



תקציר בנושא הדלקים לתלמידי קורס ממוני אנרגיה

תוכן:

1. דלקים פוסיליים ומקורותיהם

1.1 זיקוק נפט – מוצריז ותכונותיהם.

1.1.1 הנפט.

1.1.2 הפחם.

1.1.3 המזוט.

1.1.4 הסולר.

1.1.5 הבנזין.

1.1.6 הגפ"מ.

1.1.7 הגז הטבעי.

נכתב ע"י נוי

נערך ע"י דוד תורן.

מהדורה: יולי 2012.



הרכבו של הנפט הגולמי:

הנפט הגולמי הוא חומר דלק המורכב מתערובת של תרכובות כימיות רבות, שנוצר בחומרים אורגניים (ימיים) כמו פלנטון/אצות שהצטברו במשך מאות מיליוני שנים בתנאי לחץ וטמפרטורה קיצוניים, ללא נגישות לחמצן.
החומר התפרק כימית והופך ל"קרורגן" (חומר דמוי שעווה) שבטמפי' ובלחץ הגבוהים השוררים מתחת לקליפת כדור הארץ הופך לנוזל שזורם ומצטבר באיזור שבו שכבת הסלע אינה חדירה.

רובן של התרכובות האלו הן פחמימנים ומקצתן חומרים אורגניים גופרתיים, חומרים אורגניים המכילים חנקן או חמצן, גם חומרים לא אורגניים כגון: גפרית, מימן גפריתי, כמויות זעירות של מתכות כגון: צורן, ברזל, ניקל, סידן ונדיום ועוד.

למרות השוני הרב שבין סוגי הנפט הגולמי המופקים בעולם (השוניים מארץ לארץ, משדה לשדה ואף מקידוח לקידוח בשדה אחד), הרכבו של הנפט הגלמי אחיד והשינויים בריכוזי היסודות הכימיים העיקריים מעטים. באופן כללי, היסודות הכימיים העיקריים וריכוזם בנפט הגולמי הם כדלקמן:

פחמן (C) – 83-87% פחמן

מימן (H) – 11-14% מימן

שאר הפחמימנים הנפוצים הנמצאים בנפט הגולמי הם:

אתאן (C_2H_2), מתאן (CH_4), פרופן (C_3H_8) ובוטן (C_4H_{10}). חומרים אלו דליקים (במגע עם חמצן) ונדיפים כאמור, רוב התרכובות שבנפט הן "פחמימניים". הפחמימנים הם תרכובות אורגניות המורכבות מאטומי פחמן (C) ומימן (H) ביחסים שונים ובמבנה שונה. הפחמימנים שמספר אטומי הפחמן שבהם נמוך ובמצב גזי בתנאים רגילים. עם עליה במספר אטומי הפחמן, עולה משקלם הסגולי של הפחמימנים והם הופכים לנוזלים, ואילו לחץ האדים שלהם יורד, בהמשך גידול במספר אטומי הפחמן הופך הפחמימנים לנוזלים מוצקים.

ערכים טרמיים של חומרי דלק:

פחם אבן-אנטרציל-15,000	
פחם אבן – 14,000-3500	
בנזין- 20,000-5,000	BTU / ק"ג
דיזל 19,500-4,875	
עץ 8,000-2,000	
גז טבעי 10,000-2,500	

זיקוק נפט גלמי:

הנפט הגלמי הוא, כאמור, תערובת של מספר רב של תרכובות כימיות, בעיקר פחמימנים, ולכן הוא חומר גלם למוצרים רבים. בעיקר משמש הנפט הגלמי להפקת דלקים וחומרי סיכה. מלבד מוצרים אלה ניתן לייצר מנפט גלמי חומרים פלסטיים, צבעים, תרופות ועוד.

