



## شناسایی صنایع مستعد تولید همزمان برق و حرارت در کشور

محبوبه زمانی نژاد<sup>۱</sup> - وهاب مکاری زاده<sup>۱</sup> - قاسم عرب<sup>۲</sup> - امید شاکری<sup>۲</sup>  
۱- پژوهشگاه نیرو ۲- شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور  
mzamani@nri.ac.ir

واژه‌های کلیدی: تولید همزمان برق و حرارت - صنعت - صنایع مستعد - CHP

### چکیده

با توجه به اهمیت مباحث صرفه‌جویی انرژی و سهم بالای مصرف انرژی در صنایع به کارگیری روشهای موثر در این راستا تاثیرات قابل توجهی در پیشرفت و توسعه کشور به دنبال خواهد داشت. تولید همزمان برق و حرارت به عنوان یک روش کارآمد برای کاهش مصرف انرژی در حال حاضر در دستور کار بسیاری از کشورهای پیشرفته قرار گرفته و سهم قابل توجهی از تولید برق و حرارت مورد نیاز در این کشورها با استفاده از این روش تامین می‌گردد. در کشور ما عوامل مختلفی مانند نبودن اطلاع کافی و پایین بودن قیمت انواع حاملهای انرژی موجب عدم توسعه این راهکارها و به هدر رفتن مقادیر زیادی از انرژی در بخشهای مختلف مصرف کننده از جمله بخش صنعت شده است. در مقاله حاضر پس از بررسی سابقه به کارگیری تولید همزمان برق و حرارت در بخشهای مختلف صنعتی در کشورهای پیشرفته و بررسی کلی فرآیندهای صنعتی و سهم مصرف انرژی آنها از کل مصرف انرژی کشور فهرستی از صنایع مستعد به کارگیری این فناوری ارائه گردیده است تا بتوان در گامهای بعدی و با

مطالعات دقیقتر در این زمینه برنامه و راهکار عملی جهت توسعه CHP در صنایع کشور ارائه نمود.

### مقدمه

تولید همزمان برق و حرارت یا CHP، به معنای تولید برق و حرارت مفید از یک منبع انرژی است. عموماً در سیستمهای تولید همزمان توان مکانیکی برای راندن یک ژنراتور برق مورد استفاده قرار گرفته و حرارت تولید شده مفید به شکل بخار، آب داغ و یا هوای داغ در فرآیندهای مختلف مانند خشک کردن، گرمایش و... به مصرف می‌رسد. البته این توان مکانیکی تولید شده علاوه بر تولید انرژی الکتریکی در فنها، پمپها، کمپرسورهای هوا و کمپرسورهای تبرید نیز قابل استفاده است. مهمترین قابلیت تولید همزمان، امکان بیشترین بهره‌برداری از انرژی مفید سوخت در مقایسه با سیستمهای سنتی رایج مانند نیروگاهها که تنها از سوخت برای تولید برق استفاده می‌کنند و یا بویلرهای واحدهای صنعتی که تنها برای تولید بخار به کار می‌روند، می‌باشد.

سیستمهای تولید همزمان عمدتاً به دو صورت سیکل صعودی (Topping Cycle) و سیکل نزولی (Bottoming Cycle)

## هفتمین همایش ملی انرژی

فضای مورد نیاز، توانایی مولد توان برای تامین نیازهای حرارتی و الکتریکی واحد و ... [۱].

استفاده از سوختهای ارزان قیمت برای تولید بخار مورد نیاز توربینهای بخار موجب می شود که در بعضی مواقع استفاده از این فناوری نسبت به توربین گاز و یا موتورهای رفت و برگشتی از نظر اقتصادی توجیه پذیرتر باشد.

عملکرد اقتصادی توربین گاز هنگامی که توان به صورت پیوسته در بار کامل تولید می شود و انرژی حرارتی دما بالا در واحد صنعتی مورد نیاز باشد و ظرفیت سیستم بالا باشد در مقایسه به موتورهای رفت و برگشتی بهتر است. هنگامی که بار پیوسته نبوده و متغیر است و همچنین انرژی حرارتی با دمای پایین مورد نیاز است و ظرفیت مورد نیاز کمتر باشد موتورهای رفت و برگشتی از لحاظ اقتصادی موجه تر می باشند [۱].

در جدول ۱ بعضی از خصوصیات فناوریهای تولید همزمان مانند محدوده دما و فشار قابل دستیابی، محدوده ظرفیتهای قابل دسترسی و نسبت توان به حرارت ارائه شده است.

