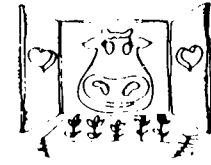


מבנים ומיכון



עקרונות רובוט החליבה

דביר שרון, Wageningen IMAG-DLO, הולנד

מבוא

ובריאאות הפרה (Devir, 1992). הבטים אלה יידונו במאמרים הבאים בסדרה. במאמר זה יסוקרו בקצרה דרישות התיכון ועקרונות עבודת רובוט החליבה.

דרישות התיכון

דרישות התיכון חייבו שילוב של טכניקות רובוטיות עם הבטים פיסיוולוגיים והתנהגותיים של הפרה (Ordolf, 1987).

תהליך חליבת הפרה על ידי הרובוט חייב לדמות לתהליך החליבה על ידי הרפתן האנושי. על העטין להיות נקי לפני תחילת תהליך החליבה. בעת תהליך הניקוי או חיטוי העטין יש למנוע חדירת כימיקלים או מים לחלב (Ordolf, 1990), יש להימנע מגרימת כל נזק לעטין, או מתח מיותר מהפרה (Marchal, 1990). על תהליך הרכבת הגביעים והטיפול המקדים בעטין להימשך לא יותר מאשר 3 דקות (Mottram, 1991). יש לאפשר טבילה של העטין לאחר החליבה.

הגדרת בעיות התיכון שעמדו לפני מפתחי רובוט החליבה נגזרו משלבי הרכבת גביעי החליבה על גבי העטין המוכרים לכל רפתן: אחיזת גביעי החליבה, זיהוי מיקום העטין, זיהוי מיקומן היחסי של הפטמות והרכבת גביעי החליבה על גבי הפטמות.

את דרישות התיכון ניתן לחלק למספר סעיפי משנה.

תהליך זיהוי העטין והפטמות – מכיוון שהפרה היא ייצור חי ולא חפץ דומם, נעה הפרה גם במשך תהליך זיהוי מיקום העטינים במרחב

תפקידם של רובוטים בדרך כלל הוא לחסוך בכח אדם אנושי. בין התפקידים הנוספים לשימוש ברובוטים ניתן למצוא: בטיחות (בסביבת עבודה בעלת סיכון גבוה, כמו חומרים רדיואקטיביים), דיוק (ריתוך), יעילות (מחסנים אוטומטיים), מהירות ועוד. הבסיס לכל מערכת רובוטית הינו השימוש באותות מחיישנים. אותות אלה נחוצים לקבלת שליטה על פעולות הרובוט, בדומה לדרך בה האדם מתרגם את חושיו לשליטה על פעולותיו (Moncaster 1985).

המטרה הראשונה של תהליך מיכון החליבה הייתה צמצום העבודה הפיסית הכרוכה בחליבת הפרה. ההכרה, שמשך החליבה ניתן לחלוקה למספר שלבי משנה, הביאה לתייחוס ומיכון של חלק משלבי החליבה (Schon et al. 1992). מערכות מסחריות מציעות כיום אפשרויות שליטה ובקרה של תהליכים במשך החליבה כגון: גירוי מקדים, שינויים ברמות הוואקום במשך החליבה והסרה אוטומטית של גביעי החליבה עם סיום החליבה.

תרומתו של רובוט החליבה לרפת החלב אינה מצטמצמת לעצם תהליך הרכבת גביעי החליבה. שילוב הרובוט בתוך יחידת חליבה עצמאית המשמשת ממכון חליבה לכל דבר, מאפשרת מיכון של תהליכים נוספים ברפת החלב, ייעול הייצור ושיפור באיכות חיי הרפתן

מאמר שני בסדרה על נושא "רובוט החליבה". החלק הראשון התפרסם ב"חקר ומעש" (מס' 14, עמ' 51-45).

ולמנוע אינעימות מהפרה. מערכת הרובוט חייבת לאפשר הרכבה חוזרת של גביעי חליבה שנפלו במשך תהליך ההרכבה ובמשך זמן החליבה.

