وزارت نیرو
معاونت امورانرژی
دفتر بهینه سازی مصرف انرژی

بهبود کارآیی انرژی
در
صنعت ریخته گری

بهساما‌ن
بهینه سازی مصرف انرژی

سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

بهینه سازی مصرف انرژی

بهساما‌ن

بهبود کارایی انرژی در صنعت ریخته‌گری

پروژه "بهبود کارایی انرژی در صنعت ریخته‌گری" از سوی معاونت امور انرژی وزارت نیرو (دفتر بهینه سازی مصرف انرژی) به سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا) واگذار گردید. از اهداف این پروژه تعریف شاخص‌های انرژی، شناخت پتانسیل‌های صرفه‌جویی، ایجاد بانک‌های اطلاعات تکنولوژی و مصرف انرژی و همچنین ارائه راهکارهایی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی بوده است.

صنعت ریخته‌گری حدود ۰/۲٪ از کل مصرف انرژی در صنایع ایران را به خود اختصاص داده است. کل انرژی مصرفی در کارخانجات مورد بررسی در این پروژه بیش از ۵ میلیون گیگا ژول (در سال مورد مطالعه) بوده که حدود ۱/۲ میلیون گیگاژول (۲۵٪ کل انرژی مصرفی) امکان صرفه‌جویی در این کارخانجات وجود دارد. این مقدار معادل ۲۰۰۰۰۰ بشکه نفت خام است.

هدف از انتشار این بروشور آگاه ساختن مدیران و کارشناسان صنایع به ویژه صنعت ریخته‌گری با مراحل اجرای پروژه، امکانات و برنامه‌های بهینه سازی مصرف انرژی در کارخانجات و تشویق آنها به انجام پروژه‌های مشابه است.

مراحل اجرایی پروژه:

جمع آوری اطلاعات و تهیه پرسشنامه:

با آغاز پروژه از نیمه دوم سال ۱۳۷۸، مطالعات جامعی در صنعت ریخته‌گری صورت پذیرفت و پس از بررسی و جمع‌آوری اطلاعات و نیز مشاوره با مراکز تحقیقاتی و متخصصین این صنعت ضمن تهیه پرسشنامه تخصصی، با توجه به ظرفیت تولید کارخانجات ۵۰ کارخانه در سه شاخه چدن ریز، فولاد ریز و آلومینیوم ریز انتخاب شد که از نظر جامعیت ۸۰٪ تولید کشور را در بر می‌گرفت.

ارسال پرسشنامه تخصصی به کارخانجات منتخب:

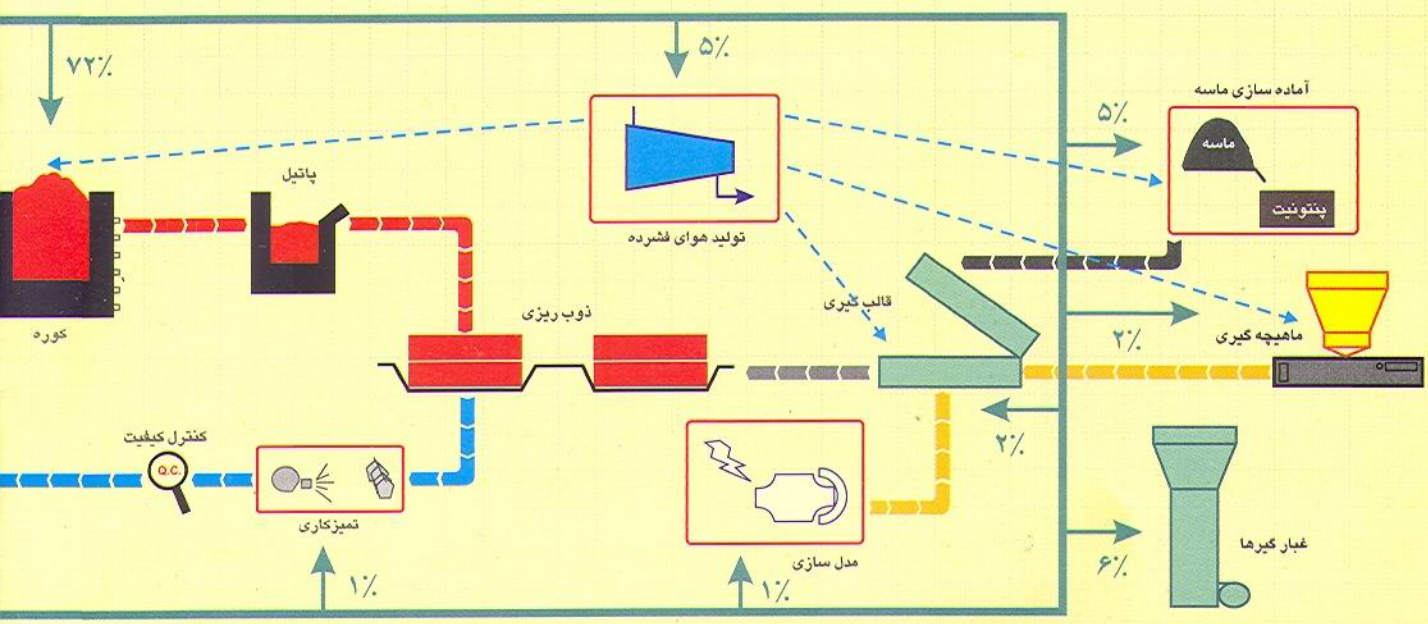
با ارسال پرسشنامه به ۵۰ کارخانه منتخب، اطلاعاتی از قبیل شناسنامه کارخانه، نوع و مقدار مواد اولیه مصرفی، نوع و مقدار محصولات تولیدی، مقدار مصرف ماهیانه حامل‌های انرژی در طول سه سال گذشته، نوع کوره‌ها و تجهیزات نصب شده در بخش‌های مختلف، سیستم توزیع و تولید انرژی در کارخانه و همچنین اقدامات انجام شده در کارخانه در زمینه بهبود کارآیی انرژی خواسته شد.

اعزام گروه‌های تخصصی و بازدید از کارخانجات کشور:

در این مرحله کارشناسان فنی سازمان بهره وری انرژی ایران با مراجعه حضوری به کارخانجات علاوه بر ملاقات مسئولین کارخانه و توجیه پروژه برای آنان اقدام به تکمیل پرسشنامه‌ها و رفع ابهامات کرده و با بازدید از خطوط تولید کارخانه به شناسایی امکانات بالقوه جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی پرداختند. (در این مرحله ۴۵ پرسشنامه تکمیل شده جمع‌آوری شد و در ۵ کارخانه به دلیل پاره‌ای از مشکلات به پرسشنامه‌ها پاسخ داده نشد.)

انجام ممیزی انرژی کوتاه مدت (Short Audit):

در این مرحله پس از تجزیه و تحلیل پرسشنامه، تعریف شاخص‌ها جهت مقایسه کارخانجات، پنج کارخانه (صنایع ریخته‌گری ایران،



شوفاژکار ، لوله و ماشین سازی ایران، ریخته‌گری تراکتورسازی تبریز و ریخته‌گری ماشین سازی تبریز) برای ممیزی انرژی کوتاه مدت انتخاب شدند. در مرحله بعد گروه‌های فنی اعزام شده با به همراه داشتن دستگاه‌های اندازه‌گیری به اموری همچون اندازه‌گیری، تفکیک مصارف، تحلیل مصرف و تعیین پتانسیل‌های صرفه جویی پرداختند و در پایان راهکارهای مناسبی را ارائه کردند. پس از بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده (داده‌های اندازه‌گیری شده) در ممیزی انرژی کوتاه مدت از بین این پنج کارخانه، کارخانه ریخته‌گری تراکتورسازی تبریز برای برگزاری دورهٔ آموزشی در صنعت ریخته‌گری انتخاب شد. معیار این انتخاب، علاوه بر علاقه‌مندی مدیران کارخانه و کامل بودن فرآیند، برخورداری از پتانسیل مناسب برای صرفه‌جویی انرژی بود.

