



בנזין

מציג:
סת סומר
איי.סי.טי. מעבדות
שמנים בע"מ

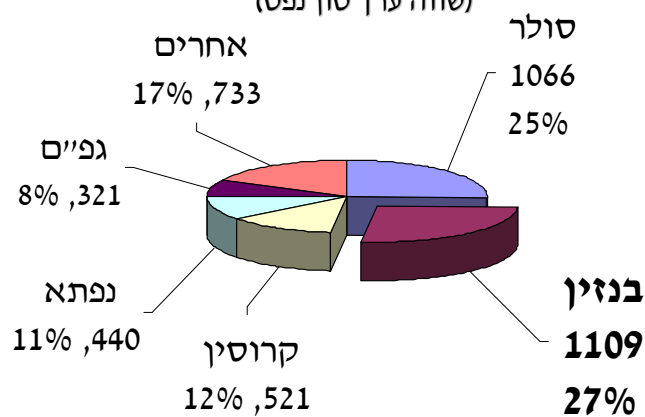
תזכורת

בנזין הנו אחד
מהתזקיקים העיקריים
של נפט גלמי המיוצרים
על ידי בתי זיקוק



צריכת דלקים תזקיקים

(שווה ערך טון נפט)



כלומר, הבנזין הנו התזקיק הנצרך ביותר

מקור המידע:

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 7/11/06

ייצור בנזין

- הגדלת התפוקה של בנזין הנה שאיפה של בית הזיקוק.
- לכן, ישנם מתקנים / תהליכים רבים שמטרתם הפיכת זרמים כבדים לתזקיקים קלים יותר – ובעיקר לבנזין.
- כמו כן, ישנם מתקנים / תהליכים לשינוי המבנה הכימי של מולקולות התזקיקים – לצורך השבחה והעלאת ערך.

פירום
קטליטי

שובר
צמיגויות

פיצוח
תרמי

איזומריזציה
קטליטית

FCC

פיצוח
מימני

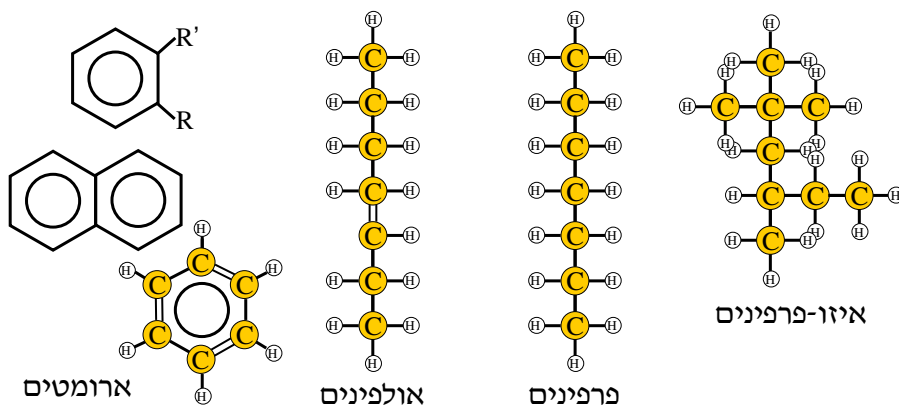
טיפול
מימני

מאפייני הבנזין

- הרכב: פחמימנים הכוללים 5 – 12 אטומי פחמן $C_{12} - C_5$.
- תחום רתיחה: $40^{\circ}C - 200^{\circ}C$ (כלומר, רותח בטמפרטורת נמוכות יחסית).
- צפיפות: $730 - 760 \text{ kg/m}^3$ (כלומר, קל יותר מקרוסין או סולר).
- לחץ אדים גבוה: $45 - 80 \text{ kPa}$ (כלומר, נדיף ביותר).
- מיני הבנזין המוכרים בארץ: 95, 96 (בוטל לאחרונה), 98, בנזין תעופתי 100/130.
- האנרגיה הסגולית של בנזין: 47 MJ/kg (דומה לכל הדלקים).
- 35 MJ/l (נמוך מקרוסין וסולר).

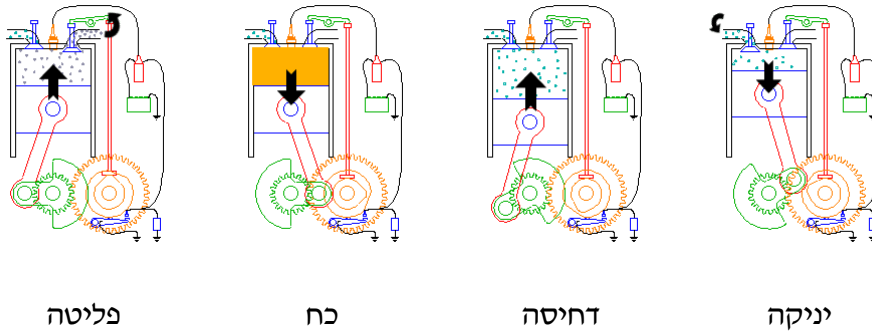
הרכב בנזין

- הבנזין מורכב בעיקר מפחמימנים פרפינים – ובעיקר איזו-פרפינים.
- הוא מכיל עד 18% פחמימנים אולפינים (בלתי רוויים).
- הוא מכיל עד 35% פחמימנים ארומטיים (אך לא בנזן).