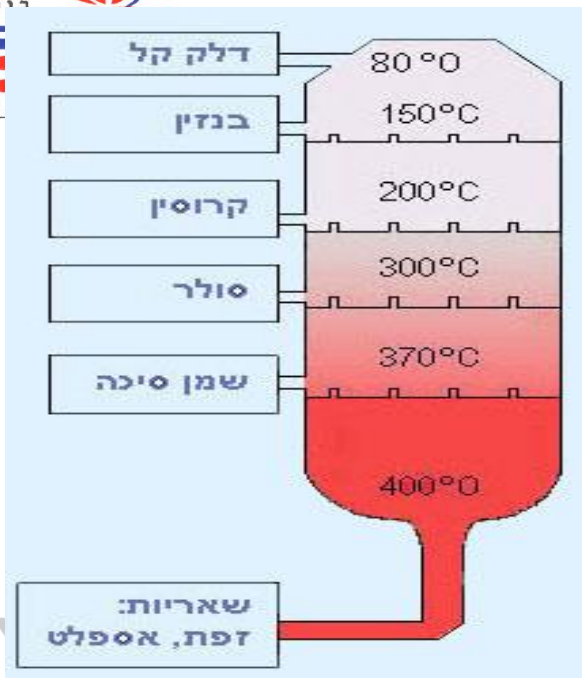
פעולות ההפרדה של התרכובות הכימיות השונות שבנפט הגלמי, והטיפול בהן, מתבצעות בבתי הזיקוק. התהליך העיקרי בטיפול בנפט הגלמי הוא הזיקוק (distillation) כלומר, חימום הנוזל,

איודו (הפיכתו לגז) ועיבוי האדים על ידי קירור חזרה למצב נוזלי. מאחר ולפחמימנים המרכיבים את הנפט הגלמי יש נקודות רתיחה שונות, ניתן להפריד את הנפט למרכיביו על ידי זיקוק לחלקים בעלי תחומי רתיחה שונים. חלקים אלה, המכילים פחמימנים המאופיינים על ידי תחום רתיחה משותף, נקראים בשם פירטות (fractions).

תהליך עיבוד הנפט בבתי הזיקוק המודרניים של היום, מתחיל מהזיקוק הראשוני. הנפט הגלמי נשאב ממיכלי האיחסון שבבתי הזיקוק (ראה ציור 1) דרך תנור חימום אל מגדל הזיקוק הראשוני (אטמוספרי). התנור בנוי בצורת חדר, שהצינורות מובילים את הנפט הגלמי מותקנים לאורך קירותיו ותיקרתו בצורת עקלתון. מערכת מבערים מספקת את החום הדרוש (טמפרטורת הנפט ביציאה מהתנור היא $370^{\circ}C - 400^{\circ}C$) משאבה מזרימה את הנפט מהתנור אל מגדל הזיקוק הראשוני.



קורסי הכנה לרשיון מתקין סוג 1, מתקין סוג 2
ימי עיון והשתלמויות בנושאי: בטיחות - הנעת רכב בגז - תקנים
אישורי וותק - תקופת הכשרה בליווי טכנאי בכיר רמה 2



מגדל הזיקוק הוא מיכל אנכי, שגובהו מגיע לכמה עשרות מטרים והוא מחולק ל "מגשים", שהם משטחים בעלי דופן מוגבהת ופתח יציאת נוזל המצוידים בכיפות. כיפות אלה, הנקראות "כיפות בעבוע", שמאפשרות לאדים לעלות מהמגש התחתון, ולעבור אל המגש שמעליו, ותוך כדי כך הם מתקררים במידה מסויימת ומתנזלים.

כל מגש מצויד גם בצינור, המאפשר זרימת נוזל ממגש למיכל שאוסף את המוצר לקראת שליחתו למגדל זיקוק משני (מפצח קטליטי).

עקרון הזיקוק הוא כדלהלן: כל חומר הופך מנוזל לאדים כאשר מחממים אותו לטמפרטורה אופיינית לו, הנקראת טמפרטורת הרתיחה (או נקודת הרתיחה). באותה טמפרטורה עצמה הוא גם מתעבה (הופך מאדים לנוזל) בהשפעת הקירור.

