

## بررسی آلاینده‌گی و مصرف سوخت با کاربرد مخلوط MTBE و بنزین در خودروها

مهرداد معینی شاد، پیرزاده، معصومه فرخنده کواکی، فاطمه گودرزوند چگینی  
پژوهشگاه صنعت نفت، مرکز استاندارد و تحقیقات انرژی

### چکیده

سه دستگاه خودروی پراید، پژو GLX ۴۰۵ و پیکان (هرسه کاربوراتوری) بر روی دستگاه دینامومتر شناسی، با استفاده از سیکل رانندگی استاندارد اروپا و ضمن کاربرد سوخت های بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین از نقطه نظر انتشار آلاینده های منواکسید کربن (CO)، هیدروکربن های نسوخته (HC) و اکسید های ازت (NO<sub>x</sub>) و همچنین مصرف سوخت مورد آزمایش و بررسی قرار گرفتند.

در خودروی پراید کاربرد سوخت های حاوی MTBE تاثیر نسبتاً خوبی در کاهش آلاینده منواکسید کربن (۱۵-۲۲٪) و تا حدودی هیدروکربن های نسوخته (۲-۱۰٪) داشت و مقدار اکسیدهای ازت افزایش (۵-۲۰٪) یافت. مصرف سوخت اندازه گیری شده این خودرو در تمام حالات آزمایش با استفاده از سوخت های حاوی MTBE افزایش جزئی (در حدود ۱-۳٪) نسبت به بنزین معمولی بدون سرب از خود نشان داد.

کاربرد سوخت های مخلوط ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین در خودروی پژو GLX ۴۰۵، تاثیر قابل توجهی در کاهش آلاینده های منواکسید کربن (۲۹٪) و هیدروکربن های نسوخته (۱۸-۲۰٪) نسبت به بنزین معمولی بدون سرب داشت و میزان اکسیدهای ازت انتشار یافته افزایش (۸-۱۵٪) پیدا نمود.

بررسی نتایج اندازه گیری مصرف سوخت در این خودرو نیز در تمام موارد، ضمن کاربرد سوخت های حاوی MTBE، بیانگر افزایش مختصری نسبت به بنزین معمولی بدون سرب بود.

نتایج آزمایشات انجام شده در خودروی پیکان نیز همانند دو خودروی فوق الذکر مبین کاهش آلاینده های منواکسید کربن (۶/۵-۹/۵٪) و هیدروکربن های نسوخته (۵-۱۳٪)، افزایش آلاینده اکسیدهای ازت (۷-۱۱٪) و افزایش مختصری در مصرف سوخت (در حدود ۱-۳٪) این خودرو می باشد.

## Consideration of Pollution and Fuel Consumption in Vehicles Fuelled with "MTBE – Gasoline Blends"

M.Moeini Shad and Y.Pirzadeh, M.Farkhondeh kavaki and F.Goodarzvand Chegini  
Research Institute of Petroleum Industry  
P.O. Box 18745 – 4163, Tehran, Iran  
Email: moeinishadm@ripi.ir

### ABSTRACT

Three types of vehicles, Pride, Peugeot 405 GLX and Paykan were tested from the Point of view of exhaust emissions (CO, HC, NO<sub>x</sub>) and fuel consumption, on chassis dynamometer running European Standard driving cycle with three kinds of fuels, MTBE free Unleaded Regular Gasoline (URG) as base fuel and 10 and 15 volume percent MTBE – Gasoline blends as comparable Fuels.

Utilizing MTBE blended fuels in Pride had relatively positive effects due to CO (15-22%) and HC (2-10%) emissions reduction in this vehicle and the amount of NO<sub>x</sub> (5-20%) increased. Measured fuel consumption of this vehicle in all situations of tests (running standard driving cycle and different constant speeds running) with MTBE contained fuels showed little increase (1-3%) compared to URG.

*Fuelling of Peugeot 405 GLX with 10 and 15 volume percent MTBE –Gasoline blends resulted in considerable reduction of CO (29%) and HC(18-20%) compared to the use of URG and the amount of NO<sub>x</sub>(8-15%) increased.*

*Fuel consumption in this vehicle with MTBE blended fuels also slightly increased compared to URG.*

*Tests done in Paykan like two before mentioned vehicles, resulted in CO(6.5-9.5) and HC (5-13%) reduction, NO<sub>x</sub>(7-11%) increase and slight increase of fuel consumption(1-3%).*

