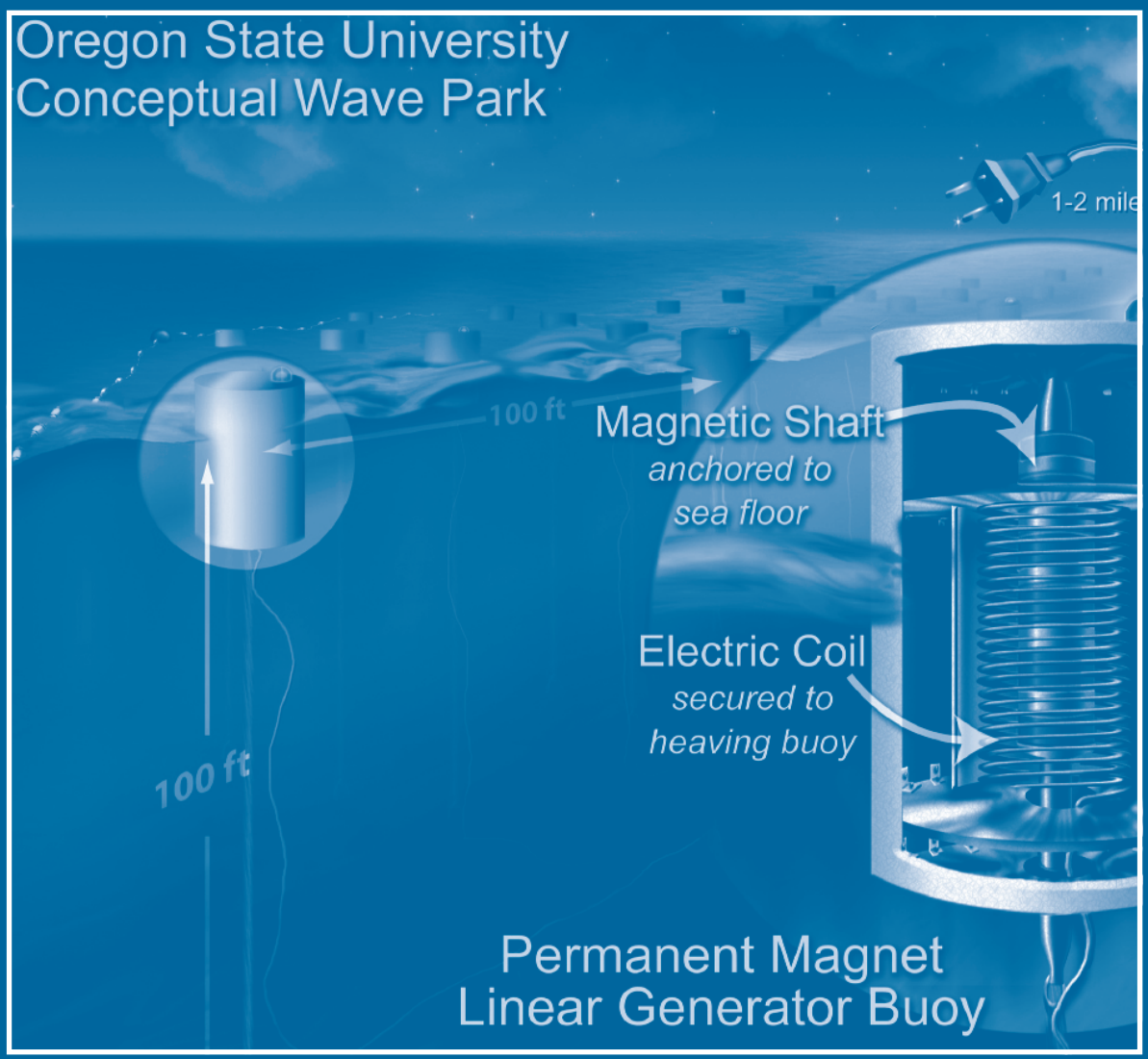
انرژی دریاها

- انرژی امواج
- انرژی جذر و مد دریاها
- انرژی حرارتی اقیانوس ها
- کاربردها و روش‌های استفاده

نشریه شماره ۱۶، زمستان ۱۳۷۲



RAH SHAHR
International Group
گروه بین المللی ره شهر

پیشگفتار

با کمال افتخار به استحضار می رساند که این مهندسین مشاور اخیراً اقدام به تأسیس بخش انرژی نموده است و این بخش، فعالیتهای اصلی خود را در زمینهٔ طراحی نیروگاهها، پست‌ها، خطوط انتقال نیرو، مطالعه و تحقیق در مورد انرژیهای کهنه (خورشید، باد، ژئوترمال، رودها و دریاها) متمرکز نموده است.

این بخش با در اختیار داشتن اساتید مجرب دانشگاهی و کارشناسان ورزیده، همچنین اقدام به تهیهٔ چندین نرم‌افزار مشابه‌سازی جهت طراحی و کنترل در زمینه‌های مختلف صنعتی و نیروگاهی نموده است که تاکنون تعدادی از آنها تولید شده اند.

همانطوریکه می دانیم انرژیهای فسیلی نه تنها متعلق به نسل فعلی، بلکه متعلق به نسلهای آینده نیز می‌باشند و می‌توانند کاربردهای به مراتب مفیدتری از صرفاً سوزانیدن داشته باشند که از جمله می‌توان استفاده از آنها در صنعت پتروشیمی و تولید مواد و مصالح جدید برای ساخت‌وساز را نام برد.

از آنجا که سازمانهای حفاظت محیط زیست در جوامع بین‌المللی، مسائل و مشکلات حاصل از انرژیهای آلوده کننده را مور بحث قرار داده و مکرراً هشدار می‌دهند که در اثر استفادهٔ بیش از اندازه از انرژیهای فسیلی، لایه اوزون آسیب دیده و سلامت بقای زندگی انسان و جانوران، مورد تهدید قرا گرفته و در بسیاری از مناطق، اصولاً دسترسی آسان به

انرزیهای فسیلی مقدور نبوده و حتی گران قیمت‌تر از انرژیهای به اصطلاح نو می باشد و ارائه صدها دلیل دیگر، لذا باید از انرژیهائی استفاده نمود که کمترین میزان آلودگی را برای محیط زیست ایجاد می‌کنند که در بالا به آنها اشاره گردیده است.

با توجه به تفکر فوق، مقالهٔ پیوست را بعنوان اولین مقاله از سری مقالات راجع به استفاده از انرژیهای کهنه و تحت عنوان انرژی دریاها تقدیم می‌کنیم. هرچند که بنظر می‌رسد تا مهار و قابل استفاده شدن اقتصادی آنها راه زیادی باقی باشد، لیکن تردیدی نیست که این نیز در آینده نزدیك به یك موضوع فنی ـ اقتصادی حل شده و پیش پا افتاده تبدیل خواهد شد.

این مهندسین مشاور امیدوار است که اساتید، کارشناسان و صاحبنظران، این سری مقالات رامطالعه نموده و ما را درجهت هر چه پربارتر کردن آنها یاری فرمایند.

سعید شهیدی

مدیر بخش تحقیقات و مطالعات

انرژی دریاها

دریاها و اقیانوسها دارای گونه‌های مختلفی از انرژی هستند که از نوع مکانیکی آن، انرژی امواج و جزر و مد و از نوع حرارتی آن، انرژی حرارتی آبها را می توان نام برد.

