

# פיתוח אלגוריתם לקבלת החלטות בנושא בקרת השקיה במטעים על פי מדדי עקה צמחיים

פברואר 2004

עמוס נאור – המכון לחקר הגולן

אילן אמיר – הטכניון

מוטי פרס, יוני גל – שה"ם

## תקציר

בעית המחקר – קבלת החלטות בנושאי השקיה הוא תהליך המושפע ממספר רב של פרמטרים. מערכת תומכת החלטות עשויה לפשט את התהליך עבור המשקה. במחקר המוצע אנו מפתחים אלגוריתם לקבלת החלטות המתבסס על מדידות תא לחץ. בעונה הראשונה מטרת המחקר לבדוק את תגובת קריאות תא הלחץ ל-VPD ומקדמי השקיה בפועל. כמו כן לאפיין את השונות במדידות תא הלחץ בחלקות מסחריות.

חומרים ושיטות – בוצעו שתי תצפיות בחלקות תפוח מהזן זהוב בעין זיוון, חלקה בה קל להשיג מצב מים טוב וחלקה בה קשה להגיע למצב זה. ההשקיה בוצעה ע"י המשק וע"י החלפת טפטפות קיבלנו מנת מים משקית, 85% ו-200% ממנה. באמצעות מד מים עם פלטים שהותקן על קו ההשקיה אספנו את עיתויי ההשקיה בפועל. היבול נקטף מחמישה עצים בכל טיפול ומויין במערך מיון מסחרי. שונות המדידה בחלקות מסחריות נבדקה בדרך הבאה: בוצעו מדידות של פוטנציאל מים בגזע בחלקות מסחריות לפי הנוהל בכל משק ובוצעה השוואת התוצאה למדידה אקראית במספר רב של חזרות. הניסוי בוצע ב-5 משקים.

תוצאות – קיבלנו השפעה של VPD על פוטנציאל המים בגזע בעצים ללא עקה. שונות פוטנציאל המים בגזע אופינה בחלקות המסחריות ונמאה חלקה בה יש מגמת השתנות בפוטנציאל המצריכה בדיקת אפשרות פיצול החלקה לתתי גושים. נמצאה שונות גדולה אצל אחד המפעילים המצביעה על בעיה בבחירת וכיסוי העלים.

מסקנות – ניתן לתקן את קריאות תא הלחץ על פי נתוני VPD מקסימלי. מומלץ לחקלאים לאתר את השונות ומגמות השתנות תא הלחץ בכל חלקה על פי המתכונת שנבחנה בעונה זו.

**מבוא** – משק המים השפירים בארץ נמצא במצב קשה שכן כמות המים נתונה ומוגבלת והצריכה הביתית עולה בשל גידול האוכלוסייה, ישראלית ופלשתינית כאחד, וכן בשל עליה מתמדת ברמת החיים. הרוב המכריע של המטעים הנשירים מרוכז בצפון הארץ, באגן ההיקוות של הכנרת. כמות מי הקולחים בצפון הארץ מוגבלת בשל צפיפות האוכלוסייה וברור שלא ייובאו מי קולחים לאגן ההיקוות של הכנרת. אם כן, גם בעתיד תתבסס השקית המטעים בצפון הארץ בעיקר על מים שפירים ולפיכך צפוי ענף הנשירים בצפון להיות במגבלת מים תמידית, דבר המדגיש את הצורך בהעלאת יעילות השימוש במים (הכנסה לנחלה ליחידת מים).

הקצאות המים למטעים ירדו ב- 35% ובניגוד לעבר, לא תתאפשר חריגה מהקצאת המים לנחלה. במצב זה גמישות היצע המים שואפת לאפס ועל כן גודל השטח המעובד לנחלה יושפע מייעילות ההשקיה. הגברת יעילות ההשקיה תקטין את מימדי העקירה הנובעים מהקיצוץ החרף בהקצאת המים.