לדוגמא, אם נחמם מים לטמפרטורה של 100°C , המים ירתחו ויהפכו לאדים. אם נשים מעל מקום יציאת האדים מיכל קר, נראה שיווצרו טיפות מים במיכל, מחמת התעבותם של אדי המים חזרה למצב נוזלי.

הנפט הגולמי שחומם בתנור, מגיע למגדל הזיקוק כתערובת חמה של אדים ונוזל. הפחמימנים שהיו לאדים, עולים אל המגשים העליונים דרך כיפות הבעבוע, ואלו שנשארו במצב נוזלי נעים כלפי תחתית המגדל, כשהם עוברים ממגש למגש דרך הצינורות למילוי יתר.

הטמפרטורה החמה ביותר נמצאת בכניסה למגדל הזיקוק והיא יורדת ככל שעולים כלפי מעלה. הטמפרטורה הנמוכה ביותר היא במגש העליון.

האדים שנוצרו בעקבות החימום של הנפט הגולמי, עולים כלפי ראשו של מגדל הזיקוק דרך כיפות הבעבוע של המגשים, ותוך כדי עלייתם, הם מופרדים למוצרי הנפט השונים. זאת משום שכל מוצר מתעבה במגשים שהטמפרטורה שלהם היא בתחום טמפרטורת העיבוי (הרתיחה) שלו. אם עוברים האדים דרך נוזל שבמגש שלו הטמפרטורה עודנה גבוהה מטמפרטורת העיבוי שלהם, האדים ימשיכו בדרכם במעלה המגדל עד שיגיעו למגשים שהטמפרטורה שלהם היא בתחום טמפרטורת העיבוי שלהם, ושם יהפכו לנוזל. הפתחים הצדדיים שבמגדל הזיקוק מחוברים לצינורות ומאפשרים הוצאת הנוזל שהתעבה למיכלי האכסון.

מוצרי הנפט המזוקקים מתקבלים בסדר הבא (מהחלק התחתון של המגדל כלפי מעלה)

- סולר (gas oil) – תחום הרתיחה $160^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$
- נפט (kerosene) – תחום הרתיחה $150^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$
- בנזין (gasoline) – תחום הרתיחה $35^{\circ}\text{C} - 195^{\circ}\text{C}$



תכונות פיזיקליות:

משקל סגולי 0.8-0.9 ק"ג/מטר .

סוגים ומושגים בעולם הנפט:

נפט קל - $API < 341$ – קל יותר לזיקוק .

משקל נמוך יותר .

מכיל פחות משקעים.

צריך פחות אנרגיה כדי להפכו לדלק שימושי.

נפט בינוני- $22.3 < API < 31.1$

נפט כבד- $API > 10$

ביטומן-(משמש כחומר גלם לאספלט) $API < 10$

ככל שהנפט קל יותר הוא נחשב לטוב יותר ומחירו עולה.

תכולת גופרית:

הגופרית מפריעה לתהליך השרפה של הנפט והוצאתה החוצה מחייבת השקעת אנרגיה וזמן.

נפט דל גופרית (מסוג בראנט או מסוג TEXAS SWEET LIGHT),

הינו נפט שמכיל פחות מ- 1% גופרית והוא יקר יותר מנפט המכיל גופרית

בכמויות של מעל 1% ושנחשב לנפט "חמוץ" וזול יותר.

הפחם

הפחם לבערה בתעשייה הינו פחם אבן (COAL), מחצב שהינו שלב ראשוני בתהליך היווצרות הדלק הפוסילי, מופיע בצבע שחור או חום ויכול להכיל עד כ- 96% פחמן.

מקורותיו של פחם זה במכרות פתוחים (על קרקעים) או במכרות תת קרקעים והוא היה נחשב כחומר דלק מזהם אך כיום כשטכנולוגית השריפה התייעלה הוא נחשב למזהם פחות מהמזוטים לסוגיהם.

סוגי פחם נפוצים:

ליגנתי- מכיל 46% עד 60% פחמן- זול ומזהם ביותר.