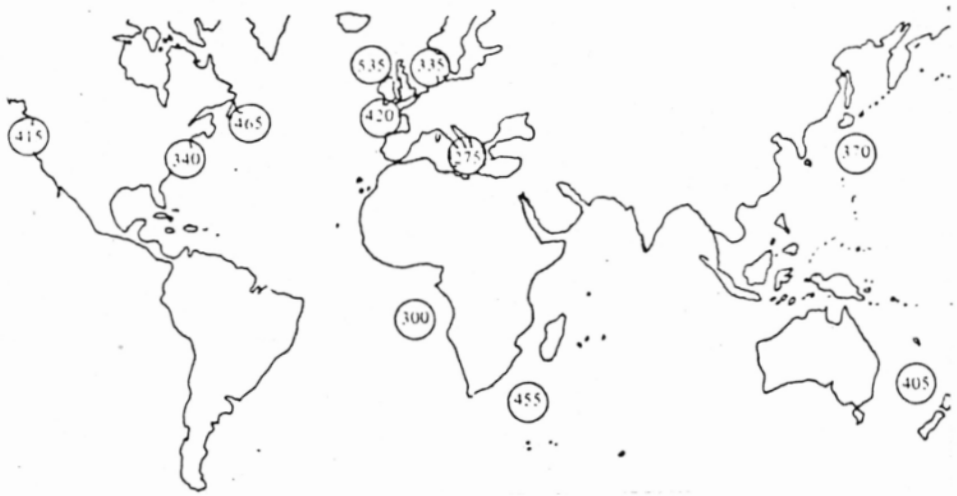
۱ - انرژی امواج

۱ - ۱ - مقدمه

امواج از برخورد باد بر سطح آب حاصل می شوند. این امواج به گونه‌های متفاوت و با قدرتهای متغیّر وجود دارند. از مشخصات آنها می‌توان به ارتفاع موج، فاصلهٔ بین دو موج، مدت زمان بین دو موج و سرعت موج اشاره کرد. امواج در حرکت خود حامل انرژی هستند. توان آنها را براساس میزان انرژی که موج با عرض یك متر در راستای حرکت خود منتقل می کند، برحسب واحد کیلووات بر متر بیان می کنند. به عنوان مثال اگر یك موج دارای ارتفاع ۳ متر باشد و فاصلهٔ بین دو موج ۱۵۰ متر و مدت زمان بین آن دو ۱۰ ثانیه باشد، از نظر تئوری دارای توانی معادل ۵۰ کیلووات بر متر است.

به علت اینکه باد درنقاطی که بین عرضهای جغرافیایی ۴۰ و ۶۰ درجه شمالی یا جنوبی قرار دارند دارای قدرت بیشتری است، امواج این نواحی از نظر انرژی دارای پتانسیل بیشتری هستند. همچنین در سواحلی که در انتهای یك سیکل بزرگ برخورد باد با آب قرار دارند، قدرت امواج بیشتر است. به عنوان مثال، می توان انگلستان را نام برد که چون این کشور در عرض ۵۰ درجه شمالی قرار دارد و همچنین در انتهای سیکل

برخورد باد در طول اقیانوس اطلس واقع شده است، از نظر انرژی امواج، از بهترین نقاط است. از نقاط مهم دیگر، سواحل شرقی ژاپن، سواحل غربی اسکاتلند، نروژ و آمریکا را می‌توان نام برد. در شکل ۱، متوسط انرژی سالانه بر حسب مگاوات ساعت بر متر برای نقاط مهم دنیا بیان شده است.



شکل ۱: انرژی سالانه امواج (MWh/m) برای سواحل دریاها در جهان

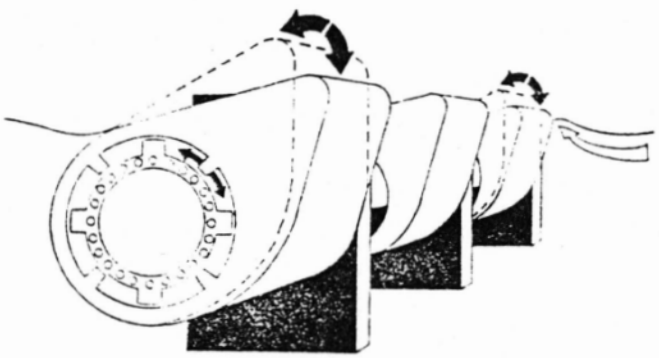
در شکل ۲، مشخصات قسمت اروپای غربی به صورت دقیقتر نشان داده شده است.

شکل ۲: منحنی های انرژی متوسط امواج در شمال غربی اروپا. اعداد، نشان دهنده انرژی سالانه بر حسب MWh بوده و اعداد داخل پرانتزها، نشان دهنده چگالی قدرت بر حسب KW/m می باشند.

۲ - ۱ - روشهای تبدیل انرژی امواج

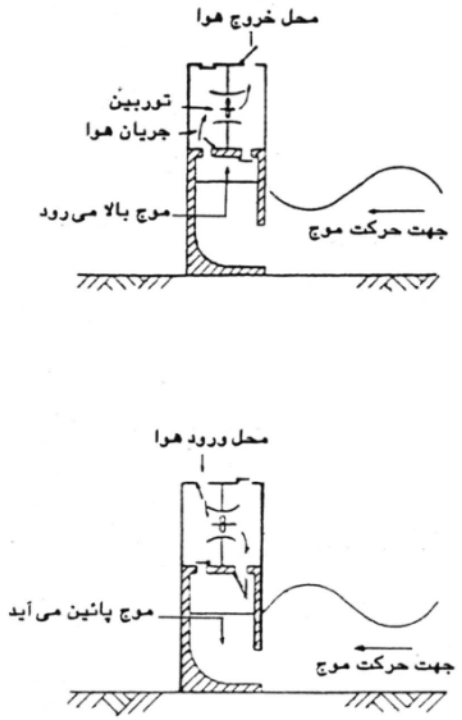
از حدود ۱۰۰ سال پیش در کشورهای مختلف و با استفاده از روشهای متفاوت از انرژی امواج استفاده شده است؛ ولی درطی سالهای اخیر، تکنولوژی استفاده از این انرژی پیشرفت بسیار کرده است. مبدلهای انرژی امواج را به طور کلی به سه دسته می توان تقسیم کرد، دستگاههایی که در سطح آب شناور می‌شوند، دستگاههایی که با فشار کار می کنند و بالاخره دستگاههای متمرکز کننده.

- دستگاههای شناور، دارای اتصال مکانیکی بین یك دستگاه شناور روی امواج و یك دستگاه ثابت هستند و حرکت بالا و پائین امواج را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. یك نمونه از این دستگاهها در شکل ۳ نشان داده شده است.

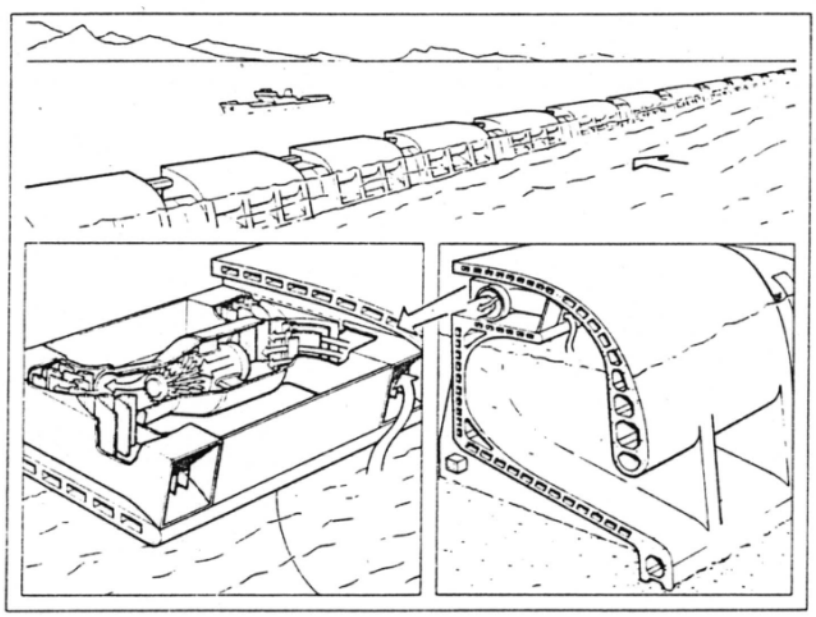


شکل ۳: دستگاه تبدیل انرژی امواج از نوع شناور، در حال ساخت در کشور انگلستان.

- دستگاههایی که با فشار کار می کنند از تغییر ارتفاع آب برای پمپ کردن هوا و مکیدن مجدد آن از محفظهٔ توربین (که در نتیجه دمیدن و مکش هوا، در یك جهت می چرخد) استفاده می کنند. در شکل ۴، چگونگی عملکرد این سیستم ها به صورت شماتیك نشان داده شده است و در شکل ۵، یك نمونه عملی آن مشخص شده است.

