

נושא יום העיון: חדשנות בדלקים והשפעתם על הסביבה

שם ההרצאה: שינויי תקינה בדלקים בשל דרישות סביבתיות:

1980 - 2025

תאריך: יום רביעי 19/12/2018, לשכת המהנדסים, תל-אביב

המרצה: עמירם גרובייס – כימאי ראשי, פז זיקוק אשדוד

אוניברסיטת בן גוריון – הנדסת אנרגיה (מרצה מן-החוץ)

יועץ למשרד האנרגיה (המדענית הראשית)

Forecast of the EIA (USA) Reference Case - 2017

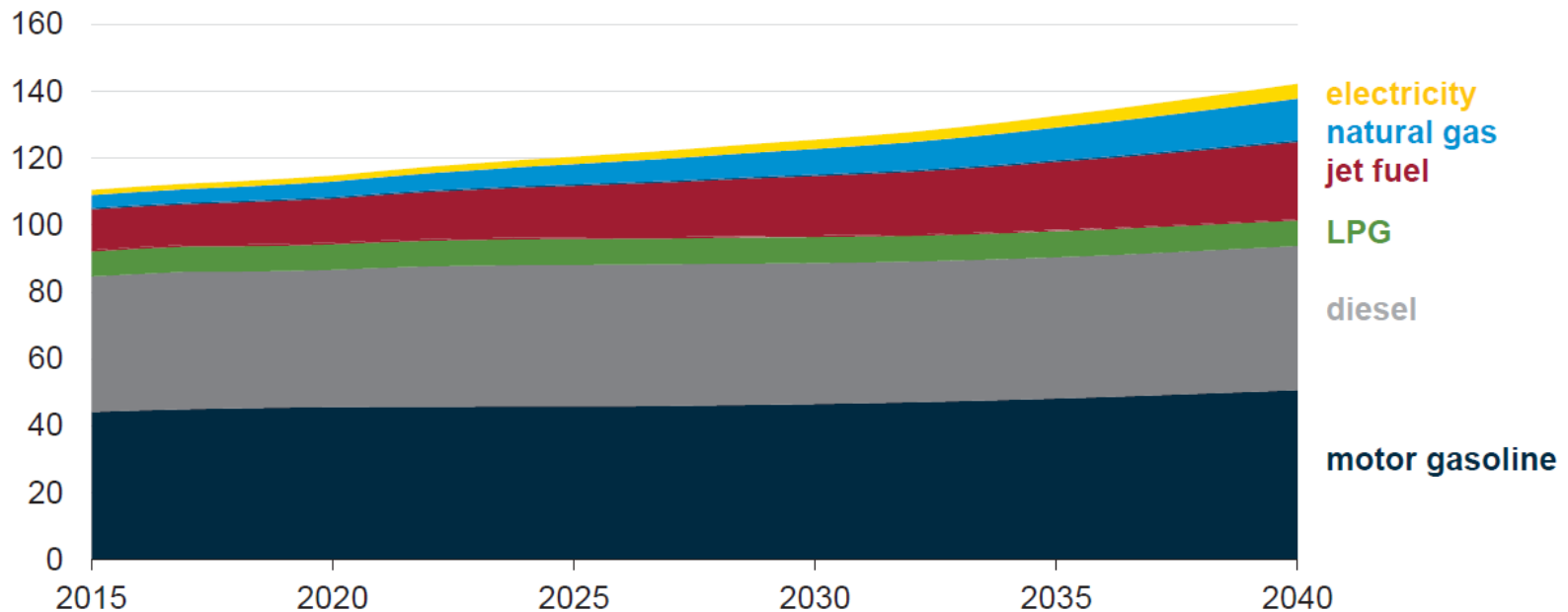
- **Reference Case: Continual improvement in known technologies.**
- World Energy consumption **risers 28%** between 2015 and 2040, with most of the increase in non-OECD countries.
- Petroleum portion will **decrease from 33% (2015) to 31% (2040)** but production of barrels will **grow from 95 M/d (2015) to 113 M/d (2040).**
- **In transportation**, the share of petroleum fuels will decrease from 95% (2015) to 88% (2040).

Source: EIA (Energy Information Agency, USA), published Sep. 2017.

