چشم‌انداز توسعه فن‌آوری پیل سوختی در ایران

مهدی امیری‌نژاد[1]، سوسن روشن‌ضمیر[1]، محمدحسن ایکانی[2]
۱ـ دانشکده مهندسی شیمی، پژوهشکده سبز، دانشگاه علم و صنعت ایران
۲ـ پژوهشکده صنایع شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

چکیده

پیل‌سوختی به عنوان جدیدترین فن‌آوری تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی در جهان شناخته شده است. همسویی با اهداف زیست‌محیطی و نیز تولید انرژی پربازده از جمله عواملی است که باعث شده است تا بسیاری از کشورهای پیشرفته حمایت از توسعه پیل‌سوختی را در رئوس برنامه‌های بودجه‌ای خود قرار دهند. رشد سریع جمعیت در چند ساله اخیر در ایران سبب استفاده وسیع از منابع فسیلی گردیده است. همین امر باعث مشکلات آلودگی زیست‌محیطی بسیاری گشته است. تقاضا برای بهبود کیفیت محیط‌زیست و تعادل در مصرف سوخت، شاید، دو دلیل اصلی به عنوان نیروی محرکه توسعه فن‌آوری خودروی پیل سوختی در ایران می‌باشد. برای نیل به اقتصادی پویا و غیر متکی به درآمدهای حاصل از صادرات نفت‌خام، تغییر نگرش به استفاده بهتر از منابع نفت و گاز لازم و ضروری است و پیل‌های سوختی بهترین وسائل استفاده بهینه و کارآ از این منابع می‌باشند. پتانسیل ایران در زمینه کاربرد پیل‌های سوختی در بخش‌های مختلف، ساخت و طراحی آن و نیز سیستم سوخت از نوع گازطبیعی بالا می‌باشد. در این مقاله، ضمن بررسی موقعیت کنونی، پتانسیل کاربردی، روند آتی این فن‌آوری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: فن‌آوری پیل‌سوختی، توسعه، انرژی، آلودگی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

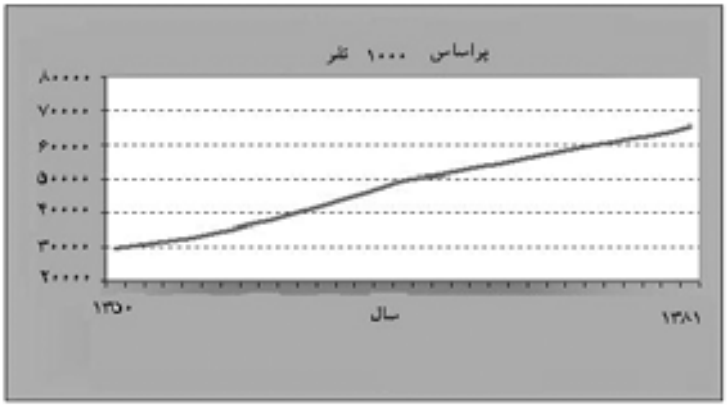
پیل‌های سوختی به واسطه خصوصیات متمایز بازدهی بالا و آلودگی بسیار پایین به عنوان یک فن‌آوری جذاب در بسیاری از کشورهای جهان شناخته شده است. میزان توسعه این فن‌آوری در کشورهـای مختـلف بسـته به موقعـیت جغـرافیایی، سیـاست‌های راهـبردی دولـت‌ها و شـرایط زیست‌محیطی منطقه‌ای متغیر است. بسیاری از کشورها و دولت‌ها حمایت از توسعه پیل سوختی را در رئوس برنامه‌های بودجه‌ای خود قرار داده‌اند.[۱] پیل‌های سوختی، امروزه به عنوان یکی از وسایل رسیدن به هدف اساسی آینده جامعه بشری که همانا نیل به سوی توسعه پایدار است، مطرح هستند. توسعه پایدار انرژی عبارت است از تأمین و در دسترس بودن آسان انرژی به طوری که این تأمین انرژی آسیبی به آینده زندگی افراد جامعه وارد نکند. نتیجه توسعه پایدار رشد اقتصادی است. به هر حال رشد اقتصادی در گرو امنیت انرژی و حفاظت از محیط‌زیست می‌باشد. بنابراین، پیل‌های سوختی نقش مهمی در توسعه پایدار انرژی ایفا می‌کنند.[۲]

اخیراً، برنامه توسعه ملل متحد[1] و سازمان محیط‌زیست جهانی[2] طرح نمایش اتوبوس‌های پیل سوختی را در پنج کشور در حال توسعه شامل برزیل، چین، مصر، هند و مکزیک به معرض اجرا گذاشت.[۳] از دلایل اجرای این طرح در کشورهای در حال توسعه[3]، آلودگی هوای شهرهای بزرگ این کشورها بیان شده است و متأسفانه ایران که دارای شهرهای آلوده بزرگ بسیاری است، به هر دلیلی، نادیده گرفته شده است.