برگزاری دوره آموزشی مدیریت انرژی در صنعت ریخته گری:

با همکاری سازمان بهره‌وری انرژی ایران و کارشناسان اسکاپ (کمیسیون اجتماعی و اقتصادی سازمان ملل در آسیا و اقیانوسیه ESCAP) ومرکز صرفه جویی انرژی ژاپن (ECCJ) و همچنین دعوت از کارشناسان سایر کارخانجات ریخته‌گری، دوره آموزشی مدیریت انرژی در صنعت ریخته‌گری در کارخانه ریخته‌گری تراکتورسازی تبریز به مدت یک هفته برگزار گردید.

تهیه نرم‌افزار بانک اطلاعاتی تکنولوژی و انرژی:

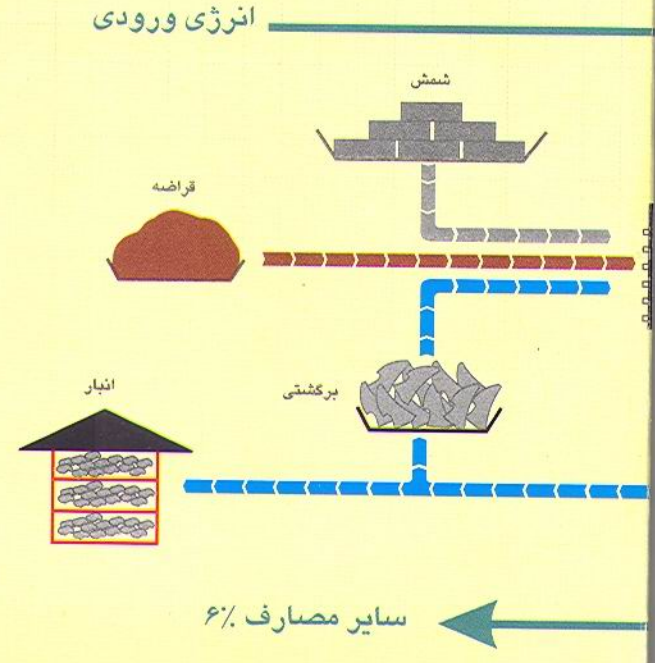
در این مرحله از پروژه نرم‌افزار بانک اطلاعات انرژی جهت ثبت مقدار انرژی مصرفی در کارخانه توسط مدیران انرژی و نرم‌افزار بانک اطلاعات تکنولوژی شامل اطلاعاتی در زمینه انواع کوره‌ها و مقدار مصرف و ظرفیت آنها تهیه شد. از قابلیتهای این نرم افزارها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ـ محاسبه مصارف ویژه انرژی الکتریکی و انرژی فسیلی در فرآیندهای ذوب و غیر ذوب و همچنین برای کل کارخانه به تفکیک ماه .

۲ـ مقایسه مصارف ویژه انرژی کارخانجات مختلف با یکدیگر.

۳ـ محاسبه و مقایسه عملکرد (Yield Performance) برای ماههای مختلف.

۴ـ ارائه اطلاعات تکنولوژی از دیدگاه انرژی .