جدول ۱: محدوده دما و فشار قابل دسترسی توسط فناوریهای مختلف

تولید همزمان برق و حرارت

توربین گاز	موتورهای رفت و برگشتی	توربین بخار	ظرفیتهای موجود (MW)
۵۰۰-۰.۵	۵-۰.۰۳	۸۰۰-۰.۲	نسبت توان به حرارت
۲.۰-۰.۵	۱.۰-۰.۵	۰.۳-۰.۱	حرارت
آب داغ، بخار کم فشار تا فشار بالا	آب داغ، بخار با فشار کم	بخار کم فشار تا فشار بالا	حرارت خروجی

محدوده فشار ذکر شده در این جدول به این صورت می باشد: بخار کم فشار از ۱۰ psig تا ۴۹ psig (۰.۷ تا ۳.۴ بار)، بخار فشار متوسط از ۵۰ psig تا ۲۴۹ psig (۳.۵ تا ۱۷.۲ بار) و بخار فشار بالا از ۲۵۰ psig تا ۶۰۰ psig (۱۷.۲ تا ۴۱.۴ بار).

به طور کلی در صنایعی که دارای تقاضای انرژی حرارتی و الکتریکی نسبتاً زیاد، ثابت و پیوسته می باشند، امکان به کارگیری سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت وجود دارد.

طراحی می شوند [۱]. در سیستمهای صعودی، حرارت تولید شده ابتدا برای تولید برق در مولد توان به کار می رود، سپس بازیافت شده و به مصارف گرمایش یا سرمایش و ... می رسد. در سیستمهای نزولی، حرارت تولید شده با دمای بالا ابتدا در یک فرایند مورد استفاده قرار می گیرد سپس بازیافت شده و به صورت مستقیم و یا با به کارگیری مبدلهای حرارتی تولید بخار (Heat Recovery Steam Generator: HRSG) در مولدهای توان برای تولید برق استفاده می شود. سیستمهای نزولی بیشتر در صنایعی که دارای فرایندهای حرارتی دما بالا هستند مانند صنایع تولید فولاد، صنعت سیمان و ... قابل کاربردند. با به کارگیری همزمان دو سیستم نزولی و صعودی سیستم تولید همزمان سیکل ترکیبی حاصل می شود. در این صورت الکتریسیته از دو مولد توان در دو سیکل صعودی و نزولی تولید می شود. در صورتی که یکی از تجهیزات سرمایشی مانند چیلرهای جذبی به سیستمهای تولید همزمان اضافه شود، سیستمی طراحی می شود که اصطلاحاً تولید سه گانه (Trigeneration) نامیده می شود.

توربینهای گاز، توربینهای بخار و موتورهای رفت و برگشتی گزینه های خوبی برای تولید همزمان برق و حرارت می باشند. بخار داغ خروجی از توربین بخار، گازهای با دمای بالای خروجی از توربین گاز و حرارت ناشی از سیستمهای خنک کاری (آب و روغن) و آگروز موتورهای رفت و برگشتی منابع حرارتی بسیار خوبی برای کاربردهای مختلف صنعتی، گرمایش ناحیه ای و ... می باشند. البته فناوریهای دیگری مانند پیلهای سوختی و میکروتوربینها نیز به این منظور به کار می روند که با توجه به عدم عرضه وسیع آنها به صورت تجاری و نیاز به هزینه سرمایه گذاری بالاتر، در حال حاضر در کشور ما گزینه های مطلوبی برای کاربرد تولید همزمان در صنایع نمی باشند. انتخاب فناوریها به پارامترهای مختلفی بستگی دارد، مانند پروفیل بار الکتریکی و حرارتی تاسیسات مورد بررسی، منابع سوخت قابل دسترس، نیازها و محدودیتهای زیست محیطی، محدودیتهای مکانی و امکانات برای

## هفتمین همایش ملی انرژی

در ادامه این مقاله با بررسی بیشتر فهرست صنایع مستعد تولید همزمان برق و حرارت در کشور ارائه می‌گردد.

می‌رسند که با استفاده از HRSG می‌توان بخار لازم برای توربینهای بخار را تولید نمود.

در ادامه فرآیندهای حرارتی صنعتی ذکر شده به طور خلاصه بیان می‌شود.