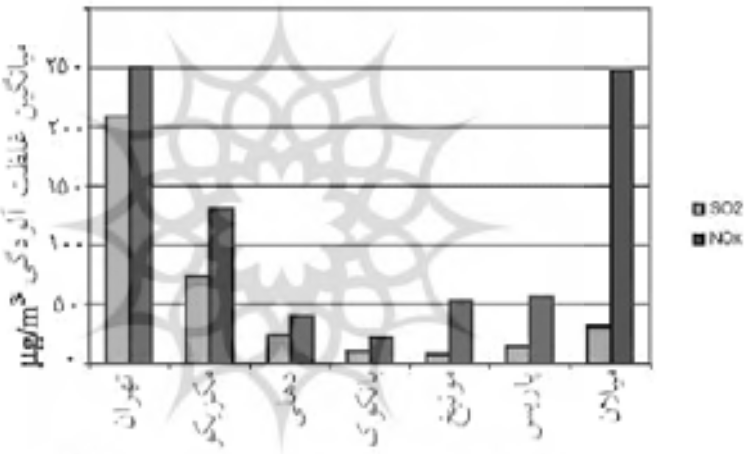
رشد سریع جمعیت در چند ساله اخیر در ایران شکل شماره (۱)، سبب استفاده وسیع از منابع فسیلی گردیده است. همین امر باعث مشکلات آلودگی زیست‌محیطی بسیاری گشته است. مهمترین مسأله آلودگی محیط‌زیست در ایران، آلودگی هوای شهرهای بزرگ خصوصاً تهران است. شکل شماره (۲) تهران را با مهمترین شهرهای آلوده جهان مقایسه کرده است. حدود ۱/۵ میلیون تن [٤] از مواد آلوده، هر ساله، در تهران تولید می‌شود و همراه با گاز دی‌اکسید کربن خروجی از اگزوز خودروها درصد این آلودگی را افزایش داده است. حدود ۹۷/۷٪ از منوکسید کربن تولیدی و حدود ۸۰/۹٪ از ذرات معلق، در سال ۱۳۸۱، به ترتیب ناشی از مصرف بنزین و گازوئیل در بخش حمل و نقل بوده است.[۵]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1- United Nations Development Program (UNDF)
2- Global Environment Facility (GEF)
3- Developing Countries



شکل ۱ـ رشد جمعیت در ایران [۵]



شکل ۲ـ مقایسه تهران با بسیاری از شهرهای آلوده جهان [۶]

منابع انرژی در ایران

ایران در منطقه خاورمیانه واقع شده است که این منطقه به تنهایی حدود ۶۳/۳٪ از ذخایر نفت و حدود ۴۰/۸٪ از ذخایر گازطبیعی جهان را در سال ۲۰۰۴ به خود اختصاص داده است. سهم ایران در انتهای سال میلادی ۲۰۰۳ از نفت و گازطبیعی جهان به ترتیب ۱۱/۴٪ و ۱۵/۲٪ کل ذخایر برآورد شده است [۷]؛ یعنی، دومین کشور از لحاظ میزان هر دو ذخیره نفت و گازطبیعی جداول شماره (۱ و ۲). میزان انرژی اولیه در سال ۱۳۸۱ برابر[4] ۱۷۰۵/۷ mboe بوده که حدود ۷۰/۸٪ از آن از نفت، ۲۸/۱٪ از گازطبیعی، ۰/۷٪ از برق‌آبی و ۰/۴٪ آن از زغال‌سنگ تأمین شده است. مصرف نهایی انرژی به میزان ۷۱۴/۸ mboe یعنی

