

# שיפור הכוונת ההשקיה ע"י התאמת ספיקת מפזרי המים לנפח העץ

## במטע על פי מפוי ממוחשב בסריקה אוירית

משה מירון, מיג"ל

שבתאי כהן, המכון לקרקע מים וסביבה

אמוץ חירוני, המכון להנסה חקלאית

### **מבוא:**

צריכת המים של מטע נטוע בשדרות רווחות - בשורות שאינן מכסות את כל השטח כמו בתפוח ואגס - תלוי בנפח נוף העץ. גם במטעים צפופים יותר קיימת שונות רבה בין העצים, שאינה נגרמת מההשקיה אלא מגורמים רבים אחרים. בצורות השקיה הנהוגות, המים מסופקים בצורה אחידה לכל החלקה, ללא התחשבות בשונות הצריכה בין שורות העצים, והעצים הבודדים בשורה, על פי גודלם. השקיה פרטנית ע"י התאמת ספיקת מפזר המים באופן ייחודי לכל עץ, או לכל שורה, יכול ליעל במידה רבה את השמוש במים. ברוב ממשקי הנהול הרווחים מנת המים ניתנת לפי צריכת העצים הגדולים, כמקדם בטחון למנוע עקות כלשהם. מעבר להשקיה פרטנית במקרים אלה תביא חסכון משמעותי במים. גם בממשקים חסכוניים יותר של צריכה ממוצעת, חלוקה אופטימלית של המים בין העצים הבודדים תשפר את היבולים, תמנע עקות בעצים הגדולים ותמנע עודפי מים והפסדי ניקוז בעצים הקטנים. עודפי מים אלה גורמים לא אחת לנוון העצים ומותם.

למרות שאין שום קושי טכנולוגי בהתאמה של מספר מפזרי המים וספיקתם לכל עץ, יישום ממשק של השקיה פרטנית מותאמת לכל עץ תתאפשר מבחינה נהולית רק כאשר ניתן יהיה למדוד באופן יעיל את נפח העץ ולמפות את המטע בצורה מדויקת, בהוצאה נמוכה, וניתנת לעדכון לפי הצורך. שיטת מדידת גודל עץ בסריקה אווירית והפקה מהירה של מפות דיגיטליות, הנמצאת בפתוח מתקדם על ידי מציעי המחקר במסגרת המו"פ האירופי, תאפשר יישום ישיר של מפוי לצרכי הכוונת השקיה בכל רמת פירוט של המטע, עד לכל עץ באופן פרטני.

המחקר התיאורטי והאמפירי בנושא התאמת צריכת המים לגודל העץ בשדרות רווחות הוא מצומצם יחסית. המודלים של אמדן צריכת המים מבוססים יותר על LAI מאשר על הגיאומטריה של השורה ונפח העץ. לקראת יישום של השקיה פרטנית יהיה צורך לבחון את המודלים הקיימים ולהתאים את המקדמים הספציפיים לתנאי המטעים בארץ.

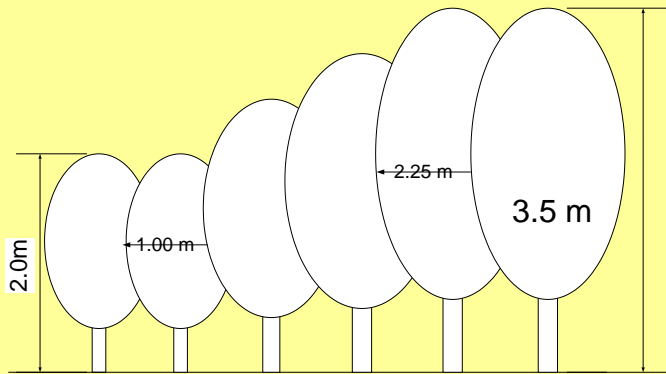
מטרות המחקר: התאמת נוהל מיפוי פוטוגרמטרי ממוחשב בסריקה אווירית למדידת נפח העץ במטע לצרכי הכוונת השקיה, ובחינת צרכת המים ותגובות המטע להשקיה בלתי אחידה לפי התאמת מפזרי המים לנפח הנוף.

**מטרות המחקר לשנה הראשונה:** לבחון ולאמת מודלים של תלות התאדות בנפח ובגיאומטריה של הנוף.

**מתודולוגיה שנה ראשונה:** נסוי ראשי בחוות מתתיהו ובנוסף מדידות גודל נוף בנסויי השקיה וספים בצפון: רשתות צל במלכיה, אנטיטרנספירנטים בברעם, מדדי השקיה במרום גולן, השקית אגס מופחתת בראש פניה. בחינת הקשר בין צריכת המים וגודל הנוף בעזרת שני מודלים של התאדות בנוף שדרה. בדו"ח זה יסוכם הנסוי הראשי במתתיהו. שאר הנתונים ינותחו בהמשך בדו"ח משלים.

**מטרות המחקר לשנה השניה:** מנתוח תוצאות השנה הראשונה התברר כי אין די בהנמכת העץ על מנת להקטין באופן פרופורציוני את השטח המאדה, אלא יש להקטין את חתימת הצל (קליטת הקרינה) על הקרקע. אי לכך בשנה השניה נאלצנו לחזור על מטרות השנה הראשונה.

**מתודולוגיה שנה שניה:** נסוי ראשי בחוות מתתיהו בלבד, תוך עצוב עצים דרסטית יותר והעמקה בבדיקות. בדו"ח זה יסוכם הנסויים בחוות מתתיהו.

