



مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه (۲): کاهش سهم نفت کوره در سبد پالایشی کشور



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شماره مسلسل: ۱۹۰۳۶
کد موضوعی: ۳۱۰



مرکز پژوهش‌های
مجلس شورای اسلامی

تاریخ انتشار:
۱۴۰۲/۴/۵

عنوان گزارش:
مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه (۲):
کاهش سهم نفت کوره در سبد پالایشی کشور

نام دفتر:
مطالعات انرژی، صنعت و معدن

مدیر مطالعه:
مرتضی نیکخواه‌نسب

تهیه و تدوین کنندگان:
هادی نوروزی، محسن اسدیگی، جواد مشایخ، مرتضی نیکخواه‌نسب

ناظر علمی:
حبیب‌الله ظفریان

اظهار نظر کنندگان:
محمد مهدی جعفری، محمد حسین معماریان

صفحه آرا:
نقیسه حاجی صفری

ویراستار ادبی:
شیوا امین اسکندری



واژه‌های کلیدی:
۱. نفت کوره
۲. ارتقای پالایشگاه
۳. گوگردزدایی
۴. میعانات گازی
۵. سواپ نفت خام



فهرست مطالب

چکیده.....	۶
خلاصه مدیریتی.....	۷
مقدمه.....	۸
فرآیندهای ارتقای کیفی و کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام.....	۱۳
تولید نفت کوره در جهان براساس نوع پالایشگاه و ظرفیت فرایندهای ارتقا.....	۱۵
تولید نفت کوره در جهان براساس سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها.....	۱۷
راهکارهای کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران.....	۱۹
جمع بندی.....	۲۵
منابع و مأخذ.....	۲۶

فهرست جداول

جدول ۱. هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری فرایندهای ارتقای ته‌مانده‌های پالایشگاهی برای ظرفیت ۲۰ هزار بشکه در روز (ساحل خلیج مکزیک آمریکا، می ۲۰۱۷ - براساس تخمین مؤسسه IHS و Oil & Gas Journal).....	۱۴
جدول ۲. ضریب پیچیدگی نلسون فرایندهای ارتقای ته‌مانده‌های پالایشگاهی.....	۱۴
جدول ۳. رابطه تولید نفت کوره و ظرفیت نسبی چهار نوع پالایشگاه.....	۱۶
جدول ۴. مقایسه رابطه میزان تولید نفت کوره و چهار فرایند و بسبریکینگ، کک‌سازی تأخیری، RFCC و RHDS+RHC.....	۱۶
جدول ۵. رابطه تولید نفت کوره نسبت به سهم چهار نوع نفت خام سبک، متوسط، سنگین و سنگین اسیدی از سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها.....	۱۸
جدول ۶. ارزیابی فنی - اقتصادی اختلاط میعانات گازی با خوراک نفت خام پالایشگاه.....	۲۱
جدول ۷. ارزیابی فنی - اقتصادی سواپ نفت خام CPC و تصفیه آن در پالایشگاه‌های کشور.....	۲۳

فهرست نمودار

نمودار ۱. تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران (به استثنای پالایشگاه میعانات گازی ستاره خلیج فارس).....	۹
نمودار ۲. درصد تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران به تفکیک هر پالایشگاه.....	۹
نمودار ۳. درصد تولید و کیوم با توم و قیر در پالایشگاه‌های نفت خام ایران به تفکیک هر پالایشگاه.....	۱۰
نمودار ۴. درصد تولید محصولات ته‌مانده سنگین در پالایشگاه‌های نفت خام ایران به تفکیک هر پالایشگاه.....	۱۰
نمودار ۵. استانداردهای مختلف سازمان بین‌المللی در بانوردی در خصوص نفت کوره.....	۱۱
نمودار ۶. قیمت انواع نفت کوره (فوب خلیج فارس) در بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۸ تا ژانویه ۲۰۲۰.....	۱۲
نمودار ۷. قیمت انواع نفت کوره و دیزل دریایی در ۶ ماهه اخیر ۲۰۲۲.....	۱۲
نمودار ۸. ظرفیت اسمی فرایندهای مختلف ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی در ایران (هزار بشکه در روز).....	۱۵
نمودار ۹. بهره‌فرآورده‌های مختلف مربوط به انواع نفت خام براساس درجه API نفت.....	۱۷
نمودار ۱۰. تولید انواع نفت خام در ایران.....	۱۸
نمودار ۱۱. سبد نفت خام مصرفی در پالایشگاه‌های ایران (۱۳۹۸).....	۱۹
نمودار ۱۲. سهم میعانات گازی از سبد خوراک پالایشگاه‌های نفت خام ایران (۱۳۹۸).....	۲۰
نمودار ۱۳. انواع نفت خام تولیدی در کشورهای حوزه CIS براساس درجه API و محتوای گوگرد.....	۲۲



مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه (۲): کاهش سهم نفت کوره در سبد پالایشی کشور

چکیده



تغییر ترکیب سبد پالایش نفت کشور و افزایش سهم فرآورده‌های سبک و با ارزش افزوده بیشتر از این سبد از طریق تبدیل فرآورده‌های سنگین به محصولات سبک‌تر و میان تقطیر و نیز بهبود کیفیت محصولات تولیدی از نیازهای اساسی صنعت پالایش کشور است. این مهم در قوانین کشور نیز مورد اشاره بوده و مطابق ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۱۳۸۹، دولت مکلف است میزان تولید نفت کوره را به حداکثر ۱۰٪ کاهش دهد اما بعد از گذشت بیش از ۱۲ سال از تصویب این قانون، میانگین سهم تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور حدود ۲۳٪ باقی مانده است؛ ضمن آنکه اکثر پالایشگاه‌های کشور برای کاهش تولید نفت کوره، صرفاً میزان تولید و کیوم باتوم و قیر را افزایش داده‌اند. همچنین پس از سال ۲۰۰۰ و وضع استانداردهای زیست‌محیطی برای سوخت دریایی توسط سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO)، همواره تقاضا برای نفت کوره با میزان گوگرد بالا رو به کاهش بوده است. از طرفی به دلیل هزینه‌های بالای گوگردزدایی از نفت کوره، پالایشگاه‌های نفت خام در دنیا میزان تولید این فرآورده سنگین و کم‌ارزش را کاهش داده‌اند. در گزارش حاضر علل بالا بودن میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران از دو منظر ظرفیت فناوری‌های ارتقا و همچنین سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها بررسی شده و راهکارهای کاهش تولید نفت کوره به‌عنوان یکی از مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه، از دو منظر تغییر سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها که سریع‌الاجراست و همچنین از منظر پروژه‌های ارتقا که بلندمدت بوده و با چالش اصلی تأمین منابع مالی مواجه است، ارائه شده است.

خلاصه مدیریتی



تغییر ترکیب سبد پالایش نفت کشور و افزایش سهم فرآورده‌های سبک و میان تقطیر و با ارزش افزوده بیشتر از این سبد از طریق تبدیل فرآورده‌های سنگین به محصولات سبک‌تر و نیز بهبود کیفیت محصولات تولیدی از نیازهای اساسی صنعت پالایش کشور است. این مهم در قوانین کشور نیز مورد اشاره بوده و مطابق ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۱۳۸۹، دولت مکلف شده است با کاهش حداقل دو درصد نفت کوره، ظرف ۱۵ سال میزان تولید نفت کوره را به حداکثر ۱۰٪ نفت خام تحویلی به پالایشگاه‌ها کاهش دهد.

بخشی از علل بالا بودن میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های ایران ریشه در فناوری‌های ارتقا و عدم اجرای پروژه‌های مرتبط با آنها و بخشی نیز ریشه در طبیعت نفت خام ایران دارد. مهم‌ترین راهکار سیاستی سریع‌الاجرا در راستای کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور، **مدیریت سبد نفت خام مصرفی** پالایشگاه‌هاست. با سبک کردن سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها می‌توان میزان تولید نفت کوره را کاهش داد. در حال حاضر در ایران به‌طور متوسط ۷۳۰ هزار بشکه در روز میعانات گازی تولید می‌شود که می‌توان از آنها به‌عنوان خوراک برای اختلاط با نفت خام مصرفی در پالایشگاه‌ها استفاده کرد. از ۷۳۰ هزار بشکه، به‌طور متوسط روزانه ۱۵۰ هزار بشکه میعانات گازی مازاد در اختیار کشور است که با مدیریت و تخصیص آن به پالایشگاه‌ها می‌توان میزان تولید نفت کوره را کاهش داد. پالایشگاه‌های شیراز و لاوان نمونه‌های موفق این راهکار سیاستی هستند. براساس ردیف دوم بند «ق» از تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۱ کل کشور، وزارت نفت مجاز به افزایش درصد میعانات گازی در خوراک پالایشگاه‌های نفتی کشور شده بود.

سواپ نفت خام سبک از کشورهای حوزه CIS که مقادیر چشمگیری نفت سبک تولید می‌کنند نیز می‌تواند از گزینه‌های پیش‌رو در راستای سبک‌سازی خوراک مصرفی پالایشگاه‌های نفت خام باشد. بر خلاف نفت خام ایران که عمدتاً از نوع متوسط (Medium) است، نفت خام کشورهای آسیای میانه عمدتاً از نوع سبک (Light) است. نفت خام کشورهای آسیای میانه به‌دلیل کیفیت طبیعی آن نسبت به نفت خام ایران، گازوئیل و بنزین بیشتر و نفت کوره کمتری تولید می‌کند. در حال حاضر ۱۰۰٪ نفت خام تولیدی قزاقستان، ۹۶٪ نفت خام تولیدی جمهوری آذربایجان و ۴۵٪ نفت خام تولیدی ترکمنستان از نوع سبک است. روسیه نیز روزانه ۲۸۰ هزار بشکه در روز نفت سبک تولید می‌کند. ضمن آنکه بخش زیادی از نفت خام جمهوری آذربایجان را برش گازوئیل تشکیل می‌دهد که از آن می‌توان برای تأمین گازوئیل مورد نیاز نیروگاه‌ها در ماه‌های سرد سال استفاده کرد.

در مورد تأمین مالی به‌عنوان مهم‌ترین چالش و مسئله پروژه‌های ارتقا و بهبود کیفیت نفت کوره، پیشنهاد می‌شود تخفیف خوراک واحدهای پالایشی منوط به تخصیص بخشی از سود سالیانه خود به پروژه‌های ارتقا و کیفی‌سازی با اولویت کاهش نفت کوره شود. این حکم در قوانین بودجه سنواتی پیشین مطرح شده و مورد اخیر آن در بند «ر» تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۲ آمده که نیاز است این سازوکار از طریق سایر قوانین مربوط نظیر قانون برنامه هفتم توسعه تثبیت شود.

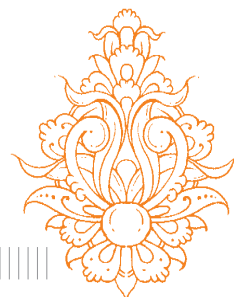
ضمناً در جزء «۲» بند «الف» ماده (۴۴) قانون برنامه ششم توسعه، دولت مکلف شده است تسهیلات لازم برای ایجاد ظرفیت پالایش مقدار دو میلیون و هفتصد هزار بشکه در روز نفت خام و میعانات گازی با ضریب پیچیدگی بالا توسط بخش غیردولتی را به‌نحوی برنامه‌ریزی و اجرا کند تا ترکیب تولید فرآورده آنها اساساً به محصولات سبک‌تر و میان‌تقطیر اختصاص یابد و سهم نفت کوره در الگوی پالایش از ۱۰ درصد بیشتر نشود. اما بعد از گذشت ۶ تا ۱۲ سال از تصویب این قوانین، میانگین سهم تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور حدود ۲۳٪ باقی مانده است؛ ضمن آنکه اکثر پالایشگاه‌های نفت خام کشور برای کاهش تولید نفت کوره، صرفاً میزان تولید و کیوم باتوم و قیر را افزایش داده‌اند. به‌غیر از دو پالایشگاه شیراز و اراک، روند تولید و کیوم باتوم و قیر در پالایشگاه‌های دیگر صعودی است. به بیان دیگر میزان تولید کل محصولات ته‌مانده سنگین شامل نفت کوره، و کیوم باتوم و قیر در هشت سال اخیر صرفاً از ۳۱،۱۴٪ به ۲۹،۱۲٪ کاهش یافته است. از طرفی طبق برآورد وزارت نفت، برای ارتقای کیفی و کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌ها نیازمند حدود ۱۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری است.

همچنین سازمان دریانوردی بین‌المللی در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ سه استاندارد مختلف برای نفت کوره وضع کرده است. به‌نحوی که استانداردهای جدیدتر وضعیت سخت‌گیرانه‌تری را نسبت به استاندارد قبلی نشان می‌دهد؛ طبق این استانداردها مقدار مجاز گوگرد از ۴،۵٪ در سال ۲۰۰۰ به ۳،۵٪ در سال ۲۰۱۲ و ۰،۵٪ در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. این امر به کاهش تقاضا برای نفت کوره منجر شده است؛ به‌نحوی که براساس داده‌های EIA تقاضای جهانی برای انواع نفت کوره در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ حدوداً ۴۰٪ کاهش یافته است. **لذا جهت کاهش سهم فرآورده‌های سنگین از سبد پالایشی کشور و نیز بهبود کیفیت محصولات تولیدی، دوراهکار پیش‌روی پالایشگاه‌ها قرار دارد:**

۱. ارتقای کیفیت نفت کوره (گوگردزدایی) از طریق تصفیه هیدروژنی که به‌دلیل پیچیدگی فرایند، حجم سرمایه‌گذاری بالا و نرخ پایین بازگشت سرمایه، پالایشگاه‌ها رغبت چندانی به آن ندارند؛

۲. کاهش تولید نفت کوره و جایگزینی آن با محصولات سبک‌تر و میان‌تقطیر که راهکار اصلی پالایشگاه‌های دنیا در ۲۰ سال اخیر بوده است؛ به‌نحوی که میزان تولید نفت کوره در دنیا از ۱۵٪ در سال ۲۰۰۰ به کمتر از ۱۰٪ در حال حاضر کاهش یافته است.