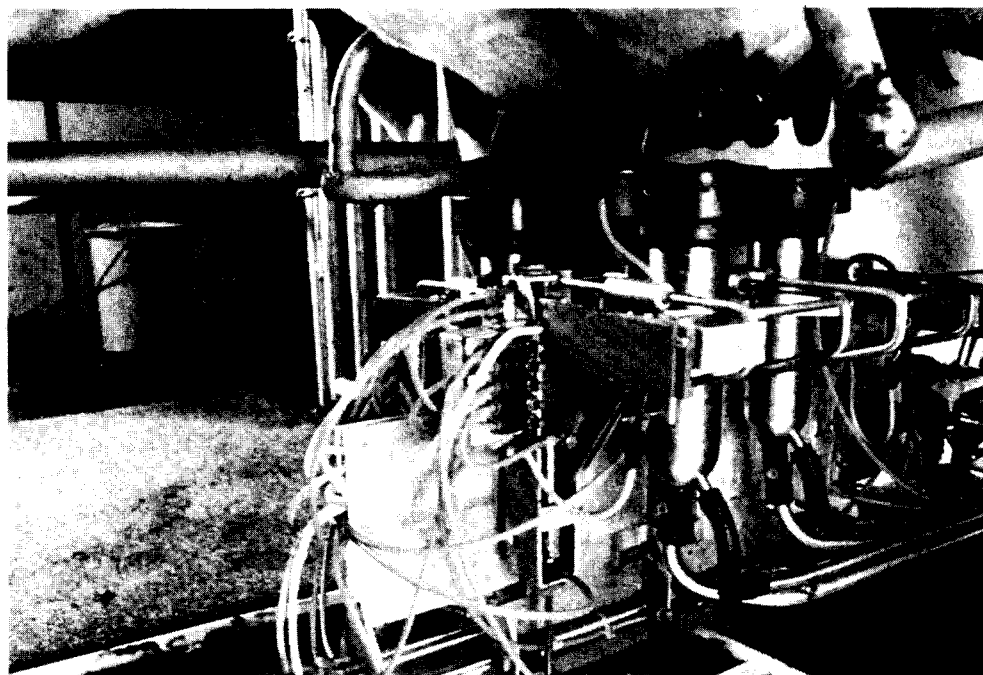
דרישות שוק ותחזוקה – רובוט החליבה חייב להיות עמיד בפני בעיטות הפרה. מערכת הרובוט והחיווט הנלווה לה צריכים להיות עמידים בסביבה עם רמת רטיבות גבוהה הנושפת לחומרים מאכלים. ההפעלה ותחזוקת מערכת החליבה הרובוטית חייבות להיות ידידותיות לרפתן (Harting 1990). המערכת חייבת להיות אמינה ולהתריע בזמן על תקלות ועל חריגים (Street et al., 1990). עלות המערכת חייבת להשתוות למחיר מערכת חליבה הכוללת בתוכה מערכת האבסה פרטנית, כנהוג ברבות מהרפתות האירופיות.

רובוט החליבה

על זרועות הרובוט וחיישניו שולטת מערכת לעיבוד נתונים ובקרה. המערכת מעבדת את נתוני החיישנים ומפקדת על זרועות הרובוט.

וגם תוך תהליך ההרכבה. לכן, על הרובוט לעקוב ברציפות אחר תנועת הפרה בכלל ואחר מיקום העטין במרחב בפרט. גודל העטין אינו נתון קבוע לכל הפרות. המיקום היחסי של הפטמות על גבי העטין שונה מפרה לפרה. מרווח הזמן בין חליבות משפיע על המיקום היחסי של הפטמות על גבי העטין (Hogewerf et al., 1992). ככל שגדל מרווח הזמן מהחליבה האחרונה, העטין מתמלא יותר והפטמות מזדקרות ומקשות על זיהויין על ידי מערכת החישה של הרובוט.