השימוש בבנזין

- עד למחצית השנייה של המאה ה-19 נחשב הבנזין מוצר נלווה של תהליך הזיקוק והוא שימש בעיקר כממס לניקוי ולשיקויים רפואיים.
- אך מאז המצאת מנוע הבנזין והמכונית הממונעת, בנזין משמש בעיקר כדלק במנועי שרפה פנימיים:



השימוש בבנזין במנועי שריפה פנימיים

- כדי שהמנוע יעבוד ביעילות תרמית ומכנית, חשוב מאד שהצתת תערובת הבנזין תעשה בתזמון הנכון בפעולת המנוע.
- פעולת הדחיסה של תערובת הדלק / אוויר גורמת לחימום התערובת ועלולה להביא להצתה עצמית של התערובת **לפני** הניצוץ המתוכנן (Pre-ignition).
- כמו כן, עלולים להיווצר מספר מוקדי שרפת התערובת בתוך חלל השרפה (מעל הבוכנה) עקב הצתה עצמית (Detonation).
- כתוצאה מהצתה עצמית, המנוע משמיע "נקישות" / צלצולים (Knocks), יעילות המנוע יורדת ועלול להיגרם נזק מכני.
- המדד לנטיית הבנזין להצתה עצמית נקרא: **מספר אוקטן**.

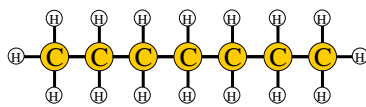
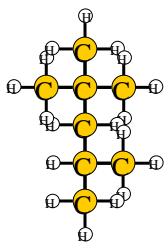
מספר אוקטן

• מספר האוקטן של דוגמת בנזין נמדד במנוע CFR.



מספר אוקטן

- מנוע CFR הנו מנוע מעבדתי חד-בוכנתי.
- אפשר לשנות את יחס הדחיסה במנוע על ידי העלה / הורדה של ראש המנוע ובכך גם להגדיל / להקטין את תא השרפה.
- כמו כן, ניתן גם לשנות את מהירות המנוע (סל"ד) ותזמון ההצתה במנוע ("זווית" ההצתה).
- על גבי ראש הבוכנה מורכב גשש נקישות המודד שינויים בלחץ הגזים בתוך הבוכנה.
- הפחמימן "איזו-אוקטן" מוגדר כבעל מספר אוקטן של 100.
- הפחמימן "נורמל-הפטן" מוגדר כבעל מספר אוקטן של 0.
- הבודק משווה את התנהגות הנקישות של הבנזין הנבדק לעומת תערובות של איזו-אוקטן ו-N-הפטן :
- אם הדוגמא הנבדקת מתנהגת כמו תערובת 95% איזו-אוקטן ו-5% N-הפטן, הדוגמא הנה בעלת מספר אוקטן של 95.



מספר אוקטן

- קיימות 2 שיטות לבדיקת מספר האוקטן במנוע CFR :-
- מספר אוקטן בשיטת מחקר – RON – Research Octane No.
- מספר אוקטן בשיטת מנוע – MON – Motor Octane No.
- RON מדמה נסיעה בעומסים נמוכים (נסיעה בכבישים פתוחים).
- תנאי הבדיקה - המנוע פועל ב-600 סל"ד.
- טמפרטורת כניסת האוויר : 52°C.
- טמפרטורת תערובת אוויר/דלק : 52°C.
- זווית הצתה : 13° BTDC
- MON מדמה נסיעה בעומסים גבוהים (נסיעה עירונית).
- תנאי הבדיקה - המנוע פועל ב-900 סל"ד.
- טמפרטורת כניסת האוויר : 38°C.
- טמפרטורת תערובת אוויר/דלק : 149°C.
- זווית הצתה : 22° - 19° BTDC
- ההפרש בין RON ל-MON נקרא "רגישות האוקטן".

מספר אוקטן

- בתחנות דלק בארץ (ובמרבית מדינות אירופה) מוצג מספר האוקטן בשיטת מחקר RON.
- במדינות רבות (כגון : ארה"ב) מוצג בתחנות "אינדקס אל-נקש" - ממוצע של שני המספר :

$$\text{Anti-Knock Index (AKI)} = (\text{RON} + \text{MON}) / 2$$

סוג הבנזין	RON	MON	AKI
91 (בוטל)	91 מיני	81 מיני	86 מיני
95	95 מיני	85 מיני	90 מיני
96 (בוטל)	96 מיני	85 מיני	90.5 מיני
98	98 מיני	87 מיני	92.5 מיני

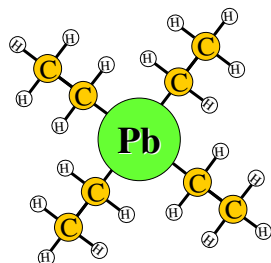
- כללי אצבע – ככל שמספר אטומי הפחמן בפחמימן עולה, מס' אוקטן יורד.
- ככל ששרשרת הפחמן מסועפת יותר, מס' האוקטן עולה.
- במהלך אחסון בנזין, מס' אוקטן בדרך כלל יורד.