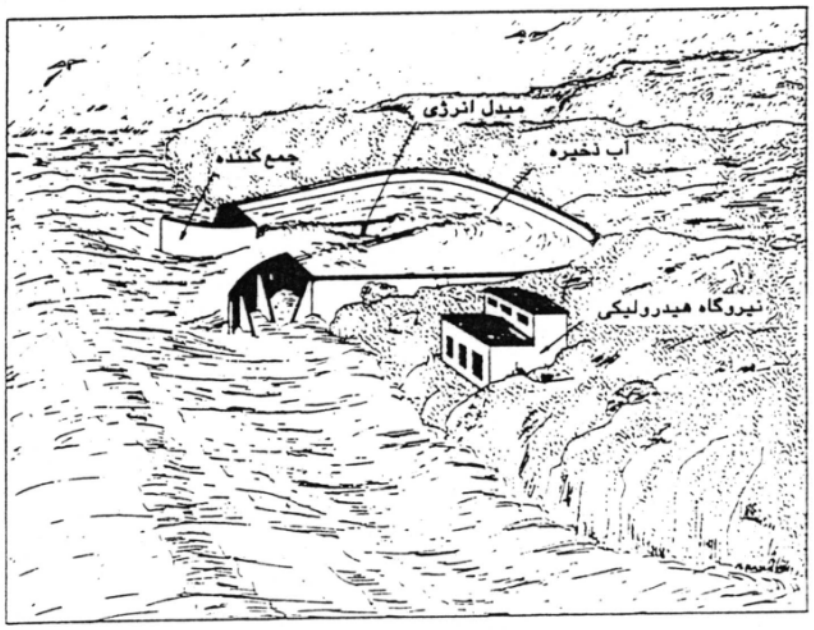


شکل ۴: سیستم ستون آب نوسانی



شکل ۵: دیاگرام عملی سیستم ستون آب نوسانی

در دستگاههای متمرکز کننده انرژی، امواج دریك نقطه متمرکزمی‌شوند وسپس تبدیل انرژی صورت می گیرد. در شکل ۶، یك نمونهٔ عملی استفاده از این روش به صورت شماتیك نشان داده شده است (این نیروگاه در نروژ قرار دارد).



شکل ۶: نیروگاه کانال قیفی (طراحی TAPCHAN)

۳ -۱- مبدلهای انرژی امواج در کشورهای مختلف

اولین دستگاه آزمایش مولدهای شناور در کشور ژاپن در دریای آزاد بوسیلهٔ مرکز علوم و تکنولوژی دریایی،بین‌سالهای ۱۹۷۴ و ۱۹۸۰ ساخته شد. عملکرد این شناور که " Kaimei " نامیده شد، تحت نظارت آژانس بین‌المللی انرژی و حمایت کشورهای کانادا، ایرلند، ژاپن، انگلستان و آمریکا قرار گرفت. این شناور دارای طول ۸۰ متر، عرض ۱۲ متر و

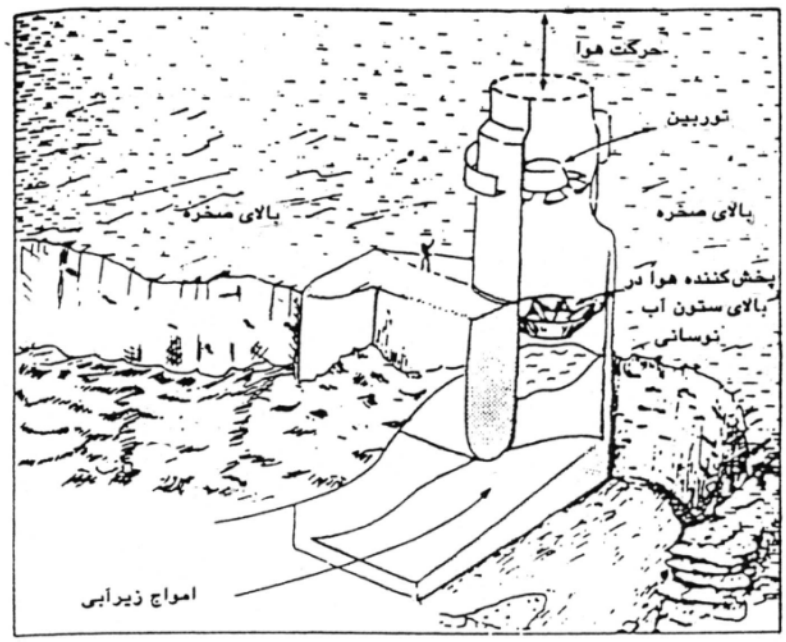
ارتفاع ۵/۵ متر است و وزن آن تقریباً ۸۲۰ تن می‌باشد. راندمان تبدیل انرژی این شناور برای موج با ارتفاع ۳ متر و پریود ۸ ثانیه، ۴٪ بدست آمده است.

نتایج این پروژه نشان داد که چگونه می توان از مبدلهای شناور، انرژی بدست آورد. همچنین میزان نوسان ارتفاع آب، محل مناسب اطاقهای هوا و اطاقهای شناور تعیین گردید و اطلاعات بیشتری در مورد طبیعت امواج، چگونگی توزیع انرژی آنها و نیز اطلاعاتی در مورد حرکت بدنه، سلامت سیستم لنگر وعملکرد آن بدست آمد.

آزمایشات تکمیلی روی " Kaimei " ، از اواخر سال ۱۹۸۵ با مشارکت کشورهای ژاپن، ایرلند و آمریکا شروع شده است. هدف از این آزمایشات تکمیلی، بهبود راندمان تولید، مطالعه و مقایسه انواع مختلف توربین‌های هوا و مطالعه در مورد استفاده از کنترل فاز در افزایش انرژی خروجی است.

از سال ۱۹۸۳ تا سال ۱۹۸۴، مرکز علوم و تکنولوژی دریایی ژاپن دستگاهی برای آزمایش مولدهای از نوع ثابت دریای ساخت که "Sanze" نامیده شد. این دستگاه، در قسمت شمال شرقی دریای ژاپن قرار گرفت. مطالعات مختلفی که برروی این مبدل ۴۰ کیلو واتی انجام شد، با نتایج رضایتبخشی همراه بود و نشان داد که امکان استفاده از این واحدها در جزایر دور افتاده همراه با دیزل ژنراتور وجود دارد.

در کشور نروژ، از سال ۱۹۷۵ سرمایه گذاری وسیعی در مورد استفاده از انرژی امواج، انجام شده است. در سال ۱۹۸۰، پس از مطالعات لازم، یك مبدل ۵۰۰ کیلوواتی به نام "MOWC" در فلات قاره سواحل نروژ و بر روی یك صخره نصب شد. این دستگاه، از نوع حساس به فشار آب است. در شکل ۷، این مبدل به صورت شماتیك نشان داده شده است.



شکل ۷: طرح سیستم ستون آب نوسانی چند پیچشی در کشور نروژ

براساس برآوردی که در سال ۱۹۸۶ انجام شده است، هزینه تولید این مبدل برابر با ۵/۷ سنت برای کیلو وات ساعت بوده است.

انستیتو مرکزی مطالعات صنعتی نروژ به همراه یك شرکت سرمایه گذاری خصوصی در سال ۱۹۸۶ یك نیروگاه کانال قیفی به نام "TAPCHAN" طراحی و در Bergen نصب کرد (شکل ۶). پیش بینی شده است که این نیروگاه ۳۵۰ کیلو واتی، هزینه تولیدی برابربا ۷/۲ تا ۸/۶ سنت برکیلووات ساعت داشته باشد. گفته شده است که واحدهای کوچکتر، می توانند دارای هزینه تولیدی در حدود ۵ تا ۶ سنت برکیلووات ساعت باشند.

"TAPCHAN"، شامل یك جمع كننده، یك مبدل انرژی، یك مخزن آب و یك واحد مبدل آبی معمولی است. از خصوصیات بارز آن می توان به پسیو بودن مبدل انرژی و تقریباً غیر حساس بودن به تغییرات ارتفاع و فركانس موج اشاره كرد. تولید كنندگان این مبدل، مسائل مربوط به اصول تئوری و چگونگی حداقل كردن هزینه طراحی و اجرا را حل كرده اند و آماده ارائه واحدهای مشابه با قدرت ۵ تا ۳۰۰ كیلووات می باشند.

در كشورهای سوئد و نروژ، استفاده از شناورهای نوسان كننده مبدل انرژی، به صورت وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعات كشور سوئد برروی مبدلهایی با پمپ های لاستیكی متمركز شده است. نكته اصلی این سیستم ها، در لاستیك آن است كه وقتی كش می آید، تغییر حجم می دهد. در سال ۱۹۸۴، یك نمونه از این مبدلها ساخته شد و مورد بررسی قرار گرفت اما قبل از استفاده وسیع، لازم است مطالعات بیشتری بر روی آنها انجام شود.

