



## מכוני חליבה: סקירת העבר, ההווה ומבט לעתיד (רפורמה?)

עזרא שושני, אגף למיכון וטכנולוגיה, שה"מ

שנים רבות. כל החוזר אחרונה לשנות החמישים והשישים ימצא עצמו למד, כפי שלמדנו ארכימדס, שהגלגל טוב לו טוב. משמעות הדבר היא שאנו חולבים באותם סוגי מכוני חליבה ש"הומצאו" לפני שנים רבות. בכל זאת, מה השתנה? טיב החומרים, הטמעת שיקולים ארגונומטריים (נוחות ובריאות החולבים), אוטומציה של חלק נכבד מהרכיבים, הפעלת יותר מכוונות ויותר פרות לאותו פרק זמן על ידי חולב אחד והגדלה של מכון החליבה.

בעת תכנון מכון חליבה, אשר אמור לחלוב מספר גדול של פרות, עלינו להציב תחילה את הדרישות ממכון החליבה.

1. **חליבה איכותית** – להגדרה זאת שתי פנים: מחד, הפקת חלב בעל איכות גבוהה, ומאידך, תנאי חליבה נאותים לחולבים. איכות החלב עלולה להיפגע כתוצאה מהגדלת מספר הפרות שתיחלבה בשל זמני חליבה ארוכים יותר, אך כל ההמלצות שהופיעו בחוברת מטעם מועצת החלב (מדריך לייצור חלב איכותי) תקפים גם למכוני החליבה העתידיים. נושא אחד ידרוש התייחסות והוא קירור החלב. במשקים שבהם קצב זרימת החלב ממכון החליבה למיכל החלב יחרוג מ-2000 ליטר/שעה, יש לשקול שינוי במשטר הקירור – שימוש ב"צילר" (= מצנן). אתייחס לכך ברשימה נפרדת. תנאי חליבה נאותים לחולבים מקבלים משנה חשיבות במכוני חליבה גדולים, שכן מספר השעות שבהן ישהו החולבים בבור החליבה יגדל. משמעות תנאי מחיה נאותים: משטחי גומי צמוד לעמדות, הקפדה על גובה במת הפרות בכדי למנוע כפיפות גב מיותרות, שיפוע משטח החליבה לכיוון במת הפרות, תאורה נעימה לעין וכיסוי מרבי של בור החלב (מניעת אזורי אור וצל) צביעת הקירות (או

אין בכוונתי לדון במסגרת מאמר זה על מהות ועקרונות הרפורמה, אך דבר אחד ברור: אנו עומדים בפני תקופה אשר בה העדרים יגדלו, הן במגזר המשפחתי והן במגזר השיתופי. המגמה של הגדלת עדרים קיימת בכל רחבי העולם והיא ביטוי לצורך להישרד בענף, מעבר לצורת חיים. הגדלת העדרים נובעת בעיקרה מירידה ברווחיות הכרוכה בירידה במחיר החלב, במקביל לעליה במחיר התשומות, המיכון והשירותים. היכולת לגדול טמונה בשלושה גורמים: אפשרות של ניוד מכסות, אמצעים פיננסיים ושטח אדמה.

קיומם של שני מגזרים בארץ מבחינת גודל (מגזר משפחתי, מגזר שיתופי) הינו פועל יוצא של מדיניות רבת שנים, אשר מטרתה היתה לשמר את התנועות ההתיישבותיות הייחודיות לישראל תוך מיצוי יסודות מדיניים אחרים: תפיסת קרקעות, חגורות בטחון וכו'. בהנחה שהמדיניות של שמירת אופים של שני מגזרים אלה תעמוד לנגד עיניהם של מקבלי מנחיתי ההחלטות, אנו צפויים אם כן לגדילת עדרים בשני מגזרים אלה: עדר שיהיה נחלת משפחה/ מספר משפחות וגודלו המינימלי יהיה כ-100 חולבות (גודל מקסימלי אינו ניתן לחיזוי, אך ייתכן מספר קטן של רפתות שגודלם ינוע בין 600 ל-1500 ראש); ועדר שיתופי/משותף שגודלו ינוע בין 500 ל-1500 ראש (גם כאן קיימת אפשרות של עדרים מעל ל-1500 ראש, אך היא קטנה יחסית).

