הקשר בין מרכיבים שונים במערכת הצינון לירידה בטמפרטורה רקטלית וקצב הנשימה בפרות לאחר צינון ברפתות מסחריות בנגב

Associations between various elements of cow cooling systems and the reduction of post-cooling rectal temperature and respiratory rate in dairy cows in the Negev region

סטודנט: דותן מידן Dotan Maidan

סיום שנת הלימודים ל-DVM: 2015

בהדרכה: ד"ר מיכאל ואן סטרטן Michael van-Straten

בית הספר לרפואה וטרינרית ע"ש קורט,

הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית,

האוניברסיטה העברית

כמילוי חלקי של הדרישות לשם קבלת תואר דוקטור לרפואה וטרינרית מטעם ביה"ס לרפואה וטרינרית ע"ש קורט של האוניברסיטה העברית בירושלים.

תקציר

מערכות צינון המשלבות בין התזת מים לאוורור הינן כלי מרכזי בהתמודדות רפת החלב עם עומסי החום השוררים למשך חודשים ארוכים בישראל בכלל ובנגב בפרט. מחקרים שונים הוכיחו את יעילותן של מערכות הצינון בהקלת עקת החום הפועלת על הפרה, ובעקבות כך לשיפור בריאותה ויצרנותה של פרת החלב. ההשפעות החיוביות העיקריות המיוחסות לשימוש במערכות אלו כוללות ירידה בחום הגוף וקצב הנשימה ועלייה בצריכת המזון היבש. לצד היתרונות הקיימים בהפעלת מערכות הצינון, עלול שימוש לא מושכל להוביל לנזקים בריאותיים, כלכליים וסביבתיים. דוגמאות לכך הינן הפגיעה במעטה ההגנה העורי, שימוש בכמויות גדולות של מים וחשמל ועלייה בנפח השפכים שמקורם ברפת. למרות ריבוי העבודות שחקרו את השימוש בצינון, רק בחלקן נערכה השוואה מקיפה בין ערכי הפעלה שונים של המערכות, וברובן הגדול חסרה התייחסות לאזור הגאוגרפי-אקלימי בו הן נערכו. בהעדר הוראות ברורות עלול להיווצר מצב של שונות משמעותית בהפעלת הצינון בין רפתות שונות באותו אזור. הנחת עבודה זו היא כי שונות שכזו קיימת בין רפתות באזור הנגב ושהיא תאפשר לגלות את חשיבותם היחסית של מרכיבי הצינון בהקלת עקת החום בפרה ועל ידי כך לאפשר הפעלה אידאלית של המערכות ברפתות השונות. הפעלה כזו תבטיח את רווחת הפרות ותשמור על רווחיות הרפת בחודשים החמים המרובים, כל זאת תוך הימנעות משימוש עודף במשאבים ודרך כך גם צמצום הנזק הסביבתי. בעבודה זו נבחנו מערכות הצינון ב-22 משקים אשר בהם אוכלוסיית מחקר שכללה 219 פרות חולבות בוגרות. בפרות נמדדו הטמפרטורה הרקטלית וקצב הנשימה לפני הכניסה לצינון ומיד לאחר היציאה ממנו. בחצרות הצינון השונות בהן התקבצו הפרות, אשר הינן רחבות ייעודיות הכוללות אמצעי התזת מים ואוורור, נמדדו פרמטרים רבים הקשורים להפעלת המערכת כגון משך הפעלה, נפחי מים ואוויר ושטח חצר. ההפרשים במדדים הפיזיולוגיים חושבו ושימשו כמשתנים התלויים, בעוד נתוני הפעלת הצינון שימשו כמשתנים הבלתי תלויים. הקשרים ביניהם נבחנו ראשית בניתוח חד-משתני ולאחריו בניתוח רב משתני בעזרת מודל מעורב. בעקבות הצינון נרשמו ירידות בשני המדדים הפיזיולוגיים ומבחינת אופן הפעלת מערכות הצינון נראה כי

ישנה שונות דרמטית בין רפתות שונות, בעיקר בנוגע לשימוש במים. מרכיבי הצינון אשר נראה כי להם תיתכן השפעה על הורדת חום הגוף וקצב הנשימה היו זמן הצינון הכולל ונפח המים לפרה. המשקים חולקו לרביעונים על פי שני משתנים אלו, ובשניהם נמצא כי בערכי הטמפרטורה הרקטלית נרשמו ירידות גדולות יותר ברביעוני הביניים בהשוואה לרביעונים התחתונים, וכי אין הבדל בירידות בין רביעוני הביניים לרביעונים העליונים. לסיכום, ניתן להסיק כי בכל הקשור להשפעת פעילות מערכות הצינון על עקת החום בפרה באזור הנגב, נראה כי ישנה חשיבות גבוהה לזמן הצינון ולשימוש בנפח מים מספק לפרה במהלכו. יחד עם זאת קיים בהחלט מצב של שימוש עודף באותם המרכיבים בחלק מהמשקים. בעבודה זו מצאנו שבאזור הנגב הצינון המומלץ נע בין 30 ל-45 דקות ונפח המים לפרה בו הוא בין 9 ל-20 ליטר.

Abstract

Cooling systems situated in dairy cow farms which combine water spray and forced ventilation, are a major tool in dealing with heat stress in hot climates that prevail in the country of Israel in general and in the Negev region in particular. Various studies demonstrated the ability of these systems to relieve heat stress in the dairy cow thus improving cows' health and productivity during hot periods of the year. The main beneficial effects attributed to the usage of cooling systems are a decrease of both body temperature and respiration rate, and an increase in feed intake. Despite all this, a disproportionate usage of these systems can cause clinical, financial and environmental harms. Examples include damage to the skin defense barrier, the usage of large amounts of water and electricity and dealing with increasing sewage volumes. Only few of the many studies previously conducted on cooling systems included a comparative analysis of usage values, even fewer so in different climatic zones. Absence of clear guidelines may lead to significant differences among nearby farms in deploying these systems. Our hypothesis was that such high variability indeed prevails, and that it will allow a comparative analysis of different cooling usage values which can reveal the relative importance of cooling factors in the Negev region. The objective of this study was to identify the values that would enable implementation of an ideal cooling regimen, one that will ensure the welfare of the

cow and the profitability of the farm, while avoiding the usage of excessive resources and preventing environmental damage. 22 dairy farms situated in the Negev that employ a cooling regimen participated, including 219 multiparous cows. Temperature and respiration rate were measured before and after cooling and the differences served as the dependent variable. The different components of the cooling systems were also measured including total cooling time, durations of sprinklers and fan intervals, volumes of water and air and yard dimensions, plus the environmental condition, were used as independent values. Statistical relationships were examined between the variables, first in a single-variant and later in a multi-variant analysis using a mixed model. Average decreases following cooling were shown to both body temperature and respiration rate. A high variance was found between farms, especially in regard to water usage. Cooling components which showed significant relation to the physical measurements decreases were total cooling time and water volumes per cow and farms were divided to quaternaries on the basis of those two variables. Greater decreases in both temperature and respiration rate were demonstrated in the middle two groups compared to the lower group; no difference was demonstrated between the middle groups and the highest group. These findings suggest that a considerable number of the dairy farms might be using the cooling systems in deficit or in excess. In summary, we conclude that a sufficient cooling regimen in the Negev region consist of 30 to 45 minutes' cycles while using 9-20 Liter per cow.