## مقدمه

تولید مواد شیمیایی آلی در کشور آمریکا، در سال ۱۹۷۰ در جای سی و نهم و در سال ۱۹۹۸ در رده چهارم قرار داشت. به دلیل نشت از مخازن ذخیره سازی و یا ریخت و پاش بنزین های حاوی MTBE، چون این ماده در آب محلول است و به آسانی تجزیه بیولوژیکی نمی شود می تواند به طرز فزاینده ای در آب های سطحی و منابع آبی شناسایی شود. بدین سبب، یعنی مشاهده MTBE در منابع آبی، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا<sup>۲</sup> (EPA) در سال ۱۹۹۹ کاهش اساسی استفاده از MTBE در بنزین را توصیه کرد و در ماه دسامبر همین سال برد منابع هوایی ایالت کالیفرنیا<sup>۳</sup> (CARB) فاز سه قوانین مربوط به بنزین های RFG<sup>۴</sup> را که در آن باید از فرمولاسیون بنزین مخلوط با MTBE بعد از ۳۱ دسامبر سال ۲۰۰۳ جلوگیری به عمل آید مورد تأیید قرار داد [۲].

### سوخت های اکسیژنه

در پی کشف مضرات بنزین های حاوی ترکیبات سرب، دانشمندان به فکر حذف سرب از فرمولاسیون بنزین و جایگزینی آن با مواد مناسب تری افتادند. ترکیبات مزبور باید قادر باشند تا ضمن بالا بردن عدد اکتان بنزین، از میزان انتشار آلاینده های ناشی از سوخت در خودروها نیز بکاهند. مناسب ترین مواد بدین منظور ترکیبات اکسیژنه هستند که در ساختمان خود اتم اکسیژن دارند. ترکیبات اکسیژنه برای اولین بار در سال ۱۹۰۷ میلادی از واکنش اتری کردن کاتالیستی اولفین ها با الکل ها به دست آمدند. این ترکیبات به سه صورت مورد استفاده قرار می گیرند [۳]:

مصرف روز افزون بنزین موتور توسط خودروها در دنیا و اثرات سوء زیست محیطی ناشی از کاربرد ترکیبات سرب (TEL) در آن، محققان را بر آن داشت تا به منظور افزایش کیفیت سوخت و کاهش آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و پر ترافیک، ماده ای جایگزین (TEL) سازند که توسط آن هم عدد اکتان سوخت افزایش یابد و هم مشکل زیست محیطی ناشی از احتراق ناقص سوخت کنترل شود. بدین منظور پس از سالها تحقیق، ماده اکسیژنه MTBE به عنوان جایگزین مناسبی برای TEL تشخیص داده شد. این ماده معمولاً توسط مجتمع های پتروشیمی، طی واکنش متانول با ایزوبوتیلن تولید و در اختیار پالایشگاه ها قرار می گیرد. افزودن MTBE به بنزین موتور علاوه بر ارتقاء عدد اکتان سبب احتراق کامل تر سوخت می شود. استفاده از MTBE در بنزین از سال ۱۹۸۵ به سرعت هم زمان با کاهش روز افزون کاربرد سرب در بنزین موتور، رشد و توسعه یافت. طی سالهای دهه ۱۹۹۰ نشان داده شد که سوخت های اکسیژنه و به خصوص MTBE در کاهش انتشار برخی آلاینده ها به ویژه آلاینده منواکسید کربن مثر مثر هستند. پی بردن به این موضوع مبنایی برای اجرای برنامه های جدید در زمینه کاربرد MTBE در بنزین موتور بود [۱].

MTBE یکی از اعضای گروه مواد شیمیایی موسوم به "اکسیژنه ها"<sup>۱</sup> است که مقدار اکسیژن موجود در بنزین موتور را افزایش می دهد. MTBE به مقادیر بسیار زیاد در دنیا تولید شده (به عنوان مثال به میزان بالای ۲۰۰،۰۰۰ بشکه در روز در کشور آمریکا، در سال ۱۹۹۹) و عمدتاً به عنوان یک ماده افزودنی به بنزین موتور مورد استفاده قرار می گیرد. MTBE در رده بندی

<sup>۱</sup>)Environmental

<sup>۲</sup>)California Air Resources Board

<sup>۳</sup>)Reformulated Gasoline

<sup>۱</sup>)Oxygenates

الف : به تنهایی به عنوان سوخت موتور خودروها استفاده می شوند ، مانند اتانول .  
 ب : به صورت ماده افزودنی به بنزین موتور به کار می رود ، مانند استفاده از MTBE در بنزین .  
 ج : ممکن است مخلوطی از ترکیبات اکسیژنه به کار رود، مانند استفاده از مخلوط MTBE و ETBE در بنزین .  
 به طور کلی سوخت های اکسیژنه به سوخت هایی اطلاق می شود که اولاً حاوی ترکیبات اکسیژنه بوده و ثانیاً عدد اکتان بالایی داشته باشند . ترکیبات اکسیژنه به دو دسته کلی الکل ها ( مانند متانول ، اتانول ، ایزوپروپانول و ترشیری بوتیل الکل ) و اترها ( مانند متیل ترشیری بوتیل اتر ( MTBE ) و اتیل ترشیری بوتیل اتر (ETBE) تقسیم می شوند.  
 میزان اکسیژن در بنزین ( بر حسب درصد وزنی) در اکثر کشورهای اروپایی ۲/۷ درصد، در آمریکا ۲ تا ۳/۵ درصد، در کانادا