4- Mboe: Million Barrel of Equilibrium

به انـدازه ۹/۱۵٪ نسبت به سـال پیش از آن رشـد داشـته اسـت.[۵] ایران پتانسـیل بالایـی برای بهـره‌گیـری از انرژی‌های نو دارد اما تاکنون میزان استفاده از آنها ناچیز بوده است. از دلایل اصلی برای استفاده کم از آنها می‌توان فراوانی منابع فسیلی در ایران ذکر کرد. کل مصرف انرژی‌های نو در سال ۱۳۸۱ شامل برق آبی، خورشیدی، جذر و مد، زمین‌گرمایی، زیست‌توده، زیست‌گاز و ضایعات صنعتی و کشاورزی و حیوانی حدود ۰/۷٪ از کل انرژی بوده است. ایران در تلاش اسـت که حدود ۲۰٪ از برق مورد نیاز خود را از انرژی هسته‌ای تأمین کند.

جدول ۱ـ پنج کشور دارای بیشترین ذخایر گازطبیعی جهان [۷]

مکان	کشور	تریلیون مترمکعب	سهم از کل (درصد)
۱	روسیه	٤٧/٠٠	٢٦/٧
۲	ایران	٢٦/٦٩	١٥/٢
۳	قطر	٢٥/٧٧	١٤/٧
٤	عربستان سعودی	٦/٦٨	٣/٨
٥	امارت متحده عربی	٦/٠٦	٣/٤

جدول ۲ـ پنج کشور دارای بیشترین ذخایر نفت جهان [۷]

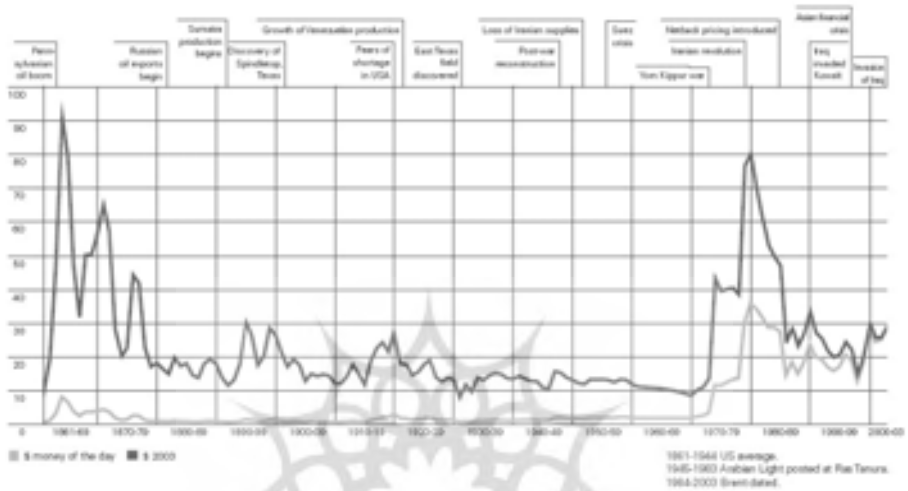
مکان	کشور	هزار میلیون بشکه	سهم از کل (درصد)
۱	عربستان سعودی	٢٦٢/٧	٢٢/٩
۲	ایران	١٣٠/٧	١١/٤
۳	عراق	١١٥/٠	١٠/٠
٤	امارت متحده عربی	٩٧/٨	٨/٥
٥	کویت	٩٦/٥	٨/٤

پیل‌های سوختی: استفاده بهتر از سوخت‌های فسیلی

در نگاه اول ممکن است این‌گونه به نظر برسد که ایران به واسطه داشتن منابع فراوان سوخت‌های فسیلی، نیازی به دستیابی دانش فن‌آوری پیل‌های سوختی ندارد؛ اما، در این نظریه سه دیدگاه وجود دارد که دستیابی به این فن‌آوری را ضروری می‌سازد:

- ابتدا باید متذکر شد که پیل‌های سوختی یک فن‌آوری تبدیل انرژی ـ نه منبع انرژی اولیه ـ هستند.[۸] منابع فسیلی می‌توانند در مبدل به هیدروژن تبدیل گشته و با استفاده در پیل‌های سوختی به عنوان سوخت، قدرت و حرارت با بازدهی بالا و عدم آلودگی محیط‌زیست تولید کنند. بنابراین، پیل‌های سوختی وسایلی برای استفاده بهتر از منابع فسیلی هستند.
- اقتصاد ایران از گذشته‌های دور وابسته و متکی به درآمدهای حاصل از صادرات نفت‌خام بوده است. نقش نفت و تأثیر آن در وضعیت اقتصادی ایران به منزله آن است که هر گونه تغییر در قیمت جهانی آن، آثار متفاوتی در رشد یا افول مقطعی اقتصاد به همراه داشته است. شکل شماره (۳). بنابراین