אחזקת והרכבת גביעי החליבה – ניידות הפרה חייבת להישמר, על מנת למנוע מתחים מיותרים מהפרה בעת הרכבת גביעי החליבה. הרכבת גביעי החליבה חייבת להיעשות בדיוק מירבי, לשם קיצור משך ההרכבה ומניעת גירוי יתר על הפטמה. כמו כן, הרכבת גביעי החליבה חייבת להיעשות במהירות המירבית, במיוחד עקב נוכחות הורמון האוקסיטוצין האחראי לתחילת הפרשת החלב (Marchal, 1990). גישת זרוע הרובוט לפרה חייבת להתבצע בעדינות



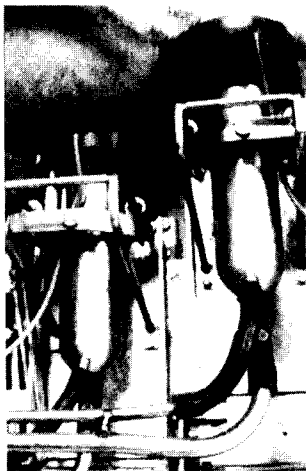
לשם הצמדת גביע החליבה לפטמה, יכולה להיעשות על ידי חיישנים המורכבים על שפת גביע החליבה או על ידי חיישנים המורכבים על זרוע הרובוט. חיישנים המורכבים על זרועות הרובוט יכולים להיות מסוג של על-קוליים או מערכות ראייה מלאכותית. מערכות חיישנים הממוקמות על גבי שפת גביע החליבה יכולות להיות מערכות המורכבות מזוגות של משדרים ומקלטים בתדר של אינפרא-אדום (Marchal et al. 1992).

2. אחיזת גביעי החליבה והרכבתם על גבי הפטמות

כפי שממחיש ציור 2, ניתן להבחין בשתי גישות עיקריות בכל הנוגע לאחיזה והרכבה של גביעי החליבה.

בגישה הראשונה מאוחסנים גביעי החליבה בתוך מחסנית, ולא על גבי זרוע הרובוט. זרוע הרובוט מבצעת הרכבה של כל גביע חליבה לחוד, בתהליך הכולל שליפת גביע החליבה מהמחסנית, זיהוי העטין, זיהוי פטמה, הרכבה וחזרה לנקודת המוצא לשם שליפת גביע החליבה הבא בתור (Schillingmann and Artmann 1990), ובצורה זאת ארבע פעמים.

בגישה השנייה מאוחסנים כל גביעי החליבה במחסנית על גבי תפסנית בקצה זרוע הרובוט. תהליך זיהוי העטין והפטמות מתבצע פעם אחת בלבד ולאחר מכן מורכבים כל גביעי החליבה (Hogewerf et al. 1992, Van der Linde and Lubberink 1992).



מערכת הבקרה והשליטה מכילה בסיסי מידע הכוללים מיקום כללי של העטין, אורך רצוי של עמדת החליבה וכי'. זרועות הרובוט מביאות את גביעי החליבה למקומם ומרכיבות אותם על גבי הפטמות. תוך כדי תהליך זיהוי הפטמות, כיוונון זרוע הרובוט והרכבת גביעי החליבה מבצעת מערכת הבקרה והשליטה מספר רב של חישובים והחלטות בזמן אמיתי. כמו כן שולטת מערכת הבקרה של רובוט החליבה על מערכות החליבה השונות, כגון מערכות השטיפה המוקדמות, מערכות הלחץ והוואקום, משאבות פנימי החלב, שסתומים לריקון חלב מזוהם ועוד. מבחינה טכנולוגית, תהליך הרכבת גביעי החליבה מתחלק לשני שלבים עיקריים:

1. זיהוי מיקום העטין והפטמות.
2. אחיזת גביעי החליבה והרכבתם על גבי הפטמות.

1. זיהוי ומיקום העטין והפטמות

את תהליך זיהוי העטין ניתן לחלק לשני שלבים עיקריים –

- זיהוי ראשוני, המתבטא בהערכה גסה של מיקום העטין. זיהוי ראשוני יכול להתבצע בעזרת אחת מהמערכות הבאות: מערכות חיישנים על-קוליים (אולטרא-סוניים), מערכות ראייה מלאכותית, חיישני מגע או מדידה מוקדמת של מורפולוגית העטין ומיקומו היחסי לפרה (ציור 1).

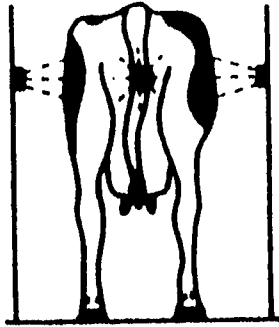
חסרון מערכות הראייה המלאכותית טמון בריבוי החישובים הנובעים מאופן עיבוד התמונה. אי-לכך, מערכות אלה דורשות מחשבים רבי-עצמה ויקרים. המערכות העל-קוליות רגישות לרעשי הלואי, שמקורם במערכות החליבה השונות כמו מערכות הוואקום ומנועי הרובוט. רעשים אלה פוגמים לעתים בתהליך זיהוי הפטמות. מערכות על-קוליות זולות בהשוואה למערכות הראייה המלאכותית. זיהוי על סמך נתוני בסיס מידע בלבד הינו בעייתי עקב השינוי בנפח העטין כתלות במרווח הזמן מחליבה קודמת.

- זיהוי משני, הערכה מדויקת של מיקום הפטמות. הערכה מדויקת של מיקום העטין,

מיקום העטין

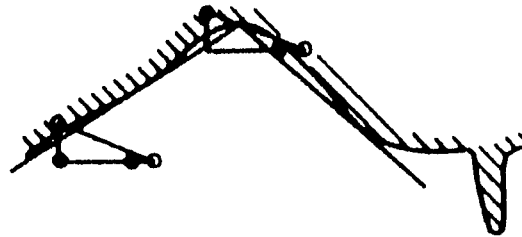
position of the cow

מיקום הפרה



udder base

בסיס העטין

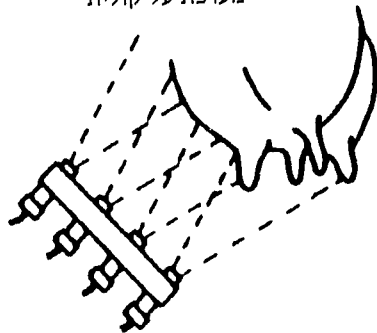


contour of the udder

צללית העטין

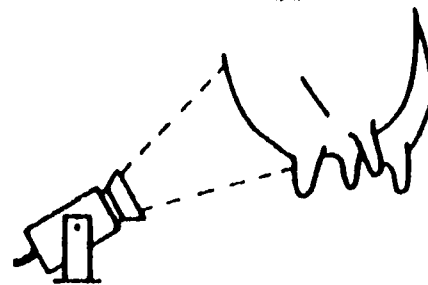
ultra sonic array

מערכת על-קולית



vision system

מערכת ראייה



מיקום פטמות

light grid array

מארג קרני אור לזיהוי מיקום

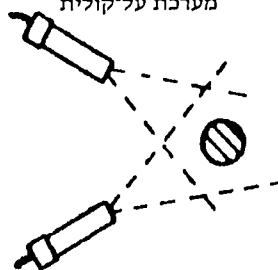


triangulation

שילוש

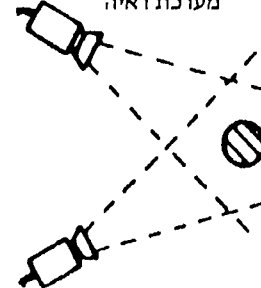
ultra sonic

מערכת על-קולית



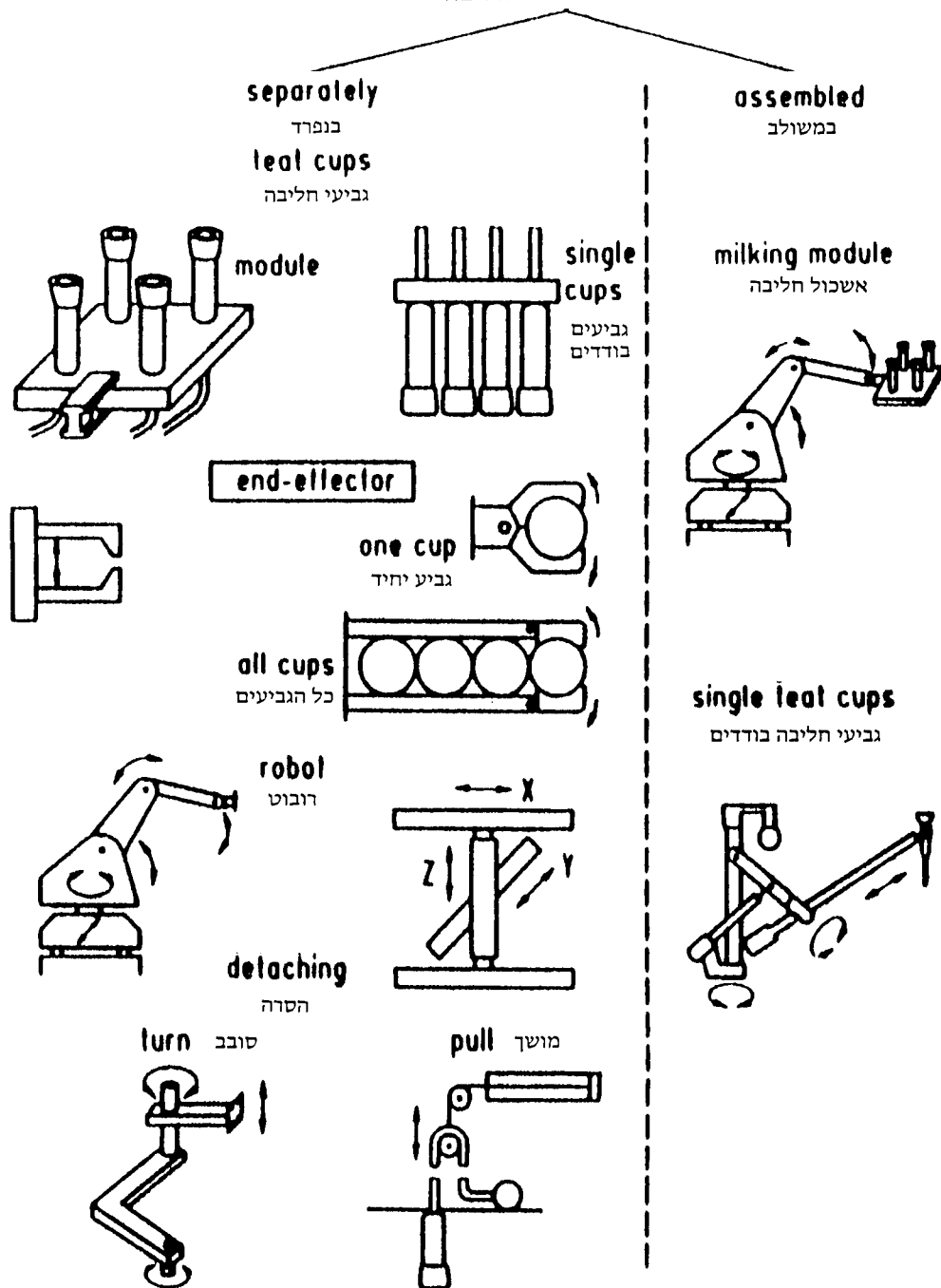
vision system

מערכת ראייה



ציור 1. סכימה של גישות שונות בזיהוי ראשוני ומשני של העטין. מתוך: Schon (1992).

הרובוט ושגרת החליבה



ציור 2. סכימה של סוגי זרועות שונים של רובוט חליבה. מתוך Schon (1992).

סיכום

המזונות הניתנים לה. גישה זאת מאפשרת הגברת יעילות הייצור ברפת.

מערכות ניהול העדר השולטות ומבקרות בזמן אמיתי את חליבת הפרות, האבסת המזון המרוכז ותנועת הפרות ברפת, מאפשרות שגרת חליבה והזנה יומית אוטומטית. בדרך זאת, הרפתן המשוחרר מחובת החליבה בשעה יעודה ופנוי ליתר מטלות הרפת על פי לוח זמנים הנקבע על ידו.

בימים אלה מתבצעים מחקרים נוספים, במטרה לייעל את שלבי החליבה השונים, להפחית את מידת בליית העטין (עקב העליה בתדירות החליבה), לפתח מערכות משלימות לרובוט כגון ניקוי עטין, טבילה לאחר החליבה ועוד.

במאמר הבא יסוקרו מערכות החליבה הקיימות כיום ותוצאות ההרצה של חלק ממערכות אלו.