۲/۷ درصد ، در ژاپن ۱/۲ درصد (فقط توسط کاربرد MTBE)، در اندونزی ۱/۸ درصد (فقط با استفاده از MTBE) و ... می باشد[۲]. در مشخصات سوخت اروپا، استانداردهای Euro 3 (سال ۲۰۰۰) و Euro 4 (سال ۲۰۰۵) حداکثر میزان استفاده از اترهای با ۵ اتم کربن و بالاتر ( از جمله MTBE)، ۱۵ درصد حجمی در نظر گرفته شده است [۴].  
 دو مشکل اصلی میزان استفاده از ترکیبات اکسیژنه را در بنزین موتور و در نواحی که ناوگان خودروهای آن ها برای کاربرد بنزین های هیدروکربنی متداول طراحی شده است محدود می سازد [۲]:  
 ۱- اثر رقیق کردن شیمیایی (Chemical Leaning Effect) ناشی از وجود مقدار اکسیژن در ترکیب اکسیژنه.  
 ۲- احتمال تأثیر سوء بر مواد سیستم سوخت رسانی خودرو.  
 بنزین های حاوی مواد اکسیژنه در خودروهای مدرنی که مجهز به سیستم های کنترل موتور و تنظیم نسبت هوا -سوخت هستند به

**جدول ۱- مقایسه برخی خواص MTBE و بنزین موتور**

Property	MTBE	Gasoline
Formula	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> -C <sub>12</sub>
Molecular Weight	88.15	100-105
Composition, weight%	Carbon	
Hydrogen	68.1	85-88
Oxygen	13.7	12-15
	18.2	0
Specific gravity , at 15.6 °C	0.744	0.72-0.78
Density , kg/m <sup>3</sup> 15.6 °C	742	719-779
Boiling temperature °C	55	27-225
Reid vapor pressure , Psi(KPa)	7.8(53.8)	8-15(55.2-103.4)
Water Solubility , at 21 °C		
Fuel in Water , Volume%	4.3	Negligible
Water in Fuel , Volume%	1.4	Negligible
Viscosity, Centipoise at 20 °C	0.35	0.37-0.44
at -20 °C	0.6	0.6-0.77
Flash point, closed cup , °C	-25.6	-42.8
Auto ignition temperature, °C	435	257
Flammability Limits , Volume %		
Lower	1.6	1.4
Higher	8.4	7.6
Latent heat of vaporization		
KJ/ Lit at 15.6 °C	240.55	251(approx.)
KJ/Kg at 15.6 °C	321	349(approx.)
Heating Value , Lower(KJ/kg)	(35123)	(41868-44194)
(Liquid fuel-water vapor)		
Btu / lb	15100	18000-19000
Btu / gal( KJ/ Lit) at 15.6 °C	93500(26061.5)	109000-119000(30382-33169)
Stoichiometric air-fuel ratio	11.7	14.7

(Weight)		
----------	--	--

اندازه گیری مصرف سوخت خودروها با سوخت های مورد آزمایش نیز به صورت وزنی و با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتالی در سرعت های ثابت ۵۰ ، ۷۰ و ۹۰ کیلومتر در ساعت به انجام رسید.

در جداول ۳ تا ۱۴ نتایج نهایی اندازه گیری آلاینده‌گی و مصرف سوخت خودروهای فوق الذکر ملاحظه می شود. هیدروکربن های نسوخته (HC)، اکسیدهای ازت (NO<sub>x</sub>) و منواکسید کربن (CO) آلاینده هایی هستند که در گازهای خروجی از اگزوز اندازه گیری و میزان آن ها در خودروهای فوق الذکر مورد مقایسه قرار گرفته است.

### لوازم و تجهیزات اصلی مورد استفاده

- ۱- آنالایزر FTIR مدل REGA ۷۰۰۰ ساخت نیکولت آمریکا برای اندازه گیری غلظت گازهای خروجی از اگزوز خودروها.
- ۲- نمونه گیر حجم ثابت مدل ۳۰۲
- (Constant Volume Sampler, CVS)، ساخت شرکت اسکات آمریکا برای جمع آوری نمونه های گاز اگزوز رقیق شده با هوا در کیسه های مخصوص.
- ۳- دینامومتر شاسی مدل ۵۰-CTE ، ساخت شرکت کلیتون آمریکا برای مشابه سازی عملکرد خودرو در جاده.
- ۴- ترازوی دیجیتالی، ساخت شرکت توزین الکتریک ایران برای اندازه گیری مصرف سوخت خودرو.