تغییر در وابستگی به درآمدهای حاصل از نفت‌خام تأثیر بسیار مهمی بر اقتصاد کشور برجای می‌گذارد. در این میان پیل‌های سوختی به عنوان یک فن‌آوری نوپا و نوظهور و با داشتن قابلیت‌های فراوان کاربردی و نیز پتانسیل استفاده از حوزه‌های مختلف علوم، می‌توانند ما را در رسیدن به اقتصادی پویا و پایدار رهنمون کنند.



شکل ۳ـ روند تغییرات صعود و نزول متناوب قیمت نفت طی سالیان متمادی [۷]

برای دستیابی به توسعه پایدار، انرژی باید از منابع مطمئن، کارآ، پاک و بی‌انتها فراهم شود. برای نیل به این هدف و پاسخگویی به نیاز بحرانی و حیاتی [۲] به فن‌آوری انرژی پاک‌تر، انرژی باید از منابع غیر فسیلی به دست آید.

تولید هیدروژن

در تولید و ذخیره هیدروژن به عنوان سوخت اصلی پیل‌های سوختی، موانع و مشکلاتی وجود دارد. برای توسعه خودروی پیل سوختی نیاز به سوخت هیدروژن یا متانول وجود دارد. اگرچه کاربرد سیستم پیل سوختی بر پایه استفاده از هیدروکربن‌ها در حال توسعه است.[۹] هیدروژن می‌تواند از محدوده وسیعی از مواد شامل سوخت‌های فسیلی، زیست‌توده، بعضی از محصولات جانبی صنایع شیمیایی و نیز به وسیله الکترولیز آب تولید گردد.[۱۰] انتخاب اصلی برای آینده به موقعیت منابع و در دسترس بودن ذخایر بستگی دارد. گازطبیعی به عنوان منبع تولید هیدروژن در ایران به واسطه ذخایر عظیم آن در نظر گرفته می‌شود. تبدیل گازطبیعی به هیدروژن معمولاً با یکی از سه روش اصلی شامل تبدیل با بخار[۵]، اکسایش جزیی[۶] و یا ترکیبی از هر دو روش به صورت همزمان[۷] انجام می‌شود.[۱۳-۱۱]

5- Steam Reforming (SR)
6- Partial Oxidation (PO)
7- Auto thermal Reforming (ATR)

برای سوخت‌گیری وسیله نقلیه پیل سوختی از گازطبیعی، براساس اینکه هیدروژن به طور متمرکز[8] یا در محل[9] تولید شود [۱٤] بر دو روش استوار است.

پتانسیل کاربردی

به طور ویژه، متخصصان این صنعت، سه حوزه پتانسیل کاربردی را برای آن در نظر گرفته‌اند: (۱) کاربرد نیروگاهی برای تولید برق (چه به صورت متصل به شبکه یا مستقل از شبکه) (۲) کاربرد در وسایل الکتریکی قابل حمل (۳) خودروهای برقی.[۱۵] نوع پیل سوختی مورد استفاده ممکن است با توجه به نوع کاربرد آن متفاوت باشد. به عنوان مثال، به نظر می‌رسد PEMFC برای کاربرد در خودرو مناسب باشد؛ در حالی که، نوع SOFC برای کاربردهای خانگی جذاب‌تر است.[۱٦] با توجه به تقدم نوع کاربرد در ایران می‌توان در زمینه اولویت توسعه نوع یا انواع پیل سوختی اظهار نظر کرد.

ـ حمل و نقل

حدود ۲۹/۲٪ از مصرف نهایی انرژی در سال ۱۳۸۱ در ایران به بخش حمل و نقل اختصاص داشته است.[۵] جدول شماره (۳)، مصرف سوخت برای استفاده روزانه در خودرو را در کشورهای مختلف مقایسه کرده است. مطابق آن، ایران بیشترین مصرف‌کننده سوخت در این بخش در میان کشورهای مختلف بوده است. فن‌آوری پایین خودروهای تولیدی دلیل اصلی برای مصرف بالا در این بخش می‌باشد.