### تقاضای حرارت در صنایع

بسیاری از صنایع در فرآیند خود دارای تقاضای حرارتی می‌باشند. عمده تجهیزات مورد استفاده در فرآیندهای حرارتی در صنایع عبارتند از دیگهای تولید آب داغ، اجاقها و کوره‌های صنعتی، خشک‌کن‌ها، چیلرها و بویلرها. در اکثر این تجهیزات، گرمایش به وسیله تبادل حرارت مستقیم یا غیر مستقیم از سیستمهای احتراقی سوخته‌های فسیلی صورت می‌گیرد و یا گرمایش فرآیند ممکن است با استفاده مستقیم و یا غیر مستقیم بخار تولید شده در بویلرهای مرکزی صورت گیرد. بسیاری از این سیستمهای تامین حرارت می‌توانند به صورت بخشی از سیستمهای تولید همزمان توان و حرارت عمل کنند. گرمایش در فرآیندهای حرارتی صنعتی عمدتاً با آب داغ و بخار آب، گرمایش غیرمستقیم سیال، گرمایش مستقیم و خشک کردن، گرمایش غیرمستقیم هوا، تبرید و انجماد، رطوبت زدایی و یا کوره‌ها و بویلرها صورت می‌گیرد [۲]. این فرآیندهای حرارتی عمده فرآیندهای صنعتی را شامل می‌شوند و به زیر گروههایی نیز تقسیم می‌شوند. برای مثال خشک کردن و گرمایش مستقیم را می‌توان به زیرگروههایی مانند خشک کردن پاششی یا اسپری تقسیم کرد. در بسیاری از فرآیندهای صنعتی نیز همانطور که قبلاً اشاره شده تولید همزمان برق و حرارت به صورت سیستم نزولی قابل دسترسی است. برای مثال در صنعت سیمان می‌توان با استفاده از گازهای خروجی از کوره پخت کلنیکر در مبدلهای بازیافت حرارتی تولید بخار، بخار تولید نموده و در توربینهای بخار برای تولید برق به کار برد.

از دیگر صنایع با چنین قابلیت می‌توان به فرآیندهای صنعتی تولید فولاد، شیشه، سرامیک و پالایشگاهها اشاره کرد. در این صورت صنایع گازها با دمای بالای ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ درجه سانتیگراد پس از استفاده در فرآیند به دمای ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه

### آب داغ و بخار آب در فرآیند

فراوانی، قابلیت دسترسی، ایمنی و تجربیات زیاد سبب شده است که آب داغ اولین انتخاب برای رفع تقاضای فرآیندهای مختلف مانند کاربردها و فرآیندهای زیر باشد [۲]:

- شستشو (تمیز کردن در صنایع غذایی مانند صنایع گوشت، لبنیات تصفیه شکر یا شستشوی پیوسته در آماده سازی مواد غذایی خام)

- حلال برای آماده سازی موادخام، جداسازی/ استخراج - به عنوان محیط واکنش در واکنشهای تبلور/ تخمیر در صنایع تولید نوشیدنی، لبنی، دارویی و شیمی و معدنی - گرمایش مخازن در صنایع تولید شکلات و یا میکسرهای حاوی مواد ویسکوز.

بخار آب نیز در فرآیندهای مختلف صنعتی مانند فرآیند تولید اوراق فشرده چوبی، تولید قند و شکر، صنایع لبنی، تولید روغنهای خوراکی و ... به کار می‌رود.

در صورت وجود تقاضای حرارتی به شکل آب داغ و یا بخار آب بسته به ظرفیت و کیفیت دمایی و فشار، نوع مولد انتخاب می‌گردد. برای مثال می‌توان از توربینهای پس فشاری و یا زیرکش بخار برای تامین بخار مورد نیاز فرآیند استفاده کرد.

### گرمایش غیر مستقیم جریانهای حرارتی

در بسیاری از فرآیندها تبادل حرارت مابین منبع گرمایش و یا سرمایش با سیال فرآیند به صورت غیر مستقیم است. به طور مثال در فرآیندهای صنایع غذایی از گازهای حاصل از احتراق به صورت مستقیم نمی‌توان استفاده کرد. بلکه لازم است حرارت حاصل در بویلرهای فایرتیوب به سیال واسطه‌ای مانند آب منتقل گردد. در این زمینه می‌توان به فرآیندهای پالایش، بازیافت و جداسازی، محصولات یا فرآیندهای حساس به اکسیداسیون در صنایع غذایی و دارویی،

## هفتمین همایش ملی انرژی

نیاز است. در سیستمهای جذبی رایج، این گرما با مبدلهای حرارتی بخار، هیترهای برق و یا یک هیتر گاز سوز تامین می‌شود. در سیستمهای تولید همزمان می‌توان از مبدل حرارتی در جایی که گاز خروجی از یک توربین و یا هر نوع از مولدهای توان خارج می‌شود به عنوان منبع حرارت مورد نیاز استفاده کرد [۲].

### رطوبت زدایی

عمده‌ترین کاربردهای رطوبت زدایی در صنایع دارویی، بسته‌بندی، حمل و نقل پودرهای رطوبت گیر، ساخت کامپوزیتها، ساخت نیمه‌هادیها، فرآیند چاپ و پیشگیری از خوردگی است. در فرآیند رطوبت زدایی رطوبت همواره به یک منبع حرارتی جهت حذف رطوبت از محیط خشک کن اشباع شد از رطوبت نیاز است که می‌توان در این موارد نیز از سیستمهای تولید همزمان استفاده کرد [۲].