خوبی عمل می نمایند. این گونه بنزین ها ممکن است در خودروهای کاربراتوری و انژکتوری فاقد سیستم های کنترل موتور، باعث بروز برخی مشکلات در عملکرد موتور شوند زیرا سبب می گردند تا نسبت مخلوط هوا - سوخت بیش از حد بالا برود [۲].

### خواص فیزیکی و شیمیایی MTBE

در جدول ۱ برخی خواص MTBE و بنزین مورد مقایسه قرار گرفته اند.

### روش انجام آزمایش ها

به منظور بررسی آلاینده‌گی و میزان مصرف سوخت مخلوط MTBE و بنزین (مقایسه آن با بنزین بدون سرب معمولی فاقد MTBE) از سه دستگاه خودروی کاربراتوری با فراوانی زیاد و رایج در کشور: پژو ۴۰۵GLX و پیکان استفاده شد. به منظور دقت در ثبت نتایج ، آزمایشات با هر نوع سوخت و با هر خودرو به تعداد لازم تکرار شد تا متوسط نتایج حاصل مورد بررسی قرار داده شوند.

سنجش میزان گازهای آلاینده خروجی از اگزوز خودروها با سوخت های مورد آزمایش با استفاده از سیکل رانندگی استاندارد اروپا و به توسط دینامومتر شاسی، دستگاه نمونه گیر حجم ثابت (CVS) و آنالایزر FTIR صورت گرفت.

### جدول ۲- نتایج آزمایش های اکتان انجام شده بر روی نمونه ها

عدد اکتان (RON)	مشخصه
	نمونه
۸۳/۳	بنزین پایه
۸۶/۳	بنزین پایه + ۵ Vol% MTBE
۸۷/۴	بنزین پایه + ۱۰ Vol% MTBE
۹۱	بنزین پایه + ۱۵ Vol% MTBE
۹۲/۶	بنزین پایه + ۲۰ Vol% MTBE
۸۷	بنزین بدون سرب معمولی (بدون MTBE)

### نحوه آماده

#### سازی و مشخصات سوخت ها

سوخت های مورد استفاده در انجام آزمایش های اندازه گیری میزان آلاینده‌گی و مصرف سوخت، مخلوط های MTBE و بنزین پایه بدون سرب پالایشگاه تهران بودند که با بنزین معمولی بدون سرب و بدون MTBE (تولید پالایشگاه تهران) مورد مقایسه قرار گرفتند. بدین منظور نمونه هایی حاوی ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵ درصد حجمی MTBE در بنزین پایه ساخته و آزمایش اندازه گیری عدد اکتان تحقیقی (RON) بر روی این نمونه ها انجام شد که نتایج مربوطه در جدول ۲ ملاحظه می شود.

با توجه به این که مخلوط ۵ درصد حجمی MTBE در بنزین از نظر عدد اکتان به حد استاندارد شرکت ملی نفت ایران (RON:۸۷) نرسید و در ضمن استفاده از مخلوط ۲۰ درصد حجمی MTBE در بنزین به علت بیش از حد بالا بردن نسبت هوا به سوخت ورودی به موتور و ایجاد اختلال در کارکرد آن معمول نبوده و حداکثر میزان متداول MTBE در مخلوط با بنزین ۱۵ درصد حجمی می باشد لذا سوخت های مورد استفاده برای انجام آزمایشات اندازه گیری آلاینده‌گی و مصرف سوخت، مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین انتخاب شدند که به همراه بنزین بدون سرب معمولی (فاقد MTBE) برای مقایسه، در خودروهای پراید، پژو GLX ۴۰۵ و پیکان مورد استفاده قرار گرفتند.

#### بررسی نتایج اندازه گیری آلاینده‌گی و مصرف سوخت در خودروهای مورد آزمایش

اصولاً بنزین

های حاوی ترکیبات اکسیژنه (نظیر MTBE) به دلیل وجود اکسیژن در ساختمان ملکول آن ها سبب می گردند تا نسبت واقعی مخلوط هوا- سوخت (A/F) زیاد شود. این اثر رقیق کنندگی (Leaning Effect) باعث می شود تا آلاینده های CO

و HC منتشر شده از خودرو کاهش یافته و آلاینده NO<sub>x</sub> تغییر زیادی نداشته و یا افزایش یابد. پی بردن به تأثیر ترکیبات اکسیژنه در کاهش انتشار آلاینده های CO و HC ناشی از خودروها اهمیت استفاده از آن ها را بیشتر نموده و در برخی کشورها تعیین یک حداقل مقدار برای کاربرد آن ها به صورت قانون در آمده است.