תוכן עניינים

א. מבוא 5

ב. חומרים ושיטות 9

ג. תוצאות 10

1. סטטיסטיקה תיאורית 10
2. קשרים חד-משתניים 14
3. קשרים רב משתניים 15

ד. דיון 17

ה. תודות 22

ו. רשימת מקורות 22

א. מבוא

בבואנו להעריך עקת חום עלינו להתייחס לטווח התרמוניטרלי של בעל החיים ההומיאותרמי. טווח זה מתאר את ערכי הטמפרטורה הסביבתית בהם לא נדרשת השקעת מאמץ לטובת ויסות טמפרטורת הגוף באותו בעל חיים. עקת חום מתארת חריגה מהטווח התרמוניטרלי, אשר מובילה להפעלת מנגנונים אקטיביים ולעלייה בטמפרטורת הליבה של בעל החיים בכדי לאפשר הפגת חום מהגוף כלפי חוץ. בתנאי סביבה קיצוניים, בעיקר אלו בהם הטמפרטורה הסביבתית זהה או גבוהה מזו של הגוף, כושלים מנגנוני הוויסות בשמירה על חום תקין, מה שמוגדר כמכת חום, והעלייה בחום הגוף עלולה לפגוע באופן מהותי בבעל החיים ואף להביא למותו. חשוב להדגיש כי ערכי הטווח התרמוניטרלי, מידת השימוש במנגנוני האידוי השונים, גודל השינוי בחום הליבה ויכולת הגוף להתמודד עמו נבדלים מהותית בין בעלי החיים השונים ומושפעים בעיקר מגיל, גודל, מין וגזע בעל החיים (1).

ענף הבקר לחלב בארץ, בדומה לשאר העולם, מתבסס על פרות מהמין *Bos taurus* כאשר מתוכן הרוב המוחלט בארץ הוא מגזע *Israeli Holstein*. גזע זה הינו שילוב בין הגזע *Holstein Friesian* לבין פרה דמשקאית, אשר הוכלא בתחילת המאה הקודמת לטובת הקניית עמידות בפני מחלות מקומיות ועקות חום. בפרות אלו נמצא כי הגבול העליון בטווח התרמוניטרלי הינו טמפרטורה של בין 25 ל-26 מעלות צלסיוס (2). בעבודות שנעשו בפרות מגזע *Holstein* בדרום ארה"ב נמצא כי מבחינת THI (thermal-humidity index), מדד המשקלל טמפרטורה ולחות, ערכים מעל ל-72 מהווים חריגה מגבול תרמו-ניטרלי עליון (3,4). בפרת החלב נחשבים טמפרטורת חום גוף של בין 38 ל-39.3 מעלות צלסיוס (5) וקצב נשימה במנוחה של 26 עד 35 נשימות לדקה (6) לנורמליים וחריגות מטווחים אלו, במקרה שאינן נובעות מגורמים פתולוגיים, מיוחסות למנגנוני ויסות אקטיביים להתמודדות עם עקת חום. לפיכך, חריגות במדדים אלו והיקפיהן נחשבות כמשקפות במידה רבה את עקת החום המורגשת בפרה.

הפגיעה המרכזית המיוחסת לעקת החום היא בדיכוי צריכת המזון בפרות החלב המוביל לירידה בתנובה. מחקרים שונים מצאו קשר בין אותה הפגיעה לגורמים כגון אקלים חם,

עלייה בטמפרטורת הגוף ועלייה בקצב הנשימה (7,8). בהתחשב בכך שלפרת החלב היצרנית דרישות תזונתיות ברמה הגבוהה פי 3-4 ממנת הקיום לטובת אספקת אנרגיה ונוטריינטים לרקמת העטין (9), קל להבין כיצד פגיעה שכזאת עלולה להוביל לירידה משמעותית בביצועי הפרות. דיכוי האכילה פוגע לא רק ברקמת העטין אלא גם במערכת האנדוקרינית ובמערכת המין החשובות לייצור החלב ולפוריות הפרות. ירידה בכמויות המזון הנאכל מובילה לירידה בריכוזי הורמוני המין ובשל כך לפגיעה במחזורי הייחום, פעילות הזקיקים בשחלה והכנת סביבת הרחם לקליטת העובר (10). פרט לדיכוי האכילה, קיימים גורמים מדכאים נוספים הקשורים בפגיעה בפרות החלב בעקת חום. בזמן עקת חום מפנה הגוף חלק ניכר מזרימת הדם לפריפריה לטובת הפגת חום, מה שמביא לירידה חדה בהזרמת דם ולפגיעה במערכות פנימיות בהן מערכת העיכול ורקמת העטין. גם ניוד המטבוליטים החשובים לתפקוד תקין של המערכת היצרנית נפגע תחת עקת החום. גורם חשוב נוסף שראוי לציון הינו אלקלוזיס נשימתי, הנגרם בעקבות היפרוונטילציה תחת עקת החום, אשר עלול להוביל לתגובת פיצוי של הגוף ובכך לאצידוזיס מטבולי, בעיקר בשילוב עם הזנה מרוכזת הניתנת פעמים רבות בחודשי הקיץ החמים בעקבות הירידה בצריכת המזון והצורך במנה בעלת ריכוז אנרגטי גבוה (11). הפגיעה ביצרנות אינה מחייבת תנאי אקלים קיצוניים. בעבודה שנעשתה לאחרונה (12) נמצא כי כבר החל מאקלים בו נרשם THI הגבוה מ-60 ישנה פגיעה בהרכב השומן והחלבון בחלב, ועלייה בספירות התאים הסומטיים ב- THI הגבוה מ-65. אין זה מפתיע אם כן שאקלים חם נחשב לגורם הפסד כלכלי מרכזי בענף. בארה"ב לדוגמא נמצא כי ענף החלב הוא הסובל העיקרי מעומסי החום וכי הנזקים לענף בגינם מוערכים בסביבות מיליארד דולר לשנה (13).

באזור הנגב מצויות רפתות חלב קיבוציות ומושביות רבות. חלק לא מבוטל מתוכן נחשבות ליצרניות המובילות בענף החלב הישראלי (14) וזאת למרות העובדה שבנגב, בדומה לאזורים נוספים בארץ בהם קיים ריכוז רפתות גבוה, שוררים במהלך השנה למשך חודשים רבים תנאי אקלים הנחשבים לעקת חום משמעותית בפרת החלב. מנתוני אקלים שנאספו מתחנת באר שבע בין השנים 1981-2000 (15) עולה כי במשך שבעה חודשים מהשנה, בין אפריל

לאוקטובר, טמפרטורת המקסימום הממוצעת היומית גבוהה מ-25 מעלות צלסיוס. עומס החום המשמעותי ביותר מתרחש בארבעת החודשים מיוני ועד ספטמבר אז הטמפרטורה המקסימלית הממוצעת שנרשמה באותן עשרים שנים הייתה גבוהה מ-30 מעלות צלסיוס.
מערכות הצינון הינן כלי מרכזי בהקלת עומס החום על הפרה ברפת החלב, והן מצויות בצורה כזו או אחרת ברובן המוחלט של הרפתות באזור הנגב בפרט ובארץ בכלל. מערכות הצינון משלבות התזת מים ואוורור המופעלים במחזורים קבועים, ובכך מאפשרות הפגת חום באחת משתי דרכים: אידוי כפוי של מים מגוף הפרה בשימוש בטיפות גדולות או קירור סביבת הפרה בשימוש במערפלים. הצינון נעשה בחצר ייעודית בה מקובצות הפרות לפני כל חליבה וברפתות רבות גם בין החליבות. מחקרים קודמים הראו כי השימוש באמצעי צינון הובילו לירידה מובהקת בחום הגוף ובקצב הנשימה בפרות וכי הם הינם בעלי השפעה חיובית משמעותית על יצרנותן ובריאותן של פרות החלב (11,16). תכונותיו המיטיבות של הצינון אינן מסתכמות רק בהגברת הייצור בחודשי הקיץ- כך נמצאה למשל השפעה חיובית בהפעלת מערכות הצינון על הפרות בתקופת היובש (17) אשר מדגימה את האפקט ארוך הטווח של הצינון. ממצאים אלו מבהירים את החשיבות של הצינון ברפת החלב כאמצעי השומר על רווחת הפרה ורווחיות המשק לאורך השנה כולה ונראה כי קיימת מודעות גבוהה בקרב הרפתנים להשפעותיו החיוביות.
יחד עם היתרונות שהוזכרו, קיימים גם חסרונות לשימוש במערכות הצינון האינטנסיביות. הרטבה מאסיבית של העור פוגעת ביכולת ההגנה שלו ובכך מעלה את הסיכון לחדירה של פתוגניים שונים כגון החיידק ממין *Dermatophilus congolensis* שעלול לגרום לנזקים עוריים משמעותיים, ואשר נגיעות בו נמצאה כבעלת קשר לחשיפה מרובה למים (18). בנוסף, שהייה בחצר צינון שאינה מנוקזת כיאות מהווה מפגע היגייני ועלולה להעלות את הסיכון לדלקות עטין (19) ומחלות טלף (20).
מלבד המפגעים הבריאותיים יש לזכור כי מערכות הצינון דורשות שימוש בחשמל לצורך האוורור ומים לצורך ההרטבה וביחד עם הצורך בכוח אדם לטובת הוצאות תכופות של

הפרות לחצר הצינון הן מהוות הוצאה כלכלית משמעותית. שימוש בחשמל ובמים רבים קשורים גם בפגיעה באספקט הסביבתי.