Forecast of the EIA (USA) - 2017

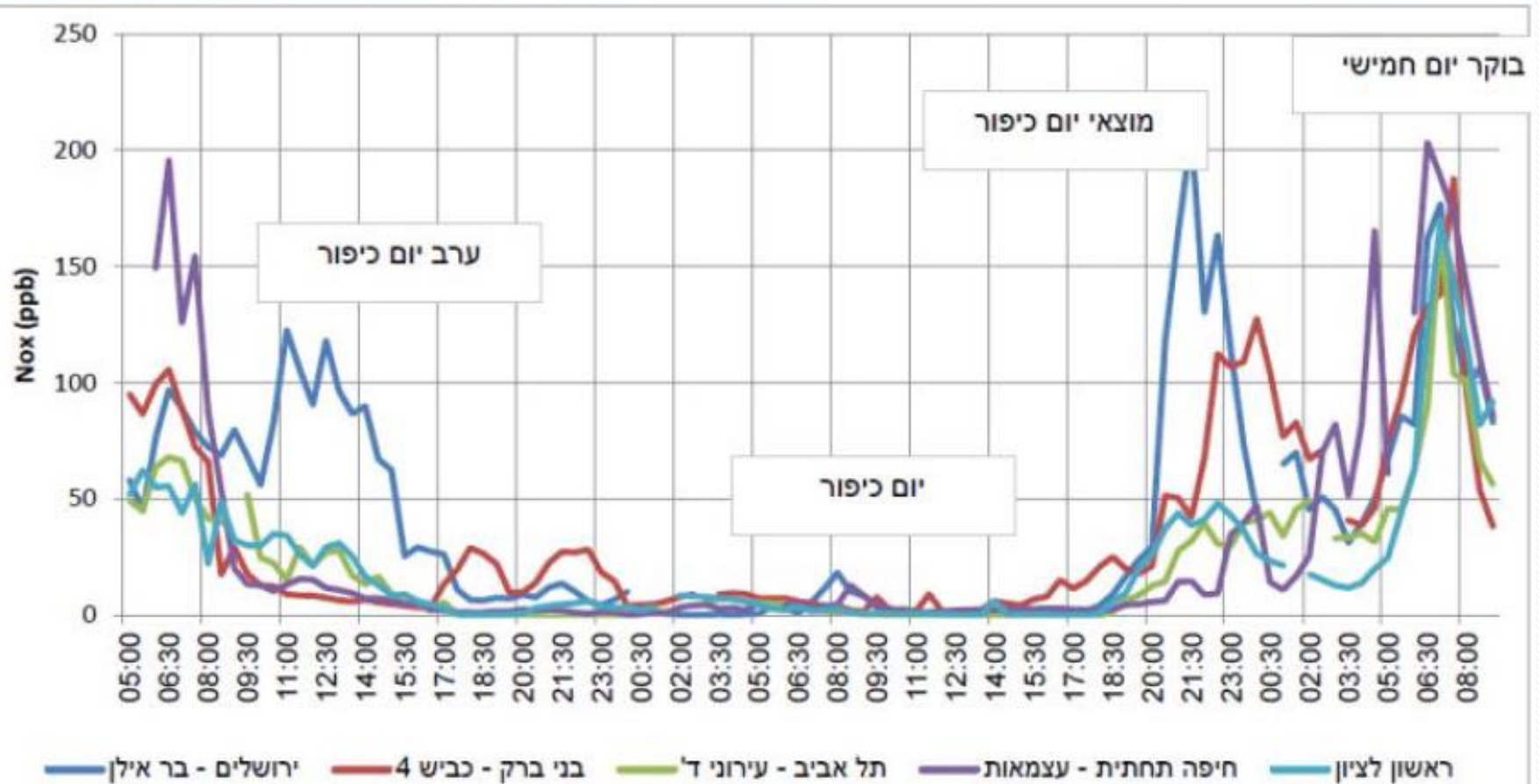
- Demand for kerosene (Jet Fuel) will be doubled, while Gasoline and Diesel in OECD countries will diminish, mainly due to improvements in motor efficiencies.

World transportation energy consumption
quadrillion Btu





Ambient Nitrogen Oxides Concentrations During “Yom Kipur” 2012



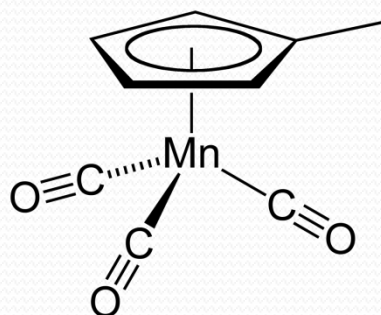
בנזין נטול עופרת אוקטן 95 (לפי ת"י 2-90, EN-228)

שיטה	מקסימום	מינימום	יחידות	תכונה
ASTM D 2699	---	95.0	---	מספר אוקטן מחקר (RON)
ASTM D 2700	---	85.0	---	מספר אוקטן מנוע (MON)
IP 352	5.0	---	מ"ג/ק"ג	תכולת עופרת
ASTM D 4052	775.0	720.0	ק"ג/מ"ק	צפיפות ב-15 מ"צ
ASTM D 5453	10.0	---	מ"ג/ק"ג	תכולת גופרית
ASTM D 525	---	360	דקות	עמידות בחמצון
ASTM D 381	5	---	מ"ג/100 מ"ל	שרף קיים
ASTM D 130	1	---	דירוג	קורוזיה פס נחושת, 3 שעות ב-50 מ"צ
	צלול ובהיר			מראה חזותי
ASTM D 6839	18.0	---	% נפח	תכולת אולפינים
ASTM D 6839	35.0	---	% נפח	תכולת ארומאטיים
ASTM D 3606	1.00	---	% נפח	תכולת בנזן
ASTM D 4815	2.7	---	% מסה	תכולת חמצן באוקסיגנאטים
ASTM D 4815	15.0	---	% נפח	תכולת MTBE
ASTM D 5191	60.0	45.0	קילו-פסקל	לחץ אדים
ASTM D 86	48.0	20.0	% נפח	זיקוק – % זוקק עד 70 מ"צ
ASTM D 86	71.0	46.0	% נפח	זיקוק – % זוקק עד 100 מ"צ
ASTM D 86	---	75.0	% נפח	זיקוק – % זוקק עד 150 מ"צ
ASTM D 86	210	---	מ"צ	זיקוק – נקודת רתיחה סופית
ASTM D 86	2	---	% נפח	שארית זיקוק

1. המפרט תואם דרישות ת"י 2-90 (2014).
2. תקופת הקיץ לצורך תקן זה מ-1 במאי ועד 31 באוקטובר.
3. לא הוסף MMT (תוסף משפר אוקטן).