راه‌کارهای بهبود کارآیی مصرف انرژی الکتریکی در بخش ذوب:

- افزایش عملکرد(Yield Performance) با اصلاح ساختار قالب‌ها.
- کاهش ضایعات.
- قطع اولیه ترانسفورماتورها.
- بهره‌برداری در محدوده نامی کوره‌ها.
- کنترل دمای فوق ذوب در محدوده خود.
- استفاده از کوره‌ها با حداکثر ظرفیت الکتریکی.
- هماهنگی بخش‌های ذوب و قالب‌گیری جهت اجتناب از نگهداری مذاب در کوره برای مدت طولانی .
- نصب سیستم کنترل اتوماتیک برای کوره‌های القایی و نظارت بر ذوب درون کوره به طوری که حداقل میزان انرژی مورد نیاز برای ذوب و نگهداری را تأمین کند.

راه‌کارهای بهبود کارآیی مصرف انرژی الکتریکی در سایر بخش‌ها:

- استفاده از روشنایی روز .
- مدیریت بار روی ترانسفورماتورهای توزیع .
- استفاده از محرکه‌های دور متغیر (VSD) در تجهیزات مختلف (غبارگیرها، فن کوره‌های کوپل) .
- تعویض الکتروموتورها (برج خنک‌کن و غبارگیرها) .
- استفاده از حامل‌های انرژی ارزان‌تر (کاهش موقت دیماند، استفاده از دیـزل ژنراتور در پیک بار و ...) .
- بهره‌برداری از کارگاه ریخته‌گری با حداکثر ظرفیت تولیدی .
- خاموش کردن برخی از دستگاه‌های پرمصرف در ساعات پیک مصرف برق (مانند شات بلاست و ...) .

راه‌کارهای بهبود کارآیی مصرف انرژی فسیلی:

- استفاده از درپوش و شعله مستقیم برای پیشگرم کردن پاتیل‌ها .
- کاهش دمای آب مصرفی .
- بازیافت حرارت از دودکش کوره‌های عملیات حرارتی .
- بازیافت حرارت از سیستم خنک‌کن کمپرسورها .
- استفاده از قراضه‌های فشرده شده .
- بهبود وضعیت احتراق مشعل‌ها .
- امکان استفاده از مازاد ظرفیت تبرید برج‌ها .
- استفاده از مشعل‌های گازی برای زینتر کردن کوره‌های القایی .
- نصب درپوش مخصوص بر روی کوره‌های ذوب .
- استفاده از کوره‌های عملیات حرارتی با حداکثر شارژ و استفاده از کوره‌های عملیات حرارتی کوچک‌تر برای قطعات کوچک .
- استفاده از مشعل‌های گرم‌کننده گازسوز در کوره‌های ذوب نگهدارنده جهت حذف مصارف الکتریکی آنها .

ENERGY EFFICIENCY IN CASTING INDUSTRY

To extend its activities in the way of optimizing the energy consumption, decreasing the production costs and protecting environment, the Deputy Minister for energy affairs has defined the project of energy efficiency in casting industry which has been carried out by Iran Energy Efficiency Organization (IEEO).

About 0.2% of total energy consumption in the whole industry of Iran is consumed in casting industry. Total energy consumption in considered factories in this project, was more than 5 million GJ (in studied year) and the energy saving potential on them was 1.2 million GJ (25% of total energy consumption) or 200,000 BOE.

The principle aims of this project are introduction the appropriate energy indexes related to this industry, determination of saving potentials, creation of technology and energy information database and also presentation of some approaches for energy management in this industry.

Stages of project:

1. Providing a questionnaire for data collection.
2. Sending the questionnaires to the selected factories.
3. Sending of IEEO (SABA) experts to the factories and filling out the questionnaire.
4. Selection of five samples among factories for short energy audit.
5. Pre- feasibility study achieving in one of the five factories.
6. Developing a technology and energy information database.
7. Organizing a seminar to present the results of project and constitution of a network among the experts of IEEO and factories' energy managers.

