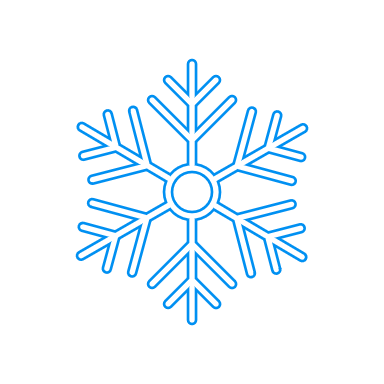
****

חלופות לגזי HFC במערכות אקלום וקירור

מדריך לסקטור התעשייה והמסחר



**ספטמבר 2023**

כתיבה ועריכה:

**המשרד להגנת הסביבה – ד"ר גיל פרואקטור, ד"ר ג'ניה גוטמן, ד"ר נעמה ולד**

**חברת אקוטריידרס – רפי סלוק, אברי שכטר, רון קמרה**

תוכן עניינים

[מבוא 5](#_Toc144039710)

[סקירת חלופות 9](#_Toc144039715)

[1.מערכות אקלום (מיזוג אוויר) 12](#_Toc144039716)

[1.1. פתרונות קבע 12](#_Toc144039717)

[1.2. פתרונות ביניים 14](#_Toc144039718)

[1.3. סיכום החלופות למערכות אקלום 18](#_Toc144039719)

[1.4. פתרונות משלימים 19](#_Toc144039720)

[2. מערכות קירור 20](#_Toc144039721)

[2.1. פתרונות קבע 20](#_Toc144039723)

[2.2.פתרונות ביניים 24](#_Toc144039724)

[2.3.סיכום החלופות למערכות קירור 25](#_Toc144039725)

[2.4.פתרונות משלימים 26](#_Toc144039726)

**טבלאות**

[טבלה 1 - לוח זמנים להגבלה ולהפחתה של יבוא וצריכה של HFCs על פי תיקון קיגאלי 6](#_Toc143438871)

[טבלה 2 – דירוג בטיחות לפי דליקות ורעילות 7](#_Toc143438872)

[טבלה 3 – מערכות אקלום, התפלגות ייבוא קררי קירור בשנת 2021 8](#_Toc143438873)

[טבלה 4 – סיכום מערכות אקלום: פתרונות קבע ופתרונות ביניים 13](#_Toc143438874)

[טבלה 5 – מערכות קירור מסחרי, התפלגות ייבוא קררי קירור בשנת 2021 15](#_Toc143438875)

[טבלה 6 – סיכום חלופות מערכות קירור מסחרי פתרונות קבע 18](#_Toc143438876)

[טבלה 7 – סיכום פתרונות ביניים למערכות קירור מסחרי והובלה בקירור 19](#_Toc143438877)

[טבלה 8 – מערכות קירור מסחרי והובלה בקירור - סיכום פתרונות קבע ופתרונות ביניים 20](#_Toc143438878)

**תרשימים**

[תרשים 1: פילוח נתוני צריכת הגזים בשנת 2022 לפי סקטור 6](#_Toc143077517)

# מבוא

ב-1987 חתמו 46 מדינות על פרוטוקול מונטריאול לחומרים הפוגעים בשכבת האוזון, לרבות גזי קירור, המשמשים את תעשיית מיזוג האויר ומערכות הקירור. גזי הקירור מסווגים למשפחות ולדורות, בהתאם לטכנולוגיה ולדרישות הבטיחות והסביבה: HCs, CFCs, HCFCs, HFCs, HFOs. הפרוטוקול קבע מדרג הוצאה ממחזור לגזי CFCs עד שנת 2010, ומדרגות הוצאה משימוש ל-HCFCs עד שנת 2020, וזאת ביחס לשנת הבסיס 1989 ובמונחי ODP (Ozone Depletion Potential). ישראל אשררה את הפרוטוקול בשנת 1992. עם השנים חלחלה ההבנה כי גזי הקרר שפגעו בשכבת האוזון הוחלפו בגזים שהתבררו כגזי חממה עוצמתיים ביותר- בעלי השפעה על שינוי אקלים פי 2000 ואף פי 3000 מפחמן דו חמצני. לאור זאת נדרש לתקן את פרוטוקול מונטריאול ולשנות את הדרישות לשימוש בגזי קרר שאינם פוגעים באקלים - בשנת 2016 נוסף תיקון קיגאלי, המחייב, להפחית בהדרגה את הייצור והשימוש של גזי ה-HFCs.

נכון להיום, 151 מתוך 197 מדינות החברות באמנה אישררו את תיקון קיגאלי, קרי- קיבלו על עצמן התחייבות להוצאה הדרגתית משימוש את גזי הקרר המהווים גזי חממה עוצמתיים, לרבות כל הכלכלות המתפתחות הגדולות[[1]](#footnote-2). ישראל הינה המדינה היחידה מבין מדינות ה-OECD אשר טרם אישררה את האמנה, ונמצאת לצד מדינות אשר בעיקרן מדינות מתפתחות (כדוג' איראן, תימן, סודן, קניה, תאילנד, קזחסטן ועוד).

החל מינואר 2033 מדינות אשר אישררו את תיקון קיגאלי, לא יורשו לסחור בגזי קירור עם מדינות שלא אישררו את התיקון[[2]](#footnote-3): *"Article 4 of the Montreal Protocol restricts parties from trading controlled substances with states not party to the Protocol. The Kigali Amendment, when Article 4 enters into force, will restrict trade in HFCs between parties and states that are not parties to the Kigali Amendment. ".* היות שישראל מייבאת את כלל גזי הקירור הנצרכים במשק (אין בישראל ייצור גזי קירור כלל), יישום תיקון קיגאלי אינו מהלך וולונטרי אלא כורח המציאות ועל המדינה לפעול בהתאם כדי למנוע סיכון אדיר למשק מאיסור סחר עתידי.

בשנת 2020 עדכנה ישראל את תקנות חומרים מסוכנים, העוסקות בין היתר בייבוא גזי קירור מסוג HFC [[3]](#footnote-4), לרבות קביעת מתווה הפחתה לצריכת גזים אלו על ידי צמצום מכסות ייבוא של גזי קירור ברמה הלאומית. החל מיולי 2022 חלה הגבלה של 10% בכמות הפליטות המותרת. עד שנת 2036 אחוז ההגבלה יעלה באופן מדורג, ויעמוד על 85%, ובסך כללי של 981,000 טונה שוות ערך פד"ח. מתווה זה נקבע בעת עדכון התקנות, על מנת להלום את דרישות תיקון קיגאלי מקבוצת המדינות המפותחות עליהן נמנית ישראל על פי הפרוטוקול.

|  |  |
| --- | --- |
| שנה | אחוז הפחתה  [%] |
| 2013-2011 | ממוצע בשנת הבסיס |
| 2022 | 10% |
| 2024 | 40% |
| 2029 | 70% |
| 2034 | 80% |
| 2036 | 85% |

טבלה 1 - לוח זמנים להגבלה ולהפחתה של יבוא וצריכה של HFCs על פי תיקון קיגאלי

להרחבה ניתן לראות מסמך תכנית עבודה ליישום תיקון קיגאלי, שפרסם המשרד להגנת הסביבה.