תכונות בנזין – לפי התקינה EN-228 / ת"י 90-2

- **התאמה לביצועי מנוע הבנזין** – מספר אוקטן RON, MON, לחץ אדים, אוקסיגנאטים, שרף קיים, עמידות לחימצון.
- **דרישות תפעוליות של המוצר** – מראה חזותי, (העדר מים), צפיפות, קורוזיית פס-נחושת.
- **דרישות איכות הסביבה** – תכולת עופרת, גופרית, בנזן, ס"ה ארומאטיים, ס"ה אולפינים, לחץ אדים.
- **עופרת** – שריד היסטורי.
- **גופרית** – החל מתקן יורו-5 (2009) – מקסימום 10 חל"מ.
- **היעדר מתכות כבדות** (כמו מנגן).
- **הגבלה על כמות ארומאטיים בכלל ובנזן בפרט.**
- **הגבלה על לחץ האדים** מחשש לפליטה לסביבה ממכלים.



<u>שיטה</u>	<u>מקסימום</u>	<u>מינימום</u>	<u>יחידות</u>	<u>תכונה</u>
ASTM D 2699	---	95.0	---	מספר אוקטן מחקר (RON)
ASTM D 2700	---	85.0	---	מספר אוקטן מנוע (MON)
IP 352	5.0	---	מ"ג/ק"ג	תכולת עופרת
ASTM D 4052	775.0	720.0	ק"ג/מ"ק	צפיפות ב-15 מ"צ
ASTM D 5453	10.0	---	מ"ג/ק"ג	תכולת גופרית
ASTM D 525	---	360	דקות	עמידות בחמצון
ASTM D 381	5	---	מ"ג/100 מ"ל	שרף קיים
ASTM D 130	1	---	דירוג	קורוזיה פס נחושת, 3 שעות ב-50 מ"צ
	צלול ובהיר			מראה חזותי
ASTM D 6839	18.0	---	% נפח	תכולת אולפינים
ASTM D 6839	35.0	---	% נפח	תכולת ארומאטיים
ASTM D 3606	1.00	---	% נפח	תכולת בנזן
ASTM D 4815	2.7	---	% מסה	תכולת חמצן באוקסיגנאטים
ASTM D 4815	15.0	---	% נפח	תכולת MTBE
ASTM D 5191	60.0	45.0	קילו-פסקל	לחץ אדים
ASTM D 86	48.0	20.0	% נפח	זיקוק – % זוקק עד 70 מ"צ
ASTM D 86	71.0	46.0	% נפח	זיקוק – % זוקק עד 100 מ"צ
ASTM D 86	---	75.0	% נפח	זיקוק – % זוקק עד 150 מ"צ
ASTM D 86	210	---	מ"צ	זיקוק – נקודת רתיחה סופית
ASTM D 86	2	---	% נפח	שארית זיקוק

1. המפרט תואם דרישות ת"י 90-2 (2014).

2. תקופת הקיץ לצורך תקן זה מ-1 במאי ועד 31 באוקטובר.

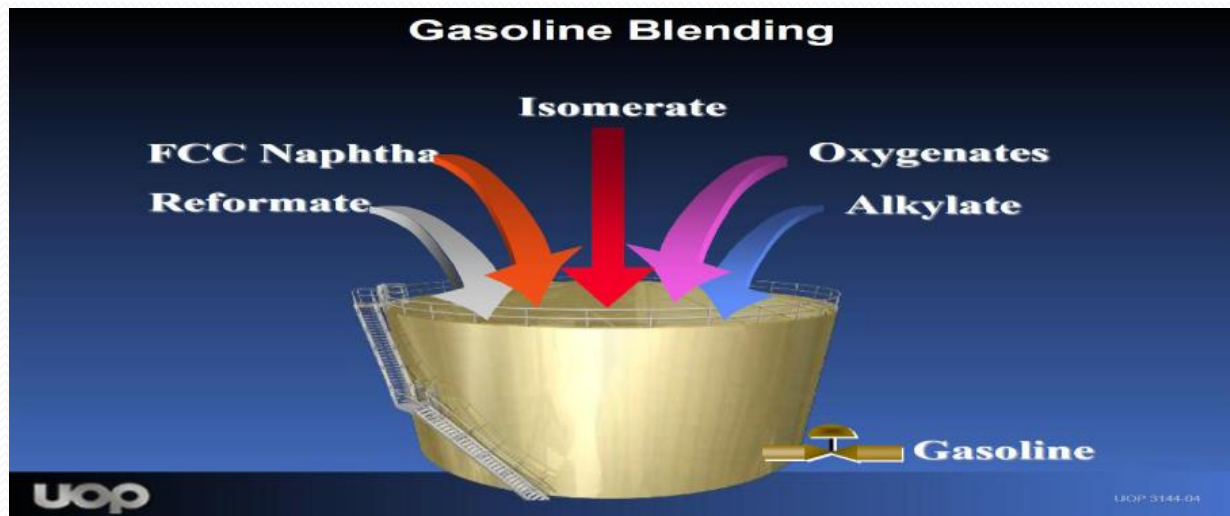
3. לא הוסף MMT (תוסף משפר אוקטן).