در این گزارش علل بالا بودن میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران از دو منظر ظرفیت فناوری‌های ارتقا و همچنین **سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها** بررسی شده است. در واقع



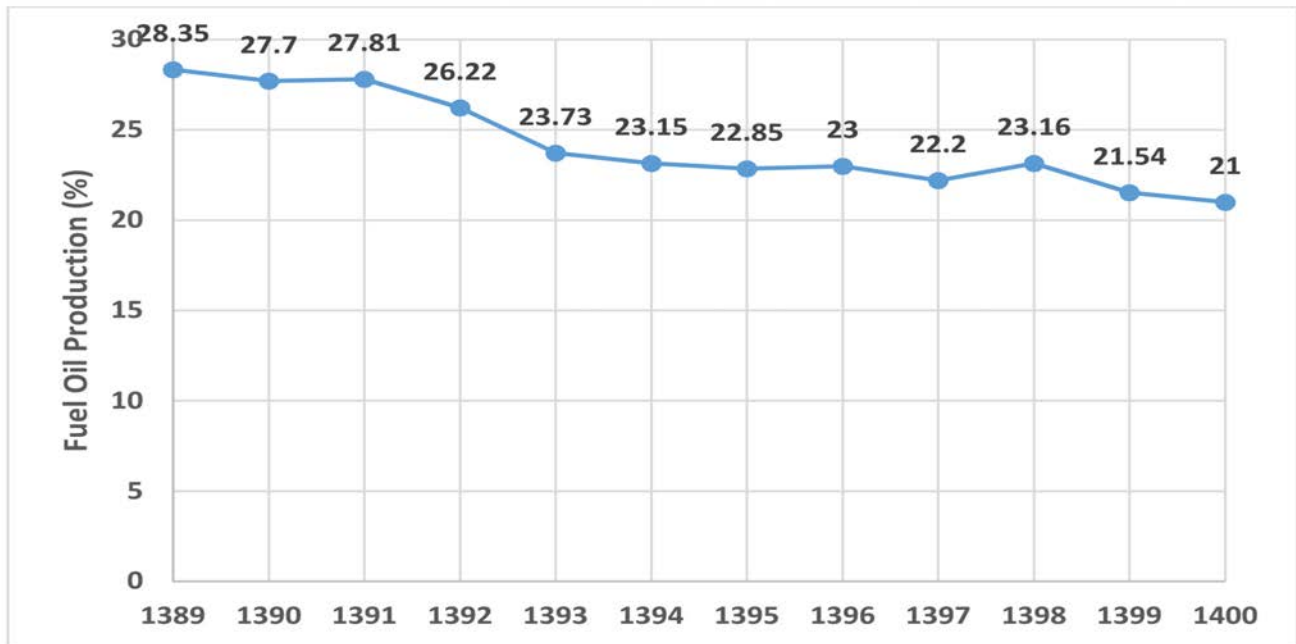
مقدمه

تغییر ترکیب سبد پالایش نفت کشور و افزایش سهم فراورده‌های سبک و میان تقطیر و با ارزش افزوده بیشتر از این سبد از طریق تبدیل فراورده‌های سنگین به محصولات سبک‌تر و نیز بهبود کیفیت محصولات تولیدی از نیازهای اساسی صنعت پالایش کشور است. این مهم در قوانین کشور نیز مورد اشاره بوده و مطابق ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۱۳۸۹، دولت مکلف شده است با کاهش حداقل ۲ درصد نفت کوره، ظرف ۱۵ سال میزان تولید نفت کوره را به حداکثر ۱۰٪ نفت خام تحویلی به پالایشگاه‌ها کاهش دهد. ضمناً در جزء «۲» بند «الف» ماده (۴۴) قانون برنامه ششم توسعه^{۱۲}، دولت مکلف شده است تسهیلات لازم برای ایجاد ظرفیت پالایش مقدار دو میلیون و هفتصد هزار بشکه در روز نفت خام و میعانات گازی با ضریب پیچیدگی بالا توسط بخش غیردولتی را به‌نحوی برنامه‌ریزی و اجرا کند تا ترکیب تولید فراورده آنها اساساً به محصولات سبک‌تر و میان تقطیر اختصاص یابد و سهم نفت کوره در الگوی پالایش از ۱۰ درصد بیشتر نشود. اما بعد از گذشت ۶ تا ۱۲ سال از تصویب این قوانین، میانگین سهم تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور حدود ۲۳٪ باقی مانده است؛ ضمن آنکه اکثر پالایشگاه‌های نفت خام کشور برای کاهش تولید نفت کوره، صرفاً میزان تولید و کیوم باتوم و قیر را افزایش داده‌اند. به‌غیر از دو پالایشگاه شیراز و اراک، روند تولید و کیوم باتوم و قیر در پالایشگاه‌های دیگر صعودی است. به بیان دیگر میزان تولید کل محصولات ته‌مانده سنگین شامل نفت کوره، و کیوم باتوم و قیر در هشت سال اخیر صرفاً از ۳۱،۱۴٪ به ۲۹،۱۲٪ کاهش یافته است. از طرفی طبق برآورد وزارت نفت، برای ارتقای کیفی و کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌ها نیازمند حدود ۱۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری است.

همچنین براساس بند «ق» از تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۱ کل کشور، وزارت نفت مجاز بوده است با سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی نسبت به موارد ذیل اقدام نماید:

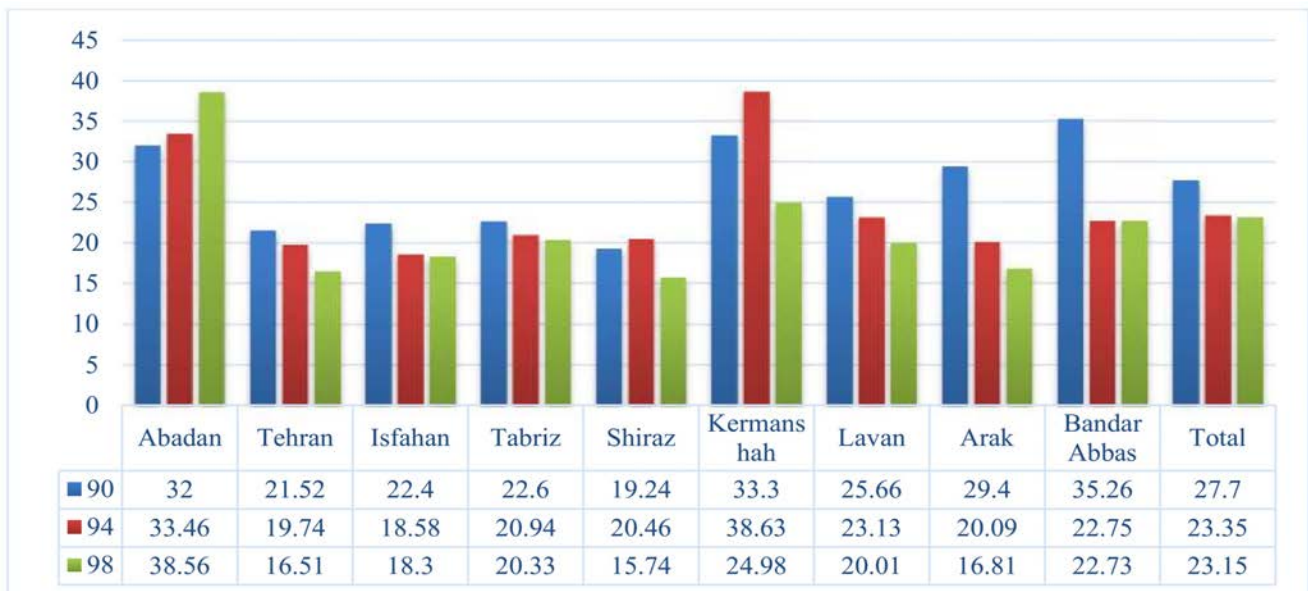
۱. احداث واحدهای گوگردزایی در پالایشگاه‌های نفتی به‌منظور کاهش درصد گوگرد نفت کوره؛ پرداخت هزینه احداث این واحدها از محل افزایش نرخ خرید نفت کوره تولیدی صورت می‌پذیرد.
 ۲. افزایش درصد میعانات گازی در خوراک پالایشگاه‌های نفتی کشور تا حد مجاز.^{۱۳}
- میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران در حد فاصل سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۰ در نمودار ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود در حد فاصل سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ کاهش ۴،۶ واحد درصد در تولید نفت کوره مشاهده می‌شود که دلیل اصلی آن افزایش تولید و کیوم باتوم و قیر در پالایشگاه‌ها و همچنین قرار گرفتن واحدهای ارتقای RCD و RFCC پالایشگاه امام خمینی (ره) سازند در مدار تولید است؛ اما در حد فاصل سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۰ میزان تولید نفت کوره تقریباً ثابت است و تغییر چشمگیری مشاهده نمی‌شود.

نمودار ۱. تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران (به استثنای پالایشگاه میعانات گازی ستاره خلیج فارس) [۱۲]



میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور به تفکیک پالایشگاه‌ها در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ در نمودار ۲ ارائه شده است.

نمودار ۲. درصد تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران به تفکیک هر پالایشگاه [۱۲]

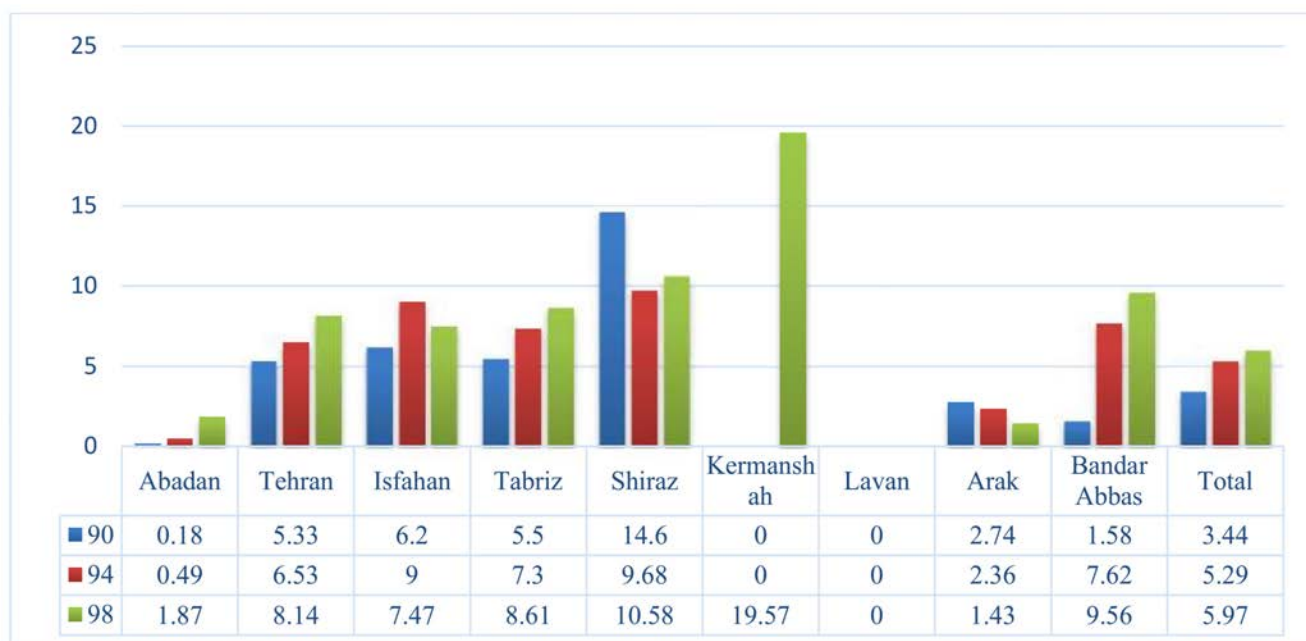


۱۶٫۸۱٪ در سال ۱۳۹۸ کاهش یافته است که علت آن بهره‌برداری از واحدهای RCD و RFCC در این پالایشگاه است. کاهش تولید نفت کوره در دیگر پالایشگاه‌ها متأثر از افزایش تولید و کیوم باتوم و قیر است (نمودار ۳).

در حال حاضر بیشترین میزان تولید نفت کوره با ۳۸٫۵۶٪ مربوط به پالایشگاه آبادان و کمترین مقدار با ۱۵٫۷۴٪ مربوط به پالایشگاه شیراز است. میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه آبادان روند افزایشی دارد. در پالایشگاه اراک میزان تولید نفت کوره از ۲۹٫۴٪ در سال ۱۳۹۰ به



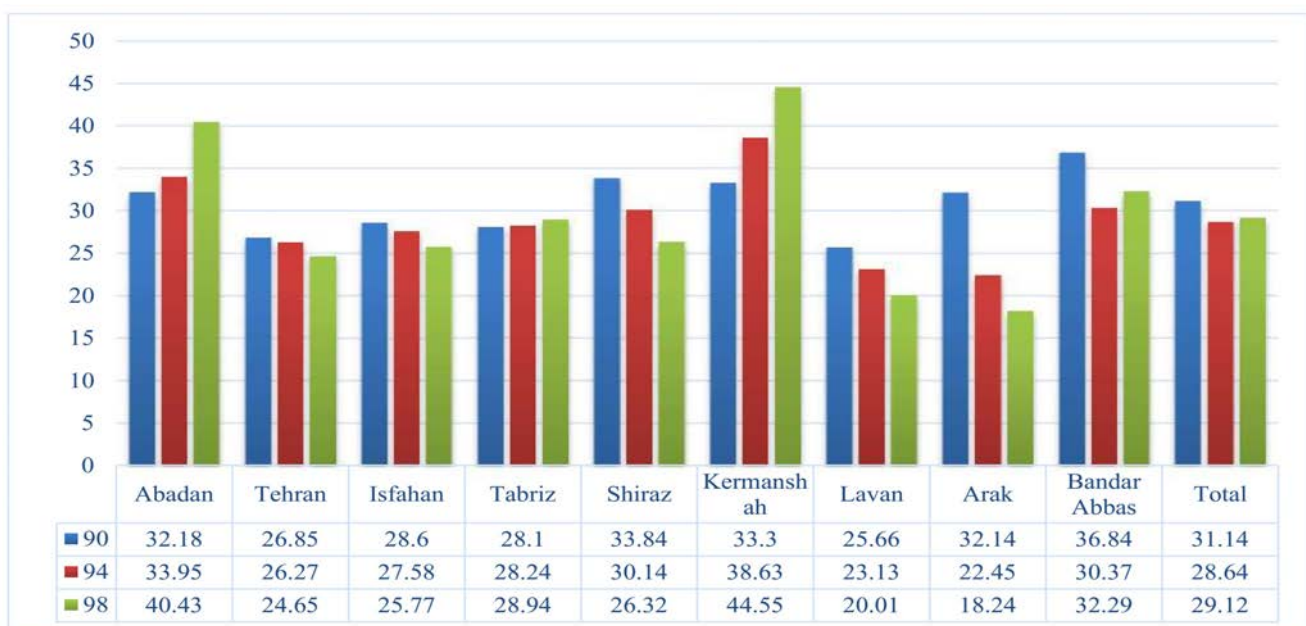
نمودار ۳. درصد تولید و کیوم باتوم و قیر در پالایشگاه‌های نفت خام ایران به تفکیک هر پالایشگاه [۱۲]



افزایش داده است. همچنین پالایشگاه کرمانشاه تولید قیر را از صفر درصد در سال ۱۳۹۰ به ۱۹,۵۷٪ در سال ۱۳۹۸ افزایش داده است. میزان تولید و کیوم باتوم و قیر در دیگر پالایشگاه‌ها نیز روند صعودی دارد. میزان تولید کل محصولات ته‌مانده سنگین شامل نفت کوره، و کیوم باتوم و قیر در پالایشگاه‌های نفت خام ایران در نمودار ۴ ارائه شده است.