از سال ۱۹۷۴ كه مطالعات در مورد انرژی امواج در كشور انگلستان آغاز شد، تا كنون بیش از ۳۰۰ دستگاه تبدیل انرژی امواج در این كشور مورد ارزیابی قرار گرفته است. مدلهای این دستگاهها با اندازه ای برابر یك صدم و یا یك شانزدهم اندازه های واقعی ساخته شد و توان خروجی و مسائل مهندسی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. اگر چه برنامه های انرژی امواج انگلستان از سال ۱۹۸۵ متوقف شده است، ولی به چند پروژه موفق كه در این كشور مورد مطالعه قرار گرفته اند، اشاره می شود:

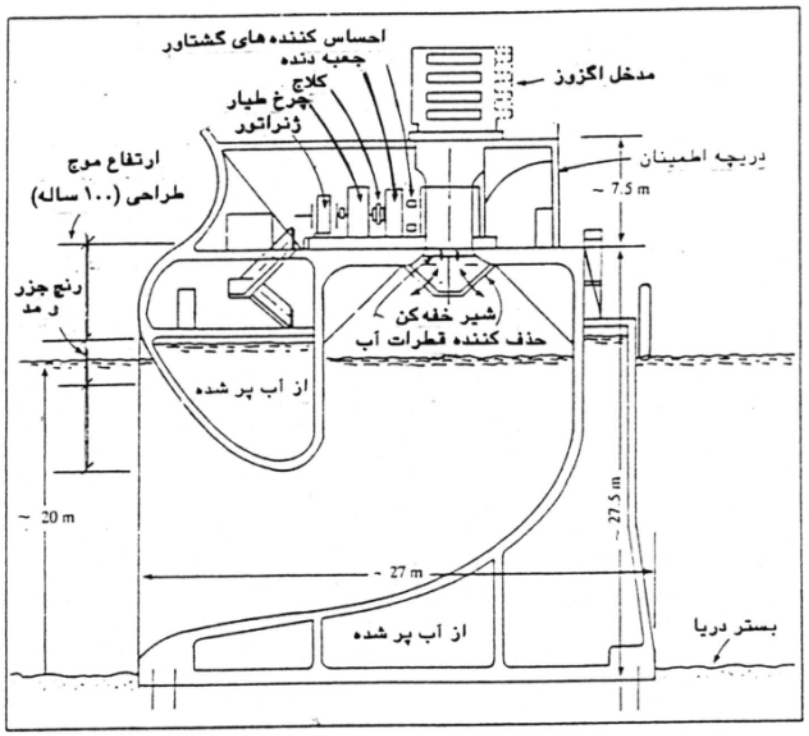
- سیستم حلزونی مارپیچ: در این روش، ابتدا دستگاهها به صورت خطی ساخته می شد كه از دَم های بزرگ استفاده می كرد و در اثر فشار موج، هوا برای تولید الكتریسیته به داخل توربین دمیده می شد. بعداً این دستگاه حساس به فشار، بازسازی شد و به نوع چرخشی تبدیل گردید كه

دارای راندمانی چهار برابر راندمان دستگاه اولیه بود. با آزمایشات، مشخص شد که دستگاه جدید می تواند با هزینه ۲/۴ تا ۴ پنس برکیلووات ساعت در مقابل ۶ پنس برکیلووات ساعت سیستم های خطی، انرژی تولید کند. آزمایش درابعاد واقعی نیز برای این دستگاه مطرح شده است.

– سیستم‌های دوکی شکل: شامل یك ردیف دوکهای منقار مانند است که با حرکت موج به‌سرعت به بالا و پایین می روند و در داخل دستگاه، در اثراین حرکات الکتریسیته تولید می شود. مطالعات اولیه برروی یك دستگاه بایك دهم اندازه های‌واقعی نشان داده است که تولید الکتریسیته با استفاده از این روش بسیار گرانتر از روشهای معمولی است.

– کیسه های دم کردن هوا: این سیستم از یك سری کیسهٔ هوایی که در همهٔ جهات نصب شده اند تشکیل شده است تا بتواند از همهٔ جهات امواج را دریافت نمایند در اثر برخورد موج با هر کیسهٔ هوایی، هوای داخل آن متراکم و سپس وارد توربین می شود. این دستگاه حساس به فشارموج ،همیشه موثر نیست؛ ولی‌سادگی آن این امید را ایجادمی کند که بتوان از آن برای تولید انرژی‌ارزان استفاده نمود.

تأکید ادارهٔ برنامه های انرژی آمریکا بیشتر بر روی طراحی و ساخت سیستم های هوای متراکم تبدیل انرژی امواج یا به صورت خلاصه "PWECS" بوده است. این دستگاه، نسبت به فشار حساس است و انرژی بالا و پایین رفتن موج را در داخل یك اطاقك هوای متراکم، با تحت فشار قرار دادن و منبسط کردن، به صورت متناوب ذخیره می کند و سپس هوا را به داخل یك توربین یك جهته هدایت می کند (شکل ۸).



شکل ۸: سیستم مبدل انرژی موج به هوای متراکم

مطالعات در "SERI" (انستیو مطالعات انرژی خورشیدی) و دانشگاه هاپکینز در مورد طراحی اولیه "PWECS" انجام شد و یك نمونهٔ ۱۲۵ کیلوواتی به "Kaimei" فرستاده شد تا در دریا مورد آزمایش قرار گیرد.

یك دستگاه گنبد شکل منکسر و جمع کننده انرژی موج نیز در آمریکا مورد مطالعه قرار گرفته است. براساس مطالعاتی که برروی یك مدل، با اندازه های واقعی انجام شده است یکی از این دستگاهها، با طول ۱۰۰ و قطر محفظهٔ داخلی ۱۱ و عمق ۲۰ متر، می تواند با امواج با ارتفاع ۲ متر، ۴ مگاوات توان تولید کند.

در نقاط مختلف دنیا طرحها و روشهای مختلفی برای استفاده از انرژی امواج وجود دارند که بیشتر آنها فقط جنبه طرح دارند و بعضی از آنها به صورت آزمایشی به شکل ساده و محلی مورد استفاده قرار گرفته اند.

۴ - ۱ - انرژی امواج از نظر اقتصادی

اگرچه ساخت مبدلهای کوچك شناور، اقتصادی است ولی تکنولوژی استفاده از انرژی امواج هنوز به حدی پیشرفت نکرده است که قابل سرمایه گذاری بزرگ و پایدار باشد.

در مرحله دوم "Kaimei" در ژاپن، برآورد شده است که این سیستم دو برابر هزینه سیستم های دیزلی برای مناطق مجزا از سیستم‌های قدرت را دارد. در کشور انگلستان، آزمایشگاه ملی مهندسی گزارش داده است که هزینه تولید سیستم هایی که دراسکاتلند هستند،برابر با ۷/۴۳ سنت بر کیلووات ساعت خواهد شد.

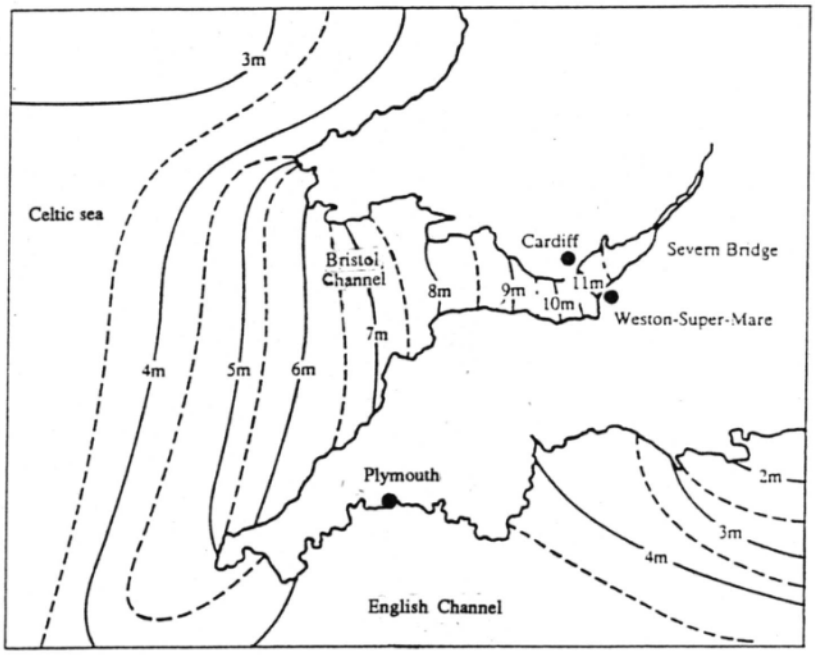
در نروژ، موسسه های بازرگانی که کار راه اندازی سیستم های انرژی‌امواج را دارند، امیدوارند که سیستم های آنها دارای هزینه تولید ۶/۷ تا ۸ سنت برکیلو وات ساعت باشند.