פחם תת ביטומני- מכיל 60% עד 69% פחמן.

פחם ביטומני- מכיל 69% עד 86% פחמן. וערכו הקלורי 7,700 קק"ל/ק"ג או 32,190 KJ/KG

פחם אנטרני- מכיל מעל 86% פחמן- היקר "והנקי" ביותר.

בישראל משתמשים בפחמן ביטומני כחומר השרפה העיקרי בתהליכי יצור החשמל בתחנות הכוח שבחדרה ואשקלון.

מזוט

מזוט- הוא תוצר תחתון של תהליך זיקוק נפט ומשקלו הסגולי כבד יחסית.

המזוט מכיל כמויות גדולות של גפרית, עופרת ומתכות אחרות דבר שמעמיד אותו בראש חומרי הדלק המזהמים.



המזוט מחולק לסוגים שונים בסולם של 6 דרגות:

מזוט המצוין במס' 1 = קרוסין נפט / דס"ל – מזוקק יחסית ומזהם ברמה הנמוכה ביותר מכל סוגי המזוט.

מזוט המצוין במס' 2 - קרוסין / נפט לחימום.

מזוט המסומן במספרים 3,4,5 - נקרא מזוט מזוקק ומשתמשים בהם להנעת אוניות, הסקות וכו'.

מזוט כבד המסומן במס' 6 - משמש כחומר לבערה בתוך כבשנים (כמו במפעלים ובתחנות כוח)

טמפ' רתיחת מזוט - החל מ-370 מעלות צלזיוס ועד 600 מעלות צלזיוס.

סולר

סולר ($C_{12}H_{26}$) הינו תוצר של זיקוק נפט גולמי.

טמפ' הזיקוק של חומרי הסולר השונים נעה בין $200^{\circ}C$ ל $350^{\circ}C$ בהתאם לרמת הזיקוק.

משקל סגולי סולר : 0.847 ק"ג / ליטר .

ערך קלורי סולר - $8,712 \text{ קק"ל/ק"ג}$ ← $10,368 \text{ קק"ל/ק"ג}$.

הסולר לתחבורה והסולר להסקה הינם מוצרים שונים זה מזה, הסולר להסקה הינו חומר גולמי ו"מלוכלך" יחסית לסולר לתחבורה שכיום מיוצר הארץ בהתאמה לתקן "יורו 5" המחמיר ושהוצאו ממנו כל החומרים המסרטנים כגון עופרת וגפרית וכמות תוצרי הלוואי המזהמים שהוא פולט הינה התחום המותר.

בנזין

גם הבנזין הינו תוצר של זיקוק נפט גולמי והוא בעל אחוז גבוה יחסית של פחמימנים (5-12 אטומים למולקולה).

קיימים סוגים רבים של חומרים בנזינים המשמשים פרט להיותם חומר דלק להנעת רכבים ומנועי שריפה פנימית גם כחומרי ניקוי והסרת שומנים (דגריזרים), כחומרים מחטאים ועוד.

את הבנזין הראשוני המופק במגדל הזיקוק "שולחים" באמצעות צנרת למגדל זיקוק נוסף (מפצח) ושם מנקים ממנו את הגפרית ובמיוחד את העופרת כדי להתאימו לשימושי השונים ומצד שני מוסיפים לו חומרים אחרים בכדי לפצות על אובדן חלק מתכונותיו.

חומרים אלו נקראים חומרים ארומטיים וחלק מהם כגון בנזן נחשבים כחומרים מסרטנים ומסוכנים.

הדרוג המקובל של הבנזין למנועי בערה פנימית (לרכבים ולמטוסים) נעשה לפי סולם "אוקטן" שמתאר את העמידות של הדלק בפני תופעת ההצתה המוקדמת (החומר נדלק לפני שהגיע לטמפ' הבערה שלו).

עמידות הבנזין בפני ההצתה המוקדמת שפוגעת במנועים ויכולה אף לגרום להפסקת פעולתם, תלויה ביחס של חומרים כגון אזואוקטן (TRI-METHYL- PENTAN) ושל חומר נוסף הנקרא "הפטן".