علاوه بر مصرف زیاد سوخت در بخش حمل و نقل، این بخش، به ترتیب، عامل تولید ۹۸/۵، ۹٦/۱، ۷۸/۱ و ٦۲/٤ درصد آلاینده‌های CO، CH، SPM و NO_x در سال ۱۳۸۱ بوده است و تولید CO_2 در این بخش نسبت به سال قبل حدود ۵ تن رشد داشته است.[۵]

تقاضا برای بهبود کیفیت محیط‌زیست و تعادل در مصرف سوخت، شاید، دو دلیل اصلی به عنوان نیروی محرکه توسعه فن‌آوری خودروی پیل سوختی در ایران باشد.

ـ کاربرد خانگی ـ تجاری

در سال ۱۳۸۱، بخش خانگی ـ تجاری در کشور به تنهایی حدود ٤۰/۲٪ از مصرف نهایی انرژی را به خود اختصاص داد و این بخش بیشترین مصرف برق را نسبت به سایر بخش‌ها داشته است. شکل شماره (٤). یکی از امتیازاتی که ایران نسبت به سایر کشورها در این بخش دارد این است که حدود ۹۱٪ از سیستم‌های ارائه‌شده پیل سوختی در کاربرد نیروگاهی بزرگتر از kW ۱۰ با استفاده از سوخت گازطبیعی بوده است.(شکل شماره (۵)) [۱۷] و این سوخت به نظر می‌رسد برای کاربردهای خانگی ـ تجاری نسبت به هیدروژن یا سایر سوخت‌ها بهترین گزینه باشد.[۱۳ و ۱۷] تولید غیر متمرکز[10] (یک مجموعه از تولیدکننده‌های بسیار کوچک که در نزدیکی مصرف‌کننده قرار داشته و تولید قدرت و حرارت می‌کنند)، بسیار جذاب بوده و به سرعت در چندین حوزه شامل نوآوری فنی، تغییر در ساختار

8- Centralized Production
9- On-site Production
10- Distributed Generation

بازار انرژی و سیاست در حال توسعه هستند.[۱۸] به هر حال این سیستم‌ها باید هزینه تولید و نصب پایینی داشته و بسیار مورد اعتماد باشند [۱۹]، که در آن صورت قدرت و حرارت تولیدی از پیل سوختی می‌تواند باعث ایجاد حجم بالایی از ظرفیت اضافی گردد که جبران‌کننده مصرف زیاد در این بخش شود.

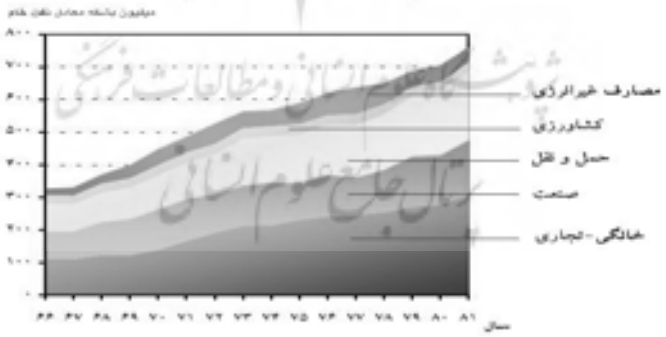
ـ وسایل الکتریکی قابل حمل

این نوع پیل‌های سوختی که تحت نام پیل‌های سوختی کوچک[11] نیز شناخته می‌شوند کاربردهای ویژه‌ای در سیستم‌های الکترونیکی قابل حمل مانند تلفن‌های همراه و رایانه‌های کیفی دارند. گرچه این سیستم‌ها تأثیر چندانی روی کاهش آلودگی یا کاهش مصرف سوخت مانند آنچه که در کاربردهای خودروی برقی یا خانگی ـ تجاری مد نظر است، ندارند؛ اما، نشان داده‌اند که با اقبال عمومی زیادی رو به رو خواهند شد. عوامل جذابیتی که می‌توانند داشته باشند از قبیل دوره شارژ طولانی‌تر وسیله (به عنوان نمونه حدود ۱۰ برابر سیستم‌های کنونی) و وزن سبک‌تر و قیمت ارزان‌تر نسبت به باتری‌های حاضر می‌باشد.