درنهایت باید گفت که سیستم‌هایی که از تکنولوژی انرژی امواج استفاده می کنند، می‌توانند درنقاط مجزا از سیستم قدرت با سیستم‌های دیزلی قابل رقابت باشند؛ ولی هنوز نمی‌توانند جایگاهی را در تأمین انرژی داشته باشند. البته امکان افزایش راندمان و کاهش هزینه اولیه وجود دارد که مستلزم مطالعات بیشتری است.

۲ – انرژی جزر و مد دریاها

۱ – ۲ – مقدمه

جزر و مد به علت تغییر وضعیت ماه و دیگر سیارات آسمانی نسبت به زمین بوجود می آید و دارای سیکل های متفاوتی مانند سیکل روزانه، بهاری، سالانه و سیکلهای طولانی تر است. دامنهٔ جزر و مد در وسط دریاها و اقیانوسها کم و مقدار آن در کناره های سواحل بیشتر است عوامل مختلف منطقه ای بر دامنهٔ جزر و مد اثر می‌گذارند که از جمله آنها، می توان شیب دار بودن منطقه، قیفی بودن شکل ساحل، انعکاس و رزنانس را نام برد. به عنوان مثال می توان جمع این عوامل را در مدخل رودخانه "Severn" در انگلستان مشاهده نمود (شکل ۹).



شکل ۹: تغییرات جزر و مدی در مدخل رودخانه Severn (انگلستان)

در این شکل دیده می شود که دامنهٔ جزر و مد در دهانهٔ کانال برایتون برابر ۴ متر است و درنزدیکی پل "Severn" ، مقدار آن به حدود ۱۱ متر می رسد.

در طی پنجاه سال اخیر، مطالعاتی در مورد نقاط مناسب برای بهره برداری از انرژی جزر و مد انجام گردیده است. گفته شده است که از نظر تئوری، می توان ۶۳۵۰۰۰ گیگاوات ساعت انرژی به صورت سالانه از جزر و مد بدست آورد. این مقدار انرژی معادل انرژی یك میلیارد بشکه نفت است. براساس همین مطالعات، نقاط جزر و مدی مهم دنیا نیز مشخص شده است که از جمله آنها می توان خلیج "Fundy" بین آمریکا و کانادا، "Cook Inlet" در آلاسکا، خلیج "Mont St. Michael" در فرانسه، خلیج "Mezen" در شوروی سابق، دهانهٔ رودخانه "Severn" در انگلستان، خلیج "Walcott" در استرالیا و "San Jose" در آرژانتین را نام برد. در جدول ۱، میزان دامنهٔ متوسط جزر و مد و میزان انرژی سالانه نقاط مهم دنیا آورده شده است. به مقادیر این جدول می توان "Santu Ao" در چین با دامنهٔ متوسط ۴/۸ متر و قدرت سالانه ۳/۷ میلیارد کیلووات ساعت، ساحل غربی خلیج "Garolin" در کره با دامنهٔ متوسط ۴ /۴ متر و انرژی سالانهٔ ۸/. میلیارد کیلو وات ساعت، خلیج "Cheansu" در کره با دامنه متوسط ۴/۵ متر و انرژی سالانه ۱/۲ میلیارد کیلو وات ساعت، خلیج "Kutach" با دامنه متوسط ۵ متر و انرژی ۱/۶ - ۰/۳ میلیارد کیلو وات ساعت و خلیج "Cambay" در هند با دامنه متوسط ۷ متر و انرژی سالانه ۱۵ - ۱۰ میلیارد کیلووات ساعت را اضافه نمود.

نواحی	متوسط رنج جزر و مد (m)	انرژی هیدرولیکی (10^9 Kwh/gr)
Australia		
Kimberley Coast		
Secure Bay I	10.9	2.4
Secure Bay II	10.9	5.4
North America		
Bay of Fundy (U.S.)		
Passamaquoddy	5.5	15.8
Cobscook	5.5	6.3
Bay of Fundy (Canada)		
Annapolis	6.4	6.7
Minas-Cobequid	10.7	175.0
Amherst Point	10.7	2.25
Shepody	9.8	22.1
Cumberland	10.1	14.7
Petitcodiac	10.7	7.0
Memramcook	10.7	5.2
Cook Inlet, Alaska		
Knik Arm	7.5	6.0
Trunagin Arm	7.5	12.5
South America		
Argentina		
San José	5.9	51.5
Europe		
England		
Severn	8.5	14.7
France		
Aber-Benoit	5.2	0.16
Aber-Wrach	5.0	0.05
Arguenon/Lancieux	8.4	3.9
Prenaye	7.4	1.3
La Rance	8.4	3.1
Rotheneuf	8.0	0.14
Mont St. Michel	8.4	85.1
Somme	6.5	4.1
USSR		
Kislaya Inlet	2.4	0.02
Lumbovskii Bay	4.2	2.4
White Sea	5.7	126.0
Mezen Estuary	6.6	12.0

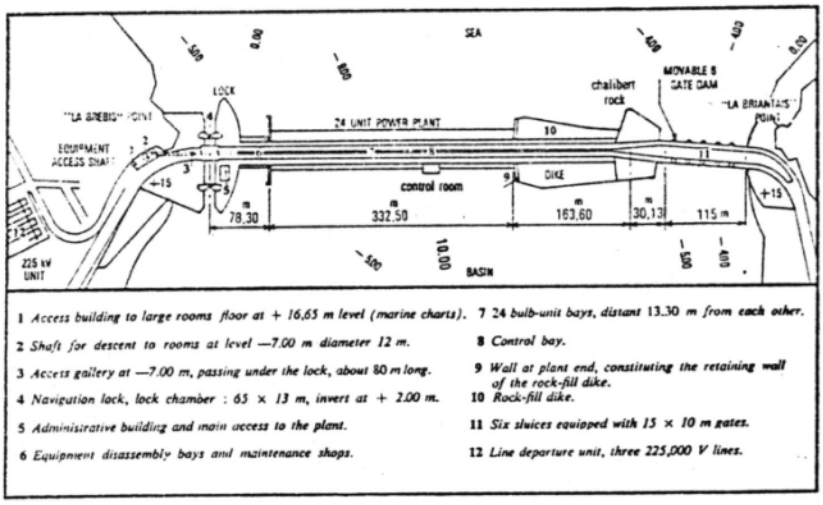
جدول ۱: اندازه متوسط جزر و مد وانرژی هیدرولیکی سالانه در نقاط مهم جهان

۲ – ۲ – روشهای استفاده از انرژی جزر و مد

ساده ترین وسیله برای استفاده از انرژی جزر و مد می تواند یك چرخ باشد که در مسیر حرکت آب قرارگیرد. روش دیگر آن است که ابتدا آب حاصل از مد را در پشت سدهایی جمع آوری کرده و سپس در حین جزر با استفاده از اختلاف سطح آب، توربین را بچرخانیم. این روش، نیاز به سرمایه گذاری زیاد وساخت سد دارد و فقط هنگامی ساختن سد از نظر اقتصادی قابل توجیه است که ارتفاع جزر و مد حداقل ۵ متر باشد.

۳ –۲ – کاربرد انرژی جزر و مد در کشورهای مختلف

اولین و بزرگترین نیروگاه مدرن جذر و مدی جهان در "La Rance" درساحل غربی کشور فرانسه ساخته شده است (شکل ۱۰). ساخت این نیروگاه از سال ۱۹۶۱ شروع گردید و در سال ۱۹۶۸ به پایان رسید.



1 Access building to large rooms floor at + 16,65 m level (marine charts).
2 Shaft for descent to rooms at level —7.00 m diameter 12 m.
3 Access gallery at —7.00 m, passing under the lock, about 80 m long.
4 Navigation lock, lock chamber : 65 × 13 m, invert at + 2.00 m.
5 Administrative building and main access to the plant.
6 Equipment disassembly bays and maintenance shops.
7 24 bulb-unit bays, distant 13.30 m from each other.
8 Control bay.
9 Wall at plant end, constituting the retaining wall of the rock-fill dike.
10 Rock-fill dike.
11 Six sluices equipped with 15 × 10 m gates.
12 Line departure unit, three 225,000 V lines.