Energy management approaches to fossil fuel energy conservation:

A. Using of cap and direct flame in ladle preheating.
B. Hot water temperature decreasing.
C. Heat recovery from stack in heat treatment furnace.
D. Heat recovery from compressors' after coolers.
E. Using of compressed scrap.
F. Improvement the combustion burners performance.
G. Using of cooling towers additional cooling capacity.
H. Utilization of gas burners for induction furnace sintering.
I. Installation of suitable cap for induction furnace door.
J. Utilization of gas burners in holding furnaces.
K. Operating of heat treatment furnaces in full load and using of small heat treatment furnaces for small products.

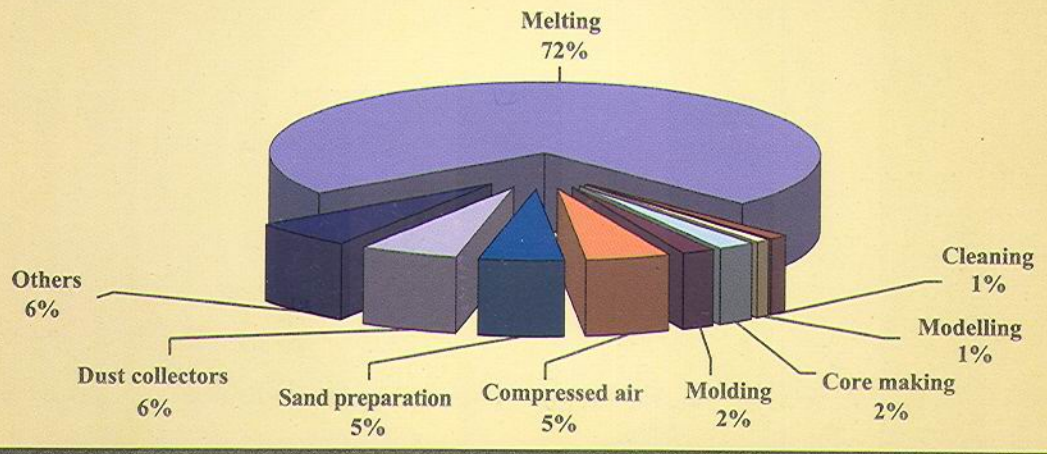
Energy management approaches for electric energy conservation

A. Using of day lighting.
B. Load management on transformers.
C. Using of VSD in fans, dust collectors, ...
D. Using of low cost energy carriers and demand control
E. Full load casting shop operation.
F. Turning Unnecessary equipment off in peak time

Energy management approaches in melting Department:

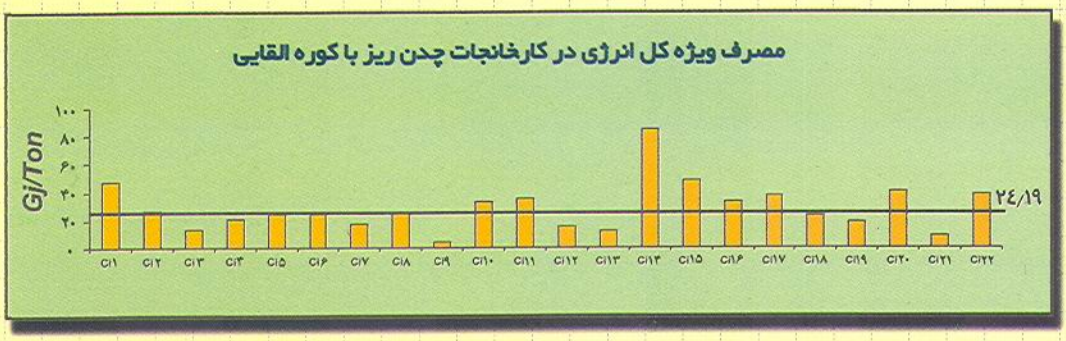
A. Increasing yield performance.
B. Decreasing rejected products.
C. Transformers primary switching off in induction furnaces in off times.
D. Using of induction furnaces in full load.
E. Coordination between melting and molding departments to avoid holding melt in furnace for long time.
F. Installation of automatic control system on induction furnaces to minimize the energy consumption in melting and holding.
G. Extra temperature control in standard range.