جدول ۳ـ مقایسه مصرف سوخت روزانه خودرو در کشورهای مختلف

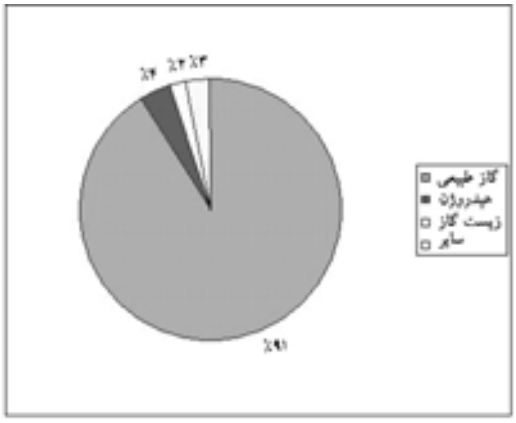
مصرف روزانه‌ی خودرو (لیتر)	کشور
۱/۹	فرانسه
۲/۵	آلمان
۲/۵	ژاپن
۳/۵	انگلیس
٦/۵	کانادا
۷/۳	آمریکا
۷/۸	مکزیک
۱۰/۷۵	ایران (۱۳۷۹)

منبع: وزارت نفت



شکل ۴ـ مصرف نهایی برق به تفکیک بخش‌ها در سال ۱۳۸۱ [۵]

11- Small Fuel Cells



شکل ۵ ـ سهم سوخت‌های مختلف برای سیستم‌های بزرگ‌تر از ۱۰ kW پیل سوختی در کاربرد نیروگاهی [۱۸]

موقعیت کنونی ایران

ایران تاکنون برنامه پیل سوختی و هیدروژن مشخص و ویژه‌ای نداشته است. فعالیت‌های پیل سوختی در ایران بیشتر جنبه دانشگاهی و تحقیقاتی بوده و کار عملی چندانی صورت نگرفته است. سازمان اصلی حامی در رابطه با طرح‌های عملی، "سازمان انرژی‌های نو ایران" (سانا) بوده است.

بسیاری از طرح‌ها، ضمن خاتمه یافتن در بعضی نهادها و مجامع دوباره، چه به صورت عمدی یا سهوی، در نهادهای دیگر نیز به انجام می‌رسید و به اصطلاح موازی‌کاری فراوانی صورت می‌گرفت. برای هماهنگی و جهت‌دارکردن فعالیت‌های آتی در زمینه توسعه این فن‌آوری در تاریخ ۱۲ دی‌ماه سال ۱۳۸۰ جلسه‌ای با حضور نمایندگان و متخصصان این فن‌آوری از سازمان‌ها و نهادهای مختلف با عنوان "تعیین راهکارهای تحقیق و توسعه فن‌آوری پیل سوختی در ایران" توسط سانا و در محل پژوهشگاه نیرو به انجام رسید. کمبود نیروهای متخصص، کمی بودجه‌های تحقیقاتی، عدم سیاست راهبردی معین و حمایت‌کننده، انجام طرح‌های موازی در سازمان‌های دولتی، تخصیص ناعادلانه بودجه‌های تحقیقاتی بین مراکز فعال و بالاخره، تحریم‌ها و فشارهای خارجی (عدم فروش برخی قطعات و مواد مهم توسط کشورهای تحت انحصار آن) ازجمله مباحث مهم مطرح شده در این نشست بود. در پایان جلسه، حاضران پیشنهادهای زیر را مطرح کردند [۲۰]:

- تأسیس مرکز ملی مطالعات پیل سوختی در ایران به منظور انجام کلیه مراحل
- امکان‌سنجی اقتصادی و تحقیقات فنی این فن‌آوری
- تشکیل کمیته راهبری پیل سوختی ایران
- گردآوری سند ملی استراتژی پیل سوختی در ایران

بعد از تشکیل کمیته راهبری پیل سوختی ایران که اعضای آن شامل سازمان‌ها و مؤسسات مختلف دولتی و احیاناً غیر دولتی است، در راستای اهداف تشکیل این کمیته، طرحی با عنوان "مطالعات امکان‌سنجی و تحلیل جذابیت و تدوین استراتژی توسعه فن‌آوری پیل سوختی" به تصویب رسید که اجرای آن به مرکز تحقیقات گسترش تابع سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران و شرکت فن‌آوری

هیدروژن واگذار شد. از اهم اهداف این طرح برنامه‌ریزی استراتژیک توسعه فن‌آوری پیل سوختی در کشور و نیز ایجاد هماهنگی و همسوسازی طرح‌های تحقیقاتی و فعالیت‌های عملی در زمینه فن‌آوری پیل سوختی می‌باشد.