יישום ההפחתה על פי מתווה תיקון קיגאלי דורש תכנית יישום מקיפה אשר תאפשר לשוק להיערך ולבצע את המעבר לשימוש בחלופות קיימות דלות פחמן. כחלק מעבודת המשרד להגנת הסביבה, זוהו שני חסמים מהותיים: (1) חוסר מודעות להשלכות תיקון קיגאלי על צריכת גזי הקירור במערכות מיזוג וקירור; (2) חוסר מודעות והיעדר מידע זמין נגיש על החלופות הקיימות והשיקולים לבחירה והתאמה לארגונים.

מטרת מסמך זה היא לסכם, לעבד ולהנגיש את המידע הרלוונטי ולסייע בהעלאת מודעות השוק, בדגש על המגזרים המסחרי והתעשייתי כצרכנים העיקריים של גזי הקירור, לחלופות הקיימות תוך מתן כלים ליישום. המסמך נשען על המידע הקיים בספרות הזמינה ושיחות שהתקיימו עם השוק:

* מחקרים אודות גזי קירור חלופיים הנמצאים בשלבים שונים של פיתוח ורמת חדירה לשוק עבור הנציבות האירופאית[[4]](#footnote-5), פרסומי ה-[[5]](#footnote-6)EPA ועבור ה-UNEP[[6]](#footnote-7).
* דוחות סקירה בינ"ל אודות שינויי מדיניות בעולם בדבר גזי קירור והפחתת השימוש בהם.
* בחינת סל המוצרים הקיימים של יצרנים מובילים בעולם כגון Trane, York, Daikin, Carrier, Copland MITSUBISHI, LG ועוד.
* שיחות עם יבואנים וקבלנים וביניהם: דיין, גל שר, אלטרץ, קור-עוז, אקלימטיק, קירור מישה ואחרים.

כמסמך המסכם ומנגיש מידע קיים, המשרד להגנת הסביבה ישמח לקבל חוות דעת מהשוק ולהוסיף ולדייק ככל שנדרש. ניתן להגיש התייחסות והצעות למייל: [naamawa@sviva.gov.il](mailto:naamawa@sviva.gov.il).

## מבנה המסמך

המסמך מכיל אינפורמציה על חלופות שונות בעלות GWP נמוך משמעותית מהמצוי בשימוש כיום, בחלוקה על פי סוג המערכת וסוג החלופה, כמתואר להלן:

## מגזרים במיקוד

במדינת ישראל אין ייצור של גזי קירור ועל כן כלל הצריכה נשענת על ייבוא גזים אלו. עיקר הצריכה היא לטובת קירור במערכות בינוניות וגדולות (המגזר הקמעונאי ובתעשייה), ואקלום (מיזוג-אוויר) במערכות קטנות ובינוניות[[7]](#footnote-8):

תרשים 1: אומדן פילוח נתוני צריכת הגזים בשנת 2022 לפי סקטור

בבחינת החלופות הקיימות, יש להסתכל על החלופות המתאימות לצרכי כל מגזר, כאשר מסמך זה מתמקד במגזרים העיקריים – המסחר והתעשייה.

## סוגי חלופות

החלופות נחלקות ל-3 סוגים:

1. פתרונות קבע לטווח הארוך: מעבר לקרר לא מפוקח או קרר מפוקח בעל מקדם GWP נמוך מאוד.
2. פתרונות ביניים: מעבר לקרר מפוקח עם GWP גבוה מהנדרש בטווח ארוך, אך נמוך מהקרר הקיים באופן ניכר. פתרון זה מאפשר דירוג ודחיה של הצורך בהחלפת מערכות אבל אינו מונע את הצורך להחלפת המערכת בטווח הארוך.
3. פתרונות משלימים: הקטנת הצורך בקררים, ובמיוחד בקררים חדשים (שאינם ממוחזרים או בשימוש חוזר), לתפעול מערכות קיימות, מאפשרת הארכת משך השימוש במערכות אלו.

## שיקולים מרכזיים בבחירת חלופה

**זמינות מסחרית**: האם החלופה רלוונטית בארץ והאם עלותה סבירה.

**אופן המעבר**: הסבת מערכות קיימות לקרר חדש או החלפת מערכת מלאה.

**סוגיות בטיחות**: דליקות ורעילות של קררים תחליפיים, כמפורט בטבלה הבאה:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B3 | A3 | **דרגה 3-**  **דליקות גבוהה** |
| B2 | A2 | **דרגה 2- דליקות נמוכה/בינונית** |
| B2L | A2L |
| B1 | A1 | **דרגה 1- לא דליק** |
| **רעילות גבוהה** | **רעילות נמוכה** |  |

טבלה 2 – דירוג בטיחות לפי דליקות ורעילות

יש לציין כי שיקולים אלו מסייעים לארגון להתאים את החלופה הרלוונטית עבורו. יחד עם זאת, החלופה המתאימה צריכה להיקבע על ידי הארגון בהתאם לנתוני הפרויקט הפרטני ולאופי פעילות הארגון.

# סקירת חלופות

להלן טבלה מרכזת של החלופות הקיימות לפי סקטור וגז קיים במערכת. לקריאה מעמיקה ניתן לראות בפרקים:

1. [מערכות אקלום (מיזוג אוויר)](#_מערכות_אקלום_(מיזוג)
   1. [פתרונות קבע](#_פתרונות_קבע)
   2. [פתרונות ביניים](#_פתרונות_ביניים)
   3. [פתרונות משלימים](#_פתרונות_משלימים)
2. [מערכות קירור](#_מערכות_קירור_מסחרי-תעשייתי)
   1. [פתרונות קבע](#_פתרונות_קבע_1)
   2. [פתרונות ביניים](#_פתרונות_ביניים_1)
   3. [פתרונות משלימים](#_פתרונות_משלימים_1)

| **סוג המערכות** | **מצב קיים** | | **חלופה** | | **מערכות מתאימות** | **רמת**  **דליקות** | **רמת**  **רעילות** | **דירוג סיכון** | **יעילות אנרגטית** | החלפה  או  הסבת מערכת | **זמינות מסחרית** | **עלויות המעבר** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| גז קירור | [[8]](#footnote-9)GWP | גז קירור | GWP |
| **מערכות אקלום (מיזוג אוויר)** | R-134a | 1,430 | R-1234\* | <7 | צ'ילרים, מיזוג רכבים ואוטובוסים | נמוכה-בינונית | נמוכה | A2L | גבוהה | החלפת מערכת או הסבה  (drop in) | זמין בשוק כגז מילוי, או כחלק מרכישת מערכת חדשה. | המערכות יקרות במעט ממערכות קיימות על R-134a |
| R-513A | 631 | צ'ילרים, מיזוג אוויר באוטובוסים, מערכות DX | לא דליק | נמוכה | A1 | גבוהה | הסבה  (drop in) | גז ביניים, זמין כחלק מרכישת צ'ילר חדש (החלפת מערכת) וכגז מילוי | כ-100,000 ₪ –להחלפת גז בצ'ילר גדול |
| R-513B | 596 |
| R-410A | 2,088 | R-290 | 3 | מערכות DX, VRF קטנות, צ'ילרים קטנים | גבוהה | נמוכה | A3 | גבוהה | החלפת מערכת | הגזים זמינים בשוק, אך נדרשת רגולציה ואסדרה להכשרת טכנאים לטיפול במערכות עם קרר זה | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |
| R-32 | 675 | מערכות DX, VRF, פקג', מזגנים | נמוכה-בינונית | נמוכה | A2L | גבוהה | החלפת מערכת | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |
| **מערכות קירור** | R-404a או R-507 | 3,985 | R-290 | 3 | מערכת מבוזרת עם מגדל קירור  מערכות קירור עצמאיות | גבוהה | נמוכה | A3 | גבוהה | החלפת מערכת | זמין בשוק, אך נדרשת אסדרה לטכנאים לטיפול במערכות עם קרר זה | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-404a ו-507R- |
| R-454b | 466 | פקג', צ'ילרים קטנים | בינונית | נמוכה | A2 | גבוהה | החלפת מערכת או הסבה  (drop in) | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |
| R-744  CO2)) | 1 | מערכת מרכזית  הובלה בקירור | לא דליק | נמוכה | A1 | גבוהה | החלפת מערכת | זמין להתקנה במערכות מסחריות ותעשייתיות  בהובלה בקירור טרם זמין ברמה מסחרית | מערכת קירור מרכזית CO2 יקרה בכ-20% ממערכת 507 מקבילה |
| R-717  (אמוניה) | 0 | מערכת מרכזית או צ'ילר מרכזי מבוסס 507R | גבוהה | גבוהה | B3 | גבוהה מאוד | החלפת מערכת | זמין בארץ שנים רבות | נחשבת כחלופה זולה יותר בחלק מהשימושים |
| R-448A | 1,387 | מערכת מרכזית  מערכת עצמאית  הובלה בקירור | לא דליק | נמוכה | A1 | בינונית | הסבה (drop in) | זמין לרכישה | כ-100,000 ₪ להסבת מערכת מרכזית כדוגמת סופרמרקט בינוני |
| R-449A | 1,397 |  | לא דליק | נמוכה | A1 | בינונית | הסבה (drop in) | זמין לרכישה |  |

טבלה 3 – טבלה מרכזת, חלופות למערכות אקלום וקירור

## 

## מערכות אקלום (מיזוג אוויר)

מערכות האקלום (מיזוג אוויר) כוללות טווח רחב של סוגים וגדלים, כדוגמת: מזגנים מפוצלים ומיני מרכזיים, מערכות מיזוג לרכבים, צ'ילרים, VRF, פקג' ו-DX. בהתאם לנתוני משרד הכלכלה לייבוא גזי קירור בשנת 2021, הקררים העיקריים במערכות אקלום כיום הם: R-410A ו-R-134a.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| קרר | הרכב הגז | מערכת | GWP | ייבוא | |
| **[טון קרר]** | **[טון ש"ע פד"ח]** |
| R-410A | 50% R-32  50% R-125 | VRF  פקג'  DX  מפוצלים | 2,088 | 1,193 | 2,491,113 |
| R-134a | 100% | צ'ילר  מיזוג רכב  DX | 1,430 | 603 | 862,966 |

טבלה – מערכות אקלום, התפלגות ייבוא קררי קירור בשנת 2021

### פתרונות קבע

#### החלפת מערכות במערכות מבוססות קרר R-1234

קיימות מספר נגזרות שונות של הקרר, בסיומות של אותיות ZE/YF, אך תכונותיהן ויישומן דומים מאוד. לR-1234yf יש עדיפות מבחינת COP.

כמו כן קיימים מספר קררים שהרכבם מבוסס על מעל 90% R-1234 כגון R-515B, ומוצעים כיום בשוק.

**מערכות רלוונטיות:** צ'ילרים, מיזוג רכבים ואוטובוסים ו-DX.

**GWP:**

**R-1234yf -** 4

**R-1234ze -** 7

**זמינות מסחרית בישראל:** זמין בשוק כקרר מילוי, או כחלק מרכישת מערכת חדשה.

**עלויות המעבר:** המערכות היום יקרות במעט ממערכות קיימות הפועלות על R-134a. עם זאת בשנים הקרובות ספקים צפויים להפסיק להציע מערכות עם הקררים הישנים והעלויות של המערכות החדשות יהיו דומות לאלו של המערכות הישנות.

**סוגיות בטיחות:** רמת דליקות נמוכה-בינונית (2L), רעילות נמוכה (A).

**יעילות תפעולית:** יעילות אנרגטית גבוהה -במערכות חדשות.

**עלויות הקרר:** דומות לקררים קיימים. מחירי הקררים חדשים ירדו, במקביל לעליית מחיר הקררים מהדור הישן עקב הגבלת המכסות.

#### החלפת מערכות במערכות מבוססות קרר R-290

**מערכות רלוונטיות:** צ'ילרים קטנים, מערכות VRF ו-DX

**GWP:** 3

**זמינות מסחרית בישראל:** הקררים זמינים בשוק. עבור מערכות עד 18KW, התקינה הקיימת (תקן 994), לא מאפשרת ייבוא מערכות מיזוג המבוססות על קרר זה ועל כן יש צורך להשלים את אסדרת המקצוע למתקינים ונותני שירות מיזוג. עד אז, ניתן לייבא רק מערכות גדולות מ-18KW.

**עלויות המעבר:** מזגנים מבוססי R-290 פחות נפוצים כיום באירופה אך מחירי היחידות תחרותיים בהשוואה לאלו עם R-410A. רוב היצרנים כבר מציעים דגמים עם קרר זה. גם צ'ילרים קטנים ובינוניים הפועלים על R-290 נפוצים במחירים תחרותיים בהשוואה לצ'ילרים הפועלים על R-410A או R-407C.