מספר אוקטן – מיתוס מול מציאות

- מספר אוקטן הנו מדד לנטיית הדלק להצתה עצמית בתנאיי לחץ וחום.
- אין קשר בין מספר אוקטן לבין כמות אנרגיה. קיימים דלקים עם מס' אוקטן גבוה ואנרגיה נמוכה וגם הפוך.
- האנרגיה בדלק נובעת מכמות קשרי C-C בחומר לעומת קשרי C-H ו-C-O.
- השימוש בדלק גבה-אוקטן מאפשר לחצי דחיסה גבוהים יותר במנוע – ויש קשר ישיר בין הספק מנוע לבין יחס דחיסה / נפח דחיסה / לחץ דחיסה.
- אין קשר בין מספר אוקטן ובין שלמות / איכות / ניקיון שריפת הדלק במנוע.
- פרמטרים מכניים משפיעים יותר על שלמות / איכות / ניקיון השריפה.
- אין קשר בין מספר אוקטן לבין מהירות שריפת הדלק במנוע. קיימים דלקים גבהי-אוקטן אשר נשרפים לאט מדי – דבר הגורם לעליה בפליטות אסורות.
- לכל מנוע נדרש בנזין בעל מספר אוקטן אופטימלי (נקבע על ידי נתונים מכניים ומבנה המנוע). שימוש בבנזין בעל מספר אוקטן גבוה יותר מהנדרש לא ישפר את ביצועי המנוע.
- עם זאת, במנועים ישנים בהם הצטברו משקעים, דרישת האוקטן צפויה לעלות – ולכן, אם המנוע מצלצל, מומלץ להשתמש בדלק בעל אוקטן גבוה יותר.

תוספים מגבירי מס' אוקטן

- בעיית הנקישות ממנועי בנזין מוכרת מתחילת המאה ה-20.
- במעבדות המחקר של GM נמצא בשנת 1921 שהוספת התרכובת TEL בריכוז נמוך יחסית מפחיתה את תופעת הנקישות.
- השימוש הנרחב בתוסף זה, החל משנת 1923, אפשר בניית מנועים בעלי לחצי דחיסה גבוהים יותר – מנועים בעלי הספק גבוה יותר וצריכת דלק נמוכה יותר.



TEL – Tetra Ethyl Lead

טטרה-אתיל העופרת –

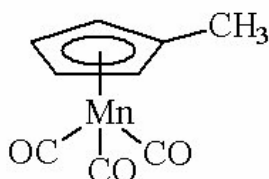
- ריכוזים טיפוסיים בבנזין: 300 חלקים במיליון עופרת.
- על מנת למנוע הצטברות של עופרת מתכתית, או תחמוצות עופרת במנוע, מוספים לבנזין יחד עם TEL גם די-כלור-אתן ודי-ברומו-אתן ("לוחדי עופרת").

תוספים מגבירי מס' אוקטן

- היתרונות הבולטים של TEL :
 - ריכוז פעיל נמוך.
 - אינו מפחית את הערך האנרגטי של הדלק.
 - מסכך תושבות שסתומים במנוע.
 - עמיד באחסון.
- החסרונות הבולטים של TEL :
 - רעיל ביותר – גם התרכובת בעצמה וגם תוצרי השרפה.
 - פוגע במערכות הפחתת פליטות.
- מאמצע שנות ה-70 קיימת מגמה של הפחתת השימוש ב-TEL.
- מאז 1986, בארה"ב לא נעשה יותר שימוש ב-TEL בבנזין הנמכר בתחנות דלק.
- בשנת 2000, באיחוד האירופי ובארץ הופסק השימוש ב-TEL בבנזין למכוניות.
- עקב תפקיד TEL בסיכת תושבות שסתומים, מומלץ להשתמש בתוסף משפר סיכות במנועים ישנים (אשר הותאמו לבנזין מכיל עופרת).
- עדיין נעשה שימוש ב-TEL בבנזין תעופתי (כגון : 100/130LL).

תוספים מגבירי מס' אוקטן

- תחליפי עופרת הנפוצים :
 - MMT.
 - תרכובות ארומטיות – טולואן וקסילן.
 - תרכובות מכילות חמצן (אוקסיגנטים) – ובעיקר אתנול, מתנול ו-MTBE.
- MethylCyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl – MMT
 - תחליף TEL בעל פעילות דומה – אולם פוגע פחות במערכות להפחתת פליטות.
 - ריכוז טיפוסי בבנזין : 80 חלקים במיליון מנגן.
 - נמצא בשימוש נרחב בקנדה ולאחרונה גם באוסטרליה.
 - לאחרונה אושר לשימוש בארה"ב אך איננו בשימוש נרחב שם.
 - החיסרון הבולט : התרכובת רעילה ותוצרי השרפה שלה (תחמוצות מנגן) רעילים ועלולים לגרום בפגיעה במערכת העצבים.

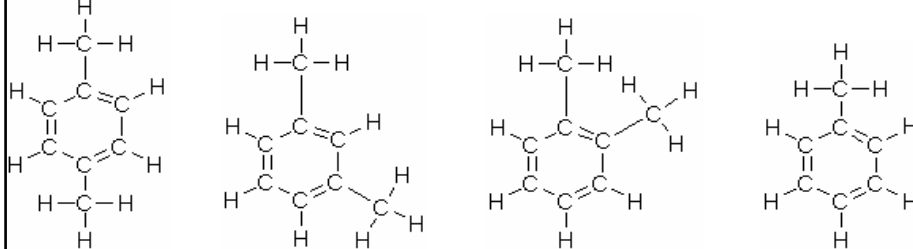


תוספים מגבירי מס' אוקטן

AKI	MON	RON	
118	112	124	טולואן
132	117	148	קסילן (ממוצע)

• טולואן וקסילן

- פחמימנים ארומטיים בעלי מספר אוקטן גבוה.
- אינם פוגעים במערכות להפחתת פליטות.
- עקב שיקולים בריאותיים, התקנים מגבילים את ריכוזי הארומטים בבנזין (35% מקסי).
- הערך האנרגטי שלהם נמוך מאשר ערכם של פרפינים.
- הם נשרפים לעט במנוע ועלולים לגרום לעליה בפליטות אסורות.
- הוספתם לבנזין מעלה את הצפיפות של הבנזין – דבר הגורם להפחתה בכמות הדלק המוזרם למנוע ("תערובת ענייה") ולירידה בהספק המנוע.