شکل ۱۰: نیروگاه جزر و مدی La Rance

این نیروگاه، از ۲۴ توربین از نوع کاپلان هر کدام با قدرت ۱۰ مگاوات استفاده می کند که قدرت کلی آن، ۲۴۰ مگاوات می شود. انرژی تولیدی سالانه این نیروگاه، ۵۰۰ گیگاوات ساعت است (شکل ۱۰). خلیجی که نیروگاه در دهانهٔ آن قرار دارد، دارای دهانه‌ای به طول ۷۵۰ متر و مساحت ۲۲ کیلو متر مربع است. حجم آب ذخیره شده در پشت نیروگاه، ۱۸۰ میلیون متر مکعب و ارتفاع جزر و مد تا ۱۴ متر است. انرژی تولیدی این نیروگاه می تواند تا ۶۰۰ الی ۷۵۰ میگاوات ساعت نیز افزایش یابد؛ ولی هم اکنون فقط برای قلهٔ بار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نیروگاه تمام اتوماتیک است و فقط تحت نظر دونفر درمواقع غروب و آخر هفته کار می کند.

نیروگاه دیگر جزر و مدی، پروژه "Anapolis" در خلیج "Fundy" در کشور کانادا است که دارای قدرت ۲۰ مگاوات بوده و از سال ۱۹۸۴ به صورت رسمی مورد بهره برداری قرار گرفته است. این سیستم در جزیرهٔ "Hog" در دهانهٔ رودخانه "Anapolis" بر روی سدی که قبلاً برای جلوگیری از یورش آب شور به مزارع در هنگام طوفان ساخته شده بود، نصب شده است. ارتفاع جزر و مد در این نقطه بین ۴/۴ متر و ۸/۷ متر است. این نیروگاه، برای ارزیابی امکان تولید انرژی ازجزر و مد در خلیج "Fundy" ساخته شده است. هزینه ساخت این نیروگاه برابربا ۵۳ میلیون دلار و یا به عبارتی ۶۵۰ دلار بر هر کیلو وات شده است و هزینه تولید آن برابر با ۲/۷ سنت بر کیلو وات محاسبه شده است. در اولین سال عملکرد، این نیروگاه دارای قابلیت ۹۹٪ بوده است و عملکرد خوب آن باعث شده است که در کانادا بیشتر از بقیهٔ نقاط جهان به استفاده از انرژی جزر و مد اهمیت دهند.

با توجه به مطالعاتی که در کشور کانادا بر روی نیروگاه "Anapolis" انجام

شده است، امکان ساخت یك نیروگاه با قدرت ۵۰۰۰ مگاوات در سه سایت این خلیج وجود دارد. همچنین با توجه به مطالعات دیگری که توسط گروه مهندسی ارتش آمریکا انجام شده است، در بخش آمریکایی این خلیج، امکان نصب ۹۰ نیروگاه با قدرت بین ۵ تا ۴۵۰ مگاوات وجود دارد که هزینه این طرح بین ۲۲ تا ۹۱۶ میلیون دلار برآورد شده است.

نیروگاه "Kislogubskaya" در "Kislaya Guba" در دریای سفید شوروی سابق، از یك ژنراتور ۴۰۰ کیلوواتی استفاده می کند. ارتفاع جزر و مد در آنجا ۳/۳ متراست. این نیروگاه از سال ۱۹۶۷ شروع به کار کرده است.

در کشور چین سه واحد با قدرتهای ۱۰ مگاوات در "Jianxia" در ایالت "Zhejang" از ابتدای سال ۱۹۸۶ شروع به کار کرده اند.

در بقیهٔ نقاط جهان که از نظر انرژی جزر و مد دارای قابلیت هایی هستند نیز مطالعاتی انجام می شود و ساخت نیروگاههای جزر و مدی مورد بررسی قرار می گیرد.

۴ – ۲ – انرژی جزر و مد از نظر اقتصادی

هزینه تولید نیروگاه "La Rance" در فرانسه، تقریباً معادل هزینه تولید یك نیروگاه اتمی (که از ارزانترین نوع نیروگاهها است) می شود. دست اندرکاران این نیروگاه گفته اند که اگر نیروگاهی مشابه آنچه که در "La Rance" قرار دارد، ساخته شود، هزینه تولید آن تقریباً برابر هزینه تولید یك نیروگاه ذغالسنگی خواهد بود که ارزانتر از هزینه تولید یك نیروگاه با سوخت نفتی است.

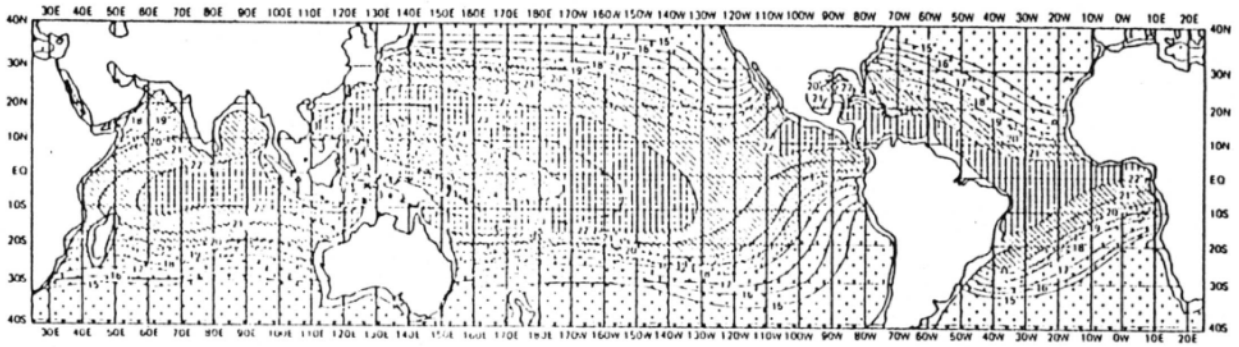
براساس مطالعات انجام شده در کشور انگلستان، هزینه نصب یك نیروگاه در دهانهٔ "Severn" با قدرت ۷۲۰۰ مگاوات و انرژی سالانه ۱۴/۴ تریلیون وات ساعت، برابر ۸/۲۵ میلیارد دلار برآورد شده است که اگر

عمر این نیروگاه ۱۰۰ سال باشد، هزینه تولید آن ۴/۵ سنت بر کیلووات ساعت خواهد بود که کاملاً قابل مقایسه با سیستم های سنتی است.
براساس آنچه که گفته شد و مطالعات بیشتری که انجام شده است، می‌توان گفت که نیروگاههای جزر و مدی در نقاط با پتانسیل زیاد، کاملاً اقتصادی هستند؛ ولی محدودیتهایی در ساخت نیروگاه وجود دارد که از جمله آنها می توان محدود بودن تعداد نقاط مناسب برای ساخت آنها، هزینه زیاد اولیه سرمایه گذاری و منطبق نبودن زمان تولید آنها با قله بار را برشمرد.

۳ -انرژی حرارتی اقیانوسها

۱ - ۳ - مقدمه

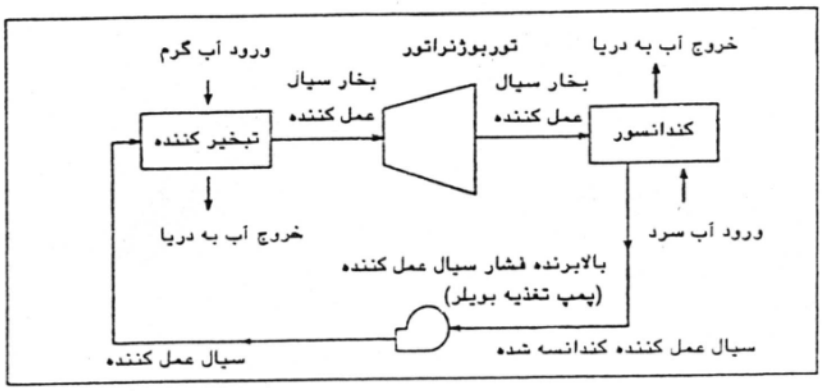
آبهای سطحی اقیانوسها به علت تابش آفتاب، دارای حرارت بیشتری، نسبت به آبهایی که در عمق قرار دارند، هستند. از این اختلاف درجه حرارت می توان استفاده کرد و با استفاده ازسیکلهای ترمودینامیکی، انرژی بدست آورد. این روش که اصطلاحاً "OTEC" نامیده می‌شود، از آن دسته منابع انرژی است که تولید آن می تواند همواره ثابت بماند و به صورت منبع ثابت انرژی عمل کند.
از نظر تئوری گفته می شود که حدود ۲۰ میلیون مایل مربع برای استفاده از انرژی حرارتی اقیانوسها وجود دارد که پتانسیلی برابر با هزاران مگاوات را شامل می شود. ولی نیروگاههای "OTEC" در حال حاضر نیاز به اختلاف درجه حرارتی در حدود ۲۵ درجه سانتیگراد دارند که این اختلاف درجه حرارت بین سطح اقیانوس و عمق ۱۰۰۰ متری (عمق معمول نیروگاههای "OTEC")، بیشتر در مناطق استوایی (به علت گرمتر بودن آبهای سطحی) وجود دارد. در (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: شیب حرارتی اقیانوسهای جهان از سطح تا هزار متری (متوسط سالانه)

۲ – ۳ – روشهای استفاده از انرژی حرارتی اقیانوسها

دو روش سیکل بسته و سیکل باز برای استفاده از انرژی حرارتی اقیانوسها وجود دارد. در سیکل بسته، معمولاً یکی از دو گاز فریون و یا آمونیاك به عنوان مایع عمل کننده مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش که به صورت شماتیك در شکل ۱۲ نشان داده شده است، با استفاده از آب گرم اقیانوس، سیال مورد نظر به بخار تبدیل می شود و پس از عبور از توربین،با آب سردی که از اعماق اقیانوس پمپ می شود، در کندانسور سرد و متراکم می شود.

