . چیدمانی بهینه توربین های بادی در مزارع باد . اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک.

(۸) صادقی، کبیر. ۱۳۸۰. مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی. چاپ اول. انتشارات دانشگاه شهید عباسپور. ۵۰۲ صفحه

(۹) Lozano-Minguez E, kolios A, J, Brennan F P.(2011). Multi-criteria assessment of offshore wind turbine support structures, Renewable Energy reviews;2831-37.

(۱۰) Kolios A, Collum, Chahardeh A, Brennan FP, Patel MH A. (2010). multi-criteria decision making method to compare support structures for offshore wind turbines, Warsaw: EWEC.

(۱۱) Nikolaos n.(2004). deep water offshore wind technologies. Glasgow: university of strathclyde.

(۱۲) Wang j , Jing Y, Zhang C, Zhao J.(2009). Review on multi- criteria decision analysis aid in sustainable energy decision- making. Renewable and sustainable energy Reviews;13:2263-78.

www.SID.ir