תוספים מגבירי מס' אוקטן

• כהלים

- 2 הכהלים הנפוצים ביותר בשימוש : אתנול ומתנול.

AKI	MON	RON	
116	102	129	אתנול
119	105	133	מתנול

- מיוצרים בעיקר ממקורות צמחיים – ולכן הנם דלקים ממקור מתחדש.
- מכילים חמצן מולקולרי ולכן משפרים את בעירת הבנזין במנוע.
- שריפת כהלים דורשת יחס אויר/דלק AFR עשיר יותר (כלומר יותר דלק ופחות אויר).

יחס אויר/דלק דרוש

12.5: 1

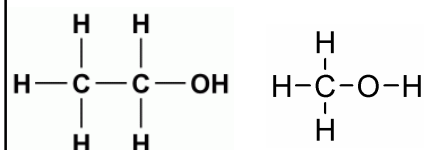
6.5: 1

4.5: 1

בנזין

אתנול

מתנול



תוספים מגבירי מס' אוקטן

• כהלים - חסרונות

- מתנול הנו רעיל – לכן ההעדפה היא לאתנול.
- הנם בעלי מספר אוקטן גבוה, אך ערך אנרגטי נמוך יותר מאשר בנזין.
- הוספת כהלים לבנזין מעלה את צפיפותו.
- בעיית אחסון – בנוכחות מים במערכת הדלק, הכהלים יוצאים מהבנזין ומתמוססים במים.
- למרות שהכהלים מיוצרים ממקורות מתחדשים, קיימת טענה שיחס ההחזר האנרגטי על ההשקעה האנרגטי בייצור הכהלים הנו פחות או קרוב ל-1, כלומר, ההשקעה האנרגטי בייצור הכהל (הוצאות חקלאיות, הוצאות ייצור והוצאות זיכוכ) גבוהים כמעט כמו האנרגיה המופקת משריפת הכהל – לכן כלכליות השימוש בכהל כדלק מוטלת בספק.
- עקב פגיעה אפשרית במערכות להפחתת פליטות, התקנים מגבילים את ריכוזי הכהלים בכלל (אתנול – 5% מקס', מתנול – 3% מקס') ואת סך ריכוזי החמצן בבנזין (2.7% מקס').

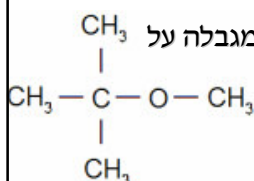
תוספים מגבירי מס' אוקטן

• אתרים

- 2 האתרים הנפוצים ביותר בשימוש: מתיל-טרט-בוטיל אתר MTBE. אתיל-טרט-בוטיל אתר ETBE.

AKI	MON	RON	
109.5	103	116	MTBE
110	102	118	ETBE

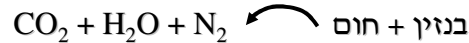
- ייצור זול: מיוצרים מגזים טבעיים ומתנול או אתנול.
- מכילים חמצן מולקולרי ולכן משפרים את בעירת הבנזין במנוע.
- הנם בעלי מספר אוקטן גבוה, אך ערך אנרגטי נמוך יותר מאשר בנזין.
- החומרים רעילים (בעיקר MTBE). לאחרונה, נמצאו בארה"ב מי תהום מזוהמים ב-MTBE.
- התקנים מגבילים את ריכוזיהם בבנזין ל-15% (בנוסף למגבלה על $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{O} - \text{CH}_3$ על 2.7% מקס').



מערכות להפחתת פליטות מסוכנות

• גזי פליטה

- כאשר הבנזין נשרף במנוע באופן מושלם, נוצרים גזים שאינם מסוכנים :



- אך, כאשר השריפה איננה אידיאלית, עלולים להיווצר גם גזים מסוכנים :
 CO – גז רעיל שנובע משריפת הדלק בחוסר חמצן.
 HC – פחמימנים בלתי-שרופים שנפלטים לאוויר עקב שריפה חלקית של הדלק. הם עלולים להיות קרצינוגנים ותורמים לערפיח.
 NO_x – תחמוצות חנקן (NO , NO_2 , N_2O_3 ואחרים) הנוצרים מחמצון החנקן באוויר תחת תנאי לחץ וחום. הן מהוות מרכיב משמעותי בערפיח וגורמות ל"גשם חומצי".

• יחס סטויכיומטרי

- יחס האוויר-דלק (AFR) הנדרש לשריפה מושלמת של בנזין הנו 14.7:1 – כלומר 14.7 חלקי אוויר לכל חלק 1 של בנזין.
- עודף החמצן בתערובת מכונה למבדה λ – היחס 14.7:1 מוגדר $\lambda = 1$.
- תערובת עם עודף אוויר מכונה "תערובת ענייה" – $\lambda < 1$.
- תערובת עם יותר דלק מכונה "תערובת עשירה" – $\lambda > 1$.

מערכות להפחתת פליטות מסוכנות

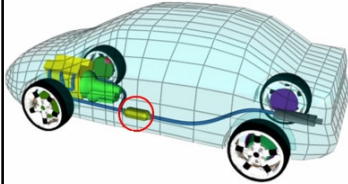
- כמויות הגזים המסוכנים הנפלטים לאוויר ממנועי בנזין מוגבלות בחקיקה.
- החל מאמצע שנות ה-70, הותקנו במכוניות בנזין מערכות להפחתת פליטות מסוכנות מהמנועים.
- המערכות שנמצאות בשימוש מתחילת שנות ה-1980 מורכבות מ-2 יחידות עיקריות :
 - ממיר קטליטי בעל פעולה משולשת.
 - גשש חמצן / גשש λ .



