

גז טבעי (כדלק)

תכונות ומשמעויות

ד"ר אהוד סוצקובר

050-7429000

sutskover@gmail.com

שימושים

- מקור אנרגיה יעיל ונקי בתחנות כוח, בתעשיות הכימיה והפטרוכימיה, במפעלי מתכת ונייר, במתקני התפלה ובתעשיות נוספות.
- מתאים לשימוש לצריכה ביתית ובעסקים קטנים, בעיקר לצרכי חימום ובישול.
- משמש חומר גלם לתעשיות כימיות אחדות.
- משמש כדלק בכלי רכב פרטיים וציבוריים.

יתרונות של גז טבעי

- הפחתת עלויות ישירות ועקיפות (כגון בייצור חשמל) מחיר הדלק, עלות הקמה, עלות הקרקע, מתקני הפחתת פליטות, הפחתת שחיקה, פחות סתימות מסננים, חיסכון בתחזוקה, גמישות תפעולית, כח אדם.
- שיפור בנצילות (שטחי החלפת חום נקיים)
- נח ליישום בקו-גנרציה (שבה הנצילות גבוהה)
- הפחתה בפליטת פחמן דו חמצני (יחס מימן פחמן)
- צמצום בפליטת מזהמים (תחמוצות גפרית וחנקן, חלקיקים)
- קידום תחרות בתעשייה (נגישות, תחנות פרטיות ועוד)
- סביבת עבודה נקייה ושקטה

גז טבעי - NG

יחס הנפחים

מונזל - LNG (600:1)

דחוס - CNG (250:1)

ו"ש אס NGL - "נוזלי אל סבאי"

גז טבעי - תערובת

גז טבעי הוא תערובת במצב צבירה גזי, שאותה מפיקים ממקורות תת קרקעיים. התערובת מכילה פחמימנים, אשר מרכיב הרוב בהם מכונה מתאן. התערובת מכילה בדרך כלל גם אתאן, פרופאן ופחמימנים כבדים יותר בכמויות הולכות ופוחתות על פי כבדן. תערובת זו (גז טבעי) משמשת כדלק, וגם כ"חומר מוצא" בתעשייה הכימית.

תערובת הגז הטבעי מכילה גם רכיבים בלתי דליקים (אינרטיים) כגון חנקן ופחמן דו חמצני ורכיבי מיעוט אחדים (חמצן, מים, תרכובות גפרית וכו')




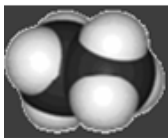
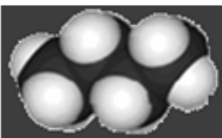


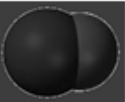
Upstream - מגזר חיפושים והפקה

Downstream (& Midstream) - מגזר שיפורי איכות והובלה ללקוח הסופי

דוגמאות להרכב של גז טבעי ממקורות שונים (% n/n)

		NG		gLNG
		י ס ט ת י ס	ת מ ר	ח ו י ל
CH_4	מתאן	99.43	99.03	97.68
C_2H_6	אתאן	0.21	0.34	1.97
C_3H_8	פרופאן	0.043	0.141	0.272
iCH_4	איזו-בוטאן	0.010	0.028	0.032
nCH_4	בוטאן	0.007	0.021	0.022
iCH_5	איזו-פנטאן	0.003	0.017	0.006
nCH_5	פנטאן	0.002	0.005	0
C_6^+	הקסאן וכבדים ממנו	0.010	0.006	0
N_2	חנקן	0.206	0.247	0.018
CO_2	פחמן דו חמצני	0.084	0	0

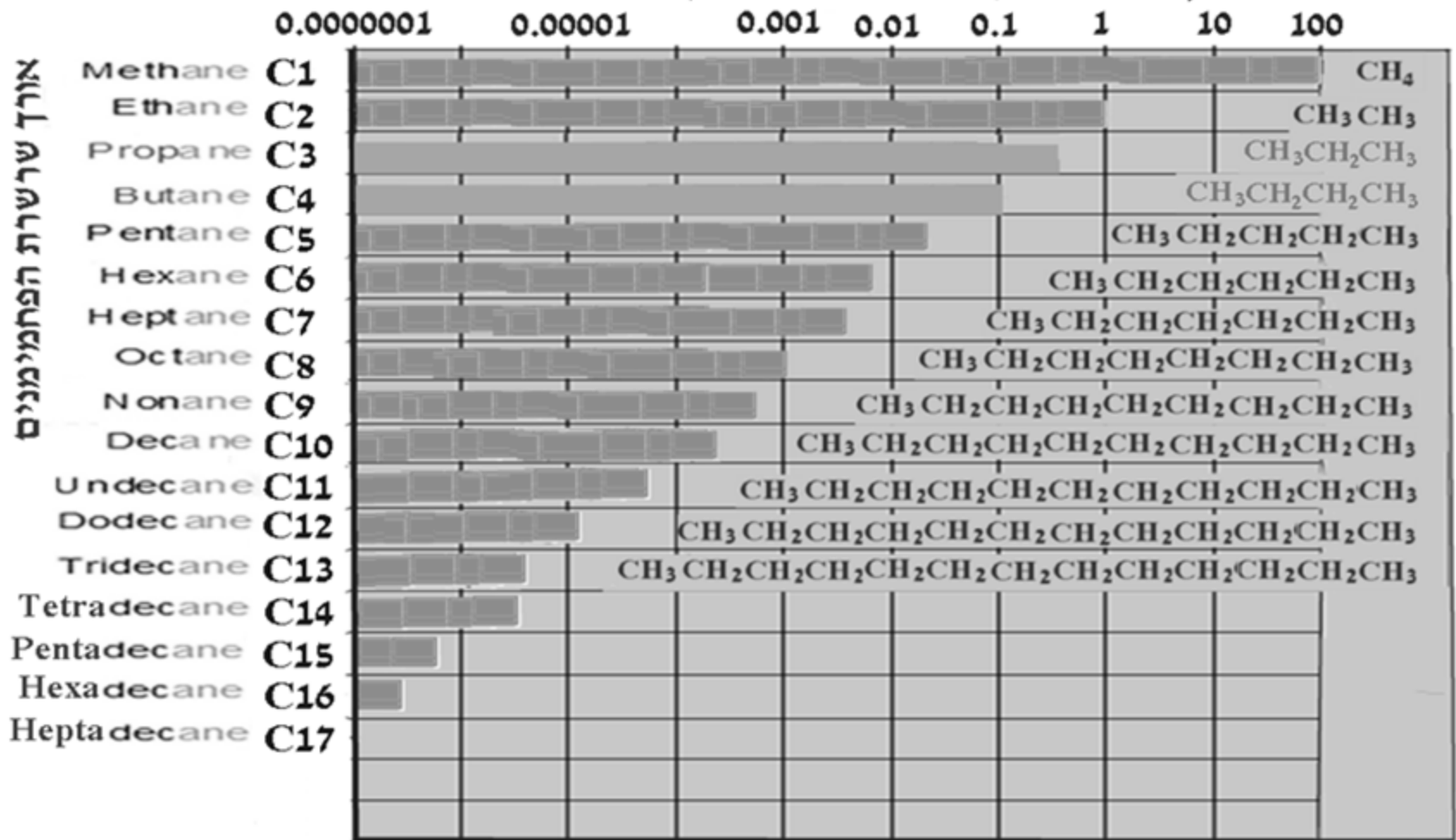
דוגמאות נוספות למאון איכות

 <p>חנקן</p> <p>MW=28.01 $\rho(15) = 1.18 \text{ Kg/m}^3$ RD = 0.97 לא רעיל, אבל....</p>	 <p>חמצן</p> <p>MW=31.99 $\rho(15) = 1.35 \text{ Kg/m}^3$ RD = 1.1 לא רעיל, אבל....</p>	<p>אוויר</p> <p>MW=28.96 $\rho(15) = 1.225 \text{ Kg/m}^3$ RD = 1 לא רעיל</p>	 <p>מתאן</p> <p>MW= 16.04 $\rho(15) = 0.6798 \text{ Kg/m}^3$ RD = 0.555 לא רעיל, אבל....</p>	<p>גז טבעי ("תמרי")</p> <p>MW= 16.267 $\rho(15) = 0.6894 \text{ Kg/m}^3$ RD = 0.563 לא רעיל, אבל.... טהור</p>
 <p>אתאן</p> <p>MW= 30.07 $\rho(15) = 1.28 \text{ Kg/m}^3$ RD = 1.047 לא רעיל, אבל....</p>	 <p>פרופאן</p> <p>MW= 44.09 $\rho(15) = 1.89 \text{ Kg/m}^3$ RD = 1.55 לא רעיל, אבל....</p>	 <p>בוטאן</p> <p>MW= 16.04 $\rho(15) = 0.6798 \text{ Kg/m}^3$ RD = 0.555 לא רעיל, אבל....</p>	<p>גז טבעי כבד מעט ממתאן קל מהאוויר (גלאים עליונים, אווררים) אינו רעיל אך דוחה אוויר בבעירה לא מושלמת עלול להיווצר רעל</p>	
 <p>מים</p> <p>MW= 18.01 $\rho(15) = 0.8 \text{ Kg/m}^3$ RD = 0.658 לא רעיל, אבל....</p>	 <p>פחמן דו חמצני</p> <p>MW= 44.01 $\rho(15) = 1.87 \text{ Kg/m}^3$ RD = 1.53 לא רעיל, אבל....</p>	 <p>פחמן חד חמצני</p> <p>MW= 28.01 $\rho(15) = 1.18 \text{ Kg/m}^3$ RD = 0.967 רעיל</p>		

