

## על אינדקס עקת חום או על הכבדת חום, פרות, אנשים ומכסות חלב

ע. ברמן, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית

הנוצרת במהלך התיפקוד הנורמלי, יופעלו מנגנונים הבאים להגביר את הפסד החום. אם אלה לא יגבירו את הפסד החום במידה הדרושה, יצומצם התיפקוד לרמה נמוכה יותר על ידי ירידה ביצרנות. כאשר פרות נמצאות בתנאים סביבתיים קרובים לנוחות התרמית, היצרנות אינה מוגבלת על ידי עומס חום או קור. מסיבות אלה יש ערך כלכלי לאפשר לפרות להיות קרובות למצב של נוחות תרמית. אינדקס של טמפרטורה ולחות צריך לאפשר לנו להעריך, עד כמה בע"ח ימצאו קרובים או רחוקים ממצב של נוחות תרמית לפי נתונים מטאורולוגיים.

### אינדקס טמפרטורה ולחות

נסיון לשלב את הנתונים של טמפרטורת האוויר ולחותו כדי לתת ביטוי כמותי-מספרי לנוחות התרמית בתנאים שונים של טמפרטורה ולחות נעשה לראשונה בבני אדם בשנת 1923, לפי מיטב ידיעתי. אנשים נחשפו לטמפרטורות ולחיות אוויר שונות וציינו את תחושת הנוחות שלהם בסולם מספרי. מתוך נתונים אלה חושבה ההשפעה המשולבת של הטמפרטורה והלחות על תחושת הנוחות של האדם. אינדקס זה, ה-THI (ראשי תיבות של Temperature Humidity Index) אומץ בשנת 1958 על ידי ה-U.S. Weather Bureau כאינדקס להודעות על מזג אוויר קשה. הוא אומץ על ידי מהנדסי מיזוג אוויר באותה עת, ודרכם זרם אל מהנדסים שעסקו בחיפוש פתרונות לעקת חום בבע"ח. הנתונים הללו חושבו בצורות שונות (מעלות ביחידות צלזיוס או פארנהייט, לחות כלחות יחסית או יחסים של מדחום יבש ומדחום לח) שהביאו לנוסחאות שונות של האינדקס. אבל כל הנוסחאות הללו חושבו מן הנתונים של אותו ניסוי. ההבדלים בין בני אדם לבין פרות בחום חילוף החום הופכים את השימוש

אפשר לומר, שלאנשים תמיד היה חם ולא הרגישו בנות כאשר בחוץ היה חם. הנסיון ללמוד "מה זה חם" נעשה מאוחר, כאשר נוצרו הכלים האנליטיים לכך. השימוש בידע כדי לאמוד "כמה חם" כאשר זה "חם" – זה איחד לבוא עוד יותר, עד לעת שבה אי-הנוחות שמקורה בחום היתה לגורם שכדאי לטפל בו מבחינה כלכלית. היישום של הידע בחיי היום-יום חיכה עוד, עד אשר היה כדאי להפעיל מיזוג אוויר כדי להגדיל את התפוקה של האדם. כך שהנסיון הראשון הידוע לי, לשלב נתוני טמפרטורה ולחות כדי למזג את השפעתם על נוחות האדם באינדקס של טמפרטורה ולחות, נעשה כבר בשנת 1923, אך הוא נכנס לשימוש רחב יותר בארה"ב רק בשנת 1958 עם הכנסת מיזוג האוויר במשרדים. המחשבה על עומס חום לגבי בקר חלב, מכסות חלב, הבדלים עונתיים במכסה, תשלום שונה עבור חלב קיץ וחורף והקלת עומס החום על ידי צינון, באו רק מאוחר יותר, לאחר כמה עשרות שנים נוספות. רשימה זאת מנסה להאיר כמה נקודות בנושא אינדקס טמפרטורה ולחות, מגבלותיו והציפיות ממנו.