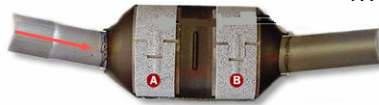
מערכות להפחתת פליטות מסוכנות

• ממיר קטליטי בעל פעולה משולשת

- מותקן על צינור הפליטה, בין המנוע לבין משתיק הקול (בדרך כלל מתחת לתא הנהג).



- הממיר מחולק לשתי יחידות: יחידה מחזרת ויחידה מחמיצה



- שני החלקים מכילים "כוורת" קרמית ועליה מסופחים זרזים (קטליזטורים) על בסיס פלטינה Pt, רודיום Rh ופלדיום Pd.



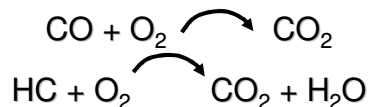
מערכות להפחתת פליטות מסוכנות

• ממיר קטליטי בעל פעולה משולשת

- היחידה הראשונה שפוגשים גזי הפליטה הנה **היחידה המחזרת**.
- ביחידה זו, Pt ו-Rh מחזרים את תחמוצות החנקן לחמצן וחנקן:



- היחידה השנייה הנה **היחידה המחמצנת**. ביחידה זו, Pt ו-Pd יחד עם החמצן שהשתחרר מהיחידה המחזרת, ועודפי החמצן בגזי הפליטה, מחמצנים את חד-תחמוצת-הפחמן והפחמימנים:



- כדי שהממיר יפעל ביעילות מרבית (ויטפל ב-100% מהגזים המסוכנים), הוא חייב לעבוד בטמפרטורה גבוהה של 650°C - 850°C . לכן, בעת התנעת המנוע ועד להתחממות היחידות (לפחות 90 שניות) הממיר אינו פועל ביעילות מרבית.

מערכות להפחתת פליטות מסוכנות

גשש חמצן λ

- על מנת שהממיר הקטליטי יפעל ביעילות מרבית נדרש גם עודף קטן של חמצן בגזי הפליטה:
- חוסר חמצן בגזי הפליטה – חמצון CO ו-HC איננו יעיל.
- עודף גדול של חמצן – חיזור NOx איננו יעיל.
- AFR האידיאלי לפעולה תקינה של הממיר : 14.8-14.9.
- לצורך הבטחת עודף חמצן מתאים, מותקן גשש חמצן λ בסעפת הפליטה במנוע קרוב ככל הניתן למנוע.



- הגשש "מדווח" למחשב המנוע את ריכוז החמצן בגזי הפליטה. המחשב שולט במצערת האוויר וקובע את כמות הדלק המוזרקת בכל פעימת מנוע.

פגיעה במערכות להפחתת פליטות מסוכנות

• סתימת הממיר והגשש

- מוצקים ותחמוצות בגזי הפליטה יכולים לסתום את "כוורת" הממיר וראש הגשש, או להיקשר כימית לזרז, כגון:
- תחמוצות עופרת ומנגן – מהדלק.
- תחמוצות אבץ וזרחן – משמן המנוע.
- תחמוצות גופרית – מהדלק או מהשמן.
- כאשר הממיר סתום: המנוע איננו מאיץ, צריכת הדלק עולה ובמקרים קיצוניים, המנוע נכבה.

• שיבוש פעולת גשש החמצן

- עודף אוקסיגנטים בדלק משבש את קריאת גשש החמצן.

• התחממות יתר של הממיר

- עודף HC בגזי הפליטה גורמים להתחממות יתר של הממיר ולשריפת ה"כוורת".
- סיבות לעודפי HC – מצתים לא תקינים, שחיקה בשסתומי יניקה או פליטה, גשש חמצן לא תקין, גשש חום מנוע לא תקין וכו'...

גופרית בבנזין

- נפט גולמי מכיל תרכובות גופרית אורגניות. חלק מתרכובות אלו נמצאות בבנזין.
- תהליכי הוצאת הגופרית מתזקיקי הנפט מכונה "המתקה".
- תוצרי השריפה של גופרית במנוע הנם **תחמוצות הגופרית** – ובעיקר SO_2 .
- SO_2 עלול להסתפח על גבי הזרז בממיר הקטליטי ולשבש את פעולתו.
- כמו כן, SO_2 הנו מרכיב בערפיח ותורם לתופעת "הגשם החומצי".
- קיימת מגמה עולמית להפחית את ריכוז הגופרית בתזקיקים בכלל ובבנזין בפרט.
- ריכוז הגופרית הכללית בבנזין היום עומד על 50 חלקים במיליון מקסימום – כאשר בעתיד יופחת ל- 10 חל"מ בלבד.