در ارتباط با مصرف سوخت، به دلیل پایین تر بودن ارزش حرارتی MTBE نسبت به بنزین موتور (جدول ۱) و در نتیجه پایین تر بودن ارزش حرارتی بنزین های حاوی این ماده اکسیژنه نسبت به بنزین موتور معمولی، انتظار می رود که اقتصاد سوخت (Fuel Economy) در خودروهایی که از این گونه سوخت ها استفاده می کنند کاهش یافته و مصرف سوخت آن ها افزایش یابد.

باید بدین نکته اشاره کرد که مطالب فوق در مورد خودروهایی صادق است که طراحی موتور آن ها جدید بوده و نسبت هوا - سوخت آن ها در سمت رقیق (Lean) قرار داشته باشد. نسبت هوا به سوخت تأثیر مهمی بر عملکرد موتور خودروها از نظر آلاینده‌گی و مصرف سوخت دارد و اکنون فشارهایی که به منظور کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوای ناشی از خودروها بر سازندگان

این وسایل اعمال می گردد همگی به سمت طراحی موتورهایی با استفاده از نسبت های بالای هوا به سوخت (Lean) می باشد. میزان آلاینده های CO,HC و NO<sub>x</sub> انتشار یافته از بنزین معمولی بدون سرب و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین در جدول ۳ و مقایسه آلاینده های منتشره از سوخت های حاوی MTBE نسبت به بنزین معمولی بدون سرب در جدول ۴ مشاهده می شود.

### ۱- خودروی پراید آلاینده

جدول ۳- میزان آلاینده های انتشار یافته از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین در خودروی پراید بر حسب ( گرم بر تست)

سوخت آلاینده	بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE)	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین
هیدروکربن های نسوخته (HC)	۵/۵۳	۵/۳۷	۴/۹۳
منواکسید کربن (CO)	۴۶/۳۴	۳۹/۰۲	۳۵/۸۹
اکسیدهای ازت (NO <sub>x</sub> )	۱۱/۵۹	۱۲/۱۸	۱۳/۸۶

جدول ۴ - مقایسه آلاینده های انتشار یافته از سوخت های مخلوط ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین با بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) در خودروی پراید

سوخت	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین
درصد کاهش / افزایش* در آلاینده		
هیدروکربن های نسوخته (HC)	-۲/۸۹%	-۱۰/۸۵%
منواکسید کربن (CO)	-۱۵/۸%	-۲۲/۵۵%
اکسیدهای ازت (NO <sub>x</sub> )	۵/۰۹%	۱۹/۶%

\* (-) کاهش و (+) افزایش

بنزین و در جدول ۶ مقایسه مصرف سوخت در این خودرو با استفاده از سوخت های حاوی MTBE نسبت به بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE ) ملاحظه می شود .

به علت کمتر بودن ارزش حرارتی MTBE نسبت به بنزین موتور، ارزش حرارتی بنزین های حاوی این ماده اکسیژنه در مقایسه با بنزین های موتور معمولی ( بدون MTBE ) پائین تر بوده و انتظار می رود که مصرف سوخت خودروهایی که از این گونه سوخت ها استفاده می نمایند افزایش یابد.

نتایج حاصله مؤید آن است که برآیند ارزش حرارتی و خاصیت رقیق کنندگی (Leaning Effect) بنزین های حاوی MTBE منجر به افزایش مختصری (در حدود % ۳-۱) در میزان مصرف سوخت این خودرو شده است.

با دقت در جداول ۳ و ۴ ملاحظه می شود که استفاده از سوخت های حاوی MTBE تأثیر خیلی خوبی در کاهش آلایندگی منواکسید کربن (% ۲۲-۱۵ کاهش ) و تا حدودی هیدروکربن های نسوخته (% ۱۰-۲ کاهش ) داشته و در این بین اکسیدهای ازت (در حدود % ۲۰-۵) افزایش یافته است. تاثیرات فوق همان گونه که قبلاً" بدان اشاره شد به دلیل خاصیت رقیق کنندگی (Leaning Effect) سوخت های حاوی MTBE به واسطه وجود اکسیژن در ساختمان ملکول آن است که سبب می گردد تا نسبت واقعی هوا - سوخت (A/F) زیاد شود.