### נוחות תרמית

נוחות תרמית היא המצב בו כמות החום העוברת מבעל-חיים (בע"ח) אל סביבתו שווה לכמות החום הנוצרת בגופו, מבלי שבע"ח יעשה פעולות ויסות מיוחדות כדי לקיים את מאזן החום. בגופם של בע"ח נוצר חום באופן מתמיד. ייצור החום הזה הוא אחוז מסוים מן האנרגיה המטבולית. בתהליכים החשובים בבקר חלב, כמו קיום וייצור חלב, בערך 36% מן האנרגיה המטבולית נהפכים לחום. החום הנוצר משתחרר בגוף ומשמש לקיום הטמפרטורה בגוף. בסביבה חמה, בה כמות החום המופגת מן הגוף היא קטנה מכמות החום

מתחילה הרוח לנשוב שונה בהתאם למרחק מן הים, והיא יכולה להקדים או לאחר יחסית לשיא היומי של טמפרטורות האוויר. הטמפרטורה של כדור נחושת מושחר, הקולט את חום הקרינה ומאבד חום לפי הטמפרטורה של האוויר ומהירות הרוח, אומדת טוב יותר את הטמפרטורה האפקטיבית מאשר טמפרטורת האוויר כפי שהיא נמדדת במתקן המטאורולוגי. חשוב לזכור שה-THI כלל אינו כולל את הרוח כגורם.

4. אינדקס THI מניח יחס קבוע מסוים בין האידוי של מים לצורך קירור לבין ייצור החום וכן בין אידוי המים לבין הטמפרטורה של האוויר. אדם שמשקלו כ-70 ק"ג מסוגל לאדות במקסימום כ-1 ק"ג מים. פרה מסוגלת לאדות בשעה גם כן כ-1 ק"ג מים. כושר האידוי של הפרה הוא רק כשליש עד חמישית מן האידוי אשר לו מסוגל האדם, אם מחשבים זאת ליחידת משקל מטבולית. שוני זה מכביד על קבלת THI כאינדקס יציג לגבי פרות. כמו כן, הטמפרטורה הסביבתית בה תתחיל פרה להזדקק לאידוי מים תלויה ביצרנות שלה: ככל שתרבה תנובת החלב, כן תקדים הפרה להזדקק לאידוי בטמפרטורות נמוכות יותר. בעבודתנו יכולנו לאמוד (לא נעים, אבל 25 שנים כבר חלפו מאז) שייצור כל 10 ק"ג חלב חמ"ש 4% מקטין את טמפרטורת ההפעלה של אידוי כדי 4 מ"צ. השפעת הלחות הסביבתית על בע"ח תלויה גם במידה בה בע"ח תלוי באידוי לשם הפגת עודפי החום מגופו. משום כך לא יכול להיות ערך אחד שיתאר את השפעת הלחות של פרות השונות בתנובת החלב שלהן.

5. הלחות הסביבתית הנה מונח המתייחס לאדי מים באוויר. אפשר לתאר את הלחות בתור הכמות של אדי מים בנפח אוויר ואז מבטאים זאת כגר' מים במטר מעוקב של אוויר, ערכים החשובים במיזוג אוויר. גם מתארים אותם כלחץ שלהם (כחלק מן הלחץ הברומטרי של האוויר) ואז הלחץ מבוטא ביחידות של מ"מ כספית, או מתארים אותם כיחס בין כמות אדי המים שבאוויר לבין כמות אדי המים המרבית שהאוויר יכול לשאת ללא התעבות

באינדקס זה עבור בקר מדבר שהוא מובן מאליו לדבר שהוא בעייתית.

### הנחות עליהן מושחת האינדקס THI ונכונותן עבור פרות

1. ייצור החום (או חילוף החומרים) של בני אדם שונים במנוחה הוא דומה ולכן, אפשר לעשות אינדקס אחיד. לעומת זאת, בפרות קיימים הבדלים גדולים ברגישות לחום סביבתי הנובעים מן השוני ביצרנות ומן השוני העונתי בפרוה. בפרות כל עליה בתנובה ב-10 ק"ג חמ"ש 4% מקטינה את הטמפרטורה של נוחות תרמית בערך ב-4 מ"צ. לכן אינדקס הבא לבחון את ההשפעה של אקלים על היצרנות חייב לקחת בחשבון את רמת התנובה של הפרות ואת השינויים העונתיים ברגישות לחום.

2. האינדקס חושב לאנשים המצויים בצלם של חדרים. פרות מצויות בסככות המצללות רק על סביבתן הקרובה, סככות הפתוחות לקרינה של עצמים מן הסביבה. לצורך הערכת הטמפרטורה האפקטיבית של הסביבה יש לקחת בחשבון את כמות החום הקורנת מן העצמים החמים שבסביבה. גם אם הפרות נמצאות בצלן של סככות, הטמפרטורה האפקטיבית האמיתית היא גבוהה כדי 2-7 מ"צ מן הטמפרטורה הנמדדת בסוכות מטאורולוגיות. ולהפך במשך שעות לילה, במידה שלפרות יש גישה לחצר בשעות הלילה. ההפרשים תלויים גם בגודל הסככה וצפיפות הפרות בה. THI אינו לוקח בחשבון את עצמת הקרינה של הסביבה.