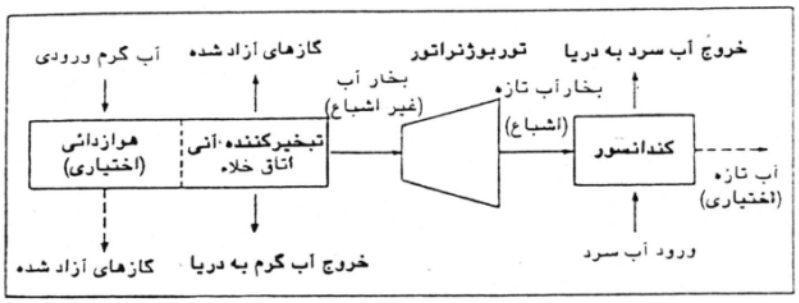


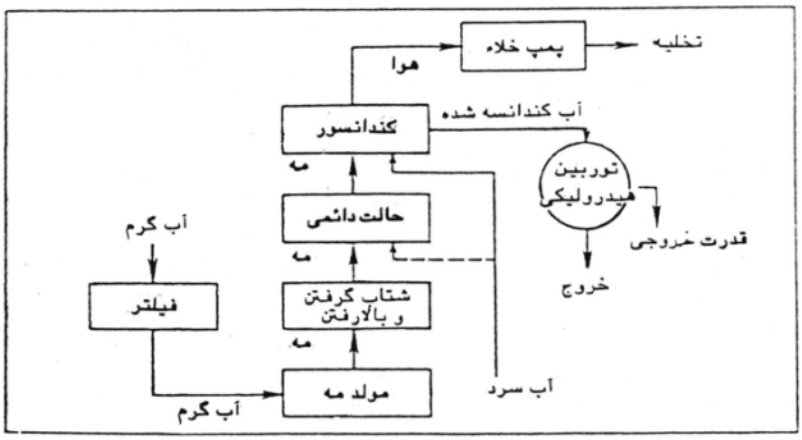
شکل ۱۲: نمای شماتیك یك سیستم سیکل بسته OTEC

در روش سیکل باز، آب گرم اقیانوس به عنوان سیال عمل کننده مورد استفاده قرار می گیرد. دو روش برای سیکل باز وجود دارد. در روش "Claude" ، آب گرم دریا در شرایط خلاء در یك محفظه به بخار تبدیل می‌شود که برای چرخاندن توربین مورد استفاده قرار می گیرد. آب سرد

اقیانوس نیز برای سرد کردن بخار خروجی و کامل کردن سیکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. مایع خروجی این سیستم چون آب بدون ناخالصی است، می‌تواند به عنوان آب شیرین مورد استفاده قرارگیرد.

روش دیگر سیکل باز، روش "Mist Lift" است که در آن، آب گرم اقیانوس، به صورت آنی در قسمت پایین یك لولهٔ خلاء به بخار تبدیل می شود و در انتهای لوله بوسیلهٔ آب سرد اقیانوس، به مایع تبدیل می شود. این آب سرد در اثر جاذبه از یك لوله به سمت پایین حرکت می کند و محور توربین را که یك توربین آبی معمولی است، می چرخاند. در شکل ۱۳ این دو روش سیکل باز به صورت شماتیك، نشان داده شده اند.





شکل ۱۳: نمای شماتیك دو سیستم سیکل باز شامل روش Mist- Lift, Claude

مسائل عمده در این تکنولوژی مربوط به لولهٔ آب سرد، کابلهای انتقال نیرو (از محل تولید به نقاط مصرف) و مبدلهای حرارتی سیستم است. کشورهای فرانسه، آمریکا و ژاپن در توسعهٔ این تکنولوژی پیشرو هستند.

۳ - ۳ - کاربرد سیستم های انرژی حرارتی اقیانوسها در کشورهای مختلف

در کشور ژاپن از سال ۱۹۷۴ درمورد برنامه های OTEC شروع به تحقیق شده است و بیشتر کار آنها بر روی تکنولوژی مبدلهای حرارتی، مسائل مهندسی واحدهای شناور، مواد مورد نیاز سیستم، سیستم لنگر و لولهٔ آب سرد متمرکز شده است. یك سیستم سیکل بسته با قدرت ۵ کیلووات برای محاسبات و آزمایشهای لازم ساخته شده است و دولت این کشور در حال کار بر روی یك نیروگاه شناور ۱۰ مگاواتی است. شرکت برق توکیو، یك نیروگاه آزمایشی سیکل بسته ساحلی با قدرت ۱۰۰ کیلو وات را در ایالت "Nauru" ساخته است. ساخت این نیروگاه در راستای ساخت یك نیروگاه ۲۰ مگاواتی در همان نقطه بوده است.

دولت هلند در مورد تکنولوژی OTEC حمایتهایی را انجام می دهد. این کشور به عنوان یکی از کشورهای خارجی در مورد نیروگاه ۴۰۰ مگاواتی شناور آمریکا مشغول تحقیق است.

از سال ۱۹۸۲ دولت و صنایع هلند در مورد یك نیروگاه ۱۰۰ کیلوواتی اولیه در کشور اندونزی شروع به کار کردند ولی این تحقیقات در سال ۱۹۸۵ به علت هزینه زیاد، از سوی دولت متوقف شد.

در سوئد مطالعات خاصی در این زمینه انجام نمی شود ولی کمپانی‌های سوئدی با دیگر کشورها در این زمینه مشارکت می‌کنند. همچنین در مورد مناطق ممکن برای ایجاد این سیستم‌ها و طراحی آنها درکشورهای

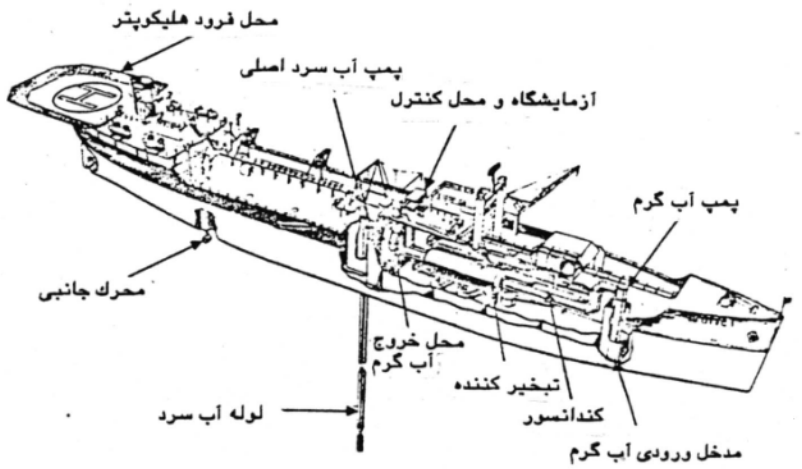
دیگر مطالعاتی انجام می دهند. دولتهای سوئد و نروژ در طراحی یك نیروگاه یك مگاواتی سیکل بسته در ساحل جامائیکا مشارکت می کنند.

مطالعات در کشور انگلستان از سال ۱۹۸۱ شروع شده است. این مطالعات بیشتر در مورد مبدلهای حرارتی و لوله های آب سرد و همچنین مطالعات اقتصادی و تجاری متمرکز شده است.