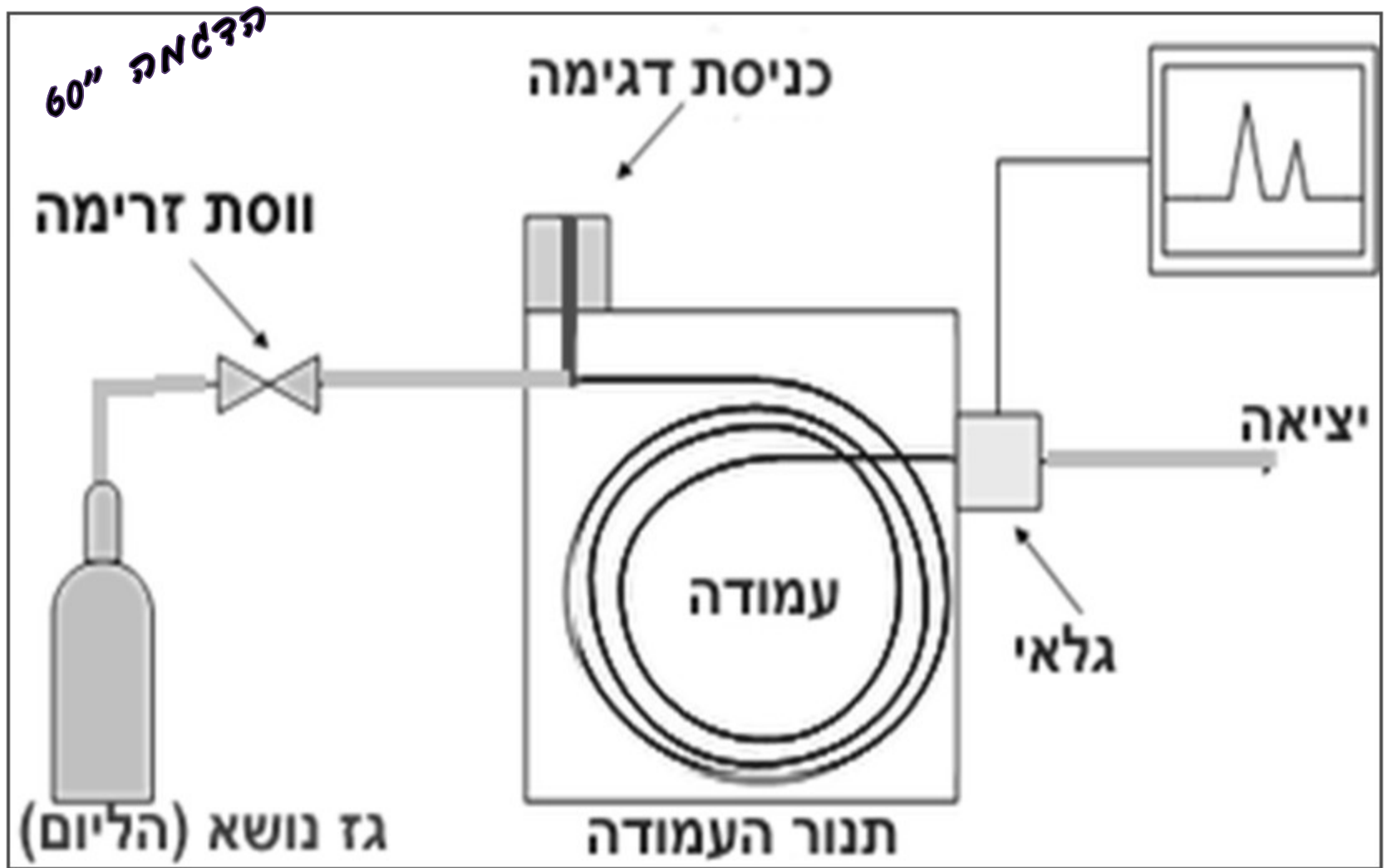
מרכיבים עיקריים בגז טבעי

(בהתאם לתנאי האזור)

ריכוז הפחמימן בתערובת (אחוזי מולים) סקלה לוגריתמית



(ככל המולקולה קצרה יותר – כך יש הרבה יותר ממנה)
 לשאריות מזעריות של מולקולות כבדות יש משמעות גדולה
 יש גם גזים שאינם דליקים כגון חנקן ופחמן דו חמצני



רכיבי מיעוט בגז טבעי

מימן גפרי (H₂S): גז דליק רעיל, חסר צבע, בעל ריח אופייני, קורוסיבי. מהווה חלק מכלל תרכובות הגפרית. מפאת חשיבותו נמדד בצורה מקוונת לפני הזנתו לצנרת ההולכה.

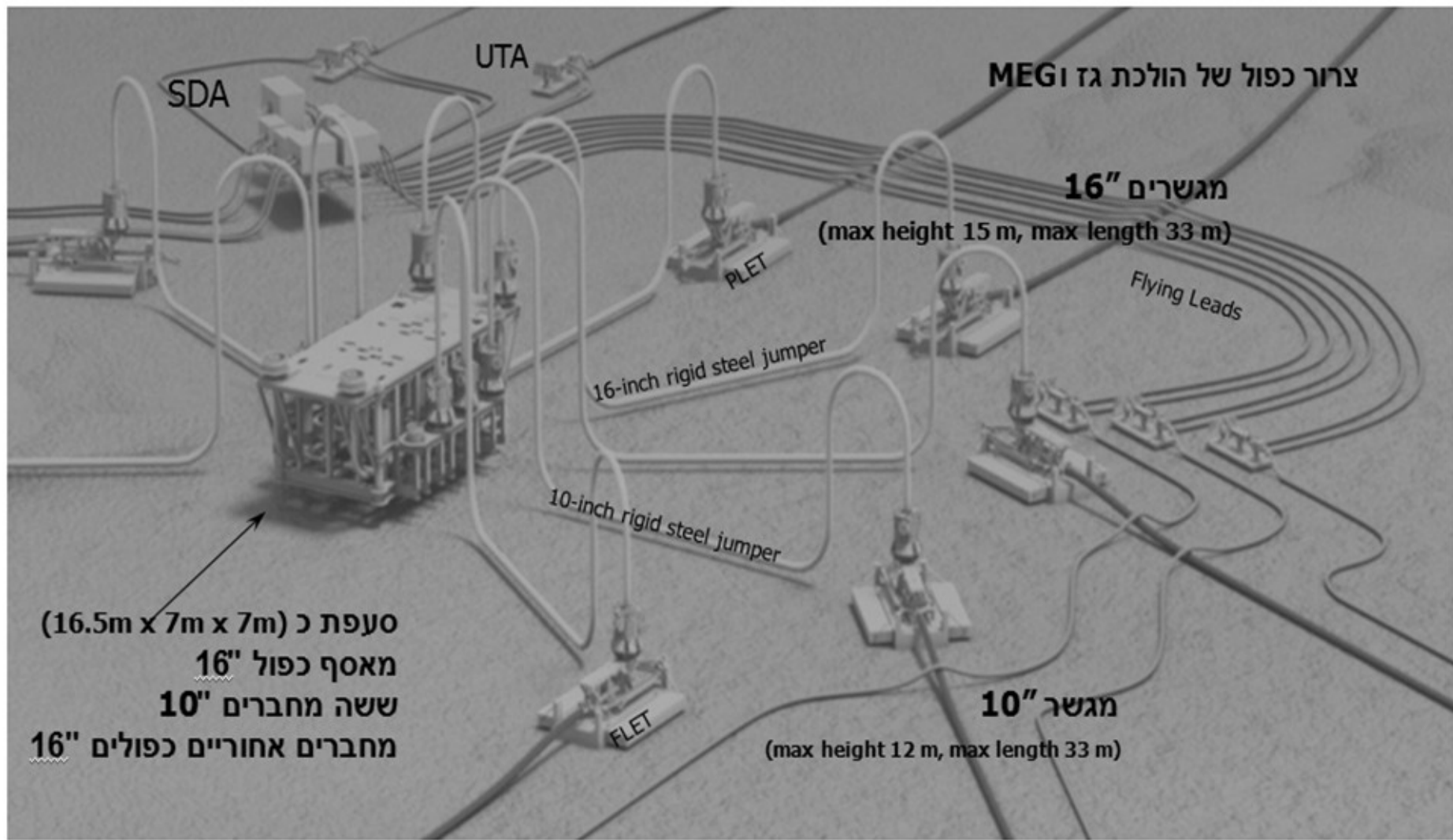
כלל תרכובות הגפרית: לכלל תרכובות הגפרית יש השפעה מזיקה בתהליכי ההפקה והשינוע. יש להם חשיבות בתחום איכות הסביבה (פליטת תחמוצות, הרעלת מתקנים). הרגולציה מגבילה את כמות תחמוצות הגפרית שמותר לפלוט במתקני המרת אנרגיה.

מים: מחוללי קורוזיה, מזיקים במכונות המרת אנרגיה. מוגבלים על ידי מפרט.

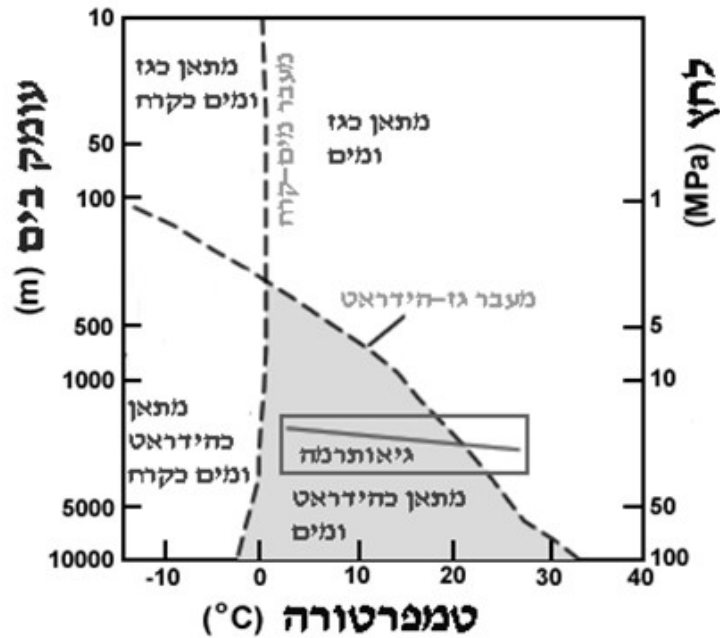
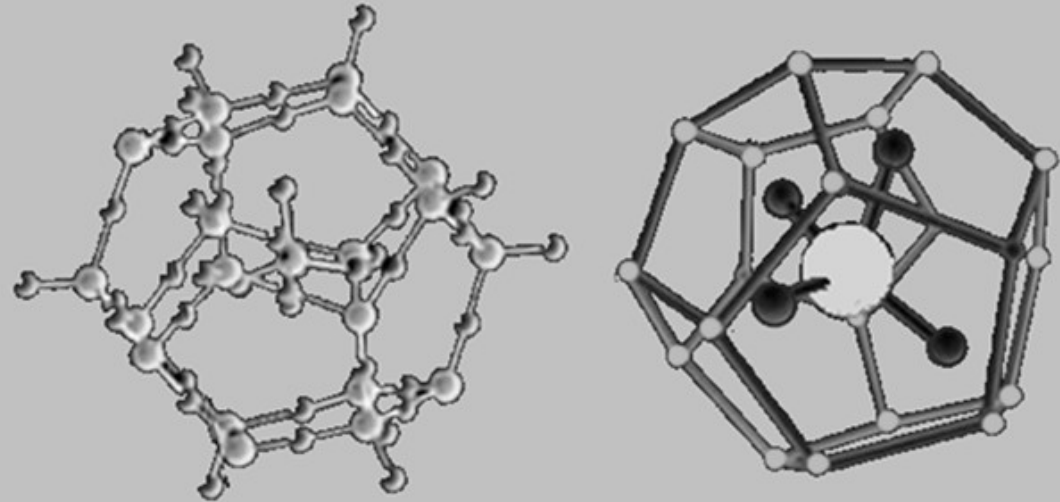
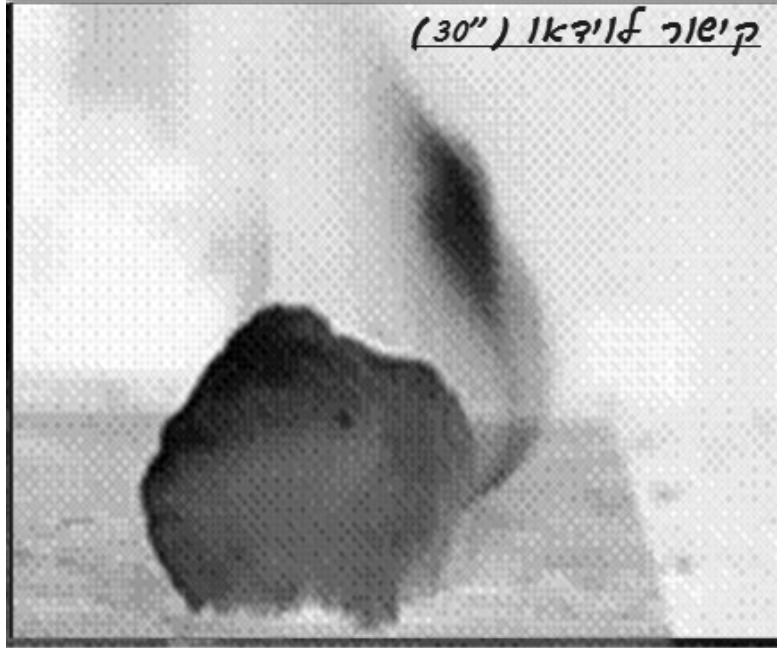
חנקן: מפחית את הערך הקלורי. של הגז הטבעי

פחמן דו חמצני: מפחית את הערך הקלורי. של הגז הטבעי. חומצי, קורוזיבי בתנאי לחות.