**סוגיות בטיחות:** רמת דליקות גבוהה (3), רעילות נמוכה (A)

**יעילות תפעולית:** יעילות אנרגטית גבוהה יותר ביחס למערכות הפועלות על R-410A.

**עלויות הקרר:** צפויות להיות דומות לקררים קיימיםכיום.

**אחר / אתגרים:** הקרר בעל רמת דליקות גבוהה המחייבת כוח עבודה מיומן ומקצועי. יותר מ-2,000 טכנאים עברו את ההכשרה שפותחה לצורך הסדרת העיסוק בתחום.

#### סיכום פתרונות קבע

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מצב קיים** | | **חלופה** | | **מערכות מתאימות** | **רמת**  **דליקות** | **רמת**  **רעילות** | **דירוג סיכון** | **יעילות אנרגטית** | החלפה  או  הסבת מערכת | **זמינות מסחרית** | **עלויות המעבר** |
| גז קירור | GWP | גז קירור | GWP |
| R-134a | 1,430 | R1234\* | <7 | צ'ילרים, מיזוג רכבים ואוטובוסים | נמוכה-בינונית | נמוכה | A2L | גבוהה | החלפת מערכת או הסבה  (drop in) | זמין בשוק כגז מילוי, או כחלק מרכישת מערכת חדשה. | המערכות יקרות במעט ממערכות קיימות על R-134a |
| R-410A | 2,088 | R-290 | 3 | מערכות DX, VRF קטנות, צ'ילרים קטנים | גבוהה | נמוכה | A3 | גבוהה | החלפת מערכת | הגזים זמינים בשוק, אך נדרשת רגולציה ואסדרה להכשרת טכנאים לטיפול במערכות עם קרר זה | עלויות דומות למערכות קיימות עo R-410A |

טבלה – סיכום מערכות אקלום: פתרונות קבע

### פתרונות ביניים

#### החלפת קרר R-134a בקרר R-1234 במערכת קיימת (Drop in replacement )

כיום נבחנת בעולם האפשרות להחליף במערכת קיימת קרר R-134a ב-R-1234. ניסויים שבוצעו מראים על ירידה של כ-10% בממוצע גם בתפוקה וגם ביעילות המערכת (COP). וכן לא ידועה עדיין השפעה לטווח הארוך על המערכת.

פתרון זה מתאים כאשר יש יתירות מספקת בתפוקת הקירור.

**הערה: יש לקחת בחשבון שהירידה ביעילות תגרור עליה בצריכת החשמל ובהתאמה עליה בפליטות הכרוכות ייצור החשמל.**

**מערכות רלוונטיות:** צ'ילרים, מיזוג רכבים ואוטובוסים ו-DX

**GWP:**

**R-1234yf -** 4

**R-1234ze -** 7

**זמינות מסחרית בישראל:** זמין בשוק כקרר מילוי

**עלויות המעבר:** עלות שאיבת הקרר הישן ומילוי החדש מוערכת בכמה מאות שקלים למערכת קטנה כגון מיזוג לרכב.

**סוגיות בטיחות:** רמת דליקות נמוכה-בינונית (2L), רעילות נמוכה (A).

**יעילות תפעולית:** ירידה של כ 15%-10% ביעילות ובתפוקה ביחס לאותה מערכת עם הקרר המקורי (R-134a).

**עלויות הקרר:** דומות לקררים קיימים. המחירים לקררים חדשים ירדו, במקביל לעליית מחיר הקררים מהדור הישן עקב הגבלת המכסות.

#### הסבת מערכות קיימות מבוססות R-134a לשימוש בקררים R513A / R513B

הקררים R513A / R513B הם למעשה תערובות של הקררים R-1234yfו-R-134a. יתרונם על החלפה ב-1234R הוא שמירה על ביצועים דומים, אך עצם היותם תערובת המכילה R-134a המגדיל משמעותית את ה-GWP, הופך אותם לפתרון זמני.

**מערכות רלוונטיות:** צ'ילרים, מערכות קירור קטנות, מיזוג לרכב, הובלה בקירור ומערכות DX המבוססות על הקרר a134R

**GWP:**

**R-513A -** 631

**R-513B -** 596

**זמינות מסחרית בישראל:** זמין לרכישה.

**עלויות המעבר:** עלות שאיבת גז , והזרמת הקרר החליפי ללא צורך בהחלפת שמן – כ-5,000 ₪ למערכת עם כ-50 ק"ג קרר. עלות פעולה דומה במערכת מיזוג לרכב – כמה מאות שקלים

**סוגיות בטיחות:** לא דליק (1), רמת רעילות נמוכה (A)

**יעילות תפעולית:** דומה ל R-134a

**עלויות הקרר:** צפוי להיות בעלות דומה ל-a134R-

#### החלפת מערכות למערכות מבוססות קרר R-32

**מערכות רלוונטיות:** VRF, פקג', מזגנים, DX

**GWP:** 675

**זמינות מסחרית בישראל:** הקררים זמינים בשוק. עבור מערכות עד 18KW, התקינה הקיימת (תקן 994), לא מאפשרת ייבוא מערכות מיזוג המבוססות על קרר זה ועל כן יש צורך להשלים את אסדרת המקצוע למתקינים ונותני שירות מיזוג. עד אז, ניתן לייבא רק מערכות גדולות מ-18KW. **יש לציין כי קרר זה בעל GWP בינוני ועל כן הוא צפוי גם כן לצאת בהדרגה משימוש. לכן עקרונית, באם קיימת אלטרנטיבה אחרת, לא מומלץ להשקיע ברכישת מערכת חדשה עם קרר זה.**

**אופן המעבר:** החלפת כלל המערכת

**עלויות המעבר:** מערכות הפועלות על R-32 נמכרות במחירים תחרותיים בהשוואה למערכות הקיימות (R-410A).

**סוגיות בטיחות:** רמת דליקות נמוכה-בינונית (2L) ורעילות נמוכה (A)

**יעילות תפעולית:** המערכות הפועלות על R-32 בעלות יעילות אנרגטית גבוהה יותר בהשוואה למערכות הפועלות כיום על R-410A.

**עלויות הקרר:** 32R- למעשה מרכיב 50% מ A410R- ולכן עלותו תהיה דומה.

**אחר / אתגרים:** מלבד נושא הדליקות, כפי שצוין לעייל – השימוש בקרר זה גם הוא יוגבל בשנים הקרובות עקב GWP גבוה, ולכן לא כדאי כלכלית כתחליף לטווח ארוך.