### استفاده از گازهای خروجی در بویلرها

واکنشهای احتراق بسیار گرمازا هستند. البته واکنش‌دهنده‌ها برای رسیدن به دمای مناسب احتراق به صورت مدام انرژی جذب می‌کنند. گازهای خروجی از یک مولد توان بخصوص از یک توربین گاز به دلیل وجود مقدار زیادی اکسیژن در آن، یک اکسیدکننده پیش‌گرم شده بسیار خوب است. این گازها را می‌توان به عنوان منبع اکسیداسیون، برای احتراق سوختهای فسیلی مورد استفاده در بیشتر کاربردهای گرمایش، مانند بویلرهای بخار مورد استفاده قرار داد. مواردی که در آنها می‌توان از گازهای آگروز مولد به عنوان اکسیدکننده استفاده کرد عبارتند از: بویلرهای مرکزی، زباله‌سوزها، کوره‌ها و تنورهای بزرگ، فورجینگ، عملیات حرارتی و... [۲].

تا به اینجا می‌توان درک اولیه‌ای از صنایع دارای قابلیت به کارگیری تولید همزمان برق و حرارت به دست آورد و صنایع مانند صنایع غذایی، دارویی، شیمیایی، پالایشگاه، سیمان، فولاد، چوب و کاغذ را در زمره صنایع مستعد به شمار آورد. در جدول ۲ صنایع مستعد تولید همزمان فرایندهای حرارتی آنها که قابلیت به کارگیری تولید همزمان برق و حرارت را دارا هستند ارائه شده است.

سیستمهای نگهداری از سیالات گرم مانند هم‌زنهای رنگ، سرخ کن مواد غذایی، ذخیره سازی انتهایی پالایشگاهها، گرمایش ابزارآلات مانند قالبها، اکسترودرهای لاستیک و پلاستیک، غلطکهای کارخانجات کاغذ و فرآیندهای پلیمری اشاره نمود [۲]. کاربردهای حرارتی سیال به صورت غیر مستقیم متعدد است و پیاده‌سازی این سیستم تولید همزمان با روشهای گوناگون امکان‌پذیر است.

### گرمایش مستقیم / خشک کردن

در این حالت محصولات احتراق مستقیماً با محیط فرآیند در تماس هستند. فرآیندهای مختلف که در این گروه قرار دارند عبارتند از: کاهش درصد وزنی آب موجود در خوراک در فرآیندهای سیمان، سرامیک، و... خشک کردن پاششی در فرآیندهای تولید شیر خشک، PVC، پاک‌کننده، رنگها و... پیش گرمایش یا خشک کردن در تولید فلزات، کاهش رطوبت خوراک در تولید کک و... و خشک کردن در کوره‌های پخت آجر، سرامیک، سیمان و خشک‌کنها در صنایع نساجی، خمیر کاغذ، اوراق فشرده چوبی و بسیاری از صنایع دیگر [۲].

### گرمایش غیرمستقیم هوا یا گاز

هنگامی که محصولات و عملکرد فرآیند با استفاده از خشک‌کن مستقیم در معرض خطر قرار دارند هیترهای هوا یا گازهای خنثی به کار می‌روند (در فرآیندهایی مانند پختن و خشک کردن محصولات غذایی (کوره‌های پخت نان، کیک، خشک کردن غلات) و یا خشک کردن پایانی پس از رنگ در صنایع تولید مبلمان یا فلزات) [۲].

### تبرید و انجماد

تجهیزات رایج در فرآیندهای تبرید و انجماد، چیلرهای صنعتی و تجهیزات سرمایش جذبی می‌باشند. مهمترین کاربردهای سرمایش صنعتی عبارتند از: سردخانه مواد غذایی غیر منجمد، غذاهای منجمد، سرمایش برای تغییر ساختار شیمیایی غذا، خشک کردن انجمادی، تهویه هوای فرآیندهای صنعتی، سرمایش در صنایع نفت و شیمی. در سیستمهای سرمایش جذبی به یک منبع حرارتی نیاز است. در یک سیستم سرمایش آب - آمونیاک، برای جدا کردن آب - آمونیاک گرما