ההגדלה הצפויה בשני המגזרים מחייבת היערכות בנושא של מבנים וביתני חליבה. ברשימה זאת אעסוק הפעם בתחום ביתני החליבה, ובנושא של מבנים ברשימה אחרת.

סוגים שונים של מכוני חליבה קיימים זה

4. **משך זמן חליבה מתאים** – משך זמן החליבה הכולל ייגזר כמובן מההספק (מס' פרות/שעה). משך זמן החליבה הכולל חייב להתחשב בזמן משמרת החולבים, בגודל העדר וב... מגבלת שעות היממה. כבר הוזכר לעיל, שרצוי להימנע מהשארית החולב בבור החליבה מעבר לארבע שעות רצופות. יש להימנע בכל מחיר מזמן משמרת אשר יחרוג משש שעות (באותם מקרים שחולבים שלוש פעמים ביממה) וזאת בכדי לאפשר ניקוי יעיל של מערכת החליבה. ידועים עדרים בארה"ב, אשר זמן המשמרת חורג משמונה שעות ולכן זמני משמרות החליבה אינם קבועים; חייבים למנוע תופעה כזאת!

5. **הפעלה אופטימלית של כוח אדם** – זמני משמרת של עובדי רפת הם כזמני משמרת המקובלים בשוק העבודה; קרי: שמונה שעות. אך מכיוון שלא רצוי להעסיק חולבים בחליבה רצופה מעבר לארבע שעות, יש לתכנן אפשרויות של החלפת החולבים והעסקת החולבים מחוץ לבור החליבה לשם השלמת משמרת העבודה (כגון: הבאת פרות למכון, הגמעה, חלוקת אוכל וכו').

6. **פיקוח רצוף על הפרות** – חליבה "איכותית" ו"היגיינית" כוללת (ומחייבת) בתוכה גם הסתכלות על הפרות במהלך החליבה בכדי לתקן מיידית אירועים של צפופים ושמיטות מכונה. מכון החליבה צריך להיות מתוכנן כך, שתצפית על הפרות במהלך כל החליבה תהיה אפשרית מכל נקודה שאליה מגיע החולב. אני מוצא פגם בשיטת החליבה: "הרכב ושכח".

7. **השקעה סבירה** – בכל תכנון של מכון חליבה יש לבחון עלות מול תועלת. תכנון מבנים יקרים אינו מניב בהכרח תוצאות טובות יותר: הן מבחינת ההספק, הן מבחינת היגיינת העטין ואיכות החלב. תקצר היריעה מלפרט במסגרת זאת כיצד ניתן לחסוך בעלויות ללא פגיעה בביצועים. אסתפק ואומר, שבמהלך 20 השנים האחרונות נבנו מכוני חליבה אשר לא בהכרח נשקלה המשוואה עלות מול תועלת.

קירוי) בצבעים בהירים, אשכול חליבה נוח להרכבה, מרחקי הליכה אשר מקבלים משנה חשיבות במכונים גדולים. רצוי גם להימנע מזמני חליבה ארוכים מדי: מספר עבודות מלמדות, שגבול זמן החליבה, שממנו ואילך קטנה תשומת לבו של החולב לסובב אותו וקטן גם קצב עבודתו, הוא ארבע שעות. לכן, כאשר זמני החליבה יתארכו יש לקבוע שגרת החלפת חולבים בבור החליבה. למותר לציין, שיש להקטין ככל האפשר במספר הפעולות שחולב יצטרך להתמודד איתן, וכן יש לצמצם את גורמי ההפרעה לחליבה. לכן יש להקצות את הפרות החריגות בחליבה לסוף משמרת החליבה, מלבד פרות מיד לאחר ההמלטה. יש המדקדקים ומציעים לחלוב פרות אלה במכונה נידת או במכון חליבה קטן שייבנה לצורך כך. מובן שכדאיות בניית מכון חליבה מעין זה תגדל ככל שמספר הפרות הנחלבות בעדר ילך ויגדל.