ע"י שינוי בערכים של החומרים הנ"ל ניתן לקבל בנזין בערכי "אוקטן" הגבוהים מ-100 אוקטן למנועי מטוסים ומזלטים, (120-130 אוקטן). ובנזין לתחבורה בערכים ידועים של עד 98 אוקטן (נכון להיום).

משקל סגולי בנזין : 0.752 ק"ג / ליטר .

ערך קלורי בנזין $8,712 \leftarrow 10,776 \text{ קק"ל}$.

סכנות : רצוי להימנע מלנשום את אדי הבנזינים השונים כי הפחמימנים הלא שימניים (ארומטיים) שבמרכיבי הבנזין הינם מסרטנים.



גז הג'פ כבד מהאוויר פי 2 (2 ק"ג /מ"ק).

נוזל הג'פ"מ הינו קל מהמים (0.56 מ"ק/ג'ליטר).

בישראל הרכב הג'פ"מ לתקופת הקיץ הינו 80% בוטאן, 20% פרופן ואילו ג'פ"מ לחורף "מועשר" בפרופן ומכיל 40% פרופן ו-60% בוטאן.

לחץ הגז בטמ' הסביבה 15.5 מעלות הוא כ 2 בר והלחץ המקסימלי שבו הוא מאוחסן (לפי התקן) הינו 17 בר (בטמ' של 60°C).
היחס שבו הוא מאוחסן במיכלים הינו 1:250 - כלומר 1 ליטר ג'פ"מ נוזלי יתפשט לנפח של 250 ליטר בתנאי סביבה רגילים (15.5 מעלות, גובה פני הים).

הג'פ"מ הופך להיות נפיץ בכמות של 10%-2% ביחס לנפח האוויר שבו הוא נמצא.

כדאי לסייע בגילוי נזילות ג'פ"מ מוספים לגז, שהוא חסר צבע ו/או ריח, חומר מצחין הנקרא "מטיל-מרקפטאן" שבמגע עם האוויר מתחמצן ויוצא ריח רע.

ערך קלורי של הג'פ"מ נע בין 11,800 עד 10,800 קק"ל/ק"ג.

גז טבעי

חומר דלק המופק מבערות גז (לשעבר בארות נפט/מאגרי נפט) או מהתפרקות כימית של חומרים אורגניים (אתרי פסולת, זבל פרות).

המרכיב העיקרי הוא : מתאן 85%, אתאן- 10%, פרופן ובוטאן כ- 5%.
במצבו הטבעי (טמ' ולחץ הסביבה) החומר במצב גז.

ניתן להנזיל אותו (LIGUID NATURAL GAS-L.N.G) בטמ' -161°C (בלחץ אטמוספרי).

או לדחוס אותו למיכלים COMPRESSED NATURAL GAS=C.N.G.

ניתן להשתמש בגז יבש (ביוטני) שהוא 100% מתאן (גז טבעי כמו ברפתות, מאגרי אשפה) או בגז רטוב כמו זה המופק מבארות נפט.

ערך קלורי : 7,750 ק"ג.

משקל סגולי ב $15.5^{\circ}\text{C} = 0.555$ ק"ג /מ"ק.

זול לייצור .

הגז הטבעי מסופק בצנרת (תקן 869) ממאגרים הנמצאים בנקודת הקליטה (נמל/חוף ים) ומוסע עד ליעדו תוך שהוא עובר בדרכו תחנות הגברת לחץ ותחנות להורדת הלחץ מלחץ ההובלה ללחץ הצריכה.

מחירו של הגז הטבעי זול גם בגלל שאין צורך במתקני אגירה / איחסון עד להולכתו לצרכנים.

הגז הטבעי מזהם פחות מגז פחממני מעובה (ג'פ"מ-LPG) ומייצר :

כ-30% פחות CO_2 (גז חממה) וכ-45% פחות פחם