همان‌گونه که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود به‌غیر از دو پالایشگاه شیراز و اراک، روند تولید و کیوم باتوم و قیر در پالایشگاه‌های دیگر صعودی است. بیشترین میزان افزایش تولید در حد فاصل ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ مربوط به دو پالایشگاه بندرعباس و پالایشگاه کرمانشاه است. پالایشگاه بندرعباس تولید و کیوم باتوم را از ۱,۵۸٪ در سال ۱۳۹۰ به ۹,۵۶٪ در سال ۱۳۹۸

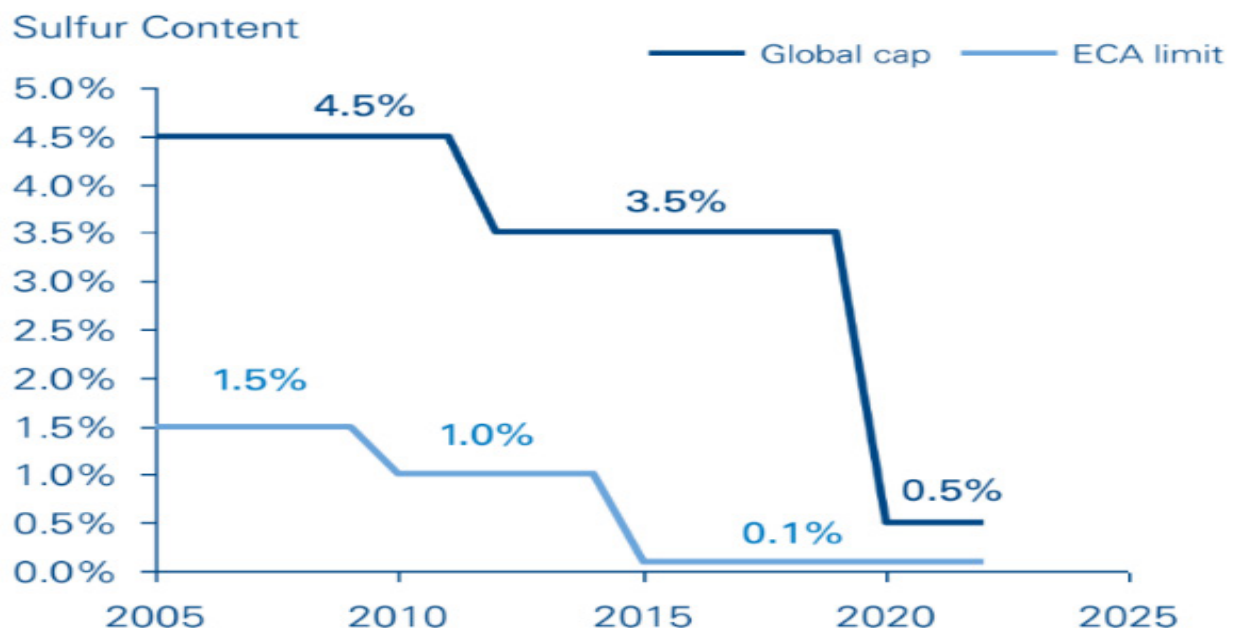
نمودار ۴. درصد تولید محصولات ته‌مانده سنگین در پالایشگاه‌های نفت خام ایران به تفکیک هر پالایشگاه [۱۲]



۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ سه استاندارد مختلف برای نفت کوره وضع کرده است؛ به نحوی که استانداردهای جدیدتر وضعیت سخت گیرانه تری را نسبت به استاندارد قبلی نشان می دهد. (نمودار ۵) همان گونه که در نمودار ۵ مشاهده می شود مقدار مجاز گوگرد آن از ۴٫۵٪ در سال ۲۰۰۰ به ۳٫۵٪ در سال ۲۰۱۲ و ۰٫۵٪ در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. این امر به کاهش تقاضا برای نفت کوره ۳٫۵٪ منجر شده است؛ به نحوی که براساس داده های EIA تقاضای جهانی برای انواع نفت کوره در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ حدوداً ۴۰٪ کاهش یافته است. این کاهش تقاضا علاوه بر بخش بانکرینگ در بخش نیروگاهی نیز بوده است. نفت کوره مصرفی در بانکرینگ با سوخت دریایی کم سولفور و گازوئیل و نفت کوره مصرفی در نیروگاهها با گاز طبیعی و گازوئیل جایگزین شده است.

همان گونه که در نمودار ۴ مشاهده می شود میزان تولید کل محصولات ته مانده سنگین شامل نفت کوره، و کیوم باتوم و قیر در هشت سال اخیر صرفاً از ۳۱٫۱۴٪ به ۲۹٫۱۲٪ کاهش یافته است. میزان تولید این محصولات در سه پالایشگاه آبادان، کرمانشاه و تبریز روند افزایشی داشته است. در سه پالایشگاه اراک، شیراز و لاوان روند کاهشی ملموس مشاهده می شود. در پالایشگاه های تهران و اصفهان روند کاهشی جزئی مشاهده می شود. در پالایشگاه بندرعباس روند نوسانی مشاهده می شود. لذا تغییر ترکیب سبد پالایش نفت کشور و افزایش سهم فرآورده های سبک و میان تقطیر و با ارزش افزوده بیشتر از این سبد از طریق تبدیل فرآورده های سنگین به محصولات سبک تر و نیز بهبود کیفیت محصولات تولیدی از نیازهای اساسی صنعت پالایش کشور است. همچنین سازمان دریانوردی بین المللی در حد فاصل سال های

نمودار ۵. استانداردهای مختلف سازمان بین المللی دریانوردی در خصوص نفت کوره [۱۰]



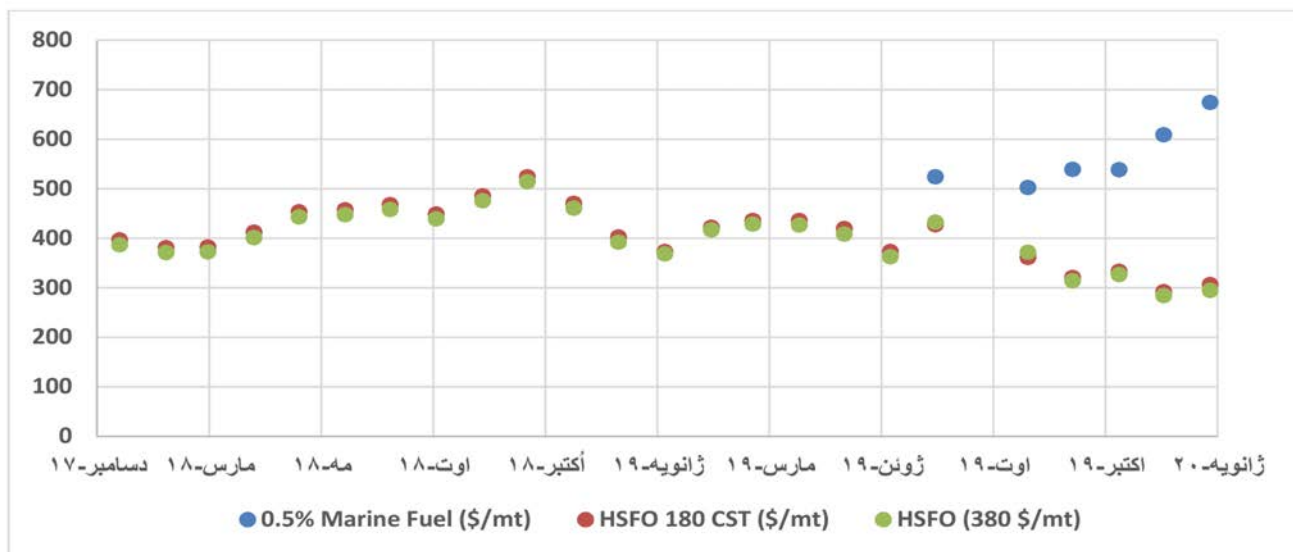
Source: IMO, Arthur D. Little

تبدیل و یا کاهش تولید آن بسیار حائز اهمیت است. پایین تر بودن قیمت نفت کوره نسبت به نفت خام مصرفی، پالایشگاهها را متضرر می کند. نمودار ۶ روند قیمت نفت کوره با میزان گوگرد بالا در حد فاصل ژانویه ۲۰۱۸ تا ژانویه ۲۰۲۰ را نشان می دهد.

از سوی دیگر، قیمت نفت کوره با گوگرد بالا بسته به میزان تقاضا بین ۶۵٪ تا ۸۵٪ قیمت نفت خام است. در واقع نفت کوره محصولی است که قیمت آن از خوراک پالایشگاه کمتر است. از این رو افزایش کیفیت،



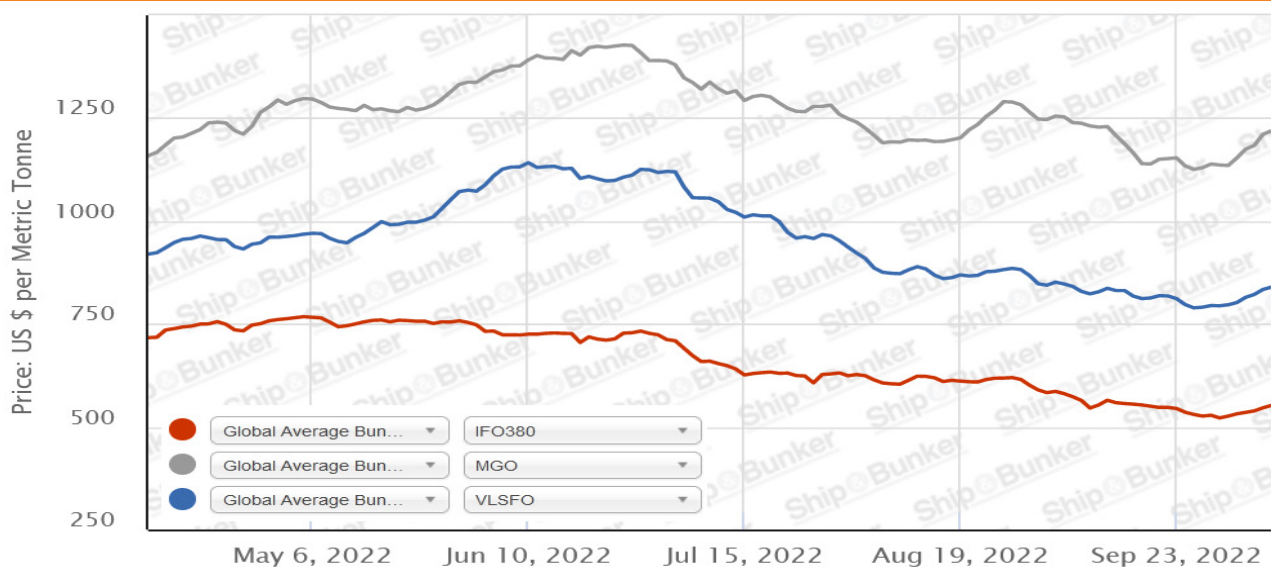
نمودار ۶. قیمت انواع نفت کوره (فوب خلیج فارس) در بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۸ تا ژانویه ۲۰۲۰ [۴]



نسبت‌ها تغییر می‌کند. همچنین میانگین جهانی قیمت انواع نفت کوره در ۶ ماه اخیر سال ۲۰۲۲ در نمودار ۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، به‌رغم اینکه قیمت نفت کوره کم سولفور بیشتر از قیمت نفت کوره با سولفور بالاست، قیمت انواع نفت کوره (اعم از سولفور بالا و کم سولفور) به‌مراتب کمتر از دیزل دریایی است.

همان‌گونه که در نمودار ۶ مشاهده می‌شود از نوامبر ۲۰۱۸ روند کاهشی در قیمت نفت کوره ۱۸۰ و ۳۸۰ آغاز شده و از جولای ۲۰۱۹ (شش ماه قبل از اجرای قانون IMO ۲۰۲۰) تشدید شده است. از سوی دیگر مشاهده می‌شود که قیمت نفت کوره ۵،۰٪ گوگرد در شش ماه پایانی سال ۲۰۱۹ سیر صعودی داشته است و در ژانویه ۲۰۲۰ اختلاف قیمت نفت کوره ۵،۰٪ گوگرد با نفت کوره ۱۸۰ و ۳۸۰، تقریباً ۴۰۰ دلار در هر تن است. البته با افزایش تقاضا و همچنین افزایش قیمت نفت، این

نمودار ۷. قیمت انواع نفت کوره و دیزل دریایی در ۶ ماهه اخیر ۲۰۲۲
(قرمز: نفت کوره سولفور بالا ۳۸۰ سانتی استوک، آبی: نفت کوره کم گوگرد، خاکستری: دیزل دریایی) [۱۱]



۱. نفت کوره ۱۸۰، یکی از انواع نفت کوره با ویسکوزیته سینماتیک ۱۸۰ سانتی استوک است.
۲. نفت کوره ۳۸۰، یکی از انواع نفت کوره با ویسکوزیته سینماتیک ۳۸۰ سانتی استوک است.