### مصرف سوخت

در جدول ۵ نتایج اندازه گیری میزان مصرف سوخت در خودروی پراید با استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE ) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در

**جدول ۵ - نتایج اندازه گیری میزان مصرف سوخت در خودروی پراید با استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE ) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین بر حسب (km/100 Lit)**

مخلوط ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE )	سوخت مصرف سوخت در:
۷/۳۶	۷/۳۴	۷/۲۰	طی سیکل رانندگی
۳/۵۹	۳/۵۴	۳/۵۱	سرعت ثابت ۵۰ km/h
۴/۵۳	۴/۴۹	۴/۴۰	سرعت ثابت ۷۰ km/h
۵/۸۹	۵/۸۳	۵/۷۱	سرعت ثابت ۹۰ km/h

**جدول ۶ - مقایسه مصرف سوخت در خودروی پراید، ضمن استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE ) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین**

مخلوط ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	سوخت درصد کاهش / افزایش * در مصرف سوخت نسبت به بنزین معمولی
۲/۲۲%	۱/۹۴%	طی سیکل رانندگی
۲/۲۸%	۰/۸۵%	سرعت ثابت ۵۰ km/h

سرعت ثابت ۷۰ km/h	۲/۰۴%	۲/۹۵%
سرعت ثابت ۹۰ km/h	۲/۱%	۳/۱۵%

\* (-) کاهش و (+) افزایش

## ۲- خودروی پژو GLX ۴۰۵

### آلاینده‌گی

های نسوخته (% ۲۰-۱۸ کاهش) داشته و اکسید های ازت در حدود (% ۱۵-۸ افزایش) یافته است.

تأثیرات مشاهده شده که قبلاً نیز ذکر آن به میان آمد به دلیل خاصیت رقیق‌کنندگی سوخت های حاوی MTBE است که باعث می شود تا نسبت واقعی هوا - سوخت بالا رفته و در نتیجه آلاینده های CO و HC کاهش و NO<sub>x</sub> افزایش یابد.

### مصرف سوخت

در جدول ۹ نتایج اندازه گیری میزان مصرف سوخت در خودروی پژو GLX ۴۰۵ با استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین و در جدول ۱۰ مقایسه مصرف سوخت در این خودرو ضمن کاربرد سوخت های حاوی MTBE نسبت به بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) مشاهده می شود.

مقدار آلاینده های CO, HC و NO<sub>x</sub> منتشر شده از بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین در خودروی پژو GLX ۴۰۵ در جدول ۷ و مقایسه آلاینده های انتشار یافته از سوخت های حاوی MTBE نسبت به بنزین معمولی بدون سرب در این خودرو در جدول ۸ ملاحظه می شود. مشاهده می شود که در این خودرو کاربرد سوخت های حاوی MTBE تأثیر قابل توجهی در کاهش آلاینده های منو اکسید کربن (% ۲۹ کاهش) و هیدرو کربن

## جدول ۷- میزان آلاینده های انتشار یافته از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵

درصد حجمی MTBE در بنزین در خودروی پژو GLX ۴۰۵ بر حسب (گرم بر تست)

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ در صد حجمی MTBE در بنزین	بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE)	سوخت آلاینده
۳/۵۰	۳/۵۶	۴/۳۸	هیدروکربن های نسوخته (HC)
۲۷/۳۴	۲۷/۳۹	۳۸/۶۶	منواکسید کربن (CO)
۷/۷۸	۸/۲۴	۷/۱۶	اکسیدهای ازت (NO <sub>x</sub> )

## جدول ۸ - مقایسه آلاینده های انتشار یافته از سوخت های مخلوط ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین با بنزین

معمولی بدون سرب (بدون MTBE) در خودروی پژو GLX ۴۰۵

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	سوخت درصد کاهش / افزایش* در آلاینده
-۲۰/۰۹%	-۱۸/۷%	هیدروکربن های نسوخته (HC)
-۲۹/۲۸%	-۲۹/۱%	منواکسید کربن (CO)
۸/۶۶%	۱۵/۱%	اکسیدهای ازت (NO <sub>x</sub> )

(-) کاهش و (+) افزایش

**جدول ۹- نتایج اندازه گیری میزان مصرف سوخت در خودروی پژو GLX ۴۰۵ با استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE ) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین بر حسب (km/۱۰۰/Lit)**

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE )	سوخت مصرف سوخت در:
۱۳/۸۹	۱۳/۷۶	۱۳/۳۵	طی سیکل رانندگی
۸/۴۸	۸/۴۲	۸/۱۷	سرعت ثابت ۵۰ km/h
۹/۸۰	۹/۶۷	۹/۴۸	سرعت ثابت ۷۰ km/h
۱۰/۹۴	۱۰/۹۰	۱۰/۷۲	سرعت ثابت ۹۰ km/h