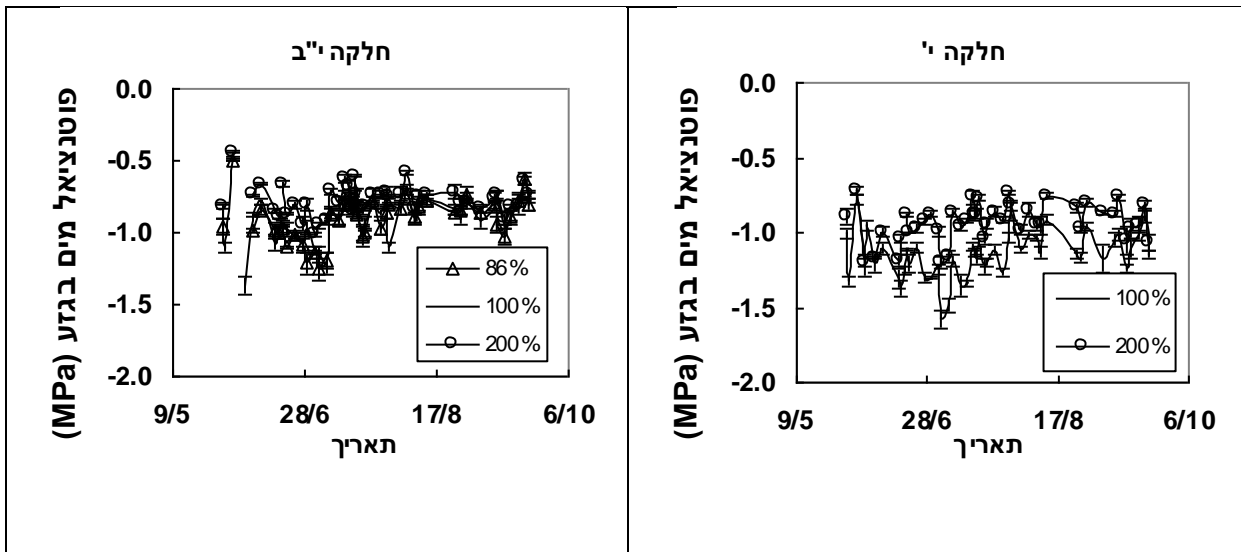
קימת אי ודאות בפירוש מדידות מצב המים בעץ בשל רגישות הספים לדרישות האטמוספירה למים, העדר מידע נגיש על מקדם ההשקיה בפועל במועד קבלת ההחלטה וכתוצאה משגיאות מדידה. המחקר יתמקד בפיתוח אלגוריתם לקבלת החלטות בנושא בקרת השקיה בהתבסס על ניתוח השפעות גורמי אקלים ומקדם ההשקיה בפועל על פירוש משמעות מדידות מצב המים בעץ. כחלק מאלגוריתם זה יבוצע תהליך זיהוי שגיאות מדידה. המדד שנבחר למחקר הוא פוטנציאל המים בגזע. מדד זה נמצא רגיש לשינויים בזמינות המים וכן הוא נמצא במתאם גבוה עם מוליכות הפיוניות, היבול וגודל הפרי בתפוח, נקטרינה, אגס, ושזיף יפני. ניתן יהיה בעתיד להתאים את האלגוריתם בצורה פשוטה למדדים נוספים שימצאו רלבנטים.

**חומרים ושיטות** – בקיבוץ עין זיוון נבחרו שתי חלקות תפוח זהוב בוגר. בחלקה הראשונה קל להגיע לזמינות מים גבוהה (חלקה י') ובשניה קשה להגיע לזמינות מים גבוהה (חלקה י"ב). הפעלת ההשקיה היתה ע"י המשק. בכל חלקה נבחרו שלוש שורות צמודות ולאורכן הופעלו שלושה טיפולי השקיה ע"י החלפת טפטפות. כך התקבל טיפול ביקורת (100%), 85% ממנו ו-200% ממנו. בחלקה י"ב עקב טעות לא פעל טיפול 85%. על צינור הטפטוף בכל חלקה הותקן מד מים עם פלט חשמלי. הפלט חובר לאוגר נתונים (Hobo) עם חיישן מגע יבש וכך אספנו את מועדי ההשקיה בפועל. בכל טיפול נמדד פוטנציאל מים בגזע בצהרים על חמישה עצים והמדידה בוצעה 3-4 פעמים בשבוע בעונת הגידול. היבול מכל עץ נקטף בנפרד ומוין במערך מיון מסחרי. בתחנה מטאורולוגית בקרבת מקום נאספו נתונים מטאורולוגיים והשתמשנו בהתאדות פוטנציאלית באור יום על פי פנמן וב-VPD המקסימלי.