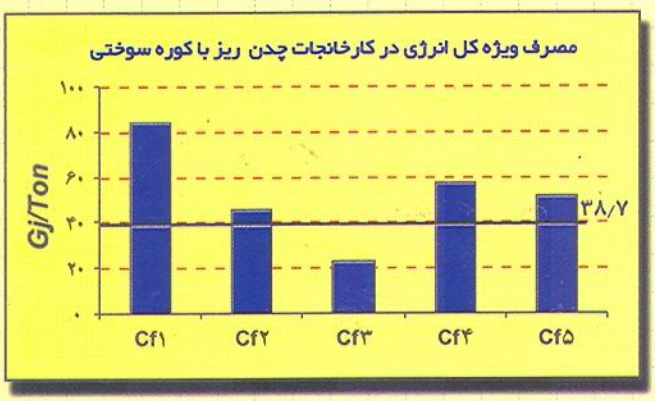
The average of electrical energy consumption in five selected factories

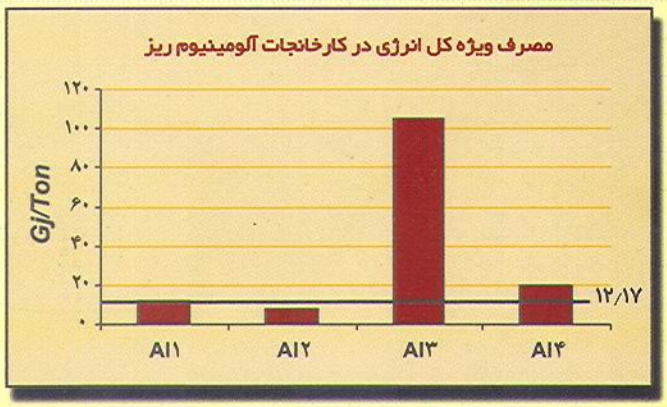


نمودار مصرف کل انرژی فسیلی و الکتریکی به ازای هر تن تولید در شاخه‌های مختلف

در نمودارهای ارائه شده از اطلاعات و نتایج غیر قابل استناد و استثنایی صرفنظر شده و میانگین های حاصله که پتانسیل سنجی در فاز اول پروژه بر اساس آنها انجام گردیده صرفاً بر مبنای اطلاعات دریافتی از کارخانجات است . کوره‌های کارخانجات آلومینیوم ریز بجز یک مورد کوره سوختی بوده و کوره‌های کارخانجات فولاد ریز از نوع القایی و قوسی می‌باشد.







به عنوان اطلاعات تکمیلی حاصل از تحلیل پرسشنامه های ارسالی به کارخانجات منتخب در سه شاخه فولادریز ، چدن ریز و آلومینیوم ریز میتوان به موارد زیر نیز اشاره کرد :

- کل مصرف انرژی الکتریکی در کارخانجات منتخب ۴۵۰،۰۰۰ مگاوات ساعت و کل انرژی حرارتی ۱/۲×۱۰۹ مگاژول است.
- درصد انرژی الکتریکی قابل صرفه‌جوئی به انرژی حرارتی قابل صرفه‌جوئی در کارخانجات منتخب برابر ۱/۶۵ می‌باشد . یعنی عمدهٔ انرژی قابل صرفه‌جوئی از نوع الکتریکی است .