#### החלפת R-410A בקרר R-454b

R-454b הינו תערובת של R-32 עם R-1234yf. כיום מציעות מספר חברות גדולות (לדוגמה TRANE ו-CARRIER) ציוד מבוסס על קרר זה, כגון צ'ילרים ויחידות Package (במקום קרר R-410a). גם במקרה זה, רכישת מערכות לטווח ארוך לא כדאית כלכלית כי גם הוא בעל GWP יחסית גבוה ויצא בהדרגה משימוש. עם זאת ניתן לבצע החלפת קרר במערכות קיימות.

**מערכות רלוונטיות:** צ'ילרים, מערכות DX

**GWP:** 466

**זמינות מסחרית בישראל:** מוצרים זמינים בשוק.

**עלויות המעבר:** עלות המערכות דומה למערכות מבוססות קררים ישנים.

**החלפה במערכת קיימת כרוכה בשאיבת R-410a , ניקוי המערכת והכנסת R-454.**

**סוגיות בטיחות:** רמת דליקות בינונית (2), רמת רעילות נמוכה (A)

**יעילות תפעולית:** יעילות אנרגטית דומה למערכות הפועלות על [[9]](#footnote-10)R-410A.

**עלויות הקרר:** צפויות להיות דומות לקררים קיימיםכיום.

#### סיכום פתרונות ביניים

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מצב קיים** | | **חלופה** | | **מערכות מתאימות** | **רמת**  **דליקות** | **רמת**  **רעילות** | **דירוג סיכון** | **יעילות אנרגטית** | החלפה  או  הסבת מערכת | **זמינות מסחרית** | **עלויות המעבר** |
| גז קירור | GWP | גז קירור | GWP |
| R-134a | 1,430 | R-513A | 631 | צ'ילרים, מיזוג אוויר באוטובוסים, מערכות DX | לא דליק | נמוכה | A1 | גבוהה | הסבה  (drop in) | גז ביניים, זמין כחלק מרכישת צ'ילר חדש (החלפת מערכת) וכגז מילוי | כ-100,000 ₪ –להחלפת גז בצ'ילר גדול |
| R-513B | 596 |
| R-410A | 2,088 | R-32 | 675 | מערכות DX, VRF, פקג', מזגנים | נמוכה-בינונית | נמוכה | A2L | גבוהה | החלפת מערכת | הגזים זמינים בשוק, אך נדרשת רגולציה ואסדרה להכשרת טכנאים לטיפול במערכות עם קרר זה | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |
| R-454b | 466 | פקג', צ'ילרים קטנים | בינונית | נמוכה | A2 | גבוהה | החלפת מערכת או הסבה  (drop in) | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |

טבלה – סיכום מערכות אקלום: פתרונות ביניים

### סיכום החלופות למערכות אקלום

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מצב קיים** | | **חלופה** | | **מערכות מתאימות** | **רמת**  **דליקות** | **רמת**  **רעילות** | **דירוג סיכון** | **יעילות אנרגטית** | החלפה  או  הסבת מערכת | **זמינות מסחרית** | **עלויות המעבר** |
| גז קירור | GWP | גז קירור | GWP |
| R-134a | 1,430 | R-1234\* | <7 | צ'ילרים, מיזוג רכבים ואוטובוסים | נמוכה-בינונית | נמוכה | A2L | גבוהה | החלפת מערכת או הסבה  (drop in) | זמין בשוק כגז מילוי, או כחלק מרכישת מערכת חדשה. | המערכות יקרות במעט ממערכות קיימות עם R-134a |
| R-513A | 631 | צ'ילרים, מיזוג אוויר באוטובוסים, מערכות DX | לא דליק | נמוכה | A1 | גבוהה | הסבה  (drop in) | גז ביניים, זמין כחלק מרכישת צ'ילר חדש (החלפת מערכת) וכגז מילוי | כ-100,000 ₪ –להחלפת גז בצ'ילר גדול |
| R-513B | 596 |
| R-410A | 2,088 | R-290 | 3 | מערכות DX, VRF קטנות, צ'ילרים קטנים | גבוהה | נמוכה | A3 | גבוהה | החלפת מערכת | הגזים זמינים בשוק, אך נדרשת רגולציה ואסדרה להכשרת טכנאים לטיפול במערכות עם קרר זה | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |
| R-32 | 675 | מערכות DX, VRF, פקג', מזגנים | נמוכה-בינונית | נמוכה | A2L | גבוהה | החלפת מערכת | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |
| R-454b | 466 | פקג', צ'ילרים קטנים | בינונית | נמוכה | A2 | גבוהה | החלפת מערכת או הסבה  (drop in) | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-410A |

טבלה – סיכום מערכות אקלום: פתרונות קבע ופתרונות ביניים

### פתרונות משלימים

#### איסוף ומחזור קרר

**תיאור כללי:** כבר כיום קיימות מערכות המאפשרות שאיבת הקרר ומחזורו באמצעות מכל איסוף ומערכת שאיבה וסינון ניידת. במערכות קטנות כגון מזגנים מפוצלים קיימת אפשרות גם לאגור את כל הקרר במעבה לפני הפירוק, ללא אמצעים מיוחדים, ולהעביר את המזגן עם הקרר למפעל גריטה שגם ימחזר את הקרר.

**מערכות רלוונטיות:** החל ממזגן מפוצל ועד למערכות גדולות מאוד

**עלויות נלוות:** ללא עלויות נלוות, ואף ניתן להפוך פעולה זו להכנסה או חיסכון עקב שימוש חוזר במערכות אחרות או מכירת הקרר.

**פוטנציאל החיסכון:** כל כמות גז ממוחזרת בין אם מוחזרה בארץ או יובאה, מצמצמת את הצריכה שהייבוא נדרש לספק, ותאפשר מרווח נשימה נוסף לצרכן ולמשק. ניתן יהיה למכור את הקררים לשימוש חוזר ועקב מחירם הגבוה כיום, הצפוי להיות מוכפל בשנים הקרובות, פעולה זו כדאית כלכלית.

#### צמצום דליפות קרר ממערכות

**תיאור כללי:** תחזוקה מונעת וקיצור הזמן מאיתור דליפה לתיקונה הנם בעלי פוטנציאל לצמצם משמעותית את כמויות הקרר הנפלטות באופן שוטף מהמערכת ושאותן יש למלא על מנת להמשיך את הפעולה התקינה של המערכת. עלות המילוי של הקררים הישנים גבוהה מאוד כבר כיום וצפויה להיות מוכפלת תוך שנה. בנוסף, שיפור האחזקה ישמור את המערכות בטווח יעילות גבוה יותר, אשר יחסוך גם בעלויות החשמל הנצרך.

