

1. פרטים כלליים:

נושא ההצעה: תנועת מזהמים מעל- ובתת הקרקע ממכלאות צאן של עדרי הבדואים בצפון הנגב. Soil contamination in the corrals of the Bedouin herds at the Northern Negev
וועדת השיפוט: ייעור ומשאבי טבע.
מספר זיהוי: 20-13-0018
חוקר ראשי: אורי נחשון, urina@volcani.agri.gov.il , תנועת מזהמים ומומסים בקרקע, המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מכון וולקני.
חוקרים נוספים: אלי צעדי, zaadye@volcani.agri.gov.il , אקולוג של שטחים פתוחים, קרקע ומרעה, מרכז מחקר גילת. עדי אורן, adior@volcani.agri.gov.il , אפיון חומר אורגני והתנהגות מזהמים בקרקע, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מכון וולקני.

2. מבוא ותיאור הבעיה:

2.1 כללי: רעיית צאן ובקר ככלל, ובאזורים צחיחים בפרט, הינה אחד הגורמים המשמעותיים,

בעולם כולו, לתהליכי דלדול קרקעות [1] הכוללים סחף קרקע, הידוק וזיהום קרקעות בחומרים אורגניים [2] ואנאורגניים [3]. בנוסף, שימוש בחומרים פרמצבטיים-וטרינריים, אשר הכרחיים לבריאות העדרים, מהווה מקור זיהום משמעותי לקרקע ולמים [4]. למרות זאת, מספר עבודות הראו שלרעייה נכונה מספר יתרונות כאשר הבולט שבהם הוא סילוק עשבייה וחומרי בערה מן היערות והשטחים הפתוחים והקטנת הסיכון לשריפות קיץ. לראייה - בשנים האחרונות קרן קיימת לישראל מעודדת כניסה מוסדרת של עדרים לאזורי היערות הנטועים, בעיקר עדרי כבשים, כמנגנון להקטנת הסיכון לשריפות [1]. בנוסף, ממשקי רעייה נכונים יכולים לשפר את איכות הקרקע, להגדיל את מגוון מיני הצומח ולהרחיק מיני צמחים פולשים [1], [2]. יחד עם זאת, ממשקי רעייה שכאלה, בדרך כלל דורשים עדרים קטנים יותר מהנחוץ לרעייה מסחרית וכלכלית [1]. בישראל, צפון הנגב הינו אחד מאזורי הרעייה העיקריים, המכיל קרוב ל – 200,000 ראשי צאן בכ – 2,000 עדרים לערך [1], [5], ברובם של רועי צאן בדואים. עבודות רבות בחנו את השפעת רעיית הבדואים על השטחים הפתוחים הטבעיים, תוך בחינה של השפעת הרעייה על האקולוגיה וחברות הצומח [6]–[8], כמו גם על עולם החי [9]. לעומת זאת, עבודות שבחנו את השפעת הרעייה על איכות

הקרקע בשטחים המיוערים והחקלאים כמעט שאין בנמצא, על אף חשיבותה של איכות הקרקע לבריאות המערכת האקולוגית, הטבעית והחקלאית. במחקר זה, אנו מציעים לבחון את השפעת מכלאות הצאן באזורי הרעייה המיוערים של צפון הנגב על איכות הקרקע וזיהומה בחומרים אורגניים, אנאורגניים ופרמצבטיים-וטרנרים. הבחירה להתמקד באזורי המכלאות ביערות ולא ביתר אזורי המרעה נובעת מכך שעיקר ריכוז הפרשות הצאן, שהינן מקור הזיהום העיקרי, מצטברים באזורי המכלאות, שם מרוכז הצאן בשטח מצומצם לפחות חצי משעות היממה. הסיבה שבחרנו להתרכז באזורי המיוערים היא עקב מיעוט העבודות שבוצעו באזורים הללו, לעומת השטחים הפתוחים. בנוסף – רוב היערות ניטעו באזורים בעלי טופוגרפיה חריפה יחסית, בכדי להקטין תהליכי סחף ובלייה [10] (והמישורים הוסבו לשטחים חקלאיים), ולכן - שם פוטנציאל תנועת המזהמים ופיזורם במרחב הגדול ביותר.