חמצן: מקורו בדרך כלל זיהום בתהליכי שינוע או אחזקה. קורוזיבי ובנוכחות פחמן דו חמצני, מימן גפרי או בקטריה



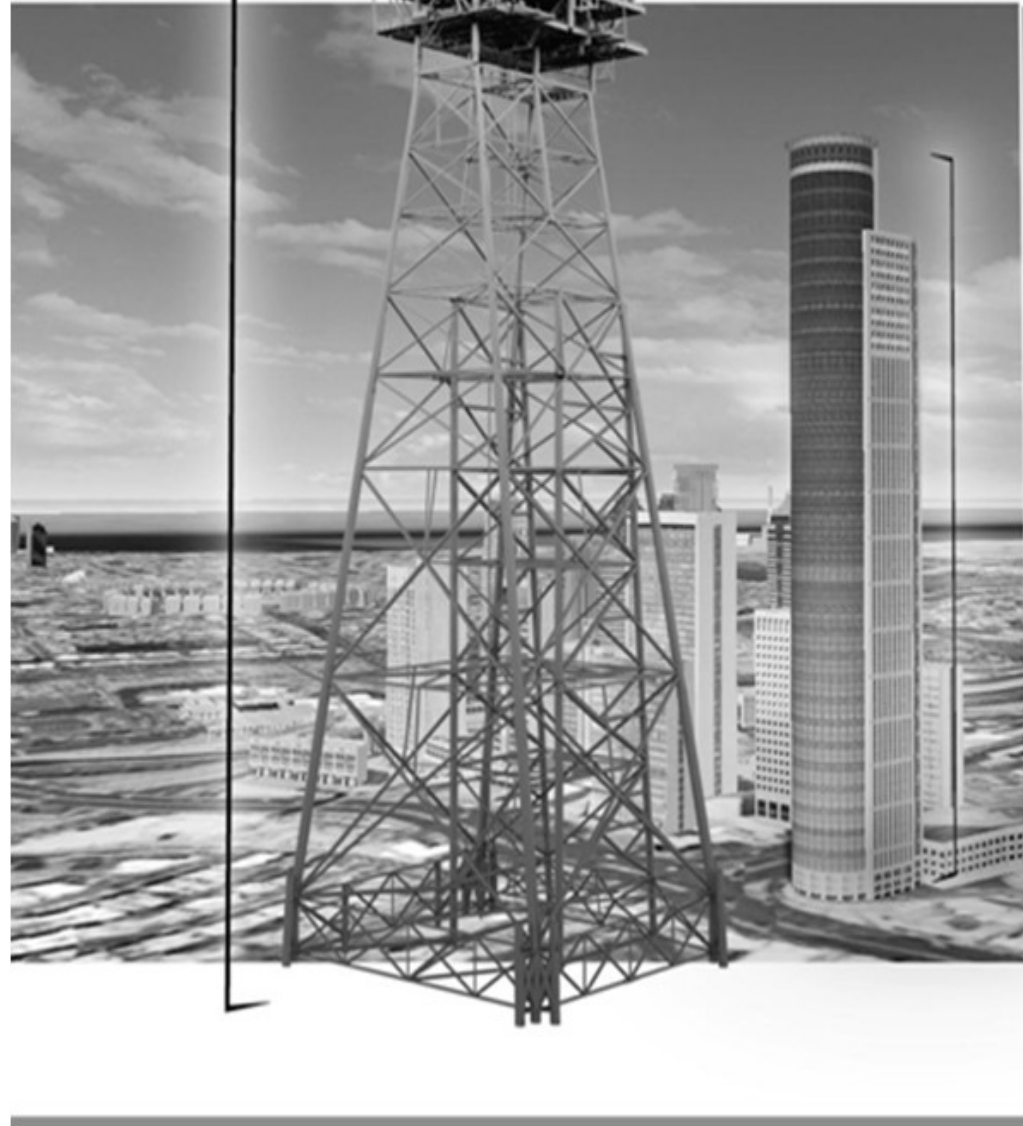
הידרטים (קלטרטים)



חשש עיקרי - בצינור המוביל מהבאר
 וכן בשינויי טמפרטורה עקב שינויי לחץ
 עתודות אנרגיה עצומות
 משמעות אקלימית מקומיות וגלובליות

Tamar Platform
950ft, 290m

Moshe Aviv Tower
Ramat Gan, Israel
801ft, 244m



משקל הפלטפורמה כ 10 אלף טון
וביחד עם המגדל כ 35 אלף טון



תכונות הגז נגזרות מהרכבו (= זהות מרכיביו וכמותם)

וההרכב נגזר מ :

מה שבא מהבאר

פחות מה שמוציאים בתהליכי העיבוד (הפלטפורמה, ותחנת הקבלה)
ועוד שאריות מחמרי העיבוד שלא סולקו לגמרי
ועוד תוספים - כגון חומרי הבאשה- (תרכובות גפרית)
ועוד "לכלוד" (אבק קורוזיה, רסיסי שמן מדחסים...)

תמצית פעולות

בפלטפורמת תמר

הפרדה בין גז לבין מים, לבין תעבית (קונדנסט) ולבין MEG
ייבוש הגז ממים (TEG)
מדידות (לחץ ובקרת ספיקה)

במתקן הטיפול באשדוד (AOT)

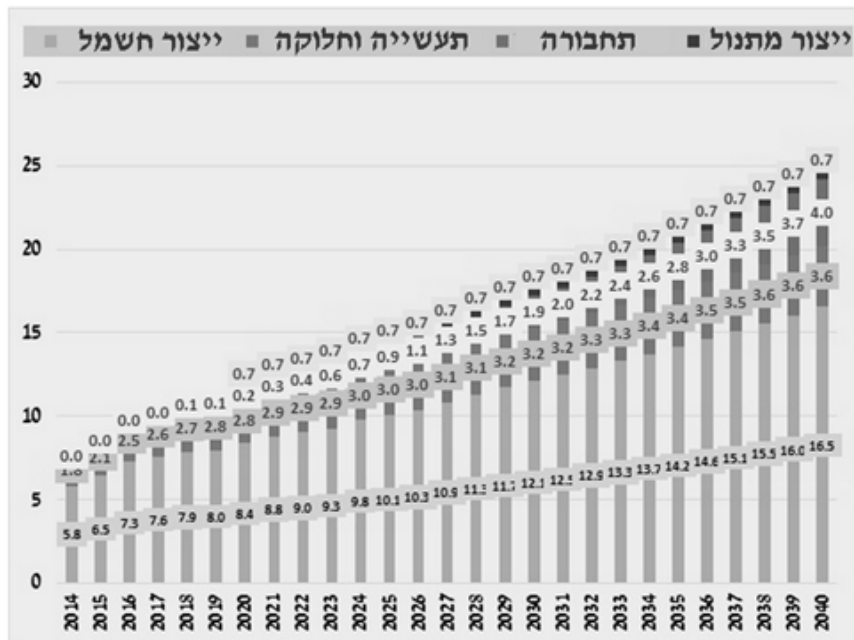
בקרה על התאמת נקודת הטל הפחמימנית (מתקן JT)
מדידות גז (לחץ ובקרת ספיקה)
ייצוב הקונדנסט ("שאיבת" הרכיבים הנדיפים ביותר להתאמה
לדרישות באיחסון קונדנסט)
מדידות איכות וכמות

המוצר הוא "גז יבש", ש"איננו חמוץ",
ומתאים למפרט הלקוחות ולמפרט ההולכה

מתוך אתר רשות הגז

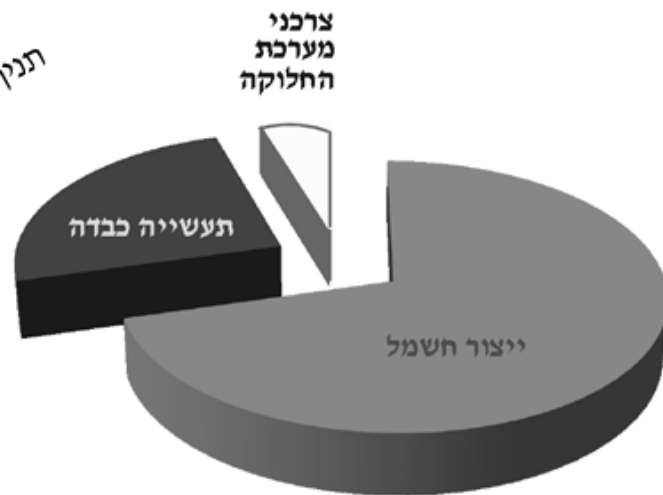
<http://energy.gov.il/Subjects/NG/Pages/GxmsMniNGEconomy.aspx>

תחזית הביקושים במשק עד שנת 2040 (BCM)



ב 15-2014 נרשמו כ 6 BCM לייצור חשמל אבל יש גם ייצור בפחם, בתאים פוטו-וולטאים ועוד

תנ"ק & כריש 70 BCM



מתוך: פיתוח משק הגז הטבעי
בחינת נושא ייצוא גז טבעי בישראל
עבור נתג"ז (2012)

<http://energy.gov.il/Subjects/NG/Documents/עמדות/INGL.pdf>

#	שדה	נפח ממוצע (BCM)
1	1/7 (ים סתים) נעה	4
2	1/12 תמר	238
3	דלית	8
4	1/8 מד יבנה	1
5	349 לויתן רחל	456
6	350 לויתן עמית	129
7	347 מירה	85
8	352 דוד	85
9	351 חנה	85
10	353 ערן	85
11	332 שמשון	68
12	348 שרה	55
13	387 שמן	3
	ס"ה	1,047

3.2.1 עתודות גז מוכחות (ידועות)

לשם ניתוח היקף הגז הטבעי הניתן לייצוא מהמשק הישראלי בגישה שמרנית יחסית, יש לבחון מהן עתודות הגז המוכחות (או קרובות לכך) על פי הטכנולוגיה הקיימת היום.