عدم کاهش تولید نفت کوره، میزان زیان دهی پالایشگاه‌های نفت خام افزایش می‌یابد. براساس پیش‌بینی‌ها تقاضا برای نفت کوره با گوگرد بالا از حدود ۴ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۱۸، با کاهش ۵۰ درصدی به حدود ۲ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۳۰ کاهش می‌یابد. در ادامه گزارش مطالبی درباره فرایندهای ارتقای کیفی و کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام آورده شده و سپس تولید نفت کوره در جهان براساس نوع پالایشگاه و نیز برحسب سبد نفت خام مصرفی مورد بررسی قرار گرفته است. در انتهای گزارش نیز راهکارهای کوتاه‌مدت مدیریتی و بلندمدت در راستای کاهش تولید نفت کوره پالایشگاه‌های نفت خام کشور، ارائه شده است. خاطر نشان می‌سازد راهکارهای کوتاه‌مدت و سریع‌الاجرا با رویکرد کمینه کردن هزینه سرمایه‌گذاری و همچنین کاهش وابستگی به فناوری‌های گران‌قیمت و انحصاری ارائه می‌شود.

جهت کاهش سهم فرآورده‌های سنگین از سبد پالایشی کشور و نیز بهبود کیفیت محصولات تولیدی، دو راهکار پیش روی پالایشگاه‌ها قرار دارد:

۱. ارتقای کیفیت نفت کوره (گوگردزدایی) از طریق تصفیه هیدروژنی که به دلیل حجم سرمایه‌گذاری بالا و نرخ پایین بازگشت سرمایه، پالایشگاه‌ها رغبت چندانی به آن ندارند.
 ۲. کاهش تولید نفت کوره و جایگزینی آن با محصولات سبک‌تر و میان‌تقطیر که راهکار اصلی پالایشگاه‌های دنیا در ۲۰ سال اخیر بوده است؛ به‌نحوی که میزان تولید نفت کوره در دنیا از ۱۵٪ در سال ۲۰۰۰ به کمتر از ۱۰٪ در حال حاضر کاهش یافته است.
- با تشدید سخت‌گیری‌های زیست‌محیطی نظیر IMO ۲۰۲۰ در خصوص میزان گوگرد در نفت کوره، تقاضا برای نفت کوره با میزان گوگرد بالا کاهش و در نتیجه قیمت آن نیز کاهش می‌یابد و در صورت

فرایندهای ارتقای کیفی و کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام

مکزیک آمریکا در سال ۲۰۱۷ در جدول ۱ مقایسه شده است. ترتیب آنها از ارزان‌ترین به گران‌ترین به شرح ذیل است: استخراج با حلال، ویسبریکینگ، کک‌سازی، کراکینگ کاتالیستی ته‌ماندها (RFCC)، تصفیه هیدروژنی و هیدروکراکینگ. ویسبریکینگ و کک‌سازی هر دو جزء فرایندهای ارتقای حرارتی محسوب می‌شوند. ولی تفاوت چشمگیری در ضریب پیچیدگی نلسون^۱ آنها وجود دارد. ویسبریکینگ فرایندی است که عمدتاً برای تولید نفت کوره به کار می‌رود. در میان همه فرایندهای ارتقا به روش حرارتی تنها کک‌سازی از ضریب پیچیدگی خوبی برخوردار است. با مقایسه جداول ۱ و ۲ می‌توان دریافت که به‌رغم این نکته که ضریب پیچیدگی نلسون فرایند کک‌سازی تأخیری با فرایندهای کاتالیستی نظیر هیدروکراکینگ و کراکینگ کاتالیستی بستر سیال برابر است، ولی هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری آن کمتر است. همچنین ضریب پیچیدگی نلسون این واحدها در جدول ۲ ارائه شده است. فرایندهای دیگر نظیر استخراج با حلال معمولاً در کنار فرایندهای دیگر نظیر هیدروکراکینگ و یا کراکینگ کاتالیستی بستر سیال به کار می‌روند و به‌ندرت به‌تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در حال حاضر سناریوهای گوناگون برای کاهش تولید نفت کوره و همچنین تطبیق پیکربندی پالایشگاه‌های دنیا با مشخصات جدید نفت کوره اعلام شده از سوی سازمان دریانوردی توسط مؤسسه‌ها و شرکت‌های مختلف در دنیا در حال بررسی است. این سناریوها را می‌توان در دو دسته کلی طبقه‌بندی کرد؛ اولین سناریو براساس فناوری‌های ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی است و سناریوی دوم مبتنی بر سبک‌سازی سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌هاست. روش‌های مختلفی برای ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی وجود دارد. برخی از این روش‌ها فیزیکی ولی عمده آنها شیمیایی هستند. از روش‌های فیزیکی می‌توان به فرایندهای تقطیر در خلأ و استخراج با حلال اشاره کرد. روش‌های شیمیایی خود به دو دسته حرارتی و کاتالیستی تقسیم می‌شوند. روش‌های حرارتی نظیر کک‌سازی و کاهش گرانشی؛ روش‌های کاتالیستی نظیر تصفیه هیدروژنی، کراکینگ کاتالیستی و هیدروکراکینگ. از نقطه نظر هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری روش‌های شیمیایی از فیزیکی و روش‌های کاتالیستی از روش‌های حرارتی گران‌تراند. هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری این فرایندها برای ظرفیت ۲۰ هزار بشکه در روز و در ساحل خلیج

۱. شاخص پیچیدگی نلسون، نشان‌دهنده سهم ظرفیت واحدهای تبدیل ثانویه نسبت به ظرفیت واحدهای تبدیل اولیه (تقطیر آتمسفری) است.



شکست گرانروی است که در واقع فرایند تولید نفت کوره است. همه پالایشگاه‌های نفت خام ایران به‌غیر از دو پالایشگاه لاوان و کرمانشاه دارای واحد شکست گرانروی هستند. پس از فرایند ویسبریکینگ، فرایندهای RFCC و Resid HDS به ترتیب با ظرفیت ۹۵ هزار و ۶۹ هزار بشکه در روز قرار دارند که هر دوی این فرایندها مربوط به پالایشگاه اراک است. ظرفیت فرایند استخراج با حلال ۴۵۵۰ بشکه در روز است که مربوط به پالایشگاه تهران است. ظرفیت سایر فرایندها صفر است.

در صورتی که از باقی‌مانده تقطیر در خلأ به‌عنوان خوراک فرایند کراکینگ کاتالیستی بستر سیال استفاده شود می‌بایست پیش از آن واحد تصفیه هیدروژنی قرار گیرد؛ چراکه کاتالیست آن نسبت به فلزات سنگین نظیر نیکل و وانادیم شدیداً حساس است (میزان فلزات سنگین در ته‌مانده‌های پالایشگاهی خصوصاً ته‌مانده خلأ بسیار بالاست). ظرفیت اسمی فرایندهای مختلف ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی ایران در نمودار ۸ ارائه شده است. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود بیشترین ظرفیت مربوط به فرایند ویسبریکینگ یا

جدول ۱. هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری فرایندهای ارتقای ته‌مانده‌های پالایشگاهی برای ظرفیت ۲۰ هزار بشکه در روز (ساحل خلیج مکزیک آمریکا، می ۲۰۱۷ - براساس تخمین مؤسسه IHS و Oil & Gas Journal) [۵]

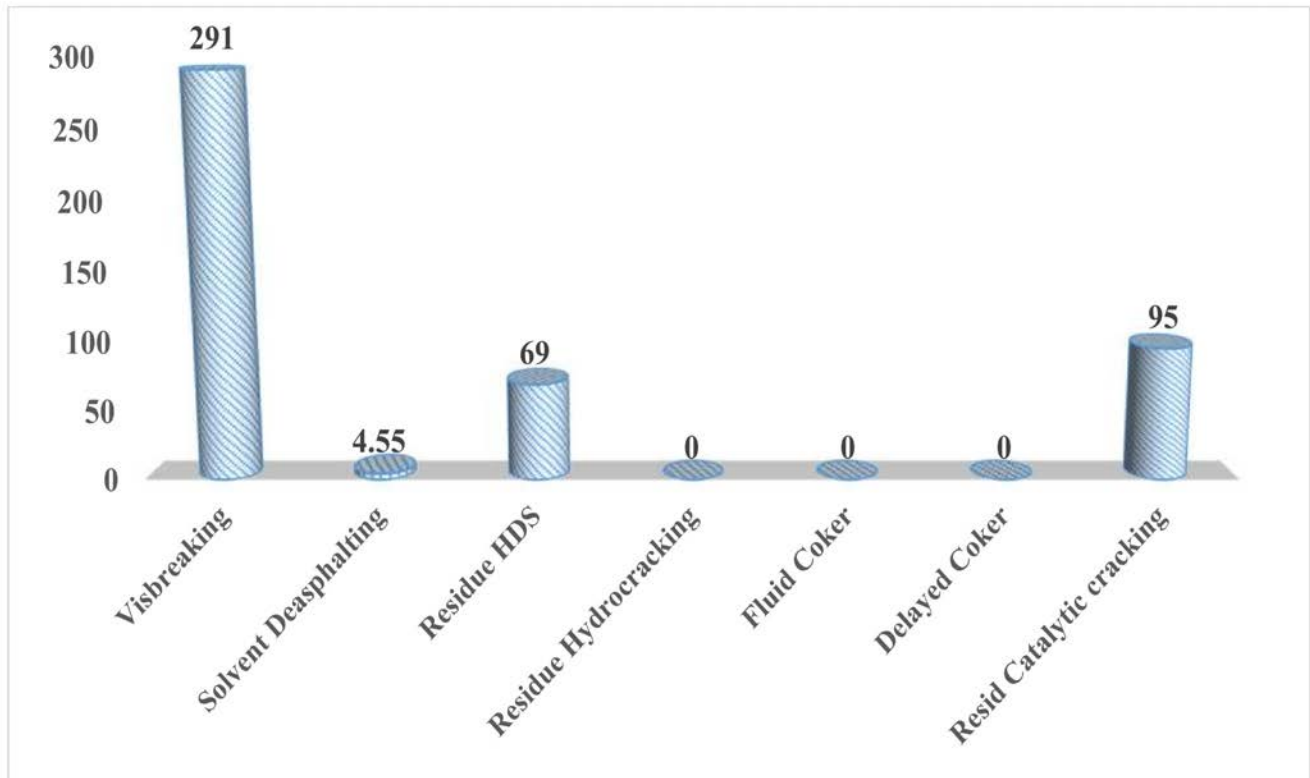
نام واحد	هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری (میلیون دلار آمریکا)
استخراج با حلال	۵۰
ویسبریکینگ	۷۵
کراکینگ کاتالیستی نفت گاز سنگین (FCC)	۱۴۰
کک‌سازی تأخیری	۱۷۰
کراکینگ کاتالیستی ته‌مانده‌ها (RFCC)	۲۲۰
تصفیه هیدروژنی	۲۵۰
هیدروکراکینگ	۳۸۵

جدول ۲. ضریب پیچیدگی نلسون فرایندهای ارتقای ته‌مانده‌های پالایشگاهی [۵]

نام واحد	ضریب پیچیدگی
استخراج با حلال	۱,۵
تصفیه هیدروژنی	۲,۵
ویسبریکینگ، کراکینگ حرارتی	۲,۷۵
کک‌سازی تأخیری	۶
کراکینگ کاتالیستی ته‌مانده‌ها	۶
هیدروکراکینگ	۶

طبق برآورد وزارت نفت برای ارتقای نفت کوره پالایشگاه‌ها با استفاده از فرایندهای فوق‌الذکر به حدود ۱۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری نیاز است. با اجرای کامل این طرح‌ها، میزان تولید نفت کوره به کمتر از ۱۰٪ نفت خام ورودی کاهش می‌یابد.

نمودار ۸. ظرفیت اسمی فرایندهای مختلف ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی
در ایران (هزار بشکه در روز) [۱۳]



تولید نفت کوره در جهان بر اساس نوع پالایشگاه و ظرفیت فرایندهای ارتقا

بخش داده‌های مربوط به سهم انواع مختلف پالایشگاه و میزان تولید نفت کوره در ۸۱ کشور استخراج شد. چهار نوع پالایشگاه Deep .Medium Conversion. Hydroskimming، Deep Conversion و Conversion (Coking) (Hydrocracking) به ترتیب در ۳۷، ۵۹، ۳۴ و ۸ کشور مورد استفاده قرار گرفته است و سهم آنها از ظرفیت پالایشی کل جهان به ترتیب ۷٪، ۴۴٪، ۴۵٪ و ۴٪ است. در آمریکا و چین که در سال ۲۰۱۵ یک سوم ظرفیت پالایشی جهان را به خود اختصاص داده‌اند، پالایشگاه‌ها عمدتاً از نوع کک‌سازی هستند. در مقایسه با آمریکا و چین، پالایشگاه‌های ژاپن، کره جنوبی، اروپا، خاورمیانه و روسیه عمدتاً از نوع کراکر یا Medium Conversion و همچنین از نوع Hydroskimming هستند. شاخص‌های مختلف در خصوص رابطه تولید نفت کوره و ظرفیت نسبی چهار نوع پالایشگاه در جدول ۳ ارائه شده است.

انواع پالایشگاه در مناطق مختلف جهان را می‌توان در چهار دسته کلی طبقه‌بندی کرد؛

1. Hydroskimming
2. Medium Conversion
3. Deep Conversion (Coking)
4. Deep Conversion (Hydrocracking)

پالایشگاه از نوع Hydroskimming علاوه بر واحدهای تقطیر، مجهز به واحدهای تصفیه هیدروژنی برش‌های سبک و میان تقطیر است. پالایشگاه از نوع Medium Conversion مجهز به واحدهای هیدروکراکینگ یا کراکینگ کاتالیستی بستر سیال است. پالایشگاه از نوع Deep Conversion (Coking) مجهز به واحد کک‌سازی و پالایشگاه از نوع Deep Conversion (Hydrocracking) مجهز به واحد هیدروکراکینگ ته‌مانده‌های اتمسفریک و خلأ است. در این



جدول ۳. رابطه تولید نفت کوره و ظرفیت نسبی چهار نوع پالایشگاه

ردیف	نوع پالایشگاه	احتمال همبستگی (R ^۲)	احتمال رد فرضیه H _۰ ^۱	ضریب همبستگی پیرسون ^۲
۱	Hydroskimming	۰,۱۹۴	۰,۹۹	+۰,۴۴ (رابطه مستقیم متوسط)
۲	Medium Conversion	۰,۰۰۴	-	بدون رابطه معنادار
۳	Deep Conversion (Coking)	۰,۰۸۴	۰,۹۹	-۰,۲۸۹ (رابطه معکوس ضعیف)
۴	Deep Conversion (Hydrocracking)	۰,۰۲۷	-	بدون رابطه معنادار

مأخذ: نگارنده.