**מערכות רלוונטיות:** כל המערכות

**פוטנציאל החיסכון:** במערכות מיזוג מסחריות בינוניות גדולות, אחוז הדלף השנתי המקובל בארץ נע בטווח של 100%-40%**.** זאת לעומת אירופה בה מקובל טווח של כ-10% מכמות הקרר במערכת. בהתאם לעלות הגז ועלות ביקור הטכנאי מדובר בעלויות של עשרות, עד מאות, אלפי שקלים בשנה למערכות בינוניות וגדולות. החיסכון בעלות הקרר, במיוחד לאור התייקרותו בעתיד הקרוב, גבוה מהעלות הנוספת לתחזוקה.

## מערכות קירור

מערכות קירור מסחריות משמשות בין יתר אצל קמעונאיות המזון, מחסני לוגיסטיקה, מלונות, מטבחים וחדרי אוכל מסחריים-תעשייתיים. המערכות כוללות מקררים, מקפיאים, חדרי קירור, וחדרי הקפאה, ונחלקות ארבעה סוגים:

1. מערכות מרכזיות בהן מדחסים ומעבים בודדים משותפים למספר רב של יחידות קירור או הקפאה, למשל: מערכות קירור והקפאה מרכזיות בסופרמרקטים, חדרי קירור במרכזים לוגיסטיים גדולים.
2. מערכות עצמאיות בהן לכל מערכת מדחס(ים) ומעבה אוויר משלה, למשל: מקררים קטנים בסופר, וחדרי קירור למגדלי פרחים והובלה בקירור.
3. מערכות מבוססות צ'ילר מרכזי עם קרר R-507, המקרר באמצעות קרר משני (תמיסת גליקול) מספר רב של יחידות קצה (חדרי קירור והקפאה).
4. מערכות עצמאיות מבוזרות המחוברות למגדל קירור מרכזי המספק להן מי עיבוי.

שני הקררים העיקריים המשמשים במערכות קירור והקפאה הם R-507 ו-R-404a. קיימות גם מערכות קטנות מבוססות R-134a, המשמשות לדוגמה להובלה בקירור ומקפיאים עצמאיים. בשנת 2022 חדר לשוק הקמעונאי הקרר R-290 שלו GWP 3, המתאים גם למערכות עצמאיות מבוזרות בשילוב עם מגדל קירור, ובשנים האחרונות החלו להתקין מערכות מבוססות קרר R-744 (2CO) שה-GWP שלו הוא 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| קרר | הרכב הגז | מערכת | GWP | ייבוא | | שיעור ייבוא | |
| **[טון קרר]** | **[טון ש"ע פד"ח]** | **[טון קרר]** | **[טון ש"ע פד"ח]** |
| R-507 | 50% R-125  50% R-134a | מרכזית/עצמאית | 3,985 | 566 | 1,511,568 | 20% | 33% |
| R-404a | 52% R-143a  44% R-125  4% R-134a | עצמאית | 3,922 | 114 | 298,677 | 4% | 6% |

טבלה 5 – מערכות קירור מסחרי, התפלגות ייבוא קררי קירור בשנת 2021



### פתרונות קבע

#### החלפת מערכות למערכות מבוססות CO2 (R-744)

**מערכות רלוונטיות:** מערכות מרכזיות**,** החלפת מערכות מבוססות R-507, הובלה בקירור. המערכת מתאימה להתקנה ברוב האזורים בארץ, למעט באזור הבקעה ודרומית למצפה רמון.

**מגזרים רלוונטיים:** קמעונאיות מזון, מחסני לוגיסטיקה, מלונות, מטבחים וחדרי אוכל מסחריים-תעשייתיים

**GWP:** 1

**זמינות מסחרית בישראל:** בישראל ישנן כיום מספר חברות קבלניות אשר עוסקות בהתקנת ותפעול מערכות CO2 מסחריות, כאשר ניתן גם לפנות לחברות קבלניות בינלאומיות. נכון להיום כ-20 מערכות מותקנות, וככל שהביקוש יגבר כן תעלה זמינות הספקים והקבלנים להתקנת המערכות. עבור מערכות קירור בהובלה חלופה זו טרם זמינה מסחרית אך נבחנת וקיימת להדגמה במגוון מקומות בעולם.

**אופן המעבר:** החלפת כלל המערכת

**עלויות המעבר:** מערכת CO2 יקרה בכ-20% ממערכת R-507 מקבילה. לשם ההמחשה, עלות עבור מערכת קירור סופרמרקט בהספק של כ-120 טון קירור נאמדת בכ-3 מיליון ש"ח.

**סוגיות בטיחות:** עבודה בטווח לחצים גבוה. קיים חשש לפיצוץ עקב קרר נוזלי הכלוא בנפח מוגבל ועלול במקרים של תחזוקה לא נכונה ליצור לחץ גבוה מאוד במערכת. יש צורך בתכנון מדויק של המערכת, והקמה ותפעול על ידי כוח אדם מיומן ומקצועי.

**יעילות תפעולית:** מערכת יעילה אנרגטית וחסכונית בצריכת החשמל ביחס למערכות R-507 בכ-40%. נפח הקרר במערכת הוא כשליש בהשוואה למערכת מבוססת R-507, ולאור העבודה בלחץ גבוה המצריכה התקנה ואחזקה ברמה מקצועית גבוה, כמות הדליפות אפסית. כמו כן מספר קריאות אחזקה השנתיות נמוך.

**עלויות הקרר:** העלות משתנה כתלות בייבוא וביכולת ייצור בארץ. נכון למרץ 2023, עלות הקרר כרבע מעלות R-507 (כ-30 ₪ לק"ג)

**חסמי מעבר עיקריים:** כאמור, בשל העבודה בלחץ גבוה וסיכוני הבטיחות הנובעים מכך, יש צורך בכוח עבודה מיומן ומקצועי. מחסור בכוח אדם מתאים בישראל מאפשר כיום מספר התקנות מוגבל מדי שנה, אולם חסם זה ייעלם כאשר הביקוש יצדיק כניסת ספקים וקבלנים נוספים לתחום.

#### החלפת מערכות למערכות מבוססות R-290

**מערכות רלוונטיות:** מערכות עצמאיות, והובלה בקירור. מתאים גם למערכות מבוזרות בשילוב עם מגדלי קירור, לרבות באזור הבקעה ודרומית למצפה רמון.

**GWP:** 3

**זמינות מסחרית בישראל:** מערכות עצמאיות עם R-290 זמינות ומותקנות כבר כיום באופן נרחב בישראל. אין כיום מערכת מבוזרת בישראל, אך ההתקנה אפשרית.