**جدول ۱۰- مقایسه مصرف سوخت در خودروی پژو GLX ۴۰۵ ، ضمن استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE ) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین**

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	سوخت درصد کاهش / افزایش* در مصرف سوخت نسبت به بنزین معمولی
۴/۰۴%	۳/۰۷%	طی سیکل رانندگی
۳/۷۹%	۳/۰۶%	سرعت ثابت ۵۰ km/h
۳/۳۷%	۲%	سرعت ثابت ۷۰ km/h
۲/۰۵%	۱/۶۸%	سرعت ثابت ۹۰ km/h

\* (-) کاهش و (+) افزایش

### ۳- خودروی پیکان

#### آلاینده‌گی

میزان آلاینده های HC ، CO و NO<sub>x</sub> انتشار یافته از بنزین معمولی بدون سرب و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین در جدول ۱۱ و مقایسه آلاینده های منتشره از سوخت های حاوی MTBE نسبت به بنزین معمولی بدون سرب در جدول ۱۲ مشاهده می شود.

همان گونه که قبلاً بدان اشاره شد ارزش حرارتی بنزین های حاوی ماده اکسیژنه MTBE در مقایسه با بنزین های موتور معمولی ( بدون MTBE ) پائین تر بوده و به همین سبب انتظار این است که مصرف سوخت خودروهایی که از سوخت های مزبور استفاده می کنند افزایش یابد. بررسی نتایج به دست آمده حاکی از آن است که در این خودرو نیز برآیند ارزش حرارتی و خاصیت رقیق کنندگی (Leaning Effect) بنزین های حاوی MTBE ، افزایش اندکی را در مصرف سوخت در بر داشته است.

**جدول ۱۱-میزان آلاینده های انتشار یافته از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین در خودروی پیکان بر حسب ( گرم بر تست)**

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ در صد حجمی MTBE در بنزین	بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE)	سوخت آلاینده
۴/۹۲	۵/۳۶	۵/۶۸	هیدروکربن های نسوخته (HC)
۱۱۴/۹۲	۱۱۸/۷۰	۱۲۷/۰۷	منواکسید کربن (CO)
۵/۵۲	۵/۳۳	۴/۹۵	اکسیدهای ازت (NO <sub>x</sub> )

**جدول ۱۲ - مقایسه آلاینده های انتشار یافته از سوخت های مخلوط ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین با بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE) در خودروی پیکان**

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰ درصد حجمی MTBE در بنزین	سوخت درصد کاهش / افزایش* در آلاینده
-۱۳/۳۸	-۵/۶۳	هیدروکربن های نسوخته (HC)
-۹/۵۶	-۶/۵۸	منواکسید کربن (CO)
۱۱/۵۱	۷/۶۷	اکسیدهای ازت (NO <sub>x</sub> )

\* (-) کاهش و (+) افزایش

**مصرف سوخت** با دقت درجداول و به دلایلی که قبلاً ذکر آن ها به میان آمد، استفاده از سوخت های حاوی MTBE سبب کاهش آلاینده های منواکسید کربن (% ۹/۵ - ۶/۵ کاهش) و هیدروکربن های نسوخته (% ۱۳-۵ کاهش) گردیده و اکسیدهای ازت در حدود (% ۱۱-۷ افزایش) داشته است.

در جدول ۱۳ نتایج اندازه گیری میزان مصرف سوخت در خودروی پیکان با استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین و درجدول ۱۴ مقایسه مصرف سوخت دراین خودرو با استفاده از سوخت های حاوی MTBE نسبت به بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) ملاحظه می شود.

**جدول ۱۳- نتایج اندازه گیری میزان مصرف سوخت در خودروی پیکان با استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) و مخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین بر حسب (Lit/۱۰۰km)**

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰درصد حجمی MTBE در بنزین	بنزین معمولی بدون سرب ( بدون MTBE )	سوخت مصرف سوخت در:
۱۲/۴۵	۱۲/۳۳	۱۲/۱	طی سیکل رانندگی
۷/۶۳	۷/۵۳	۷/۴۲	سرعت ثابت ۵۰ km/h
۸/۵۹	۸/۴۹	۸/۳۷	سرعت ثابت ۷۰ km/h
۹/۲۸	۹/۱۷	۹/۰۴	سرعت ثابت ۹۰ km/h

**جدول ۱۴- مقایسه مصرف سوخت در خودروی پیکان، ضمن استفاده از سوخت های بنزین معمولی بدون سرب (بدون MTBE) ومخلوط های ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی MTBE در بنزین**

مخلوط ۱۵ در صد حجمی MTBE در بنزین	مخلوط ۱۰درصد حجمی MTBE در بنزین	سوخت درصد کاهش / افزایش* در مصرف سوخت نسبت به بنزین معمولی
۲/۸۹	۱/۹۰	طی سیکل رانندگی
۲/۸۳	۱/۴۸	سرعت ثابت ۵۰ km/h
۲/۶۳	۱/۴۳	سرعت ثابت ۷۰ km/h
۲/۶۵	۱/۴۴	سرعت ثابت ۹۰ km/h

\* (-) کاهش و (+) افزایش

ملاحظه می شود که در این خودرو نیز نتایج حاصله بیانگر آن است که برآیند ارزش حرارتی و خاصیت رقیق کنندگی بنزین های حاوی MTBE منجر به افزایش مصرف سوخت (در حدود ۱-۳٪) شده است.