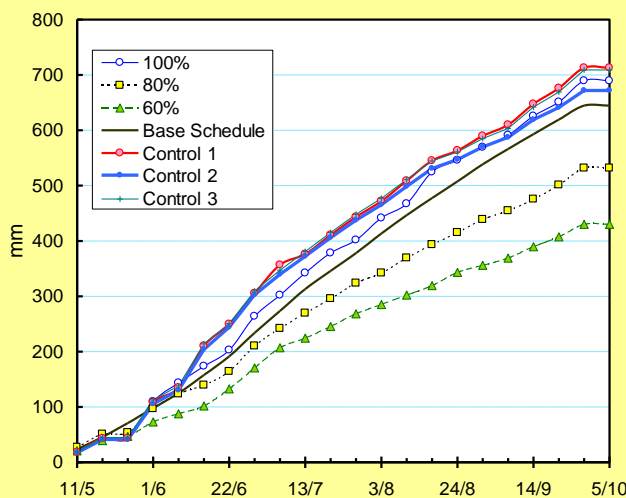


איור 1: סכימה של גיזום מדורג, מתתיהו 2002

התאדות אור יום של 7.0-7.8 מ"מ ליום (8.0-9.0 מ"מ ליממה). בחלקה התנהל בעבר נסוי של שיטות השקיה לנפחי שרשים ובחינת מקדמי התאדות. הנסוי הנוכחי הותקן על גב טפולים ללא עבר של עקה. השטח רושט מחדש בשתי שלוחות "נטפים" 2.4 לוש' שתי טפטפות למטר.

**טפולי הנסוי:**

ששה עצים בשתי שורת של הזן גראני-סמית נגזמו בדרוג עולה של 0.5 מטר, מ 2.0 ועד 4.0 מטר גובה, ו 1.0 עד 2.5 מ ברוחב, במדרגות של 0.5 מ. (איור 1), על מנת לייצר בצורה שיטתית נפחי נוף שונים. כיוון שהשטח עבר topping ל 4.0 מטר מוקדם בעונה, גודל העצים ה"גדולים" היה נמוך יחסית. השטח עבר גזום ירוק ביוני וביולי על מנת לחזור ולהקטין את הנפח של העצים ה"רזים" ברוחב. זוגות השורות השכנות משני הצדדים לא נגזמו, אך הושקו באותם משטרי השקיה כשורות שוליים. שלושה משטרי השקיה הופעלו על חלקות העצים הגזומים: 100%, 80%, ו 60% מכמויות המים המוקצבות על פי המקדמים להתאדות הנמדדת בחוות מתתיהו (התאדות אור יום). טפולי הביקורת לא נגזמו והושקה ב 100%.



איור 2: מהלך ההשקית תפוח בהתאמה לגודל העץ מתתיהו 2002

**פירוט הניסויים – ניסוי מתתיהו:**

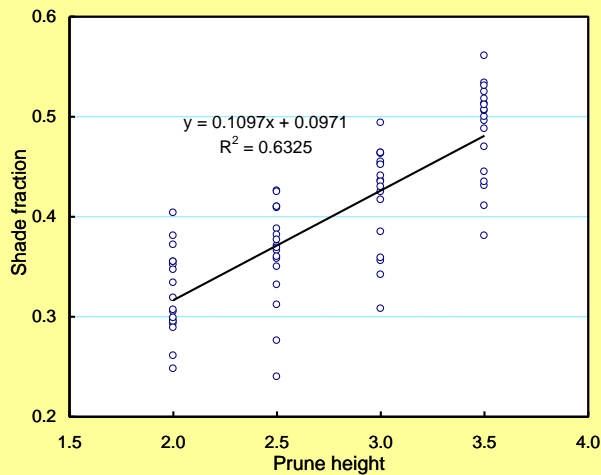
**מקום ותנאי הסביבה:**

הנסוי נערך בחוות מתתיהו בהרי הגליל, בגובה של 700 מ', מאחר ולא נותרו כמעט שטחי תפוח בעמק החולה. הקרקע חרסית קלה, גירית, אבנית, בעומק עד 90 ס"מ. טמפרטורות קיץ בין 16 – 34 מע"ץ

כמויות המים ומהלך ההשקיה בשלשת הטפולים מובאים באיור 2. כמות המים מתחילת ההשקיה הדיפרנציאלית ועד הקטיף הגיע ל 640 מ"מ בהשקיה מלאה, ול 60% ו 80% מזה בהשקיות החסר. המערכת עבדה רוב הזמן כהלכה, עם מספר קטן של תקלות במחשב ההשקיה של החווה.

**מדידות ומעקבים:**

**מדידת נפח העץ:** נפחי העצים נקבעו בשיטה של חתכי קרינה במרווחים של 0.5 מטר בציר ה Y (אורך השורה) ו Z (גובה העץ), ובמרווחים



איור 4. הקשר בין גובה הגיזום לבין חתימת הצל על הקרקע 2002.

של 0.016 מטר בציר ה X (בניצב לשורה). חושבו חתכי הרוחב של קליטת הקרינה לכל העץ ולמעטפת החיצונית שלה, וכן אחוז קליטת הקרינה על בסיס שטח קרקע. קליטת קרינה כמדד לגודל העץ. אחוז הקרינה שנבלעה בנוף נקבעה בעזרת אותו מיכשור, ושיטות כמו נפח העץ בגובה פני הקרקע. לאור נתוח ממצאים משנים קודמות, קליטת קרינה בגובה פני הקרקע נמצאת בקורלציה טובה לנפח הנוף של עצי תפוח בעיצוב המקובל, ונמצאת ביחס ישר לקליטת האנרגיה ע"י הנוף. רטיבות הקרקע נמדדה אחת ליומיים לפני

ההשקיה בטנסיומטרים תוצרת Terra Tech אוסטרליה, בעומקים 45 ו 75 ס"מ. ליד כל אחד מארבעת העצים הגזומים לגודל הרצוי הוחדר זוג טנסיומטרים בניצב לטפטפת, בארבעת החזרות הראשונות של כל טפול השקיה.

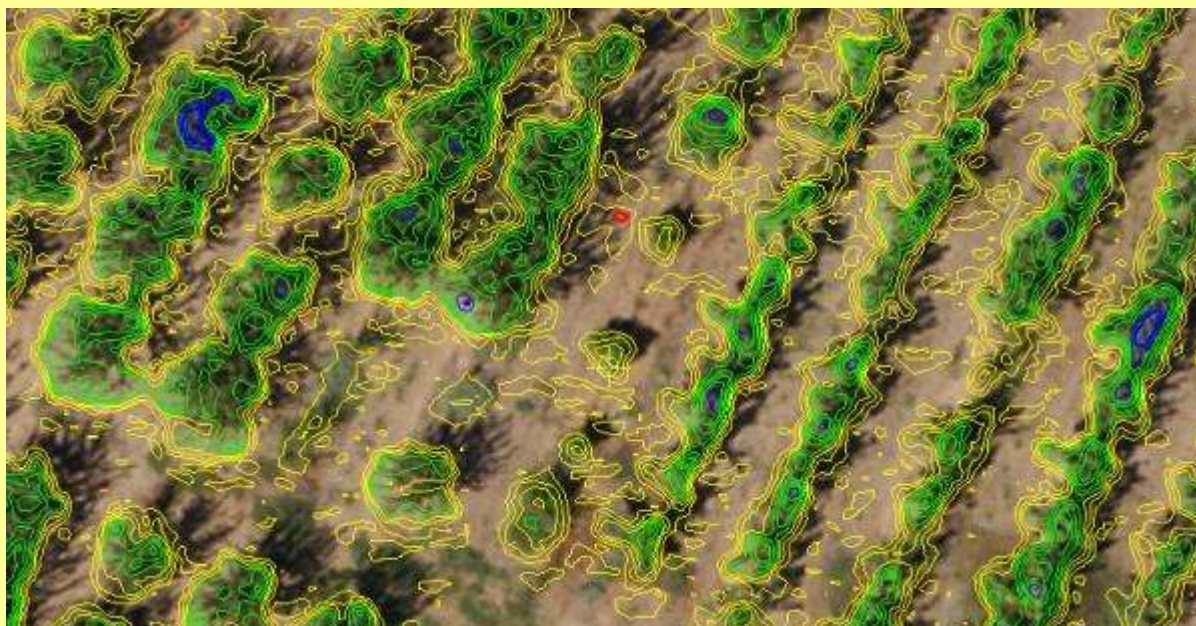
זרם העצה (sap flow): על מנת להעריך את זרם האדוי בכל עץ, הותקנו מכשירי "פולס חום" לתקופות של שבועיים - שלשה, בשתי חזרות של טפולי ההשקיה. המכשירים הותקנו על הצד הדרומי של הגזע בארבעת העצים הגזומים, וקריאת הנתונים ועבודם נעשה מרחוק בעזרת חיבור טלפוני אלחוטי. התוצאות תורגמו לאחר כיוול לערכים של מהירות זרימה: ליטר/לעץ/יום. פוטנציאל המים בגזע (XWP): מדידות תא לחץ נעשו בשעות אחר הצהריים המוקדמות בשלושה מועדים, בתאום עם מדידות זרם העצה, בשיטות התקניות הנהוגות במו"פ צפון, ללא השקיה מהבוקר. שקילת יבול והתפלגות הפרי לגודל: היבול נקטף ונשקל בנפרד מכל עץ, בכל טפול וחזרה. נקטפו פירות גם מהביקורת המסחרית (Control 1), הבלתי גזומה, שהושקתה מלא. כל הפירות משורה אחת מכל עץ נשמר למיון פרטני, השאר אוחד למיכל קטיף מכל חלקה. המיון בוצע בבית האריזה בקבוץ ברעם.

### **תוצאות ודין:**

הנחת העבודה הנסיונית שמאחורי הטפולים היתה כי ע"י השקיה מדורגת, ימצא בכל טפול גודל עץ, בו כמות המים הניתנת מתאזנת עם הצריכה. אם צריכת המים קטנה יותר בגלל נפח נוף יותר קטן, עקום ההתיבשות של שכבות הקרקע העמוקות תצביע על הצריכה המוקטנת באותו אופן היכולת לקיים XWP רצוי גם בתנאי השקיה מוגבלת, או התפלגות גודל הפרי בקטיף תעיד אף היא על הקשר בין גודל העץ לצריכת המים.

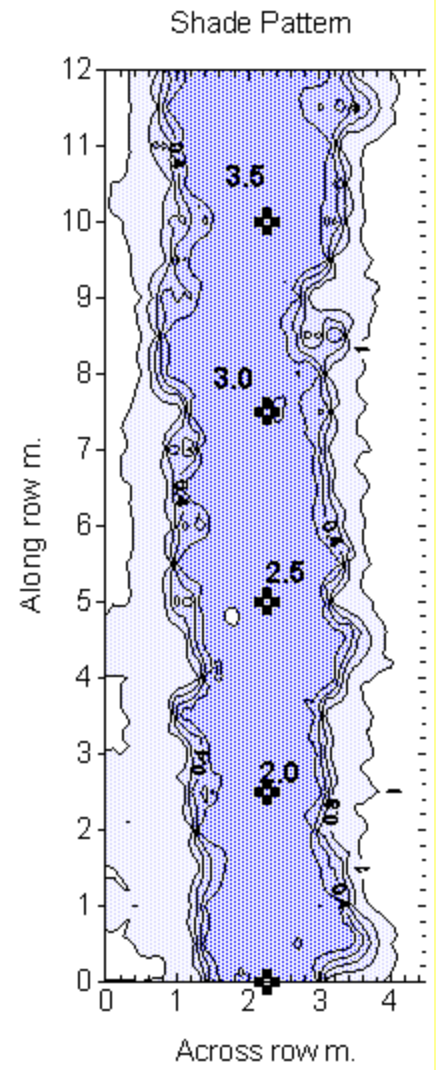
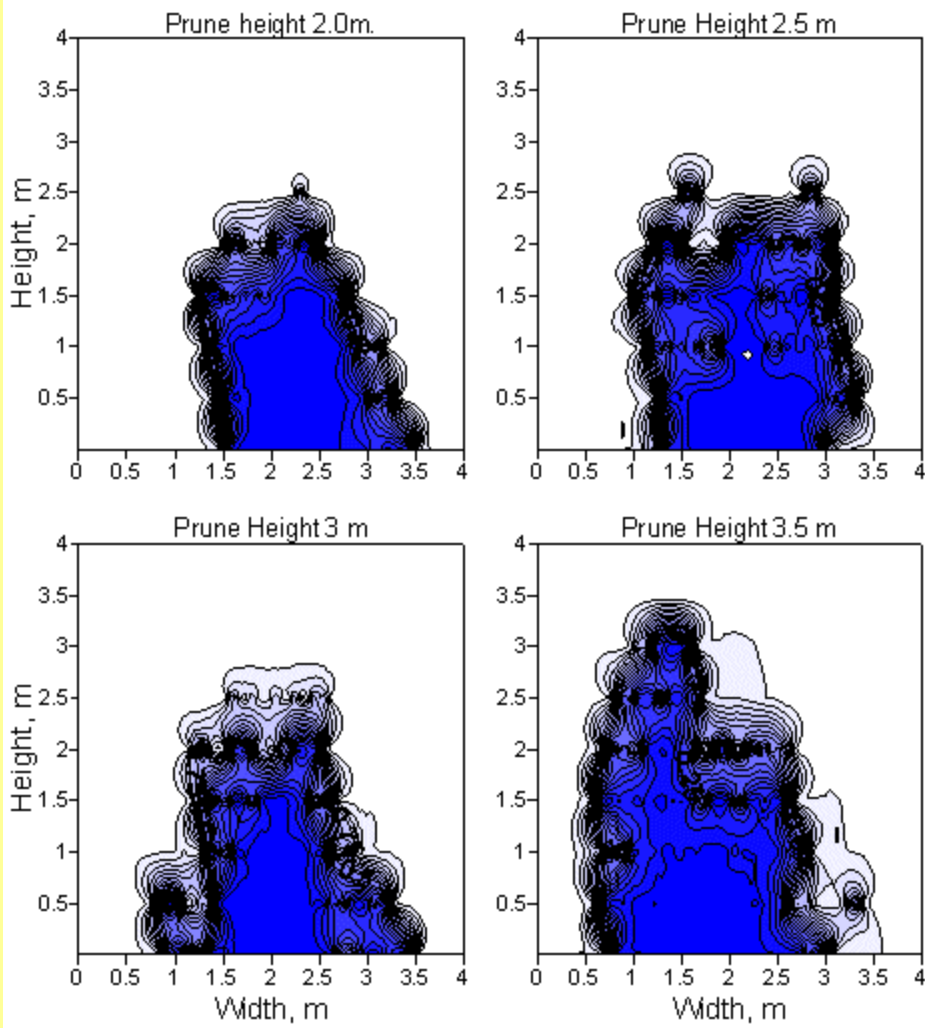
**נפח הנוף וגודל העץ.** דוגמה של גודל הנוף, כפי שנמדד ע"י חתכי קרינה וחתימת הצל על הקרקע מוצגים באיור 3 (מעבר לדף). הקשר בין גודל הנוף הנומינלי ("גובה גיזום") וחתימת הצל על הקרקע (איור 4). מראה כי טפול עצוב הנוף לקבלת עצים בגודל משתנה היה יעיל הפעם, אם כי השונות נשארה די גדולה, ונשארו חריגים רבים. חתימת הצל חושבה כחלוקת חתך הרוחב המוצל תחת העץ במרווח הכללי בין השורות.

**מפוי אווירי** לא ניתן היה לבצע ב 2002 בחוות מתתיהו בגלל מגבלות בטחון. דוגמה של מפוי גודל הנוף לפי צלום אווירי שבוצעה בחוות המטעים מובאת באיור 5:

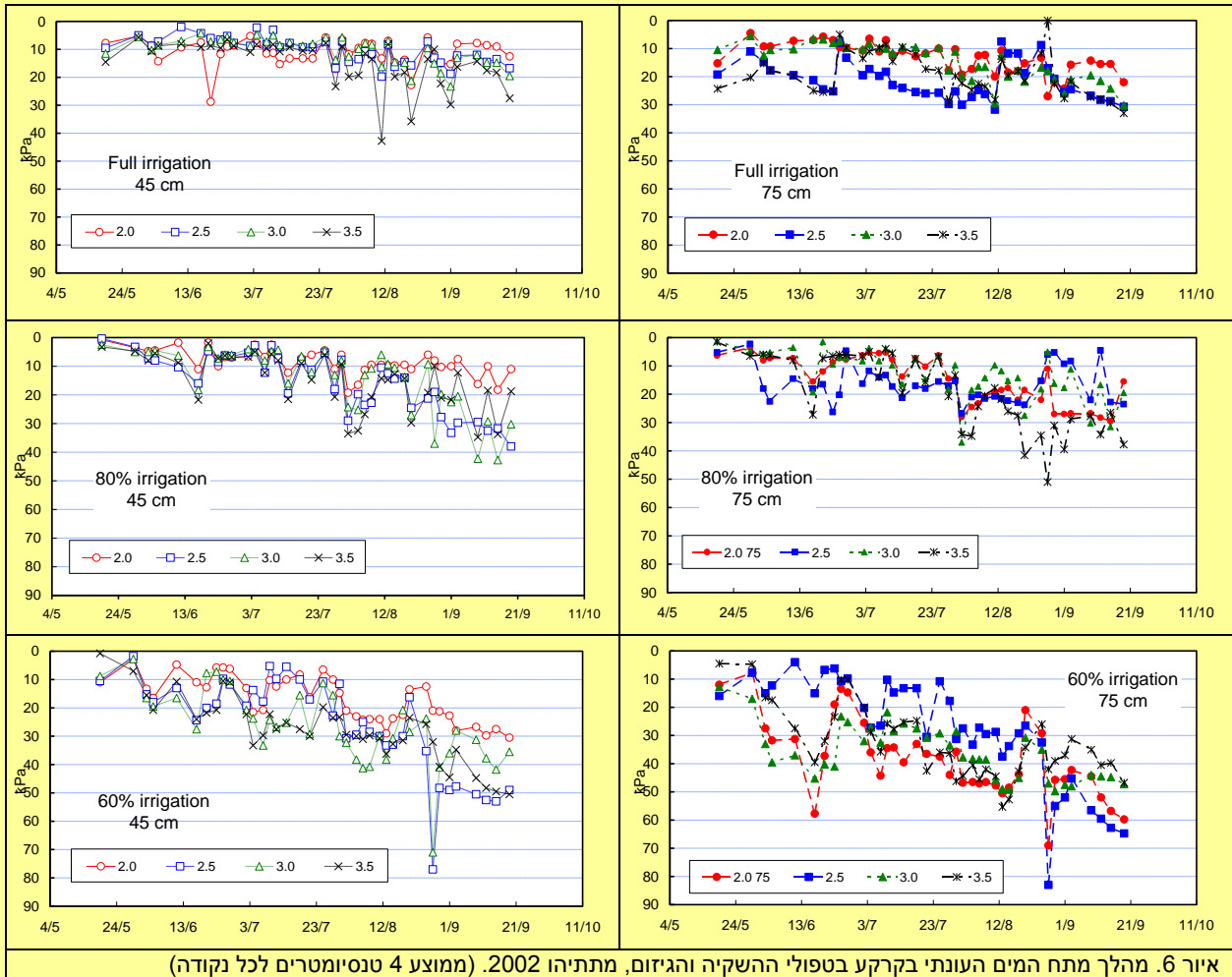


איור 5. מפוי דיגיטלי של צורה ונפח עץ בצלום אוויר סטראוסוקופי, חוות המטעים 2002.

במגוון העצים שבתמונה ניתן לכמת את נפח העץ ולהבחין היטיב בשטח קליטת הקרינה וגם בגודל המעטפת הקולטת.

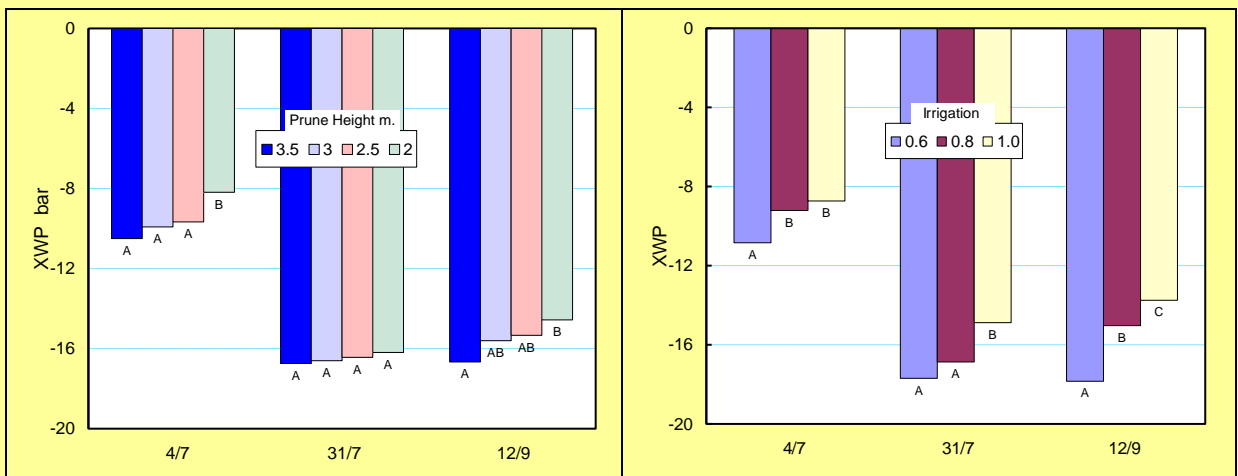


איור 3. חתכי קליטת קרינה, וחתימת צל על הקרקע של עצי גראני סמית לפי גיזום לגבהים שונים (איור לדוגמה)



איור 6. מהלך מתח המים העונתי בקרקע בטפולי השקיה והגיזום, מתתיהו 2002. (ממוצע 4 טנסיומטרים לכל נקודה)

**מהלך רטיבות הקרקע** (איור 6). מראה כי משטרי השקיה הדיפרנציאליים באו לבטוי החל מיולי. מצד שני נתוח הנתונים על פי גובה הגיזום הנומינלי, מראה בחלק מהטפולים כי העצים הקטנים יותר אכן צרכו פחות מים, ולכן בהם מתח המים בקרקע רפה יותר. התמונה אינה חד משמעית והשונוות המקומית של הקרקע ומיצוב מפזרי המים ביחס לטנסיומטר הבודד באדמה האבנית של חוות מתתיהו, מהווה גורם מפריע ומקשה על המדידה.



איור 7. פוטנציאל המים בגזע בשלושה מועדים, במוצעים לפי משטרי השקיה וגובה גיזום נומינלי. (אותיות זהות מציינות טווחים מובהקים סטטיסטית, האינטראקציה בין הגורמים הראשיים בלתי מובהקת.)

**פוטנציאל המים בעצה**, מנותח לפי גובה גיזום נומינלי (איור 7), הפוטנציאל היה גבוה יותר בכל מועדי הדיגום ככל שנפח הנוף היה קטן יותר, ובשני מועדים הפרשים היו מובהקים. טפולי ההשקיה היו מובהקים בכל המועדים. נתוח השפעת חתימת הצל על

הקרקע כמשתנה רציף במודל מעורב ( JUMP, SAS )

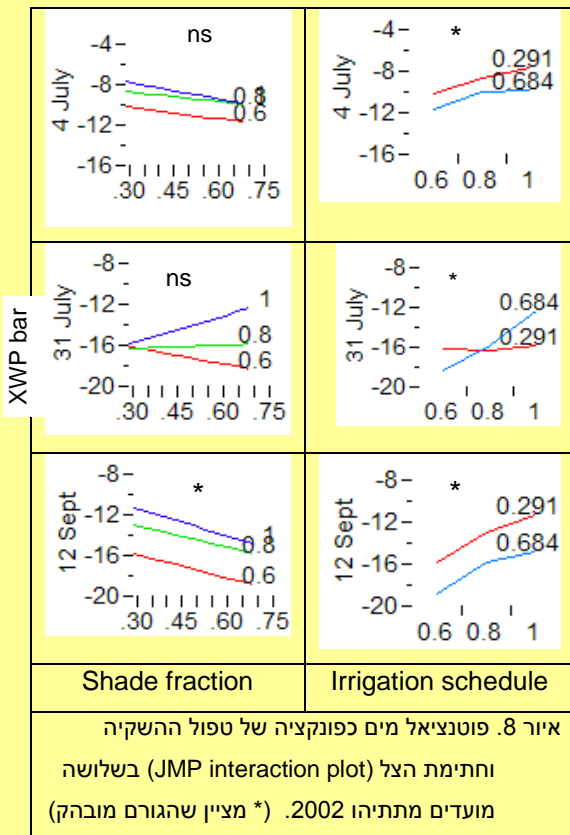
( Institute ) מובאת באיור 8. במועד הראשון והאחרון השפעת חתימת הצל (Shade fraction) פשוטה וישירה : ככל שהצל גדול יותר, פוטנציאל המים נמוך יותר, בכל טפולי ההשקיה. למרות שההבדלים במועד האמצעי לא מובהקים נצפתה השפעת גומלין מעניינת : בהשקיה גרעונית פוטנציאל המים יורד עם גידול הצל, בהשקיה טובה, הפוטנציאל עולה.

מדידות זרם העצה צלחו יותר במזור הראשון (12-22/8)

והתוצאות מובאות באיור 9. על רקע גובה הגיזום הנומינלי, וחתימת הצל הפרטנית של כל עץ במדידה. בבחינת התוצאות מסתמן קשר נראה לעין בין גודל העץ לשעור זרם העצה בטפול המושקה יותר (צד ימין בכל תמונה), וקשר דומה, אך נמוך יותר בהשקית החסר, (צד שמאל), למרות החריגים –עץ מס 4 במזרח, ומס 4 61 במערב. ניתן לראות גם את תגובת פוטנציאל המים למשטר ההשקיה וגודל העץ.

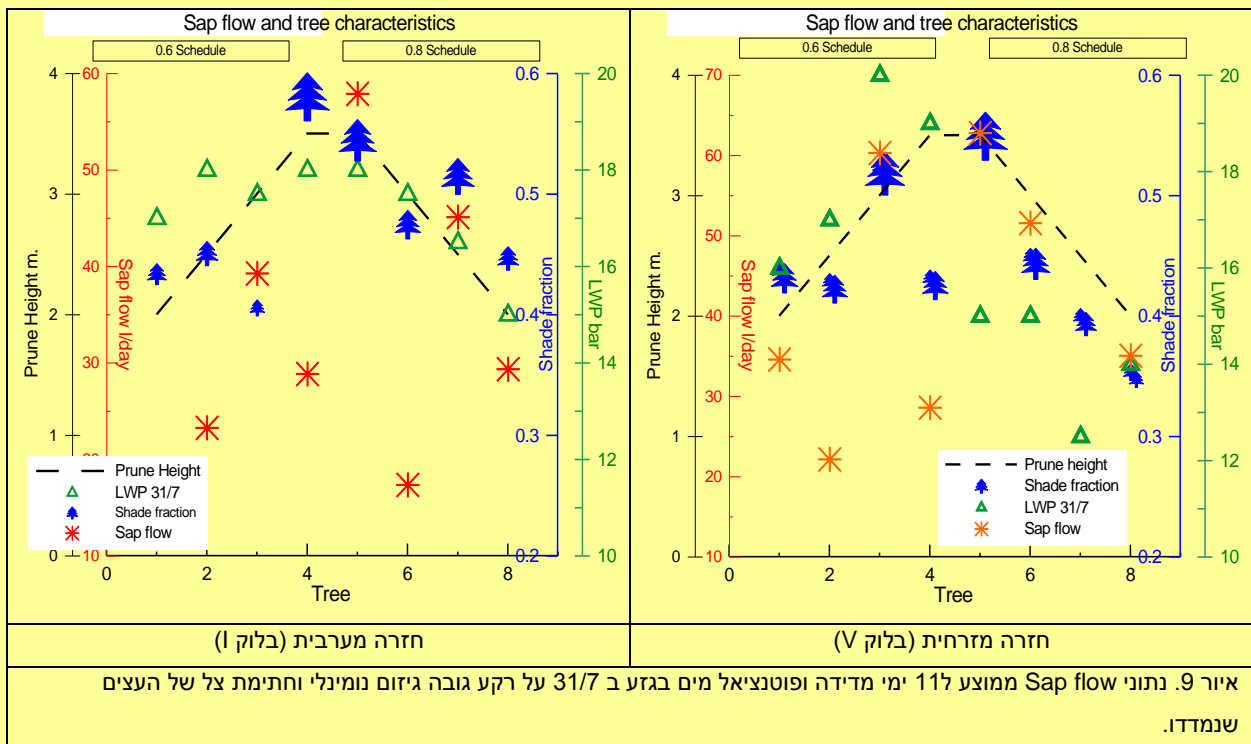
נתוח סטיסטי של הנתונים (איור 10) מראה כי בבסיס

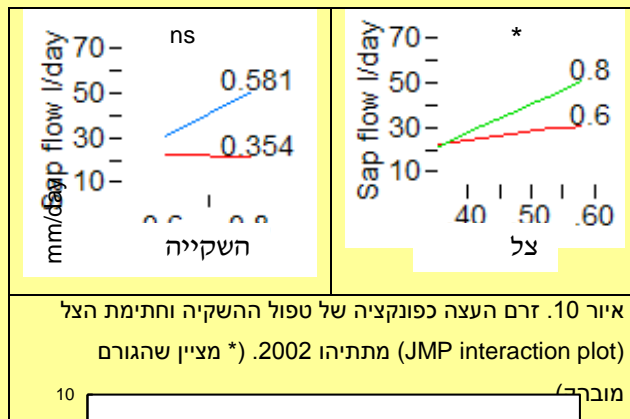
הנתונים המצוצם הנתון, השפעת גודל העץ על זרם העצה מובהקת, וכן ניתן לראות כי העצים הקטנים



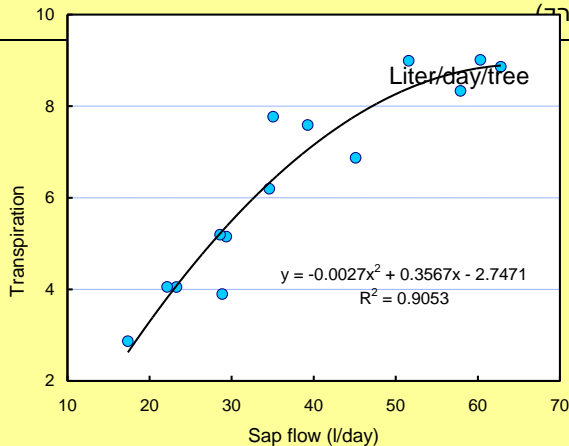
נתוח סטיסטי של הנתונים (איור 10) מראה כי בבסיס

הנתונים המצוצם הנתון, השפעת גודל העץ על זרם העצה מובהקת, וכן ניתן לראות כי העצים הקטנים





איור 10. זרם העצה כפונקציה של טפול ההשקיה וחתירת הצל (JMP interaction plot) מתתיהו 2002. (\* מצייין שהגורם מוברק)



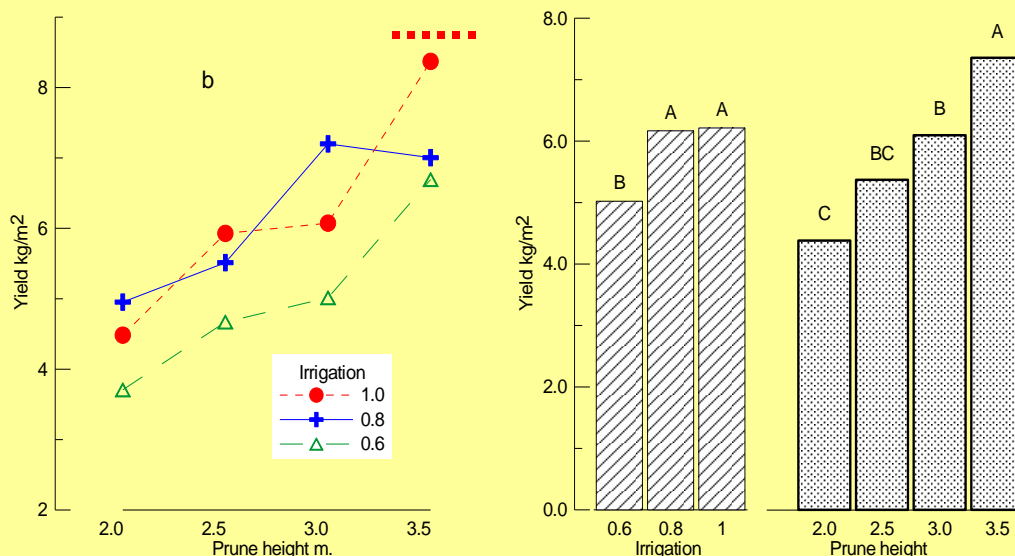
איור 11. זרם העצה ואדוי יומי, מתתיהו 2002

הגדולים מגיבים על תוספת מים, והקטנים לא.

כאשר מתמירים את זרם העצה מליטר לעץ וליום למ"מ התאדות ע"י חלוקה בשטח המוצל, כמדד מייצג את השטח המאדה, מקבלים קשר פרבולי (איור 11) המעיד על הקטנת השפעת גודל העץ, ככל שכסוי השטח הולך ועולה, תופעה מוכרת וידועה בגידולים רבים. אדוי בסדר גודל של 7-9 מ"מ ליום לשטח הכסוי של העץ בלבד נראה סביר, בהתחשב שנוף העץ במטע זה תופס לכל היותר 70% מהשטח כולו.

**יבול התפוחים** (איור 12). היה כ 8 טון בבקורת הלא גוזמה בהשקיה מלאה (1.0), ובטפול הלא גזום (איור 12b). חיתוך העצים לרוחב הנדרש גרם להפסד יבול ע"י הקטנת מספר הפירות, והוריד באופן מובהק את היבול. צמצום ההשקיה ל 80% לא הקטינה את היבול ורק צמצומה ל 60% פגעה בו. קשה לסמן אינטראקציה בין גודל הנוף למשטר ההשקיה (איור 12 b), כלומר במונחים של עונה מלאה הקטנת גודל הנוף לא פצתה ביבול על הקטנת ההשקיה, וזאת כמובן בגלל הקטנת מספר הפירות ופוטנציאל היבול בהקטנת הנוף.

**התפלגות היבול לגודל** גם הוא אינדיקטור טוב להשפעת ההשקיה (איור 13). ואכן בהשקיה המופחתת הפרי קטן יותר. ניתן לראות זאת גם בגודל החציון, וגם לפי אחוז הפרי הקטן מעל לגודל 75. לעומת זאת בהשקיה של 100% הפרי אינו גדול יותר מאשר ב 80%. השפעת הגיזום על התפלגות הפירות אינה ניתנת להבחנה.



איור 12. יבול התפוח בתגובה לגודל הנוף ומשטרי ההשקיה, מתתיהו 2002. (בקו מרוסק: בקורת לא גוזמה)



## סכום ומסקנות:

בעונת הניסויים השניה חזרנו על התכנית של העונה הראשונה עם תיקון מהותי בעצוב העצים לגודל נוף מדורג נכון. מדידות קליטת הקרינה מראות אכן תאימות סבירה בין גובה הגיזום הנומינלי של הטפולים לחתימת הצל על הקרקע. חלה התקדמות במיפוי האווירי וסופקה מפת מיקום ונפח עצים בחוות המטעים, אך סיבות בטחון מנעו מיפוי בחוות מתתיהו.

בעונה זו יושמו 690, 540 ו-430 מ"מ מים בטפול ה-100%, 80% ו-60% המלצות ש.ה.מ..

מעקב הטנסיומטרים מראה כי הטפולים היו יעילים, אך לא קבלנו בצורה ברורה את התגובה הנדרשת להוכחה של הקטנת צריכת המים עם הקטנת גודל הנוף. זאת כנראה בגלל הקושי במדידה מדויקת דיה בתנאי הקרקע האבנית בחווה.

פוטנציאל המים בגזע בכלל הנסוי היה מדורג בהתאם לצפוי במשטרי ההשקיה, וכן היה גבוה יותר בעצים הקטנים מאשר בעצים עם הנוף הגדול ביותר, כלומר גרעון המים בעצה היה גדול יותר ככל שהנוף היה גדול יותר.

מדידות זרם העצה במדגם של 14 עצים מראה כי השפעת גודל הנוף על זרם הטרנספירציה מובהקת.

היבול ואיכות הפרי נפגעו מהקטנת מנות המים ל-60% מהמלצות ש.ה.מ. אך ב-80% לא היתה פגיעה ביבול וגודל הפרי לעומת 100%.

בעונת הניסוי 2002 הודגמה וכומתה באופן חלקי השפעת גודל הנוף על האדוי היחסי, על מנת לאפשר שעורי השקיה פרטניים לפי גודל העץ.