3. אנשים מצויים לרוב בחדרים בהם זרימת האוויר מועטה, במהירות שהיא פחות מ-0.3 מ' לשנייה. רוח הנושבת על בע"ח מגבירה את הפסד החום מגופו ולכן מקטינה גם את השפעת הקרינה על מאזן החום. לכן אי-אפשר להתעלם ממהירות הרוח והשפעתה על עומס החום המורגש על ידי בע"ח. מהירות הרוח שונה מאד ממקום למקום. בגובה הפרות היא יכולה לנוע בעונה החמה בין 0.3 לבין 4 מ'/שנייה בהתאם למקום, לסוג הסככות, מיקומן של כלפי זו, וכיוון כלפי הרוח. השעה בה

שערך מסוים של THI המתקיים למשך 1 עד 3 ימים תהיה לו השפעה דומה לערך המתקיים שבוע או יותר.

היצרנות של פרות היא מושג כוללני. היא כוללת תנובת החלב והרכבו, צריכת מזון ומצב גופני, והרבה הֶבְטִים של פוריות. אלה תיפקודים שונים, המושפעים באופן שונה על ידי עקת חום. כך שאם נסתכל על שיעורי ההתעברות של הפרות, אנו עשויים למצוא ערכים של THI קריטיים שונים מאד מאלה שנמצא אם נסתכל על צריכת המזון, או המצב הגופני או תנובת החלב. כמו כן יש להניח, כי הערכים הקריטיים של THI עבור תנובת חלב יהיו שונים אם נסתכל על פרות שהן בשלב מוקדם של ההנבה לעומת פרות שהן בשלב מאוחר יותר של ההנבה.

מטעמים אלה נראה, כי נסיון להעריך את עקת האקלים לפי האינדקס הנ"ל עשוי להניב תוצאות שלא כל כך תחזרנה על עצמן באותו משק בגלל שוני מזג האוויר משנה לשנה; כמו כן עשויה להיות חזרתיות לא טובה של תוצאות למשקים אחרים באותו אזור, בגלל שוני ממשק למשק בתנאי קרינה ורוח. שימוש באינדקס זה בעייתי גם אם מנסים לבחון את רגישותן לעקת חום של פרות ביצרנות.

אמנם נכון, כי מספר חוקרים השתמשו באינדקס THI להערכת הביצועים של פרות. אך לא נבדקה החזרתיות של התוצאות בשיטות ממשק שונות, או משנה לשנה באותו משק, או בין משק למשק בתנאים של מאקרואקלים דומה.

### אינדקס THI, ממשק, מכסות ותשלום

ענתה נניח, כי בדקנו את היחסים בין אינדקס THI כלשהו לבין יצרנות של פרות חלב, יהיה זה מדד כלשהו של פוריות תנובת חלב או מצב גופני בשלב זה או אחר של התחלובה. הדרגה של THI בה תימצא השפעה על מדד היצרנות וכן גודל ההשפעה ליחידה של THI יהיו תלויים מאד בסוגי המבנים, מציאותם של מאווררים ודרכי הפעלתם, דרכי הקילוח בחצר ההמתנה, מציאותו של צינור ליד האבוס ודרכי השימוש

ואז מבטאים זאת כלחות יחסית באחוזים. ביטוי אחרון זה נקרא גם "גרעון לרוויה" של האוויר, והוא חשוב כאשר נמצאים בחלל סגור נתון ומעוניינים להעריך כמה אדי מים אפשר להוסיף אליו. קצב האידוי הוא יחסי להפרש בין לחץ האדים של המים המצויים באוויר הסביבה לבין לחץ האדים של המים המצויים על פני השטח של בע"ח. חישוב אינדקס ביחידות אחרות מעוות את ההשפעה של הלחות על הנוחות התרמית.