מערכות חליבה רובוטיות פותחו עד היום בחמישה מכונים ומפעלים בעולם. שתיים בהולנד (Prolion, Gascoigne Melotte), אחת בצרפת (Cemagref) ושתיים בגרמניה (FAL, Duvelsdorf). חמש מערכות חליבה אוטומטיות של חברת Prolion ההולנדית מורכבות כיום בשני מכוני מחקר ובשלוש רפתות מסחריות.

רובוט החליבה נותן מענה לבעיית הרכבת גביעי החליבה, אך מוקדם עדיין לדבר על מיכון מושלם ואופטימלי של תהליך החליבה. שימוש ברובוט החליבה, ואיסוף עיבוד נתונים בזמן אמיתי מאפשר ניהול ממשק חליבה והזנה המבוסס על גישה פרטנית. ממשק חליבה פרטני מאפשר חליבת כל פרה בתדירות המתאימה לביצועיה ולאופן ההתנהגות שלה. ממשק הזנה פרטני מתאפשר על ידי שקילה רציפה של הפרה, מדידת כמות והרכב החלב ובחינת הרכב

מקורות

1. Devir, S. 1992. Control and management in the automatic milking system dairy farm. p. 315 In: Ipema, A.H., A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing. Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking. EAAP publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, the Netherlands.
2. Harting, A. 1990. Automatic milking systems. P. 494 In: Proceedings of the XXIII International Dairy Congress, Montreal, Canada.
3. Hogewerf, P.H., P.J.M. Huisman, A.H. Ipema, T. Jansen and W. Rossing. 1991. Observations of automatic teat cup attachment in an automatic milking system. p. 80 In: Ipema, A.H., A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing. Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking. EAAP publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, the Netherlands.
4. Marchal, P. 1990. The French milking robot. p. 181 in: Robotereinsatz in der Landwirtschaft am Beispiel des Melkens. Dusseldorf, Germany.
5. Marchal, P., G. Rault, C. Collewet and L. Walian. 1992. Main project – Automatic milking. p. 33 In: Ipema, A.H., A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing. Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking. EAAP Publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, the Netherlands.
6. Moncaster, M.E. 1985. Applications of robotics to agriculture. In: Farm Electronics and Computing: proceeding of an International Symposium Exchanging Experience Between Countries. Warwickshire, England.
7. Mottram, T.T. 1991. Design principles for automatic milking systems. Agricultural Engineer, 46:2:39-42.
8. Ordolf, D. 1987. Safety considerations for automatic milking systems. J. Agric. Engng. Res. 38:91-98.
9. Ordolf, D. 1990. Automation in dairy operations. p. 484 In: Proceedings of the XXIII International Dairy Congress, Montreal, Canada.
10. Schon, H., R. Artmann and H. Wostorff. 1992. The automation of milking as a key issue in future

- oriented dairy farming. p. 7 In: Ipema, A.H., A.C. Lippus, J.H.M. Metz and W. Rossing. Proceedings of the International Symposium on Prospect for Automatic Milking. EAAP publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, the Netherlands.
11. Schillingmann, D. and R. Artmann. 1990. Robotmilking – development of a robot system and first experiments. Technical papers and posters abstracts, International Conference of Agricultural Engineering, Berlin, Germany.
 12. Street, M.J., R.C. Hall and A.L. Wilkin. 1990. A pneumatic milking robot – structure, performance and first results. p. 188 in: Robotereinsatz in der Landwirtschaft am Beispiel des Melkens. Dusseldorf, Germany.
 13. Van der Linde, R. and J. Lubberink. 1992. Robotic milking system (RMS): design and performance. p. 55 In: Ipema, A.H., A.C. Lippus, J.h.M. Metz and W. Rossing. Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking. EAAP publication No. 65, Pudoc publishers, Wageningen, The Netherlands.

התאחדות מגדלי בקר בישראל וציבור הבוקרים

מרכינים ראש בזכרם את

הח' אוריאל לוי ז"ל

מבכירי הענף ומייסדיו, וחבר מזכירותנו במשך שנים רבות
אשר הלך לעולמו בגיל 85 שנה, שבע פעלים ומעש.

אנו משתתפים באבל המשפחה ושולחים תנחומינו הכנים.

המזכירות