עתודות הגז הידועות היום במשק הישראלי מרוכזות ב-13 רישיונות* ומוערכות בכ- 1,047 BCM, כמפורט בטבלה להלן



Gas Development and Production

1 BCM = 1.000.000.000 מטר קובי (מיליארד)

ב 10 BCM (סדר גודל) אפשר לייצר את צריכת החשמל השנתית בישראל

ספקי גז

מערכת הפקה, טיפול, עיבוד, הפחתת לחץ ומדידות.
עד נקודת הקבלה החופית (AOT)
מערכת תמר: $80 \ll 100 \ll 150 \ll 500$ (bar)

בעל רשיון ההולכה
נתג"ז (חברה ממשלתית,
מקימה ומפעילה)

מתקן משיק לקבלה, מדידות איכות קבלה ואיכות מסירה,
צנרת, הגפה, הפחתת לחץ ומדידות (PRMS), בתי PIG, המצוף.
לחץ **16-80 bar**

צרכני הולכה
גדולים

מתקני המרת אנרגיה,
צנרת, שליטה...
 $\sim 5-58$ (bar)

חלוקה בצנרת, הגפה, הפחתת
לחץ, מדידות (PRS, MS),
לחץ נמוך מ **16 bar**

צרכני חלוקה

מתקני המרת אנרגיה,
צנרת, שליטה...
עד 2 (bar)

6 בעלי רשיונות חלוקה
אזוריים

(זכיינים פרטיים- תכנון,
רישוי, הקמה, בעלות, הפעלה).

אחסון והובלת גז דחוס

צרכנים חסרי
חיבור לתשתית
(תחנות תדלוק רכב?)

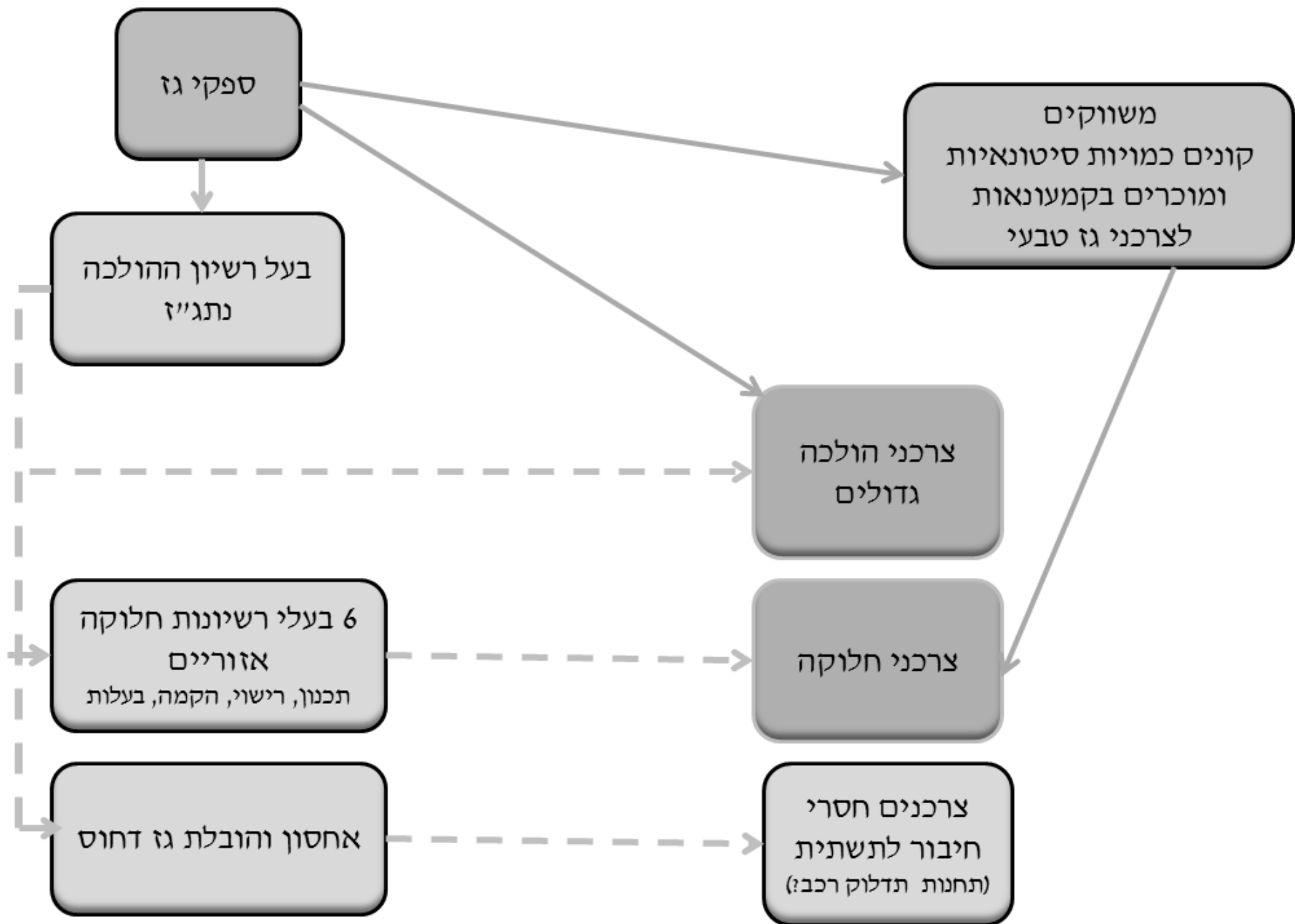
לחצים בצנרת בסביבת חברות החלוקה (סדרי גודל)

הולכה לחלוקה (PRMS נתג"ז) $16 \ll 80$ (bar)

חלוקה לחלוקה (PRS) $7 \ll 16$ (צנרת פלסטיק)

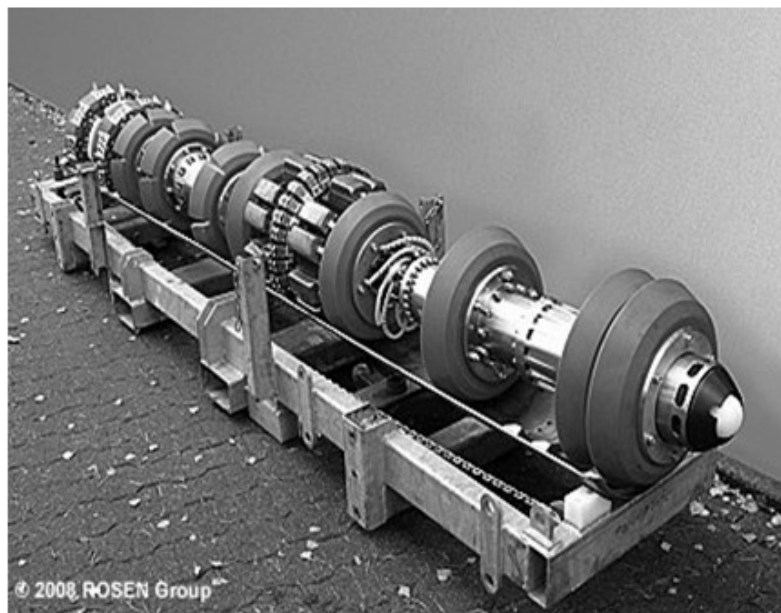
חלוקה למפעלים $2 \ll 7$ (+ מניה)

במפעל לציווד קצה < 2 (כגון 0.3 - 1.5)

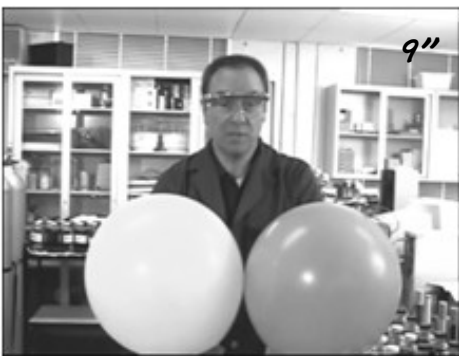




PIG
100''



תכונות התערובת המכונה גז טבעי



קל מהאוויר

חסר צבע

המרכיב העיקרי חסר ריח

(מוסיפים "מבאיש" בחלקים של המערכת)



דליק / נפיץ

(אם נמצא ביחס ערבוב מתאים עם אוויר)

בהדגמה זו:

לא לנסות בבית

- צפיפות NG מול צפיפות LNG
- משפיע על תכונות חומרי מבנה לציוד ומתקנים
- LNG נאגר רק ב"כלים פתוחים"
- גז טבעי נדלק רק כתערובת מוגדרת עם אוויר

(ובתחום צר למדי)



הדגמות LNG נוספות

10"	שפוך על החול
10"	ורד
25"	אקווריום
60"	קירור מתכת



נקודת הבזק (flash point): הטמפרטורה הנמוכה ביותר שבה נוזל הופך לאדים, ויוצר תערובת דליקה עם האויר. באמצעות מקור הצתה (ניצוץ, תנור),

נקודת ההתלקחות עצמית (auto ignition): הטמפרטורה הנמוכה ביותר שבה חומר נדלק מעצמו ללא מקור הצתה חיצוני.

נקודת הבעירה (fire point): הטמפרטורה שבה החומר ממשיך לבעור גם לאחר סילוק מקור ההצתה והיא גבוהה מעט מנקודת ההבזק.

גבולות נפיצות (עליון ותחתון) תיתכן בעירה רק אם ריכוז אדי החומר באוויר נמצא בין הגבולות

Flash Point ° C	Auto Ignition ° C	LEL – UEL % באוויר	
-253	500	4 - 75	מימן
-188	595	5 - 15	מתאן (גז טבעי)
-104	435	2 - 10	פרופאן
- 60	405	1.8 – 8.5	בוטאן
8.9	363	3 - 9	כהל אתילי
- 43	280	1.5 – 7.5	בנזין
50	295	0.5 – 5	נפט

סיכריה בואצרת: 400 °C **הפדדית**. 580 °C **מארכל**. 700 °C **השאיפה**

תאונת גז טבעי בניו מקסיקו

ב 19 באוגוסט 2000 ב 05:30 בערך
נקרע קו גז טבעי 30" של חברת
El Paso Natural Gas (ניו מקסיקו)

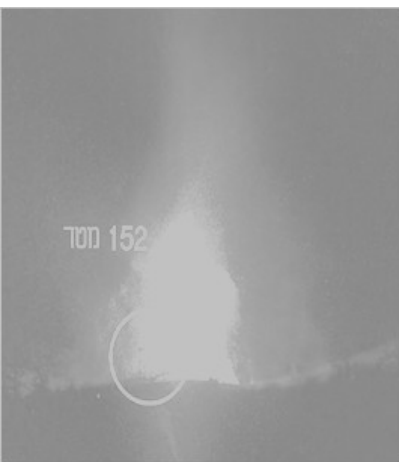
הגז ניצת ובער במשך 55 דקות.

12 אנשים שחנו במרחק 200 מטר נהרגו

ומכוניותיהם נהרסו.