**هفتمین همایش ملی انرژی**

جدول ۲: خلاصه‌ای از فرایندهای تولید در صنایع مستعد تولید همزمان برق و حرارت

عنوان بخش صنعتی	فرایندهای حرارتی	عنوان بخش صنعتی	فرایندهای حرارتی
صنایع مواد غذایی و آشامیدنی	- شستشوی مواد خام و تجهیزات - پاستوریزاسیون - خنک کردن و ذخیره کردن - سرخ کردن و برشته کردن - تنورهای پخت - تهویه فضا - تخمیر و ...	پالایشگاههای نفت	- پیش گرم کردن خوراک(نفت خام) - تقطیر - کک سازی - رطوبت زدایی - گرمایش در سایر فرایندها و واحدهای تبدیل
تولید اوراق فشرده	- آماده کردن چوب خام - پرس گرم - خشک کردن	تولید منسوجات	- رنگرزی و شستشو - خشک کردن - پرزسوزی و عملیات تکمیل
تولید مواد و محصولات شیمیایی	- گرمکنها، چگالنده ها، اواپراتورها، راکتورها - کوره آهک پزی - خشک کردن محصول یا مواد خام - شستشو - بخارسازها، هیترا و مبدلها - تصفیه و بازیافت و جداسازی - رطوبت زدایی	تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی	- گرمایش مخازن ذخیره - راکتور آمولسیون - پیش گرم کردن خوراک - خشک کردن - آب خنک کاری اکتوردرها و میکسر و ... - راکتورها - ذوب کننده های پلیمر
تولید کاغذ و محصولات کاغذی	- شستسو و آماده سازی خمیر کاغذ - خشک کردن - کوره آهک پزی	تولید محصولات کانی غیر فلزی	- تمپرینگ و گرمایش - کوره های سخت گردانی - خشک کنها - کوره های آهک پزی

**سابقه تولید همزمان در کشورهای پیشرفته**

توجه همزمان به سوابق و تجربیات کشورهای دیگر، علاوه بر ویژگی صنایع موجود کشور سهم انرژی گروه فعالیتها، می تواند راهنمای اولیه خوبی برای تعیین فعالیتهای صنعتی مستعد برای بکارگیری تولید همزمان در کشور ما باشد. در همین راستا و برای شناسایی صنایع مستعد تولید همزمان برق و حرارت علاوه بر بررسی فرآیند تولید در صنایع مختلف، سوابق به کارگیری این فناوری در صنایع کشورهای مختلف نیز به صورت موازی بررسی گردید. نتایج این بررسیها در شکلهای ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

در شکل ۱ توزیع ظرفیت تولید همزمان برق و حرارت صنعتی در بخشهای مختلف صنعتی در اتحادیه اروپا نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار دیده می شود در اروپا صنایع شیمیایی، صنایع کاغذ و صنعت پالایش نفت در رده های بالای تولید همزمان از نظر ظرفیت قرار گرفته اند. سایر صنایع که بخش قابل توجهی از ظرفیت تولید همزمان را دارا می باشند

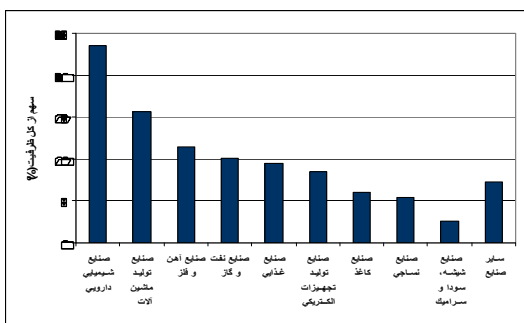
عبارتند از صنایع غذایی، صنایع فلزات اساسی، صنعت نساجی و صنایع معدنی[۳].

در شکل ۲ سهم زیربخشهای صنعتی از تولید همزمان در ایالات متحده امریکا نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده می شود صنایع شیمیایی، صنعت پالایش نفت و صنعت کاغذ بیشترین سهم از ظرفیت کل تولید همزمان برق و حرارت در ایالات متحده امریکا را به خود اختصاص داده اند[۳].

در شکل ۳ توزیع ظرفیت تولید همزمان برق و حرارت در بخشهای صنعتی در کشور کانادا نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود پس از صنایع چوب، صنایع شیمیایی دارای بیشترین سهم تولید همزمان می باشند. صنایع غذایی و نوشیدنی نیز نسبت به سایر صنایع باقیمانده دارای سهم چشمگیرتری هستند[۴].

در شکل ۴ سهم هر یک از صنایع از نظر ظرفیت در کشور ژاپن نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار مشاهده می شود صنایع شیمیایی، صنعت تولید ماشین آلات، صنایع

### هفتمین همایش ملی انرژی



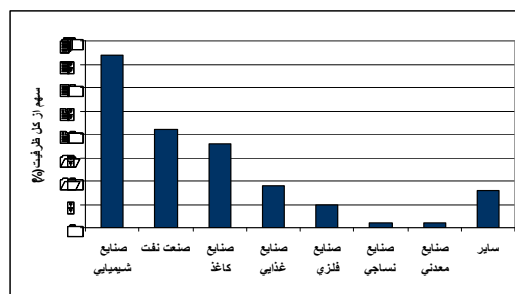
شکل ۴: توزیع ظرفیت CHP صنعتی در ژاپن [۵]

براساس مطالعات انجام شده در کشورهای ASEAN در راستای فاز سوم برنامه EC-ASEAN COGEN نیز (هدف از این برنامه ترویج استفاده از سیستمهای تولید همزمان پربازده و پاک با استفاده از زیست توده، زغال سنگ یا گاز بوده که با همکاری صنایع ASEAN و تامین کنندگان اروپایی تجهیزات اجرا شده است. این برنامه در آسیا توسط انستیتوی تکنولوژی آسیا در تایلند و در اروپا در سوئد ترتیب داده شده است و فعالیت خود را از سال ۲۰۰۲ آغاز نمودند)، صنایع مستعد تولید همزمان در این کشورها، شناسایی و اولویت بندی شده اند. در جدول ۳ که در گزارش بررسی تولید همزمان در حدود ۱۰ بخش صنعتی مختلف در این کشورها ارائه شده است اطلاعات مربوط به مصرف انرژی و ضایعات در این صنایع آورده شده است [۶].