تولید نفت کوره نسبت به ظرفیت نسبی چهار فرایند ویسبریکینگ، کک‌سازی تأخیری، تصفیه هیدروژنی - هیدروکراکینگ و RFCC - هر فرایند به‌طور مجزا - ترسیم و رگرسیون خطی همراه با آنالیز ANOVA استخراج و ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده است. داده‌های منطقه شمال آفریقا به دلیل نداشتن ظرفیت قابل توجه تقطیر در خلأ در نظر گرفته نشده است. ضمناً دو فرایند تصفیه هیدروژنی ته‌مانده‌ها و هیدروکراکینگ ته‌مانده‌ها با هم در نظر گرفته شده‌اند. در نهایت شاخص‌های مختلف در خصوص سه فرایند کک‌سازی تأخیری، RHDS+RHC و RFCC در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود بهترین شاخص‌ها از جمله کمترین هزینه ثابت احداث واحد، بالاترین ظرفیت در سطح دنیا، بزرگ‌ترین ضریب همبستگی پیرسون، بیشترین احتمال همبستگی و بالاترین احتمال رد فرضیه H_۰ به فرایند کک‌سازی تأخیری تعلق دارد و فرایند RFCC بعد از آن قرار می‌گیرد.

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان تولید نفت کوره با ظرفیت پالایشگاه‌های Hydroskimming رابطه مستقیم و با ظرفیت پالایشگاه‌های Coking رابطه معکوس دارد. در واقع با افزایش ظرفیت پالایشگاه‌های Hydroskimming، میزان تولید نفت کوره افزایش می‌یابد. ضمناً با افزایش ظرفیت پالایشگاه‌های Deep Conversion (Coking)، میزان تولید نفت کوره کاهش می‌یابد.

همچنین میزان تولید نفت کوره و ظرفیت فرایندهای ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی در مناطق مختلف جهان متفاوت است. به‌طور کلی هر چه ظرفیت فرایندهای ارتقا با درجه پیچیدگی بالاتر، بیشتر باشد میزان تولید نفت کوره کمتر خواهد بود.

برای برقراری رابطه کمی بین میزان تولید نفت کوره و ظرفیت فرایندهای مختلف ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی، در ۶ منطقه ایالات متحده آمریکا، اروپا، چین، هند، خاورمیانه و CIS درصد

جدول ۴. مقایسه رابطه میزان تولید نفت کوره و چهار فرایند ویسبریکینگ، کک‌سازی تأخیری، RFCC و RHDS+RHC

ردیف	نام فرایند	هزینه ثابت (واحد ۲۰ هزار بشکه در روز) MM\$	احتمال همبستگی (R ^۲)	احتمال رد فرضیه H _۰	ضریب همبستگی پیرسون	ظرفیت جهانی (۱۰۰۰ بشکه در روز) در سال ۲۰۲۰
۱	ویسبریکینگ	۷۵	۰,۴۴۸	۰,۹۵	۰,۶۶۹	۳۶۹۳
۲	کک‌سازی تأخیری	۱۷۰	۰,۵۹۳	۰,۹۹۹	-۰,۷۷	۷۹۸۲
۳	RFCC	۲۲۰	۰,۳۲۵	۰,۹۵۰	-۰,۵۷ (رابطه متوسط)	۴۸۸۷
۴	RHDS+RHC	۳۲۰	۰,۱۲۷	-	بدون رابطه در سطح معنادار	۳۳۳۱

۱. در استنباط آماری، فرض صفر، یک بیابیه کلی، یا جهت‌گیری پیش‌فرض است می‌گوید هیچ رابطه‌ای بین دو پدیده اندازه گرفته شده وجود ندارد، یا اینکه می‌گوید هیچ وابستگی بین گروه‌ها وجود ندارد. برای بررسی یک فرضیه، در آغاز فرض صفر را می‌پذیریم ولی با رد آن فرض مقابل را اثبات می‌کنیم.
۲. در مباحث آماری، ضریب همبستگی پیرسون، میزان همبستگی خطی بین دو متغیر تصادفی را می‌سنجد. مقدار این ضریب بین -۱ تا ۱ تغییر می‌کند که «۱» به معنای همبستگی مثبت کامل، «۰» به معنی نبود همبستگی، و «-۱» به معنی همبستگی منفی کامل است. این ضریب کاربرد فراوانی در آمار دارد.

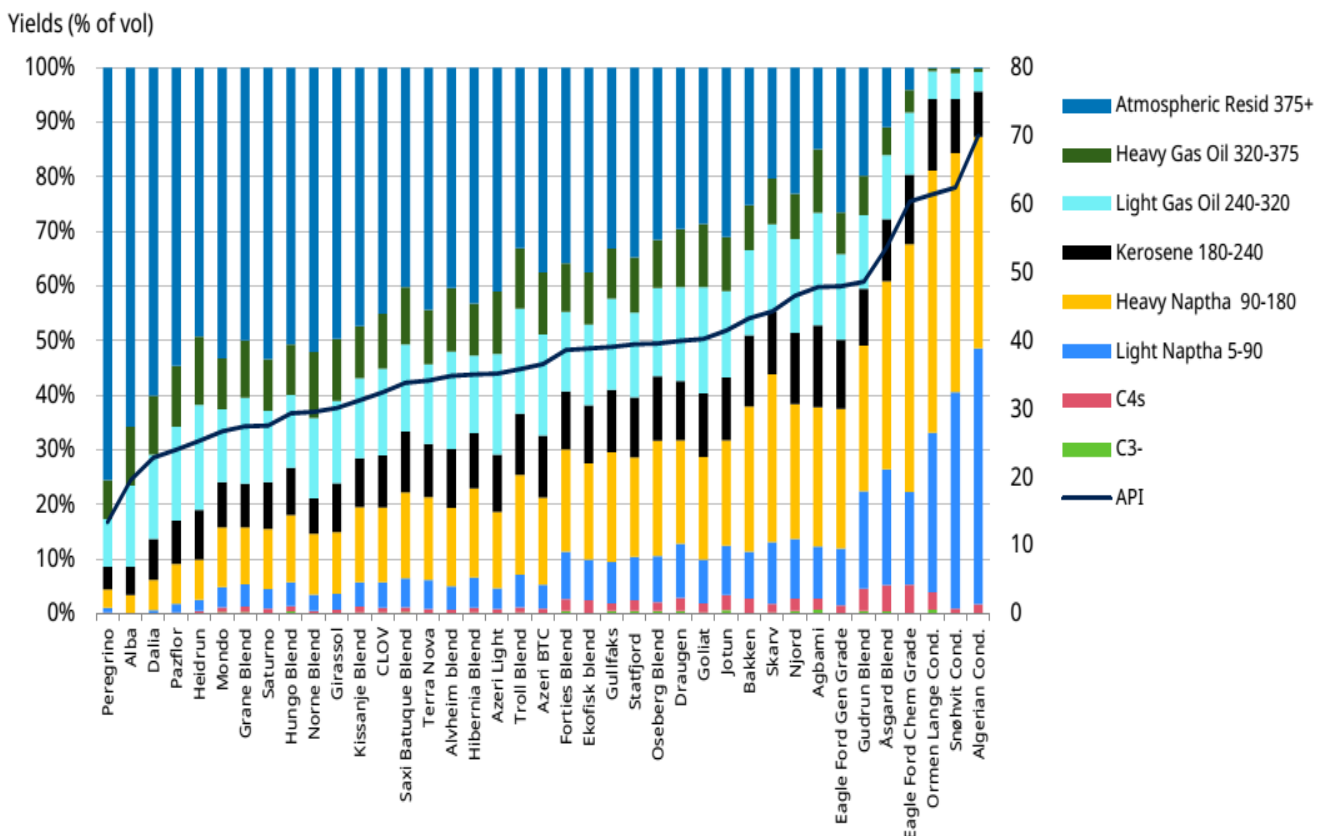
همان گونه که در جدول ۴ ملاحظه می شود، با افزایش ظرفیت واحدهای شکست گر انرژی میزان تولید نفت کوره نیز افزایش می یابد. این در حالی است که بیشترین ظرفیت ارتقا در ایران مربوط به فرایند ویسبریکینگ است. همچنین با افزایش ظرفیت واحدهای کک سازی، میزان تولید نفت کوره کاهش می یابد. از طرفی در حال حاضر ظرفیت واحدهای کک سازی تأخیری در ایران صفر است.

تولید نفت کوره در جهان بر اساس سبد نفت خام مصرفی پالایشگاهها

درجه API نفت در نمودار ۹ ارائه شده است. علاوه بر درجه API، ماهیت نفت خام اعم از پارافینیک، نفتنیک و یا آروماتیک نیز بر کیفیت و کمیت محصولات مؤثر است. همچنین بر اساس طبقه بندی شرکت ENI، انواع مختلف نفت خام را می توان در سه دسته کلی تقسیم بندی کرد: ۱. نفت سبک، ۲. نفت متوسط و ۳. نفت سنگین.

سبد نفت خام مصرفی پالایشگاهها از عوامل بسیار مهم و تأثیر گذار بر کمیت و کیفیت فراورده های تولیدی آنهاست. به طور کلی هر چه درجه API نفت خام کمتر باشد میزان تولید باقی مانده اتمسفریک آن بیشتر است و با افزایش درجه API، میزان تولید فراورده های سبک تر افزایش می یابد. بهره فراورده های مختلف مربوط به انواع نفت خام بر اساس

نمودار ۹. بهره فراورده های مختلف مربوط به انواع نفت خام بر اساس درجه API نفت [۹]



شاخص های مختلف در خصوص رابطه تولید نفت کوره نسبت به سهم چهار نوع نفت خام سبک، متوسط، سنگین و نفت اسیدی از سبد نفت خام مصرفی پالایشگاهها در جدول ۵ ارائه شده است. همان گونه که در این جدول مشاهده می شود، نفت متوسط رابطه مستقیم با تولید نفت کوره دارد.



جدول ۵. رابطه تولید نفت کوره نسبت به سهم چهار نوع نفت خام سبک، متوسط، سنگین و سنگین اسیدی از سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها

ردیف	نوع نفت خام مصرفی	احتمال همبستگی (R^2)	احتمال رد فرضیه H_0	ضریب همبستگی پیرسون
۱	نفت سبک	۰,۶۱۲	۰,۹۹	-۰,۷۸۶ (رابطه معکوس قوی)
۲	نفت متوسط	۰,۸۸۷	۰,۹۹	+۰,۹۴۲ (رابطه مستقیم بسیار قوی)
۳	نفت سنگین	۰,۱۳۹	۰,۹۹	-۰,۳۷۳ (رابطه معکوس ضعیف)
۴	نفت سنگین اسیدی	۰,۵۴۲	۰,۹۹	-۰,۷۳۶ (رابطه معکوس قوی)

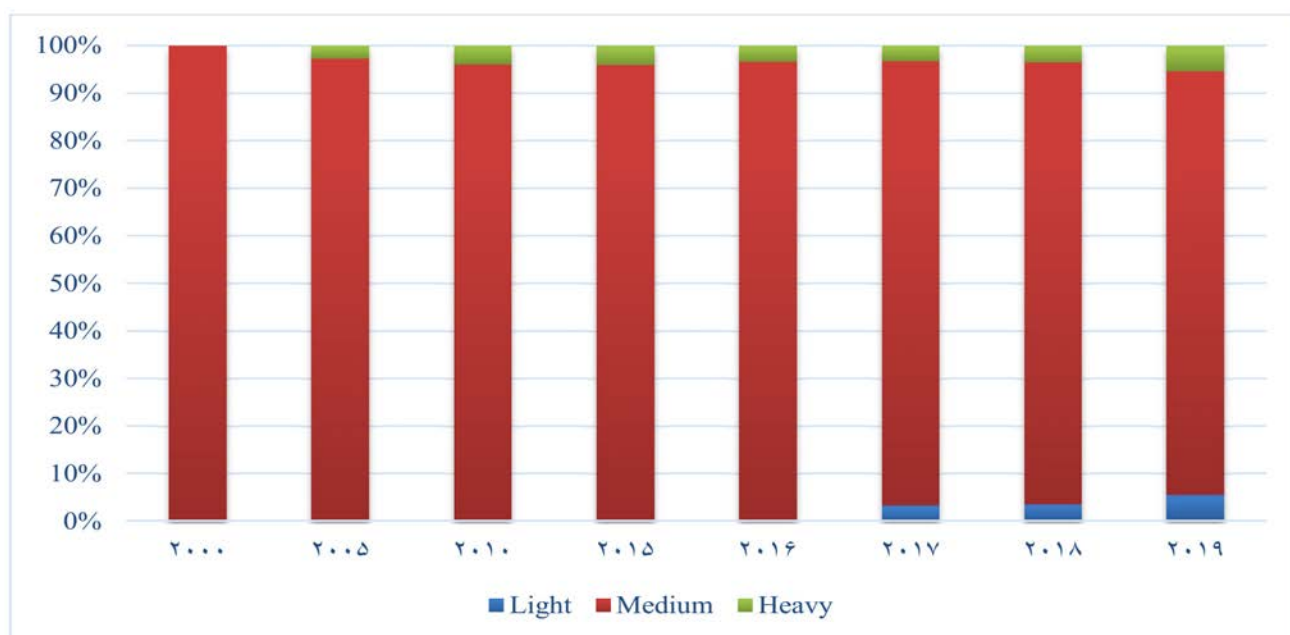
مأخذ: نگارنده.