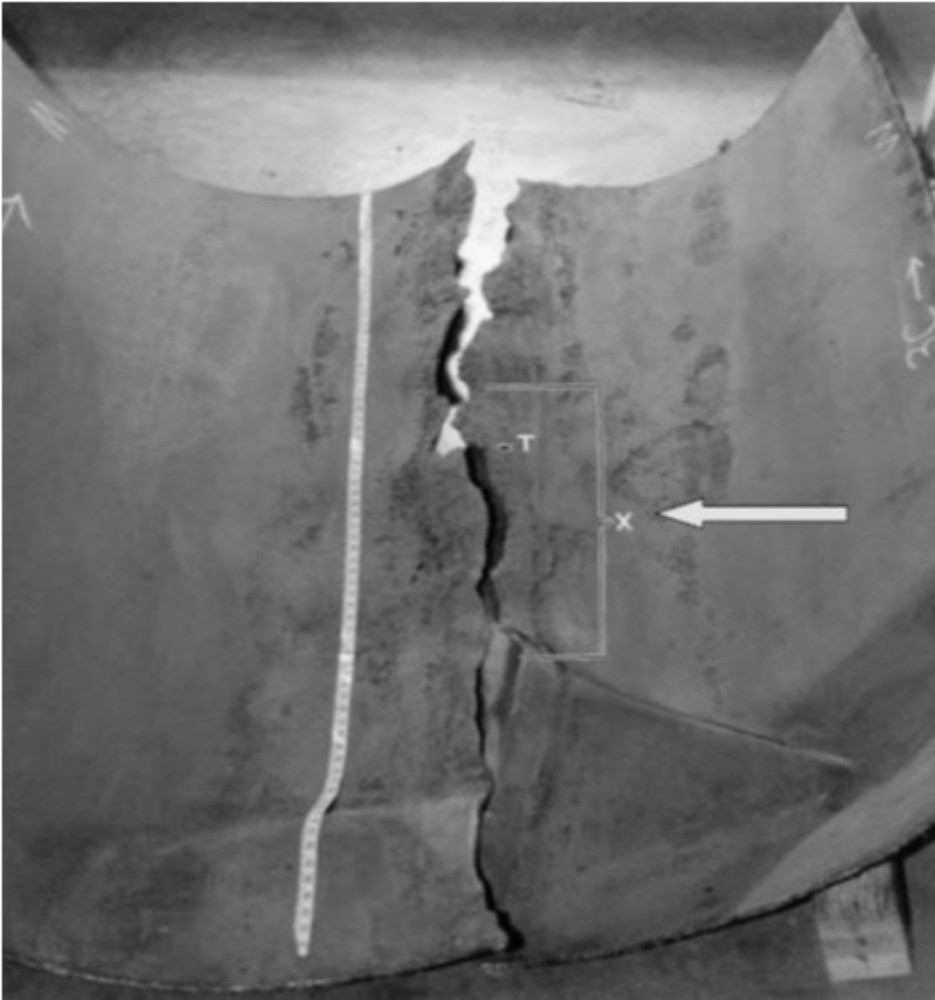
שני גשרים של מערכת הולכת הגז ניזוקו.

הנזק לרכוש נאמד בכ מליון דולר.



אופי הפגיעה מצביע על הצטברות נוזלים בתחתית הצינור

(קורוזיה בשעה 6)



הוקם בשנת 1950

קוטר - 30 inch

עובי דופן - 8.5mm (0.335 inch)

מוגן מבחוץ: ע"י ציפוי "זפת פחם"

לחץ מותר מקסימאלי כ 57 אטמ'

לחץ בפועל כ 46 אטמ'

72% הפסד בעובי דופן

אורך אזור הקורוזיה = 6.5m

רשימת ליקויים והמלצות
באחד השלוחים בצתיד

מחוללי קורוזיה :

מים

מים שמתחת לשכבת פחמימנים נוזלית

גפרית בצורות אחדות (בתוכן H_2S , COS , מרקפטנים)

מתנול

CO_2

בקטריות



מוביל כבל של המצוף (BUOY)

וגיזוז הנוזל 22"



גז טבעי מול סוגי דלק אחרים (למסגרת הדרכה)

ק"ג פד"ח ל MMBTU (תחתון)	ק"ג מים בגזי פליטה לק"ג דלק יבש	ע"ק עליון Kcal/Kg	ע"ק תחתון Kcal/Kg	פחמן %	מימן %	גפרית %	צפיפות Kg/Liter	אפר %	לחות %	
111	0.41	6300	5900	74	4.5	0.6	1.3	11	10	פחם
82	1.1	10490	9890	87	12	0.5	0.95	0.05	0.5	מזוט
78	1.2	10924	10219	86	13	0.1	0.86	0	0	סולר
58	2.25	13171	11861	~75	~ 25	0.0003	0.00069	0	0	גז טבעי

(רוכשים ומשתמשים)	קונים במסה	פחם
(רוכשים ומשתמשים)	קונים בנפח	מזוט / סולר
(משתמשים ורוכשים)	קונים באנרגיה או בנפח אקוויוולנטי	גז טבעי

קריטריונים אחדים - להערכת חלופתיות של גזי דלק:

• אנרגיה מוזנת ליחידת זמן למכונת המרה נתונה (WI)

• פליטת NO_x

• שריפה לא מושלמת (פליטת ICF / CO)

• אש מפיחת (Yellow Tipping / SI)

• התרוממות הלהבה (Flame Lifting / LI)

• הבזק לאחור (Flash Back)

• מהירות התפשטות הלהבה (Flame speed)

• מספר מתאן (Methane number)

• טמפרטורת הלהבה

• נקודת הטל של גזי הפליטה

• תחום הידלקות עצמית

• צפיפות יחסית (לאוויר)

קישור לדאטא DUTTON

קישור למספר אתאן וחיסובו

$$\text{Wobbe Index} = \frac{\text{ערך קלורי}}{\sqrt{\text{הצפיפות היחסית (לאוויר)}}}$$

אינדקס WOBBE

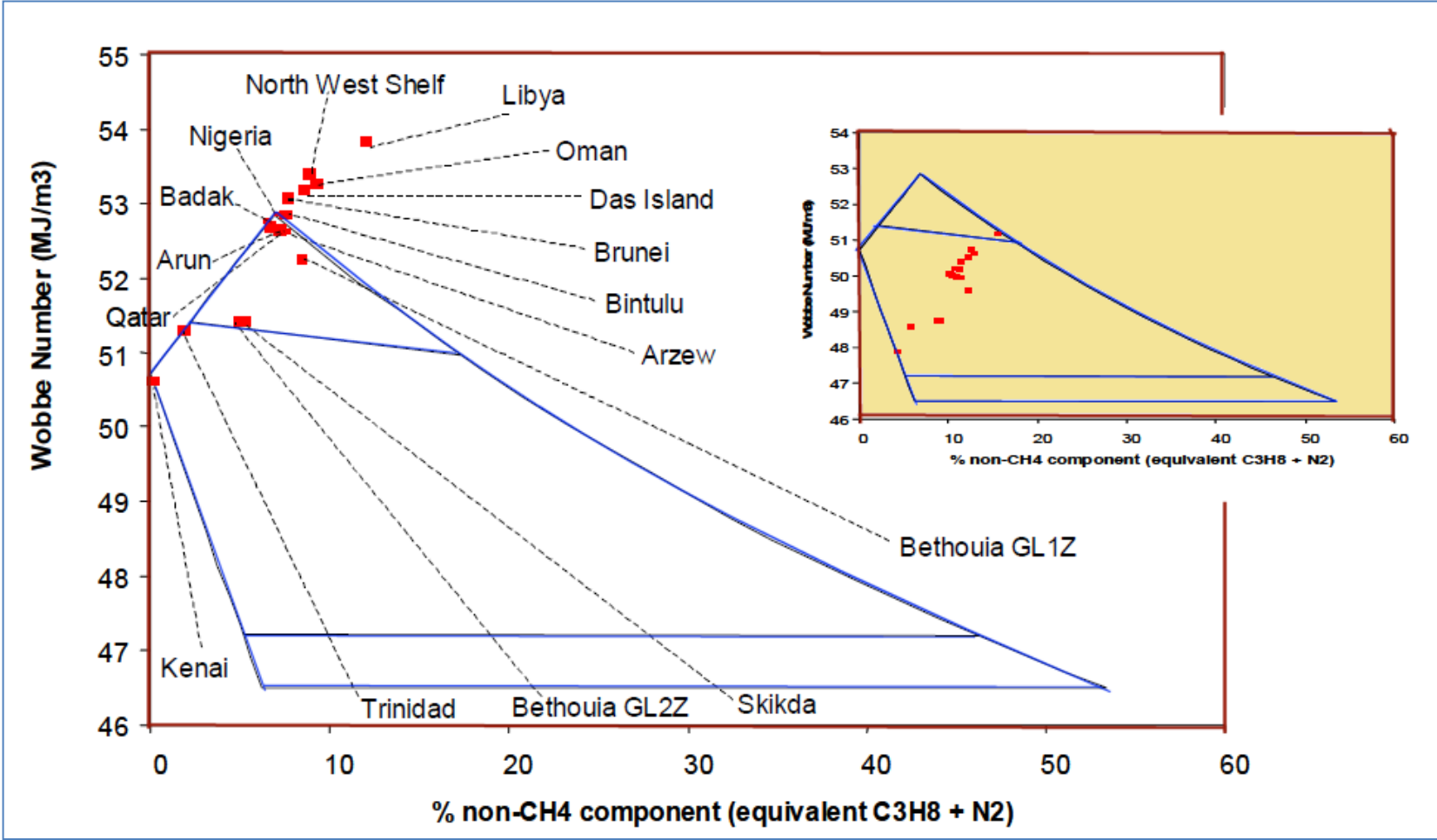
קצב אספקת אנרגיית הדלק למכונה נתונה בתנאים נתונים.
הביטוי מכיל: ע"ק נפחי ושורש הצפיפות היחסית

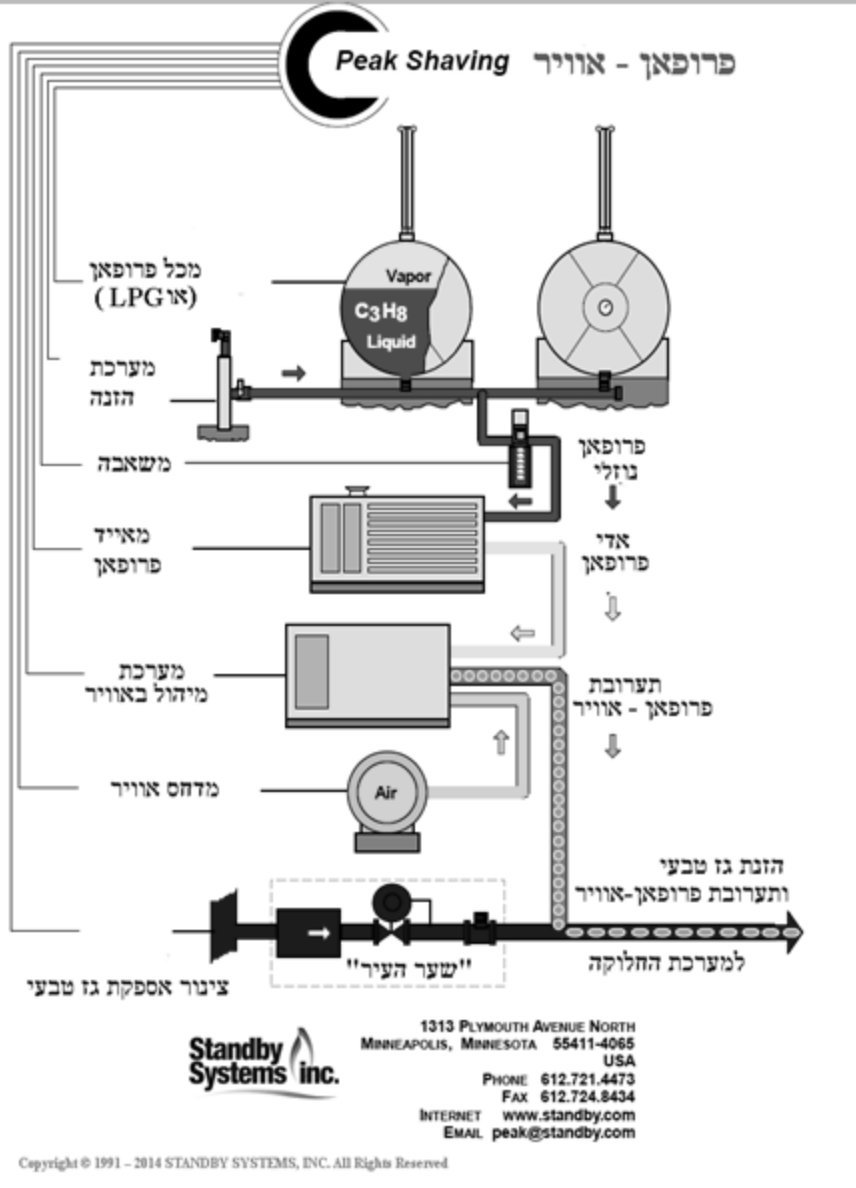
אם יזינו מכונה נתונה להמרת אנרגיה לסירוגין
ב גז טבעי בעל אינדקס ידוע
או ב תערובת גז בישול וחנקן בעלת אינדקס זהה
המכונה לא תבחין בהחלפה