לכן, לאור היתרונות והחסרונות שהוזכרו, יש לשאוף למצב של שימוש מיטבי במערכות הצינון האינטנסיבי. הכוונה בשימוש מיטבי היא שכמויות המים המותזות והשימוש במאווררים יהיו בעל אפקט מסייע לפרה בהתמודדות עם עומס החום, יחד עם הימנעות משימוש בעודף באותם מרכיבי המערכת שיפגע ברווחת הפרה וברווחיות המשק. מחקרים שונים נערכו במטרה לגלות ערכי שימוש אידיאליים במערכות הצינון בהם בין השאר זמני ההפעלה (21), כמויות המים (22) ואופן התזתם (23). חשיבותם של מחקרים אלו בכך שהם מצביעים על קיומם של ערכי הפעלה אידאליים להפעלת מערכת הצינון אך הם לוקים גם בכמה חולשות. ראשית, בבואנו לבחון את פעולת מערכת הצינון עלינו לקחת בחשבון שהפעלתה כרוכה במגוון רחב של מרכיבים שונים. ראוי לבחון גם את אותם מרכיבים לאו דווקא בכמויות מוחלטות אלא לחשבם לאור מספר הפרות ושטח החצר ובכך לקבל ערכים לפרה או למידת שטח כיוון שייתכן ובמשקים שונים קיימת שונות גדולה בכמות הפרות המוכנסת לצינון וגודלה של החצר. נקודה נוספת אותה יש לשקול היא התנאים הסביבתיים השונים השוררים באזורים שונים. רפת החלב, ודאי זו הישראלית, איננה קרובה להיחשב מבנה סגור ולפיכך תנאי אקלים שונים הכוללים טמפרטורה סביבתית, לחות ומשטר רוחות הינם בעלי השפעה לא רק על עומס החום המורגש על ידי הפרות אלא גם על אופן הפגתו האידאלי. כך לדוגמא אזור חם מאוד אך יבש יכול להיעזר בצינון בעל מרכיב מים עיקרי בעוד צינון שכזה עלול להכביד על הפרה באזור חם ולח, והפעלת אוורור מאסיבי באזור לח בעל רוחות חלשות יכול להועיל בהרבה מאותו אופן הפעלה באזור גבוה בעל רוחות חזקות. בישראל מורגשות עקות חום ברובם הגדול של משקי החלב אך תיתכן שונות מהותית בין משקים בכל הקשור למרכיבי האקלים, הן מסיבות גאוגרפיות והן מסיבות טופוגרפיות העשויות אף להוביל לשונות בין משקים המצויים באותו אזור.

לכן עולה הצורך בעבודות ממוקדות גיאוגרפית, הלוקחות בחשבון את התנאים הסביבתיים השוררים באזור הרפת, ואשר בוחנות את ממשק הצינון תוך התחשבות בשלל מרכיביו

השונים ושקלולם לפרה ולחצר. עבודה זו נועדה לבחון את אופן הפעלת מערכות הצינון השונות ברפתות שבאזור הנגב על ידי תיעוד מפורט כמה שניתן של מרכיבי הצינון השונים, כל זאת תוך כדי בחינת השונות בהפעלה בין הרפתות וניצולה על מנת לגלות ערכי הפעלה אידאליים המתבטאים בירידת חום הגוף וקצב הנשימה בפרות לאחר הצינון.

ב. חומרים ושיטות

המחקר נערך בחודש אוגוסט ב-22 רפתות משותפות באזור הנגב. בכל אחת מהרפתות נבחרו כ-10 פרות חולבות שאינן מבכירות (כלומר תחלובה שנייה ומעלה) מתוך קבוצת הפרות שנכנסה לצינון באותו זמן ברפת. לכל אחת מהפרות שנבחרו נמדד חום רקטלי באמצעות מדחום כספית בסמוך לצינון ומיד לאחריו עד לטווח של כ-30 דקות מסיום הצינון. במקביל למדידת החום נמדד גם קצב נשימה באמצעות ספירת תנועות בית החזה ע"י תצפית בעין. לכל צמד מדידות מאותה פרה חושב הפרש ע"י הפחתת הערכים שהתקבלו לפני הצינון מאלו שהתקבלו לאחריו, כך שהפרש חיובי ישקף עלייה והפרש שלילי ירידה במדדים אלו בעקבות הצינון. חצרות הצינון נמדדו באמצעות סרט מדידה סלילי והשטח חושב באמצעות נתונים אלו. בכל חצר צינון נספרה כמות הפרות שהוכנסה אליו באותו הצינון. לצורך חישוב נפח המים בצינון, נמדד נפח המים של מתז יחיד בחצר והוכפל במספר המתזים בחצר הצינון ובזמן ההתזה הכולל. מאווררים בחצר הצינון נספרו והוכפלו בנתוני ספיקת האוויר ושטח פניהם בכדי לקבל את ספיקת אוויר ושטח פני מאווררים כללית בחצר הצינון. צפיפות בצינון התקבלה על ידי חלוקת שטח החצר במספר הפרות. גם נפחי המים, כמויות האוויר ושטח פני המאווררים חולקו בשטח החצר בכדי לקבל היקף שימוש לשטח וכל אותם נתונים חולקו גם במספר הפרות וכך התקבלו הנתונים המשוקללים לפרה. בנוסף לאלו נשאלו הרפתנים לגבי מספר הצינונים המתבצעים ובשטח נמדד זמן הצינון הכולל וזמני מחזורי ההתזה והאוורור באמצעות שעון עצר. נתוני אקלים הכוללים טמפרטורה סביבתית, לחות ומהירות רוח נמדדו באמצעות מד מזג אוויר ידני מדגם kestrel 4500^{TM} של חברת Nielsen-Kellerman.

הנתונים שנאספו נותחו באופן תלת-שלבי: בשלב הראשון התבצעה סטטיסטיקה תיאורית של כלל המשתנים על מנת לקבל מדדי מרכז, מדדי פיזור, תדירות ואת אופן ההתפלגות של המשתנים השונים. בכדי לעמוד על ההבדלים בפיזור של פרמטרים נבחרים הקשורים להפעלת הצינון, בוצע בנוסף גם חישוב מקדם השתנות [coefficient of variation (CV)] אשר מאפשר השוואה בין יחידות שונות. מקדם ההשתנות מתקבל ע"י חלוקה של סטיית התקן בממוצע ולפיכך ערך CV גבוה יותר מעיד על פיזור גדול יותר בתוך משתנה מסוים בהשוואה למשתנה אחר. בשלב השני נותח הקשר בין המשתנים התלויים, אלו הם המדדים הפיזיולוגיים, לבין המשתנים הבלתי תלויים, אלו הקשורים להפעלת הצינון ותנאי החצר. ניתוח זה נעשה בעזרת מבחן t במקרה של משתנים קטגוריאיליים, ומתאם Pearson במקרה של משתנים רציפים. לבסוף בוצע ניתוח רב משתני בעזרת מודל מסוג מעורב (mixed) בו המשק הוכנס כמשתנה רנדומאלי ושאר המשתנים כהשפעות קבועות (fixed effects), על מנת לאמוד את הקשר בין יעילות הצינון לבין הירידה בטמפ' הרקטלית ובקצב הנשימה. במשתנים שנמצאו כבעלי קשר מובהק לירידות בטמפרטורה הרקטלית או בקצב הנשימה, חולקו הרפתות לרביעונים בהתאם לערכי השימוש במשתנים אלו ובכל אחד מהם נערכה ההשוואה בין הרפתות ברביעוני הביניים לרפתות ברביעון התחתון והעליון.