ـ مراکز فعال در زمینه توسعه فن‌آوری پیل سوختی در ایران

مراکز مختلفی روی تحقیق و توسعه فن‌آوری پیل سوختی در ایران فعالیت کرده‌اند. بعضی از این مراکز عضو کمیته راهبری پیل سوختی ایران هستند. عمده مراکز عبارتند از: سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)، پژوهشکده سبز دانشگاه علم و صنعت ایران، مرکز تحقیقات گسترش، مرکز تحقیقات ایران خودرو، شرکت فن‌آوری هیدروژن، دانشگاه تربیت مدرس، سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه مواد و انرژی، مرکز تحقیقات نیرو، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، پژوهشکده مهندسی جهاد کشاورزی اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، سازمان توانیر، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سازمان حفاظت از محیط‌زیست، دفتر همکاری‌های فن‌آوری ریاست جمهوری، مرکز تحقیقات شرکت نفت، مرکز تحقیقات سایپا، مرکز تحقیقات دانا و دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات هر کدام طرح‌های مختلفی در جهت توسعه فن‌آوری پیل سوختی انجام داده‌اند. بیشتر فعالیت‌ها روی پیل‌های دما پایین متمرکز شده است و اکثر آنها شامل طرح‌های تحقیقاتی بوده است. فعالیت‌های عملی نیز در برخی مراکز صورت گرفته است؛ مانند ساخت پیل‌های سوختی یک کیلووات اسیدفسفریک و الکترولیت پلیمر جامد در سانا، ساخت اولین مجموعه‌ی پیل سوختی متانولی به ظرفیت ۰/۲ کیلووات و اولین دستگاه الکترولیز در شرکت فن‌آوری هیدروژن و فعالیت در جهت ساخت یک نمونه خودروی پیل سوختی از نوع PEM برای خودروی سمند در مرکز تحقیقات ایران خودرو [۲۱] می‌باشد.

روند آتی فن‌آوری پیل سوختی در ایران

حرکت در جهت توسعه فن‌آوری پیل سوختی در ایران آغاز شده است؛ اما، باید گفت که این حرکت اولاً دیر آغاز شده است، ثانیاً نرخ رشد کمی دارد، ثالثاً در سال‌های اخیر رشد متناوبی داشته است.

شکل ۶ ـ پیش‌بینی تقاضای الکتریسیته تا سال ۲۰۲۰ با سه نرخ رشد در ایران [۲۲]

روند رو به رشد تقاضا برای انرژی الکتریکی در ایران در طی سال‌های آتی (به شکل شماره (٦) نگاه کنید)، مسائل آلودگی هوای شهرهای بزرگ به خصوص تهران و نیز برای رسیدن به هدف اساسی توسعه پایدار، دستیابی به دانش فراهم‌آوری انرژی‌های غیر فسیلی را می‌طلبد. از جهت دیگر، برای نیل به اقتصادی پویا و غیر متکی به درآمدهای حاصل از صادرات نفت‌خام، تغییر نگرش به استفاده بهتر از منابع نفت و گاز لازم و ضروری است.

فن‌آوری پیل‌های سوختی به عنوان فن‌آوری تبدیل منابع فسیلی به انرژی الکتریکی، که مادر تمامی انرژی‌ها می‌باشد، به شکل کامل، پربازده و دوستار محیط‌زیست است. علاوه بر آن، پیل‌های سوختی به عنوان فن‌آوری چند رشته‌ای[12] و چند منظوره می‌توانند گستره‌ای از علوم و موقعیت‌های بازاری زیادی در عرصه‌های مختلف اقتصادی و تجاری جهانی را به وجود آورند. بنابراین، فن‌آوری پیل‌های سوختی نقش مهمی در تأمین آینده انرژی ایفا خواهند کرد و توجه کشورهای زیادی را به خود جلب خواهند کرد. با توجه به مطالب گفته شده در بخش‌های قبلی، کشور ایران ضرورت زیادی به توسعه این فن‌آوری دارد. زمان برای توسعه همه‌جانبه فرا رسیده است. حرکت برای توسعه، باید سریع‌تر و منسجم‌تر از قبل و هم ردیف کشورهای در حال توسعه باشد.