2.2. ממשק הרעייה המקובל: בקרב אוכלוסיית הבדואים, במהלך החורף העדרים מגודלים

בדירים בפזורה הבדואית וניזונים ממספוא ותערובות מזון קנויות. מדי שנה, לאחר קבלת רישיונות רעייה מהרשויות (משרד החקלאות, קק"ל והסיירת הירוקה), מוקצים לרועים אזורי מרעה בשטחים הטבעיים וביערות הנטועים של אזור צפון הנגב. בדרך כלל, תקופת הרעייה באזורים אלה נמשכת בין החודשים פברואר למאי-יוני. לאחר מכן - בקיץ, עם סיום הקציר בשדות הפלחה, עוברת הרעייה לשדות השלף, עם הסכמים בין בעלי הקרקעות ובעלי העדרים [11]. בממשק הרעייה הנוכחי, כל עדר מקבל כמה עשרות עד מאות דונמים לעונה כאשר מדי בוקר יוצא העדר לרעייה ומדי ערב שב לנקודת המאהל, שם העדר מרוכז במכלאות בגודל של 200 מטר מרובע לערך. אי לכך, באזור המכלאה יש ריכוזים גבוהים של חומר אורגני, נוטריינטים, וחומרים אחרים (אנאורגניים, פרמצבטיים-וטרנריים) אשר מופרשים בשתן ובגללי הצאן [2]. יתכן וכתלות בשפע המזון, הרועים יחליפו את מיקום המאהל והמכלאה מספר פעמים בעונה, אך ככלל, העדר ישהה במכלאה זמנית למשך מספר שבועות עד חודשים ולרוב, העדרים שבים לאותן מכלאות זמניות מדי עונת רעייה [11]. מלבד למכלאה העיקרית בה שוכן רוב העדר ישנה בד"כ מכלאה נוספת בכל מאהל

בה מרוכזות נקבות לפני המלטה וטלאים בני יומם וצעירים אשר אינם יוצאים מהמכלאה רוב שעות היממה.

2.3. השפעת הרעייה על איכות הקרקע: קרקע בריאה תומכת בתהליכים הבאים: (1) פעילות

ביולוגית בקרקע תוך שמירה על אוכלוסיות מיקרו- ומאקרו-אורגניזמים מגוונות ובעלות כושר רבייה; (2) זרימה, חלחול ותנועת מומסים; (3) ספיחה ופירוק מזהמים ממקורות אורגניים ואנאורגניים; (4) מחזור חומרי הזנה עבור המערכת הביולוגית; ו- (5) פעילות אנושית תרבותית וכלכלית [2], [12]. מחקרים מכל העולם הראו כי עיקר השפעת הרעייה על איכות הקרקע כוללת ירידה בנקבוביות וביכולת תאחיזת המים של הקרקע ועלייה בצפיפות הגושית עקב הידוק שכבות הקרקע העליונות (10 - 30 ס"מ) על ידי (רגלי) הצאן [13]–[15] וכתישת פני השטח העליונים ביותר [2]. הידוק הקרקעות המשמעותי ביותר מתרחש בתכולת רטיבות של 20% - 30% [2]. השינויים בתכונות הפיסיקליות של הקרקע, כמו גם אכילת הצמחים על ידי העדרים גוררים ירידה ברמות הפעילות והביומסה המיקרוביאלית בקרקע [13], [16], אשר צפויה להשפיע בצורה שלילית על מידת האגרגציה של חלקיקי הקרקע, יציבות האגרגטים ופוטנציאל הקיבוע והשימור של החומר האורגני בקרקע [17]–[19]. מאידך, ניתן לצפות לעליה בתרומה היחסית של חומר אורגני וכן מיקרואורגניזמים שמקורם בפרש בע"ח, בהשוואה למקורות צמחיים, באזור מכלאות הצאן [21], [20]. בנוסף, הפרשות הצאן מעלות את חומציות ומליחות הקרקע [3], [22], [23]. שתן הצאן מכיל ריכוזי יונים גבוהים הכוללים: Ca, Na, Cl, K, N ו-Mg [3] אשר בהגיעם לקרקע, בשילוב עם תהליכי אידוי יכולים להתגבש ליצירת מלחים שונים בפרופיל הקרקע. החנקן שבשתן הופך במהירות, בהידרוליזה, ל-NH₄ אשר, בתלות בלחות הקרקע, יחומצן על ידי חיידקים ניטריפקנטים לניטריט וניטרט הניידים בתמיסת הקרקע [22]. הידוק שכבות הקרקע העמוקות, שחיקת פני הקרקע ותהליכי החלחול האנכיים המוגבלים גורמים להגברת הנגר העילי בעת אירועי גשם אשר גורם לתהליכי סחף ובלייה שעשויים להוביל להגברת פיזור המזהמים מאזור המכלאה למרחב ולאגני הניקוז המקומיים והאזוריים [2]. הפגיעה באיכות הקרקע תלויה במספר השנים שבהן השתמשו במכלאה ועל כן צריכה להימדד