ג. תוצאות

בכל הרפתות נמדדו 10 פרות לפני ואחרי הצינון, חוץ מרפת אחת בה נמדדו בטעות תשע בלבד, וכך בסך הכול כ-219 פרות. מתוך אותן 219 פרות בפרה אחת לא נלקחו כלל מדדים לאחר הצינון כיוון שהיא לא נתפסה בסמיכות מספקת לאחריו, ובשתיים לא נמדד קצב הנשימה בעקבות תזוזות בזמן המדידה.

1. סטטיסטיקה תיאורית

הטמפרטורה הסביבתית הממוצעת שנמדדה במשקים הייתה 31.6 מעלות צלסיוס. בכל המשקים נמדדה טמפרטורה סביבתית הגבוהה מ-25 מעלות, ב-15 מתוך 22 המשקים נמדדה טמפרטורה סביבתית הגבוהה מ-30 מעלות, ובמשק החם ביותר נמדדו 37 מעלות

צלסיוס. בשקלול הטמפרטורה יחד עם הלחות נמצא כי מדד ה- THI הממוצע במשקים היה 79.2. במשק בודד חושב THI הנמוך מ-75 (74.5) ובתשעה מהמשקים חושב THI הגבוה מ-80 (82.2 ערך מקסימלי).

נמצאו הפרשים ממוצעים שליליים, המשקפים כאמור ירידה בעקבות הצינון, הן בטמפ' הרקטלית והן בקצב הנשימה בפרה הבודדת (טבלאות 1א' ו-1ב'). מתוך 216 הפרות בהן חושב ההפרש בשני המדדים נמצאה ירידה בשניהם בכ-157 פרות כאשר ב-14 בלבד לא נמצאה ירידה באף אחד מהשניים.

טבלה 1א': ערכים תיאוריים הנוגעים לחום הרקטלי שנמדד בפרות לפני ואחרי הצינון.

משתנה		**ממוצע**	**חציון**	**סטיית תקן**	**ערך מינימום**	**ערך מקסימום**
חום רקטלי (מעלות צלזיוס)	לפני צינון	39.12	39.1	0.63	37.5	42
	אחרי צינון	38.61	38.6	0.50	37.1	41.5
	הפרש לפרה	-0.51	-0.5	0.51	+0.8	-2.2

טבלה 1ב': ערכים תיאוריים הנוגעים לקצב הנשימה שנמדד בפרות לפני ואחרי הצינון.

משתנה		**ממוצע**	**חציון**	**סטיית תקן**	**ערך מינימום**	**ערך מקסימום**
קצב נשימה (נשימות/דקה)	לפני צינון	59.57	56	20.89	24	128
	אחרי צינון	42.75	40	12.63	20	100
	הפרש לפרה	-16.70	-14	17.72	+30	-86

שטחי חצר הצינון ברפתות נעו בין 88 מ"ר ל-300 מ"ר כשהערך הממוצע לשטח חצר היה 195.75 מ"ר. מספר הפרות שקובצו בחצר הצינון נע בין 33 ל-135 פרות עם ממוצע של 79 פרות לצינון. הצפיפות הממוצעת לחצר הייתה 2.65 מ"ר לפרה כאשר בחצר הצפופה ביותר חושב 1.62 מ"ר לפרה בעוד במרווחת ביותר חושב לפרה 4 מ"ר.

נותחו הערכים הנוגעים לזמני הפעלה מרכזיים בצינון (טבלה 2). בשלוש עשרה מתוך 22 הרפתות נמדדו זמנים בטווח של עד כ-5 דקות מעל או מתחת לזמן הצינון הממוצע. בכל המערכות נעשה הצינון ע"י מקטעים תכופים של אוורור מאולץ והרטבה לסירוגין, כשבכולן

זמן האוורור היה ארוך מזה של ההרטבה חוץ מרפת אחת בה נרשמו זמני אוורור והרטבה זהים.

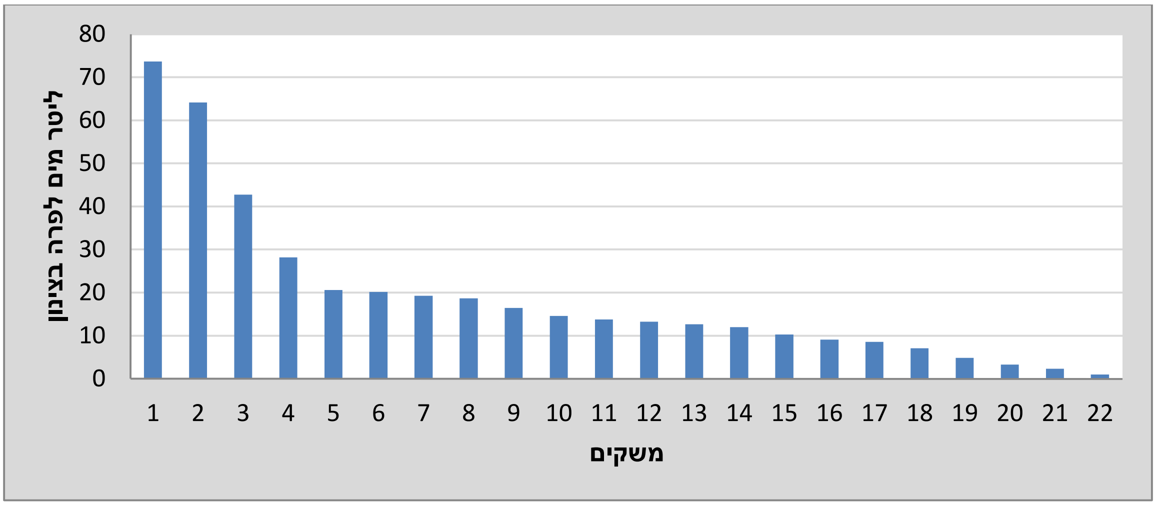
טבלה 2: ערכים תיאוריים הנוגעים לזמן הצינון הכולל ולזמני אינטרוול האוורור וההתזה.

משתנה	ממוצע	חציון	סטיית תקן	ערך מינימום	ערך מקסימום
זמן צינון כולל (דקות)	39.14	40.00	10.58	20.00	60.00
זמן הרטבה מצטבר (דקות)	5.75	4.16	5.57	1.71	27.50
זמן מקטע הרטבה (שניות)	39.09	30.00	22.39	20.00	120.00
זמן מקטע אוורור (דקות)	4.44	4.42	1.32	2	6
יחס זמני אוורור/ הרטבה	8.54	9.17	4.04	1.00	16.00

נפחי המים שנמדדו בצינון שוקללו גם לרמת הפרה הבודדת (טבלה 3, גרף 1). בנפחי המים הכלליים נמצאו הבדלים של פי 142 בין הרפתות הקיצוניות, ושל פי 75 בשקלול לפרה הבודדת.

טבלה 3: ערכים תיאוריים הנוגעים לנפחי המים הכלליים והמשוקללים לפרה הבודדת בצינון.