נמוך מדי? כישלון בהמרת האנרגיה.
גבוה מדי? גידול בתחמוצות חנקן. רעד בצידוד

WOBBE INDEX MJ/Nm ³		
לפי ע"ק תחתון	לפי ע"ק עליון	
40.65	48.23	מימן
47.91	53.28	מתאן
48.52	53.71	גז טבעי
62.47	68.19	אתאן
74.54	81.07	פרופאן
85.08	92.32	בוטאן-n
84.71	91.96	בוטאן-iso
79.94	86.84	גפ"מ
59.16	61.32	אצטילן
12.8	12.8	פחמן חד חמצני
60.01	63.82	אתילן
71.88	77.04	פרופילן

השגת התאמה של LNG ממקורות אחדים לאינדקס חלופתיות בעזרת מיהול בחנקן (כ 4%)





המסה של מ"ק אחד של גז פחמימני מונזל היא 0.56 טון, יש בה 24.3 MMBTU, והיא אקוויוולנטית ל 750 מ"ק של גז טבעי בתנאי בסיס.

נוזלים בגז אסורים (הן בייצור חשמל והן בדלק לרכב).

בגז טבעי דחוס (אוטומטיבי) מגבלת היובש חזקה יותר

NGL = Natural Gas Liquids

LNG = Liquefied Natural Gas

נוזלי גז טבעי (NGL) מורחקים על ידי היצרן.

תהליך תעשייתי איננו מושלם. השאריות המזעריות מופרשות עם שינויים בטמפ' ובלחץ (טל)

• מים

• פחמימנים כבדים (דומים לנפט וסולר, ונחשבים חומ"ס)

• נוזלי עיבוד (גליקול, מתנול)

26" דליקול בוצר

35" תצבית בוצרת

דוגמה להרכב נוזלים מגז טבעי תפעולי (אנליזה שאינה מושלמת)	
80	%
מים בטכנה נפרדת	
20	%
פאזה נוזלית אורגנית, דליקה ובלתי מתמוססת במים (20%)	
2.1	%
אליכוהלים	
0.1	%
ולדהידים שהם גם ארומטים	
29.5	%
פחמימנים 13-16	
15.3	%
ארומטים	
2.0	%
אסטרס	
22.5	%
קטנים (שחלקם ארומטי וחלקם פוליארומטי)	
13.5	%
פוליארומטי (נפתול ונגזרות)	
2.1	%
קמפור	
2.8	%
לא מאופיין	
10.0	%
לא זוהה (כנראה פחמימנים, אולי גליקולים)	
0.365	mg/L
H2S	
מוצקים	
אפר	
31	%
לחות ונדפים קלים	
44	%
ביולוגי ונדפים כבדים	
25	%

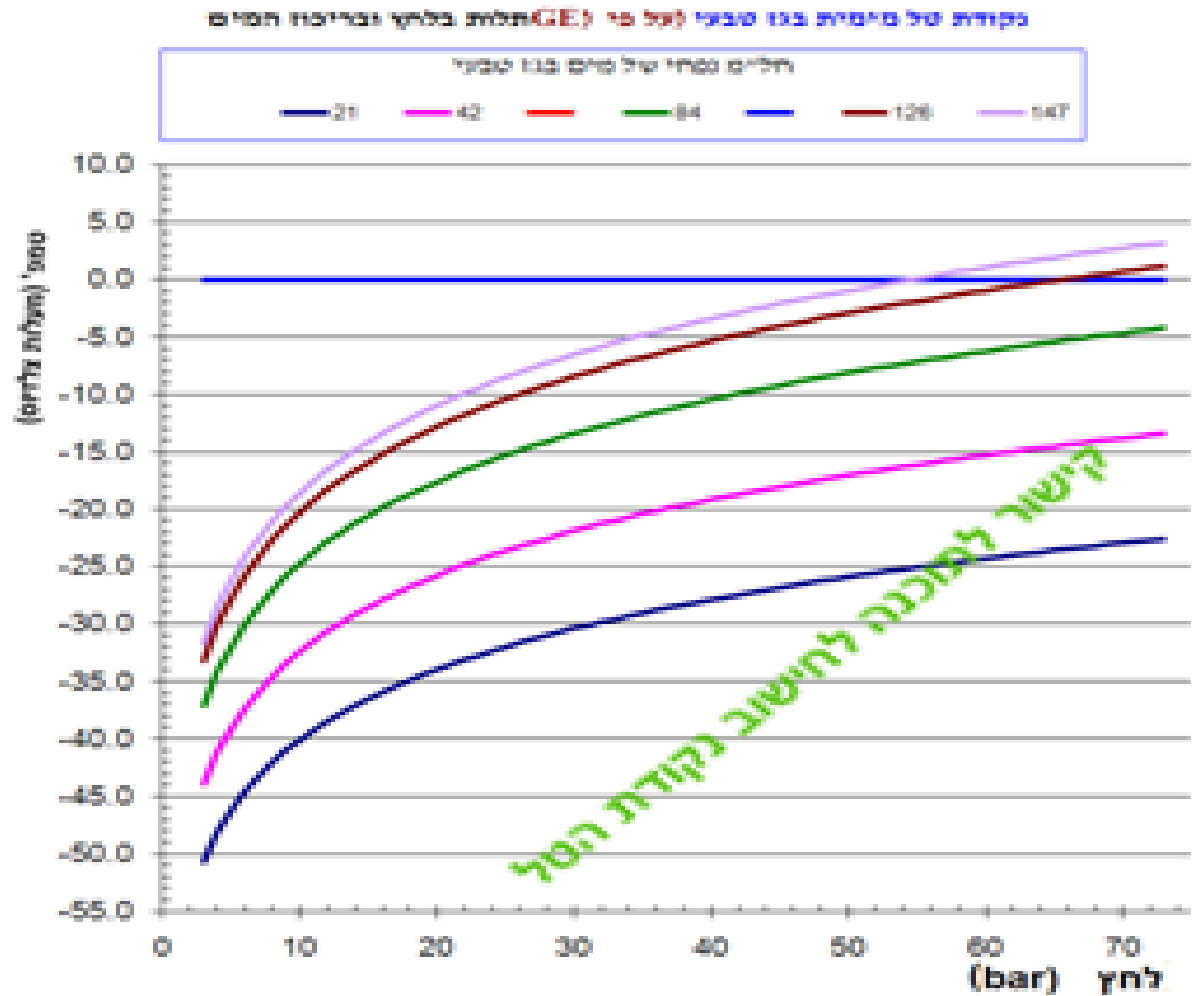


נקודת הטל המימית WDP (תלוית לחץ)

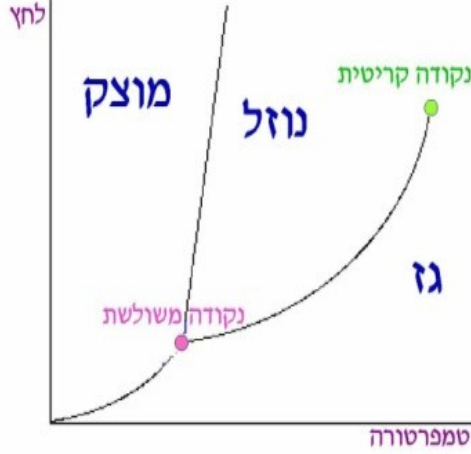
בהסכם הולכה: נקודת הטל תהיה 0°C בכל לחץ



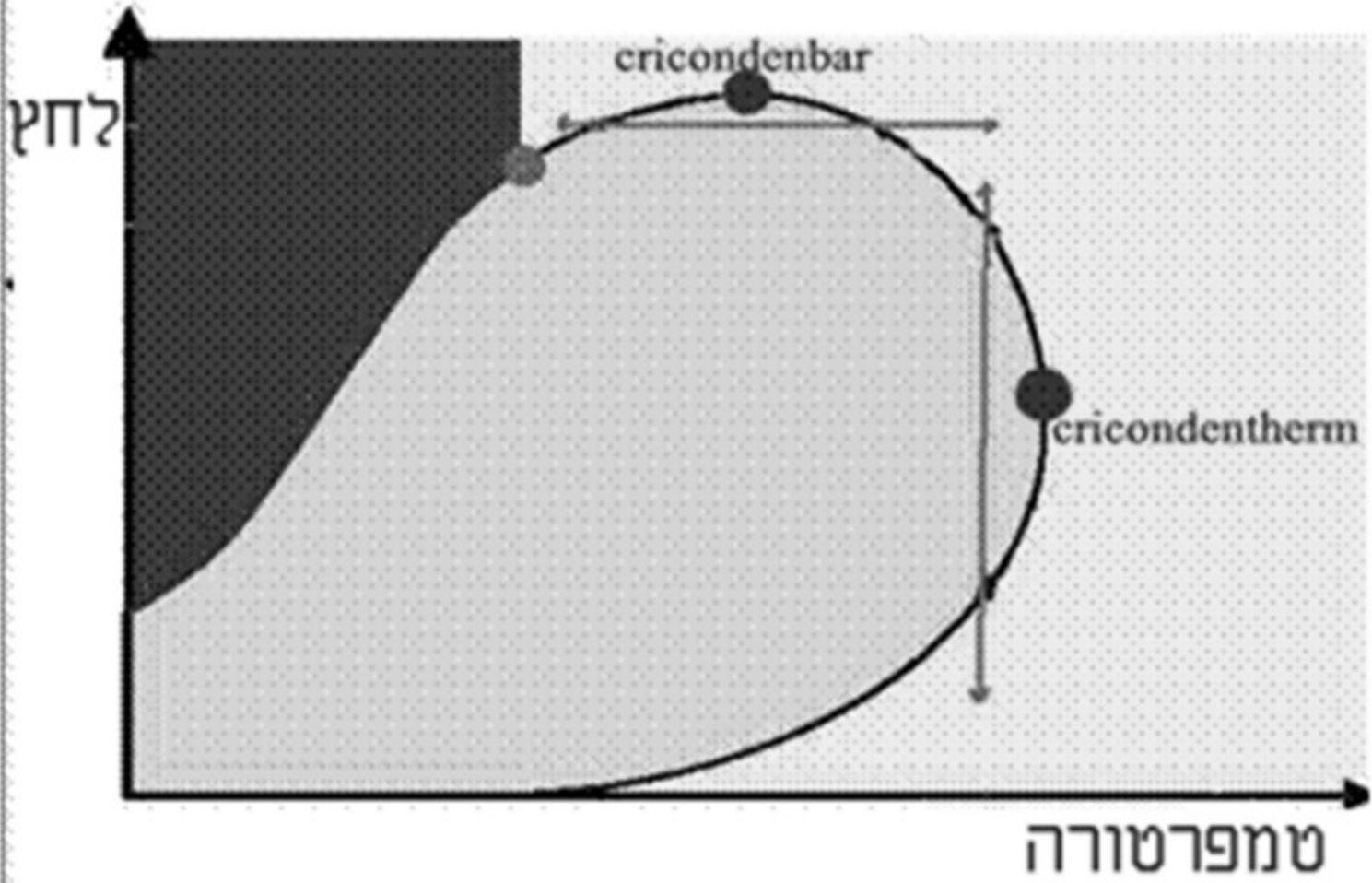
קרח על המראה 15"



