



**מוסד שמואל נאמן**  
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה



# **ייעול השימוש באנרגיה במכון החליבה בקיבוץ עין חרוד איחוד**

## **דו"ח סיכום שנה I**

**מוגש ע"י מוסד שמואל נאמן בטכניון**

### **חוקרים:**

ד"ר אופירה אילון, יפעת ברון, אפרת אלימלך- מוסד שמואל נאמן

אליעזר פרוכטר- חברת Scitherm

ד"ר מרים לב און – קבוצת לב און, קליפורניה

יוחאי קמחי, נדב רז, מיקי יונתני- עין חרוד איחוד

**דצמבר 2008**

## תוכן העניינים

3	1. מבוא
3	2. רקע
5	3. תאור המערכות בקבוץ עח"א
5	3.1 רפת
5	3.2 דיר
6	3.3 אומדני צריכה ועלות אנרגיה
8	4. פוטנציאל החיסכון
8	4.1 חיסכון במערכת הקירור
8	4.1.1 קירור מקדים במי רשת
9	4.1.2 הסטת הביקוש לצורך שימוש בתעריף תעו"ז
9	4.1.2.1 הוספת שעות לחוג הבקרה
10	4.1.2.2 אגירה תרמית
10	4.2 חיסכון במערכת החימום
10	4.2.1 שימוש בחום המושב מקירור החלב
10	4.2.2 חום מושב ממעבה מערכת הקירור
10	4.2.3 אנרגיית שמש
11	4.2.4 חימום בגופי חימום חשמליים
11	4.2.5 חימום באינדוקציה חשמלית
12	5. תוכנית המדידות
12	ביצוע בשנת 2008
13	עיתוי המדידות
13	סיכום
14	נספח א – סקר ספרות
14	1. כללי - משק החלב בישראל
19	2. טכנולוגיות להשבת חום מתהליכי קירור חלב
22	מקורות מידע
23	נספח ב- מרחסים לקירור מיכל החלב
24	נספח ג - מאפייני דוד Buderus
25	נספח ד- מאפייני מיכל המים החמים

## 1. מבוא

עבודה זו מתבצעת במסגרת הפרויקט "ייעול השימוש באנרגיה ברפתות ובמכוני חליבה", במסגרת מחקרי מו"פ אנרגיה בחקלאות. העבודה משותפת למוסד שמואל נאמן בטכניון, חיפה ולקיבוץ עין חרוד איחוד (עח"א).

**מטרת הפרויקט היא לבחון דרכים לחיסכון/ הוזלת עלויות האנרגיה במכוני חליבה, ולהציע צעדי חיסכון הכוללים שיפורים אנרגטיים מבוססים על המשך צריכת חשמל ודלק בתוספת אפשרית של אנרגיית שמש תוך כדי עמידה בקריטריונים של כדאיות כלכלית.**

במכוני החליבה המערכות האנרגטיות העיקריות הן: המערכת לקירור החלב, המערכת לחימום מים לשטיפת הצנרת ומיכל החלב, משאבות הוואקום לצורך שאיבת החלב, ותאורה. ע"מ לאמוד את פוטנציאל החיסכון דרוש קודם כל להכיר את המצב הקיים. הנתון הכמותי היחיד כיום, הוא כמות הסולר שנרכש במהלך שנת 2004. אין לקיבוץ מערכת למדידת צריכת החשמל של מערכת הקירור.

הדו"ח הנוכחי מסתמך על שלושה מקורות מידע עיקריים: הסקר הוויזואלי של מחברי הדו"ח בקיבוץ, שיחות וחומר רקע שנתקבלו מחברי הקיבוץ, ממיקי יונתי- יוחאי קמחי ונמרוד מנהל הרפת. כמו כן, נערך סקר ספרות מקיף אשר ממצאיו מוצגים גם הם בדו"ח זה. דו"ח זה דן בתיאור המצב הקיים, אומד את צריכות החשמל והדלק, סוקר עבודות שבוצעו בתחום מציג את תוכנית המדידות המתוכננת ואת סטטוס המחקר בתום שנת 2008.

## 2. רקע

בדו"ח הביניים שהוגש למשרד החקלאות ביולי 2007 הוגשה סקירה מקיפה של יישום החלטת הממשלה להפנמת יתרונות לגודל במקטע רפת החלב, במסגרת תוכנית הרפורמה ברפת. הסקירה הציגה את צמצום מספר הרפתות והגדלת יעילות הייצור של הרפתות בישראל במונחים של ייצור חלב ממוצע.

כמוכן, הוגשה בדו"ח הביניים סקירה עולמית לגבי השימוש במערכות להשבת חום מתהליכי קירור חלב במקום שאנרגיית החום תלך לאיבוד, בנקודה זו משלבים מערכת להשבת חום, אשר מנצלת את החום שנקלט בנוזל הקירור בכדי לחמם מים המשמשים לתהליכים שונים.

על פי ההערכה של Sanford (2005), מערכות להשבת חום מתהליכי קירור חלב יכולים להשיב בין 20-50% מהאנרגיה הנפלטת מחלב בתהליך הקירור. לדבריו, מערכות אלה מגבירות את יעילותן של מתקני קירור חלב ויכולות לאפשר חימום מים לטמפ' של 38 עד 49 מעלות צלזיוס, ולפיכך לחסוך עד 50% מעלויות חימום מים ברפתות חלב. יעילות מרבית מושגת כאשר נפח מיכל השבת חום הקירור מותאם לנפח עבודת מערכת הקירור.

Peebles וחוב' (1993) ביצעו סימולציה נומרית של צריכות האנרגיה לקירור החלב ולחימום מים עבור מכוני חליבה בגדלים שונים. בטבלה מס' 1 מוצג החיסכון המחושב באיזור ויסקונסין, ארה"ב בו טמפ' החלב 35°C, טמפ' מיכל הקירור 3°C, טמפ' מי הבאר 12°C וטמפ' המים

החמים  $71^{\circ}\text{C}$  (טמפי' סביבה מותאמת לאזור Wisconsin ארה"ב). בטבלה מס' 2 מוצג חישוב אומדן צריכת האנרגיה ברפת עח"א.

**טבלה מס' 1 - צריכת אנרגיה ספציפית לקירור החלב ולחימום מים בוויסקונסין ארה"ב**

צריכת אנרגיה שנתית ספציפית ל-1000 ליטר חלב		גודל רפת
חימום מים	קירור חלב	
kWh/ k-liter	kWh/ k-liter	מס' פרות
69	16.2	60
70	16.2	200
68	15.8	400

**טבלה מס' 2 - אומדן צריכת אנרגיה ספציפית לקירור חלב וחימום מים בעח"א**

חימום מים	קירור חלב	תפוקת חלב יומית	
kWh/ k-liter	kWh/ k-liter	k-liter	מס' פרות
17	18.2	10000	300

לעומת זאת, חישוב דומה לגבי עח"א (טבלה מס' 2) מצביע על פערים בצריכה. חלק מן הפער נובע מטמפרטורות התהליך שמשפיעות על צורת החישוב.

- במקרה של **חימום** צריכת האנרגיה הסגולית בוויסקונסין גדולה פי 4 מאשר בעין חרוד. 23% מן הפער נובע מהנחות חישוב שונות.

$$\frac{\text{Wisconsin}}{\text{Ein Harod}} = \frac{(71-12)}{(70-22)} = 1.23$$

היתרה עקב צריכת מים חמים שונה, יעילות הדוד, תנאי האקלים וחום הסקה לרפת.

- במקרה של **קירור**, אומדן הצריכה בעין חרוד גבוה ב 15% מאשר בוויסקונסין. 3% מתוכם נובע מהנחות החישוב ויתרה עקב תנאי אקלים שונה.

$$\frac{\text{Wisconsin}}{\text{Ein Harod}} = \frac{(35-3)}{(37-4)} = 0.97$$

בסקירה העולמית הוצגו תהליכי התייעלות וחסכון באנרגיה ובחשמל ברפתות בארה"ב. בין השאר, דווח על חסכון בתאורה, שימוש במערכות להשבת חום מתהליכי קירור חלב (refrigeration heat recovery) וכן הוספת מערכת לבקרת מהירויות במשאבות הוואקום (variable speed drive (VSD) on the vacuum pump). אמצעי מומלץ נוסף הוא השימוש בלוחות להחלפת חום לקירור ראשוני של החלב (Milk plate pre-coolers), הנעשה לרוב באמצעות מי באר. היעילות של אמצעי זה שוב מתגלה כגבוהה יותר בחוות גדולות בהן גם נפחי החלב גדולים ולכן משפיעים ישירות על הצריכה האנרגטית המיוחסת להליכי הטיפול בחלב.

סקירת הספרות מוגשת שוב, בנספח א' לדוח זה.

### 3. תאור המערכות בקבוץ עח"א

במשק עין חרוד יש גם רפת וגם דיר. בשניהם יש תפוקת חלב במערכות המתוארות להלן:

#### 3.1 רפת

ברפת עח"א כ-300 פרות שתנובתם היומית הממוצעת כ- 10,000 ליטר חלב בטמפ' של 37 מעלות צלזיוס. את הפרות חולבים שלוש פעמים ביום: בבוקר בין השעות 5-8, בצהריים בין השעות 12-15 ובערב בין השעות 18-21. החלב מוזרם למיכל בעל תכולה של 20,000 ליטר ומקורר לטמפ' של 4°C.

ע"פ מה שנמסר ע"י נציגי הקיבוץ, מכון החליבה צורך מים חמים לשטיפת צנרת החלב, ציוד החליבה והרפת, סה"כ כ-2200 ליטר מים חמים ליממה בטמפ' של 70°C. פעם ביומיים שוטפים את מיכל החלב ומשתמשים בכ-400 ליטר מים חמים נוספים בטמפ' לעיל. סה"כ כ-2400 ליטר מים חמים ליממה, ב 70°C.

מערכת קרור החלב: החלב החם נשאב מהפרות אל מיכל מילוי ראשוני (Releaser). לאחר שהחלב מגיע למפלס המבוקר, מופעלת משאבה שמזרימה את החלב מה Releaser למיכל קירור. קירור המיכל מבוצע בשיטת DX באמצעות 4 יח' קירור בעלות מעבה אוויר מדגם CRN5-500 Copeland TFD-552, 5 כ"ס (פרטים בנספח ב). המערכת מוצגת סכמטית באיור 1. מערכת חימום המים (איור 2) כוללת דוד סולר ומיכל מבודד בנפח 975 ליטר שניהם תוצרת Buderus (נספחים ג ו-ד). המים מסוחררים במעגל הראשוני בין הדוד למחליף החום שבמיכל. המים עוזבים את הדוד בטמפ' של 90°C וחוזרים מהמיכל ב 80°C. במעגל המשני, מי הרשת נכנסים למיכל בטמפ' של 20-22°C ומחוממים ע"י מחליף החום שבמיכל, לטמפ' של 70°C. הטמפרטורות בשני המעגלים מבוקרות ע"י תרמוסטט.

#### 3.2 דיר

##### קירור החלב

הדיר, ובו כ-1200 כבשים, מייצר ביום בממוצע שנתי כ-1400 ליטר חלב בטמפ' של 37°C ומקורר ל 4°C.

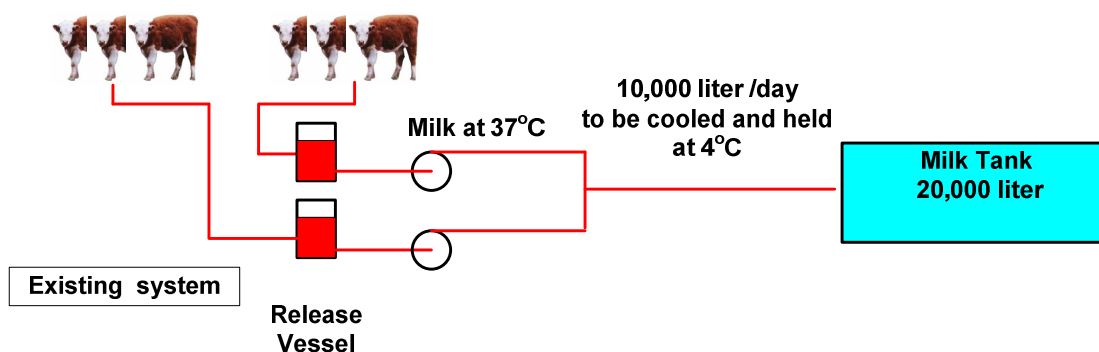
קירור המיכל מבוצע ע"י יחידת קירור אחת, המבוססת על מדחס Copeland לעיל.

##### מים חמים

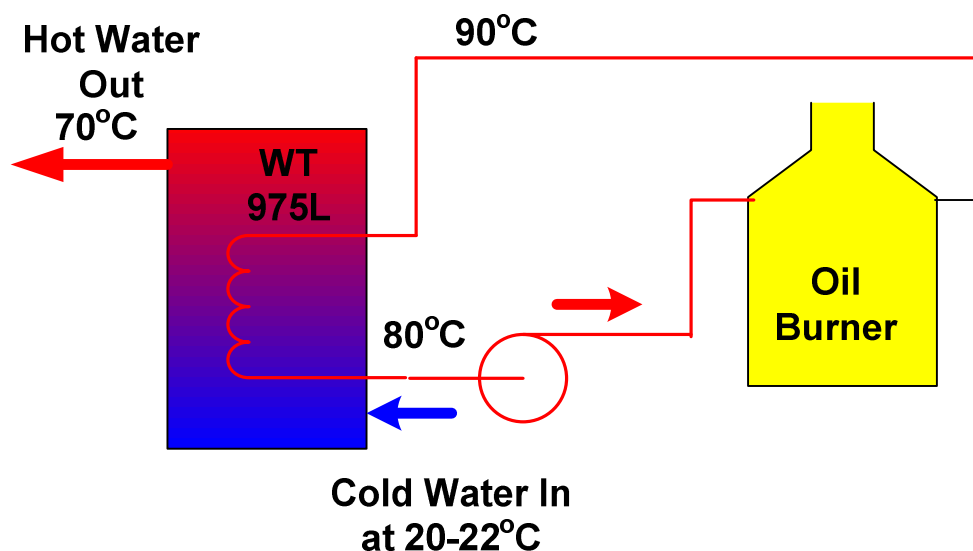
שתי שטיפות (לאחר החליבות) ביום כפול 75 ליטר לשטיפה. שטיפת מיכל פעם ב-3 ימים - 200 ליטר לשטיפה. מקלחות לשימוש העובדים: 50 ליטר מים חמים ביום. סה"כ כ-300 ליטר מים חמים ביום בטמפ' של 70°C.

בחודשים דצמבר עד סוף יוני ייצור חלב הוא מכסימלי, ובכל שאר חודשי השנה הייצור יורד לרבע מהכמות המכסימלית.

חימום המים מבוצע באמצעות 3 יח' דודי חשמל בנפח 200 ליטר כ"א.



איור 1 - המערכת הקיימת לקירור החלב



איור 2 - המערכת הקיימת לחימום מים

### 3.3 אומדני צריכה ועלות אנרגיה

האומדנים הרשומים מטה בוצעו על סמך חומר הרקע שנמסר ע"י הקיבוץ, ללא מדידות. על כן יש להתייחס אליהם, בשלב זה כאומדנים בלבד.

#### ברפת

העלויות של המערכות האנרגטיות ברפת (אנרגיה בלבד ללא תחזוקה) נתונות בטבלה מס 3. קירור החלב צורך חשמל, וחימום המים צורך סולר.

צריכת החשמל לקירור החלב

המדחסים מופעלים בזוגות. חישוב אומדן צריכת החשמל בוצעה לפי COP=2.5 בתוספת 500W הספק חשמלי של זוג מפוחי מעבה האוויר, או לחילופין COP=2.2 משוכלל שכולל את הספק המפוחים. צריכת החשמל השנתית נאמדת על כ-71,000kWh ובעלות כספית של כ-35,500₪.

### צריכת הדלק לחמום מים

ע"פ צריכת מים יומית של 2,400 ליטר ב-70°C חושבה צריכה שנתית של 6140 ליטר סולר (טבלה 3, סעי' 2.3). עלות הדלק ברפת, במחירי אוקטובר 2008 מסתכמת בכ-37,000₪ בשנה.

### **טבלה מס' 3 - אומדן צריכת החשמל והדלק ועלותם ברפת –מצב קיים**

	<b>עלות החשמל לקירור החלב</b> ללא מע"מ, לפי תעריף תעו"ז מה- 1.1.2006	1
$10000 \text{ liter / day} \times (37\text{C} - 4\text{C}) = 330000 \text{ kcal / day}$ $= 384 \text{ kWh / day}$	צריכת אנרגיה לקירור החלב מ- 37°C ל-4°C	1.1
$20000 \times (21.5 - 4) \times 0.04 = 14000 \text{ kcal/day}$ $\approx 16 \text{ kWh/day}$	הפסדי בידוד במיכל (לפי 4.0%, (תקן אמריקאי US Department of Housing and Urban Development, Intermediate Minimum Property Standards)	1.2
2.2	COP ממוצע משוער של מזגני הקירור (כולל הספק מפוחים בצד המעבה)	1.3
$\frac{(384 + 16)}{2.2} = 182 \text{ kWh / day}$	צריכת חשמל יומית	1.4
$182 \text{ kWh} \times 365 = 66430 \text{ kWh} \approx 70000 \text{ kWh / year}$	סה"כ צריכה שנתית	
$70000 \text{ kwh} \times 0.50 = 35000 \text{ NIS / year}$	עלות חשמל שנתית (כולל מע"מ) לפי 50 אג' לקוט"ש	1.4
	<b>עלות הסולר לחימום מים</b>	2
$2400 \text{ liter / day} \times (70.0 - 22\text{C})$ $= 115000 \text{ kcal / day}$	צריכת אנרגיה לחימום מים : 22°C = ממוצע שנתי של טמפי מים קרים	2.1
3800 kcal/day	הפסדי בידוד במיכל לפי טמפי מים של 70°C וטמפי סביבה של 22°C	2.2
$\frac{(115200 + 3800) \text{ kcal / day}}{10150 \text{ kcal / kg} \times 0.82} = 14.30 \text{ kg / day} \approx$ $\approx 16.82 \text{ liter / day} = 6140 \text{ liter / year}$	צריכת דלק מחושבת לפי נצילות דוד של 82%	2.3
$6140 \times 6.00 \text{ NIS / liter} = 36840 \text{ NIS / year}$	עלות הדלק לפי 6.00 ₪ לליטר (כולל מע"מ) במחירי אוקטובר 2008	2.4
<b><math>35,000 + 37,000 = 72,000 \text{ NIS}</math></b>	<b>סה"כ עלות הצריכה הקיימת</b> חשמל לקירור + סולר לחימום	3

### בדיר, ע"פ החישוב לעיל:

צריכה ועלות חשמל בדיר מוצגות בטבלה מס' 4 (בדיר אין צריכת דלק).

### טבלה מס' 4 - אומדן עלות צריכת החשמל בדיר – מצב קיים

$\frac{1400}{10000} \times 35000 = 4900 \text{NIS} / \text{year}$	עלות שנתית של החשמל לקירור החלב (לפי אספקת חלב של 1400 ליטר ליממה ממוצע שנתי)	1
$400 \times (70 - 22) / 860 = 22.32 \text{kWh} / \text{day}$	צריכת החשמל לחימום מים לשטיפת החלב- לפי 400 ליטר ליום	2
$0.04 \times 3 \times 200 \times (70 - 21.5) / 860 = 1.4 \text{kWh} / \text{day}$	הפסדי בידוד לפי 4% ליממה ל-3 מיכלים בנפח 200 ליטר	2.1
$22.4 + 1.4 = 23.8 \approx 24 \text{kWh} / \text{day}$	סה"כ צריכת חשמל לחמום	2.2
$24 \times 365 \times 0.50 \text{Nis} / \text{KWH} = 4380 \text{NIS} / \text{year}$	עלות שנתית לחימום מים	2.3
$4900 + 4380 = 9280 \text{NIS} / \text{year}$	סה"כ עלות שנתית לקירור החלב וחימום המים	3

## 4. פוטנציאל החיסכון

כאמור לעיל, קיימים רק אומדנים אודות צריכת החשמל וצריכת הסולר. המדידות המסודרות שיבוצעו ישמשו לקבלת בסיס נתונים אמין יותר והן צעד הכרחי לפני ביצוע חישובי הכדאיות הכלכלית והתכן. לאחר ביצוע השינויים, ציוד המדידה ישמש להמשך מדידת הצריכה, להפעלה נכונה של המערכות ולכימות החיסכון. האומדנים בהמשך, מתייחסים למערכת האנרגיה ברפת בלבד.

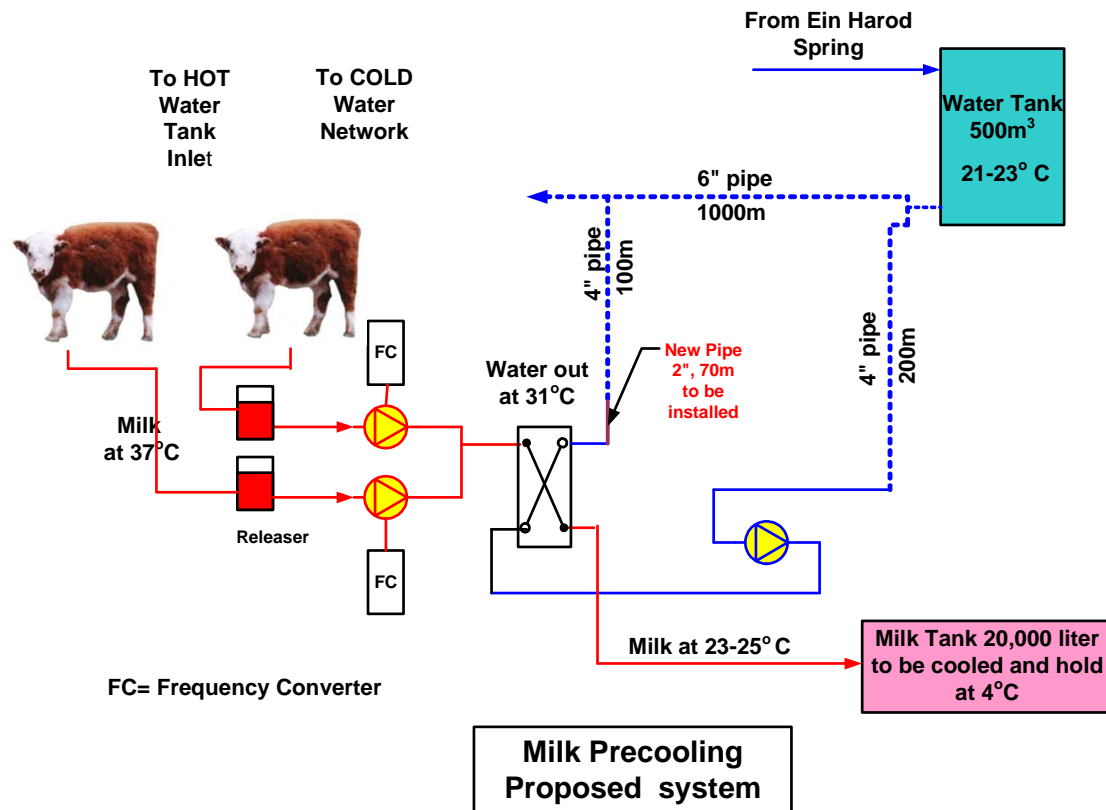
### 4.1 חיסכון במערכת הקירור

#### 4.1.1 קירור מקדים במי רשת

השיפור המוצע: מי רשת בטמפי של  $20-23^{\circ}\text{C}$  יקררו באמצעות מחליף חום לוחות את החלב מ- $37^{\circ}\text{C}$  ל- $24^{\circ}\text{C}$ . מי הרשת יעזבו את מחליף החום ב- $33^{\circ}\text{C}$ . לצורך קירור החלב, יצטרכו להזרים מדי יום מי רשת חדשים בכמות של 10,000 ליטר ליממה. מתוך הכמות הנ"ל, ניתן לנצל כ-2400 ליטר בתור מי הזנה למערכת המים החמים והיתרה תוזרם לרשת המים הקיבוצית. החיסכון השנתי נאמד בכ-  $38\% = (37-24)/(37-4)$



תאור סכמאטי של המערכת המוצעת נתון באיור 3. לצורך הקירור המוקדם של החלב, יותקן כאמור מעגל סחרור מי רשת. המעגל יכלול צינור מים קיים בקוטר 4" שיוצא מסעפת המחוברת למאגר מים בנפח  $500\text{m}^3$ , משאבת סחרור מים, מחליף חום מים חלב, צינור שיש להתקין בקוטר 2" ובאורך של כ 70 מ', צינור קיים 4" באורך 100 מ' וצינור 6" באורך של 1000 מ'. המשאבה תופעל בעת ביצוע החליבה בלבד. חלקם של המים יסוחררו וחלקם יוזרם לצרכנים אחרים בקיבוץ.



איור 3 - קירור מקדים של החלב באמצעות מי באר

#### 4.1.2 הסטת הביקוש לצורך שימוש בתעריף תעו"ז

##### 4.1.2.1 הוספת שעות לחוג הבקרה

במכון החליבה מתבצעות כאמור שלוש חליבות ביום, ריקון מיכל הקירור מדי יום ושטיפתו מדי יומיים. מכאן נובע שהתנהגות המערכת מאוד דינמית. לאחר ביצוע המדידות נוכל לקבוע את תגובת המערכת בזמן המעבר ולראות אם ניתן להזיז את הפעלת המדחסים ולהתאימם לתעריף התעו"ז.

מבחינה מעשית הדבר מתבטא בהוספת בקר שעות לבקר הטמפרטורה הקיים.

#### 4.1.2.2 אגירה תרמית

בשיטה זו מקורר החלב ע"י מים שקוררו בשעות השפל של התעו"ז (שעות הלילה בעיקר). אגירת הקור תבוצע באמצעות מים קרים או תערובת של מים קרים וקרח. בשיטה זו החיסכון בעלויות הקירור נאמד בכ-50%, למרות שחיסכון האנרגיה הוא מזערי. **במידה ומתוכנן להתקין מיכל קירור נוסף, יש לשקול ההשקעה במערכת אגירה תרמית.**

### 4.2 חיסכון במערכת החימום

#### 4.2.1 שימוש בחום המושב מקירור החלב

במידה ונשתמש במים המחוממים ע"י החלב (סעיף 4.1.1 לעיל) בתור מי הזנה לדוד המים החמים נוכל לקבל חיסכון נוסף בשיעור של:

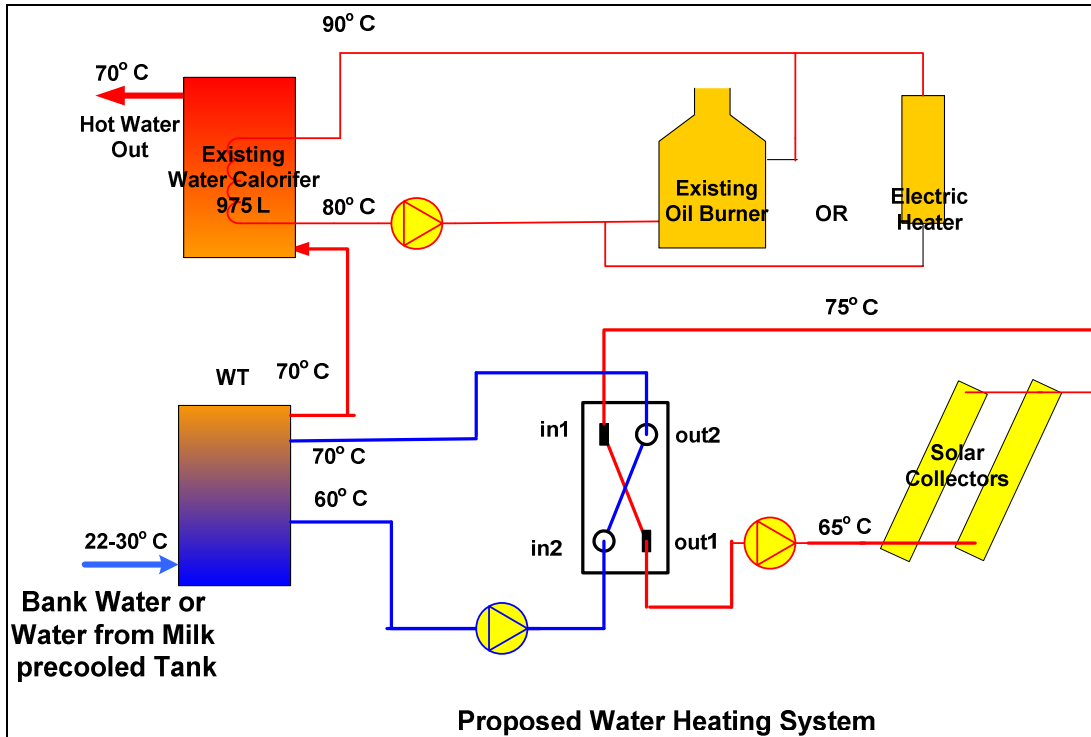
$$23\% = (70-22)/(33-22)$$

#### 4.2.2 חום מושב ממעבה מערכת הקירור

בשיטה זו ניתן לקבל מים חמים בטמפרטורה עד  $45^{\circ}\text{C}$  ע"י ניצול חום העיבוי שמשחרר ממעבה מערכת הקירור. לצורך כך יש לעלות את הלחץ של מדחס הקירור, דבר שמוריד את נצילות הקירור של חלב. מאחר וקיים פער גדול בין אנרגיית החום שמשחררת בתהליך הקירור לבין אנרגיית החימום הנדרשת, יש לבדוק היטב אם הנזק לא עולה על התועלת.

#### 4.2.3 אנרגיית שמש

בחלופת השמש, יש להוסיף קולטי שמש ומיכלי אגירה. בעקבות כמות האבנית הגבוהה במים, מערכת החימום תכלול שני מעגלים. מעגל ראשי וסגור שיכלול את קולטי השמש ואת גופי החימום החשמליים (לצורך גיבוי והשלמה), ומעגל משני ופתוח שיכלול את מיכלי האגירה, את כניסת מי ההזנה והיציאה לצרכן. הרעיון הכללי הוא שאנרגיית השמש תכסה כ-2/3 מהצריכה ויתרת הצריכה תכוסה בזרם חשמל בתעריף שפל. חלופה זו מתאפיינת בחיסכון גדול בעלויות האנרגיה - כ-70-80%. תאור החלופה נתון באיור 4.



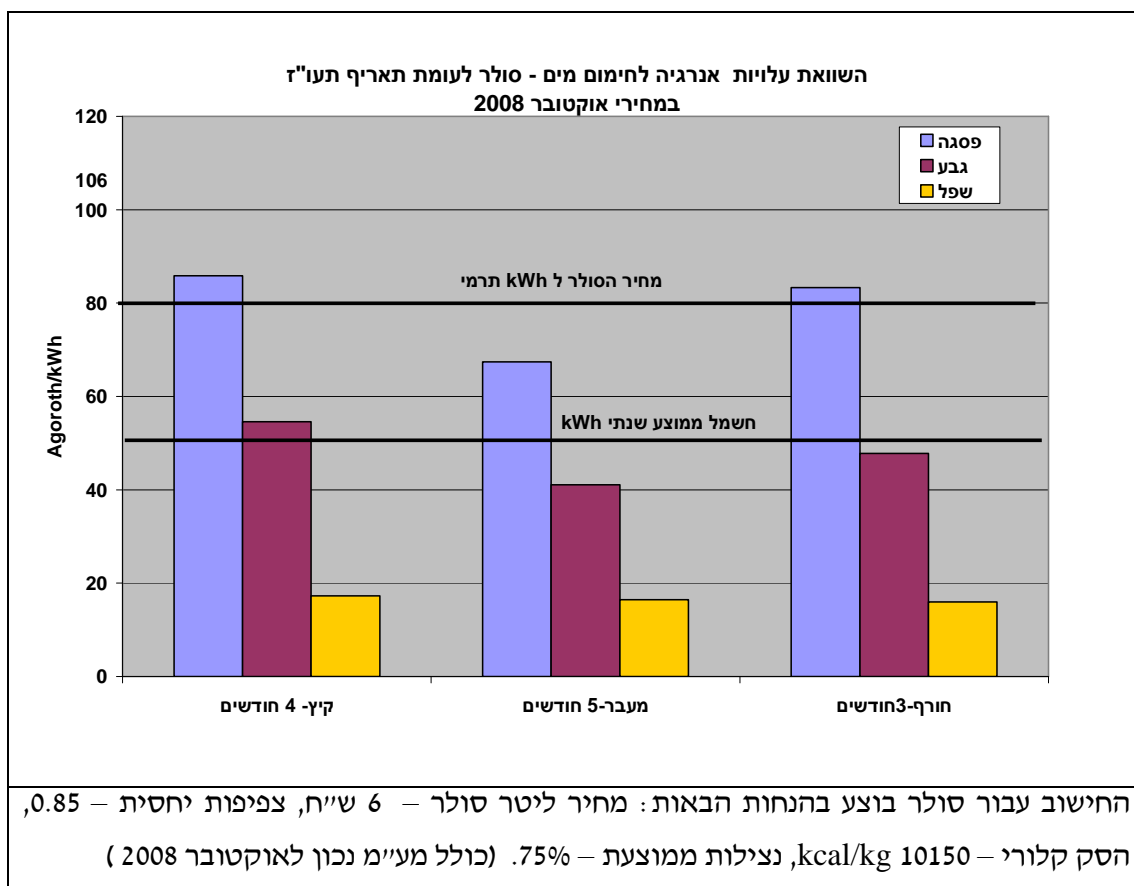
איור 4 - מערכת חימום מוצעת : ביטול דוד הסולר וחימום בקולטי שמש וגופי חימום חשמליים.

#### 4.2.4 חימום בגופי חימום חשמליים

מגרף השוואת עלויות האנרגיה לחימום (איור 5) עולה שחימום בחשמל זול מאשר החימום בסולר. חימום בשעות השפל יוריד את מחיר החימום בכ-50%. בדומה למערכת עם קולטי שמש, גם מערכת החימום בנגדים חשמליים תכלול שני מעגלים ושני מיכלים.

#### 4.2.5 חימום באינדוקציה חשמלית

ע"פ היצרן, במערכת הזאת נוצרת אבנית בצורת תרחיף, ולפיכך אין צורך בשני מעגלים. ניתן לאגור את המים בטמפי של 80 מ"צ ויותר, דבר שמקטין את נפח אגירת המים. ע"מ לחסוך בעלויות חימום המים יבוצע בחשמל בתעריף שפל (לילה).



**איור 5 - השוואת עלויות אנרגיה (כולל מע"מ) לחימום מים נכון ל יולי 2008.**

## 5. תוכנית המדידות

### ביצוע בשנת 2008

נרכש והותקן ציוד המדידה.

הוחל בהרצת המערכת.

נאספים נתונים לגבי:

1. לחץ/ טמפ' פריקה של מדחס הקירור – מדידה חד פעמית בזמן עבודת המדחס.
2. תאריך ושעת ריקון מיכל החלב.
3. משטר מילוי מיכל החלב. (ספיקה מצטברת של זרימת החלב).
4. טמפ' החלב במיכל הקירור.
5. צריכת החשמל של המדחסים (כולל מפוחים).
6. טמפ' המים הקרים בכניסה למיכל המים החמים.
7. טמפ' המים החמים ביציאה ממיכל המים החמים.
8. ספיקת המים.
9. טמפ' האוויר בצל.
10. מפלס הדלק – בתחילת הניסוי ובסיום הניסוי השבועי.

## **עיתוי המדידות**

ביצוע מדידות, באמצעות אוגר הנתונים במשך שבוע ימים/24 שעות ביממה – בעונות מייצגות. התכנון היה כי תתבצע מדידה אחת בחודש יולי, באוגוסט ובנובמבר עקב בעיות רעש שנתגלו בעת מדידות הטמפרטורה הוחלט להחליף את המערכת לאיסוף הנתונים למערכת אחרת משופרת.

צריכת הסולר והמים נמדדו בין התאריכים 18-30/11/2008. מתוך המדידות עולה שצריכת המים היומית הממוצעת נעה בתחום 2200-2400 ליטר ליממה, וצריכת הסולר בסביבות ה 18.5 ליטר ביממה.

התוצאות הראשוניות מאמתות את האומדנים שהוצגו לעיל, אך עדיין נדרשות מדידות נוספות.

## **סיכום**

דו"ח זה מתאר את מצב הקיים במערכות קירור החלב ובמערכת חימום המים לשטיפת מתקני החליבה ברפת עין חרוד איחוד.

כרגע, מחושבים בדו"ח אומדני צריכה המבוססים על נתונים לא מדודים. בהמשך יבוצעו מדידות לצורך אימות האומדנים, יעודכנו חישובי החיסכון ובחירת חלופות ויתבצע תכן החלופות הנבחרות.

כמו כן, יחושבו התועלות בהפחתת פליטות גזי חממה ואפשרות שכפול הפרויקט למשקי חלב נוספים.

נספח א – סקר ספרות

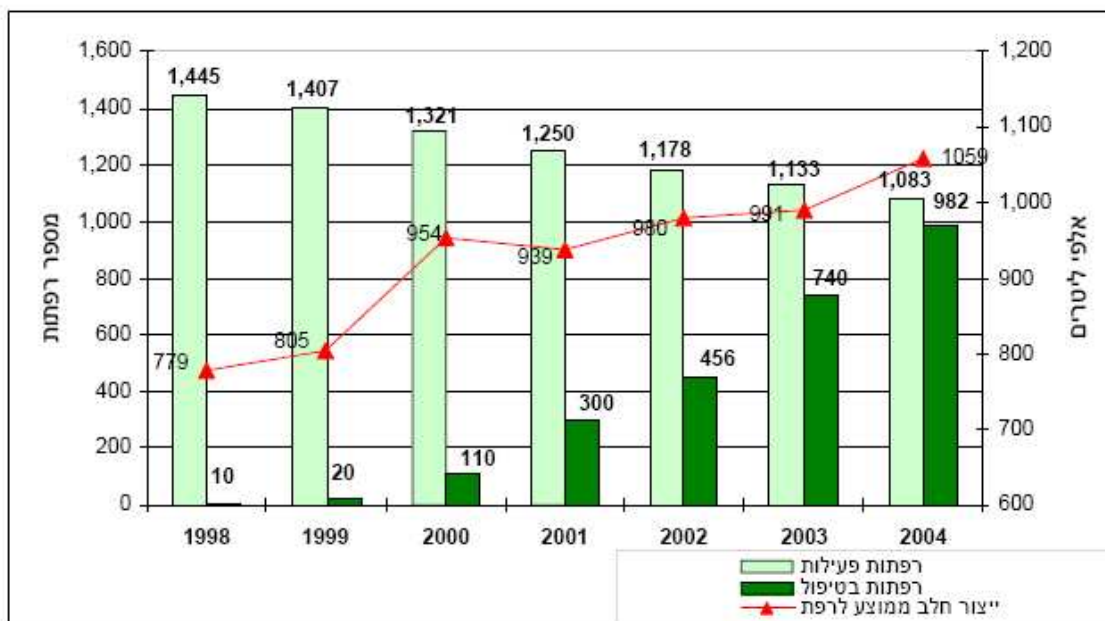
1. כללי - משק החלב בישראל

בשנת 1999 החלה הממשלה ביישומה של מדיניות להפנמת יתרונות לגודל במקטע רפת החלב, במסגרת תוכנית הרפורמה ברפת. הרפורמה כללה הפחתה אדמיניסטרטיבית של מחיר החלב ליצרני החלב וסיוע ממשלתי במימון השקעות הון, שתכליתן הגדלת יחידות הייצור ופתרון של בעיות איכות סביבה הנובעות מפעילות הרפתות. כמו כן ניתנו במסגרת הרפורמה תמריצים כלכליים לניוד פרות ולרכישת פרות (משרד החקלאות, 2005). במסגרת הרפורמה ניתן היה להגיש בשנים הראשונות תוכניות הנדסיות לאישור ולקבל עבור ביצוען סיוע מכספי ממשלה.

בעקבות הרפורמה צומצם מספר הרפתות ב-30% וירד מ-1,453 רפתות ל-1,024 נכון לסוף פברואר 2007 (המשרד להגנת הסביבה, 2007). בחינת התפתחות מספר הרפתות מתחילת הרפורמה מראה באופן ברור את תהליך הפנמת היתרון לגודל בענף, הבא לידי ביטוי בצמצום מספר יחידות הייצור בענף והגדלת היקף היחידות הקיימות (תרשים 1).

צמצום מספר הרפתות נובע מפרישת רפתנים וניוד מכסות הייצור לרפתנים אחרים, ומהקמת רפתות גדולות יותר, משותפות, למספר יצרנים. בתרשים להלן ניתן לראות את התנודות שחלו מאז יישום הרפורמה במספר רפתות החלב הפעילות בארץ. התרשים מצביע על ירידה במספר הרפתות הכולל, תוך התייחסות לכלל רפתות החלב ולשינוי שחל במקביל ביעילות הייצור של הרפתות בישראל במונחים של ייצור חלב ממוצע.

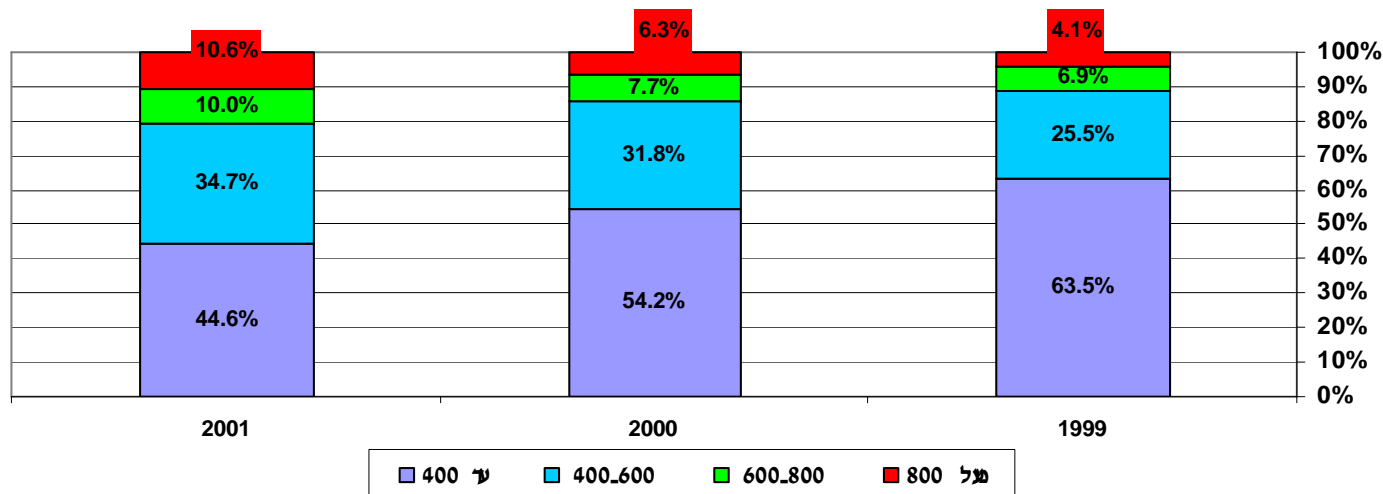
תרשים 1 - התפתחות מספר הרפתות וכמות החלב המיוצר ברפת בשנים 1998-2004



מקור: הצעת תקציב משרד החקלאות לשנת 2005

תרשים 2 להלן מדגים בנוסף את מגמת השינוי, בענף רפתות החלב, מרפתות קטנות לגדולות בהתייחס למכסת החלב.

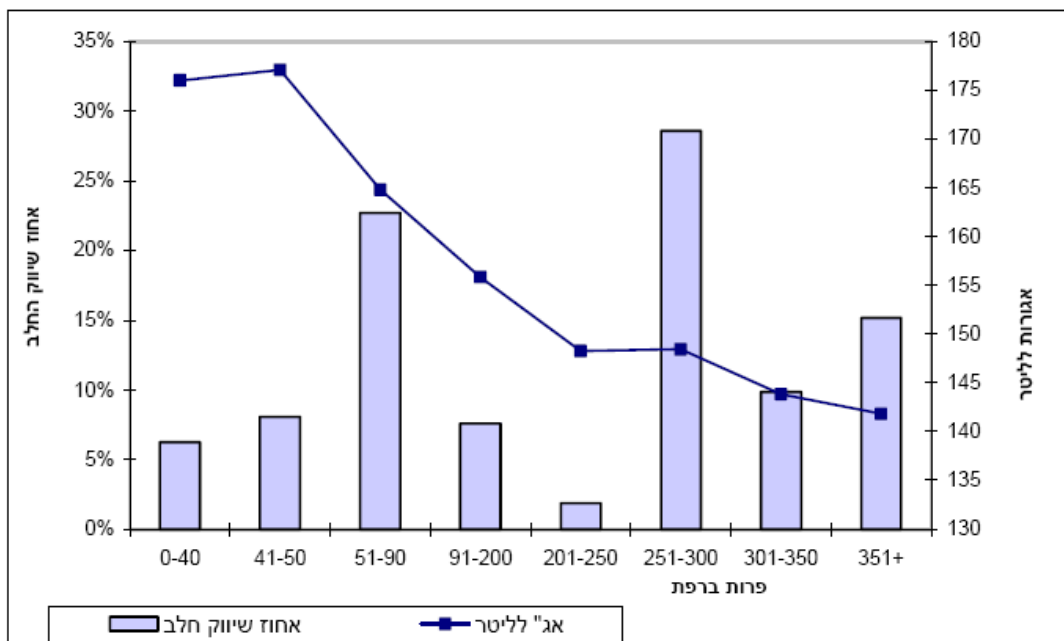
תרשים 2 - מעבר מרפתות קטנות לגדולות במושבי עובדים בין השנים 1999-2002



מתוך מצגת "רפורמה במשק החלב במחצית הדרך, הישגים וקשיים", פברואר 2002, המועצה לענף החלב בישראל

הרפורמה עודדה התייעלות ושינוי של הרפתות לטובת יתרון הגודל. התהליך התאפיין בסגירת רפתות מחד (בעיקר קטנות ולא יעילות) והרחבת רפתות קיימות מאידך, חלק תוך הקמת שותפויות בין מספר רפתות. עלפי משרד החקלאות (2005), ייצור חלב מתאפיין ביתרון לגודל ובממוצע, עלות ייצור החלב גבוהה ברפת לא יעילה ב-20% לעומת ברפת יעילה. היתרון הכלכלי נובע מהירידה בעלות היישום והשימוש של טכנולוגיות שונות, הקשורות להפקת חלב, ככל שמספר הפרות ברפת גדל. כפי שיפורט בהמשך, הדבר גם מאפשר לעיתים יישום של טכנולוגיות שונות אשר אינו משתלם מתחת לגודל רפת מסוים, אך אשר יכולות לעזור בצמצום עלויות התפעול של רפת חלב. תרשים 3 מדגים את יתרון הגודל במונחי עלות אספקת חלב, וכן מפרט את חלוקת סקטור רפתות החלב לגדלים שונים.

**תרשים 3 - יתרונות לגודל במקטע הייצור (הוצאות ייצור ממוצעות לליטר חלב לפי גודל רפת, נתוני 2003)**



מקור: סקר רווחיות בענף הרפת, 2003

נכון לסוף 2006, קיימות 843 רפתות במושבי עובדים ("המגזר המשפחתי"), מתוכן 192 משותפות למספר יצרני חלב. ישנם 167 רפתות בקיבוצים ובמושבים שיתופיים, מתוכן 47 משותפות ל-2-3 משקים ויש 14 רפתות בבתי ספר חקלאיים ומכוני מחקר- סה"כ 1,024 רפתות פעילות. כ-97% מהרפתות הגישו תכניות הסדרה שאושרו ונקבעו להן מענקי סיוע (1,004 רפתות מתוך 1,034). 800 רפתות נמצאות בשלבים שונים של ביצוע התשתיות והמתקנים שאושרו. 249 רפתות השלימו את הביצוע ועומדות במודל "רפת בועה" ע"פ דרישות המשרד להגנת הסביבה. טבלה א.1. להלן מסכמת את השתלבותם של הרפתות ברפורמה בשנות יישומה ומצביעה על מגמת השינוי במספר הרפתות הכולל. על-פי דו"חות הביצוע והענקת המענקים, בוצעו עד כה כ-40% מסך ההשקעה המאושרת בתכניות להסדרה סביבתית של הרפתות. (המשרד להגנת הסביבה, 2007)

**טבלה א.1: סטאטוס הרפתות במסגרת תהליכי הסדרה סביבתית**

סוף 2006	סוף 2005	סוף 2004	סוף 2003	סוף 2002	סוף 2001	סוף 2000	סוף 1999	סוף 1998	
1,025	1,034	1,034	1,371	1,251	1,234	1,324	1,409	1,453	סה"כ רפתות בארץ
531	772	889	648	482	315	157	44	0	מספר הרפתות בהליך הסדרה סביבתית
473	232	115	69						מספר הרפתות המוסדרות
21	30	30	420	723	919	1,167	1,365	1,453	מספר הרפתות הלא מוסדרות

מתוך: אילן צדיקוב, ראש תחום פרויקטים (תשתיות), המשרד להגנת הסביבה, 28.2.2007

סך ההשקעות המאושרות במסגרת הרפורמה בענף, כולל סביבה והתייעלות, עומד על 1,950 מיליון ₪, מתוכם 771 מיליון ₪ מענקים. במהלך הרפורמה אושרו 1,020 מיליון ₪ (מיליארד



ועשרים מיליון) בתשתיות ומתקנים לשמירה על איכות הסביבה. מהם השקעות ברפתות בסך 909.4 מיליון ש"ח והשקעות במתקנים אזוריים לטיפול בזבל בסך 110.6 מיליון ש"ח. כל הסכומים הנ"ל מתייחסים לסיוע לטובת השקעות בטיפול סביבתי בלבד, ללא הסיוע להתייעלות שאינה עניין סביבתי (כמו רכישת פרות, חידוש מכון חליבה, ציוד חליבה וכו'). המענקים המאושרים לטיפול סביבתי מהווים כ-53% מסך כל המענקים שאושרו במסגרת הרפורמה. אין ספק, כי הרפורמה הביאה להסדרה של הרפתות מבחינה סביבתית- קיימות תשתיות למניעת חלחול מזהמים, למניעת גלישות של זבל, תשטיפים ושפכים, למניעת זיהום של מי גשם נקיים, לאצירה מסודרת של הזבל במאצרות ולפתרון קצה מסודר לשפכים המתבסס בדרך כלל על מערכות הביוב הקיימות.

בשנת 2006, משק החלב בארץ הניב סך כולל של 1,124,258 אלפי ליטר חלב. מתוכם, במחוזות הצפון וחיפה, התוצרת הגיעה לכדי 569,456 אלפי ליטר חלב, במחוזות המרכז ותל אביב לכדי 184,731 אלפי ליטר, במחוזות ירושלים והדרום נחלבו 335,251 אלפי ליטר ובאזור יהודה ושומרון נחלבו 34,820 אלפי ליטר (ישובים יהודים בלבד). בטבלה א.2 פירוט הכמויות שנחלבו במחוזות השונים.

טבלה א.2 - שיווק בעלי חיים ותוצרתם לפי מועצה אזורית (1), 2006, מתוך השנתון הסטטיסטי לישראל 2007, לוח 19.6, לצורך עבודה זו הובא רק החלק המתייחס למשק החלב בישראל

חלב (אלפי ליטרים) Milk (thousands of liters)		מועצה אזורית
חלב צאן Sheep and goats' milk	חלב בקר Cattle milk	
17,993	1,124,258	<b>סך כולל</b>
13,405	569,456	<b>מחוזות הצפון וחיפה</b>
-	-	אל-בטוף
-	-	אלונה
-	38,808	בוסתן אל-מרג'
252	80,623	בקעת בית שאן
2,510	71,852	גולן
-	18,678	הגלבוע
1,943	35,379	הגליל העליון
-	22,424	הגליל התחתון
-	20,748	זבולון
-	4,640	חוף הכרמל
225	32,504	מבואות החרמון
489	59,975	מגידו
181	34,248	מטה אשר
386	-	מנשה
872	-	מעלה יוסף
1,509	-	מרום הגליל
107	7,953	משגב
179	29,229	עמק הירדן
2,782	107,117	עמק יזרעאל
1,988	9,284	מחוז למועצות אזוריות
2,515	184,731	<b>מחוזות המרכז</b>
-	18,294	<b>ותל אביב</b>
-	1,271	ברנר
395	20,800	גדרות
-	580	גזר
81	15,394	גן רווה
281	9,207	דרום השרון
522	20,990	חבל יבנה
-	681	חבל מודיעין
601	19,305	חוף השרון
-	9,438	לב השרון
656	68,934	נחל שורק
-	328	עמק חפר
20	1,531	עמק לוד
1,905	335,251	מחוז למועצות אזוריות(2)
-	-	<b>מחוזות ירושלים</b>
-	-	<b>והדרום</b>
-	31,885	אבו בסמה
-	83,867	אשכול
259	8,437	באר טוביה
-	6,057	בני שמעון
130	24,808	הערבה התיכונה
97	23,754	חבל אילות
-	29,062	חוף אשקלון
92	1,947	יואב
658	11,823	לכיש
91	42,110	מטה יהודה
8	18,807	מרחבים
-	11,178	רמת נגב
480	32,048	שדות נגב
91	11,872	שער הנגב
-	-	שפיר
-	-	תמר
-	-	מחוז למועצות אזוריות
168	34,820	<b>אזור יהודה</b>
-	-	<b>והשומרון(3)</b>

1. לא כולל צריכה עצמית ומכירה פרטית.
2. כולל מועצה אזורית אפעל.
3. יישובים יהודיים.

בטבלה 3. א. מודגמת הצמיחה במספר הפרות המשמשות במשק החלב.

**טבלה 3. א. - הצמיחה במספר ראשי הבקר בכלל ולרפת חלב בפרט בין בעשורים האחרונים:**

בעלי חיים – בקר								
באלפים, נכון לסוף שנה								
2006	2005	2004	2000	1990	1980	1970	1960	
398	373	350	364	332	291	234	229	בקר
120	120	120	125	109	102	82	63	מתוך הני"ל פרות לחלב

עלפי נתוני הלמ"ס, לוח 19.12, השנתון הסטטיסטי לישראל 2007

**כתוצאה מהרפורמה, יכולים יצרני החלב להפנים יתרונות לגודל בענף הרפת ולעודד את ההתייעלות בכלל ובתחום האנרגיה בפרט.**

## 2. טכנולוגיות להשבת חום מתהליכי קירור חלב

השימוש במערכות להשבת חום מתהליכי קירור חלב מתבסס על העברת חום מהחומר המקרר – הרפריג'רנט - אל מדיום המאפשר ניצול של החום, למשל מים. המים המחוממים יכולים לשמש לאחר מכן בתהליכי הניקוי השונים ברפת, בד"כ תוך חימום נוסף לטמפרטורת השימוש הרצויה. במסגרת תהליך קירור החלב, חום החלב מועבר לנוזל קירור. במקום שאנרגיית החום תלך לאיבוד, משלבים בנקודה זו מערכת להשבת חום, אשר מנצלת את החום שנקלט בנוזל הקירור בכדי לחמם מים המשמשים לתהליכים שונים. בד"כ אין צורך במתקן שונה בתכלית אלא בשינוי מתקן הקירור בכך שבמעבה, החום יועבר למים או לנוזל כלשהו ולא יאבד לאוויר. באופן זה ניתן לחמם את המים הדרושים לניקוי ולשימושים שונים ברפת - לפחות במידה חלקית. באם יש צורך בטמפרטורות יותר גבוהות ממה שמערכת השבת החום מאפשרת, משלבים את המערכת עם מתקן חימום מים חשמלי או כזה המונע בדלק. מאחר והמים נכנסים למערכת השנייה בטמפרטורה גבוהה יותר מטמפרטורת המים ממערכת האספקה, נדרשת פחות אנרגיה להמשך חימום ומכאן מקור החיסכון. ישנן גם מערכות להחלפת חום לקירור ראשוני של החלב (קירור קדם), בהן מים משמשים כנוזל הקירור הסופג את חום החלב. מערכות אלה בד"כ דורשות שימוש ביחס של ליטר מים לליטר חלב או יותר. חימום נפח כה גדול של מים בד"כ אינו יעיל כיוון ששימושי הרפת למים חמים הינם מוגבלים ולרוב יידרש לשפוך חלק מן המים, דבר בעייתי במדינות כמו ישראל, בהן המים הם משאב במחסור.

על פי ההערכה של Sanford (2005), מערכות להשבת חום מתהליכי קירור חלב יכולים להשיב בין 20-50% מהאנרגיה הנפלטת מחלב בתהליך הקירור. לדבריו, מערכות אלה מגבירות את יעילותם של מתקני קירור חלב ויכולות לאפשר חימום מים לטמפ' של 38 עד 49 מעלות צלזיוס, ולפיכך לחסוך עד 50% מעלויות חימום מים במכוני חליבה. יעילות מרבית מושגת כאשר נפח מיכל השבת חום הקירור מותאם לנפח עבודת מערכת הקירור.

Peebles וחוב' (1993) ביצעו סימולציה נומרית של צריכות האנרגיה לקירור החלב ולחימום מים עבור מכוני חליבה בגדלים שונים. באמצעות המודל חושבה מידת החיסכון כתוצאה מיישום הטכנולוגיות הבאות: השבת חום, שימוש במי באר/ רשת, שימוש במאגר קרח. הסימולציות בוצעו בתנאים הבאים:

טמפ' החלב - 35°C

טמפ' מיכל הקירור - 3°C

טמפ' מי הבאר - 12°C

טמפ' המים החמים - 71°C

טמפ' סביבה - מותאמת לאזור Wisconsin ארה"ב.

סיכום תוצאות הסימולציה נתון בטבלאות 4 - א - 5.

#### טבלה מס' 4 - צריכת אנרגיה ספציפית לקירור החלב ולחימום מים

צריכת אנרגיה שנתית ספציפית ל-1000 ליטר חלב		גודל רפת
חימום מים	קירור חלב	
kWh/ k-liter	kWh/ k-liter	מס' פרות
69	16.2	60
70	16.2	200
68	15.8	400

#### טבלה מס' 5 - השוואה בין החיסכון האנרגטי כתוצאה מיישום טכנולוגיות שונות כחלק ממערכת קירור לחלב לפי סך חסכון אנרגטי (הנתונים עבור וויסקונסין)

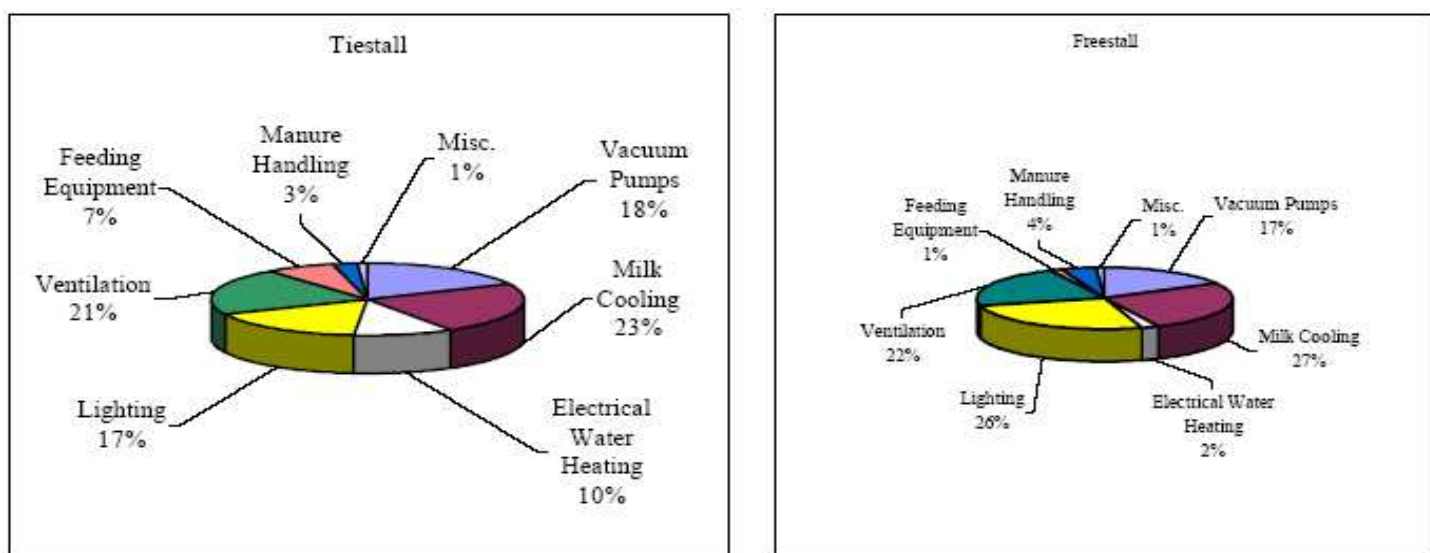
החיסכון מיישום טכנולוגיות שונות באחוזים (קוט"ש לשעה)				יחס צריכת אנרגיה, קירור חלב: חימום מים	גודל רפת (צריכת אנרגיה בסיסית (בקוט"ש/שנה)
השבת חום	קדם קירור	קדם קירור + השבת חום	בנק קרח		
33% (7,828)	15% (3,464)	39% (9,202)	7% (1,539)	67: 33	60 פרות, צינור 48 מ"מ (23,478)
22% (9,594)	26% (11,386)	45% (19,697)	16% (7,172)	40: 60	200 פרות (43,692)
20% (15,301)	29% (22,533)	46% (35,929)	23% (18,342)	35: 65	400 פרות (78,366)

מבוסס על נתונים מתוך Analysis of Milking Center Energy Use של Peebles, Reinemann, & Straub 1993

במסגרת הליך בחינה של ביצועי רפתות חלב שנערך במדינת ניו-יורק, עבור הרשות למחקר ופיתוח אנרגיה של ניו-יורק, הוגש ביולי 2003 דו"ח (Dairy Farm Energy Audit Summary, Report, Johnson & Ludington, 2003), שסקר את הפעילות של 32 רפתות חלב. 14 מהרפתות היו מסוג tiestall ו-18 הנותרים מסוג freestall. ברפתות tiestall הפרות שוכנות, נחלבות ומאכלות בתאים נפרדים וצנרת חליבה מקיפה את הרפת ומאפשרת למתקן החליבה לעבור מתא לתא. ברפתות freestall, הפרות מאוכלסות ומקבלות מזון ושתייה ברפת ייעודית והחליבה מתבצעת במכוני חליבה נפרדים (milking parlor).

הרפתות היו בעלי גדלים שונים ונעו בין 42 ל-140 פרות ברפתות מטיפוס tiestall ובין 65 ו-860 פרות ברפתות מדגם freestall. הדו"ח בחן את תצרוכת האנרגיה המשמשת ברפתות למטרות שונות ושיפורי ציוד שהוכנסו ברפתות במטרה לחסוך באנרגיה. בנוסף ישנם בדו"ח המלצות על השיפורים הטכנולוגיים המומלצים ליישום, במטרה לצמצם את צריכת האנרגיה ברפתות חלב בתנאים שונים. הדו"ח גם מתייחס לחסכון הצפוי מיישום טכנולוגיות שונות וזמן החזר ההשקעה המשוער לשיפורים האפשריים ליישום כתלות במידת החיסכון באנרגיה המושג מכך. מנתוני הרפתות שנבדקו בדו"ח, בממוצע, ארבע קטגוריות שונות אחראיות ל-88% מתצרוכת האנרגיה ברפתות חלב: קירור חלב, חליבה, תאורה ומשאבות ואקום. באיור 1א, ניתן לראות את החלוקה של צריכת האנרגיה בין שימושים שונים כממוצע לכל אחד מטיפוסי הרפת המוזכרים. יש לזכור בהקשר של חימום מים, כי ככל שהרפת גדולה יותר החלק היחסי של האנרגיה המשמשת לחימום מים הולך וקטן, מה גם שברוב החוות מסוג freestall מותקנים זה מכבר מערכות להשבת חום הנפלט בתהליך קירור החלב, ושימוש לחימום מים. כמו כן יש לקחת לתשומת הלב שחימום מים נעשה באמצעים שונים ברפתות השונות ותרשים 4 להלן מתייחס רק לחלקו של החימום בחשמל (חשמל, 31%, דלקים, 34%, פרופאן, 28%, גז טבעי, 6%).

**איור 1.א - צריכת חשמל על פי קטגוריית שימוש ברפתות מטיפוסי Freestall ו- Tiestall.**



מתוך: Johnson & Ludington, Dairy Farm Energy Audit Summary, 2003 Report

השימוש הנפוץ יחסית באמצעים לצמצום צריכת אנרגיה מעיד על הכרה בהצלחה של אלה לאור ביצועיהם בעבר. האמצעי לצמצום צריכת אנרגיה אשר יישומו היה הכי נפוץ בקרב 32 הרפתות היה בתחום התאורה. צמצום צריכת אנרגיה בתחום זה התקבלה לאחר מעבר חלקי או מלא לשימוש בנורות מתברגות, קומפקטיות ופלורוסנטיות ומערכות תאורה מסוג HID ( High Intensity Discharge) ברפתות freestall גדולות ובאזורי חליבה.

בחוות ה-freestall שהן בד"כ גם גדולות יותר, נפוץ מאד גם השימוש במערכות להשבת חום מתהליכי קירור חלב (refrigeration heat recovery). מערכות מסוג זה מותקנות ב-78% מרפתות ה-tiestal, דבר טבעי בהתחשב ביעילות שמערכות אלה הוכיחו בתחום צמצום עלויות חימום מים בשני העשורים האחרונים (להשוואה, רק ב-43% מרפתות ה-tiestal מותקנות מערכות השבת חום מתהליכי קירור חלב). תהליך הבדיקה אומנם לא כלל כימות של החיסכון האנרגטי, שהוא תוצאה של יישום מערכות אלה, אך כותבי הדו"ח ציינו כי טכנולוגיה זו, המיושמת בשני שליש מהרפתות שנבדקו, מהווה מקור לחסכון אנרגטי משמעותי בשילוב עם כל מגוון מערכות חימום המים המשמשים בהם (חשמל, נפט, פרופאן, גז טבעי).

האמצעי המומלץ ביותר בדו"ח לשימוש על מנת לחסוך בהוצאות אנרגיה הוא הוספת מערכת לבקרת מהירויות במשאבות הוואקום (variable speed drive (VSD) on the vacuum pump). מתקן זה מאט את קצב המשאבה בהתאמה לדרישות הזרימה ומונע שחרור נפחים עודפים. החזר ההשקעה ביישום טכנולוגיה זו מהיר יותר ברפתות בהן החליבה נמשכת על פני שעות רבות, שם מצטבר החיסכון בצריכת אנרגיה במהירות רבה יותר. אמצעי מומלץ נוסף הוא השימוש בלוחות להחלפת חום לקירור ראשוני של החלב (Milk plate pre-coolers), הנעשה לרוב באמצעות מי באר. היעילות של אמצעי זה שוב מתגלה כגבוהה יותר בחוות גדולות בהן גם נפחי החלב גדולים ולכן משפיעים ישירות על הצריכה האנרגטית המיוחסת להליכי הטיפול בחלב.

### מקורות מידע:

1. Ludington, D., Johnson, E. L., 2003, **Dairy Farm Energy Audit Summary, Report**, Prepared for the New York State Energy Research and Development Authority, July 2003
2. Peebles, R. W., Reinemann, D. J. & Straub, R. J., 1993, **ANALYSIS OF MILKING CENTER ENERGY USE**, ASAE, Presented at the 1993 Winter Meeting of the ASAE, Chicago, Illinois
3. Sanford, S., 2005, **Energy Conservation in Dairy Enterprises**, Presentation funded partially by the Wisconsin Focus on Energy Program, University of Wisconsin

## נספח ב- מזחסים לקירור מיכל החלב

הדגם במחלבה : F3AD-A501

Model	Application	Refrigerant	Nominal H.P.	Compressor Model	Ambient	Capacity (Btu/hr) at - Evaporator Temp (°F)									
						0	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	
F3AD-B151 *(1)	HT	R-22	1-1/2	CR18KQ	90°F	4570	6330	7330	8420	9580	10800	12100	13400	14800	
					100°F		5410	6360	7380	8500	9580	10800	12100	13400	
					110°F		4500	5390	6350	7380	8500	9580			
					120°F			4440	5350						
F3AD-B201 *(2)	HT	R-22	2	CR24KQ	90°F	6870	8500	9370	11000	12500	14200	15900	17800	19600	
					100°F		7620	8580	9830	11300	12800	14400	16100	17900	
					110°F		6890	7710	8750	10000	11400	12900	14600	16300	
					120°F			6950	7810	8920					
F3AD-B225 *(2)	HT	R-22	2-1/4	CR28KQ	90°F	7730	10600	12000	13500	15100	16700	18400	20300	22200	
					100°F		9580	10900	12300	13800	15300	16800	18400	20200	
					110°F		8580	9750	11000	12300	13700	15100			
					120°F			8580							
F3AD-B301 *(2)	HT	R-22	3	CR37KQ	90°F	10300	14200	16300	18300	20500	22800	25300	27800	30400	
					100°F		12600	14500	16600	18700	20800	23100	25500	28000	
					110°F		10900	12800	14800	16800	18900	21100	23300		
					120°F			11200	13100						
F3AD-B325 *(2)	HT	R-22	3-1/4	CR41KQ	90°F	11100	15300	17400	19700	22100	24500	27100	29900	32800	
					100°F		13800	15800	18000	20200	22500	24900	27400	30200	
					110°F		12300	14300	16300	18300	20500	22700			
					120°F			12800							
F3AD-B401 *(2)	HT	R-22	4	CR53KQ	90°F	16100	21600	24600	27800	31300	34900	38800	42700	46800	
					100°F		19300	22500	25500	28800	32200	35700	39400	43200	
					110°F		17600	20300	23200	26200	29300	32700	36100	39600	
					120°F			18200	20800	23600	26400				
F3AD-A501 *(2)	HT	R-22	5	CRN5-0500	90°F	17700	24800	28300	31800	35600	39500	43700	47900	52500	
					100°F		23300	26800	30300	33800	37600	41400	45600	49700	
					110°F		20800	24100	27500	30900	34500	38200	42100	46000	
					120°F		18100	21300	24700	28000					

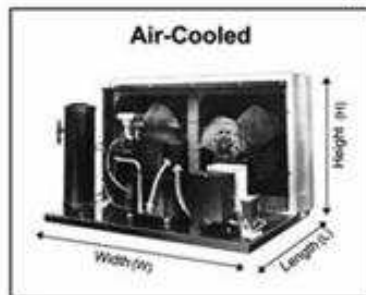
Capacities are at 5°F sub-cooling & 65°F return gas \*Figures show No. of fans Visit copeland-corp.com for detailed performance

### Physical/Electrical Data

Condensing Unit Model	Dimensions (in.)			Connecting Lines		Minimum Circuit Ampacity /Max. Fuse Size (AMP)		Unit Rated Power (W) (at 21°F Evap, 100% Ambient)	Fan Rated Power (W)	Ship Weight (lbs.)
	L	W	H	Suction	Liquid	230-1-50	380-3-50			
F3AD-B151-CFZ-320	24.1	18.3	16.9	7/8	3/8	14.5	20	1370	180	140
F3AD-B201-CFZ-320	25.1	34.1	19.1	7/8	3/8	17.2	25	1700	230	215
F3AD-B225-CFZ-320	25.1	34.1	19.1	7/8	3/8	19.7	30	1990	270	215
F3AD-B301-TFM-320	25.1	34.1	19.1	1-1/8	3/8			2830	350	239
F3AD-B325-TFM-320	25.1	34.1	19.1	1-1/8	3/8			3050	350	239
F3AD-B401-TFM-320	28.6	44.1	26.9	1-1/8	1/2			3880	500	373
F3AD-A501-TFM-320	28.6	44.1	26.9	1-1/8	1/2			4700	500	373

All models are fitted with receiver with valve, electrical conduit box, fan guard, crank case heater, high/low pressure control and contactor  
 CFZ = CSCR single phase 220/240-1-50  
 TFM = 3 phase 380/420-3-50

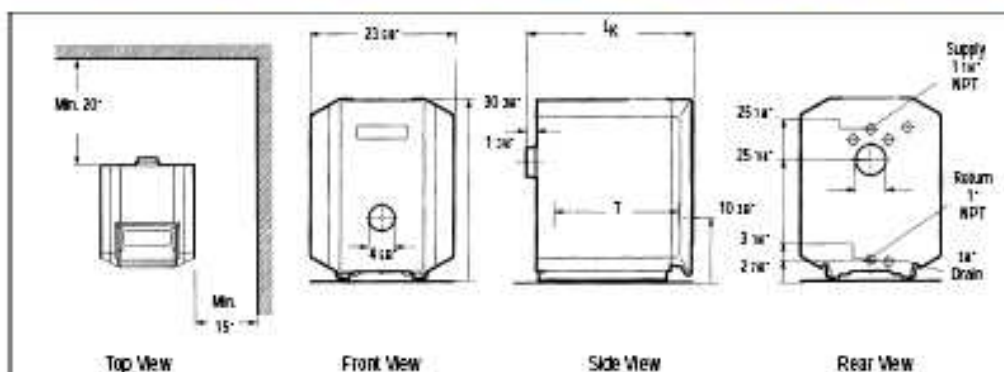
### Hermetic Air-Cooled Condensing Units



## נספח ג - מאפייני דוד Buderus

הדגם במחלבה הוא בעל תפוקה נומינלית של 120,000 BTU/hr.

### Dimensions and Technical Data for G115 Series Boilers



Note: G115 boiler approved for 6" side clearance. Above clearances are recommended for ample access.

#### Logano G115: Models from 74,000-120,000 BTU/Hr Heating Capacity



Boiler size	Number of sections	D.O.E. Heating Capacity BTU/Hr.	Net Rating BTU/Hr.	Firing Rate GPH	Boiler Length L <sub>k</sub> in.	Combustion Chamber Length T in.	Flue connection dia D <sub>A</sub> in.	Water Content Gal.	Net Weight lbs.	AFUE %
27	3	74,000	84,000	0.80	25 in	15 in	5	8.7	30.1	86.0
28	4	98,000	85,000	0.80	25 in	20	5	10.8	40.3	86.7
34	5	120,000	104,000	1.00	30 in	25	5	12.9	47.6	86.0

Rating based on a heating value of 140,000 Btu/gal of No. 2 Fuel Oil, braching draft of -.02 to -.03 in. W.C. and 13% CO<sub>2</sub>. Minimum chimney height: 15'. Buderus recommends the use of customized Bocket AFII, Carlin EZ-1 and Blolco F3 and F5 burners when firing G115 boilers with oil in chimney vent applications. Buderus Hydronic Systems, Inc. offers above burners customized, complete with 18148A aquastat, flexible oil line, circulator and flanges.

#### Logano G115 Sealed Combustion Oil Boilers

One of two ETL certified terminations are required for use with G115 Series boilers for direct vent applications. Both terminations are "zero clearance" systems for easy and versatile applications.

ETL approved with 2 4" 90° elbows and up to 6" of 4" regular smoke pipe for short vent runs. For longer runs, use up to 10 ft. of flexible stainless steel insulated oil vent.

Clearance requirements to combustibles for boiler and exhaust systems:

Front of Boiler	Side of Boiler	Rear of Boiler	Top of Boiler	Comb. Vent Pipe	Flex. Insulated Oil Vent	AT-4 Exhaust only Termination	FT-4 Concentric Pipe to Pipe Termination
24"	6"	18"	6"	18"	1"	1"	1"



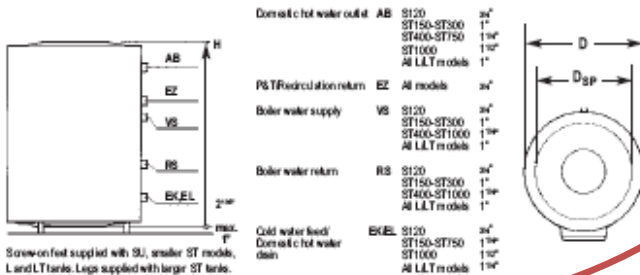
Built in accordance with the requirements of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code



# נספח ד - מאפייני מיכל המים החמים

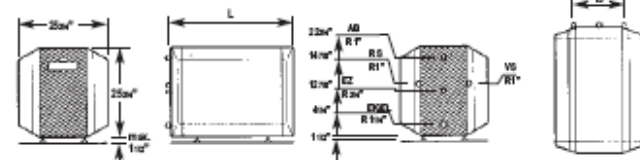
המיכל הוא ST-1000

## "TBS-Isocal"® S120....ST1000



Screw-on feet supplied with SU, smaller ST models. L and LT tanks. Legs supplied with larger ST tanks.

## "TBS-Isocal"® L135....LT300



L models designed for stacking G124X gas boilers. LT models designed for stacking G115 of boilers.

## Technical Data "TBS Isocal"® S, ST, L and LT

MODEL	DIMENSIONS			Boiler Water Temp °F	Continuous Rating (2nd hour)		BOILER WATER FLOW RATE Gal/Min	COIL PRESSURE DROP feet of head	WEIGHT approx. lbs.**	
	*TBS-Isocal" Contents Gallons	D	H <sup>†</sup>		D <sub>gp</sub>	Inlet Temp. = 90 °F				Outlet Temp. = 140 °F
<b>Vertical Models</b>										
S-120	32	20	37	***	194	155	116,000	9.5	6.5	158
ST-150	40	27 1/4	34 5/8"	***	194	199	119,000	15.9	3.9	238
ST-200	53	27 1/4	42 5/8"	***	194	199	149,000	17.6	4.3	266
ST-300	79	27 1/4	57 1/8"	***	194	290	218,000	22.0	8.4	371
ST-400	103	31 7/8	61	33 1/2	194	250	194,000	26.4	11.4	407
ST-500	129	39 3/8	73	33 1/2	194	306	235,000	24.2	11.4	486
ST-750	194	39 3/8	73	39 1/4	194	402	309,000	22.0	11.7	702
ST-1000	258	43 1/4	75 1/2	43 1/4	194	497	383,000	19.8	12.0	893
<b>Horizontal Models</b>										
L-135	36	25 3/4	25 1/4	32	194	97	73,000	15.4	2.7	189
L-160	42	25 3/4	25 1/4	36 1/4	194	124	93,000	15.4	3.1	220
L-200	53	25 3/4	25 1/4	42 7/16	194	145	109,000	17.6	4.4	246
LT-135	36	25 3/4	25 1/4	32	194	97	73,000	15.4	2.7	189
LT-160	42	25 3/4	25 1/4	36 1/4	194	124	93,000	15.4	3.1	220
LT-200	53	25 3/4	25 1/4	42 7/16	194	145	109,000	17.6	4.4	246
LT-300	79	25 3/4	25 1/4	57 3/4	194	215	161,000	22.1	8.0	363

## Application "TBS-Isocal"® S, ST, L and LT

Models	Heating Medium	Boiler Water (coil)		Domestic Hot Water (Tank)	
		Max. Pressure psi	Max. Temperature °F	Max. Pressure psi	Max. Temperature °F
S, ST, L and LT	Hot Water	362	320	150	200

BHSDHWR 5 1/02

Subject to change without notice.

## Advantages of Buderus Thermoglaze® Insulated Hot Water Tanks

- Constantly available hot water at the turn of a tap.
- High density fluoro-carbon foam bonded insulation for better maintenance of stored hot water temperature.
- Economical—better insulation, optional recirculation of hot water back to the heater.
- Large surface area heat exchanger for excellent recovery rates. Heat exchanger size increases with tank volume.
- Corrosion Protection—the Buderus Thermoglaze® process protects the interior of the tank from corrosion caused by most types of water. Thermoglaze® is a homogeneous, permanent protective coating, bonded to the interior of the metal tank.
- Easy access cover for cleaning of coil and tank interior.
- Standard Magnesium anode rod for active corrosion protection.
- ST models standard with electric anode.
- Horizontal tanks for small footprint, vertical tanks for improved recovery rates.
- No aquastat included.
- Logamatic or SP30D priority control available through Buderus.
- Tanks adapt to L4006. (Not available through Buderus).

\* Excluding screw-on feet.  
 \*\* All weights are 5% higher with packing material.  
 \*\*\* S120, ST150 & ST300, all L and LT models.  
 Residential Tanks are delivered with outer jacket installed. Inlet or dimensions are not applicable. Large ST models: Jacket and insulation packaged separately.  
 † Required boiler output to achieve stated continuous ratings. Size pump in order to get rated tank outputs.  
 ‡ Allow 15" above tank for anode rod removal.

**Buderus**  
HYDRONIC SYSTEMS

90 Wentworth Ave  
 Londonderry NH 03063  
 Tel: (803) 421-2760 • Fax: (803) 421-2719  
 Website: www.buderus.net