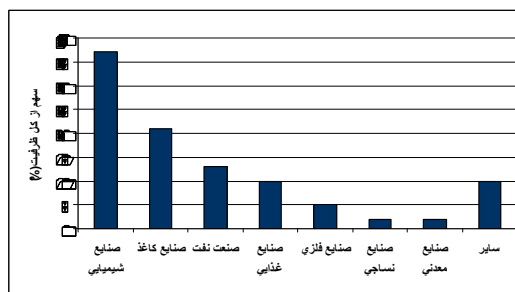
علاوه بر کشورهای پیشرفته فوق الذکر، تولید همزمان برق و حرارت در بسیاری از کشورهای دیگر نیز مورد توجه قرار گرفته است. برای مثال در کشور تایلند به دلیل فراوانی کارخانجات شکر و نساجی و پتانسیل بالای این صنایع برای به کارگیری تولید همزمان، این فناوری توسعه چشمگیری داشته است. در کشور هندوستان نیز در صنایعی مانند صنایع فلزی، صنایع نساجی، صنایع شکر و صنعت سیمان تولید همزمان به طور وسیع به کار رفته است [۷].

فلزی و صنعت نفت و گاز به ترتیب دارای بیشترین سهم از نظر ظرفیت هستند [۵].

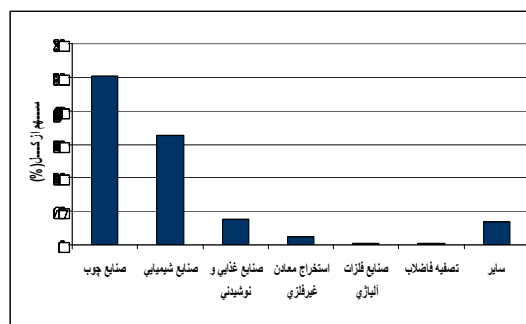
با بررسی و مقایسه سهم ظرفیت نصب شده تولید همزمان در زیربخشهای صنعتی کشورهای مختلف و در نظر گرفتن شرایط فرایندهای حرارتی در صنایع، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی و نوشیدنی، صنعت پالایش نفت، صنعت کاغذ و خمیر کاغذ، صنعت چوب، صنایع فلزی، صنعت سیمان، شیشه و سرامیک و صنعت نساجی بعنوان صنایع مستعد بکارگیری تولید همزمان برق و حرارت معرفی می شوند.



شکل ۱: توزیع ظرفیت CHP صنعتی در اتحادیه اروپا [۳]



شکل ۲: توزیع ظرفیت CHP صنعتی در امریکا [۳]



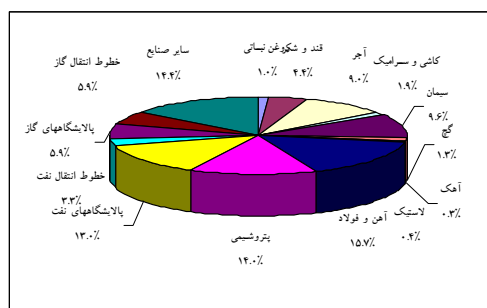
شکل ۳: توزیع ظرفیت CHP صنعتی در کشور کانادا [۴]

**هفتمین همایش ملی انرژی**

جدول ۳: مشخصات کلی در زیربخشهای صنعتی مورد بررسی در برنامه COGEN3 [۶]