6. לצורך אומדן הנוחות התרמית חשובה אך ורק הלחות המצויה בשכבת האוויר הסמוכה לבע"ח. אם תנועת האוויר בין בע"ח היא מעטה, אדי המים המתאדים מבע"ח יצטברו באוויר המצוי ביניהם, מידות הלחות שבו תעלינה, מבלי שהדבר יתבטא בלחות הסובבת הכללית, במאקרואקלים. כאשר מהירות הרוח על פני פרה גבוהה מערך של 1.5 מ' לשניה, הלחות במרווח בין פרה אחת לשניה היא שווה או קרובה להיות שווה לזאת המצויה במאקרואקלים. במהירויות רוח קטנות יותר נוצרו סביב לפרה מיקרואקלים העשוי להיות שונה מאד, קשה יותר מן המאקרואקלים הסובב, בגלל הצטברות חום ולחות מסביב לפרות. תנועת האוויר בין פרות ועל פני גופן תלויה גם בצפיפות הפרות במבנה, לא פחות מאשר בתנועת האוויר במאקרואקלים. שיקולים אלה גם הם מחייבים את הכנסת מהירות הרוח בסביבת בע"ח בחישוב THI.

### השפעת עקת החום על הייצור

חיוני להקדיש לכך מילים ספורות. אפשר להסתכל על עקת החום כעל גורם שהשפעתו יחסית לגודלה של עקת החום. אך גישה זאת עשויה להציג לפנינו רק חלק מן המציאות. חשוב ביותר להבחין, כי האופן בו משפיעה עקת החום על היצרנות משתנה בהתאם לגובה תנובת החלב (כלומר ייצור החום), בהתאם לגודלה של עקת החום ולמשך הזמן בו היא מתקיימת. לדוגמה, אין להניח כי ערך מסוים של THI תהיה לו אותה השפעה של הפרות בחודש מאי, יולי וספטמבר. כמו כן, אין להניח

והתמורה להן. לכן, יש להציב מטרות ברורות מסוייגות כהלכה לבדיקה כזאת, לבחור את המשקים בהתאם למטרות אלה ולהתייחס לתוצאות הבדיקה בהתאם. המגבלות הקיימות מקטינות כאמור את ערכו של האינדקס THI לאומדן היחס בין עקת החום לבין היצרנות. האינדקס THI כמו שהוא יכולתו מוגבלת בעיקר להערכת ההשפעה של הבדלים בממשק על התגובה לעקת חום, אך ללא יכולת לבטל את האפשרות שהשוני בתגובה נובע משינויים במרכיבי עקת החום.



בו, נוהגי ההזנה ועוד. ככל שהמשק יטיב להשתמש באלה האמצעים, ימצא שההשפעה של האקלים קטנה יותר. כל צילום מצב נתון כזה ישקף את היחס בין האמצעים שהמשק השקיע לבין ה-THI שנמדד בו. ממצא כי ה-THI משפיע מעט על היצרנות במשק כזה עשוי להיות בבחינת הטלת קנס על השקעה רבה של המשקים בצמצום נוקי החום. היחס בין אקלים לבין יצרנות יהיה תלוי מאד בסוגי המשקים שיועמדו לבחינת היחסים. לתוצאותיה של בדיקת היחס בין אקלים לבין יצרנות עשויות להיות השלכות על מכסות החלב העונתיות

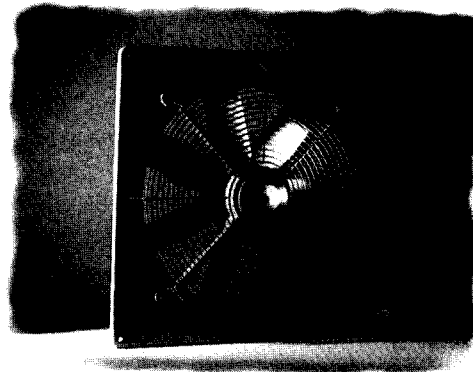
## אלפי מאוררים בישראל



- יציאת יצוקת אלומיניום
- יציאת מנוע רוטור היצוני
- יציאת ספיקה/פיזור סירבי
- יציאת חסכון בהוצאות חשמל

**מזל צ'לור באירות ברפת**

ייצוא ללא התחייבות מצד



**כבר פקיד אנצק ברפת!**

אתאוס ביקור והפאנות:

רח' שחם 32, ת.ד. 7010, פתח תקוה 49250.  
טל: 03-9229210, פקס: 03-9229234

**א. אדירן**  
הנדסה וסוכנויות בע"מ