לאורך טווח-ארוך של שנים. מחקרים הראו כי רעייה בצפון הנגב עשויה להשפיע על כמות החומר האורגני בקרקע, כמות זמינות הנוטריינטים בקרקע לצמח, תהליכי זרימה (תחתית ועילית), תהליכי בלייה וסחיפת קרקעות, רמת הרטיבות בקרקע ובריאות חברות הצומח ומגוון המינים, אשר לחזרתם למצב הטבעי דרושים עשר שנים לערך [6], [7]. בדרך כלל מחקרים אלו בדקו את השפעת הצאן על כלל שטחי הרעייה והתמקדו פחות באזורי המכלאות, אף על פי שבהם מרוכז הצאן בשטח קטן לאורך שעות רבות ולכן שם ריכוז המזהמים הגבוה ביותר.

2.4. מזהמים ממקור צאן: עם העלייה בתכולת חומר אורגני כללי (ח"א) בקרקע ממקור פרש

צאן, צפוי לעלות גם ריכוז החומר האורגני המסיס (חא"מ) בקרקע המהווה וקטור פוטנציאלי לניוד מזהמים אורגניים ואנאורגניים בנגר עילי ולתת-הקרקע [24]. מתוך שיחות עם בעלי העדרים ועם וטרינרים האחראים על בריאות העדרים עולה כי עיקר החומרים הוטרנינרים הצפויים להגיע לקרקע עם הפרשות הצאן כולל אנטיביוטיקות ממשפחות הטרציקלין והבטא-לאקטם והורמונים מקבוצת האסטרואגנים, טוסטסטרון ופרוג'סטרון.

בנוסף, ימופו ריכוזי מזהמים אנאורגניים בעלי פוטנציאל קישור אל חא"מ (חנקן וקטיונים) ומזהמים פתוגניים (חיידקי צואה) בפרופיל הקרקע. בנוסף לריכוז חא"מ, ימופה הרכב החא"מ בפרופיל הקרקע באמצעות ספקטרוסקופיה פלואורסנטית המהווה שיטה רגישה ביותר לכימות חא"מ ואפיון הרכבו [25]. באמצעות השוואה לחא"מ מקרקעות ביקורת ללא תרומת פרש צאן, יוגדרו "טביעות אצבע" ספקטראליות של חא"מ ממקור פרש צאן שיוכלו לשמש לאחר ייסודן לזיהוי וניטור זיהום בחא"מ ממקור צאן בקרקע ובאגן הניקוז שלה.

תוצאות ראשוניות והיפותזת העבודה: סקר ראשוני של מכלאות הצאן בצפון הנגב הראה כי ההשפעה של השינויים באיכות הקרקע על הצומח באזורי המכלאות היא ארוכת-טווח (תמונה 1א). ממכלאות שננטשו נראה כי בשנים הראשונות לאחר הנטישה אין כמעט צמחייה בשטח המכלאה. לאחר מכן, מופיעה צמחייה ניטרופילית המורכבת מצמחים, כגון: חלמית קטנת-פרחים, כף-אווז אשפתות וסרפד כדורים. בהמשך, הצמחייה הניטרופילית יכולה להיות מוחלפת על ידי צמחי גדילן וברקן ולאחר מכן על ידי דגניים שונים ולבסוף, לאחר

תקופה שיכולה להיות מעל 10 שנים, חוזרת הצמחייה המקורית. בחינה של הצמחייה ופיזור באזורי המכלאות מעידה על תנועה לטרלית של המזהמים כתלות בטופוגרפיה ובתהליכי הזרימה באזור (תמונה 1ב). בנוסף, מתחת לפני השטח נמצאו שכבות מלח מסוגים שונים, אשר טיבם המדויק טרם נבדק. הבנה כמותית של סוג המזהמים, הצטברותם בקרקע ובנוף ותנועתם בסביבת המכלאות איננה קיימת. השערת העבודה הבסיסית היא כי השינויים בתכונות הקרקע באזורי המכלאות כתוצאה מנוכחות הצאן, ביחד עם הריכוזים הגבוהים של הפרשות הצאן גורמים ל: (1) הצטברות חא"מ ומזהמים בפני השטח ובתת הקרקע הרדודה וכי קיים קשר בין מרכיבי חא"מ ספציפיים (כגון חומרים הומיים ופולביים או ממקור חלבון) לניוד מזהמים ספציפיים בפרופיל הקרקע; (2) באתרים הנמצאים במדרונות משופעים, על גדות הנחלים, זרימה עילית בארועי גשם תוביל להסעה לטרלית ופיזור המזהמים מעבר לשטחי המכלאה; (3) השינויים הפיסיקליים וזיהום הקרקעות יפגע בתפקוד המטבולי של האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע ועקב כך; (4) תרד יעילות מחזור יסודות ההזנה ותגבר הנדידה של חומר אורגני מסיס, יסודות כחנקן, זרחן, בורן, כלור, נתרן ואשלגן, חומרים פרמצבטיים וכן פתוגנים של צואה בנגר עילי ובחלחול לתת הקרקע.

3. מטרות המחקר: מטרת המחקר הכללית היא ללמוד את פער הידע הקיים לגבי השפעת הצאן

על תכונות הקרקע הפיסיקליות ותנועת מזהמים מעל - ולתת הקרקע במכלאות הצאן בצורה כמותית, בעזרת מדידות שדה נרחבות באתרי רעייה שונים באזורים המיוערים של צפון הנגב. על בסיס ממצאי המחקר יגובשו המלצות לשיפור ממשקי הרעייה ואופן ניהול מכלאות הצאן הזמניות בכדי למזער כמידת האפשר את נזקי המכלאות לקרקע ולסביבה. מטרות המחקר הפרטניות הן:

3.1. אפיון מרחבי של הרכב ותנועת המזהמים לתת הקרקע ומעליה באזורי מכלאות הצאן:

איסוף דוגמאות קרקע מעומקים ומיקומים שונים באזורי המכלאות לאפיון סוג, אופי וריכוזי המזהמים באנליזות במעבדה.

3.2. הערכת השפעת הצאן במכלאות על תכונות הקרקע הפיסיקליות, הכימיות

והמיקרוביולוגיות: בחינת דוגמאות קרקע מאזורי המכלאות מעומקים ומיקומים שונים, כולל

בחינה של קרקעות שאינן מאזורי המכלאות (ביקורת) לקביעת השפעת ריכוז הצאן במכלאות על מבנה הקרקע ותכונותיה ההידראוליות, כימיות (תכולת והרכב חומר אורגני מוצק ומסיס ומלחים) ומיקרוביולוגיות (ביומסה כללית, תפקוד מטבולי ונוכחות פתוגנים).

3.3. הגדרת הקשרים בין השינויים הכימו-פיסיקליים החלים על הקרקע, כתוצאה מריכוז הצאן במכלאות, לשינויים התפקודיים-מטבוליים של האוכלוסייה המיקרוביאלית בקרקע ודפוסי הפיזור המרחבי של מרכיבי הזיהום השונים מהפרשות הצאן באזורי המכלאות: ניתוח הקשר הסטטיסטי והנסיבתי בין מרכיבי הזיהום השונים ("יבחנו מרכיבי חא"מ, מזהמים פרמצבטיים-וטרינריים (הורמונים ואנטיביוטיקות), חיידקים צאתיים ונוטריאנטים), פיזורם בסביבת המכלאות ותכונות הקרקע הכימו-פיסיקליות.

3.4. הגדרת מדדים להערכת הסיכון לפיזור המזהמים בסביבה: הגדרת מדדי קרקע שונים (תכונות הקרקע) כאינדיקטורים לעלייה בפוטנציאל נדידה (אופקית ואנכית) של חומר אורגני מסיס, יסודות, פתוגנים ומזהמים ממכלאות הצאן.

3.5. ייסוד "טביעות אצבע" ספקטראליות של חא"מ ממקור פרש הצאן: מציאת "טביעות אצבע" ספקטראליות של החא"מ יוכלו לשמש ככלי לזיהוי וניטור זיהום ממקור צאן בקרקעות ובאגני הניקוז באזורי הרעייה.

3.6. המלצות לשיפור ממשק הרעייה: גיבוש המלצות להתאמת ממשקי הרעייה, מיקום המכלאות, ריכוז העדרים וטיפול בפרש המצטבר במכלאות לצמצום זיהום הקרקע והסיכון לזיהום מי התהום והמים העיליים באזורי המכלאות.

4. חשיבותו וייחודו של המחקר:

4.1. חידושי המחקר: המחקר המוצע עתיד לשפוך אור חדש ולשפר את הבנתנו של המנגנונים הפיסיקליים – כימיים - ביולוגיים המעורבים בתהליכי הזיהום הסביבתי והפגיעה באיכות הקרקע כתוצאה מפעילות הרעייה באזורי המכלאות הזמניות בשטחים המיוערים על קרקעות הלס בנגב. אף על פי שהמחקר יתרכז באזורים המיוערים, סביר להניח כי רוב ממצאי המחקר וההמלצות שיגובשו לצמצום הזיהום והפגיעה בקרקע באזורי המכלאות יהיו משמעותיים וישימים גם לאזורי הרעייה בשטחים הפתוחים והחקלאיים.

5. תוכנית המחקר: כאמור – עיקר המחקר יתבסס על מדידות שדה ואנליזות קרקע במעבדה לקביעת תכונות הקרקע, סוג המזהמים ואופי פיזורם. הדוגמאות ייאספו ממספר מכלאות בצפון הנגב, בנות גילאים שונים (מספר שנים בהן מתקיימת בהן רעייה), כאשר חלקן ננטשו לפני מספר שנים. בחינת פיזור המזהמים ותכונות הקרקע באתרים השונים, תוך התחשבות במשך השנים בהן בוצעה רעייה בכל אחד מן האתרים ומשך הזמן בו המכלאות לא היו בשימוש (במכלאות הנטושות) יאפשר הבנה של השפעת מימד הזמן על זיהום הקרקעות ושיקומן.

5.1. אתרי המכלאות: מספר מכלאות צאן פעילות ונטושות ייבחנו בשני אזורים: יער בארי, ליד קיבוץ בארי; ויער פלוגות ליד צומת פלוגות. **טבלה מספר 2** מציגת את אופי האתרים מבחינת הקרקע והמשקעים ומפרטת את מספר המכלאות ותקופת סיום הרעייה במכלאות הנטושות. בנוסף בכל אזור יבחרו, בצורה אקראית, שני אתרי ביקורת בהם לא מתקיימת רעייה.