משתנה	ממוצע	חציון	סטיית תקן	ערך מינימום	ערך מקסימום
נפח מים לצינון (ליטר)	1,440	1,024	1,766	58	8,250
נפח מים לפרה (ליטר)	18.92	13.50	18.68	0.97	73.66

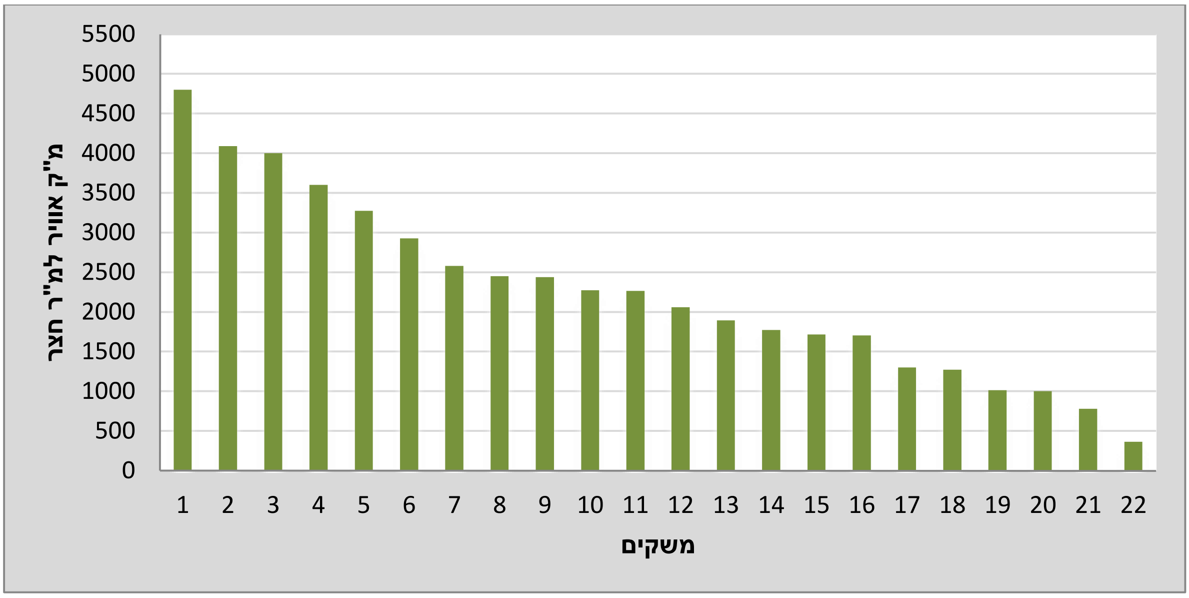


גרף 1: התפלגות נפח המים לפרה בצינון. המשקים בציר ה-x ממוספרים בסדר יורד עפ"י היקף השימוש במים לפרה וציר ה-y הוא ביחידות של ליטר.

בדומה לנתוני המים שוקללו נתוני האוורור (טבלה 4) לרמת הפרה אך גם לגודל החצר שכן סביר להניח שישנה חשיבות לשטח בו מתפזר האוורור במהלך הצינון. בפיזור ערכי ספיקת האוויר לשטח החצר (גרף 2) נרשמו הבדלים גדולים מפי 13 בין הרפתות הקיצוניות.

טבלה 4: ערכים תיאוריים הנוגעים לנתוני השימוש באוורור בצינון משוקללים גם לשטח ולפרה.

משתנה	ממוצע	חציון	סטיית תקן	ערך מינימום	ערך מקסימום
שטח פני מאווררים כולל (מ"ר)	11.16	10.12	7.12	2.33	36
ספיקת אוויר כוללת (מ"ק /שעה)	439,636	396,000	289,201	84,000	1440,000
שטח פני מאווררים לפרה (סמ"ר)	1,511	1,224	885	388	3,333
ספיקת אוויר לפרה (מ"ק/שעה)	5,951	4,762	3,603	1,400	13,333
יחס שטח פני מאווררים לשטח חצר (סמ"ר/מ"ר)	572	530	281	101	1,200
ספיקת אוויר לשטח חצר (מ"ק/שעה/מ"ר)	2,253	2,161	1,157	364	4,800



גרף 2: התפלגות ספיקת האוויר ליחידת שטח בחצר הצינון. המשקים בציר ה-x ממוספרים בסדר יורד עפ"י היקף השימוש באוויר לשטח חצר וציר ה-y הוא ביחידות של מטר.

בבחינה של מקדמי ההשתנות (coefficient of variation) של מרכיבי צינון שונים (טבלה 5) נמצא כי הפיזור הגדול ביותר היה בנפחי המים לפרה. בנתוני האוורור נמצאו מקדמים בינוניים והם היו קטנים יותר בחלוקה לחצר בהשוואה לאלו שבחלוקה לפרה. מקדמי ההשתנות הנמוכים ביותר, המצביעים כאמור על אחידות יחסית בהפעלה, נרשמו בזמן הצינון הכולל ובצפיפות הפרות.

טבלה 5: ערכי מקדם ההשתנות למרכיבים השונים בהפעלת מערכת הצינון.

משתנה כללי	**מקדם השתנות**
צפיפות פרות	0.28
זמן צינון כולל	0.27
משתנה לפרה	**מקדם השתנות**
נפח מים לפרה	0.99
ספיקת אוויר לפרה	0.61
שטח מאווררים לפרה	0.59
משתנה לשטח	**מקדם השתנות**
ספיקת אוויר לשטח חצר	0.51
שטח מאווררים לשטח חצר	0.49

2. קשרים חד-משתניים

בין ההפרשים של הטמפרטורה הרקטלית לאלו של קצב הנשימה נמצא מתאם של 0.57 ($P<0.001$). בשני המדדים הפיזיולוגיים ערך המתאם הגדול ביותר נמצא בין ההפרש

בעקבות הצינון לבין הערכים שנמדדו לפניו. כך בין ההפרש בטמפרטורה הרקטלית לזו שנמדדה לפני הצינון נמצא ערך מתאם של כ-0.63 *(P<0.001)*, ובין ההפרש בקצב הנשימה לקצב הנשימה שלפני הצינון נמצא ערך מתאם של כ-0.8 *(P<0.001)*.

בין תנאי האקלים הסביבתיים להפרשים במדדים הפיזיולוגיים לא נמצאו ערכי מתאם מובהקים. לעומת זאת כן נמצאו ערכי מתאם מובהקים בין הטמפרטורה הרקטלית טרם הצינון ל-THI (0.3, *p<0.001*) ולטמפרטורה הסביבתית (0.28, *p<0.001*), וכך גם בין קצב הנשימה טרם הצינון ל-THI (0.31, *p<0.001*) ולטמפרטורה הסביבתית (0.3, *p<0.001*).

טבלה 6: ערכי מתאם בניתוח חד-משתני בין מרכיבים שונים במערכת הצינון לבין ההפרשים שחושבו במדדים הפיזיולוגיים בעקבות הצינון. כוכבית מסמנת ערך מובהק סטטיסטית (p<0.05).

	הפרש טמפרטורה רקטלית		הפרש קצב הנשימה	
משתנה	**ערך מתאם**	**ערך P**	**ערך מתאם**	**ערך P**
זמן צינון כולל	0.40	*0.001>*	0.35	*0.001>*
נפח מים לפרה	0.17	*0.012**	0.15	*0.033**
יחס שטח מאווררים לשטח חצר	0.13	*0.064*	0.02	*0.724*
ספיקת אוויר לשטח חצר	0.12	*0.07*	0.02	*0.802*
שטח מאווררים לפרה	0.11	*0.116*	-0.02	*0.808*
ספיקת אוויר לפרה	0.1	*0.125*	-0.02	*0.751*
צפיפות פרות	-0.01	*0.881*	-0.13	*0.061*

בבחינת המתאמים בין ההפרשים במדדים הפיזיולוגיים למשתנים הקשורים להפעלת הצינון (טבלה 6), נמצאו ערכי מתאם מובהקים בין שני המדדים לזמן הצינון הכולל ולכמות המים המשוקללת לפרה. לא נמצאו ערכי מתאם מובהקים בין המדדים הפיזיולוגיים לבין אלו הקשורים להפעלת האוורור ולשטח החצר.