עמידות בנזין באחסון

- שני שינויים עיקריים עוברים על הבנזין בזמן אחסון ממושך:
- נידוף מרכיבים קלים
 - הבנזין מכיל ריכוז גבוה, יחסית, של תרכובות אורגניות נדיפות VOC.
 - בעת אחסון, מרכיבים אלו עלולים להתנדף – דבר המביא לשינויים בתכונות הבנזין (כגון: לחץ אדים, צפיפות, תחום זיקוק).
- התחמצנות
 - הבנזין מכיל תרכובות אולפיניות רבות – בהן **קשרים בלתי-רוויים**.
 - קשרים בלתי-רוויים מגיבים עם חמצן באוויר, או אחד עם השני, לייצור **שורפים** ומשקעים אחדים.
 - הצטברות של שורפים ומשקעים בבנזין משבש את פעולת המנוע (כגון: סתימת מסנני דלק, משקעים בחלל השריפה, שיבוש שסתומים וכו').
 - בנוסף, התגובות הכימיות האמורות גורמות לשינויים בהרכב הבנזין – דבר המביא לשינויים בתכונות הבנזין (כגון: לחץ אדים, מספר אוקטן).
- **לכן, עמידות הבנזין באחסון מוגבלת מאד – אין לאחסן בנזין לתקופות העולות על 6 חודשים.**

עמידות בנזין באחסון

• נוגדי חמצון

- לצורך שיפור עמידות הבנזין בפני התחמצנות, ולשיפור עמידותו באחסנה, מוספים לבנזין **נוגדי-חמצון** (Anti-Oxidants).
- נוגדי החמצון עבור בנזין משתיים לשתי משפחות עיקריים:
 - פנולים מותמרים.
 - אמינים שניוניים ושלישוניים.
- תוספים אלו "לוכדים" רדיקלים חופשיים של חמצן כך שהחמצן אינו נקשר למולקולות הבנזין.

• מים במערכות דלק

- מים מוצאים דרכם למתקני אחסון והספקת דלק בעיקר מגשמים ומעיבוי.
- הימצאות מים במכלי אחסון, צנרת הולכה, מיכליות, מיכלי תחנות דלק וכדומה גורמת ל:
 - חלודה וקורוזיה.
 - שחיקה של משאבות ושסתומים.
 - גידולים מיקרוביאליים.
 - שיבוש פעולות גששים במנוע (כולל גשש ג).
 - היעלמותם של תוספים מהבנזין – ובהם האוקסיגנטים.

שרפים ומשקעים בבנזין

• חומרי ניקוי

- שרפים, משקעים, לכות ורפשים יכולים להיווצר גם בתוך המנוע עקב הטמפרטורות הגבוהות ונוכחות חמצן, ובעיקר במערכת הדלק, בחלל השריפה ובתושבות השסתומים.
- לצורך שמירה על ניקיון מנועים, מוספים לבנזין בארץ **חומרי ניקוי**.
- חומרים אלו מתחלקים ל- 3 קבוצות פונקציונליות:
 - דטרגנטים: תפקידם לשחרר את הלכלוך מחלקי המנוע.
 - דיספרסנטים: תפקידם לפזר את הלכלוך בתוך הדלק / השמן / גזי הפליטה ולמנוע שקיעתו על גבי חלקי המנוע.
 - תוספים לבקרת משקעים: תפקידם למנוע הידבקות הלכלוך על גבי חלקי המנוע.
- 4 האזורים הפגיעים ביותר במנוע:
 - מרססי דלק.
 - סעפת יניקה.
 - חלל השריפה.
 - תושבות שסתומים.

שרפים ומשקעים בבניין

- מאז תחילת שנות ה-90, כל הבניין הנמכר בארץ מכיל חומרי ניקוי.
- חומרי הניקוי מוספים במסופי הדלק לפני הספקתו לתחנות הדלק.
- חבילת חומרי הניקוי שבשימוש בבניין בארץ נבדקה במבחני ביצוע בינלאומיים בתוך בנין ישראלי.
- קיימות שתי רמות תיסוף מקובלות:
- Keep Clean – ריכוז נמוך יותר שמטרתו לשמור על ניקיון מערכות הדלק.
- Clean-Up – ריכוז גבוה יותר שמטרתו לנקות מערכות דלק מלוכלכות.
- הבניין בארץ מתוסף ברמה של Keep-Clean.
- עקב השימוש ברמת התיסוף הנמוכה, חברות שונות משווקות בנין המכיל תוספת חומרי ניקוי.

תוספים אחרים בבניין

- מעכבי חלודה וקורוזיה
 - תוספים אלו מיועדים להגן על מערכות אחסון והולכת בנין בפני חלודה (התחמצנות ברזל) וקורוזיה (התחמצנות מתכות אחרות).
 - תוספים פעילי שטח אלו מסתפחים למשטחים מתכתיים ומגנים עליהם בפני "התקפת" חמצן.
- מבטלי פעילות של מתכת
 - מתכות שונות, ובעיקר נחושת וסגסוגותיה, משמשות זרזים לתהליכי התחמצנות של הבנין.
 - תפקיד תוסף זה להסתפח על גבי משטחי המתכת ולבטל את השפעתן השלילית על הבנין.
- מונעי "הקרח"
 - תופעת "הקרח" נגרמת מקיפאון של טיפות מים ולחות על גבי חלקי מנוע שונים. התופעה שכיחה בעיקר במנועים בעלי מאייד (קרבוראטור).
 - הקרח עלול לסתום מעברי דלק או לגרום להיתפסות של מצופים, שסתומים, תריסים וכדומה.
 - תפקיד התוסף למנוע את קיפאון המים (התוסף אינו בשימוש בארץ).