دارد؛ این بدان علت است که در دنیا از دیرباز پالایشگاه‌هایی که نفت سنگین را فراورش می‌کنند، مجهز به واحد کک‌سازی تأخیری هستند که میزان تولید نفت کوره آن صفر است (پالایشگاه‌ها از نوع Deep Conversion-Coker).

علت اینکه بخش عمده سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌های ایران را نفت متوسط تشکیل می‌دهد بالا بودن میزان تولید نفت متوسط در کشور است. عمده ذخایر نفت خام ایران از نوع نفت متوسط هستند و طبیعی است که بخش عمده سبد نفت خام مصرفی آن از نوع متوسط باشد (نمودار ۱۰).

همچنین رابطه معکوس قوی بین سهم نفت سبک و میزان تولید نفت کوره وجود دارد؛ به نحوی که با افزایش سهم نفت سبک از سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها میزان تولید نفت کوره کاهش می‌یابد. این در حالی است که سهم نفت سبک از سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌های نفت خام ایران صرفاً ۶,۸۸٪ است. از طرفی رابطه مستقیم بسیار قوی بین سهم نفت متوسط و میزان تولید نفت کوره وجود دارد؛ بدین نحو که با افزایش سهم نفت متوسط از سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها میزان تولید نفت کوره نیز افزایش می‌یابد. در ایران ۹۲,۹٪ از سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌های نفت را نفت متوسط تشکیل می‌دهد. از سوی دیگر بین نفت سنگین و تولید نفت کوره رابطه معکوس وجود

نمودار ۱۰. تولید انواع نفت خام در ایران [۶]



سبد نفت خام مصرفی در پالایشگاه‌های نفت خام ایران در نمودار ۱۱ ارائه شده است.

نمودار ۱۱. سبد نفت خام مصرفی در پالایشگاه‌های ایران (۱۳۹۸) [۱۲]



مصرف می‌شود. عمده نفت خام مصرفی در پالایشگاه‌های ایران از نوع نفت متوسط است. این الگو تا حد زیادی منطبق بر الگوی خوراک مصرفی پالایشگاه‌های خاورمیانه و همچنین کشورهای مستقل مشترک‌المنافع است. پالایشگاه‌های کشورهای اروپایی به‌رغم اینکه همچون پالایشگاه‌های ایران از نوع کراکر هستند اما میزان تولید نفت کوره آنها نصف پالایشگاه‌های ایران است (حدوداً ۱۲٪)؛ زیرا ۵۰٪ سبد نفت خام مصرفی آنها از نوع نفت خام سبک است، این در حالی است که کمتر از ۷٪ سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌های ایران از نوع نفت خام سبک است.

همان‌گونه که در نمودار ۱۱ مشاهده می‌شود، میانگین سبد نفت خام مصرفی در پالایشگاه‌های ایران در سال ۱۳۹۸ مشتمل بر ۶۸،۸۸٪ نفت سبک، ۹۲،۹٪ نفت متوسط و ۰،۲۲٪ حجمی نفت سنگین است. سهم نفت سبک در سبد نفت خام مصرفی چهار پالایشگاه تهران، اصفهان، تبریز و اراک صفر یا نزدیک به صفر است. بیشترین سهم نفت سبک به ترتیب به پالایشگاه‌های کرمانشاه، لوان، آبادان و شیراز تعلق دارد. سهم نفت سبک از خوراک پالایشگاه بندرعباس کمتر از ۶٪ است. نفت سنگین صرفاً در پالایشگاه بندرعباس و آن هم به میزان جزئی (حدوداً ۱،۲۶٪)

راهکارهای کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران

۱. سبک‌سازی خوراک پالایشگاه‌های کشور با استفاده از میعانات گازی

مهم‌ترین راهکار سیاستی سریع‌الاجرا در راستای کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور، مدیریت سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌هاست. با سبک کردن سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها می‌توان میزان تولید نفت کوره را کاهش داد. در حال حاضر در ایران به‌طور متوسط ۷۳۰ هزار بشکه در روز میعانات گازی تولید می‌شود که می‌توان از آنها به‌عنوان خوراک برای اختلاط با نفت خام مصرفی در پالایشگاه‌ها استفاده کرد. از

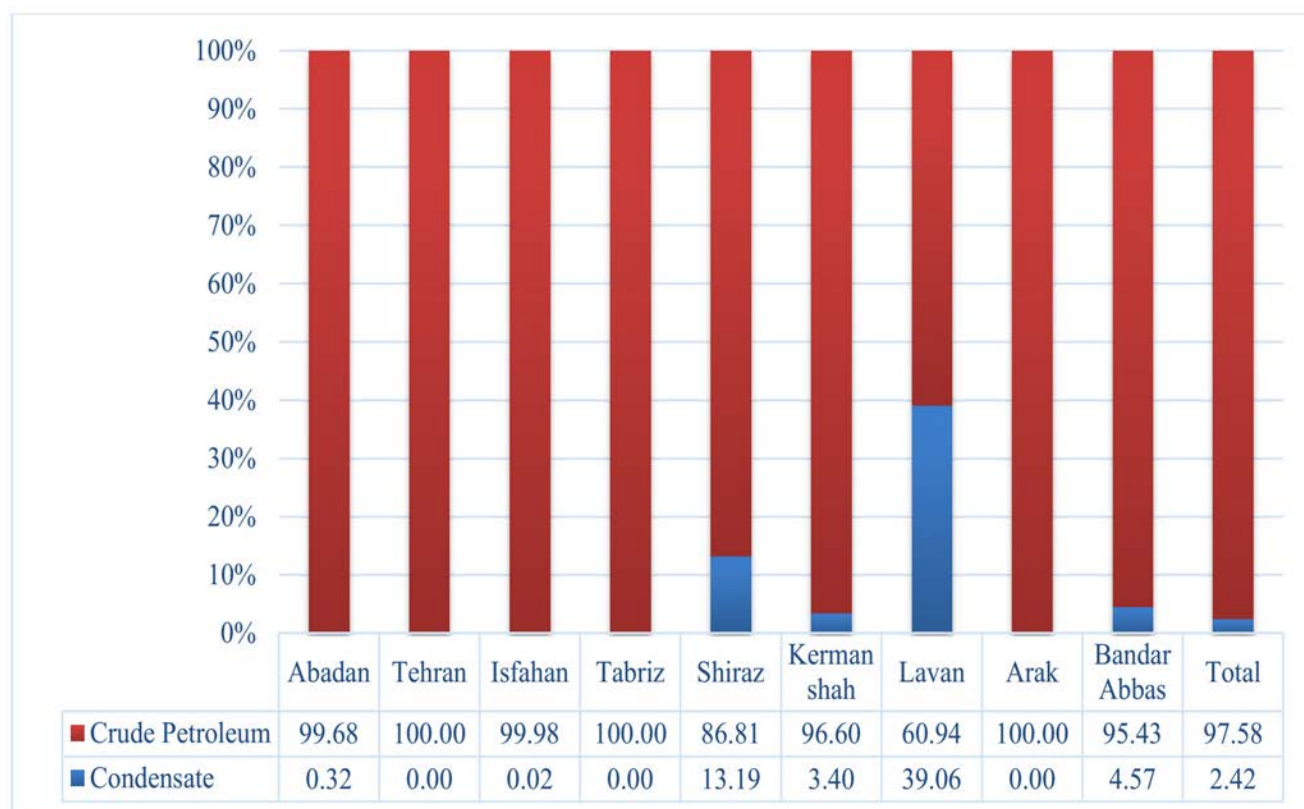
در بخش قبلی علل بالا بودن میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران از دو منظر ظرفیت فرایندهای ارتقا و همچنین سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها بررسی شد. در واقع بخشی از علل بالا بودن میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های ایران ریشه در تکنولوژی‌های ارتقای آنها و بخشی نیز ریشه در طبیعت نفت خام ایران دارد. در این بخش راهکارهای کاهش تولید نفت کوره از دو منظر تغییر سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها (راهکارهای ۱ و ۲) که سریع‌الاجراست و همچنین از منظر فناوری‌های ارتقای (راهکارهای ۳ و ۴) که بلندمدت است، ارائه خواهد شد.



در حال حاضر در دو پالایشگاه شیراز و بندرعباس میعانات گازی با نفت خام مخلوط می‌شود. در پالایشگاه لاوان یک واحد تقطیر مجزا برای میعانات گازی ساخته و راه‌اندازی شده است. سهم میعانات گازی از سبد خوراک مصرفی پالایشگاه‌های نفت خام در نمودار ۱۲ ارائه شده است.

۷۳۰ هزار بشکه، به‌طور متوسط روزانه ۱۵۰ هزار بشکه میعانات گازی مازاد در اختیار کشور است که با مدیریت و تخصیص آن به پالایشگاه‌ها می‌توان میزان تولید نفت کوره را کاهش داد. پالایشگاه‌های شیراز و لاوان نمونه‌های موفق این راهکار سیاستی هستند.

نمودار ۱۲. سهم میعانات گازی از سبد خوراک پالایشگاه‌های نفت خام ایران (۱۳۹۸) [۱۲]



خامی ppm ۲۱ است. همچنین میزان ترکیبات مرکاپتانی در میعانات کنگان (سیراف) ۱۴۴ppm است اما میزان تولید آن صرفاً ۶۴۳۰ بشکه در روز است. بخش عمده میعانات گازی تولیدی در کشور از میدان پارس جنوبی است. اما میزان مرکاپتان در میعانات گازی پارس جنوبی حداقل ppm ۱۷۰۰ است که یا صرفاً امکان اضافه کردن مقادیر کم از آن به خوراک نفت خام پالایشگاه‌ها وجود دارد یا اینکه می‌بایست قبل از اختلاط با نفت خام پالایشگاه‌ها، مرکاپتان‌زدایی شود. در حال حاضر واحد ۸۰ هزار بشکه‌ای مرکاپتان‌زدایی (DMC) از میعانات گازی در پالایشگاه گازی فاز ۲ و ۳ پارس جنوبی راه‌اندازی شده است؛ بنابراین امکان اختلاط آن با خوراک نفت خام پالایشگاه‌ها باید فراهم شود. اجرای این راهکار نیازمند هماهنگی بین معاونت برنامه‌ریزی وزارت نفت، شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های

همان‌گونه که در نمودار ۱۲ مشاهده می‌شود میعانات گازی به‌طور میانگین ۲,۴۲٪ از سبد خوراک مصرفی را در پالایشگاه‌های نفت خام ایران شامل می‌شود. بیشترین سهم از خوراک مربوط به پالایشگاه لاوان با ۳۹,۰۶٪ است که البته با نفت خام مخلوط نمی‌شود و جداگانه تفکیک می‌شود. بعد از آن پالایشگاه شیراز با ۱۳,۱۹٪ است که پس از اختلاط با نفت خام در برج تقطیر، تفکیک می‌شود. پالایشگاه بندرعباس هم با ۴,۵۷٪ در رتبه بعدی قرار دارد.

ملاحظات فنی در استفاده از میعانات گازی حائز اهمیت است. از جمله مهم‌ترین این ملاحظات، میزان ترکیبات مرکاپتانی در میعانات است که ترجیحاً نباید از ppm ۱۰۰ تجاوز کند. میعانات گازی با میزان مرکاپتان پایین به میزان کم در کشور تولید می‌شود. برای نمونه میزان مرکاپتان در میعانات مارون

خواستار است.

همچنین مزایای اقتصادی اجرای این راهکار در صورت اختلاط ۱۵٪ میعانات گازی با نفت خام در جدول ۶ ارائه شده است (اختلاط تا سقف ۱۵٪ با هدف به حداقل رساندن عملیات Revamp در پالایشگاه‌هاست).

نفتی، شرکت ملی نفت و شرکت ملی گاز است که همگی ذیل وزارت نفت می‌باشند. این در حالی است که ردیف دوم از بند «ق» تبصره «یک» قانون بودجه سال ۱۴۰۱ کل کشور نیز با مضمون «افزایش درصد میعانات گازی در خوراک پالایشگاه‌های نفتی کشور تا حد مجاز» انجام این امر مهم را از وزارت نفت

جدول ۶. ارزیابی فنی - اقتصادی اختلاط میعانات گازی با خوراک نفت خام پالایشگاه^۱

نام خوراک/محصول	قیمت (دلار در هر بشکه)	بهره محصولات بدون استفاده از میعانات گازی (%)	بهره محصولات در حالت اختلاط ۱۵٪ میعانات گازی و ۸۵٪ نفت خام (%)	تفاوت: افزایش یا کاهش محصولات (واحد درصد)
نفت خام	۱۰۰	۱۰۰	۸۵	-۱۵
میعانات گازی	۹۸,۰۷	۰	۱۵	+۱۵
گاز مایع	۸۶	۳,۸۲	۳,۸۵	+۰,۰۳
بنزین	۱۱۷,۷	۱۹,۰۴	۲۶,۷۲	+۷,۶۸
نفت سفید	۱۲۱,۷۱	۶,۱۷	۵,۴۷	-۰,۷
گازوئیل	۱۳۱,۹۱	۳۹,۱۴	۳۶,۸۶	-۲,۲۸
نفت کوره ^۲	۹۲,۲۷	۳۱,۸۳	۲۷,۱	-۴,۷۳
سود ناخالص (دلار در هر بشکه)		۱۴,۲	۱۵,۳۶	+۱,۱۶

مأخذ: نگارنده.