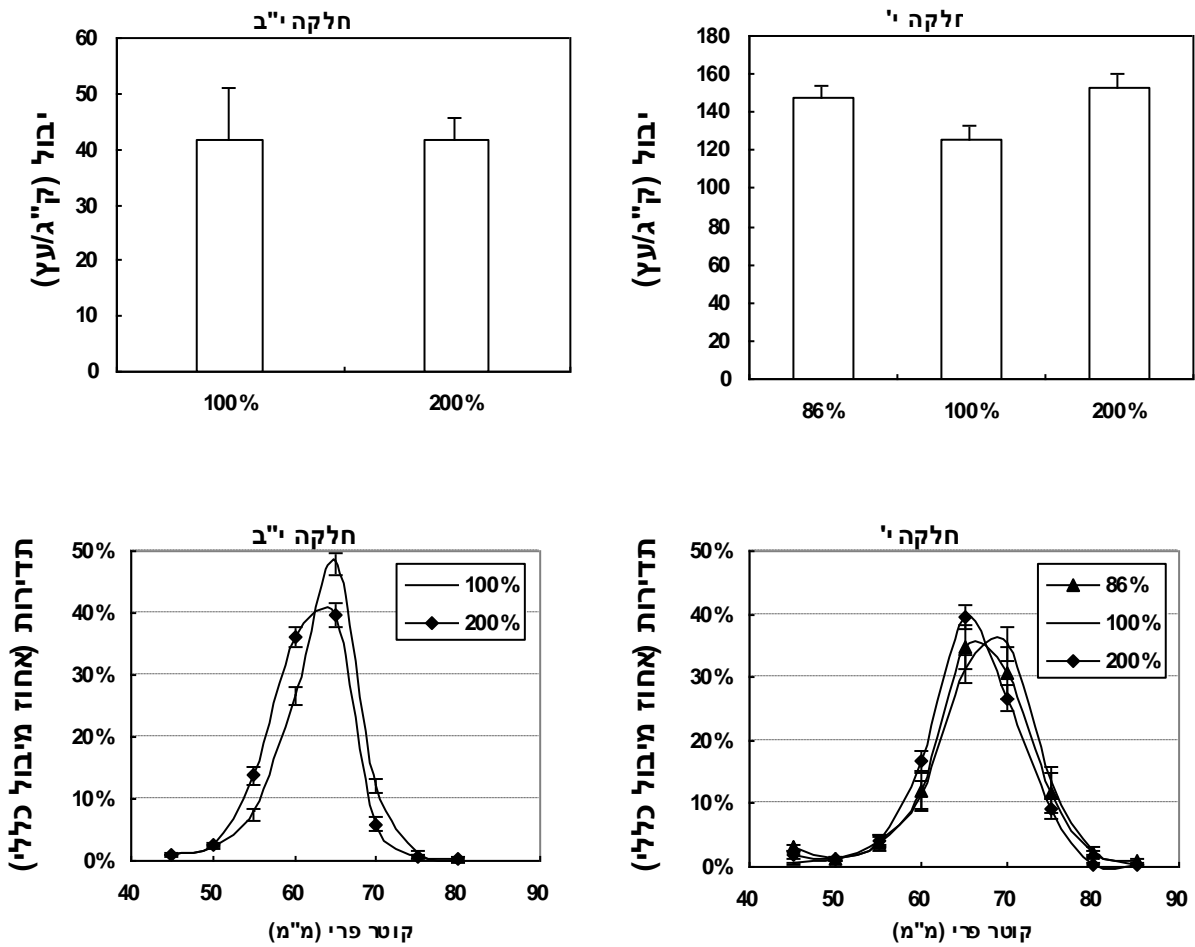
בדיקת גודל מידגם - נבחרו שלושה משקים בגולן ושני משקים בגליל ובוצעו מדידות פוטנציאל מים בגזע בצהרים בשתי חלקות לכל משק לפי המתכונת הבאה. הטכנאי של המשקים בחר את העצים בהם תבוצע המדידה ועטף את העלים בשקית על פי השגרה ומבלי שידע על הניסוי. לאחר מכן הוא נתבקש שלא לבצע את המדידה. בנוסף לעלים נעטפו עוד 25 עלים בשקיות ע"י טכנאי של המו"פ כאשר בחירת העצים הייתה אקראית. בצהריים בוצע מדידת פוטנציאל המים על כל העלים ע"י טכנאי של מו"פ צפון, כולל העלים שהוכנסו לשקיות ע"י הטכנאי של המשק.

**תוצאות** – פוטנציאל המים בגזע בחלקה י' היה דומה בכל הטיפולים (איור 1). בחלקה י"ב היה פוטנציאל המים בטיפול 200% גבוה מזה שבטיפול 100% (איור 1).

איור 1: פוטנציאל המים בגזע בצהרים בשתי החלקות בעין זיוון בטיפולים השונים.

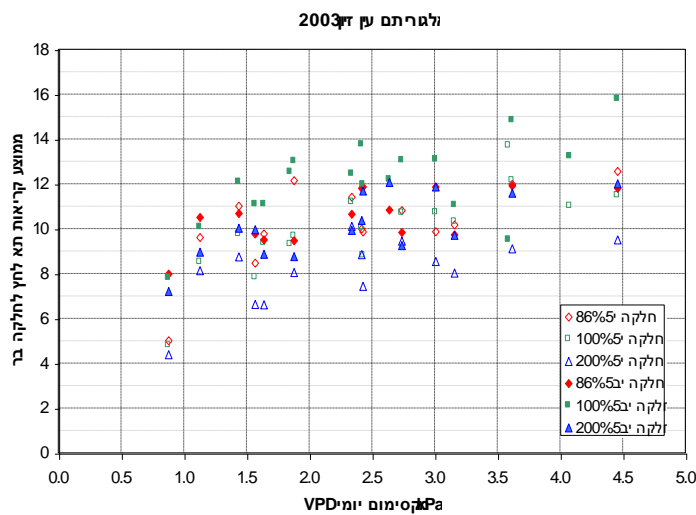


איור 2: היבול והתפלגות גודל הפרי בשתי החלקות בטיפולים השונים.



היבול בחלקה י' היה גבוה מאד ולא היו הבדלים בין הטיפולים (איור 2). מצב דומה היה גם בחלקה י"ב עם יבול נמוך במיוחד. התפלגות גודל הפרי בטיפולים השונים היתה דומה בשתי החלקות (איור 2). בחלקה י"ב היתה השקיה בעודף על פי הדמיון בתגובה בין טיפול 86% לטיפול 100%, דבר שהתבטא גם בהעדר הבדל במצב המים. בחלקה י"ב היה הבדל במצב המים ללא הבדל ביבול ובהתפלגות הגודל. הדבר קשור לרמת היבול הנמוכה בחלקה ולכך שבעומס נמוך אין תמורה לעליה בפוטנציאל המים בגזע מעל 1.3 MPa (נמצא במחקר קודם). פוטנציאל המים עלה עם עליית ה-VPD (איור 3). בדיקה קודמת בטווח רחב של ערכי VPD ומחקרים נוספים בעולם מראים התנהגות דומה. ניתן להערכתנו לתקן את ערכי פוטנציאל המים בגזע על פי ערכי VPD מקסימלי.

### איור 3: השפעת VPD על פוטנציאל המים בגזע.

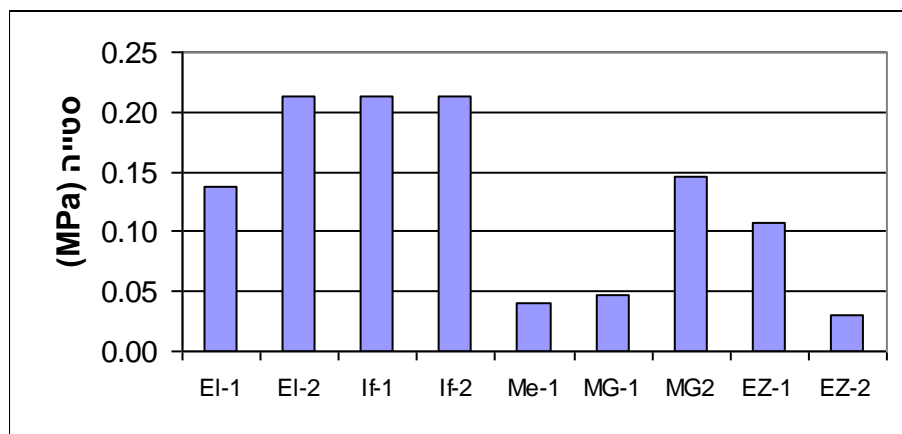


בכל המשקים הנטייה למדוד פוטנציאל מים בעצים קרובים האחד לשני משיקולים לוגיסטיים. את תוצאות המדידות על עלים שלא כוסו על ידי הטכנאי של המשק חלקנו לשתי קבוצות: כל המידגם ותת מידגם שנלקח באזור בו נמדדו העלים המסחריים (טבלה 1). ההבדל המוחלט בין המידגם השלם לבין המדידות המסחריות נע מ-0.03 ל-0.22 MPa (איור 4). שגיאת התקן של המדידות המסחריות נעה מ-0.016 ל-0.084 Mpa (טבלה 1), כאשר השונות הגבוהה ביותר הייתה בגליל. השונות הגדולה בגליל נבעה מבחירת עלים לא מחובו של הנוף ומכך שחלק מהשקיות לא היו סגורות היטב (על פי עדות טכנאי המו"פ שביצע את המדידות). בחלקת EI-2 היתה מגמת השתנות של פוטנציאל המים לאורך החלקת המדידה. בחלקה זו ובגליל התקבל ההבדל הגדול ביותר בין המידגם למדידות המסחריות (איור 4). ניתן להגדיר שונות מקסימלית סבירה שתאפשר בדיקת איכות עבודת הטכנאי וזיהוי חלקות בהן השונות גודלה במיוחד. כמו כן בדיקה אקראית של חלקות תאפשר לזהות מגמות במצב המים היכולות להצביע על הבדלים בזמינות מים או בעיה בפיזור המים.

טבלה 1: נתוני פוטנציאל המים בגזע בצהרים (SWP) כפי שנמדד במדידה המסחרית, במידגם כולו ובמידגם שבתת החלקה בה בוצעו המדידות המסחריות. סטיית התקן – SD; שגיאת התקן – SE; גודל המידגם – n.

חלקה	תאריך	----- מדידות הניסוי -----			מדידות הניסוי בתת החלקה בה בוצעו המדידות המסחריות			----- מדידות מסחריות -----			
		SWP	SD	N	SWP	SD	N	SWP	SD	N	SE
EI-1	8/14	-1.16	0.195	25	-1.17	0.080	9	-1.02	0.108	5	0.048
EI-2	8/21	-1.38	0.196	27	-1.11	0.073	5	-1.17	0.073	4	0.036
If-1	8/14	-1.47	0.162	54	-1.61	0.142	13	-1.68	0.177	5	0.079
If-2	8/18	-1.00	0.144	24	-1.02	0.108	5	-1.21	0.187	5	0.084
Me-1	8/26	-1.01	0.199	25	-1.06	0.085	2	-0.97	0.188	5	0.084
MG-1	8/19	-1.07	0.103	23	-1.11	0.133	4	-1.02	0.035	5	0.016
MG2	8/21	-1.15	0.117	22	-1.14	0.014	2	-1.00	0.093	4	0.047
EZ-1	8/21	-1.01	0.095	22	-1.01	0.135	9	-1.11	0.039	6	0.016
EZ-2	9/2	-0.85	0.100	24	-0.86	0.062	13	-0.88	0.048	5	0.021

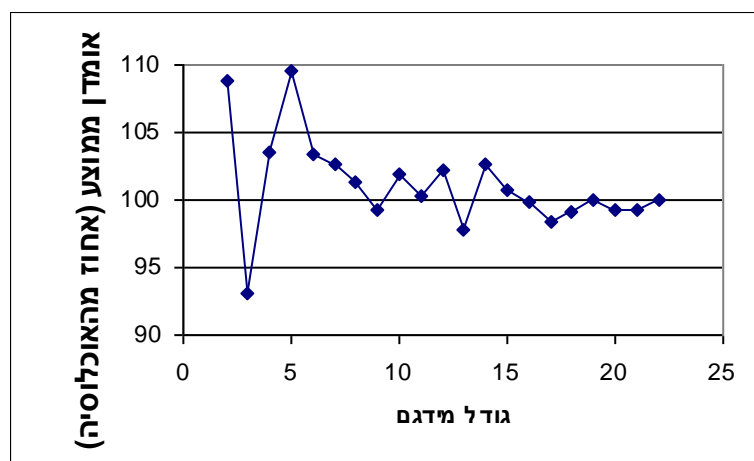
איור 4: ההפרש המוחלט בין המדידות המסחריות של פוטנציאל המים בגזע והמדידות במידגם



כולו בחלקות המסחריות השונות.

ממוצע המידגם התכנס לממוצע האוכלוסיה עם עליית גודל המידגם (איור 5).

איור 5: השפעת גודל המידגם על אומדן הממוצע (דוגמה)





בהנחה ששונות המידגם היא שונות האוכלוסיה, ניתן להעריך את גודל המידגם הדרוש לקבלת שגיאה קטנה מסף רצוי (טבלה 2).

**טבלה 2: גודל המידגם הדרוש לקבלת שגיאת מדידה קטנה מ-0.075, 0.1, ו-0.15 בר בחלקות השונות בהתבסס על השונות שנמדדה במידגם.**

חלקה	תאריך	שגיאת מדידה מותרת		
		0.075 (bar)	0.1 (bar)	0.15 (bar)
		גודל מידגם		
EI-1	8/14	27	15	7
EI-2	8/21	27	15	7
If-1	8/14	18	11	5
If-2	8/18	15	8	4
Me-1	8/26	28	16	7
MG-1	8/19	8	5	2
MG2	8/21	10	6	3
EZ-1	8/21	7	4	2
EZ-2	9/2	7	4	2

**דינו** – בעונה הנוכחית קיבלנו אישוש לקשר שבין פוטנציאל המים בגזע ו-VPD מקסימלי, קשר שדווח עליו במחקרים נוספים. ניתן לתקן את קריאות תא הלחץ על פי נתוני ה-VPD המקסימלי ולהקטין ע"י כך את אי הודאות בקבלת ההחלטות שכן הספים מתיחסים ליום קיץ מיצג (VPD=2 kPa). התנהגות שתי החלקות המסחריות ניתנת להסבר על פי מימצאי המחקרים בעבר וניתן להשתמש בספי פוטנציאל המים שהוגדרו בעבר. המימצאים בחלקה י"ב מצביעים על צורך להתאים את ספי ההשקיה לרמת היבול על מנת לייעל את השימוש במים, אך יש לבצע מחקר מיוחד לנושא שיאפשר הגדרה כמותית של הקשר שבין הסף הרצוי ורמת היבול. בדיקת שיטת מדידת פוטנציאל המים בחלקות מסחריות מצביעה על כך שבגודל המידגם הנהוג כיום ניתן להגדיר את פוטנציאל המים בדיוק של 1-1.5 בר. נמצאה בעיה של בחירת ודרך כיסוי העלים בגליל שהתבטאה בשונות גבוהה. ניתן להשתמש בשונות לבדיקת איכות עבודת הטכנאי וכן רמת השונות הטבעית. המחקר מראה גם שיש צורך לאפיין השונות בכל חלקה על מנת לוודא שזמינות המים אחידה בכל החלקה (פיזור מים ותכונות קרקע). כאשר מתקבלת מגמת השתנות לאורך החלקה ובמידה והדבר אינו נובע מבעית פיזור מים, יש צורך להפריד את ההשקיה לתת חלקות אחידות.

**מסקנות** – מימצאי המחקר מאפשרים לנו להתקדם ולבחון את תרשים הזרימה לקבלת החלטות בנושא השקיה (פותר במחקר אחר במקביל) תוך שימוש במדידות תא לחץ ככלי מרכזי לבקרת השקיה. התאמת קריאות תא הלחץ לערכי VPD ושיפור הדגימה של עלים למדידות תא לחץ (כפי שנמצא במחקר השנה) תקטין את אי הודאות בקבלת ההחלטות על בסיס מדידות פוטנציאל מים בגזע.