שם	נוסחה מולקולרית	טמפרטורות רתיחה היתוך		מצב הצבירה ב-25 מע' צל'.
		(°C)	(°C)	
methane	CH ₄	-183	-164	גז
ethane	C ₂ H ₆	-183	-89	
propane	C ₃ H ₈	-190	-42	
butane	C ₄ H ₁₀	-138	-0.5	נוזל
pentane	C ₅ H ₁₂	-130	36	
hexane	C ₆ H ₁₄	-95	69	
heptane	C ₇ H ₁₆	-91	98	
octane	C ₈ H ₁₈	-57	125	
nonane	C ₉ H ₂₀	-51	151	
decane	C ₁₀ H ₂₂	-30	174	
undecane	C ₁₁ H ₂₄	-25	196	מוצק
dodecane	C ₁₂ H ₂₆	-10	216	
eicosane	C ₂₀ H ₄₂	37	343	
triacontane	C ₃₀ H ₆₂	66	450	



נקודת טל פחמימנית



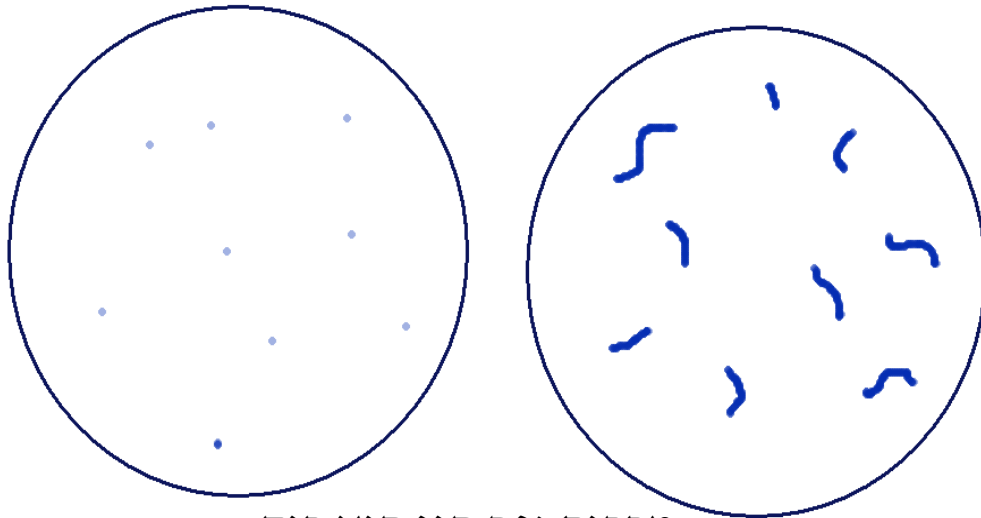
סיכונים עקריים של גז טבעי:

- דליק (פציץ)
- עלול לדחוק אוויר (חנק בהעדר חמצן)
- בשריפה "לא מושלמת" – מניב תוצר רעיל
- "כוויות קור" בקיפאון ($\sim 0.5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{bar} - \text{JT}$)
- צבור בלחץ – שחרור אנרגיה קינטית פתאומי
- זיהום סביבתי – אפקט חממה
- מגיב (בקושי) עם מחמצנים.
- עלול להכיל נטף אורגני שהוא חומ"ס
- נטף מימי עלול להיות קורוזיבי (ולפעמים גם הגז)

גורם הדחיסות – הסטייה מאידיאליות (Z)

הבה נבחין בין גז אידיאלי לבין גז ריאלי

בתנאי לחץ וטמפרטורה שווים חלקיקים במספר שווה יתפסו נפחים שווים (כמעט)
ה"כמעט" מבוטא כ"דחיסות" (Z): "פי כמה קטן נפח הגז האמיתי (הריאלי) מהנפח האידיאלי".
ה"דחיסות" תלויה בזהות הגז (או זהות רכיבי התערובת) ותלויה בלחץ ובטמפרטורה.



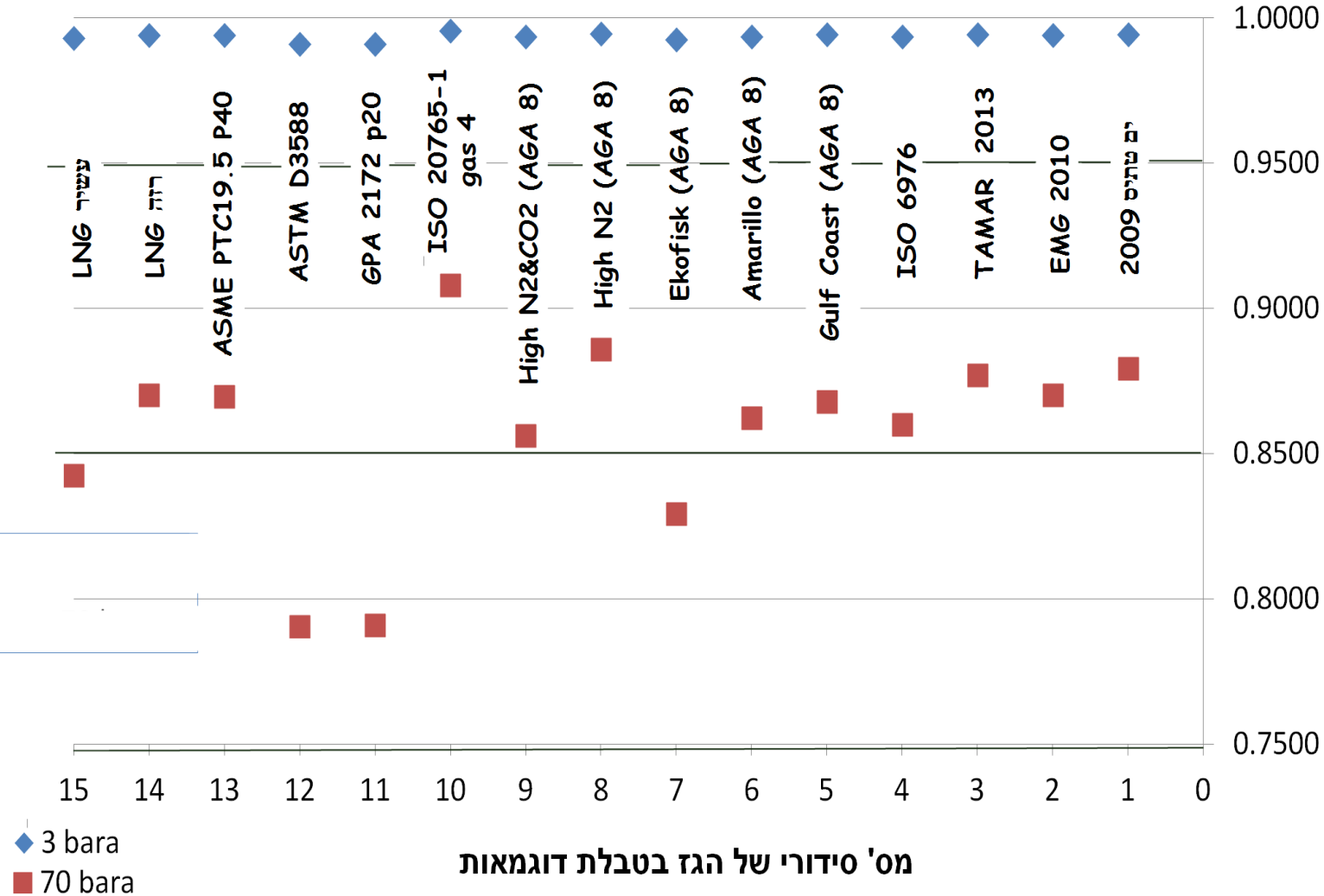
מרבית נפח הגז הוא ריק

$$Z = \frac{V_{\text{(אקטואלי, ריאלי)}}}{V_{\text{אידיאלי}}}$$

הבה נבחין בין הנפח של גז בלחץ התפעולי ובטמפרטורה תפעולית
לבין הנפח בתנאי בסיס (תנאי ייחוס, תנאי תקן...)

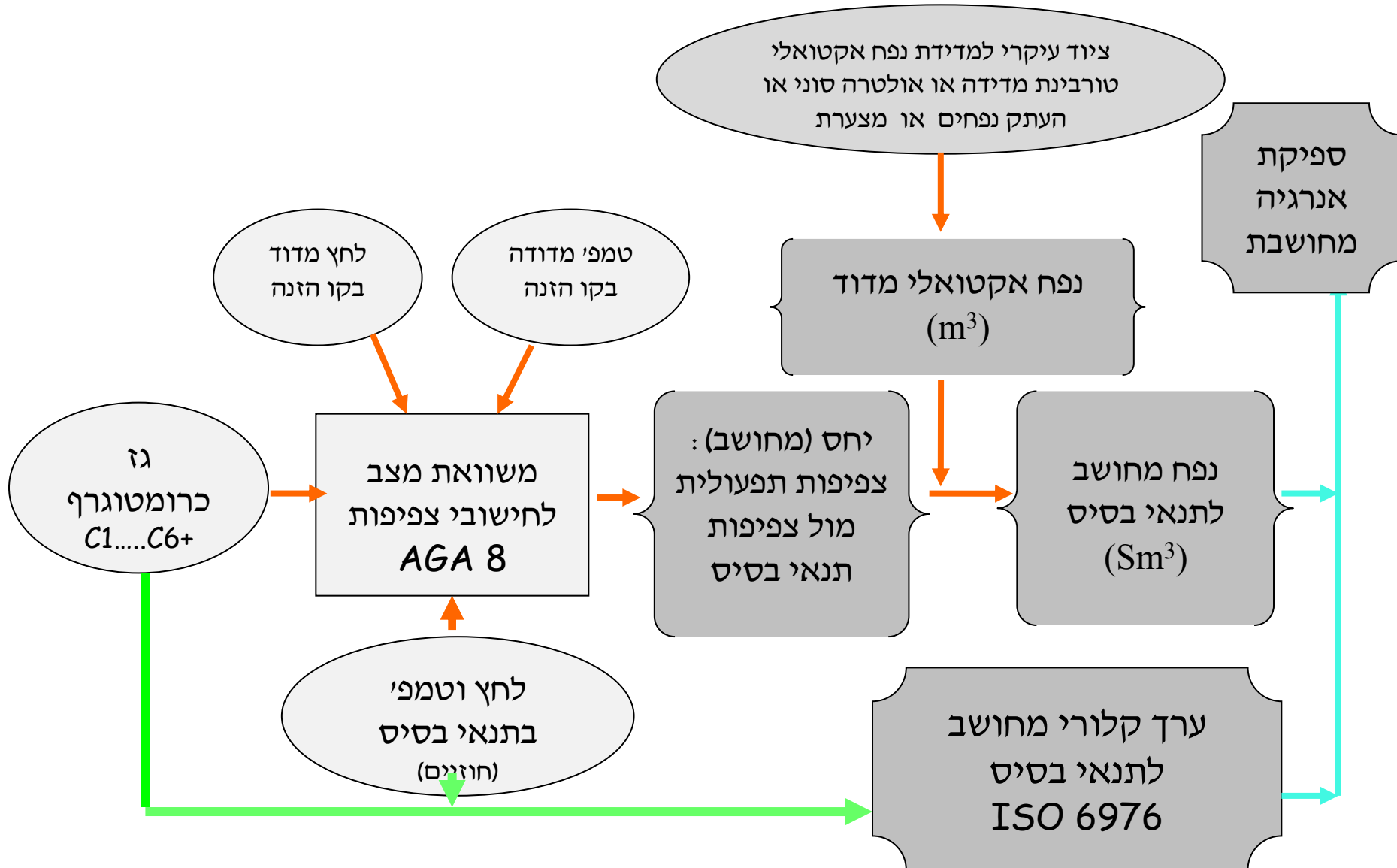
תלות מקדם הדחיסות בהרכב הגז בשני לחצים תפעוליים, z