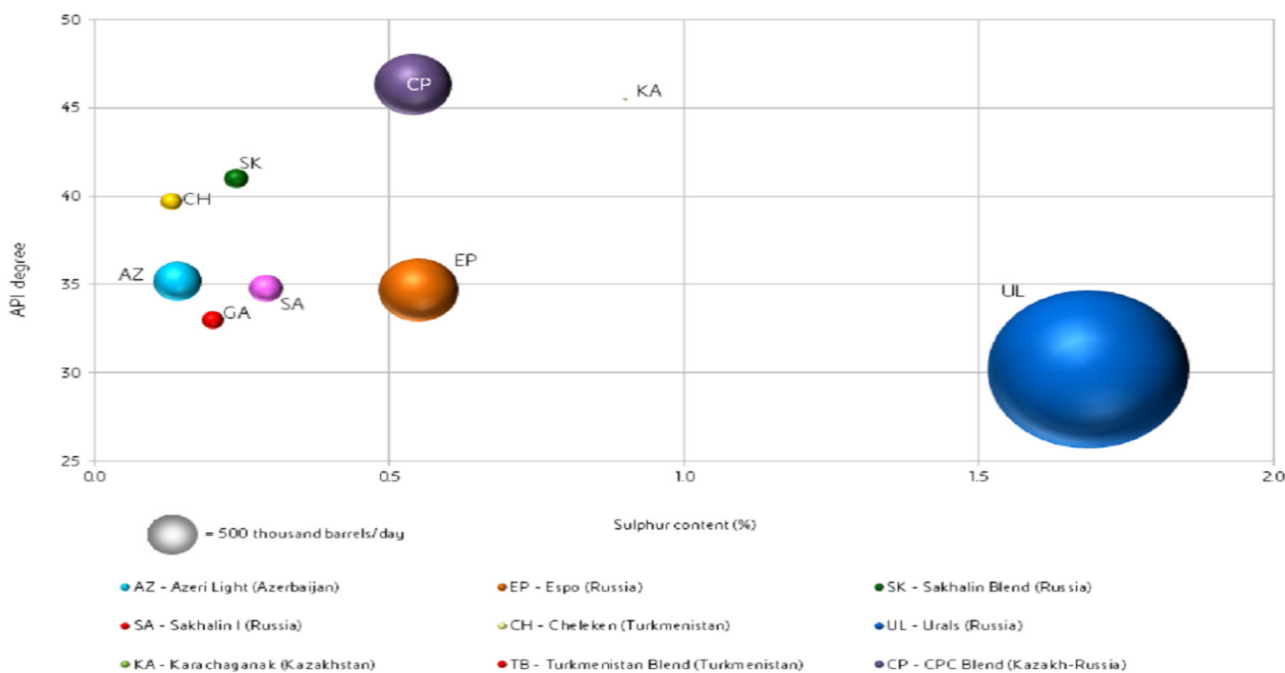
۲. سبک‌سازی خوراک پالایشگاه‌های کشور با استفاده از سوپ نفت خام سبک کشورهای CIS

سوپ نفت خام سبک از کشورهای حوزه CIS که مقادیر قابل توجهی نفت سبک تولید می‌کنند نیز می‌تواند از گزینه‌های پیش رو در راستای سبک‌سازی خوراک مصرفی پالایشگاه‌های نفت خام باشد. برخلاف نفت خام ایران که عمدتاً از نوع متوسط (Medium) است، نفت خام کشورهای آسیای میانه عمدتاً از نوع سبک (Light) است. نفت خام کشورهای آسیای میانه به دلیل کیفیت طبیعی آن نسبت به نفت خام ایران، گازوئیل و بنزین بیشتر و نفت کوره کمتری تولید می‌کند. در حال حاضر ۱۰۰٪ نفت خام تولیدی قزاقستان، ۹۶٪ نفت خام تولیدی جمهوری آذربایجان و ۴۵٪ نفت خام تولیدی ترکمنستان از نوع سبک است. روسیه نیز روزانه ۲۸۰ هزار بشکه در روز نفت سبک تولید می‌کند. ضمن آنکه بخش زیادی از نفت خام جمهوری آذربایجان را برش گازوئیل تشکیل می‌دهد که از آن می‌توان برای تأمین گازوئیل مورد نیاز نیروگاه‌ها در ماه‌های سرد سال استفاده کرد. نمودار ۱۳ انواع مختلف نفت خام تولیدی در کشورهای CIS را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود در صورت اختلاط ۱۵٪ میعانات گازی با خوراک نفت خام پالایشگاه‌ها، سهم نفت کوره ۴,۷۳٪ کاهش و سهم بنزین افزایش می‌یابد و همچنین سود ناخالص پالایشگاه به ازای هر بشکه ۱,۱۶ دلار در هر بشکه افزایش می‌یابد. ضمن آنکه بنا به اظهارات مسئولان وزارت نفت با توجه به روند فزاینده تقاضا برای بنزین، در سال ۱۴۰۱ عرضه و تقاضای بنزین برابر خواهد شد و لذا با توجه به روند طولانی احداث پالایشگاه‌های جدید (حداقل پنج سال)، از سال ۱۴۰۲ می‌بایست بنزین وارد کرد. این در حالی است که براساس جدول ۶، در صورت اختلاط ۱۵٪ میعانات گازی با سبد نفت خام پالایشگاه‌ها، میزان بنزین تولیدی ۷,۶۸٪ افزایش می‌یابد که در صورت تخصیص تمامی ۱۵۰ هزار بشکه میعانات گازی مازاد به پالایشگاه‌های نفت، روزانه ۱۲ میلیون لیتر به تولید بنزین کشور افزوده می‌شود.

۱. مبنای قیمت‌ها نشریه پلتس است [۷] و ۸.
۲. شامل وکیوم باتوم و قیر.

نمودار ۱۳. انواع نفت خام تولیدی در کشورهای حوزه CIS بر اساس درجه API و محتوای گوگرد [۶]



CPC (متعلق به کشورهای روسیه و قزاقستان) و تصفیه آن در پالایشگاه‌های کشور در جدول ۷ ارائه شده است.

همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود در صورت سواپ نفت خام CPC و تصفیه آن در پالایشگاه‌های کشور، میزان تولید نفت کوره ۱۹,۳۵٪ کاهش می‌یابد و همچنین سود ناخالص پالایشگاه به ازای هر بشکه ۱۲,۵۴ دلار در هر بشکه افزایش می‌یابد. براساس جدول ۷، در صورت سواپ نفت خام CPC و تصفیه آن در پالایشگاه‌های تهران و تبریز با مجموع ظرفیت ۳۵۰ هزار بشکه در روز، میزان بنزین تولیدی در این دو پالایشگاه ۱۹,۷۷٪ افزایش می‌یابد؛ از این رو روزانه ۱۱ میلیون لیتر به تولید بنزین کشور افزوده می‌شود.

با تغییر سبد نفت خام مصرفی تغییرات لازم یا Revamp می‌بایست در واحدهای غیرلیسانس همچون تقطیر در جو، تقطیر در خلاء، کاهش گرانی، گاز مایع، نمک‌زداها و بعضاً بازیافت گوگرد انجام شود. ترجیحاً بهتر است از نفت خام یا میعانات با میزان مرکاپتان بالا استفاده نشود؛ چراکه در این صورت باید واحدهای جدید تصفیه گاز مایع و نفتای سبک به منظور حذف مرکاپتان از آنها احداث شود. ضمن آنکه مسائل مربوط به خوردگی مرکاپتان‌ها نیز حائز اهمیت است. با اختلاط نفت سبک یا میعانات با خوراک نفت خام متوسط پالایشگاه‌ها، میزان تولید محصولات سبک نظیر LPG و نفتا افزایش یافته و میزان تولید محصولات سنگین نظیر نفت کوره کاهش می‌یابد.

براساس نمودار ۱۳ نفت خام Azeri Light جمهوری آذربایجان و مخلوط CPC متعلق به کشورهای قزاقستان و روسیه در زمره نفت‌های سبک هستند که در حجم بسیاری تولید می‌شوند. نفت Cheleken ترکمنستان نیز در زمره نفت‌های سبک است که به میزان کمی تولید می‌شود.

از سوی دیگر زیرساخت‌های انتقال نفت خام آسیای میانه از بندر نکا به داخل کشور فراهم است. خط لوله ۳۲ اینچ نکا-ری که با هزینه ۲۸۸۹,۵ میلیارد ریال در دهه هشتاد شمسی به بهره‌برداری رسید، امکان انتقال نفت خام آسیای میانه را با ظرفیت ۵۰۰ هزار بشکه در روز از نکا به ری و نهایتاً ارسال و تصفیه آن در دو پالایشگاه تهران و تبریز فراهم کرده است. معادل آن، نفت خام ایران از خارک یا جاسک به مقاصد صادراتی نفت خام کشورهای CIS صادر می‌شود. این خط لوله به‌رغم هزینه‌های زیاد احداث، در حال حاضر بلااستفاده است. نفت خام‌های پیشنهادی برای سواپ، شامل نفت مخلوط CPC که به کشورهای روسیه و قزاقستان تعلق دارد و همچنین نفت Azeri Light جمهوری آذربایجان است. اجرای این راهکار نیازمند هماهنگی بین معاونت امور بین‌الملل و بازرگانی وزارت نفت، شرکت ملی نفت و شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی است که همگی ذیل وزارت نفت است.

همچنین مزایای اقتصادی اجرای طرح سواپ نفت خام

پالایشگاه‌ها، در صورت استفاده از میعانات گازی میزان تولید محصولات سبک در مقایسه با نفت سبک CIS، بیشتر خواهد بود.
در خصوص نفت خام سبک کشورهای CIS علاوه بر میزان مرکاپتان می‌بایست نقطه ریزش آن حتماً مورد توجه قرار گیرد. نقطه ریزش^۱ بالا امکان انتقال نفت خام را در فصول سرد دچار مشکل می‌کند؛ چراکه به ماسیدن نفت در خط لوله منجر می‌شود.

بخشی از این محصولات سبک قابلیت جذب در واحدهای پایین‌دستی نظیر تصفیه هیدروژنی، رفرمینگ کاتالیستی و ایزومریزاسیون را برای افزایش کیفیت و اکتان‌افزایی خواهد داشت؛ اما ممکن است به دلیل محدودیت ظرفیت، مابقی به صورت نفتا ذخیره و فروخته شود. در نسبت‌های یکسان از اختلاط خوراک جدید سبک - اعم از نفت سبک CIS یا میعانات مرکاپتان‌زدایی شده داخلی - با خوراک متداول

جدول ۷. ارزیابی فنی - اقتصادی سوپ‌نفت خام CPC و تصفیه آن در پالایشگاه‌های کشور^۲

نام خوراک / محصول	قیمت (دلار در هر بشکه)	بهره محصولات با نفت خام ایران (%)	بهره محصولات با نفت خام CPC (%)	تفاوت: افزایش یا کاهش محصولات (واحد درصد)
نفت خام ایران	۱۰۰	۱۰۰	۰	-۱۰۰
نفت خام CPC	۹۱,۸۵	۰	۱۰۰	+۱۰۰
گاز مایع	۸۶	۳,۸۲	۳,۷۸	-۰,۰۴
بنزین	۱۱۷,۷	۱۹,۰۴	۳۸,۸۱	+۱۹,۷۷
نفت سفید	۱۲۱,۷۱	۶,۱۷	۱۰,۹۹	+۴,۸۲
گازوئیل	۱۳۱,۹۱	۳۹,۱۴	۳۳,۹۴	-۵,۲
نفت کوره ^۳	۹۲,۲۷	۳۱,۸۳	۱۲,۴۸	-۱۹,۳۵
سود ناخالص (دلار در هر بشکه)		۱۴,۲	۲۶,۷۴	+۱۲,۵۴

مأخذ: نگارنده.

در مجموع اجرای طرح سبک‌سازی سبد نفت خام پالایشگاه‌ها می‌تواند ۲۳ میلیون لیتر تولید بنزین کشور را افزایش دهد که معادل بنزین تولیدی یک پالایشگاه ۵۸۰ هزار بشکه‌ای نفت خام است (با فرض بهره بنزین معادل ۲۵٪) که برای احداث آن به ۱۱,۵ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری نیاز است.

۳. تغییر رویکرد در انتخاب فناوری و تکمیل طرح‌های مصوب ارتقا

اگر راهکارهای بلندمدت وزارت نفت را مدنظر قرار دهیم، از فرایندهای مختلفی که می‌توان برای ارتقای ته‌مانده‌های سنگین پالایشگاهی و کاهش تولید نفت کوره استفاده کرد، گران‌ترین فرایند، تکنولوژی هیدروکراکینگ ته‌مانده‌هاست که عمدتاً برای تولید دیزل سبک و سنگین به کار می‌رود.

گفتنی است راهبرد سبک‌سازی سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها سال‌هاست که کشورهای اروپایی دنبال می‌کنند و به همین علت است که به‌رغم اینکه پالایشگاه‌های اروپا همچون پالایشگاه‌های ایران از نوع کراکر است، اما میزان تولید نفت کوره آنها حدوداً ۵۰٪ کمتر از میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های ایران است. اروپا از نفت دریای شمال، نفت شیل آمریکا، نفت شمال آفریقا و نفت دریای خزر برای سبک‌سازی سبد نفت خام پالایشگاه‌های خود استفاده می‌کند. میزان واردات نفت خام سبک پالایشگاه‌های اروپا صرفاً از کشورهای پیرامون دریای خزر نظیر جمهوری آذربایجان و قزاقستان بالغ بر ۱,۵ میلیون بشکه در روز است. در حال حاضر با توجه به بحران اوکراین، صادرات نفت خام روسیه و همچنین نفت CPC (روسیه - قزاقستان) به اروپا دچار مشکل شده است؛ بنابراین فرصت مناسبی برای سوپ‌نفت CPC را ایران به بازارهای جدید نظیر هند فراهم می‌کند که به تقویت دیپلماسی انرژی کشور نیز کمک خواهد کرد.

۱. نقطه ریزش یک مایع، پایین‌ترین دمایی است که در آن مایع تحت شرایط تعیین شده روان و جاری می‌شود.
۲. مبنای قیمت‌ها نشریه پلتس است [۷] و [۸].
۳. شامل وکیوم باتوم و قیر.



۲۰٪ کک سوختی تولید می‌کند که قیمت پایینی داشته و داخل کشور هم تقاضایی ندارد. لذا سناریوی اول مبتنی بر فرایند هیدروکراکینگ ته‌مانده‌ها در اولویت است.