2. **היגיינה של העטין** – בעקבות ההגדלה, שלושה תנאים עלולים להחריף את הסיכון לעליה בנגיעות: חליבת פרות רבות יותר באזור מצומצם, הגדלת מספר הפרות הנחלבות על ידי מכונת חליבה אחת, מגע ידי החולב עם פרות רבות יותר. בעת תכנון מכון החליבה יש לבחון את המהלכים השונים בתוך ביתן החליבה בכדי למנוע הדבקת פרות: ניקוי קל ותכוף של משטחי במת הפרות, נקיון סביבת מכון החליבה, ציוד החליבה המותקן בו. לשגרת החליבה של החולבים יש תפקיד משמעותי בכל סוג וגודל מכון, אך הגדלת מספר שעות החליבה, והתעסקות עם פרות רבות יותר מחייבות הקפדה על שגרת החליבה ההיגיינית. למשל, לא הייתי מוציא מכלל אפשרות לחייב לבישת כפפות וחיטוי הידיים (עם הכפפות!!!) בין פרות.

3. **הספק אופטימלי** – מספר הפרות שתיחלבה לשעה הוא המפתח לתכנונו של מכון החליבה. לכך אתייחס בהמשך. אך אקדים ואומר, שאין להכתיב תנאים אשר אומנם יניבו הספק גבוה אך מאידך יגרמו לפגיעה בסעיפים שהוזכרו לעיל: היגיינה של העטין ואיכות החלב.

### זמן עבודת חולב

זמן עבודת החולב הוא סכום הזמנים של המטלות הקשורות בחליבת פרה בודדת. מטלות אלה כוללות: כניסה ויציאה של פרות, שטיפה וניגוב עטינים, חיטוי פטמות לפני הרכבת מכונה, הרכבת מכונה, חיטוי פטמות לאחר חליבה, ושונות (תיקון מכונה, חליבת קולוסטרומ וחלב אנטיביוטי, טיפול בפרות). הזמן הנדרש לביצוע מטלות אלה לפרה בודדת נקרא: זמן מוקדש לפרה. (Work Routine Time) או בקיצור WRT = זמן שגרת עבודה לפרה) זמן עבודת החולב יכתיב את ההספק ממכון החליבה לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{Throughput} = 60/\text{WRT}$$

### סידור יחידות חליבה

ישנם מכוני חליבה, בהם יחידת חליבה אחת משרתת שתי עמדות מנוגדות. העיקרון שהנחה את העבודה במכונים אלה הוא: עם גמר חליבה של פרה החולב מסיר את המכונה (או לחילופין, אם מותקן מסיר גביעים אוטומטי, החולב ניגש מיידית אל המכונה לאחר הסרתה) ומיד מעביר אותה אל הפרה שבצד הנגדי. בצורה כזאת זמן הסרק של המכונה מצטמצם מאד, כך שמספר הפרות שיכולות להיחלב על ידי מכונה אחת הוא גבוה יחסית וכמעט כפול מזה של סידור יחידת חליבה אחת לכל עמדה. בעבר היו בארץ מכוני חליבה כאלה מסוג שדרת-דג עד 16 עמדות מכל צד (כלומר 32 עמדות) עם 16 יחידות חליבה. סידור "מטוטלת" מעין זה מצא את מקומו בבית הקברות של ההיסטוריה משתי סיבות: 1. הכבדה על החולב – הצורך לתמרן בין היחידות, מרחקי הליכה ארוכים; 2. מעבר ממערכות חליבה לצנצנות למערכות חליבה לקו נמוך. הספקי החליבה ממכונים אלה היו בהחלט ברי תחרות עם מכוני חליבה שבהם הוכפל מספר היחידות (מדידות זמנים שבוצעו בעבר הראו הספק זהה מסידור זה או נמוך רק בכ-3%, אך לא יותר). כאמור, בעדרים גדולים סידור כזה כבר לא קיים בארץ; אך עדיין ניתן לראות מכוני חליבה עם סידור כזה ברחבי העולם.