از سال ۱۹۸۲، وزارت صنایع انگلستان و چند کمپانی مربوطه در مورد یك نیروگاه ۱۰ مگاواتی سیکل بسته شناور دریای کارائیب در اقیانوس آرام شروع به کار کرده اند. گروههای دانشگاهی نیز درمورد پاسخهای دینامیکی مبدلهای حرارتی سیستم و زمینه های اقتصادی سیستم به مطالعه پرداخته اند. قرار بوده است این سیستم در سال ۱۹۸۹ تمام شده و نصب شود.

در آمریکا از سال ۱۹۸۴، تحقیقات وسیعی در مورد سیستم های "OTEC" انجام شده است. این تحقیقات شامل طراحی اولیه، مدلسازی کامپیوتری، آزمایشات در سطوح آزمایشگاهی و بررسی و آزمایش در ابعاد مهندسی اجزاء آن است. در پی این تحقیقات، در سال ۱۹۷۹ اولین واحد شناور آبی سیکل بسته با نام "Mini - OTEC" با قدرت اسمی ۳۵ کیلووات در هاوایی نصب شد. این واحد در طول چهار ماه کار خود با توان ۱۵ کیلووات، ایده "OTEC" را عملی ساخت.

درسال ۱۹۸۰، اولین نیروگاه سیکل بسته شناور "OTEC" به نام "OTEC-1" با قدرت یك مگاوات، برای آزمایشات مهندسی در آبهای هاوایی قرار گرفت. این پروژه، تحت حمایت دولت آمریکا برای بررسی مبدلهای حرارتی، لولهٔ آب سرد، اثرات محیطی و مسائل کنترل وعملکرد انجام شد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: سکوی شناور آزمایشی OTEC-1 مربوط به وزارت انرژی آمریکا

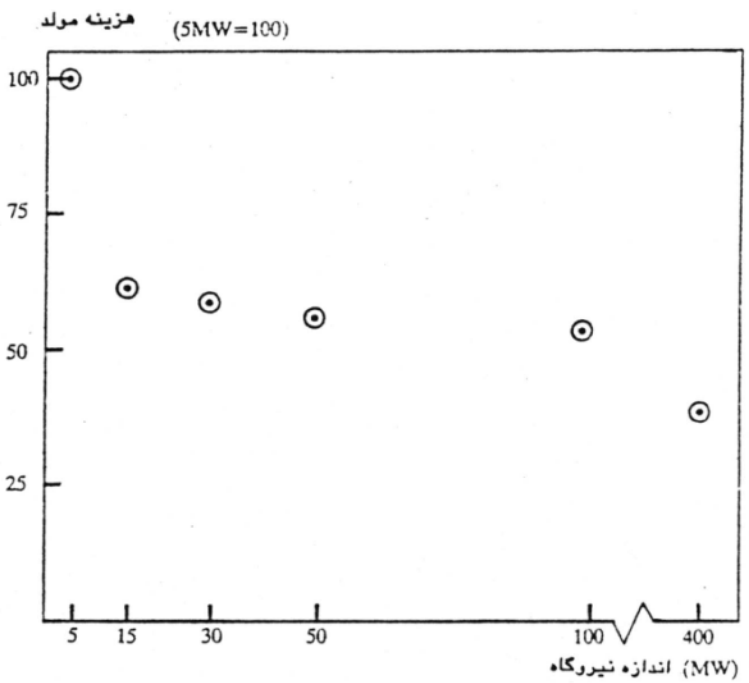
پس از ساخت نیروگاه "OTEC-1"، مراحل مطالعات و طراحی یك نیروگاه ۴۰ مگاواتی ساحلی در سواحل هاوایی انجام شد. قرار بود که دولت و شرکت برق هاوایی هزینه ساخت آن را بپردازند ولی عدم تأمین هزینه و ارزان شدن نفت، این پروژه را متوقف کرده است.

مطالعات در کشور فرانسه در این زمینه بیشتر بین سالهای ۱۹۷۸ و ۱۹۸۰ انجام شده است. پس از مطالعات لازم بر روی این سیستم ها، به این نتیجه رسیدند که لازم است یك واحد ۵ مگاواتی ساخته شود"Tohiti". مطالعات بر روی اجزاء مختلف انجام شد و قرار شد این نیروگاه تا سال ۱۹۸۸ نصب شود ولی به علت مشکلاتی که در مورد لوله آب سرد وجود داشت، عملیات متوقف گردید.

در هند برنامه های "OTEC" برروی گسترش و مطالعه یك نیروگاه یك مگاواتی از نوع سیکل بسته در مجتمع الجزایر "Laccadives" متمرکز شده است. این نیروگاه هنوز ساخته نشده است ولی مطالعات در این زمینه

توسط گروههای صنعتی خصوصی ادامه دارد.
در جامائیکا مطالعات چندانی در این زمینه انجام نمی شود ولی در این کشور نسبت به گسترش این تکنولوژی تمایل زیادی نشان داده می شود. شرکت نفت این کشور به همراه دولتهای سوئد و نروژ، سعی در راه اندازی یك نیروگاه یك مگاواتی در این کشور را دارد.
در کشور تایوان مطالعات وسیعی در این زمینه توسط دانشگاهها، آمایشگاهها و شرکت برق این کشور انجام می شود. آنها سعی در ساخت یك نیروگاه ۹ مگاواتی دارند که آب گرم این نیروگاه از نیروگاه اتمی "Hon - Tsai" بدست می آید. اگر این نیروگاه ساخته شود، در آینده از مشکلات زیست محیطی نیروگاههای اتمی کاسته خواهد شد.

۴ – ۳ – استفاده از انرژی حرارتی اقیانوسها از نظر اقتصادی
اگرچه براساس مطالعاتی که در کشورهای فرانسه، ژاپن و آمریکا انجام شده است، پیش بینی می شود که سیستم‌های "OTEC" درمحدودهٔ بسیار بزرگ قابل مقایسه با سیستم‌های سنتی باشند؛ ولی هزینه سیستم های "OTEC" کنونی، بیش از ۱۰ برابر هزینه سیستم های سنتی است.
با متوقف شدن فعالیت در مورد سیستم‌های "OTEC"، پیشگویی آینده این سیستم ها مشکل است ولی آنچه که مشخص است امکان بهبود راندمان تبدیل و کاهش هزینه اولیه وجود دارد که این امر بوسیلهٔ افزایش اندازه سیستم ها مسیر است. شکل ۱۵، هزینه تولید واحدها با ابعاد مختلف را نشان می دهد. با توجه به شکل که حاصل مطالعات گسترده در این زمینه است، هزینه تولید یك سیستم ۴۰۰ مگاواتی، نسبت به واحد ۵ مگاواتی، ۶۱٪ کاهش نشان می دهد. این نمایانگر آن است که برای اقتصادی شدن این سیستم‌ها بایستی آنها را بزرگتر در نظرگرفت.



شکل ۱۵: درجه بندی اقتصادی سیستم های OTEC

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۱۶ نشریه با عناوین زیر منتشر کرده است:

۱- کاربرد جدید شیشه در نمای ساختمان (تابستان ۱۳۷۱)

۲- پارکینگ مراکز تجاری (پائیز ۱۳۷۱)

۳- محافظت در مقابل زلزله (زمستان ۱۳۷۱)

۴- جمع آوری و دفع زباله و مسائل ناشی از آن (زمستان ۱۳۷۱)

۵- طرح اسکان و سریع (زمستان ۱۳۷۱)

۶- مجموعه مقالات راجع به ژئوسنتز (بهار ۱۳۷۲)

۷- مهار آب با آب (بهار ۱۳۷۲)

۸- تحول سبز در معماری (بهار ۱۳۷۲)

۹- روندیابی و مدیریت سیلاب (بهار ۱۳۷۲)

۱۰- مطالعات اقتصادی جهت احداث مراکز خرید (تابستان ۱۳۷۹)

۱۱- نگاهی کوتاه بر طراحی فضای سبز - "تجربیات کشورهای مختلف" (تابستان ۱۳۷۲)

۱۲- بازیافت آب در صنایع شن و ماسه‌شوئی (پائیز۱۳۷۲)

۱۳- بناهای چوبی (کنده‌ای) در ایران و تجربیات کشورهای دیگر (پائیز ۱۳۷۲)

۱۴- نکاتی در مورد طراحی ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته پیش‌تنیده در مناطق زلزله‌خیز (پائیز ۱۳۷۲)

۱۵- اتوماسیون و بهینه‌سازی در سیستم‌های توزیع الکتریکی (زمستان ۱۳۷۲)

۱۶- انرژی دریاها (زمستان ۱۳۷۲)