### نتیجه گیری کلی

بنزین های حاوی MTBE به دلیل وجود اکسیژن در ساختمان ملکول آن ها بر نحوه کاربوراسیون تاثیر گذاشته و موجب می- شوند تا نسبت واقعی مخلوط هوا - سوخت (A/F) ورودی به موتور خودرو زیاد شود. نسبت هوا به سوخت تاثیر مهمی بر انتشار محصولات نامطلوب فرایند احتراق در یک موتور بنزینی داشته و اکنون در دنیا فشارهایی که به منظور کاهش آلودگی هوا ناشی از خودروها بر سازندگان این گونه وسایل اعمال می گردد همگی به سمت طراحی موتورهایی با استفاده از نسبت های بالای هوا به سوخت (LEAN) می باشد. این کار باعث کاهش آلاینده های منو اکسید کربن و هیدروکربن های نسوخته انتشار یافته گشته و اکسیدهای ازت را افزایش می دهد. اثر رقیق کنندگی (Leaning Effect) بنزین های حاوی ترکیبات اکسیژنه (مانند MTBE) و تاثیر گذاری آن ها در کاهش آلاینده های CO و HC سبب شده تا در برخی کشورها تعیین یک حداقل مقدار برای کاربرد این ترکیبات در بنزین به صورت قانون در آید.

باید خاطر نشان کرد که عوامل زیادی در ایجاد آلاینده‌گی و تاثیر بر مصرف سوخت خودرو دخالت دارند که از جمله می توان به طراحی موتور و وضعیت تنظیم آن ، خواص فیزیکی شیمیایی سوخت و ... اشاره کرد . با توجه به فراوانی و تنوع بسیار زیاد انواع خودروهای موجود در کشور ما که در بین آن ها طیفی گسترده از خودروهای فرسوده و با طراحی موتور قدیمی تا خودروهای آخرین مدل وجود داشته و اکثراً" نیز از نظر وضعیت تنظیم موتور و رسیدگی در شرایط مناسبی قرار ندارند، بررسی کارایی و نحوه عملکرد واقعی سوخت در آن ها از نظر آلاینده‌گی و میزان مصرف مقوله ای بسیار وسیع بوده که کار تحقیقاتی فراگیر و جامع تری را طلب می کند .

خودروهای پراید ، پژو و پیکان موردآزمایش که همگی از نظر وضعیت تنظیم موتور در شرایط مناسب قرار داشتند ، در آزمایشهای صورت گرفته رفتار مشابهی را از خود نشان دادند . در هر سه خودرو به دلیل خاصیت رقیق کنندگی سوخت های حاوی MTBE ، آلاینده های CO و HC کاهش و NO<sub>x</sub> افزایش یافت که در این بین میزان کاهش CO در پراید و پژو قابل توجه بود. در ارتباط با اندازه گیری مصرف سوخت نیز خودروهای نامبرده عملکرد یکسانی داشتند و برآیند ارزش حرارتی و خاصیت رقیق کنندگی بنزین های حاوی MTBE منجر به افزایش مختصری ( در حدود ۱-۳٪) در میزان مصرف سوخت هر سه خودرو شد.

### منابع

[1].Fuels and Engines, Technology, Energy, Environment, J.C. Guibet, Volume 2, IFP, 1997.

[۲].معینی شاد - مهرداد ، MTBE (جزوه کارگاه آموزشی ) ، پژوهشگاه صنعت نفت ، ۱۳۸۰.

[۳].احمدی اردبیلی پور، جهانبخش، اصلاح بنزین با متیل ترشری بوتیل اتر (MTBE) یا راه های دیگر نشریه شماره ۴۸ انجمن نفت ایران ، پاییز ۱۳۷۷.

[۴].گزارش پروژه "مطالعات پایه در مورد روند تحولات سوخت در آمریکا و اروپا طی ۵ سال آینده" ، واحد سوخت و احتراق مرکز تحقیقات انرژی پژوهشگاه صنعت نفت ، ۸۱ - ۱۳۸۰.