על פי שלושה עקרונות עיקריים יישק תכנון מכון חליבה לשם השגה אופטימלית של ביצועי החליבה:

- זמן חליבה של פרות;
- שגרת העבודה של החולב;
- מספר וסידור עמדות החליבה.

### זמן החליבה של פרות

זמני חליבה של פרות קובעים את מספר הפרות המירבי היכול להיחלב על ידי מכונת חליבה אחת.

זמן החליבה וקצב זרימת השיא נקבע בעיקר על ידי אנטומיית הפטמה. ידוע לכולנו, שגם תנובת החלב של הפרה משפיעה על זמן החליבה. אך גם השלב בתחלובה משפיע. נוסף לגורמים אלה, לגורם המכונה יש השפעה: סוג ועיצוב הבטונה, רמת הוואקום, מספר פעימות/דקה, יחס חליבה/מנוחה.

על בסיס העדר – כמות חלב גדולה יותר – משמרת חליבה ארוכה יותר.

אם כן, זמן החליבה (milking time) ישפיע על ההספק (throughput) ממכון החליבה. דרך ההשפעה מבוטאת בנוסחאות הבאות:

א. מס' הפרות שתיחלבנה על ידי מכונת חליבה אחת:  $\text{Throughput} = 60/\text{milking time}$

ב. אך כיוון שהמכונה אינה מורכבת מיד לאחר הסרתה על עטין הפרה העוקבת (הזמן העובר עד לגמר חליבת הדבוקה ועד לכניסת הדבוקה הבאה) מוסף זמן סרק (idle time) ולכן הנוסחה תתוקן:

$$\text{Throughput} = 60/\text{milking time} + \text{idle time}$$

לשם הנוחות אכנה את האגף הימני של המשוואה: זמן מכונה (unit time).

ג. מס' הפרות הכולל שתיחלבנה לשעה תלוי במספר היחידות לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{Throughput} = 60/\text{Unit time} \times N$$

כאשר N הוא מספר היחידות.

אפשר להסב את הנוסחה הנ"ל לנוסחה הבאה, שאיעזר בה בהמשך:

$$\text{Unit time} = 60/\text{Throughput} \times N$$

ייתכן מצב הפוך, שבו זמן החליבה ומספר היחידות מגבילים את ההספק.

למשל, אם WRT הוא 0.7, ההספק האפשרי יהיה 85 פרות/שעה. אך אם במכון החליבה מותקנים רק 6 עמדות בלבד, ההספק המצוי יהיה לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{Throughput} = 60 \times N / \text{Unit time} = 60 \times 6 / 5 = 72 \text{ פרות לשעה}$$

במקרה זה הזמן המוקדש לפרה יעלה בכ- 15% לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{WRT} = 60 / \text{Throughput} = 60 / 72 = 0.83$$

הפתרון במקרה זה יהיה להוסיף יחידות חליבה, למשל עוד יחידה אחת:

$$\text{Throughput} = 60 \times \text{Unit time} = 60 \times 7 / 5 = 84 \text{ פרות לשעה}$$

כאמור לעיל, במערכות חליבה מודרניות, בהן מותקנים מסירי גביעים אוטומטיים, אין לזמן המכונה כל השפעה על קצבי החליבה, כל עוד מתקיים התנאי שהחולב אינו מוגבל בהפעלת יחידות חליבה. אמחיש זאת בדוגמה הבאה:

מכון חליבה שדרת-דג 8 עמדות ויחידות חליבה (המצוידות במסירי גביעים אוטומטיים) מכל צד (סה"כ 16:16). נניח שנכנסה דבוקה בצד אחד (צד א'). החולב מכין ומרכיב את אשכולות החליבה עד אשר הוא מגיע לפרה האחרונה בדבוקה, עובר לדבוקה בצד ב', מוציא דבוקה בצד א', מכניס דבוקה חדשה, מכין ומרכיב את אשכולות החליבה. הפרות בצד א' שגמרו להיחלב ממתינות לחיטוי עטיניהן ולהוצאתן מן המכון ולא קורה להן דבר. הסרת המכונה באופן אוטומטי מונעת חשש מגירוי עטין עקב אי-הגעתו של החולב אל הפרה מיד עם סיום חליבתה.