مواد و انرژی تلف شده	انرژی مورد نیاز فرایند		محصول خروجی	ماده اولیه	نوع صنعت
	بخار	برق			
۲۰ کیلوگرم باگاس معادل ۱۰۰ کیلوواتساعت	۰.۴ تن بخار	۲۵-۳۰ کیلوواتساعت بر تن نیشکر	۱۰۰-۱۲۱ کیلوگرم شکر	۱ تن نیشکر	تولید شکر
۶۰-۷۰ کیلوگرم مایعات غیر قابل استفاده تولید معادل ۲۰ مترمکعب بیوگاز (۱۹۰ کیلو فیبر و پوست+۲۳۰ کیلو خوشه خالی میوه) معادل ۱۲۰ کیلوواتساعت	۰.۷۳ تن بخار	۲۵-۲۰ کیلوواتساعت بر تن	۱۴۰-۲۰۰ کیلوگرم روغن پالم	۱ تن خوشه تازه میوه	تولید روغن پالم
۲۲۰ کیلوگرم سبوس معادل ۹۰-۱۲۵ کیلوواتساعت		۳۰-۶۰ کیلوواتساعت بر تن برای آسیاب کردن و خشک کردن برنج	۶۵۰-۷۰۰ کیلوگرم برنج	۱ تن برنج آسیاب نشده	صنعت برنج
۰.۵ مترمکعب باقیمانده چوب معادل ۸۰ کیلوواتساعت		۳۵-۴۵ کیلوواتساعت بر مترمکعب	۰.۵ مترمکعب الوار بریده آماده	۱ متر مکعب الوار بدون پوست	صنایع چوب بری
۰.۵ مترمکعب باقیمانده چوب معادل ۱۲۰ کیلوواتساعت	۱.۲ تن بخار	۱۰ کیلوواتساعت بر مترمکعب چوب	۰.۵ مترمکعب تخته لایه	۱ متر مکعب الوار بدون پوست	صنایع تخته لایه
شربت سیاه و باقیمانده های بیومس	۱۵-۱۰ گیگاژول بخار	۰.۶-۰.۲ مگاواتساعت در تن خمیر کاغذ	خمیر	خرده چوب	تولید خمیر کاغذ
کاغذهای برگشتی و فیبر	۵-۹ گیگاژول بخار	۰.۵-۱.۰ مگاواتساعت بر تن کاغذ	کاغذ	خمیر کاغذ	تولید کاغذ
حرارت، آب، آلاینده ها	۲.۸۸-۵.۴۳ گیگاژول بر تن کلینکر	۷۰-۱۲۵ کیلوواتساعت بر تن سیمان	کلینکر/سیمان	سنگ آهک، خاک رس، سنگ آهن	تولید سیمان
گاز(متان، پروپان، LPG)	۲.۰-۰.۲ تن بخار	۰.۲-۳.۰ مگاوات بر تن محصول	محصولات پتروشیمی	نفت خام/گاز طبیعی	صنایع پتروشیمی
آب، باقیمانده های جامد	بخار، آب داغ، سرمایش	برق(بسته به نوع محصول مقدار متفاوت است)	محصول نهایی	مواد اولیه	صنایع غذایی
آب گرم آلوده	بخار و آب داغ	برق	لباس یا محصول نهایی	الیاف	صنایع نساجی

می‌شود و با توجه به سهم قابل توجه مصرف انرژی در گروههای ۱- صنایع شیمیایی و نفت ۲- تولید فلزات اساسی ۳- تولید کانی‌های غیر فلزی ۴- صنایع غذایی نسبت به سایر گروههای صنعتی، این گروهها از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و در اولویت به‌کارگیری تولید همزمان برق و حرارت قرار می‌گیرند [۸].



شکل ۵: سهم مصرف انرژی در زیربخشهای صنعتی کشور [۸]

**بررسی مصرف انرژی در صنایع کشور**

با توجه به اینکه فرایندهای تولید در صنایع مختلف در کشورهای مختلف دنیا از لحاظ کلی مشابه می‌باشند، آنچه در ارائه فهرست صنایع مستعد برای تولید همزمان برق و حرارت در کشور باید به آن توجه داشت میزان اهمیت و توسعه زیربخشهای صنعتی مستعد معرفی شده در کشور ماست. از آنجایی که سهم مصرف انرژی هر صنعت، پارامتر تعیین‌کننده‌ای در میزان اهمیت آن صنعت نسبت به سایر زیربخشها از نقطه نظر انرژی است، و از سوی دیگر مبین چگونگی توسعه آن بخش صنعتی نیز می‌باشد، به منظور تعیین صنایع مستعد تولید همزمان در کشور از میان کلیه صنایع مستعد، علاوه بر در نظر گرفتن فرایند صنعتی، سهم مصرف انرژی هر صنعت از کل مصرف انرژی صنعت کشور نیز در نظر گرفته شده است. در جدول ۴ فهرست صنایع انرژی بر ارائه شده است. شکل ۵ نیز مبین همین مطلب می‌باشد. همانطور که در این جدول مشاهده

### هفتمین همایش ملی انرژی

گروههای صنعتی مستعد تولید همزمان برق و حرارت و زیرگروههای آنها در جدول ۶ ارائه شده است تا بتوان بر این اساس در گامهای بعدی و با مطالعات دقیق، برنامه‌های اجرایی در جهت توسعه تولید همزمان برق و حرارت در صنایع کشور تدوین نمود.

نکته‌ای که باید به آن توجه نمود این است که تصمیم‌گیری قطعی و صریح در خصوص تناسب تولید همزمان برق و حرارت با هر یک از صنایع معرفی شده بعنوان صنایع مستعد، تنها در صورت بررسی کامل از لحاظ فنی و اقتصادی میسر می‌گردد.