**אופן המעבר:** החלפת כלל המערכת

**עלויות המעבר:** עלויות דומות למערכות קיימות על R-404a ו-R-507

**סוגיות בטיחות:** רמת דליקות גבוהה (3), רמת רעילות נמוכה (A)

**יעילות תפעולית:** יעילות דומה לזו של 507 R-.

**עלויות הקרר:** עלויות דומות ל-R-507 כיום (כ-150 ₪ לק"ג)

**חסמי מעבר עיקריים:** דורש הכשרת טכנאים מטעמי בטיחות / תפעול על ידי טכנאי מוסמך לעבודה עם קררים דליקים;

#### החלפת מערכות למערכות מבוססות אמוניה (R-717)

**מערכות רלוונטיות:** מערכות מרכזיות, מערכות בעלות צ'ילר מרכזי מבוסס 507R עם תמיסת גליקול כקרר משני.

**GWP:** 0

**זמינות מסחרית בישראל :** טכנולוגיה ותיקה מאוד בארץ ובעולם, אולם השימוש מערכות אלו פחות נפוץ בשל רעילות ודליקות הקרר המגבילה שימוש בסמוך לריכוזי אוכלוסין.

**אופן המעבר:** החלפת המערכת כולה.

**עלויות המעבר:** חלופה זולה יותר מ-507R בחלק מהשימושים.

**סוגיות בטיחות:** רמת דליקות גבוהה (3), רמת רעילות גבוהה (B)

**יעילות תפעולית:** יעילותגבוהה ביחס ל-507R-.

**עלויות הקרר:** זול משמעותית מקררים קיימים ועתידיים.

**חסמי מעבר עיקריים:** לא מתאים לשימוש באזורים מאוכלסים בצפיפות כגון קניונים ואזורי מגורים. רלוונטי יותר לתעשייה ולמקומות מרוחקים. מצריך התקנת אמצעי ניטור דליפות ואבטחה למקרה של דליפה. דליפת אמוניה מסוכנת מאוד גם בטווחים גדולים יחסית (מאות מטרים) שכן החומר גם דליק גם רעיל ולכן נדרשים אמצעים לניטור הדליפות ואבטחה במקרה של דליפה.

#### סיכום פתרונות קבע

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מצב קיים** | | **חלופה** | | **מערכות מתאימות** | **רמת**  **דליקות** | **רמת**  **רעילות** | **דירוג סיכון** | **יעילות אנרגטית** | **החלפה או הסבת מערכת** | **זמינות מסחרית** | **עלויות המעבר** |
| קרר | GWP | קרר | GWP |
| R-404a או R-507 | 3,985 | R-290 | 3 | מערכת מבוזרת עם מגדל קירור  מערכות קירור עצמאיות | גבוהה | נמוכה | A3 | גבוהה | החלפת מערכת | זמין בשוק, אך נדרשת אסדרה לטכנאים לטיפול במערכות עם קרר זה | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-404a ו--507R- |
| R-744  CO2)) | 1 | מערכת מרכזית  הובלה בקירור | לא דליק | נמוכה | A1 | גבוהה | החלפת מערכת | זמין להתקנה במערכות מסחריות ותעשייתיות  בהובלה בקירור טרם זמין ברמה מסחרית. | מערכת קירור מרכזית CO2 יקרה בכ-20% ממערכת R-507 מקבילה |
| R-717  (אמוניה) | 0 | מערכת מרכזית או צ'ילר מרכזי מבוסס 507R | גבוהה | גבוהה | B3 | גבוהה מאוד | החלפת מערכת | זמין בארץ שנים רבות | נחשבת כחלופה זולה יותר בחלק מהשימושים |

טבלה – סיכום חלופות מערכות קירור מסחרי פתרונות קבע

### פתרונות ביניים

#### הסבת מערכות R-507 ו-R-404a לקררים R-448A/R-449A

**מערכות רלוונטיות:** מערכות מרכזיות ועצמאיות, הובלה בקירור

**GWP:**

**R-448A –** 1,387

**R-449A -** 1,397

**זמינות מסחרית בישראל:** טרם הוטמע בישראל אך אין חסמי ייבוא משמעותיים במידה ויהיה ביקוש לכך.

**אופן המעבר:** הסבת מערכת קיימת (drop-in). נדרשת שאיבה של הקרר הקיים וניקוי המערכת לפני המילוי בקרר החלופי.

**עלויות המעבר:** כ-100,000 ₪ למערכת קירור בינונית בסופרמרקט

**סוגיות בטיחות:** לא דליק (1), רעילות נמוכה (A).

**יעילות תפעולית:** יעילות אנרגטית דומה ל-507R.

**עלויות הקרר:** נכון למרץ 2023, עלות הקרר כפולה מעלות R-507 (כ-250 ₪ לק"ג), המחיר צפוי להשתוות במהלך 2024, עקב התייקרות 507R והוזלת הקרר התחליפי ככל שהכמויות המיובאות יגדלו.

**חסמי מעבר עיקריים:** קיים מעט ניסיון מקצועי בישראל בביצוע הסבות. פער זה ניתן לגישור מהיר (מספר חודשים עד שנה).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מצב קיים** | | **חלופה מוצעת** | | **מערכות מתאימות** | **רמת**  **דליקות** | **רמת**  **רעילות** | **דירוג סיכון** | **יעילות אנרגטית** | **אופן מילוי** | **זמינות מסחרית** | **עלויות המעבר** |
| קרר | GWP | קרר | GWP |
| 507R- או R-404A | 3,922 | R-448A | 1,387 | מערכת מרכזית  מערכת עצמאית  הובלה בקירור | לא דליק | נמוכה | A1 | בינונית | הסבה (drop in) | זמין לרכישה | כ-100,000 ₪ להסבת מערכת מרכזית כדוגמת סופרמרקט בינוני |
| R-449A | 1,397 | לא דליק | נמוכה | A1 | בינונית | הסבה (drop in) | זמין לרכישה |

טבלה – סיכום פתרונות ביניים למערכות קירור מסחרי והובלה בקירור

### סיכום החלופות למערכות קירור

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **מצב קיים** | | **חלופה** | | **מערכות מתאימות** | **רמת**  **דליקות** | **רמת**  **רעילות** | **דירוג סיכון** | **יעילות אנרגטית** | **החלפה או הסבת מערכת** | **זמינות מסחרית** | **עלויות המעבר** |
| קרר | GWP | קרר | GWP |
| R-404 או R-507 | 3,985 | R-290 | 3 | מערכת מבוזרת עם מגדל קירור  מערכות קירור עצמאיות | גבוהה | נמוכה | A3 | גבוהה | החלפת מערכת | זמין בשוק, אך נדרשת אסדרה לטכנאים לטיפול במערכות עם קרר זה | עלויות דומות למערכות קיימות עם R-404a ו--507R |
| R-744  CO2)) | 1 | מערכת מרכזית  הובלה בקירור | לא דליק | נמוכה | A1 | גבוהה | החלפת מערכת | זמין להתקנה במערכות מסחריות ותעשייתיות  בהובלה בקירור טרם זמין ברמה מסחרית | מערכת קירור מרכזית CO2 יקרה בכ-20% ממערכת 507 מקבילה |
| R-717  (אמוניה) | 0 | מערכת מרכזית או צ'ילר מרכזי מבוסס 507R | גבוהה | גבוהה | B3 | גבוהה מאוד | החלפת מערכת | זמין בארץ שנים רבות | נחשבת כחלופה זולה יותר בחלק מהשימושים |
| R-448A | 1,387 | מערכת מרכזית  מערכת עצמאית  הובלה בקירור | לא דליק | נמוכה | A1 | בינונית | הסבה (drop in) | זמין לרכישה | כ-100,000 ₪ להסבת מערכת מרכזית כדוגמת סופרמרקט בינוני |
| R-449A | 1,397 | לא דליק | נמוכה | A1 | בינונית | הסבה (drop in) | זמין לרכישה |