ייצור בנזין בבית הזיקוק

- מטרת היצרן: ייצור בנזין באופן כלכלי, שיהיה בעל מספר האוקטן המתאים – RON=95, תוך עמידה בכל דרישות התקן, ובפרט בצפיפות ובלחץ האדים.
- מספר האוקטן תלוי תלות מוחלטת בהרכב הכימי של הבליילה.
- מספר אוקטן גבוה כנדרש בתקן פירוש:
- הרכב כימי המאפשר יחס דחיסה גבוה במנוע בתערובת של בנזין ואוויר.
- תזמון מלא בהצתה של כלל מרכיבי התערובת ללא עיכובים.
- מספר אוקטן גבוה מתבטא בשריפה יעילה של הדלק ללא פליטה של פחמימנים שלא נשרפו (HC).

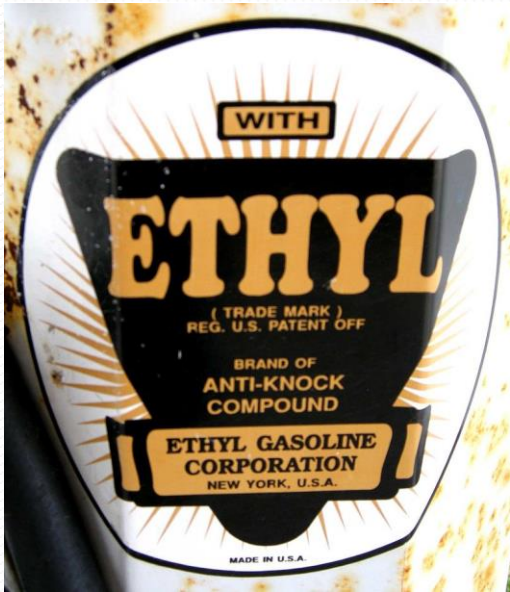
דוגמאות למגבלות בהרכב בנזין שכופה התקן

- הכנסת נורמל-בוטאן – מספר אוקטן 113, תמריץ כלכלי, לא עומד בדרישות לחץ האדים. כנ"ל גם באשר לאיזומרט – איזו-פראפינים בעלי C5/C6.
- רפורמט – זרם של מרכיבים ארומאטיים, כולל בנזן, מספר אוקטן גבוה מאד (טולואן 124, קסילן 146). מגבלה ל-35% בגלל השפעות בריאותיות שליליות.
- השלמת מספר האוקטן היא ע"י תוספת אוקסיגנאטים (MTBE, אתנול) שהם המרכיבים היקרים בתערובת מחד, ובעלי ערך קלורי מוגבל מאידך.



הוצאת העופרת מהבנזין

- ב-1921 הוכנסה עופרת לבנזין לשיפור מספר האוקטן ומניעת נקישות במנוע. החומר בשימוש היה Tetra Ethyl Lead – TEL, חומר אורגנו-מתכתי שנמס היטב בתערובת הפחמימנים. הכמות בשימוש הייתה 0.42 גרם עופרת לליטר.
- בנוסף העופרת שימנה מרכיבים במנוע ומנעה שחיקה וקורוזיה של שסתומים.
- כבר בשנות ה-20 היה ידוע כי עופרת מהווה רעל אקוטי וכרוני חריף במיוחד. החומר גרם למקרי מוות רבים אצל פועלים במפעל הייצור של TEL, פגיעה ב-IQ של ילדים, הלוצינאציות וטירוף אצל אנשים שנחשפו לחומר במשך זמן ארוך.
- עופרת גם "הרעילה" את המתכות של הממיר הקטליטי שבצינור הפליטה.



הוצאת העופרת מהבנזין

- ב-1974 החל ה-EPA בתהליך הוצאת העופרת שנמשך כעשור.
- מספר שנים לאחר הוצאת העופרת מהבנזין, פחתה כמות המתכת הנ"ל בדמם של אמריקאים ב-75%. במדידות לצידי הכבישים נמדדות כמויות עופרת פוחתות והולכות משנה לשנה.
- גם ב-2018 קיים עדיין שימוש בעופרת כמשפר-אוקטן במכוניות מרוץ ובמטוסים קלים, הנזקקים לאוקטן LL 100.
- בישראל אין ייצור של בנזין כזה מעל ל-25 שנים, אולם קיים יבוא מועט לצורכי תעופה.
- וקוריוז אחד: תקן העופרת בישראל ת"י 1-90 לא רק שטרם בוטל, אלא מהווה עדיין תקן רשמי.

הורדת כמות הגופרית בבנזין

- במשך כ-25 שנים התקיימה ירידה מתמדת בכמות הגופרית בבנזין משיקולים של איכות הסביבה: מניעת היווצרות של תחמוצות גופרית (SO_2 , SO_3) הגורמות לבעיות בריאות ולגשם חומצי.

<u>תקן</u>	<u>תאריך תחולה</u>	<u>תכולת גופרית</u> ב- ppm
EURO - 1	אוקטובר 1994	1000
EURO - 2	אוקטובר 1999	500
EURO - 3	ינואר 2000	150
EURO - 4	ינואר 2005	50
EURO - 5	ינואר 2009	10
EURO - 6	ספטמבר 2014	עדיין 10

מה"ד – מתקן הדחת גופרית (HDS = HydroDeSulfurizer)

- כדי לעמוד בתקינה מראשיתה, נדרש פיתוח של טכנולוגיית הידרוגנציה (תגובה עם מימן) במתקן המה"ד.
- מטרת המתקן: סילוק הגופרית מתרכובות אורגניות בתגובה עם זרם מימן בלחץ גבוה (30-130 אטמוספרות), טמפרטורה גבוהה (300-400 מ"צ), על גבי מצע קטליטי של NiMo או CoMo על אלומינה פעילה (Al_2O_3).