جدول اطلاعات حاصل از انجام ممیزی انرژی کوتاه مدت در پنج کارخانه منتخب

شماره کارخانه	مصرف ویژه انرژی الکتریکی در بخش ذوب (تن مذاب /KWh)	مصرف ویژه انرژی الکتریکی کل (تن محصول تولیدی /KWh)	مصرف ویژه انرژی فسیلی کل (تن محصول تولیدی /MJ)	مصرف ویژه انرژی کل (تن محصول تولیدی /MJ)	عملکرد کل کارخانه	درصد پتانسیل صرفه جویی (٪)	پتانسیل صرفه جویی کل (GJ)
۱	۸۳۷	۲۱۸۸	۱۹۹۵/۷	۲۵۶۲۶	۰/۶۲	۴۱	$۱۹/۸۸ \times ۱۰^{۳}$
۲ *	۱۷۱۴	۲۳۸۴/۴	۸۱۸/۹۷	۲۶۵۷۰/۴۹	۰/۸۴	۴۶/۱	۶۹۹۰۶
۳	۵۵۵/۸	۸۰۸/۵۳	۱۱۵۹۶/۸	۲۰۳۲۸/۹	۰/۸۵	۱۰/۷	$۴/۴ \times ۱۰^{۴}$
۴	۹۰۱/۶	۲۶۲۷/۹	۷۸۴۰/۱	۳۶۲۲۱/۴۲	۰/۵۳	۲۷/۵	$۱/۸ \times ۱۰^{۵}$
۵	۱۱۴۳/۳	۸۴۹۱/۵	۱۳۲۸۹/۶	۱۰۴۹۹۷/۸	۰/۳۶	۴۱/۶	$۱/۱۹ \times ۱۰^{۵}$

* اختلاف قابل توجه مصرف ویژه انرژی الکتریکی در بخش ذوب ناشی از یک شیفت کارکردن کارخانه است، در صورتیکه کارخانه (کوره‌های ذوب) برای کارکرد سه شیفت طراحی شده است.

در جدول فوق ، شاخص مصرف ویژه انرژی الکتریکی در بخش ذوب و درصد پتانسیل صرفه‌جوئی ، قابل مقایسه بین کارخانجات شماره ۱ تا ۵ بوده ولی بقیه شاخصهای مصرف انرژی بدلیل تفاوت در نوع چدن و نوع فرآیند قالب‌گیری قابل مقایسه با هم نیستند .

شاخص عملکرد با مشخص بودن نوع چدن و نوع قطعه تولیدی از جنبهٔ ابعاد میتواند با نرمهای جهانی این شاخص مقایسه گردد .

$$\text{شاخص عملکرد} = \frac{\text{تناژ قطعه تولیدی}}{\text{تناژ ذوب تحویلی}}$$

سازمان بهره وری انرژی ایران یکی از زیر مجموعه‌های معاونت امور انرژی وزارت نیرو است که از اوایل سال ۱۳۷۵ فعالیت های خود را آغاز کرده و آماده ارائه خدمات به صنایع و مؤسسات کشور در زمینه‌های زیر می‌باشد :

- انجام پروژه های مدیریت مصرف انرژی .
- کمک به تشکیل واحدهای مدیریت انرژی .
- ارائه خدمات مشاوره و اطلاع رسانی در امور تهیه و تأمین دستگاه‌های اندازه‌گیری (آزمایشگاه سیار و ثابت).
- برگزاری دوره‌های مدیریت انرژی برای مدیران واحدهای انرژی .
- همکاری و فعالیت‌های مشترک در زمینه‌های فنی، آموزشی، پژوهشی و آگاهسازی با مؤسسات دولتی و خصوصی .
- انتشار بروشورها، پوسترها، برچسب‌ها و بولتن تخصصی .
- همکاری با صدا و سیما برای ترویج فرهنگ بهینه سازی مصرف انرژی در میان مخاطبان تخصصی و عمومی .

کد : ۴۹۰۸

سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

تهران ، شهرک قدس ، انتهای پونک باختری ، ساختمان معاونت انرژی وزارت نیرو

صندوق پستی : ۶۱۸ ـ ۱۴۶۶۵ تلفن : ۷ ـ ۸۰۸۴۷۶۶ نمابر : ۸۰۸۴۳۱۰

E-mail:SABA@IRANENERGY.ORG.IR

SABA@MOE.OR.IR