3. קשרים רב משתניים

משתנים ביולוגיים מתנהגים לעתים קרובות על פי ערכי סף ולאו דווקא באופן לינארי, ולכן הוחלט במודל הסופי לחלק את המשתנים לרביעונים שירכיבו שלוש קבוצות: קבוצת ביניים

שתכלול את הרביעון השני והשלישי, רביעון עליון ורביעון תחתון. בשל המתאמים הגבוהים יחסית, עלולים המשתנים חום הגוף וקצב הנשימה טרם הצינון להוות גורמים מערפלים. לכן הם תוקננו למשתנה ע"י הכנסתם למודל בניתוח ההפרשים בטמפרטורה הרקטלית ובקצב הנשימה בהתאמה, וזאת בכדי לקבל אומדנים מדויקים יותר. בנוסף הוגדר משתנה המשק כרנדומלי בכדי לנטרל את ההבדלים שייתכנו בין פרות ממשקים שונים.

בניתוח של הנתונים על-פי מודל מעורב ניתן לראות כי אכן לטמפרטורת הכניסה לצינון האפקט הגדול ביותר על ההפרשים בטמפרטורה הרקטלית בעקבותיו (טבלה 7). בשני המשתנים הקשורים לצינון אשר הראו מתאם מובהק לגודל ההפרש בטמפרטורה הרקטלית בניתוח החד משתני, שהם זמן הצינון הכולל וכמות המים לפרה, נראה כי ההפרש בטמפרטורה הרקטלית בעקבות הצינון קטן באופן מובהק בפרות אשר ברבעון התחתון בהשוואה לקבוצת הביניים, וכי אין הבדל מובהק בין קבוצת הביניים לבין הרביעון העליון.

טבלה 7: ניתוח רב-משתני בין זמן הצינון ונפח המים לפרה לבין ההפרש בטמפרטורה הרקטלית בעקבות הצינון. ההשוואה בין הרביעונים הקיצוניים לרביעוני הביניים. כוכבית מסמנת ערך שונה באופן מובהק ($p<0.05$) מרביעוני הביניים.

משתנה	**אומדן**	**שגיאת תקן**	**ערך t**	**ערך P**
חותך	-17.28	1.77	-9.76	<0.001
טמפרטורת כניסה	0.46	0.05	10.14	<0.001
זמן הצינון				
45 דקות ומעלה	-0.04	0.13	-0.29	*0.769*
30 דקות ומטה	-0.26	0.10	-2.63	*0.009**
בין 30 ל-45 דקות	0			
נפח המים לפרה				
20.14 ליטר ומעלה	-0.01	0.11	-0.12	*0.903*
8.57 ליטר ומטה	-0.22	0.10	-2.13	*0.034**
בין 8.57 ל-20.14 ליטר	0			

בנוגע להפרש בקצב הנשימה נמצא כי לזמן הצינון הכולל קיים מתאם רציף מובהק, כפי שנוכחנו לראות במודל החד-משתני, אמנם בשונה מהטמפרטורה הרקטלית אין הבדלים בין הקבוצות. כשנבדקו ההבדלים בין הקבוצות על-פי כמות המים לפרה, נמצא כי בכמויות הביניים נמדד הפרש בקצב הנשימה שהינו קטן באופן מובהק הן מהרבעון הגבוה והן מהרבעון הנמוך.

ד. דיון

התנאים הסביבתיים שנמדדו בכלל המשקים נחשבים לכאלו המהווים עומס חום, בחלק ניכר בהם חמור, על פרת החלב. יעילות הצינון משתקפת בהפרשים שנמדדו הן בטמפרטורה הרקטלית והן בקצבי הנשימה לפני ואחרי הצינון. ההפרש הממוצע שחושב לטמפרטורה הרקטלית בעקבות הצינון גדול יותר מחצי מעלת צלסיוס ועשוי לתרום משמעותית לבריאות הפרה, רווחתה ויצרנותה. חום הגוף וקצב הנשימה בפרות לאחר הצינון נמצאו בטווח הנורמלי כפי שצוין במבוא (4,5). טרם הצינון נמדדו חום גוף ממוצע בטווח הנורמלי-עליון ואילו קצב הנשימה חרג מהטווח הנורמלי.

בכל המשקים נשמרו העקרונות הבסיסיים בהפעלת מערכת הצינון. אלו כוללים חצר צינון ייעודית בה מופעלות מערכות התזה ואוורור אשר אליה מובאות קבוצות הפרות לפני כל חליבה ובין חליבות. יחד עם זאת, ניתן להבחין כי בהחלט קיימת שונות משמעותית בין המשקים בכל הנוגע לערכי ההפעלה של אותן מערכות. את ההבדלים הגדולים ביותר במשקים ניתן למצוא בכל הקשור לשימוש במים בזמן הצינון. ערך מקדם ההשתנות שהובא בתוצאות מצביע על סטיית תקן הזהה לממוצע ומעיד על פיזור נרחב של משתנה. סביר להניח כי מלבד הסיבות המקצועיות, ישנם מספר גורמים האחראים ליצירת השונות המשמעותית בשימוש במים במהלך הצינון כגון הבדלים במדיניות חיסכון במים ושוני בין לחצים והספקים של המערכות השונות שהוקמו בחצרות הצינון. ממצא זה מעיד בעיקר על היעדר יד מכוונת, ככל הנראה על רקע חוסר הנחיות ברורות, בתכנון ובניטור של מערכות התזת המים בחצרות הצינון. במצב כזה בהחלט ייתכן, כפי שגם נדון בהמשך, כי בחלק לא מבוטל מהרפתות מופעלות מערכות ההתזה בחסר או בעודף. כאשר בוחנים את השונות

בהפעלת האוורור בזמן הצינון מתגלים הבדלים יחסית משמעותיים בין הרפתות אך הם נמוכים בהרבה מההבדלים שנמצאו בנפחי המים. הן ספיקת האוויר הכוללת והן שטחי המאווררים בחצרות מראים שונות קטנה יותר בשקלול לשטח לעומת זה לפרה, מה שמעיד כפי הנראה על תכנון מסוים של הצבת מאווררים בהתאם לממדי חצר הצינון. נראה כי זמני הצינון הכללי וצפיפות הפרות בחצר הצינון דומים באופן יחסי בהשוואה בין המשקים וכי עיקר השונות במשתנים אלו נובעת מרפתות בודדות קיצוניות ולא ממגמה מהותית. גודל הקבוצות המוכנסות לחצר הצינון וגדלי החצרות גם הם אינם נבדלים בצורה ניכרת.

ערך המתאם בין ההפרשים בטמפרטורה הרקטלית לבין אלו של ערכי הנשימה הוא אמנם מובהק אך אינו מספק מבחינה ביולוגית בכדי לקבוע כי שני מדדים אלו חופפים לגמרי בהערכת עקת החום בפרה. שונות אינדיבידואלית בתהליכי תרמורגולציה בין פרות כמו גם תנאים סביבתיים שונים עשויים להשפיע על העדפת מנגנון פיזיולוגי אחד על פני השני בהתמודדות עם עקת החום. הסבר נוסף לערך המתאם הנמוך ביולוגית הוא באופן המדידה של קצב הנשימה, שנעשה כאמור בצפייה בתנועות בית החזה ובשל כך ייתכנו בו טעויות בסבירות גבוהה יותר מאשר במדידת החום שנעשית בצורה אובייקטיבית. לבסוף, למדידות המתבצעות מתלווה עקה של הפרות הנגרמת עקב נוכחות הבודקים בחצר, מה שעלול להוביל לעלייה חדה בקצב הנשימה שאינה דווקא משקפת השפעת עומס חום. עבודה קודמת בנושא רווחה (24) קבעה כי המדד הטוב ביותר להעריך את עקת החום בבעלי חיים הוא גובה הטמפרטורה הרקטלית, וכי מדידת קצב הנשימה מתאימה יותר במצבי עקת חום קיצוניים בהם הקצב גבוה מ-100 נשימות לדקה. נראה אם כן כי הטמפרטורה הרקטלית היא מדד טוב יותר מקצב הנשימה להערכת עקת החום בפרה כיוון שהיא מייצגת את חום הליבה ונתונה פחות לשינויים בעקבות גורמים אחרים.