אולם, אין למשוך את השהות של הפרות יתר על המידה; עם גמר התעסקות החולב בדבוקה החדשה עליו להתפנות לחיטוי הפטמות של הפרות בצד א', כאשר הפרה האחרונה בדבוקה זאת נמצאת עדיין בשלהי חליבתה, ולהגיע

אם כן, שני הגורמים שמשפיעים על הספק החליבה כיום הם WRT וזמן מכונה (Unit time). בעבר, כאשר לא היו מסירי גביעים אוטומטיים או מפסיקי חליבה (לוותיקים מבינינו זכורה ודאי מערכת הדוארוואק ולא בהכרח לטובה...), היתה חשיבות רבה לתזמון נכון של עבודת החולב עם גמר חליבת הפרות, וזאת כדי למנוע חליבת יתר. עובדה זאת הגבילה את מספר המכונות שחולב בודד היה יכול להפעיל.

למערכת חליבה מסוימת יש גבול עליון של מספר פרות היכולות להיחלב לשעה על ידי חולב אחד והוא נקבע על ידי זמן החליבה של הפרות ומספר היחידות. הרפתן יוכל להגיע לביצועים אלה אך ורק אם שגרת עבודתו תאפשר ביצוע הפעולות בזמן הנדרש. הדוגמה הבאה תבהיר זאת:

אם WRT הוא 1.1 דקה/פרה הרי ההספק האפשרי (פרות/שעה) יהיה:  $60 / 1.1 = 54.5$  אם במכון החליבה מותקנות רק 5 יחידות וזמן החליבה הממוצע של הפרות יהיה 5 דקות, אזי מספר הפרות הפוטנציאלי שיוכל להיחלב בשעה הוא:

$$\text{Throughput} = 60 / \text{Unit time} \times N = 60 / 5 \times 5 = 60$$

הספק זה לא יושג בשל המגבלה של WRT המאפשר הספק של 54.5 פרות/שעה בלבד. אם הרפתן רוצה להעלות את ההספק ממכון החליבה עומדת לפניו האפשרות של הוספת יחידות. למשל: הוספת 3 יחידות לגודל המכון שצויין קודם, כלומר הגדלה מ-5 ל-8 יחידות, אזי פוטנציאל ההספק מהמכון לפי הנוסחה האחרונה יהיה:

$$\text{Throughput} = 60 / \text{Unit time} \times N = 60 / 5 \times 8 = 96$$

אך אם WRT הוא רק 1.1 דקה/פרה הרי ההספק בפועל יהיה: 54 פרות/שעה. מכאן שעלולה להיווצר חליבת יתר (במידה שאין מסירי גביעים או מפסיקי חליבה), או תוספת זמן סרק של מכונת החליבה של 3.8 דקות לפי:

$$\text{Unit time} = 60 / \text{throughput} \times N = 60 / 96 \times 8 = 8.8 \text{ min.}$$

למכון. סידור זה לא תמיד פותר את הבעיה. אם קורה שהחולב ממתין זמן רב בין דבוקה אחת לשניה כבדרך קבע, או סביר להניח שמספר היחידות קטן מדי (על פי החישובים שהוזכרו לעיל).

שינוי שגרת החליבה ישפיע בצורה מכרעת על ההספק ממכון החליבה. הוספת פעולה כלשהי תקטין את ההספק וגריעת פעולה תביא להגברת זמן החליבה (או לזמן בטלה ארוך במידה שחסרות עמדות ואשכולות חליבה). עד כמה יכולה להשפיע שגרת חליבה על ההספק ניתן ללמוד מהטבלה 1.