نویسندگان این مقاله پیشنهادهای زیر را برای توسعه هرچه بهتر فن‌آوری پیل سوختی در ایران ارائه می‌کنند [٢٣]:

- ضرورت رفع کمبود نیروی متخصص این فن‌آوری با ایجاد یک گرایش از رشته مهندسی شیمی در مقاطع تحصیلات تکمیلی به مهندسی الکتروشیمی و مطرح شدن مباحثی مانند باتری‌ها و پیل‌های سوختی در آن و ایجاد این گرایش در چند دانشگاه مطرح کشور.
- ضرورت توسعه SOFC به واسطه توانایی مصرف مستقیم گازطبیعی بدون نیاز به مبدل در کاربردهای خانگی ـ تجاری.
- ضرورت توسعه PEMFC برای کاربردهای مختلف خصوصاً در خودرو پیل سوختی.
- تلاش برای آموزش و بالابردن سطح آگاهی‌های عمومی در زمینه پیل سوختی و نحوه کارکرد و فوائد آن در کشور (این آموزش علاوه بر این که استقبال مردم را نسبت به پذیرش یک محصول جدید با استفاده از تولید انرژی بر پایه پیل سوختی به همراه دارد، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را نیز جهت توسعه این فن‌آوری به ارمغان می‌آورد).
- سرمایه‌گذاری در زمینه زیرساخت سوخت از نوع گازطبیعی در ایران.
- تأسیس بخش تحقیق و توسعه پیل سوختی در ایران.
- حمایت مستقیم مالی از پروژه‌های عملی پیل سوختی و فن‌آوری‌های وابسته.
- ایجاد و تشویق شرکت‌های خصوصی در این زمینه با دادن وام‌های بلندمدت، وام‌های بلاعوض و حذف مالیات.
- کاهش مالیات بر ارزش افزوده بر روی سرمایه‌گذاری انرژی‌های نو و پیل‌سوختی.
- کم کردن یارانه از بخش‌های غیر تجدیدپذیر و اختصاص آن به بخش‌های تجدیدپذیر.

12- Multidisciplinary

منابع

۱ـ م. امیری‌نژاد، روند توسعه فن‌آوری پیل سوختی در سطح جهان و جایگاه آن در کشور، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۲.

2- S. Barrett., Fuel Cell, Bulletin 6, 2003, 11-13.
3- R. M. Dell., D.A.J. Rand and J. Power Sources, 100, 2001, 2-17.
4- J. Ramirez-Salgado., J. Marin-Cruz and A. Estrada-Martinez., J. Power Sources, 117, 2003, 102-109.
5- Iran: Environmental Issues, May 2002, http://www.eia.doe.gov.
6- The Iranian Energy Ministry, Energy Balance Sheet, 2002.
7- P. Harrison and F. Pearce., American Association for The Advancement of Science (AAAS), 105, 2002.
8- BP 2004, Statistical Review of World Energy,
http://www.bp.com/subsection.do?categoryId=95&contentId=2006480.
9- D. Hart., J. Power Sources, 86, 2000, 23-27.
10- A. Lokurlu., T. Grube., B. Hohlein and D. Stolten., Int. J. Hydrogen Energy, 28, 2003, 703-711.
11- A. L. Dicks., J.C. Diniz da Costa., A. Simpson and B. McLellan., J. Power Sources, 131, 2004, 1-12.
12- S. Ahmed and M. Krumpelt., Int. J. Hydrogen Energy, 26, 2001, 291-301.
13- A. Heinzel., B. Vogel and P. Hubner., J. Power Sources, 105, 2002, 202-207.
14- A. K. Avci., Z. Ilsen Onsan and D. L. Trimm., Applied Catalysis A: General, 216, 2001, 243-256.
15- D. Hart., J. Power Sources, 106, 2002, 353-363.
16- G. Cacciola., V. Antonucci and S. Freni., J. Power Sources, 100, 2001, 67-79.
17- G. Erdmann., Int. J. Hydrogen Energy, 28, 2003, 685-694.
18- M. A. J. Cropper., S. Geiger and D. M. Jollie., J. Power Sources, 31, 2004, 57-61.
19- A. Bauen., D. Hart and A. Chase., Int J. Hydrogen Energy, 28, 2003, 295-701.
20- M. C. Williams., Fuel Cells, 1:2, 2001, 87-91.
21- http://www.iranfuelcell.com/ehome.html.
22- http://www.ikco.com/hse/research.asp.
23- N. Rostamihozori., Development of Energy and Emission Control Strategies for Iran, PhD Dissertation, University of Karlsruheh, 2002.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی