

פיתוח ממשק שימוש ברשתות לשיפור האוורור בחממות גדולות בעלות פתחי גג

חוקרים שותפים:

מאיר טייטל, מוטי ברק – המכון להנדסה, מינהל המחקר החקלאי.
דוד בן-יקיר - המכון להגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי.
יוסף טנאי, אברהם גרוה - המכון לקרקע מים וסביבה, מינהל המחקר החקלאי.
דוד שמואל, אלי מתן – מו"פ דרום.

תקציר:

אחת הבעיות הקשות איתה צריכים חקלאי ישראל להתמודד, על מנת להיות רווחיים, הנה עומסי חום ולחות גבוהים בחממה. העלייה בטמפרטורה ובלחות גורמת לפגיעה ביבול ובאיכותו ומאלצת לעיתים להפסיק את הגידול בחדשי הקיץ. בנוסף, היא מקשה על העובדים ומורידה את תפוקתם. כאשר שטח החממה גדול ומעונינים שהיא לא תהיה ארוכה מאוד וצרה, האוורור בעזרת פתחי צד אינו יעיל והדבר נכון במיוחד במקרה של גידולי הדליה גבוהים, שבהם הגידול עצמו יוצר התנגדות משמעותית לזרימת אויר. לכן, התגברה המגמה של ייצור חממות המצוידות בפתחי גג המאפשרות פינוי חום ולחות שמצטברים בחלקו העליון של המבנה. דרישות הקניינים והתקנות שמוציאות מדינות מחייבות הפחתה משמעותית של שאריות חומרי הדברה בתוצרת חקלאית. עובדה זאת מחייבת את החקלאים לחפש אמצעים חלופיים להדברת מזיקים. מאחר ורשתות חוסמות באופן מכני את מעבר המזיקים לחממה, הן מותקנות על פתחי האוורור ותורמות להפחתה בתדירות טיפולי ההדברה הכימיים. מצד שני, כתוצאה מהתקנת הרשתות נוצרות שתי בעיות עיקריות. (1) יורדת יעילות האוורור הטבעי, תופעה היוצרת טמפרטורה ולחות גבוהות בשל אוורור לא מספיק, ובמידה מסוימת גורמת לקיצור עונת הגידול בשל הקושי בפינוי עומס החום מהחממה (2) הרשתות הצפופות מצלילות על הגידולים ובמשך הזמן הצללה וההפרעה לזרימת האוויר גדלים כתוצאה מהצטברות אבק על הרשתות. במחקר זה נערכו ניסויים על מנת לאפיין את קצב האוורור של מספר דגמי חממה ולכמת את זרימת האוויר דרך פתחי הגג עם וללא רשתות. כמו כן נערכו ניסויים לאפיין את ההפחתה ברמת האור החודר למבנה כתוצאה מחלונות הגג. בנוסף בוצעו ניסויים של ניטור מזיקים מחוץ לחממה ובתוכה על מנת לאפיין את פיזור המזיקים סביב המבנה בשעות השונות של היום ולזהות את הפתחים מהם המזיקים חודרים. תוצאות הניסויים מראות כי קצב האוורור של החממות גדל באופן ליניארי עם מהירות הרוח. אופייני הזרימה דרך חלונות עם רשתות שונים באופן מהותי מאלה דרך חלונות ללא רשתות גם במהירות וגם בכיוון זרימת האוויר דרך הפתחים השונים. כיוון זרימת האוויר דרך החלונות משתנה במשך היום כפונקציה של כיוון הרוח מחוץ למבנה. ישנו כיוון קריטי ביחס למבנה שבו מהירות האוויר דרך הפתחים נמוכה מאוד המצביע על קצב אוורור נמוך. ממצא זה מצביע על אפשרות אופטימיזציה של העמדת המבנה ביחס לכיוון רוח שכיח באתר. רמת הצללה של

פתחי הגג נבדקה בשלוש חממות, דגם "רותם" ו "נגב" של חברת עזרום, ודגם "רב אוורור" של חברת רזקאללה. נמצא כי בחממה מטיפוס "נגב" היתה רמת ההצללה הנמוכה ביותר. ההצללה הגדולה ביותר התקבלה בחממה מטיפוס "רב אוורור". רמת ההצללה באזורים שונים בחממה משתנה במשך היום, כצפוי, בשל שינוי מיקום השמש ביחס למבנה. נמצא כי עיקר פעילות כנימות עש הטבק סביב המבנה בעונת הסתיו הייתה בין 9 בבוקר ו-12 בצהריים. משעה 13:00 הסיכון לחדירת כנימות עש לחממה היה קטן מאוד. נצפו הבדלים גדולים (עד פי 50) בריכוז הכנימות סביב החממה והריכוז הגבוה ביותר היה במורד הרוח. בשעות בהן כמות הכנימות מחוץ למבנה היתה גדולה, פיזור הכנימות במבנה תאם את תנועת האוויר דרך חלונות הגג.

מבוא והגדרת הבעיה:

המעבר לגידול בחממות מתועשות, מתוחכמות וגדולות, הנו הכרח המציאות בשוק עולמי הנתון לתחרות קשה. החממה מספקת סביבה מוגנת ומבוקרת לגידול, ובכך מאפשרת שיפור ניכר בכמות התוצרת החקלאית באיכותה ובזמינות התוצרת במועד נקוב. לצד היתרונות הרבים של הגידול בחממה, מתעוררים מספר קשיים כאשר מגדלים בתנאי אקלים כמו בישראל. אחת הבעיות הקשות איתן צריך החקלאי להתמודד, על מנת להיות רווחי, הנה עומס חום גבוה בחממה. העלייה בטמפרטורה ובלחות גורמת לפגיעה ביבול ובאיכותו, במקרים רבים להפסקת הגידול בחדשי הקיץ ובנוסף היא מקשה על העובדים ומורידה את תפוקתם. אוורור טבעי הוא כיום האמצעי הנפוץ והזול ביותר בהקלה על עומס החום בחממות. בחממות קטנות ששטחן כדונם או פחות, פתחים בקירות החממה בדרך כלל מספיקים על מנת לאפשר אוורור טוב. אולם, כאשר שטח החממה גדל מעל מספר דונמים, כפי שחקלאים רבים נוטים כיום לבנות (בשל החסכון הכספי ונוחות התפעול), החלונות בקירות אינם מספיקים לאוורור נאות ויש צורך במתן פתרונות אלטרנטיביים. ממדידות שנעשו בחממה, עולה כי בחלק העליון של החממה נוצרת שכבת אויר חמה, יציבה מבחינה תרמית, היושבת מעל שכבת אויר פחות חמה (בחלל התחתון של החממה) ולא יציבה מבחינה תרמית.

כאשר שטח החממה גדול ומעוניינים שהיא לא תהיה ארוכה מאוד וצרה, האוורור הטבעי בעזרת פתחים בקירות אינו יעיל, בגלל שמפל הלחץ הנוצר מזרימת האוויר על פני המבנה בין הפתחים הפונים לרוח לאלה שבמורד הרוח, אינו מספיק על מנת להתגבר על ההתנגדות לזרימת האוויר בחממה. כתוצאה מכך, בחממה גדולה המצוידת בפתחי צד בלבד, זרימת האוויר דרך הצמחייה אינה מספקת לפינוי חום ולחות. הדבר נכון במיוחד במקרה של גידולי הדליה הגדלים לגובה שבהם הצמחים יוצרים התנגדות גדולה לזרימת אויר. במקרים אלו נוצרים כיסי אויר חם בעלי לחות גבוהה המאפשרים התפתחות מחלות. נראה כי הפתרון לבעיה זו הוא פתיחה של חלונות גג, המאפשרים אוורור טוב מזה של חלונות צד. האוורור הטוב יותר נובע הן בשל האפשרות של האוויר החם והלח המצטבר בחלק העליון של החממה לצאת מהמבנה בגלל כוחות ציפה והן בשל אפקט היניקה, כתוצאה מהצטופפות קווי הזרם מעל המבנה, הנוצר בחלקו העליון של הגג בשעה שרוח נושבת על פני החממה. מניסויים במנהרת רוח, ממודלים ומעבודות מחקר שפורסמו בתחום זה, עולה כי אין מספיק ידע לגבי הפרמטרים המשפיעים על תכנון אופטימלי של חלונות גג. נוסף על כך, הידע בספרות

המקצועית על המיקרואקלים המתפתח בחממה גדולה עם חלונות גג (עם תצורות פתיחה כמו אלה הנפוצות בארץ) הנו מועט, ובמיוחד נכון הדבר לגבי חלונות גג בהם מותקנת רשת נגד חרקים. לכן, יש צורך לבחון את רמת האוורור במספר דגמי חממה נפוצים שבהם מותקנים פתחי גג לאוורור ולאפיין את האקלים המתפתח בהם ואת רמת ההצללה כתוצאה מהחלונות והרשתות בגג. דרישות הקניינים והתקנות שמוציאות מדינות מחייבות הפחתה משמעותית של שאריות חומרי הדברה בתוצרת חקלאית. עובדה זאת מחייבת את החקלאים לחפש אמצעים חלופיים להדברת מזיקים. רשתות חוסמות באופן מכני את מעבר המזיקים לחממה ובכך תורמות להפחתה בתדירות טיפולי ההדברה הכימיים. התקנת רשתות בפתחי האוורור של בתי צמיחה הפכה לדבר שבשיגרה. תצפיות וניסויים הראו כי מזיקים חודרים דרך פתחי הגג כאשר מותקנת בהם רשת דלילה. לכן, החלו לכסות בשנים האחרונות את פתחי האוורור ברשתות צפופות. כתוצאה מהתקנת הרשתות נוצרות שתי בעיות עיקריות. 1) עקב חסימה חלקית של זרימת אוויר דרך הרשת, יורדת יעילות האוורור הטבעי בחממה, תופעה היוצרת טמפרטורה ולחות גבוהות בשל אוורור לא מספיק, ובמידה מסוימת גורמת לקיצור עונת הגידול בשל הקושי בפינוי עומס החום מהחממה 2) הרשתות הצפופות מצלילות על הגידולים ובמשך הזמן ההצללה וההפרעה לזרימת האוויר גדלים כתוצאה מהצטברות אבק על הרשתות.

מעבודות שבוצעו עד כה המתייחסות לזרימת אוויר דרך פתחי אוורור של חממות נראה כי בחממה ישנם גמלוניים בהם מתקיימת תמיד זרימה החוצה מהמבנה בעוד שבגמלוניים אחרים האוויר נכנס בחלק אחד של החלון ויוצא בחלק אחר או לעיתים נכנס ויוצא דרך אותו אזור בחלון כתלות במשבי הרוח. נוסף על כך, ידוע כי לגידולים שונים ישנה רגישות שונה לתנאי אקלים ולרמת המזיקים בחממה. כמו כן, לאחרונה הופיעו דיווחים על פיתוח זנים חדשים של צמחי עגבנייה הרגישים פחות לכנימת עש הטבק. לכן, נראה כי קיימת אפשרות לבצע אופטימיזציה של סוג הרשת המותקנת בחלון הגג, כפונקציה של הגידול ושל מיקום הפתח בחממה ביחס לרוח השכיחה באזור בו ממוקמת החממה. הדבר מצביע על צורך לקבוע את צפיפות הרשת המיטבית לכיסוי פתחי הגג לחממות עם גידולים שונים, בהתבסס על קביעת כושר האוורור והסיכון לנזקים מחרקים. במחקר הנוכחי רצינו להעמיק ולהרחיב את הלימוד של זרימת האוויר דרך פתחי הגג ומנגנוני החדירה של המזיקים למבנה החממה. זאת, כדי לגבש המלצות ברורות לגבי האפשרות ליישם רשתות בצפיפות שונה בגמלוניים השונים בתלות בכוון זרימת האוויר דרך פתחי הגג, סוג הגידול והמזיק העיקרי. המידע לגבי חדירת המזיקים ישמש גם למיקוד פעולות הניטור וההדברה בתוך החממה.

מטרות המחקר:

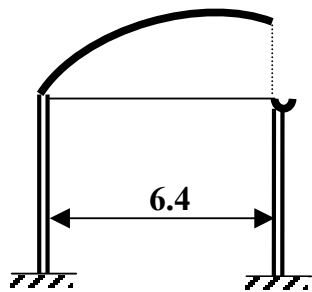
- המטרות העיקריות של המחקר הן:
- א. לבחון את יעילות האוורור הטבעי של מספר דגמים שונים של פתחי גג ולאפיין את ההצללה שהם גורמים.
 - ב. לפתח ממשק שימוש ברשתות וכיסויים לפתחי הגג המסתמך על הבנת זרימת אוויר דרך החלונות והסיכון לחדירת מזיקים לגידולים ספציפיים.

חומרים ושיטות:

הניסויים בוצעו במשך שלוש עונות גידול החל מאוגוסט 2001 עד נובמבר 2003 בחממות השייכות למו"פ דרום בחבל הבשור. ניסוי אחד בוצע בתחילת 2003 במו"פ לכיש. לביצוע הניסויים נבחרו חמישה דגמי חממה כמפורט מטה.
הניסויים התמקדו במספר נושאים:

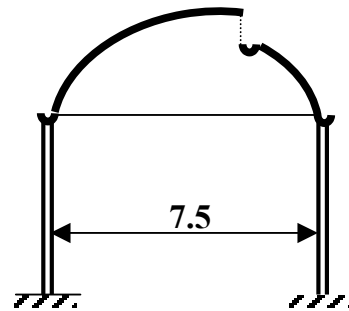
1. מדידת קצב אוורור של חממות מדגמים שונים.
2. מדידת רמת ההצללה שיוצרים פתחי גג עם רשתות.
3. מדידת אופייני זרימה דרך חלונות גג עם ובלי רשתות.
4. איפיון חדירת מזיקים דרך פתחי הגג.

H= 1.5m



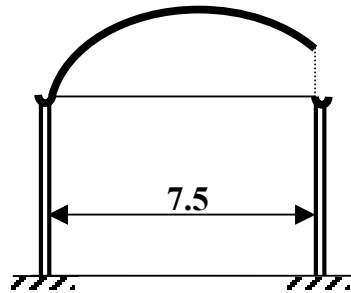
נגב

H=0.7



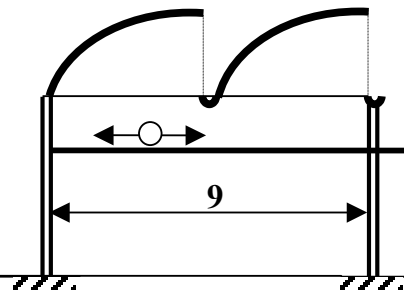
חלון קודקוד

H=1.0



רותם

H=1.6m



רב אוורור

איור 1. מבנה ומידות של גמלוני החממות בהן בוצעו הניסויים. H – גובה חלון הגג מהמרזב. כל המידות במטרים. בגמלון המייצג את חממת רב אוורור מצוייר סכימטית המתקן שנבנה להנעת קרונית מצד לצד למדידת רמת אור במבנה.

טבלה 1. נתונים על דגמי החממה בהם בוצעו הניסויים.

דגם	רב אוורור רזקאלה	רותם עזרום	חלון קודקוד	נגב עזרום	חלון גג רזקאלה
מפתח	9	7.5	7.5	6.4	7.5
גבה מרזב	3.7	3.52	3.7	4.7	3.7
מרווח חלון גג	1.6	1.0	0.7	1.5	0.95
מרווח שימושי (גודל הפתח נטו)	0.95	0.66	0.5	0.8	0.66
גובה תחתית חלון	3.88	3.65	5.1	4.85	3.88
יחס שטח חלון לקרקע	21%	9%	6.5%	12.5%	6.8% בחממה זו היו רק 3 חלונות ב 4 גמלוניים

חממות רב אוורור, חלון קודקוד, חלון גג ורותם ממוקמות בחוות הניסויים בבשור וחממת נגב ממוקמת בחוות ניסויים לכיש. בכל החממות המרזבים בכיוון צפון דרום וחלונות הגג פונים מזרחה.

3.1 מדידת חילופי אוויר – חממות רב אוורור, חלון קודקוד ורותם

הטמפרטורה והלחות נמדדו במרכז כל אחת מהחממות בגובה 1.7 מטר מהקרקע, בשתי נקודות במרחק כ 4 מ' האחת מהשניה. הטמפרטורה והלחות נמדדו ע"י שני תרמוקפלים, לח ויבש, שהוצבו ביחידה מאווררת מוגנת מקרינת שמש ישירה. קצב חילופי האוויר של כל חממה נמדד בשיטת גז סימון (Tracer gas). המדידה נעשתה ע"י סגירת פתחי החממה, החדרת גז סימון (N_2O) ופיזורו בחלל החממה בעזרת שני מסחררי אוויר שנתלו בגובה 2.5 מטר מהקרקע. המסחררים ערבלו את האוויר במשך כ 3 דקות כדי שהגז יתערבב בצורה הומוגנית וימלא את כל נפח החממה. לאחר מכן נפתחו פתחי האוורור ובוצעה דגימת האוויר ע"י שאיבת אוויר בעזרת משאבת וואקום משש נקודות בחממה. נקודות השאיבה פוזרו כך שהדגימה תילקח מאזורים ומגבהים שונים. ניטור ריכוז הגז נערך ע"י הזרמת דגימות האוויר מן החממה אל מכשיר IRGA רגיש (Hartmann & Braun, Frankfurt,)

(Germany) המודד ריכוז בתחום PPM 0-50 בדיוק של PPM 0.5. נתוני האקלים בסביבת החממה :
טמפרטורת אוויר (תרמוקפל מסוג T), לחות (חישוב מנתוני מדידה של תרמוקפל יבש ותרמוקפל לח),
קרינה (Li-200SA, Li-Cor) ומהירות רוח וכיוון (Wind vane, Young, Traverse City, MI) נמדדו
באופן שוטף ע"י תחנה מטאורולוגית.

3.2 מדידת מהירות אוויר בפתחי הגג

3.2.1 דגם חלון גג (תוצרת ראקלה) שנת 2002

מהירות האוויר בפתחי הגג נמדדה ע"י שני מדי מהירות סוניים המסוגלים למדוד רכיב אחד של
המהירות
1D sonic anemometer (CA-27), Campbell Scientific, Logan, UT) ובנוסף ע"י מד מהירות
סוני המסוגל למדוד את שלושת רכיבי המהירות (3D sonic anemometer (USA1) Metek,)
(Elmshorn, Germany). מיקום המדידים בחממה מופיע באיור 2. המדידים שמדדו רכיב אחד הוצבו
בקצוות פתחי הגג כחמשה מטר מכל קצה (צפוני ודרומי). המדיד שדגם את שלשת רכיבי המהירות
הוצב במרכז חלון הגג. כל המדידים דגמו במרכז המרווח השימושי של חלונות הגג כ 0.4 מ' מעל בסיס
החלון. המדידות נערכו במשך כחודשיים, מספר ימים בכל חלון, ובמהלכן נמדדו אופייני זרימת
האוויר דרך החלונות עם רשתות נגד חרקים וגם ללא רשתות. מהירות האוויר נדגמה בקצב של 5 Hz
ואחת לחמש דקות חושב ממוצע הערכים שנמדדו ע"י כל אחד מהמדידים ונרשם באוגר נתונים.

3.2.2 דגם רותם (תוצרת עזרום) שנת 2003

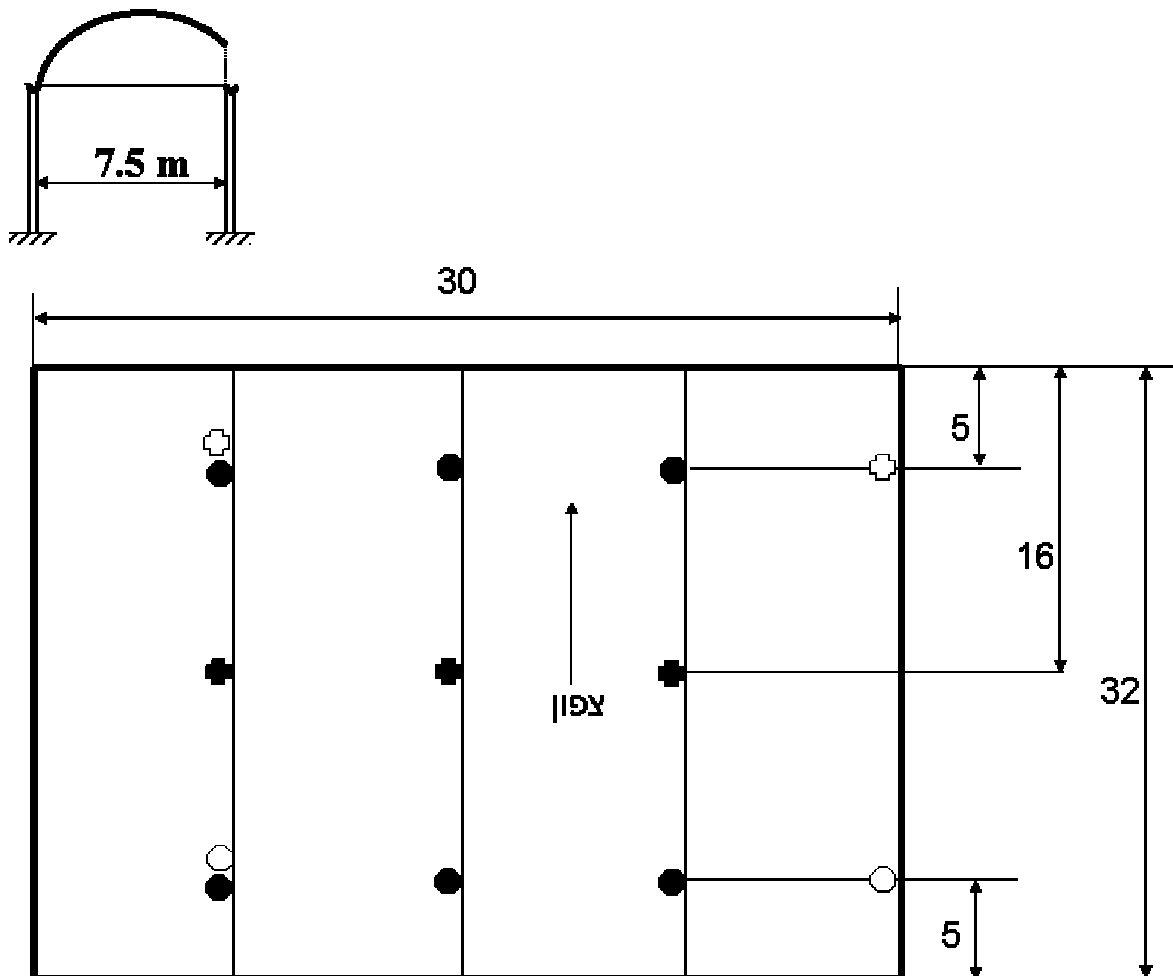
מהירות האוויר בפתחי הגג נמדדה ע"י שני מדי מהירות סוניים המסוגלים למדוד רכיב אחד של
המהירות ובנוסף ע"י שני מדי מהירות סוניים המסוגלים למדוד את שלושת רכיבי המהירות. מיקום
המדידים בחממה מופיע באיור 2. המדידים שמדדו רכיב אחד הוצבו בצד הדרומי של החלונות
המערבי והמזרחי. המדידים שדגמו את שלשת רכיבי המהירות הוצבו בצד הצפוני של החלונות
המערבי והמזרחי. כל המדידים דגמו במרכז המרווח השימושי של חלונות הגג כ 0.4 מ' מעל בסיס
החלון. המדידות נערכו במשך כחודשיים סימולטנית ע"י ארבעת המדידים, ובמהלכן נמדדו אופייני
זרימת האוויר דרך חלונות ללא רשתות. מהירות האוויר נדגמה בקצב של 5 Hz ואחת לחמש דקות
חושב ממוצע הערכים שנמדדו ע"י כל אחד מהמדידים ונרשם באוגר נתונים.

3.3 מדידת רמת הצללה

על העגלה הוצבה מערכת מכאנית ועלייה חיישן למדידת רמת הקרינה (LI-COR Quantum PAR)
(Sensor). המערכת המכאנית שמרה על מצב אופקי של המדיד במשך כל זמן תנועתו על המסילה
(איור 4) באמצעות מנגנון משקולת. בנוסף, בכל אחד מהמבנים נמדדה הקרינה מחוץ לחממה ובתוך

החממה במקום הכי גבוה (בקודקוד, ממש מתחת ליריעת הגג) ע"י שני חישני קרינת PAR נוספים. מטרת מדידות הקרינה הנוספות הייתה לקזז את ההשפעה של שינויים בקרינה החיצונית (מאחר והניסויים בשלשת החממות לא נערכו באותו יום) ושל סוג החיפוי. קריאת הנתונים נעשתה במשך היום מהשעה שש בבוקר ועד שש בערב. כל החיישנים חוברו לאוגר נתונים נעשתה אחת לשתי שניות, ואחת לדקה חישב ממוצע שנרשם בזיכרון. שלושת המבנים שנחקרו הם: "רב אוורור", "רותם" ו"נגב". המערכת הופעלה בחודשי החורף במספר ימים בהירים בהם לא הייתה עננות (8.12.02 - רב אוורור, 29.12.02 - רותם, 31.1.03 ו 1.02.03 - נגב).

למבנים שנבדקו ממדי אורך, רוחב וגובה דומים פחות או יותר ושטח כל אחד מהם כדונם. חממת נגב הייתה מכוסה ביריעת פוליאטילן IR 150 מיקרון רגילה בעוד שהחממות רותם ורב אוורור היו מכוסות ביריעת פוליאטילן IR וורדים 150 מיקרון. לפי נתוני היצרן אין הבדל משמעותי בין שתי היריעות מבחינת מעבירות הקרינה בתחום אורכי הגל בהם מדדנו. פתחי הגג בכל החממות היו מכוסים ברשת "50 מ"ש".



איור 2. מבט המתאר את מיקום המדידים למדידת אופייני הזרימה דרך החלונות. האיור מראה גם מבט פנים של הגמלון הראשון. משושה מייצג מד מהירות אוויר לרכיב אחד של המהירות, צלב מייצג מדיד למדידת שלושת רכיבי המהירות (u, v, w). סימנים מלאים מייצגים מיקום המדידים בשנת 2002 וסימנים ריקים מייצגים מיקום המדידים בחממת רותם בשנת 2003. שים לב, בשנת 2002 בוצעו הניסויים בחממה בה הגמלון הימני ביותר היה ללא פתח גג ולכן לא הוצבו בו מדידים.

תוצאות ודיון:

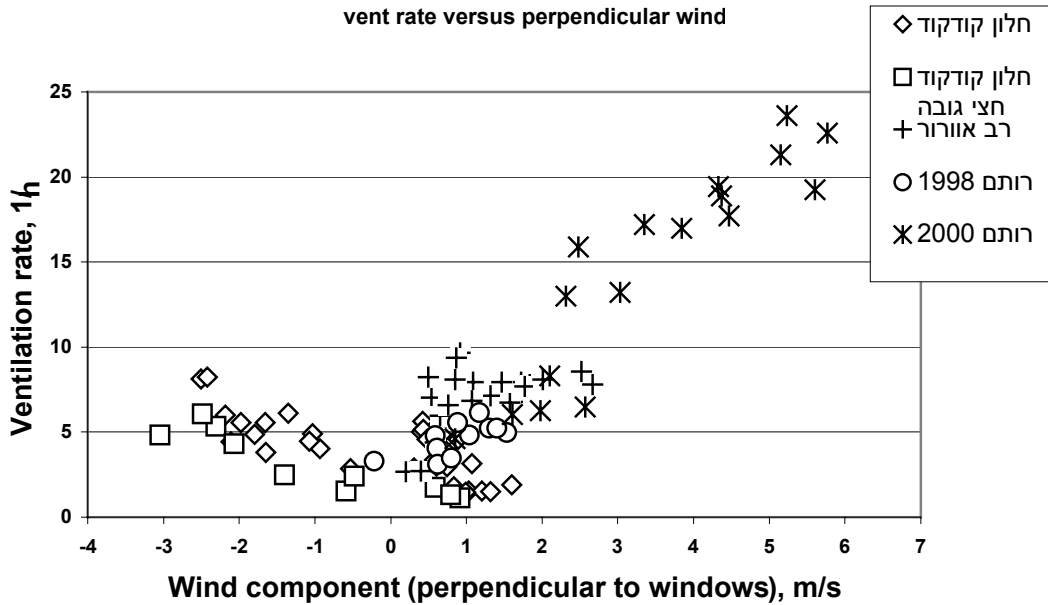
4.1 – קצב חילופי אוויר

איור 3 מתאר את השתנות קצב האוורור של החממות כפונקציה של מהירות הרוח בניצב לחלון הגג. האיור מראה כי קצב האוורור גדל עם המהירות כשהרוח נושבת מגב החלון (ערכי מהירות חיוביים) וגם כשהרוח נושבת לתוך החלון (ערכי מהירות שליליים). קצב האוורור הגדול ביותר בתחום מהירות רוח של $0 - 2$ מ'שניה התקבל בחממת "רב אוורור". קצב האוורור הנמוך ביותר התקבל בחממת "חלון קודקוד". יחד עם זאת יש לשים לב כי לחממת "רב אוורור" יחס שטח חלון/ריצפה גדול פי 3.2 מזה של חממת "חלון קודקוד". מטבלה 2 רואים כי אף שמבחינה אבסולוטית חממת "רב אוורור" מאווררת טוב יותר משתי החממות האחרות, הרי שמבחינת אוורור ליחידת שטח חלון היא הגרועה ביותר (זה מלמד על יעילות נמוכה של מבנה חלונות הגג). מבחינת הצמחים רלוונטי קצב חילופי אוויר ליחידת שטח רצפה והוא היה הגבוה ביותר בחממת "רב אוורור". כמו כן מראות התוצאות בטבלה 2 כי קצב חילופי האוויר פרופורציונלי ישירות לשטח חלון הגג, כפי שחוזים מודלים המתארים אוורור דרך חלונות גג. לדוגמה, הקטנת שטח חלון הגג פי שניים בחממת "חלון קודקוד" הקטינה את קצב האוורור מעט יותר מפי 2.

טבלה 2. קצב חילופי אוויר לשעה בחממות השונות שנבדקו, בתחום מהירויות רוח חיצונית של $0 - 2$ מ'שניה.

סוג החממה	רב אוורור	רותם	חלון קודקוד	חלון קודקוד
יחס שטח חלון/ריצפה	21%	9%	6.5%	3.2%
קצב חילופי אוויר	6.9	5.2	3.2	1.4
קצב חילופי אוויר ליחידת שטח חלון גג $m^3 s^{-1} m^{-2}$	0.0363	0.0656	0.0533	0.0233

0.0016	0.0035	0.0059	0.0076	קצב חילופי אוויר ליחידת שטח רצפה $m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$
--------	--------	--------	--------	--



איור 3. קצב חילופי אוויר לדגמי החממה השונים.

4.2 הצללה כתוצאה מחלונות גג

לאור תפקיד חשוב בחיי הצמח מאחר והוא מהווה מקור אנרגיה לתהליך הפוטוסינתזה. בתהליך זה, הדורש אספקה מתמדת של כמות אור גדולה, נוצר חומר אורגני. ככל שהצמח מקבל יותר אור (עד גבול מסויים) כך גובר תהליך הפוטוסינתזה וגדלה כמות החומרים האורגניים שנוצרים בצמח. נוסף על כך, לאור חשיבות רבה מאחר וקצב גבוה של פוטוסינתזה משפיע בירקות על ייצור סוכרים וחומצות שלהם השפעה חשובה על הטעם. בירקות, רמות אור גבוהות יגדילו את תכולת הסוכרים ויפחיתו את תכולת החומצות. לרמת האור גם השפעה מכרעת על היבול, האיכות ותזמון הקטיף בגידולי פרחים ובמיוחד נכון הדבר בחודשי החורף המעוננים שבהם רמת האור נמוכה.

בגידול בבתי צמיחה, הגאומטריה של המבנה עלולה לעיתים להוות גורם המפחית את הקרינה המגיעה לצמחים אל מתחת לרמה הרצויה ומשנה את ההתפלגות שלה. ההפחתה בקרינה יכולה לנבוע משתי סיבות: א. אופייני חיפוי הפלסטיק והצטברות אבק ולכלוך; ב. אלמנטים של מבנה, פתחי הגג בחממה והרשתות נגד חרקים המותקנות בדרך כלל בפתחים אלו. יש להדגיש שגם לזווית הפגיעה של קרני השמש במבנה יש השפעה על כמות האור המגיעה לצמחים.

בשנים האחרונות התגברה המגמה של בניית חממות גדולות. בחממה גדולה פתחי הצד אינם יעילים בפינוי עודפי חום ולחות כמו בחממה קטנה ולכן האוורור של חממות גדולות מבוסס על פתחי גג. לתצורה ולשטח של פתחי הגג יש השפעה גדולה הן על אוורור החממה והן על הקרינה המגיעה אל הצמחים. על מנת להשוות בין רמת הקרינה וההתפלגות שלה בשלושה מבנים (רותם, נגב, רב אוורור), בעלי תצורה שונה של פתחי גג ויחס שונה של שטח חלון גג לשטח ריצפה, נערכו ניסויים בחוות הניסויים בבשור ובלכיש.

בטבלה 1 מוצגים נתונים גיאומטריים של שלושת החממות שנבדקו. איור 1 מראה באופן סכימטי חתך רוחב במפתח אחד בחממות אלו. בחממות רותם ונגב נמצא פתח גג אחד בכל מפתח ואילו בחממת רב אוורור שני פתחי גג במפתח. ניתן לראות כי בחממת רב אוורור אחוז שטח פתחי הגג ביחס לשטח החממה גדול יותר מהחממות האחרות, עובדה שמשפרת את האוורור בחממה זו. מצד שני, נוכחות שני פתחים בכל מפתח בחממת רב אוורור כרוכה במבנה גג מורכב יותר, ויותר רשתות נגד חרקים, דבר שעלול לפגוע בהעברת הקרינה אל הצמחים. באיור 1, בשרטוט של חממת רב אוורור, מוצג באופן סכימטי גם מתקן הניסוי הבנוי ממסילה באורך 10 מ' (קו אופקי עבה) ועגלה עליה מותקן מד הקרינה הנייד.

איור 5 מראה את המהלך היומי של הקרינה כפי שנמדדה בחממת נגב (בחבל לכיש) ביום 01 פברואר 2003. באיור נראות שלש עקומות, המציינות את עוצמת הקרינה כפי שנמדדה ע"י שלשת מדי הקרינה בחממה (ציר אנכי שמאלי בגרף), וכן תצורה של קוים אנכיים, המציינת שינוי במהלך העגלה במשך היום (ציר אנכי ימני בגרף). הערך המספרי של כוון מהלך העגלה יכול להיות 1 או 0 (אין כל משמעות לערכים בין שני מספרים אלו). הקווים האנכיים מציינים היפוך בכוון תנועת העגלה ואילו הקווים האופקיים הקצרים (בערכים של 1 או 0) מציינים את משך תנועת העגלה בכוון מסוים. כאשר כוון מהלך העגלה שווה ל 1, העגלה נעה מזרחה (משמאל לימין באיור 2) ואילו כאשר כוון מהלך העגלה שווה ל 0, העגלה נעה מערבה.

באיור 5 רואים בברור את הפחתת הקרינה עקב כיסוי הפלסטיק של החממה. ניתן לראות כי בשעה תשע וחצי בבוקר לערך, הקרינה בתוך המבנה סמוך ליריעה היא כמחצית מהקרינה החיצונית. בשעות הצהריים (12), הקרינה סמוך ליריעה היא כ- 2/3 מהקרינה מחוץ למבנה.

ברוב שעות היום, הקרינה שנמדדה ע"י מד הקרינה הנייד בגובה 2.6 מ' מעל פני הקרקע, קטנה מהקרינה שנמדדה סמוך ליריעה. הפחתה זו בקרינה נובעת עקב מבנה הגג, כולל הפתחים האנכיים שבו והרשתות נגד מזיקים שמוותקנות בהם. מעניין לציין כי בשעות הבוקר, עד שעה 10 בקרוב, הקרינה בתוך החממה גבוהה או שווה בקירוב לזו שנמדדה מתחת ליריעה. הסיבה לכך היא ככל הנראה זווית השמש הנמוכה יחסית בשעות אלו של הבוקר.

איור 6 מראה את התפלגות הקרינה לאורך מהלך אחד (הלוך וחזור) של מד הקרינה הנייד, בחממות רב אוורור (א) ונגב (ב) בשעת הצהריים. כמו באיור 3, הציר האנכי הימני מציין את כוון מהלך העגלה (1 או 0) והציר האנכי שמאלי מציין את עוצמת הקרינה. בשני איורים אלו ניתן לראות בברור את ההשפעה של פתחי הגג והרשתות המותקנות בהם, על פילוג הקרינה בתוך החממה. בחממת נגב מותקן פתח גג אחד בכל מפתח וניתן לראות הפחתה משמעותית אחת בקרינה בכל מהלך (נסיעה מצד אחד של המסילה אל הצד הנגדי) של מד הקרינה הנייד. לעומת זאת בחממת רב אוורור מותקנים

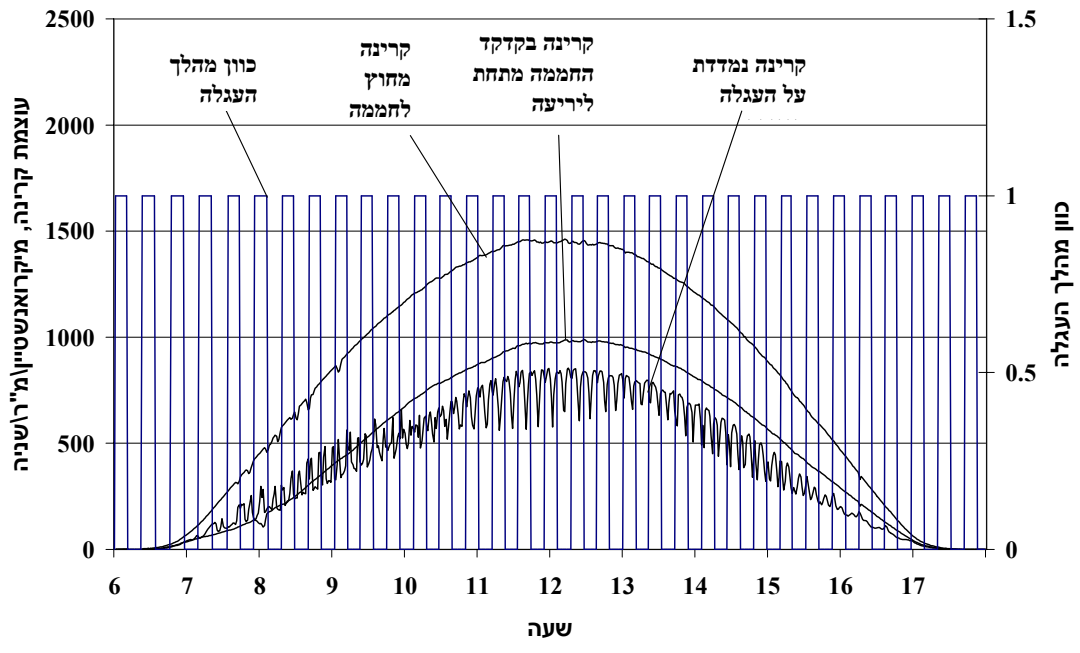
שני פתחי גג בכל מפתח והדבר מתבטא בשני אזורים בהם נמדדה קרינה מופחתת בכל מהלך של העגלה.

בנוסף ניתן לראות באיור 6 כי ההפרש בין הקרינה המקסימלית למינימלית לאורך מהלך העגלה, גדול יותר בחממת נגב (ב) מאשר בחממת רב אוורור (א). משמעות ממצא זה היא שהפחתת הקרינה עקב נוכחות פתח הגג היתה חזקה יותר בחממת נגב לעומת חממת רב אוורור. ראוי להדגיש כי בחממת נגב היה המרווח השימושי (0.8 מ') קטן יותר מזה שבחממת רב אוורור (0.95 מ'). כתוצאה מכך היה החלק המכוסה ע"י הווילון בחממת נגב כ 47%, גדול יותר מזה שבחממת רב אוורור 41% וההפחתה בקרינה גדולה יותר. כמו כן ייתכן שההבדל בהפחתת הקרינה נובע ממבנה מעט שונה של החלון והמרזב, ומשוני ברמת הניקיון של החיפויים בימי המדידה. בחממת רב אוורור היה, בשעות הצהריים, היחס בין הקרינה מתחת ליריעה (בקודקוד החממה) לזה שמחוץ לחממה 0.6 בעוד שבחממת נגב היה יחס זה שווה ל 0.7. כלומר היריעה בחממת נגב הייתה נקייה יותר והעבירה יותר אור.

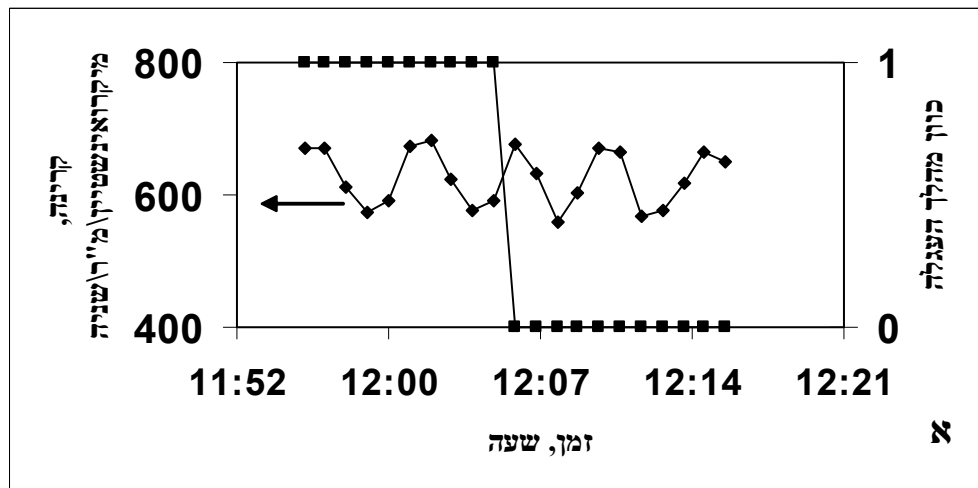
היחס בין הערך הממוצע (על פני יום שלם) של רמת האור שנמדדה ע"י המדיד שעל העגלה הנעה לזו שנמדדה בקודקוד החממה (מתחת ליריעת הכיסוי) יבטא את ההשפעה של פתחי הגג והרשתות המותקנות בהם על חדירת הקרינה לחממה. יחס זה היה 0.67, 0.75 ו 0.8 בחממות רב אוורור, רותם ונגב בהתאמה. כלומר, ההפרעה הקטנה ביותר לאור, עקב נוכחות פתחי הגג, הייתה בחממת נגב, הפרעה מעט גבוהה יותר הייתה בחממת רותם וההפרעה הגדולה ביותר הייתה בחממת רב אוורור.

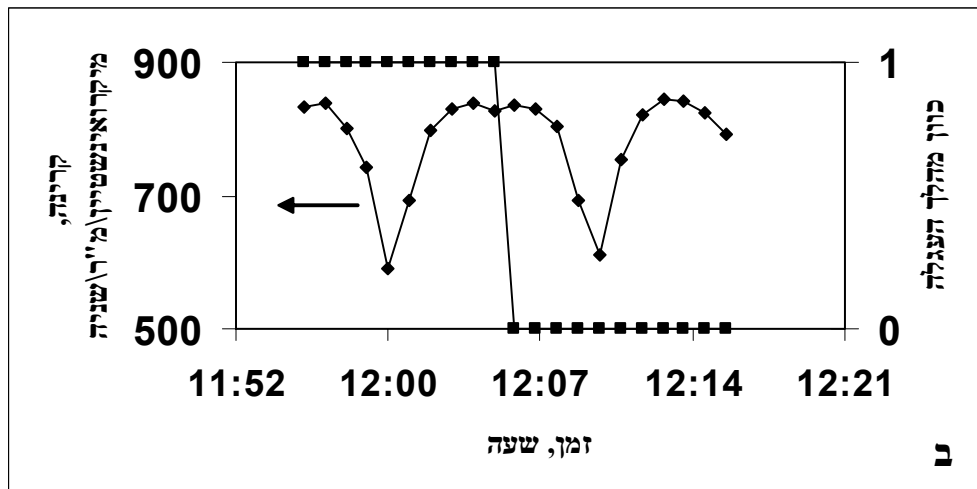


איור 4 : תצלום העגלה הנעה על המסילה



איור 5: מהלך יומי של הקרינה מחוץ לחממת נגב ובתוכה. הקווים האנכיים מציינים היפוך כיוון תנועת העגלה. כאשר כיוון מהלך העגלה שווה 1 העגלה נעה מזרחה (משמאל לימין באיור 2) כאשר כיוון מהלך העגלה שווה 0 העגלה נעה מערבה.





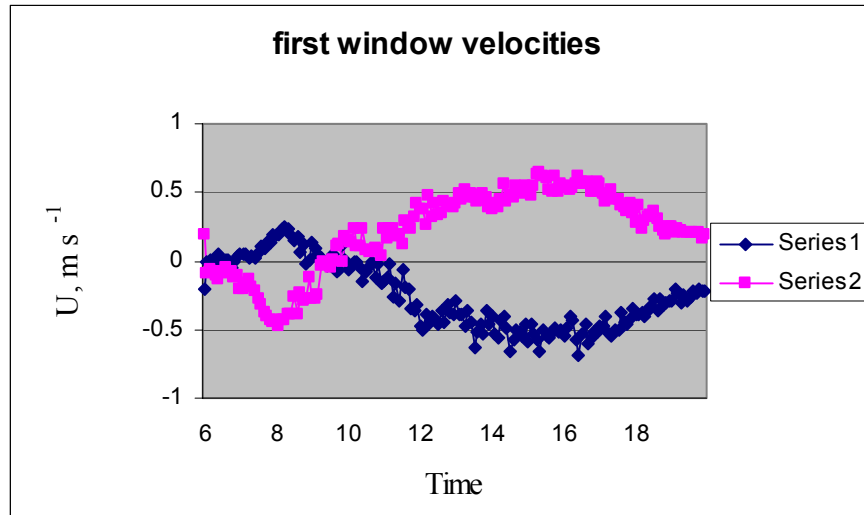
איור 6: מהלך קרינה בחממות רב אוורור (א) ונגב (ב) בשעת הצהריים, כפי שנמדד ע"י מד הקרינה על העגלה. האיור מראה מחזור אחד של תנועת העגלה הלך וחזור.

4.3 אופייני זרימה דרך החלונות

מהירויות האוויר בשתי נקודות, האחת בחלק הדרומי והשנייה בחלק הצפוני של חלון הגג של הגמלון הראשון (מערבי) מוצגות באיורים 7, 8 ו- 9. איור 7 מראה תוצאות מדידה כאשר חלונות הגג היו ללא רשתות בעוד שאיורים 8 ו- 9 מציגים תוצאות מדידה כשהחלונות היו מכוסים ברשתות. תוצאות דומות התקבלו בשאר חלונות הגג, אך בדו"ח הנוכחי לא נדווח עליהם ממגבלות מקום. ראשית יש להדגיש שהאיורים מראים בברור כי מהירות האוויר דרך פתחי הגג ללא רשת גבוהה מזו שנמדדה עם רשת. בעוד שללא רשת המהירות המקסימלית דרך הפתחים, בשעה 15:00 לערך, היתה כ- 0.6 מ/שנייה הרי שעם הרשת היא ירדה לערך של כ-0.3 מ/שנייה. יתרה מזאת, תוצאות הניסוי מצביעות על כך שללא רשת אופייני הזרימה היו די דומים בימים השונים בעוד שעם רשת הם השתנו לעיתים מיום ליום. איורים 8 ו- 9 מראים כי התנהגות הזרימה דרך החלק הצפוני חזרה על עצמה בימים שונים בעוד שדרך החלק הדרומי הזרימה הייתה שונה בימים השונים.

מאוסוף הנתונים של התחנה המטאורולוגית בבשור אנו למדים כי כוון נשיבת הרוח משתנה במשך היום. בבוקר הרוח נושבת מכוון דרום מזרח והיא חגה לכוון מערב. בשעות אחר הצהריים היא הופכת לצפון מערבית. בבוקר הרוח חלשה, כ- 0.5 – 1 מ/שנייה ובסביבות השעה שתיים היא מגיעה לערכים מקסימליים של כ- 2 מ/שנייה ושוב דועכת לקראת הערב לערכים נמוכים יותר של כ- 0.5 – 1 מ/שנייה. ככל הנראה, שינוי כוון הרוח ביחס למבנה הוא זה שגורם לשינוי בכוון זרימת האוויר דרך הפתחים. בבוקר בין השעות 6:00 - 9:30 לערך, הרוח החיצונית נושבת מכוון דרום-מזרח והיא חגה לכוון מערב, כלומר הרוח מגיעה מצידה הדרומי של החממה (פתח חלון הגג). כתוצאה מכך, יש הצטופפות של קווי הזרם בחלקו הדרומי של החלון שגורמת ליניקה ויציאת אוויר דרך החלק הדרומי של הפתח. מצד

שני, במורד הזרם כשהרוח חולפת על פני המבנה וממשיכה צפונה יש התבדרות של קווי הזרם, שגורמת לעלייה בלחץ ולכניסת אוויר לחממה דרך האזור הצפוני של הפתח.



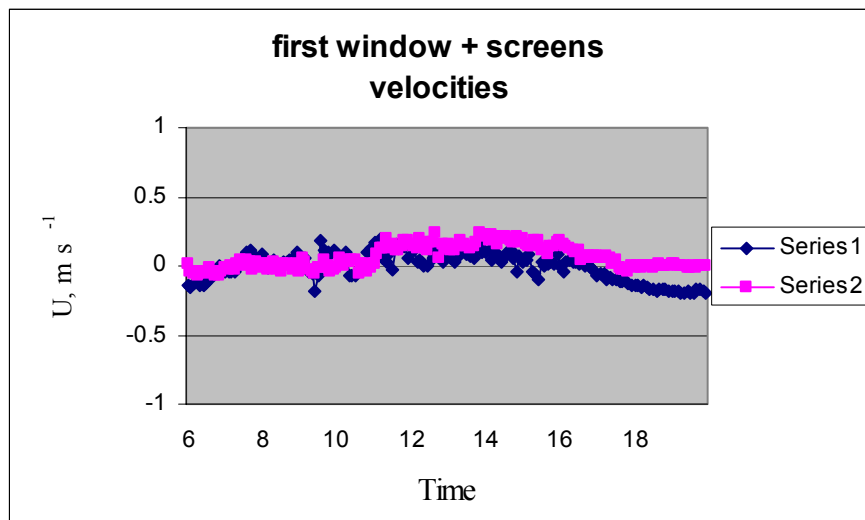
איור 7. מהירות האוויר בפתח הגמלון הראשון (מערבי), החלון ללא רשת. סימן מרובע מייצג זרימת האוויר בצד הצפוני של החלון, סימן מעויין מייצג זרימת אוויר בצד הדרומי של החלון. ערכים חיוביים מייצגים זרימה מהחממה כלפי חוץ ולהפך.

אנליזה של הזרימה הטורבולנטית דרך החלונות הראתה את התוצאות הבאות:

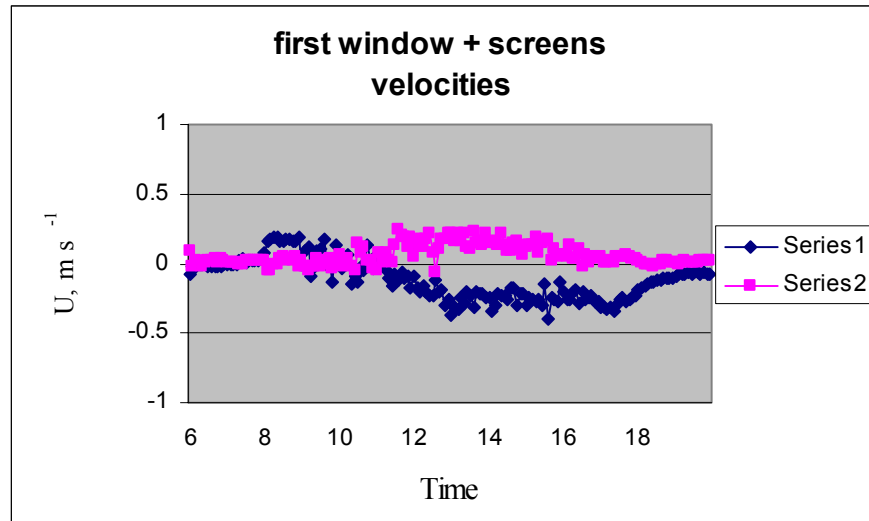
- 1) כשהרוח נושבת מגב החממה ובזווית כמעט ניצבת לחלון, מהירות האוויר הממוצעת בפתחים קטנה (מצביע על הקטנת האוורור) בעוד העוצמה הטורבולנטית של זרימת האוויר אינה משתנה באופן משמעותי.
- 2) מהירות האוויר דרך החלון פרופרציונלית באופן ליניארי למהירות הרוח מחוץ לחממה.
- 3) שטף החום דרך נקודה מסוימת בחלון הגג משתנה ליניארית עם מכפלת מהירות הרוח מחוץ למבנה בטמפרטורת אוויר הסביבה. לעומת זאת שטף החום הטורבולנטי דרך אותה הנקודה אינו משתנה לינארית.
- 4) הגודל האופייני של הסקלה האינטגרלית של הזרימה הנכנסת למבנה שווה פחות או יותר לגובה חלון הגג והוא גדול מהסקלה האופיינית של הזרימה היוצאת מהמבנה.
- 5) כאשר באזור מסויים בחלון זרימת האוויר הממוצעת היא כלפי חוץ, שטף החום הטורבולנטי באזור זה הוא בעיקר עקב ערבולי אוויר קרים הנכנסים למבנה. באזור בו, בממוצע, האוויר

נכנס לחממה, התרומה לשטף החום הטורבולנטי נובעת הן מערבולי אוויר חם העוזבים את החממה והן מערבולי אוויר קר הנכנסים לתוכה בו זמנית.

6) במשטר הרוחות הקיים בחבל הבשור, ההסתברות לכניסת אוויר לחממה דרך החלון המזרחי (57%) גבוהה פי 3.5 לערך מזו שבחלון המערבי בין השעות 7 בבוקר ו12 בצהריים.



איור 8. מהירות האוויר בפתח הגמלון הראשון (מערבי) ב13 נובמבר 2002, החלון עם רשת. סימן מרובע מייצג זרימת האוויר בצד הצפוני של החלון, סימן מעויין מייצג זרימת אוויר בצד הדרומי של החלון. ערכים חיוביים מייצגים זרימה מהחממה כלפי חוץ ולהפך.



איור 9. מהירות האוויר בפתח הגמלון הראשון (מערבלי) ב-23 נובמבר 2002, החלון עם רשת. סימן מרובע מייצג זרימת האוויר בצד הצפוני של החלון, סימן מעויין מייצג זרימת אוויר בצד הדרומי של החלון. ערכים חיוביים מייצגים זרימה מהחממה כלפי חוץ.

שכיחות הופעת כנימות בסביבות החממה בזמן ובמרחב ואופייני חדירתן לחממה

מבוא

כנימת עש הטבק, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) היא מזיק קשה המעביר מחלות לגידולים חקלאיים רבים. נזקה העיקרי בבתי צמיחה הוא הדבקת צמחי עגבניה במחלת צהבון האמיר. בחממות בהם מגדלים עגבניות נהוג לכסות את פתחי האוורור ברשתות צפופות כדי למנוע את חדירת הכנימות. כיסוי זה גורם להקטנת האוורור ולעליה בחום ובלחות בחממה. מטרת המחקר לקבוע את דרגת הסיכון לחדירה של הכנימות באיזורים שונים של החממה ובזמנים שונים במהלך היממה. המחקר נערך בחוות הבשור בחממות עם חלונות גג בעונת הסתיו. בעונה זאת יש שיא בפעילות הכנימות, צמחי העגבניה צעירים ורגישים למחלת הצהבון, וחשוב לאוורור מפני שהטמפרטורות עדיין גבוהות.

שאלות המחקר

1. מה דגם הפיזור במרחב של הכעי"ט סביב מבנה החממה ובפתחי החדירה.
2. מה דגם הפיזור בזמן של חדירת הכעי"ט במהלך היממה.
3. מה הקשר בין הממצאים הנ"ל לתנועת האוויר סביב החממה ובפתחי האוורור.

שיטות וחומרים

המחקר נערך בחוות הבשור בחממות עם חלונות גג הפונים מזרחה בעונת הסתיו. בשנת 2002 עבדנו בחממה מדגם חלון גג של ראזקלה (ראה פרטים בטבלה 1) שבה גודל פלפל. המעקב אחרי חדירת הכנימות היה בעזרת מלכודות דבק עם רקע צהוב שמוקמו תחת חלונות הגג (בגובה 3 מ') וסביב המבנה (בגובה 1 מ'). בכל צד, מבפנים ומבחוץ, ותחת כל חלון הצבו 4 מלכודות. המלכודות הוחלפו כל שלוש שעות במהלך היממה. כדי לעקוב אחרי האוכלוסייה הפולשת בלבד נתנו טיפול להדברת הכעי"ט בחממה לפני כל יום ניסוי. היו סך הכל 8 ימי ניסוי. פתחי הצד נסגרו למשך שני ימי ניסוי וחלונות הגג כוסו ברשת 50 מש למשך שני ימי ניסוי אחרים כדי לקבוע את חשיבות החדירה מפתחים אלה (טבלה 1).

בשנת 2003 עבדנו בחממה מדגם **רותם** שבה לא היה גידול מסחרי. ארבעת חלונות הגג צוינו בקודים EC, WC, W-1 ומזרח למערב, בהתאמה. חלונות הגג הושארו ללא כיסוי בכל תקופת הניסוי. חלונות הצד היו סגורים בכל תקופת הניסוי פרט ליום הלכידה הראשון (ה-2 בספטמבר). תחת כל חלון גג נשתלו שתי שורות של צמחי עגבניה בתחילת ספטמבר כדי לעקוב אחרי קצב ושיעור ההדבקה במחלת הצהבון.

סך הכל היו שבעה ימי ניסוי (טבלה 3). המעקב אחרי חדירת הכנימות מחלונות הגג היה בעזרת מלכודות דבק עם רקע צהוב שמוקמו על סף החלונות שהוחלפו כל שעה. בכל חלון היו שלוש מלכודות שמוקמו בצפון, במרכז ובדרום החלון. סביב המבנה השתמשנו ב"מלכודות עמוד" כדי לקביעת רמת האוכלוסייה ואת הכוון וגובה התנועה של הכעי"ט. המלכודות הורכבה מצינור ביוב מ-PVC כתום בקוטר 4 אינץ' ובגובה 4 מ' שהוצב בניצב לקרקע. על גבי העמוד, בגבהים של 1.0, 2.0, 3.0 ו-4.0 מ' מעל הקרקע, הודבקו "טבעות" בד בצבע צהוב ברוחב 25 ס"מ. סביב כל טבעת הוצמד שקף פלסטי ברוחב 21 ס"מ שעל גביו הודפסה רשת קוארדינטות של רוחות השמים. בעת הצמדת השקף לעמוד הוא הוצפן בעזרת מצפן. צידו החיצוני של השקף נמרח בשכבה דקה של דבק רימיפוט ללכידת החרקים. בזמן איסוף השקפים הצד עם הדבק כוסה נייר לבן. בדיקת המלכודות נעשתה תחת בינקולר ונקבע מספר הכנימות שנלכדו בכל כוון מארבעת רוחות השמים. העמודים הוצבו במרכז (במרחק של 1 מ') הקיר הדרומי והקיר המערבי של החממה, הקיר המזרחי של חממה הצמודה לחממת הניסוי ממזרח, ובשטח פתוח מדרום-מערב [במעלה הרוח הטיפוסית] לחממה. ארבעת העמודים צוינו בקודים BS, BE, BW ו-BO על פי מיקומם, בהתאמה. בשני ימי הלכידה האחרונים הוספנו מלכודות בגובה 0.2 מ' לעמודים בצד מזרח ובצד דרום. המלכודות הוחלפו כל שעתיים, שלוש או חמש שעות. בכל אתר נקבע שיעור הלכידות על פי זמן הלכידה, מיקום האתר, גובה המלכודות וכוון הלכידה.

תוצאות

בתוך החממה, תחת חלונות הגג נלכדו בדרך כלל יותר כנימות מאשר סמוך לחלונות הצד (טבלה 1). כאשר חלונות הצד נאטמו לא היתה ירידה משמעותית ברמת הלכידות בתוך החממה. לעומת זאת, כאשר חלונות הגג כוסו ברשת 50 מש נלכדו נצפתה ירידה דרמתית ברמת הלכידות תחתם (טבלה 1).

סביב החממה נלכדו רב הכנימות בשעות הבוקר בצד המזרחי ובשעות אחר הצהריים בצד הדרומי (טבלה 2). הרוח הטיפוסית חגה בשעות הפעילות של הכע"ט מדרום מערב לצפון מערב. פירוט סך הלכידות בפתחי הגג וסביב בחממה בשנת 2003 ניתן בטבלה 3. תחת חלונות הגג רב הלכידות היו בשעות הבוקר (איור 1). אחרי שעה 13:00 הסיכון לחדירת כנימות לחממה היה קטן מאוד. גם במלכודות העמוד מחוץ לחממה נלכדו 96% מהכנימות עד שעה 12:30. לאורך כל תקופת הניסוי נלכדו בחלון הגג המזרחי פי 2 עד 3 יותר כנימות מאשר בשאר החלונות (איור 2). בתוך חלונות הגג 40% מהלכידות היו במרכז, 32% בצפון ו-28% בדרום. שיעור הנגיעות של צמחי העגבניה במחלת הצהבון היה נמוך פי 2 עד 3 תחת החלון המערבי בהשוואה לנגיעות תחת החלונות בחלק המזרחי של החממה (איור 3).

במלכודות העמוד מחוץ לחממה נלכדו רב הכנימות בצד המזרחי והדרומי ומיעוטן בשטח הפתוח מדרום-מערב לחממה (איור 4). בכל העמודים כמחצית הלכידות היו בגובה 1 מ' ושעור הלכידה הלך ופחת בגובה (איור 5). במלכודות בגובה 0.2 מ' נלכדו הכי הרבה כנימות (פי 2-4 יותר מאשר בגובה 1 מ') בעמודים בצד מזרח ודרום.

טבלה 1. תאור מצב הפתחים וסך לכידות הכע"ט על פי אזורים בחממה במהלך ימי הניסוי.

מספר כע"ט שנלכדו			כיסוי פתחים		תאריך ב-2002
בפנים	תחת הגג	בחוץ	חלונות גג	חלונות צד	
30 *	35	727	פתוח	רשת 50 מש	28/8
368 **	254	503			2/9
86	100	985			4/9
99	278	672			11/9
20	67	416	פתוח	סגור	18/9
89	390	406			2/10
35	8	238	רשת 50 מש	רשת 50 מש	16/10
27	5	445			23/10

* לפני השתילה. ** ללא טיפול הדברה יום לפני הניסוי.

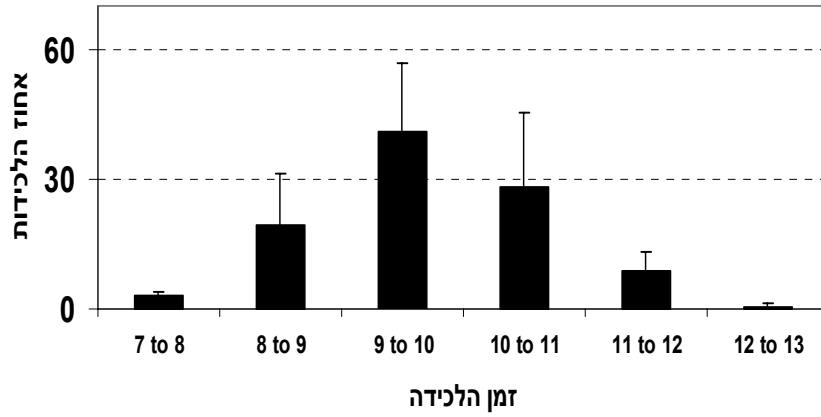
טבלה 2. פיזור כלל הלכידות (באחוזים) סביב החממה.

13 to 16	10 to 13	7 to 10	פרק הזמן מספר הכע"ט
48	275	1104	
8	31	37	מזרח צפוני
9	22	13	מזרח דרומי
22	17	15	דרום מזרח
31	11	11	דרום מערב
18	6	4	מערב דרומי
6	6	5	מערב צפוני
2	4	7	צפון מערב
4	3	8	צפון מזרח
306	294	227	כּוּן הרוח

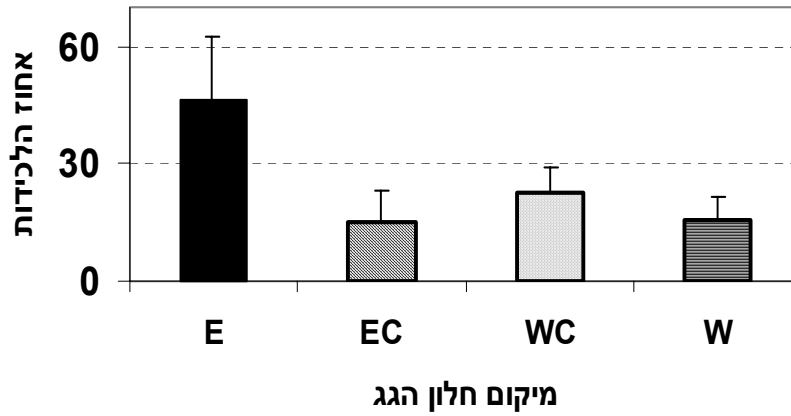
טבלה 3. סך כנימות העש שנלכדו בחממה וסביבה בימי הניסוי בחוות הבשור, 2003.

סך הלכידות		
תאריך	חלונות גג	עמודים בחוץ
2/9	80	276
9/9	295	149
16/9	226	143
23/9	54	55
30/9	27	אין נתונים
8/10	162	95
21/10	29	22

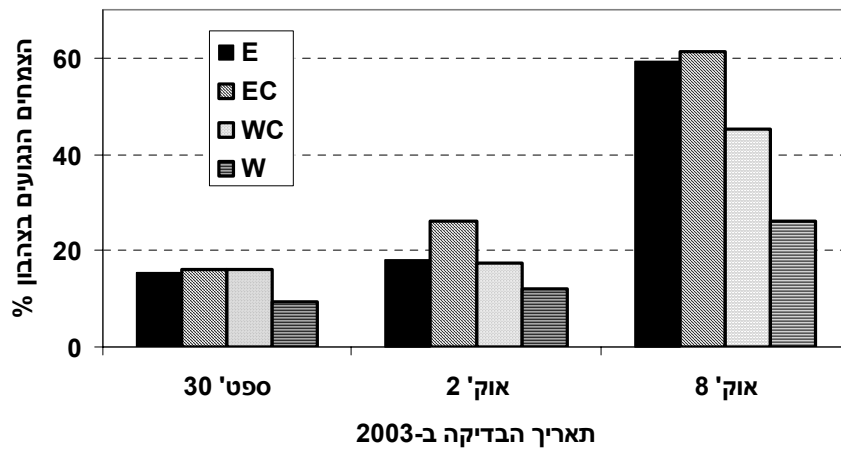
איור 1. פיזור לכידות הכעי"ט בחלונות הגג על פי זמן ביממה, חוות הבשור, סתיו 2003.



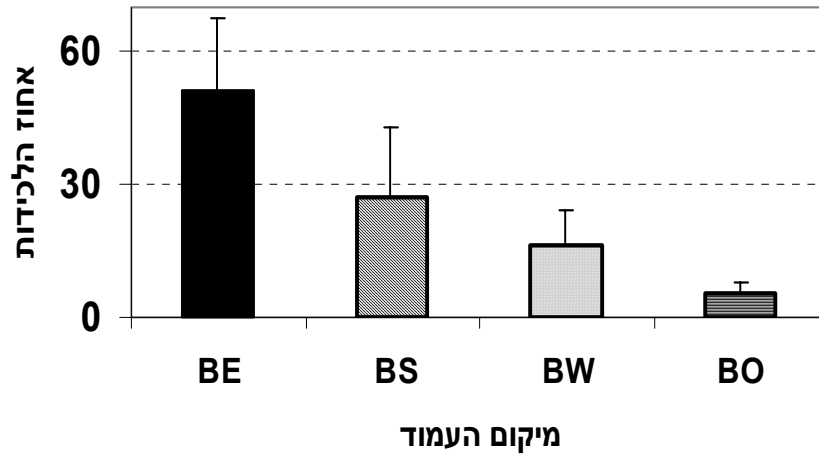
איור 2. פיזור לכידות הכעי"ט כתלות במיקום חלונות הגג, חוות הבשור, סתיו 2003.



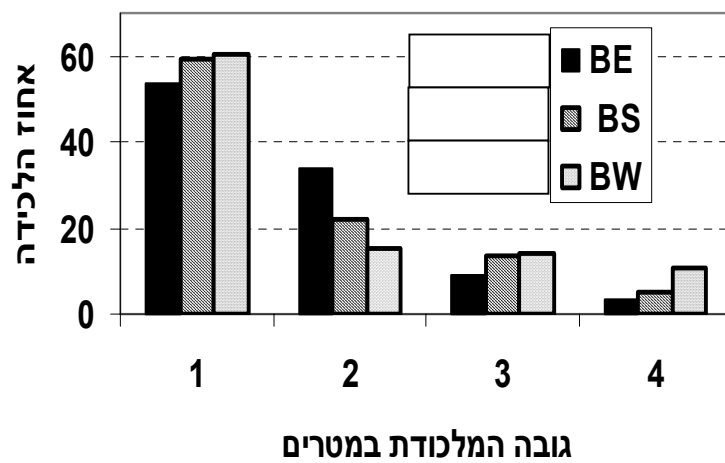
איור 3. פיזור נגיעות צמחי עגבניה בצהבון האמיר תחת חלונות גג שונים, חוות הבשור, סתיו 2003.



איור 4. פיזור לכידות הכע"ט מחוץ לחממה כתלות במיקום העמוד, חוות הבשור, סתיו 2003.



איור 5. פיזור לכידות הכע"ט בגובה על גבי מלכודות העמוד, חוות הבשור, סתיו 2003.



כווני הלכידה על העמודים עצמם לא הראו מגמות מובהקות אך בעמודים במזרח ובדרום כ-30% מהלכידות היו מכוון הדופן הסמוכה של החממה. לעומת זאת בעמודים במערב ובשטח הפתוח 35-45 אחוז מהלכידות היו בצד דרום.

דיון ומסקנות לפרק העוסק בניטור חדירת כנימות

מצאנו שפעילות התעופה של הכע"ט מוגבלת לשעות הבוקר ואחרי שעה 13:00 הסיכון לחדירת כנימות לחממה קטן מאוד. פיזור הלכידות במלכודות העמוד העיד שבשטח הפתוח נלכדו הרבה פחות כנימות בהשוואה לאיזור הסמוך למבנה. כמו כן, היתה ירידה משמעותית ברמת הלכידות ככל שעלינו בגובה. בגובה גג החממה נלכדו על העמודים כנימות בודדות בלבד. אך באותו זמן נלכדו בחלונות הגג עשרות או מאות כנימות. הסבר אפשרי לתופעה זאת הוא אופי תנועת הרוח, שבה נישאות הכנימות, סביב מבנה החממה. בשעות הבוקר בסתיו, בחוות הבשור, כוון הרוח האופיינית הוא דרום-מערב (חגה מדרום למערב). מכאן שהקירות הדרומי והמערבי של החממה מהווים מכשול לתנועת הרוח. עוצמת הרוח פוחתת במפגש עם קירות אלה וגורמת ל"השקעה" של חלק מהכנימות. סביר שכנימות אלה נלכדו על העמודים הדרומי והמערבי כשחידשו את נסיונותיהן "להמריא" ולחפש צמחים פונדקאים (כפי שמתבטא במשיכתן לצבע צהוב). לכן רמות הלכידה על עמודים אלה היו גבוהות מאשר בעמוד שהוצב בשטח הפתוח במעלה הרוח. רוב הרוח עם הכנימות הנשאות בה "מטפסת" על מבנה החממה. הרכיב המערבי של הרוח הזורמת על גג המבנה גורם לשאיבת אויר מהחממה (אפקט ונטורי) דרך חלונות הגג שעוצמתה פוחתת ממערב המבנה למזרחו. כתגובה, נוצרת יניקת אויר שעוצמתה פוחתת ממזרח המבנה למערבו. תנועת האוויר זאת יכולה להסביר את דגם חדירת הכע"ט לחממה והתבססותה הראשונית, כפי שבאה לידי ביטוי בהדבקת צמחי העגבניה במחלת הצהבון. כאשר הרוח מגיעה לקצה החממה נוצרות מערבולות שמאיטות את מהירותה וגורמות לכנימות רבות ל"שקוע" בצד הנמצא במורד הרוח הטיפוסית. נראה שזאת הסיבה לכך שבשנתיים האחרונות מירב הלכידות היו ליד הדופן המזרחית של החממה.

קיים סיכון גבוה לחדירת כנימות לחממה דרך חלונות הגג בשעות הבוקר. ניתן לפתוח את חלונות הגג בשעות אחר הצהרים והלילה בהן הסיכון לחדירת הכנימות הוא מזערי. ראוי למקד את פעולות הניטור וההדברה תחת חלון גג ממנו חודרות מירב הכנימות. ראוי לשקול שינויים במבנה החממות שיקטינו את מערבולות האויר וכתוצאה מכך צפוי שתפחת הצטברות הכנימות סביבן.