Reformulated Gasoline

- החל מסוף שנות ה-80, השוק בארה"ב הכניס מושג חדש בתחום הבנזין: Reformulated Gasoline (RFG).
- הכוונה היא לבנזין אשר עורבב ותוכנן בקפידה להשיג את המטרות באות:
 - הפחתת פליטות מסוכנות מכלי רכב (היעד: הפחתת ב-15% לפחות).
 - הפחתה בפליטות התורמות לערפיח והמייצרות אוזון.
 - הפחתה בצריכת דלק פוסילי והגברת השימוש בדלק ממקור מתחדש.
- מאפיינים טיפוסיים של RFG:
 - הפסקת השימוש בעופרת ובמתכות כבדות אחרות.
 - לפחות 2.0% חמצן בדלק – השימוש בכ-10% אוקסיגנטים.
 - הפחתת כמות הבנזין בבנזין עד ל-1% מקסי.
 - הפחתה הדרגתית בכמות הגופרית בבנזין.
 - מגבלות על ריכוזי אולפינים.
 - הורדת לחץ האדים של הבנזין, ומגבלות על כמות החומרים הנדיפים בבנזין.

תקן הבנזין

- כל הבנזין הנמכר בארץ **חייב** לעמוד בדרישות **תקן ישראלי 90**.
- התקן הזה הנו **תקן רשמי**, בעל תוקף חוקי – מכירת בנזין שאינו עומד בתקן מהווה עבירה פלילית!
- מאז שנת 2001, ת"י 90 זהה וצמוד לתקן האיחוד האירופאי **EN228**.
- בהתחשבות בהבדלי אקלים הקיימים במדינות שונות, התקן האירופאי מגדיר 10 קבוצות של נדיפות – כלומר קבוצות של תחומי רתיחה ולחץ אדים.
- הבנזין הנמכר בארץ בחורף (1 דצמבר עד 31 מרס) מותאם לקבוצה C.
- הבנזין הנמכר בארץ בקיץ (1 מאי עד 31 אוקטובר) מותאם לקבוצה A.
- בחודשי המעבר (אפריל ונובמבר) הבנזין הנמכר בארץ מותאם לקבוצה C1.

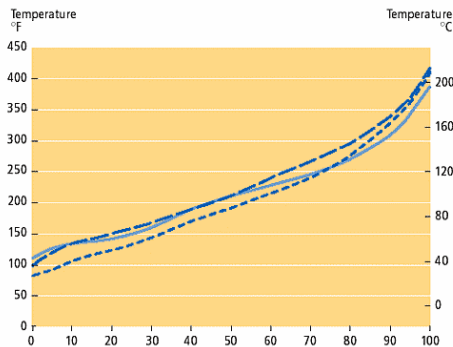
תקן הבנוזין

- צפיפות
- הצפיפות הנה אחת התכונות המגדירות תזקיק נפט ("תעודת זהות").
- צפיפות מוגדרת כמשקלה של יחידת נפח של חומר (כגון : גרם לליטר חומר).
- הצפיפות משפיעה על פרמטרים מכניים שונים של המנוע, כגון :
 - יכולת משאבת הדלק להזרים את הבנוזין.
 - נפח הבנוזין שמוזרק בכל פעימת מנוע.
- תחום הצפיפות המותר לבנוזין : $775-720 \text{ kg/m}^3$.

תקן הבנוזין

תחום זיקוק

- הבנוזין הנו תערובת של אלפי מולקולות שונות, ולכן אין לו נקודת רתיחה חד-ערכית, אלא **תחום זיקוק**.
- תחום זיקוק מתאר את אחוז הבנוזין המזדקק עד לטמפרטורה מסוימת, או הפוך – הטמפרטורה בה מזדקקים אחוזים מסוימים של חומר.
- התקן מגדיר את אחוז הבנוזין המזדקק ב- 3 טמפרטורות קריטיות : 70°C , 100°C , 150°C .

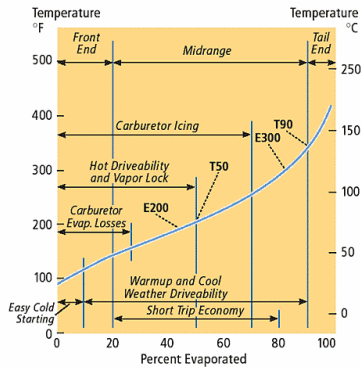


- שארית זיקוק מבטאת את כמות החומר שאינה מזדקקת כלל, ואשר עלולה לתרום למשקעים בתוך המנוע (2% מקסי').
- כל הבנוזין חייב להזדקק עד לטמפרטורה של 210°C ("נקודת רתיחה סופית").

תקן הבנזין

תחום זיקוק

- כמות החומר המזדקק עד 70°C משפיעה על:
 - כושר התנעה באקלים קר וחם.
 - נדיפות הדלק והפסקי אחסון.
 - כמות VOC ופליטות של HC.
- כמות החומר המזדקק עד 100°C משפיעה על:
 - חימום מהיר של המנוע לטמפרטורת עבודה רצוי.
 - עבודת מנוע חלקה, האצת מנוע והספק.
 - חסכון בצריכת דלק בנסיעות קצרות.
 - הגנה בפני "הקרח".
- כמות החומר המזדקק עד 150°C משפיעה על:
 - משקעים במנוע.
 - דילול שמן המנוע בשאריות בנזין.
 - חסכון בצריכת דלק כאשר המנוע חם (נסיעות ארוכות).