ב 20 מע' צלזיוס



חישוב אנרגיה ונפח על פי תקנים ומשוואת מצב

נפח אקטואלי אינו מדויק כמות (") 15



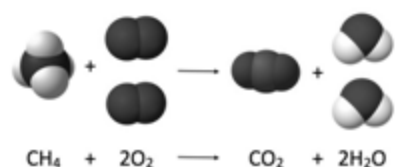
סביבתיים	שלמות הציוד	אנרגיה וניצולה	פרמטרים של גז טבעי ומשמעותם
✓		✓	ערך קלורי
✓	✓	✓	אינדקס WOBBE
		✓	מספר מתאן
	✓		נקודת טל מימית (WDP)
	✓		נקודת טל פחמימנית (HCDP)
	✓		H ₂ S
✓	✓		גפרית כללית
	✓	✓	חלקיקים, שמן דחסנים



תודה רבה.

ד"ר אהוד סוצקובר
050-7429000
sutskover@gmail.com





הסבר קצר: ע"ק עליון וע"ק תחתון

על בסיס "מולרי" – למספר חלקיקים ידוע

על בסיס משקלי - לכל ק"ג של תערובת (הג הטבעי)

על בסיס נפחי - לכל מטר קובי הנמצא בלחץ ידוע ובטמ' ידועה

	על פי ISO 6976 Molar (Kj/mole)							
	25 °C		20 °C		15 °C		0 °C	
	ע"ק עליון	ע"ק תחתון	ע"ק עליון	ע"ק תחתון	ע"ק עליון	ע"ק תחתון	ע"ק עליון	ע"ק תחתון
Methane:	890.63	802.60	891.09	802.65	891.56	802.69	892.97	802.82
Ethane:	1560.69	1428.64	1561.41	1428.74	1562.14	1428.84	1564.34	1429.12
Propane:	2219.17	2043.11	2220.13	2043.23	2221.10	2043.37	2224.01	2043.71
Iso-Butane:	2868.20	2648.12	2869.38	2648.26	2870.58	2648.42	2874.20	2648.83
n-Butane:	2877.40	2657.32	2878.57	2657.45	2879.76	2657.60	2883.82	2658.45
Iso-Pentane:	3528.83	3264.73	3530.24	3264.89	3531.68	3265.08	3535.98	3265.54
n-Pentane:	3535.77	3271.67	3537.17	3271.83	3538.60	3272.00	3542.89	3272.45
neo-Pentane:	3514.61	3250.51	3516.01	3250.67	3517.43	3250.83	3521.72	3251.28
n-Hexane:	4194.95	3886.84	4196.58	3887.01	4198.24	3887.21	4203.23	3887.71
n-Heptane:	4853.43	4501.30	4855.29	4501.49	4857.18	4501.72	4862.87	4502.28
n-Octane:	5511.80	5115.66	5513.88	5115.87	5516.01	5116.11	5522.40	5116.73
n-Nonane:	6171.15	5730.99	6173.46	5731.22	6175.82	5731.49	6182.91	5732.17

יחידות לדיווח על כמויות אנרגיה

	Kcal	MJ	MMBTU	KWH	TOE
Kcal	1	0.0042	3.97E-06	0.00116	1.00E-07
MJ	238.8	1	0.00095	0.278	2.39E-05
MMBTU	251,996	1055.056	1	293.07	
KWH	859.8	3.6	0.0034	1	
TOE (ton)	10,000,000	41,868	39.68	11,630	1

TOE היא יחידת אנרגיה, ששווה "בערך" לאנרגיה הטמונה בטון נפט גלמי (במונחי ערך הקלורי התחתון). לערך הזה יש שונות.

$$1 \text{ MJ} = 238.8458966275 \text{ kcal}$$

קילו-קלוריה – האנרגיה הנדרשת (בערך) להעלאת הטמפרטורה של ק"ג מים נוזלים במעלת צלזיוס אחת
 BTU - (יחידה תרמית בריטית) האנרגיה הנדרשת (בערך) להעלאת הטמפרטורה של ליברה מים נוזלים
 במעלת פרנהייט אחת
 ("הגדרות רעיוניות")
 MMBTU = מליון BTU (אלף אלפים = mille mila)

מספר מתאן

איכות המרת אנרגיה במנוע של רכב

מספר מתאן הוא: ריכוז המתאן שיש לתערובת מתאן-מימן, אשר במבחן המנוע המיוחד מתנהגת כמו הגז הנבדק.

למנת גז טבעי יש מספר מתאן 85 אם הנקישות במנה זו במבחן המנוע המיוחד זהות לאלה שיש לתערובת של 85% מתאן ו 15% מימן.

לפחמימנים כבדים יותר (כגון אתאן, פרופאן או בוטאן) יש השפעה בכיוון הקטנת מספר מתאן, בעוד שלגזים אינרטיים כגון חנקן ופחמן דו חמצני יש נטיה להגדילו.

ניתן למצוא מספר מתאן גם על ידי חישובים (ולא רק במבחן מנוע), ומקובלות שיטות חישוב אחדות. כולן נחשבות "שיטות מקורבות" ועלולות לייצר תוצאות שונות במעט מהתוצאות האמפיריות:

1. שימוש בנומוגרמות של תערובות משנה טרינאריות
2. חישוב מאנליזה כימית בנוסחה יחידה



ערכים אופייניים של גז "תמר", מגבלות מפרט ההולכה, מגבלות CNG לרכב (ת"י 6119) לצרכי הדרכה בלבד

מפרט הולכה (נתג"ז)	ערכים אופייניים בגז "תמר"	ת"י 6119	יחידת מידה	שיטת בדיקה (ת"י 6119)	תכונה בעלת ערכים מוגבלים
מוגבל כע"ק נפחי ובערך בין 53 ל 55 MJ/Kg	55	> 46 > 38	מגה-ג'אול לק"ג (MJ/Kg)	חישוב לפי ISO 6976 בתנאי הייחוס: 101.325 קילופסקל, 15/15 °צ	ערך היסק עליון גבוה (של גז טבעי ממין א) ערך היסק עליון רגיל (של גז טבעי ממין ב)
	0.6894	> 0.68	ק"ג למ"ק (Kg/m ³)		צפיפות
	96	> 75		חישוב לפי שיטת AVL	מספר מתאן
HCDP ≤ 5 °C		לא יהיה		ISO 6570	עבוי חוזר
≥ 92	99	> 80			תכולת מתאן
	0.34	< 12			סה"כ פחמימני C2
	0.3	< 8.5			סה"כ פחמימנים ארוכים מ-C2 (א)
	0.14	< 6			תכולת פרופאן (א)
	0.047	< 2			תכולת בוטאן (א)
	0.021	< 1	אחוזי מולים (m/m)	ISO 6975	תכולת פנטאן (א)
	0.06	< 0.5			תכולת הקסאן ופחמימנים כבדים ממנו (א)
≤ 0.01		< 3			תכולת חמצן
לא נכלל		< 2			תכולת מימן
	0.25				תכולת חנקן
≤ 3.0	≤ 5.0				וסחמן דו-חמצני
< 11	הערכה: 1	< 7			תכולת מימן גופרי
אין הבאשה בהולכה		< 8		ISO 6326-3 (השיטה הקובעת) ISO 19739	תכולת גופרית מרקפטן (כגפרית)
< 100	הערכה: 3	< 10	מ"ג/ק"ג	ASTM D 6667 (השיטה הקובעת) ASTM D4468, D5504, D6228 ISO 19739	סה"כ תכולת גופרית
124 (WDP ≤ 0 °C		< 40		ISO 10101-3 (שיטה קובעת) ISO 10101-2	תכולת מים
≤ 100 ppmV		לא ימצא			תכולת מתנול
No free liquid to be present in gas at Delivery Point		לא ימצא			תכולת וגליקול
נאסר באופן כללי		שמן: מעט ככל האפשר, מוצקים לא גדולים מ 10 מיקרון		במוצא תחנת התדלוק	תכולת מוצקים, שמן מדחסים וחלקיקים מרחפים
מוגבל כאינדקס נפחי ובערך בין 53 ל 49 MJ/m ³	50.6	37.8-46.8 (רגיל: 46.1-56.5 גבוה:)	מגה-ג'אול לק"ג (MJ/m ³)	חישוב לפי ISO 6976 בתנאי הייחוס: 101.325 קילופסקל, 15/15 °צ	אינדקס WOBBE

(א) הערכים המרביים המותרים בתקן לפחמימנים כבדים בגז הם בגדר ערכים מומלצים, שיש להניח כי ימנע עבוי חוזר. (ת"י 6119)

בנת השארה לתקן הגרמני, ולמפרטים אחרים, צריך להקפיד על הפער יחידות והתייחסות לתנאי ייחוס

במערכת ההולכה גז טבעי יכול תוספי ריח לשם זיהוי דליפות מזעריות, (שאינן גדולות מכ-1% בנפח של גז טבעי באוויר - אחוז זה הוא כחמישית מגבול הנפיצות התחתון), ובהתאמה לדרישות התקן הישראלי ת"י 5664 חלק 3.

THT (Tetrahydrothiophene) הוא נוזל המכיל 36.4% גפרית. הוא משמש כתוסף הצחנה במערכות גז טבעי בישראל. ריחו לא נעים ושונה מזה שמשמש להצחנה של LPG. במצבו הנוזלי הוא נחשב חומר מסוכן, ונכלל בהנחיות של מגבלות לתעבורה ולמניעת התלקחות.