بعلاوه به دلیل تاثیر گذاری عوامل متعدد بر توجیه‌پذیری فنی - اقتصادی تولید همزمان برق و حرارت در صنایع مانند: شرایط قراردادهای خرید و فروش برق از تولید کنندگان (واحدهای صنعتی)، چگونگی تامین برق مورد نیاز واحدهای صنعتی در صورت بروز مشکل و یا کسری برق، نحوه تامین سوخت، اعطای وام و تسهیلات برای سرمایه گذاری، معافیت‌های مالیاتی، رفع موانع گمرکی جهت تامین تجهیزات مورد نیاز و بسیاری از عوامل دیگر، لازم است در مطالعات موردی مورد نیاز، کلیه این پارامترها لحاظ گردد.

در حال حاضر آیین‌نامه‌ها و قوانینی در راستای ترویج این فناوری تدوین شده است. اما تسریع در ترویج آن مستلزم مطالعات جدی‌تر و دقیقتر می‌باشد.

جدول ۴: صنایع انرژی بر کشور و سهم مصرف انرژی آنها [۸]

زیربخش صنعتی		سهم مصرف انرژی (%)
صنایع غذایی	روغن نباتی	۰.۹۶
	قند و شکر	۴.۳
صنایع کانی غیر فلزی	آجر	۸.۸
	کاشی و سرامیک	۱.۹
	سیمان	۹.۴۵
	گچ	۱.۲۵
	آهک	۰.۳
لاستیک		۰.۴۳
آهن و فولاد		۱۵.۴
نفت و گاز و پتروشیمی	پتروشیمی	۱۳.۷۵
	پالایشگاههای نفت	۱۲.۸
	خطوط انتقال نفت	۳.۲
	پالایشگاههای گاز	۵.۸
	خطوط انتقال گاز	۵.۸
سایر صنایع		۱۴.۱

### جمع‌بندی و ارائه فهرست صنایع مستعد CHP

در قسمت قبل صنایع کشور از لحاظ سهم مصرف انرژی بررسی و اولویت بندی شدند. در جدول ۵ نتایج بررسیهای انجام شده در راستای شناسایی فرایندهای مستعد CHP و صنایع انرژی بر کشور و نتیجه حاصل از این دو بررسی به صورت خلاصه ارائه شده است. در نهایت با توجه به کلیه مطالعات انجام شده، فهرست اولیه

جدول ۵: نتایج بررسی فرایندهای صنایع مستعد و سهم مصرف انرژی آنها در کشور

عنوان بخش صنعتی	مستعد بودن صنایع از نظر فرایند			سهم مصرف انرژی			مستعد بودن صنایع در کشور		
	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد	کم	متوسط	زیاد
صنایع مواد غذایی و آشامیدنی			●		●			●	
تولید منسوجات		●		●			●		
تولید اوراق فشرده چوبی		●		●			●		
تولید کاغذ و محصولات کاغذی		●		●			●		
پالایشگاههای نفت			●			●			
تولید مواد و محصولات شیمیایی			●			●			
تولید محصولات لاستیکی و پلاستیکی			●		●			●	
تولید محصولات کانی غیر فلزی			●			●			●
تولید فلزات اساسی			●			●			●



### هفتمین همایش ملی انرژی

جدول ۶: فهرست فرایندهای صنعتی مستعد CHP در کشور

زیرگروه صنعتی	گروه صنعتی
روغن نباتی	صنایع غذایی
قند و شکر	
لبنی	
نوشابه های گازدار	
لاستیک	
آجر	صنایع کانی غیر فلزی
کاشی و سرامیک	
سیمان	
آهن و فولاد	صنایع فلزی
پتروشیمی	صنایع شیمیایی
پالایشگاههای نفت	
صنایع تولید اوراق فشرده	
تولید منسوجات	
صنایع تولید خمیر کاغذ و کاغذ	

### مراجع

- [1] Oland, C. B. (2004). "Guide to Combined Heat and Power Systems for Boiler Owners and Operators." Oak Ridge National Laboratory, ORNL/TM-2004/144
- [2] (2001). "Assessment of Replicable Innovative Industrial Cogeneration Applications.", Prepared by Resource Dynamics Corporation and CSGI.
- [3] Dixon, R. K. (2007). "Near- term, Low- Cost Co2 Reductions: Combined Heat and Power Opportunity." Power- Gen Europe, Madrid Spain.
- [4] Strickland, C., Nyboer, J. (2004). "A Review of Existing Cogeneration Facilities in Canada."
- [5] [http://www.cgc-japan.com/english/e\\_top.html](http://www.cgc-japan.com/english/e_top.html)
- [6] The EC-ASEAN business facilitator, Application of European technologies in ASEAN market, COGEN3, Feb 2004
- [7] Overview of Cogeneration and its Status in Asia, UNESCA, Internet Publication
- [8] ترازنامه هیدروکربوری کشور، سال ۱۳۸۶