תקן הבנזין

תחום זיקוק - דרישות התקן

קיצ	מעבר	חורף	עונה
48.0-20.0	50.0-22.0	50.0-22.0	% מזדקק עם 70°C
71.0-46.0	71.0-46.0	71.0-46.0	% מזדקק עם 100°C
75.0 מיני	75.0 מיני	75.0 מיני	% מזדקק עם 150°C

לחץ אידים

- **לחץ אדים** הנה תכונה פיזיקלית המבטאת את כמות (לחץ) החומרים הנדיפים בבנזין, בתנאי טמפרטורה ולחץ סביבה נתונים.
- לחץ אדים נמוך מדי – הבנזין אינו מספיק נדיף – קשיי התנעה.
- לחץ אדים גבוה מדי – עלייה ב-VOC ובפליטות HC.
- דרישת לחץ אדים גם כן משתנה בין עונות השנה.

קיצ	מעבר	חורף	עונה
60.0-45.0	80.0-50.0	80.0-50.0	לחץ אדים (קילופסקל)

תקן הבנוזין

• מדד סתימת אדים VLI - Vapor Lock Index

- "סתימת אדים" הנה תופעה בה מרכיבים מהבנוזין מתאדים בתוך מערכת הולכת הדלק במנוע - לפני משאבת הדלק.
- אדי בנוזין נכנסים למשאבה וגורמים לנפילה פתאומית בלחץ הדלק.
- המנוע "מגמגם" ועלול לכבות.
- לאחר הכיבוי, המנוע מתקשה להניע מחדש.
- תכונות הבנוזן המשפיעות על תופעת "סתימת האדים" הן:
 - לחץ אדים.
 - כמות המרכיבים הקלים (המזדקקים עד 70°C).
 - למניעת התופעה בקיץ, לחץ האדים וכמות חומר המזדקק עד 70°C נמוכים יותר.
 - התופעה נפוצה יותר בתקופת המעבר.
- "מדד סתימת אדים" מחושב כך: $\text{VLI} = 10 \text{ VP} + 7 \text{ E70}$
- בתקופת המעבר, VPI מוגבל ל- 1050 מקסי.

תקן הבנוזין

• ריכוז הגופרית

- כזכור, תחמוצות גופרית תורמות לערפיח.
- כמו כן, תחמוצות הגופרית משבשות את פעולת הממיר הקטליטי.
- כיום, כמות הגופרית בבנוזין מוגבל ל- 50 mg/kg . בעתיד, הריכוז ירד ל- 10 mg/kg .

• קורוזיה על פס נחושת

- נחושת וסגסוגותיה רגישות במיוחד לגופרית פעילה, ולגורמים קורוזיביים אחרים.
- הקורוזיביות של הבנוזין כלפי נחושת נבדקת על ידי טבילת פיסת נחושת סטנדרטית בתוך בנוזין והשהייתו ב- 50°C למשך 3 שעות.
- בסוף הבדיקה פיסת הנחושת נבדקת חזותית. שינוי גוון הנחושת מעבר למותר פוסל את הבנוזין לשימוש.

תקן הבנזין

• ריכוז בנזן

- בנזן הינו חומר ארומטי קרצינוגני נדיף.
- נוכחות בנזן באדי בנזין מסוכנת.
- כמות הבנזן המותרת בבנזין מוגבלת ל- 1.00% מקס'.

• ריכוז ארומטים

- כזכור, תרכובות ארומטיות הן בעלות מספר אוקטן גבוה.
- עם זאת, שריפתם במנוע איטית ולכן הם עלולים לתרום לפליטות HC.
- לכן, סך כמות הארומטים המותרת בבנזין מוגבלת ל- 35.0% מקס'.

• ריכוז אולפינים

- כזכור, אולפינים הנם פחמימנים בלתי-רוויים הזמינים להתחמצנות ולפילמור.
- ריכוז גבוה של אולפינים פוגע בעמידות הבנזין באחסון ממושך.
- לכן, סך כמות האולפינים המותרת בבנזין מוגבלת ל- 18.0% מקס'.

תקן הבנזין

• שרף קיים

- כאשר בנזין מתחמצן, נוצרים בו שרפים - חומרים בעלי מסיסות חלקית בבנזין.
- שרפים אלו עלולים לשקוע במנוע וליצור לכות דביקות על גבי חלקי מנוע שונים (כגון: סעפת היניקה, מרססים, שסתומי יניקה ותושבותיהם).
- בבדיקת **שרף קיים**, דוגמת הבנזין עוברת אידוי באמצעות אוויר בחום בטמפרטורה של 160-165°C.
- בסוף תהליך האידוי השארית נשטפת בממס "הפטן" על מנת לסלק תוספים וחומרים מסוימים אשר מתמוססים בבנזין ואינם תורמים למשקעים במנוע.
- השרף שנשאר לאחר השטיפה נותן מדד לכמות המשקעים אשר דוגמת הבנזין עלולה להשאיר במנוע.
- כמות השרף המותרת בבנזין מוגבלת ל- 5 mg/100ml מקס'.

תקן הבנזין

- עמידות בפני התחמצנות – זמן אינדוקציה
- הבדיקה מיועדת להעריך את עמידות הבנזין בפני תהליכי התחמצנות אשר עלולים להתרחש בזמן אחסון.
- במהלך הבדיקה, דוגמת הבנזין מוכנסת לכלי מתכתי סגור (המכונה "פצצה"), תחת לחץ חמצן של 100 psi. הפצצה מחוממת ל-100°C.
- "נקודת השבירה" מוגדרת כזמן בו נרשמת נפילת לחץ חמצן משמעותית בפצצה – כלומר, נפילת לחץ של 2 psi במשך 15 דקות או פחות.
- הזמן החולף עד לנקודת השבירה מכונה **זמן אינדוקציה**.
- זמן האינדוקציה המינימלי הנדרש מהבנזין הנו 360 דקות.