ערכי המתאם הגבוהים ביותר נמצאו בין ההפרש בחום הגוף לחום טרם הצינון, ובין ההפרש בקצב הנשימה לקצב שלפני הצינון. מכך עולה כי ייתכן וקל יותר לגרום לירידה משמעותית בטמפרטורה הרקטלית ובקצב הנשימה בפרות שמלכתחילה נכנסות לצינון עם ערכי טמפרטורה ונשימה גבוהים. לכן, ההסתמכות על ההפרשים כמעידים על איכות הצינון עלולה

ליצור תמונה מעוותת שכן ברפתות בהן הפרות סובלות מעקת חום קשה יותר, המתבטאת בטמפרטורה רקטלית וקצב נשימה גבוהים במהלך היום, הצינון ייחשב ל"מוצלח" בהשוואה לרפת בה הטמפרטורה הרקטלית וקצב הנשימה נשמרים במהלך היום בתחומים הסבירים ולפיכך גם הירידות בהם במהלך הצינון דרמטיות פחות. לכן גם זוהו המשתנים המתארים את המדדים טרם הצינון כ"ערפלנים" אפשריים ובעקבות כך הם הוכנסו למודל.

המתאם הגבוה ביותר בין משתנה רציף הקשור לצינון לבין כל אחד מההפרשים הפיזיולוגיים נמצא לזמן הצינון הכולל. מעניין בהקשר זה גם להזכיר כי הוא בעל מקדם ההשתנות הנמוך ביותר בין המשתנים הקשורים לצינון. היותו של זמן הצינון בעל מתאם גבוה יחסית בהשוואה לשאר מרכיבי הצינון ביחד עם טווחי שימוש יחסית צרים מעידים על כך שייתכן ושינויים קטנים של כמה דקות בזמני הצינון הכללי יכולים להשפיע באופן משמעותי על ההקלה בעומס החום בפרות. המרכיב הנוסף שנמצא בעל מתאם מובהק להפרשים בטמפרטורה ובנשימה הוא נפח המים המחושב לפרה ונראה אם כן שתכנון נכון של הצינון חייב לקחת בחשבון לא רק את נפחי המים המותזים אלא גם את מספר הפרות המוכנסות לחצר. לעומת זאת, אף אחד ממרכיבי האוורור לא נמצאו בעלי מתאם מובהק להפרשים הפיזיולוגיים. לכן נראה כי באזור הנגב ישנה חשיבות רבה יותר לתכנון אמצעי ההתזה והשימוש בהם בחצרות הצינון. מטרת הצינון כאמור היא להביא לאידוי כפוי משטח הפנים של הפרה ולכן סביר להניח שבאזור יחסית יבש כגון הנגב נפח המים לפרה מייצג את המרכיב האפקטיבי שבפעולת הצינון. השימוש בכמויות מים רבות יכול להתבצע אך ורק בחצר צינון ייעודית, בשונה מאוורור למשל שיכול בתנאים מסוימים להתבצע גם בסככות הרביצה. חשוב להבליט נקודה זו שכן יש לקחת בחשבון כי בהבאת קבוצות הפרות לחצר צינון מספר רב של פעמים ביום, ובעיקר בזמנים שבין החליבות, ישנם גם חסרונות בולטים: שגרתן של הפרות מופרת באופן תדיר והן מבלות פחות זמן בסככת הרביצה שם הן רובצות ומעלות גרה, ישנו סיכון לפציעות והחלקות בהליכה התכופה מסככת הרביצה לחצר הצינון ובחזרה ובנוסף יש דרישה לתגבור כוח האדם ברפת בין החליבות לטובת הובלת הפרות והפעלת המערכת.

לא נמצאו כאמור מתאמים מובהקים בין ההפרשים הפיזיולוגיים לבין נתוני האוורור בחצרות הצינון, אך יש לציין כי בכל זאת נצפות מגמות במקדמים שבין ההפרש בטמפרטורה הרקטלית לבין נתוני האוורור כאשר הם מחולקים לשטח החצר. לכן נראה כי בתכנון האוורור בחצר הצינון נכון יותר להתחשב בגודלה של חצר הצינון ולא בגודל הקבוצה המוכנסת.

תוצאות המודל הסופי מדגימות את קיומם של שימושים בחסר או בעודף של מערכות הצינון בנגב. הרבעונים התחתונים של זמני הצינון וכמות המים לפרה, שערכיהם לא עולים על 30 דקות ו-8.57 ליטר לפרה בהתאמה, מייצגים צינון בחסר והם שונים באופן מובהק מרבעוני הביניים בהשפעה על הירידה בטמפרטורה הרקטלית. בשני המקרים צינון שכזה יוביל לירידה קטנה יותר בהבדל של יותר משתי עשיריות המעלה בטמפרטורה הרקטלית. לעומת זאת, הרביעונים העליונים בשני המשתנים, אשר ערכיהם גבוהים מ-45 דקות ו-20.14 ליטר, אינם שונים בהשפעתם על הירידה מהטמפרטורה הרקטלית בהשוואה לרבעוני הביניים וייתכן והם מייצגים צינון בעודף בו ישנו שימוש במשאבי זמן ומים הגדולים מהדרוש לטובת הורדת הטמפרטורה הרקטלית. כאשר בוחנים את המסקנות בדבר שימוש בעודף שאינו מועיל בהקלת עומס החום יחד עם ההבדלים המשמעותיים בין רפתות בכל הנוגע לשימוש במים בצינון, מתקבלת תמונה בה רפתות מסוימות משתמשות בכמויות מים אדירות ללא צורך. כך למשל שלושת הרפתות אשר בהן נפח המים לפרה הוא הגבוה ביותר (74, 64 ו-43 ליטר) משתמשות בכמויות מים לפרה כפולות ומשולשות בהשוואה לטווח העליון של רבעוני הביניים (20 ליטר).

לא נצפו הבדלים מובהקים על ההפרשים במדדים הפיזיולוגיים בהשוואה בין רבעוני השימוש באוורור ברפתות. יחד עם זאת, יש להיזהר מלקבוע שמכך עולה כי אין חשיבות לאוורור בהפעלת הצינון אזור הנגב. ייתכן והרפתות בעלות נתוני השימוש המינימליים במשתנים אלו אכן מספקות אוורור מספק להקלת עומס החום בפרות, אך בשל אופי עבודה זו המשווה בין שימושים קיימים ברפתות ואינה כוללת קבוצת ביקורת מלאכותית בה לא נעשה צינון כלל לא ניתן לקבוע זאת באחריות.

חשוב לשוב ולהדגיש, כי הגורמים החשובים בהקלת עומס החום ע"י מערכת הצינון יכולים להשתנות על פי אזורי אקלים, ולכן אין להסיק מעבודה זו מסקנות "אוניברסליות" הנכונות לכל רפת. כך למשל בעבודה דומה אשר נעשתה בצפון הארץ (25), נמצא כי המשתנים הקריטיים בהפעלת מערכת הצינון הינם זמן הצינון הכללי ושטחי המאווררים לשטח החצר, וכי נפח המים לפרה אינו בעל קשר מובהק לירידה בטמפרטורה הרקטלית. ממצאים אלו מנוגדים כאמור לאלו שנמצאו בעבודה הנוכחית ונראה כי הם מדגימים כדאיות פחותה של שימוש במים רבים באזורים לחים לעומת חשיבותם הגבוהה באזורים יבשים.

בהקשר לזמני הצינון האידאליים שמצאנו בעבודה זו (30-45 דקות) מעניין לציין עבודה נוספת אשר נעשתה בארץ (21) אשר מצאה כי צינון של 45 דקות מוביל לירידה גדולה יותר בכמעט שלוש עשיריות המעלה בהשוואה לצינון של 30 דקות. העבודה שנעשתה בצפון (24) מצאה גם היא יתרון לזמני צינון ארוכים יחסית הגבוהים מ-41 דקות.