۴. تأمین مالی پروژه‌های ارتقای نفت کوره

در مورد تأمین مالی پروژه‌های ارتقای نفت کوره، براساس ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب سال ۱۳۸۹ دولت مکلف شده است با استفاده از منابع حاصل از صادرات نفت کوره مازاد بر مصرف داخلی و سایر راه‌های تأمین منابع مالی مانند فاینانس، مشارکت بخش خصوصی یا استفاده از منابع عمومی در راستای کاهش تولید این ماده اقدام کند. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود سهمی از صادرات نفت کوره در قوانین بودجه سنواتی به پروژه‌های ارتقای پالایشگاه‌های دولتی و نیز ارتقای تکنولوژی و تکمیل زنجیره پالایش نفت خام کشور اختصاص یابد. البته شایان ذکر است در حال حاضر منابع هدفمندی از محل صادرات نفت کوره یا در بخش شرکت‌ها برای هزینه انتقال، توزیع و فروش فرآورده‌های نفتی صرف می‌شود (که البته کفاف هزینه شرکت‌ها را نمی‌دهد) یا در بخش سایر پرداخت‌ها برای تأمین یارانه‌ها صرف می‌شود؛ لذا باید در راستای اجرای ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی و حفظ تراز بودجه تدبیری اندیشیده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تخفیف خوراک واحدهای پالایشی منوط به تخصیص بخشی از سود سالیانه خود به پروژه‌های ارتقا و کیفی‌سازی با اولویت کاهش نفت کوره شود. این حکم در قوانین بودجه سنواتی پیشین مطرح شده و مورد اخیر آن در بند «ر» تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۲ آمده است که نیاز است این سازوکار از طریق سایر قوانین مربوط نظیر قانون برنامه توسعه هفتم دائمی شود. همچنین همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، براساس بند «ق» از تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۱ کل کشور، وزارت نفت مجاز بوده است با سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی نسبت به موارد ذیل اقدام کند:

۱. احداث واحدهای گوگردزدایی در پالایشگاه‌های نفتی به‌منظور کاهش درصد گوگرد نفت کوره؛ پرداخت هزینه احداث این واحدها از محل افزایش نرخ خرید نفت کوره تولیدی صورت می‌پذیرد.
۲. افزایش درصد میعانات گازی در خوراک پالایشگاه‌های نفتی کشور تا حد مجاز.

برای احداث یک واحد هیدروکراکینگ ته‌مانده‌ها با ظرفیت ۲۰ هزار بشکه در روز به ۳۸۵ میلیون دلار سرمایه‌گذاری نیاز است. نظر به اینکه میزان فلزات سنگین در ته‌مانده‌های پالایشگاه‌های ایران زیاد است، لذا از تکنولوژی RFCC به‌تنهایی نمی‌توان استفاده کرد. بنابراین احداث و استفاده هم‌زمان از دو فرایند تصفیه هیدروژنی ته‌مانده‌ها (گوگردزدایی) و RFCC می‌تواند گزینه دیگری باشد. واحد گوگردزدایی هم‌اکنون در پالایشگاه اراک موجود است و در پالایشگاه اصفهان نیز در حال احداث است و در پالایشگاه تهران نیز مصوب شده؛ اما پیشرفت فیزیکی آنها ناچیز است. براساس ردیف اول از بند «ق» تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۱ کل کشور وزارت نفت مجاز است با سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی نسبت به احداث واحدهای گوگردزدایی در پالایشگاه‌های نفتی به‌منظور کاهش درصد گوگرد نفت کوره اقدام کند. اجرای این ردیف از بند «ق» نقش مهمی در تأمین نفت کوره تصفیه شده با گوگرد کمتر از ۵،۰٪ مورد نیاز نیروگاه‌های برق در ماه‌های سرد سال دارد که باید با جدیت پیگیری شود و مازاد آن نیز می‌تواند به صادرات و بانکینگ کشتی‌ها تخصیص یابد. البته در پالایشگاه‌های مذکور و در بلندمدت می‌بایست واحدهای RFCC^۱ برای تبدیل نفت کوره تصفیه شده به بنزین و پروپیلن احداث شود؛ ضمن آنکه طرح‌های اولیه ارتقا در این پالایشگاه‌ها علاوه بر احداث واحدهای گوگردزدایی، شامل احداث واحدهای RFCC نیز بوده است.

همچنین می‌توان به‌جای احداث واحد تصفیه هیدروژنی، از فرایند استخراج با حلال استفاده کرد و با ترکیب دو فرایند استخراج با حلال (SDA) و FCC/RFCC که هزینه احداث آنها کمتر بوده (جدول ۱) و تأمین‌کنندگان فناوری آن بیشتر و متنوع‌تر هستند و پیچیدگی آنها نیز به‌مراتب کمتر است، علاوه بر تولید بنزین، بخشی از نیاز کشور به پروپیلن را نیز برطرف کرد.

همچنین در خصوص طرح در دست احداث پالایشگاه ۳۰۰ هزار بشکه‌ای شهید سلیمانی، دو سناریو برای ارتقای نفت کوره آن در نظر گرفته شده است؛ سناریوی اول مبتنی بر واحد هیدروکراکینگ ته‌مانده‌ها (VCC) و سناریوی دوم مبتنی بر کک‌سازی تأخیری است. سناریوی هیدروکراکینگ ته‌مانده‌ها (VCC) صرفاً ۳،۵٪ ته‌مانده سنگین تولید می‌کند؛ اما سناریوی کک‌سازی حداقل

۱. RFCC: کراکینگ کاتالیستی ته‌مانده‌ها.



راهکار سیاستی هستند. سوپا نفت خام سبک از کشورهای حوزه CIS که مقادیر قابل توجهی نفت سبک تولید می‌کنند نیز می‌تواند از گزینه‌های پیش رو در راستای سبک‌سازی خوراک مصرفی پالایشگاه‌های نفت خام باشد. نفت خام کشورهای آسیای میانه به دلیل کیفیت طبیعی آن نسبت به نفت خام ایران، گازوئیل و بنزین بیشتر و نفت کوره کمتری تولید می‌کند.

در مورد تأمین مالی به‌عنوان مهم‌ترین چالش و مسئله پروژه‌های ارتقای پالایشگاهی و بهبود کیفیت نفت کوره، براساس ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب سال ۱۳۸۹ دولت مکلف شده است با استفاده از منابع حاصل از صادرات نفت کوره مازاد بر مصرف داخلی و سایر راه‌های تأمین منابع مالی مانند فاینانس، مشارکت بخش خصوصی یا استفاده از منابع عمومی در راستای کاهش تولید این ماده اقدام کند. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود سهمی از صادرات نفت کوره در قوانین بودجه سنواتی به پروژه‌های ارتقای پالایشگاه‌های دولتی و نیز ارتقای تکنولوژی و تکمیل زنجیره پالایش نفت خام کشور اختصاص یابد. البته شایان ذکر است در حال حاضر منابع هدفمندی از محل صادرات نفت کوره یا در بخش شرکت‌ها برای هزینه انتقال، توزیع و فروش فرآورده‌های نفتی صرف می‌شود (که البته کفاف هزینه شرکت‌ها را نمی‌دهد) یا در بخش سایر پرداخت‌ها برای تأمین یارانه‌ها صرف می‌شود؛ لذا باید در راستای اجرای ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی و حفظ تراز بودجه تدبیری اندیشیده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود تخفیف خوراک واحدهای پالایشی منوط به تخصیص بخشی از سود سالیانه خود به پروژه‌های ارتقا و کیفی‌سازی با اولویت کاهش نفت کوره شود. این حکم در قوانین بودجه سنواتی پیشین مطرح شده و مورد اخیر آن در بند «ر» تبصره «۱» قانون بودجه سال ۱۴۰۲ آمده است که نیاز است این سازوکار از طریق سایر قوانین مربوط نظیر قانون برنامه هفتم توسعه تثبیت شود.

طبق ماده (۵۹) قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۱۳۸۹، دولت مکلف شد با کاهش حداقل ۲ درصد نفت کوره، ظرف ۱۵ سال میزان تولید نفت کوره را به حداکثر ۱۰٪ نفت خام تحویلی به پالایشگاه‌ها کاهش دهد. ضمناً در جزء «۲» بند «الف» ماده (۴۴) برنامه ششم توسعه، دولت مکلف شده است تسهیلات لازم برای ایجاد ظرفیت پالایش مقدار دو میلیون و هفتصد هزار بشکه در روز نفت خام و میعانات گازی با ضریب پیچیدگی بالا توسط بخش غیردولتی را به‌نحوی برنامه‌ریزی و اجرا کند تا ترکیب تولید فرآورده آنها اساساً به محصولات سبک‌تر و میان‌تقطیر اختصاص یابد و سهم نفت کوره در الگوی پالایش از ۱۰ درصد بیشتر نشود. اما بعد از گذشت ۶ تا ۱۲ سال از تصویب این قوانین، میانگین سهم تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور حدود ۲۳٪ باقی مانده است؛ ضمن آنکه اکثر پالایشگاه‌های نفت خام کشور برای کاهش تولید نفت کوره، صرفاً میزان تولید و کیوم باتوم و قیر را افزایش داده‌اند. در کل میزان تولید کل محصولات ته‌مانده سنگین شامل نفت کوره، و کیوم باتوم و قیر در هشت سال اخیر صرفاً از ۳۱،۱۴٪ به ۲۹،۱۲٪ کاهش یافته است. از طرفی طبق برآورد وزارت نفت، برای ارتقای کیفی و کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌ها نیاز به حدود ۱۰ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری است. در این گزارش علل بالا بودن میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام ایران از دو منظر ظرفیت فناوری‌های ارتقا و همچنین سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها بررسی شد. در واقع بخشی از علل بالا بودن میزان تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های ایران ریشه در فناوری‌های ارتقا و عدم اجرای پروژه‌های مرتبط با آنها و بخشی نیز ریشه در طبیعت نفت خام ایران دارد.

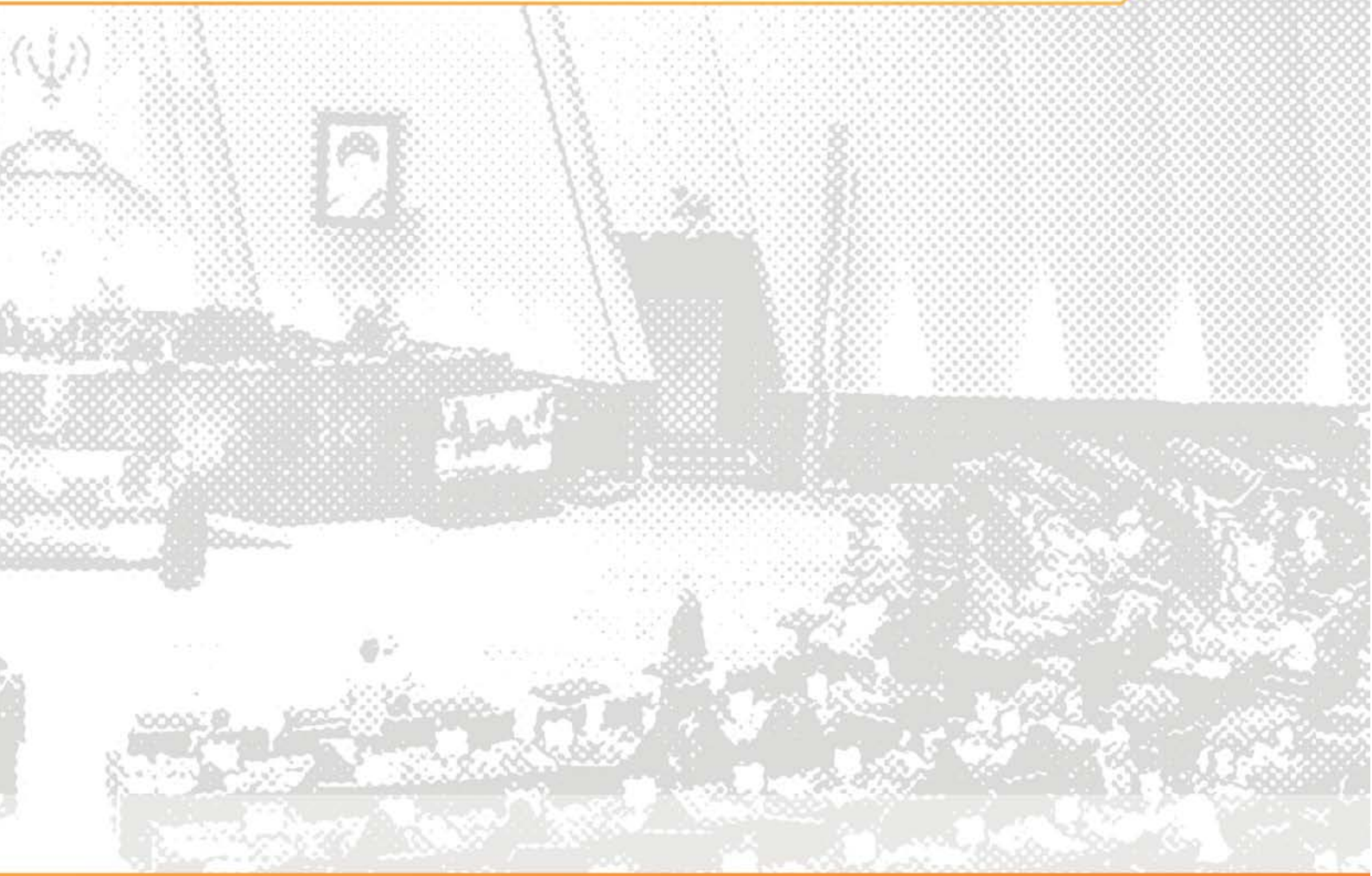
مهم‌ترین راهکار سیاستی با قابلیت اجرای سریع در راستای کاهش تولید نفت کوره در پالایشگاه‌های نفت خام کشور، سبک‌سازی سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌هاست. با سبک کردن سبد نفت خام مصرفی پالایشگاه‌ها به کمک میعانات گازی می‌توان میزان تولید نفت کوره را کاهش داد. پالایشگاه‌های شیراز و لاوان نمونه‌های موفق این



منابع و مآخذ



۱. قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، ۱۳۸۹.
۲. قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه اقتصادی، ۱۳۹۶.
۳. قانون بودجه سال ۱۴۰۱ کل کشور.
4. Platts Bunkerwire, 2018-2020.
5. Petroleum Refining Technology and Economics, James H. Gary, 2007.
6. ENI World Energy Review, 2021.
7. Platts APAG, 2022.
8. Platts COM, 2022.
9. IMO 2020 – Short-term implications for the oil market, Felix Odey and Mark Lacey, Schrodgers Commodities team, August 2018.
10. Dead end approaches for highsulfur fuels, Arthur D Little, April 2018.
11. www.shipandbunker.com
۱۲. گزارش عملکرد شرکت ملی پالایش و پخش، ۱۳۹۰-۱۴۰۰.
13. Refinery Capacities, World Petrochemicals, SRI Consulting.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وبسایت: rc@majles.ir