טבלה – מערכות קירור מסחרי והובלה בקירור - סיכום פתרונות קבע ופתרונות ביניים

### פתרונות משלימים

#### איסוף ומחזור קררים

**תיאור כללי:** שאיבה של הקרר מתוך המערכת למכל איסוף, ניקוי והשבה לשימוש או מכירה.

**מערכות רלוונטיות:** כל המערכות

**אתגרים / מתי מתאים:** בהסבה לקרר אחר, או בהשבתת המערכת.

**עיקרי שיטת העבודה:** פעולה זו נעשית באמצעות ציוד נייד ייעודי בשטח, אשר קיים כבר כיום בידי הקבלנים והספקים הרלוונטיים.

**עלויות נלוות:** זניח ביחס לעלות פרויקט ההסבה או החלפה של המערכת.

**פוטנציאל החיסכון:** שיעור המחזור עומד על כ-95% מסך נפח הקרר במערכת. לשם ההמחשה במערכת עם 507R- במשקל 500 ק"ג, ניתן להשיב כ-475 ק"ג, ולחסוך כ–35-60 אלף ₪ (כתלות במחיר הקרר המתייקר בהתמדה).

#### צמצום דליפות

**תיאור כללי:** בהינתן מערכת סגורה הכוללת מעבה, מדחסים וצנרת, יהיו דליפות הנובעות מהתרופות מחברים, בלאי או פגיעה בציוד. שיעור הדליפות הנהוג באירופה ובארה"ב הוא 40%-25%, בעוד בארץ שיעור הדליפות גבוה יותר ונע בטווח של 100%-200%. ניתן להקטין מאוד את שיעור הדליפות באמצעות שיפור רמת האחזקה והניטור.

**מערכות רלוונטיות:** כל המערכות

**אתגרים / מתי מתאים:** במערכות עצמאיות קטנות קיים אתגר של תדירות בדיקות וטיפול שוטף.

**עיקרי שיטת העבודה:** התקנת גלאים בסמוך לנקודות תורפה במערכת, מציאה ותיקון מקור הדליפה מייד לאחר הגילוי, ניטור ובקרה על שיעורי הדליפה בכל מערכת בנפרד, קביעת ערכי סף לדליפה המחייבים השבתה או תיקון מהותי במערכת.

**עלויות נלוות כנגד פוטנציאל החיסכון:** עבור מערכת ממוצעת שבה 500 ק"ג, בהיעדר תיקון הדליפה בזמן סביר והגעה להתרוקנות המערכת, עלויות הקרר הדולף שיש למלא חזרה הן בטווח 35,000-62,500 ₪ עבור מערכת. **העלות המוערכת לשיפור האחזקה והתקנת גלאים נמוכה יותר.**

דוגמה:

עבור מערכת קירור של סופרמרקט, המכילה 400 ק"ג 507R-, עם דלף שנתי בהיקף של 100%,   
תחזוקה מוגברת וניטור יביאו לצמצום הדלף ל-40% (ערך שמרני לעומת 25% כמקובל באירופה).

עלות מילוי שנתי של 400 ק"ג 507R- במערכת זו מוערכת בכ-50,000 ₪ (כיום מחיר הגז הוא כ 125 ש"ח לקילו, ומחיר זה צפוי להיות מוכפל תוך כשנה). צמצום הדלף ל-40% יחסוך 30,000 ₪ בשנה, בעוד תוספת העלות של תחזוקה משופרת תהיה פחות ממחצית מזה, וברוב המקרים תוסיף פחות מ-10,000 ₪ בשנה. לפיכך, השקעה בצמצום הדלף צפויה לחסוך כ-20,000 ₪ בשנה, במחירים של היום.

1. סטטוס מדינות שאשררו את תיקון קיגאלי, מזכירות האוזון של האו"ם, 2023 [↑](#footnote-ref-2)
2. [אשרור תיקון קיגאלי](https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-08/ratification_kigali.pdf) [↑](#footnote-ref-3)
3. [תקנות החומרים המסוכנים (יישום פרוטוקול מונטריאול בעניין חומרים הפוגעים בשכבת האוזון), תשס"ד-2004](https://www.nevo.co.il/law_html/law01/999_240.htm) [↑](#footnote-ref-4)
4. [ריכוז המידע בנציבות האיחוד האירופי](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/fluorinated-greenhouse-gases/climate-friendly-alternatives-hfcs_en#:~:text=The%20main%20substitute%20is%20the,duty%20vehicles%2C%20buses%20and%20trains.) [↑](#footnote-ref-5)
5. [ריכוז המידע תחת תוכנית SNAP של ה-EPA](https://www.epa.gov/snap/snap-substitutes-sector) [↑](#footnote-ref-6)
6. [UNEP Fact sheets](https://ozone.unep.org/meetings/workshop-hydrofluorocarbon-management-2015/presession-documents) [↑](#footnote-ref-7)
7. מבוסס על נתוני הייבוא המתקבלים ממשרד הכלכלה ופילוח על בסיס הערכות מומחים ונתוני UNFCCC.

   אחר: קירור ביתי, מערכות מיזוג ניידות, מערכות קירור ניידות, משאפים וכו'. [↑](#footnote-ref-8)
8. נתוני ה-GWP המופיעים במסמך זה נלקחו מתוך דו"ח ההערכה ה-4 של ה-IPCC (IPCC AR4) בהתאם לתיקון קיגאלי לפרוטוקול מונטריאול ולמכסות המיושמות בישראל. כיום כבר נכנס לתוקף IPCC AR5 וניתן למצוא ערכי GWP שונים מעט. [↑](#footnote-ref-9)
9. https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/cooling/refrigerants-and-energy-efficiency/refrigerants-for-lowering-the-gwp/r32/ [↑](#footnote-ref-10)