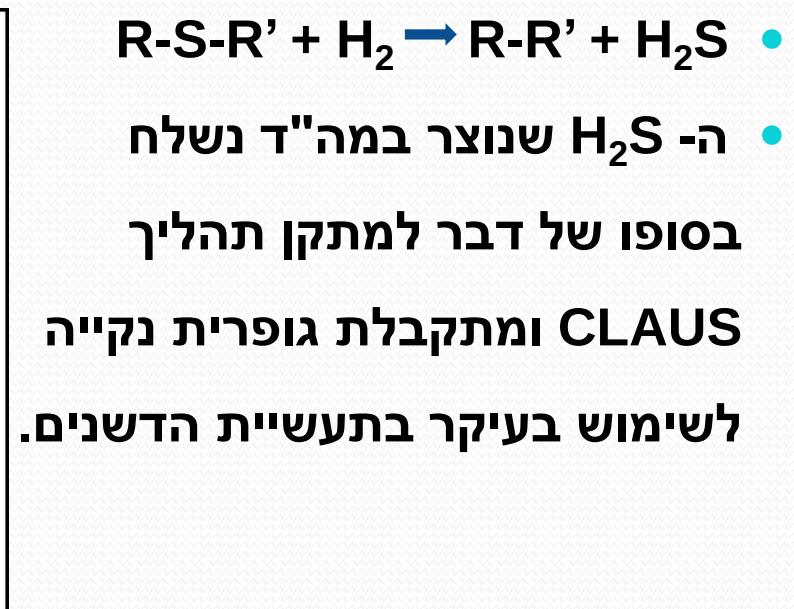
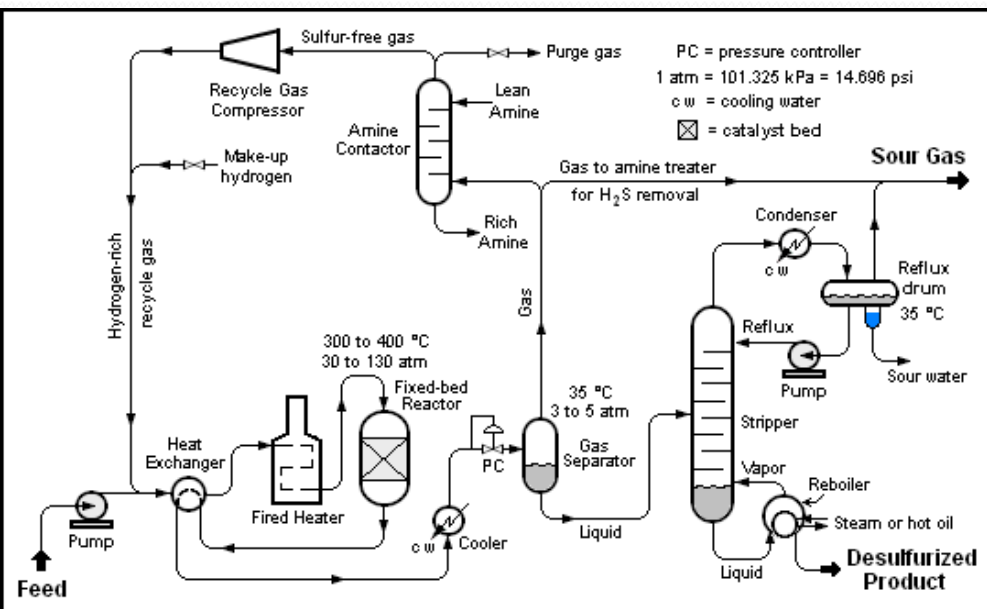


- ה- H_2S שנוצר במה"ד נשלח

בסופו של דבר למתקן תהליך

CLAUS ומתקבלת גופרית נקייה

לשימוש בעיקר בתעשיית הדשנים.



גופרית בסולר ובקרוסין

- בתקן הסולר האירופאי (EN-590) ומקבילו הישראלי (ת"י 1-107) שתי דרישות סביבתיות עיקריות: **הגבלת כמות הגופרית** והגבלת **פחמימנים פולי-ארומאטיים (PAH)**. התקן מאפשר גם שימוש בדלק ממקור מתחדש ("ביו-דיזל" – 7%).
- כמות הגופרית מוגבלת ל-10 חל"מ, אשר מושגת באמצעות מה"ד סולר.
- בקרוסין (דלק סילוני = דס"ל) כמות הגופרית המותרת היא 3000 חל"מ. קיימת מגבלת משנה על סוג תרכובות אחד, מרקפטנים, אך לא בשל סיבות סביבתיות.
- קיים רציונל כפול לערך הגופרית הגבוה בקרוסין:
 - כמויות הדס"ל נופלות משמעותית מהדלקים האחרים, בנזין וסולר.
 - יש חשש לבצע מניפולציות על דלק סילוני בשל הרגישות לבטיחות הטיסה. תרכובות הגופרית תורמות תרומה מכרעת לסיכות הדלק (Lubricity), ופגיעה בהן תחייב פיצוי באמצעות הוספת תוסף.
- לא מן הנמנע כי נראה בעתיד הקרוב תחיקה סביבתית שתגביל את כמות הגופרית בדס"ל, בעיקר בטיסות בשמי אירופה.

הורדת כמות הפליטות מסולר

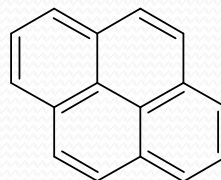
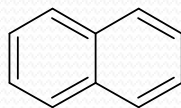
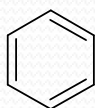
- לפני 20 שנה עדיין היו 2000 חל"מ גופרית בסולר. בשל דרישות איכות הסביבה מתקיימת ירידה מתמדת בכמות הפליטות. זה כולל את תכולת הגופרית, חלקיקים (particle matter) ותחמוצות חנקן (NOx). במשאיות ואוטובוסים החל מ-יורו-5 יש טיפול בתחמוצות ע"י ריאקציה עם אוריאה.
- אין הגבלה על כמויות החנקן בדלק, כי מקורו בתהליך השריפה.

תקן	תאריך תחולה	תכולת גופרית ב- ppm	תחמוצות חנקן (מ"ג לק"מ)	חלקיקים ב- ppm
EURO - 1	1994	2000		
EURO - 2	1996	500	---	100 – 80
EURO - 3	2000	150	500	50
EURO - 4	2005	50	250	25
EURO - 5	2009	10	180	5

- תקן יורו-6 (ספטמבר 2014) הפחית את הפליטות של רכבים מסחריים כבדים וישנים.

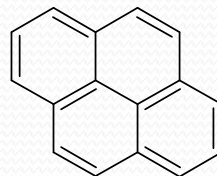
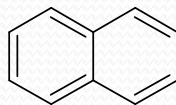
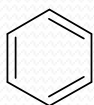
תרכובות ארומאטיות, בנזן ופולי-ארומאטיים (PAH)

- **בנזן** וחומרים ארומאטיים אחרים הם בעלי מספרי אוקטן גבוהים. נפט גלם מכיל בנזן וארומאטיים בכמות קטנה, אך רובם נוצרים בתהליך "פירום קטליטי" במתקן CCR בבית הזיקוק.
- תוצר לוואי בתהליך זה הוא **גז מימן**. המימן דרוש לשם סילוק הגופרית.
- **בנזן** מוגדר ע"י **IARC** כשייך לקבוצה 1: "ידוע כמסרטן בבני אדם".
חשיפה ממושכת עלולה לגרום לסרטן-דם (לאוקמיה) מסוגים AML ו-ANLL.
תקן גהות תעסוקתית לעובדים ל-8 שעות חשיפה הוא 1000 חל"ב. תקן פליטה ממוצע יומי למפעלים במדינה כגרמניה – 5.0 חל"ב, בישראל – 1.3 חל"ב.
- תקן הבנזין מגביל את כמות ה**בנזן** ל-1.0% בנפח, ובאופן מעשי הכמות בבנזין היא כ-0.6%-0.7%. אפשר להפחית את הכמות, אך לא ניתן להביאה ל"0".



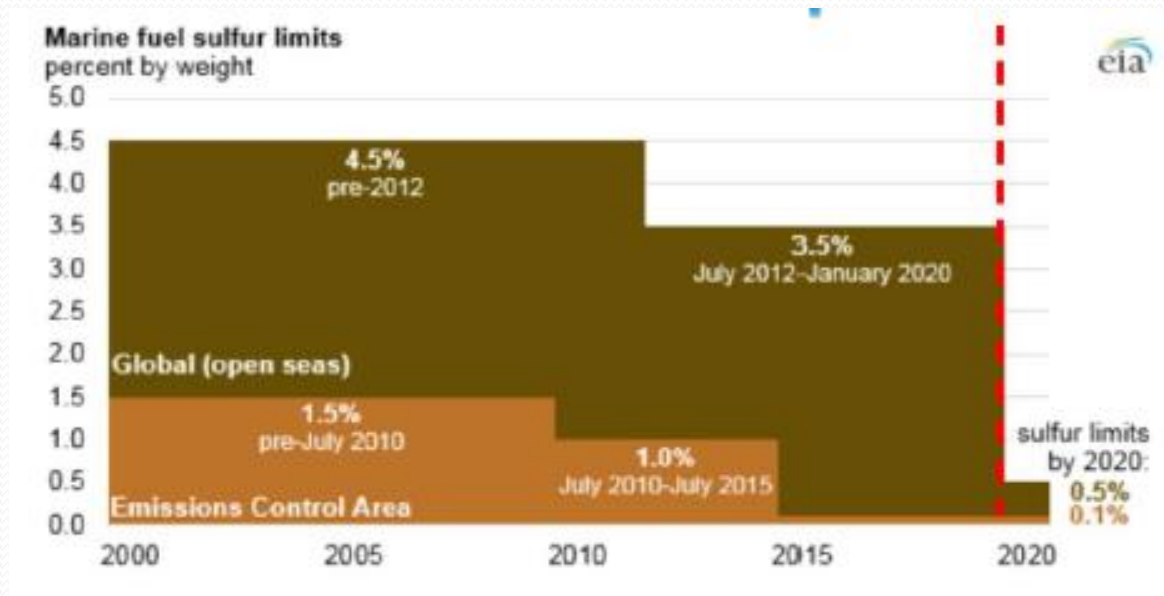
תרכובות ארומאטיות, בנזן ופולי-ארומאטיים (PAH)

- גם חומרים ארומאטיים אחרים הם בעלי סיכונים בריאותיים (לא יפורטו), אך הסיכונים נופלים בהרבה מבנזן. לפיכך הוגבלה סך כל כמות הארומאטיים **בבנזין** ל-35% מהנפח.
- נפתלנים וחומרים ארומאטיים דומים אחרים נמצאים ב**קרוסין** (דלק סילוני) ברמות של עד 25% לפי תקן הדס"ל (Defence Standard 91/91).
- **דס"ל סינתטי וביו-דס"ל** הם פארפינים לחלוטין, אולם בעירתם במנועי הסילון הוגדרה כ"חלשה". לכן חייבים לבלול אותם עם לפחות 50% **קרוסין** "רגיל" (מנפט), כך שהתערובת תכיל לפחות 8% ארומאטיים.
- בתקן הסולר האירופאי (EN-590) והישראלי (ת"י 1-107) הוגבלה כמות הפולי-ארומאטיים ל-8% לכל היותר. בפועל הכמויות לא עולות על 4%-5%.
ראוי לציין כי סולר ארומאטי הוא בעל ביצועים נחותים לעומת סולר פראפיני.



IMO 2020 – השעון מתקתק.....

- איגוד הספנות העולמי IMO החליט ב-2016 על הפחתת כמות הגופרית **בדלקים הימיים** למקסימום 0.50%. המועד לביצוע: 01/01/2020.
- מדובר במהפכה ענקית אשר תשפיע על כל סחר הנפט העולמי ועל שוק הזיקוק בשיעור המוערך ע"י מומחים בכ-1 טריליון דולר.
- הדלק הימי העיקרי הוא **מזוט** – Fuel Oil, המוגדר כדלק שאריתי עתיר גופרית.



- העולם איננו ערוך עדיין לשינוי ומגשש את דרכו בכיוונים שונים.

תקן בינלאומי לדלקים ימיים – ISO 8217

עד מהדורת 2005 של התקן
הותר השימוש במזוט עם 4.5%
גופרית.

במהדורת 2010 – לא הוגבלה
כמות הגופרית בערך מספרי,
אבל הותנתה בהסכמה שבין
לקוח לספק ולרגולציה
הסביבתית הקיימת באותה
מדינה.

במהדורות 2014 ו-2017 לא חל
שינוי בערכים ו/או במלל.

ISO 8217:2010(E)

Annex C
(informative)

Sulfur content

The fourth edition of this International Standard has retained the third edition's limits for sulfur for distillate fuels, but does not include limits for residual fuels. Previously, such limits were included since the sulfur content acts to reduce the specific energy value and, given the appropriate post-combustion temperature conditions, can result in corrosion of susceptible components.

Sulfur limits for distillate fuels in Table 1 were retained due to technical requirements to protect small, high-speed diesel engines.

Statutory requirements, i.e. the Revised MARPOL Annex VI, either specify a maximum sulfur content of the fuel being used or allow the adoption of technical solutions to ensure compliance with the emission regulations for sulfur oxides and particulate matter. Therefore, the sulfur content of both distillate and residual fuels is directly controlled by the statutory requirements.

Consequently, the purchaser's responsibility is to define the maximum sulfur content of the fuels in

Table 2 — Residual marine fuels

Characteristics	Unit	Limit	Category ISO-F-											Test method reference
			RMA 10	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMG 180 380 500 700				RMK 380 500 700			
Kinematic viscosity at 50°C	mm²/s ^a	max	10,00	30,00	80,00	180,0	180,0	380,0	500,0	700,0	380,0	500,0	700,0	ISO 3104
Density at 15°C	kg/m³	max	920,0	960,0	975,0	991,0	991,0				1010,0			ISO 3675 or ISO 12185 - see 6.1
CCAI		max	850	860	860	860	870				870			see 6.2
Sulfur ^b	mass %	max	Statutory requirements											see 6.3
Flash point	°C	min	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0				60,0			ISO 2719 - see 6.4
Hydrogen sulfide	mg/kg	max	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00				2,00			IP 570 - see 6.5

^b The purchaser shall define the maximum sulfur content in accordance with relevant statutory limitations. See 0.3

כמה מלים על מזוט = Fuel Oil

- **מזוט** הוא "דלק שאריתי". מכיל מגוון של שאריות שונות של גלם לאחר שהוצאו ממנו כל התזקיקים הקלים והבינוניים.
- מקור המזוט: תחתית מגדל זיקוק בוואקום, חומר דמוי זפת, אשר עבר טיפול תרמי ב-420-440 מ"צ לשיפור הצמיגות וקבלת נוזל כבד זרים. כמו כן יכול מזוט גם תזקיקים כבדים מאד באיכות ירודה.
- השימוש במזוט נמצא בירידה מתמדת ומוחלף ע"י גז טבעי זול יותר ונקי יותר.
- **מזוט = מזהם סביבתי**. מותקף ע"י רשויות איכות הסביבה, ומוטלות הגבלות.
- המזוט הכבד מרכז לתוכו חלק גדול מאד מתרכובות הגופרית של הגלם.
- מגלמים קלים ומתוקים, כגון גלם אזרי קל – 0.15% גופרית בגלם, ניתן בקושי לייצר 0.5%. מגלם "ברנט" (S 0.37%) לא ניתן לייצר מזוט 0.5%, ובוודאי לא מגלם CPC קזאחי (0.55%) או גלם אוראל מרוסיה (1.50%).

אז מה הפתרונות האפשריים ל-IMO 2020?