לא מצאנו נימוק ביולוגי מספק לתוצאות המודל הסופי בכל הנוגע להפרשים בקצב הנשימה בהם נמצא כי ברבעוני הביניים של נפח המים לפרה חלה ירידה פחותה משמעותית בהשוואה לרבעונים הקיצוניים. כפי שציינו ישנה בעייתיות בהסתמכות על קצב הנשימה בפרות בהשוואה לטמפרטורה הרקטלית בהערכת עומס החום כיוון שקצב הנשימה קל יותר למניפולציות והמדידה שלו היא פחות אובייקטיבית ונתונה לטעויות. המתאם שאינו מושלם בין קצב הנשימה לטמפרטורה הרקטלית מעיד על כך גם ולכן העדפנו להתרכז במסקנות העולות ממדידת הטמפרטורה הרקטלית אשר לדעתנו מייצגת נאמנה את עומס החום בפרה.

לסיכום, ניתן בהחלט לקבוע שלטובת הקלת עומס החום בפרות החלב בנגב ישנה חשיבות רבה בצינון המתבצע בחצר הייעודית בעל זמן צינון משמעותי ונפח מים מספק לפרה שכן ערכים נמוכים מדי של גורמים אלו עלולים שלא להוביל לירידה מספקת בעומס החום בפרה. יחד עם זאת יש להישמר מערכים גבוהים מדי בהפעלת הצינון, הנהוגים בחלק מהרפתות באזור, כאלה אשר אינם יעילים יותר בהקלת עומס החום אך בהחלט עלולים לגרום לנזקים בריאותיים וכלכליים, בעיקר בשל שימוש מוגזם במים. אם להסתמך על הטווחים של רבעוני הביניים ניתן לקבוע כי באזור הנגב ערכי הפעלה של זמן צינון הקטן מ-30 דקות ונפח מים

לפרה הקטן מ-8.57 ליטר עלולים להוביל לשימוש בחסר וכי זמן צינון הגדול מ-45 דקות ונפח מים לפרה הגדול מ-20.14 לשימוש עודף. אם כן ניתן לשער כי הצינון האידאלי באזור הנגב מצוי בטווח הרחב יחסית של רבעוני הביניים. אם ייושמו ההמלצות מעבודה זו ברפתות אשר ערכי ההפעלה בהן חורגים משני רבעוני הביניים, תצומצם השונות בין המשקים וכך בעבודות עתידיות ניתן יהיה לחזור על הבדיקה ולהצר אולי את טווח ההפעלה האידאלי. כמו כן יש לשאוף ולהמשיך במיפוי מרכיבי הצינון העיקריים באזורים אקלימיים נוספים בארץ על ידי עבודות דומות.

ה. תודות

ברצוננו להודות למשקים ששיתפו עמנו פעולה בהכנת העבודה, לאופיר ברוך על העבודה המשותפת במשקים, לד"ר עמי ארנין ולד"ר שלומי לוי על ההדרכה המעשית, ולארגון "החקלאית" שמימן את המחקר.

ו. רשימת מקורות

1. Randall D, Burggren W, French K. Energetic Costs of Meeting Environmental Challenges. in: *Eckert Animal Physiology*. 5th ed. New York: W.H Freeman and Company; 2001. p. 699-736.
2. Berman, A., Y. Folman, M. Kaim, M. Mamen, Z. Herz, D. Wolfenson, A. Arieli, and Y. Graber. "Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate." *Journal of Dairy Science* 68, no. 6 (1985): 1488-1495.
3. Armstrong, D. V. "Heat stress interaction with shade and cooling." *Journal of dairy science* 77, no. 7 (1994): 2044-2050.
4. Igono, M. O., G. Bjotvedt, and H. T. Sanford-Crane. "Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate." *International journal of biometeorology* 36, no. 2 (1992): 77-87.
5. Robertshaw D. Temperature Regulation and the Thermal Environment. in: Reece WO, editor. *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 12th ed. Ithaca and London: Cornell University Press; 2004. p. 962-973.

6. Reece WO. Respiration in Mammals. in: Reece WO, editor. *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 12th ed. Ithaca and London: Cornell University Press; 2004. p. 114-148.
7. Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove, and E. Maltz. "Heat stress in lactating dairy cows: a review." *Livestock production science* 77, no. 1 (2002): 59-91.
8. Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker, and L. H. Baumgard. "Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin." *Journal of dairy science* 92, no. 5 (2009): 1986-1997.
9. National Research Council, 2001. In: 7th Revised Edition Update. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. The National Academies Press. 2001):13-14.
10. De Rensis, Fabio, and Rex John Scaramuzzi. "Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review." *Theriogenology* 60, no. 6 (2003): 1139-1151.
11. West, J. W. "Effects of heat-stress on production in dairy cattle." *Journal of dairy science* 86, no. 6 (2003): 2131-2144.
12. Lambertz, C., C. Sanker, and M. Gauly. "Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems." *Journal of dairy science* 97, no. 1 (2014): 319-329.
13. St-Pierre, N. R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. "Economic losses from heat stress by US livestock industries." *Journal of dairy science* 86 (2003): E52-E77.
14. דוח ליגה ארצית רפת שיתופית 2013. *ספר העדר באתר התאחדות מגדלי הבקר*. http://www.icba.org.il/sfr-eder.shtm
15. תחנת באר-שבע בין השנים 1981-2000. מתוך מידע אקלימי באתר השירות המטאורולוגי הארצי. http://www.ims.gov.il/IMS/CLIMATE
16. Collier, R. J., G. E. Dahl, and M. J. VanBaale. "Major advances associated with environmental effects on dairy cattle." *Journal of Dairy Science* 89, no. 4 (2006): 1244-1253.
17. Adin, G., A. Gelman, R. Solomon, I. Flamenbaum, M. Nikbachat, E. Yosef, A. Zenou, A. Shamay, Y. Feuermann, S. J Mabjeesh and J. Miron. "Effects of cooling dry cows

under heat load conditions on mammary gland enzymatic activity, intake of food and water, and performance during the dry period and after parturition." *Livestock Science* 124, no. 1 (2009): 189-195.

18. Zaria, L. T. "Dermatophilus congolensis infection (dermatophilosis) in animals and man! An update." *Comparative immunology, microbiology and infectious diseases* 16, no. 3 (1993): 179-222.
19. Schreiner, D. A., and P. L. Ruegg. "Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis." *Journal of dairy science* 86, no. 11 (2003): 3460-3465.
20. Borderas, T. F., B. Pawluczuk, A. M. De Passillé, and J. Rushen. "Claw hardness of dairy cows: relationship to water content and claw lesions." *Journal of dairy science* 87, no. 7 (2004): 2085-2093.
21. Flamenbaum, I., D. Wolfenson, M. Mamen, and A. Berman. "Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system." *Journal of Dairy Science* 69, no. 12 (1986): 3140-3147.
22. Means, S. L., R. A. Bucklin, R. A. Nordstedt, D. K. Beede, D. R. Bray, C. J. Wilcox, and W. K. Sanchez. "Water application rates for a sprinkler and fan dairy cooling system in hot, humid climates." *Applied engineering in agriculture* 8, no. 3 (1992):375-379.
23. Lin, J. C., B. R. Moss, J. L. Koon, C. A. Flood, R. C. Smith III, K. A. Cummins, and D. A. Coleman. "Comparison of various fan, sprinkler, and mister systems in reducing heat stress in dairy cows." *Applied engineering in agriculture* 14, no. 2 (1998).:177–182.
24. Silanikove, Nissim. "Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants." *Livestock production science* 67, no. 1 (2000): 1-18.
25. יוקר א., ע. ארנין, נ. מור, ומ. ואן סטרטן. "בחינת פרמטרים שונים בחצר הצינון והשפעתם על מדדים פיסיולוגים בפרות חלב". *הכנס השנתי ה-24 למדעי הבקר* 2012: 7-46.