אליה סמוך להסרת המכונה, להחליף את הדבוקה בדבוקה חדשה וחזור חלילה. ברור שלעיתים פרה איטית-חליבה עלולה לעכב את חליבת הדבוקה ואז ייאלץ החולב להמתין זמן רב. זמן זה מוגדר כזמן בטלה ויש לצמצמו ככל האפשר על ידי א. הוצאת פרות איטיות ל"מקדונלד"; ב. הקצאת כל הפרות האיטיות בקבוצה אחת שתיחלב בסוף המשמרת (פרות איטיות אלה עמידות בדרך כלל לדלקות עטין בגלל טונוס חזק של שריר הספינקטר ולכן אין צורך לחשוש מחליבתן בסוף העדר, גם אם הן נמצאות בתקופה רגישה בתחלובה); ג. סימון פרות אלה והרכבת מכונה מיד לאחר כניסתן

טבלה 1. שגרות חליבה שונות והשפעתן על הספקי חליבה.

שגרת החליבה				הפעולה
4	3	2	1	
0.05	0.05	0.05	0.25	הכנסת פרות
0.10				חיטוי פטמות לפני חליבה
0.10	0.10	0.10	0.10	זליפים
0.20	0.20	0.20	0.20	ייבוש פטמות
אוטומטי	אוטומטי	0.10	0.10	הסרת אשכול
0.10	0.10	0.10	0.10	חיטוי פטמות אחרי חליבה
אוטומטי	אוטומטי	0.10	0.20	הוצאת פרות
0.05	0.05	0.05	0.05	שונות
0.75	0.70	0.90	1.20	סה"כ
80	92	65	50	פרות/חולב/שעה

כפי שמשקף בזמני הכניסה והיציאה הקצרים לאין ערוך, והביטוי הוא בקיצור הזמן המוקדש לפרה ובעליה בהספק הפרות לשעה. הורדת פעולות משגרת החליבה, על ידי אוטומציה, מקטינה את הזמן המוקדש לפרה בצורה משמעותית. הפועל היוצא: הספק הרבה יותר גבוה. הוספת פעולה, כגון חיטוי פטמות לפני הרכבת אשכול החליבה, מקטין את ההספק. אירועים בלתי רצוניים, כגון תיקון צפצופים ושמיטות מכונה, יוסיפו לזמן של סעיף שונות ויקטינו את ההספק. כניסת פרות מלוכלכות למכון תגרום להוספת זמן לניקוי הפטמות ולהקטנת ההספק. הנה כי כן ניתן לראות שהשפעת גומלין של גורמים שונים על ביצועי החליבה של החולב: תכנון ובניה נכונים של

מניתוח הנתונים בטבלה, אשר מתייחסים לחולב אחד בלבד, עולה ששגרת חליבה מס' 1 מושפעת מבעיות קשות של כניסה ויציאה. הווה אומר: כניסה במדרגות לא נוחות, על הפרות לבצע תפנית, סבכה לקליטת זבל שאינה מונחת כראוי – היא "מרקדת" תוך כדי תנועת פרות לתוך המכון, הפסים לרוחבה מעוותים; ביציאה – תפנית לפרות, מדרגות, גורמי הפרעה בשבילי החזרה וכו'. גם לצורת הזוג, מיקום זוויות שער היציאה, קו החזה יש השפעה רבה על אירצון הפרות להיכנס לעמדות. לצערי, רבים הם מכוני החליבה, בפרט במושבים, שבהם אני נתקל בתופעות מעין אלה. בשגרה מס' 2 שינוע הפרות הרבה יותר טוב,

שתשפיע על הבדלים בזמני החליבה, כפי שמורגש במקומותינו ההבדלים בין קיץ לחורף. אך הגורם המגביל העיקרי הינו הזמן המוקדש לפרה.



ההמשך למאמר יובא בחוברת הבאה של "משק הבקר והחלב".

מכוני חליבה, הוספה או גריעת פעולות ומצב ממשקי של הסככות.

מערכת החליבה עלולה להשפיע על ההספקים דרך זמני ההיחלבות של הפרות כגון: רמת תת-לחץ נמוכה מדי, רזרבת ואקום לא מספקת, מפעמים לא תקינים, תפקוד לקוי של מדי-חלב. מצד הפרה כמות החלב היא זאת