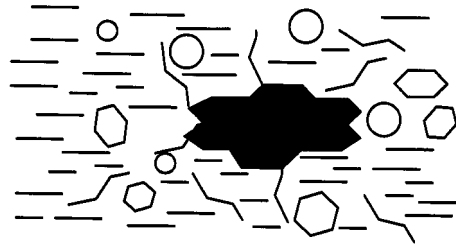
- שימוש **במזוט 0.5%** בהנחה שניתן לייצרו.
- מעבר משימוש במזוט **לסולר ימי, 0.1% S**. מוצר זה יקר בהרבה ממזוט.
- בלילה: ערבוב מזוט עם סולר או סולר וואקום-כבד (VGO) עד לגבול המותר.
- המשך שימוש במזוט 3.5% תוך **התקנת סקראבר** על הספינה ללכידת תחמוצות הגופרית. עלות סקראבר כזה: לפחות 1.5 מיליון דולר.
- מעבר **לשימוש ב-LNG**. השקעות במיכול קריאוגני הדרוש לגז מתאן נוזלי.
- **אי ציות לתקן**. ייתכן שיהיה אפשרי במקומות נידחים, אך לא בנמלים במדינות המפותחות.
- ואה, כן: אין טכנולוגיה זמינה לסילוק גופרית ממזוט. קיימות טכנולוגיות להפיכת מזוט לתזקיקים קלים (כגון מתקן Delayed Coker) אך לא להפחתת הגופרית.

הפתרונות האפשריים ל-IMO 2020

- **משמעות שינוי התקן:** המרת כ-3 מיליון חביות ביום ממזוט רב-גופרית למזוט דל-דל גופרית. מהיכן זה יגיע?
- גלם דל-גופרית נמצא בעיקר בצפון אפריקה, במערב אפריקה, נפט הפצלים האמריקאי (LTO) ואזרבייג'אן. צפויה התמוטטות האיזון שבין מחיר הנפט המתוק למחיר הנפט החמוץ.
- מקסום ייצור הדיזל על חשבון דלקים אחרים. יביא לעליית מחיר הדיזל.
- "פיצוח" מזוט.
- בהנחה שפרויקטים גדולים אורכים כחמש שנים וזמן יישום התקן הוא בעוד שנה, ולא ניכרת הערכות משמעותית בבתי-זיקוק רבים בעולם, ניתן לקבוע כי **העולם עדיין לא מוכן ל-IMO 2020.**

מה באשר לפתרון הפשוט של בלילת מזוט עם סולר?

- זה לא פשוט בכלל. מזוט מורכב מאלפי תרכובות שונות, אשר כוללות חומרים פראפינים ארוכים, פולי-ארומאטיים, שרפים, חומרי מכילי חנקן, מכילי חמצן ומכילי גופרית. כל אלה שומרים על מרקם אחיד בפאזה אחת.
- כיצד נשמר מרקם אחיד ויציב של המזוט? ע"י המבנה המיוחד של אספלטנים בצורת מיצלות, אשר מוקפות ע"י תרכובות ארומאטיות חד- או דו-טבעתיות, הקרויות שרפים (resins). השרפים מוקפים בשרשראות פראפיניות.



איור 2-8: מבנה כימי סכמתי של מזוט

- כאשר "נשבר" המבנה המייצב את המזוט, עקב חימום רב מדי, או הוספת מרכיבים לא מתאימים, או ממסים קלים – עשויים האספלטנים לשקוע, וכתוצאה מכך המזוט יהפוך לרב-פאזי. נקרא: מזוט לא-יציב או לא-קומפטיבילי (חסר תאימות).

מה באשר לפתרון הפשוט של בלילת מזוט עם סולר?

- גם מזוט שנוצר מסוגי גלם שונים עשוי להיות לא-יציב ולהיפרד למספר פאזות. על אחת כמה וכמה אם יוסף סולר או סולר ואקום כבד.



- הפתרונות עדיין לא מצויים, עדיין לא נכתב תקן מתאים והיישום קרוב מתמיד.

מסקנות סופיות ומחשבות (1)

- ההשפעות הסביבתיות של דלקים קונבנציונליים ממקור פוסילי הן אכן כבדות, הן מפליטת גזי-חממה (פד"ח), הן מפליטת תחמוצות חנקן (NOx), והן מפליטות של חלקיקים (HC).
- תקני הדלקים תורמים לפחות חלקית להפחתת הזיהום הסביבתי ע"י קביעת ערכים מקסימאליים, אשר תעשיית הזיקוק עדיין יכולה לעמוד בהם מבחינת הטכנולוגיה המיטבית הקיימת.
- סילוק העופרת בשעתו, וההפחתה המשמעותית בתכולת הגופרית בשנים האחרונות, היוו שינוי חשוב לטובה, אף כי העולם מתייחס לכך כיום כשינוי לא מספיק.
- IMO 2020: אנו מצויים ערב שינוי קרדינאלי בכמות הגופרית בדלקים הימיים, אשר תשפיע מאד על כל שוק הנפט ועל כל מוצריו האחרים.

מסקנות סופיות ומחשבות (2)

- הזינוק הצפוי במספרי הרכבים החשמליים ב-20 השנים הקרובות והשפעתן הצפויה על איכות הסביבה, אמורה להיות ניכרת בעיקר במרכזי הערים הגדולות. בסופו של דבר מדובר בהעתקת הזיהום מסביבות המגורים אל הסביבה שבה מיוצר החשמל. יחד עם זאת יש לציין כי ייצור חשמל מגז טבעי יותר ידידותי לסביבה מכל מקור פוסילי אחר.
- לדעת המרצה, השינוי הגדול יחול רק כשיופיע המימן כדלק תחבורה "כלכלי". שינוי דרסטי כזה "יטאטא" החוצה את כל שאר מקורות הדלקים, אולם התנאי לכך הוא שהמימן יופק ממים ולא מפירום של גז-טבעי, שאז מה עשינו?





תודה לכולם עבור ההקשבה