טבלה 2: אתרי המכלאות

מכלאות נטושות				מכלאות פעילות	משקעים (מ"מ/שנה)	קרקע	
15-20 שנים	10-15 שנים	5-10 שנים	1-5 שנים				
6	2	7	7	3	240	לס כבדה	יער בארי
0	8	7	7	2	380	לס קלה	יער פלוגות

5.2. סקרי קרקע: מכל אחת מהמכלאות (גיל ותקופת נטישה) יבחרו בצורה אקראית שתי מכלאות בהן יתבצע סקר קרקע בשנה הראשונה של המחקר. מטרת סקרי הקרקע למדוד ולאפיין את תכונות הקרקע באתרים השונים, לזהות מרכיבי חא"מ ומזהמים אורגניים, אנאורגניים, פרמצבטיים-וטרינריים ופתוגנים ממקור הצאן ולאפיין את פיזורם במרחב. בנוסף, בכל אתר תאופיין הטופוגרפיה על פי מדידות בשדה ונתוני ממ"ג (מערכות מידע גאוגרפיות) קיימים.

5.2.1. מדידות שיבוצו בשדה: תכונות הקרקע אשר ייבחנו in-situ בשדה יכללו את התנגדות הקרקע לחדירה בעומקים שונים אשר תימדד בעזרת penetrometer (Pocket Pentrometer, Forestry Suppliers, Inc. Jackson, Mississippi USA),

קצבי חלחול ומוליכות הדראולית אשר יימדדו בעזרת double ring infiltrometer

[26], והתנגדות הקרקע לגזירה בעומקים שונים תימדד בעזרת H-4212 pocket

shear vane tester. כל המדידות הנ"ל יבוצעו במרכז המכלאה.

5.2.2. מדידות שיבוצעו במעבדה על דגימות קרקע מהשדה: דגימות קרקע שיאספו

בשדה ינותחו במעבדה לקביעת התכונות הבאות, על פי המפורט בטבלה 3.

טבלה 3: מדידות מעבדה לדוגמאות קרקע מהשדה

שיטות מדידה	תכונה
שקילה לפני ואחרי ייבוש	תכולת רטיבות משקלית
שקילה דוגמאות קרקע בלתי מופרות ויבשות	צפיפות גושית
ניפוי במערכת נפות	טקסטורה
ניפוי יבש	יציבות אגרגטים
מיצוי מימי ומדידות EC וריכוזי יונים ראשיים בשיטות המתאימות לכל יסוד	מליחות וריכוז יונים ראשיים
C,N analyzer	ריכוז חומר אורגני (ח"א)
TOC analyzer	ריכוז חומר אורגני מסיס (חא"מ)
הערכת ביומסה ישירה (-Chloroform-fumigation-extraction) [27]; רמת פעילות אנזימטית הידרוליטית (FDA assay) [28]; קצב נשימה מיקרוביאלית באינקובציה [29]	ביומסה מיקרוביאלית
קביעת יחס C/N (משוערת ירידה עם אינטנסיביות תרומת הפרש [30]; הערכת תכולה יחסית של מרכיבים חנקניים, ליפידים, קרבוקסיליים וארומטיים באמצעות אנליזת FTIR [31]–[34] (משוערת תרומה דיפרנציאלית של מרכיבים אלה כתלות באינטנסיביות תרומת הפרש, בפרק הזמן מאז תרומתו ובעומק הקרקע)	אינדיקטורי תרומת פרש צאן לח"א
יחס DOC/TOC (משוערת עליה עם אינטנסיביות תרומת הפרש [30]; תרומת מרכיבים חלבוניים בספקטרוסקופיה פלואורסנטית (tryptophan/tyrosine:humic/fulvic ratio) [25]	אינדיקטורי תרומת פרש צאן לחא"מ
e. coli assay [35]	אינדיקטורים לזיהום מיקרוביאלי מפרש צאן
qCO ₂ (צפויה עלייה); מגוון תפקודי בניצול סובסטרט אורגני בשיטת MicroResp [29] (צפוי לרדת)	אינדיקטורים לירידה ביעילות מטבולית מיקרוביאלית
אנליזה אלמנטרית, ספקטרוסקופיית FTIR וספקטרוסקופיה פלואורסנטית.	הרכב ח"א וחא"מ
HPLC או LC-MS ע"פ טווח הריכוזים [36]	ריכוז טטרציקלינים ובטא לאקטמים
Specific radioimmunoassays [37]	ריכוז הורמונים

מוליכות הדראולית	ניסויי דרסי על דוגמאות בלתי מופרות
------------------	------------------------------------

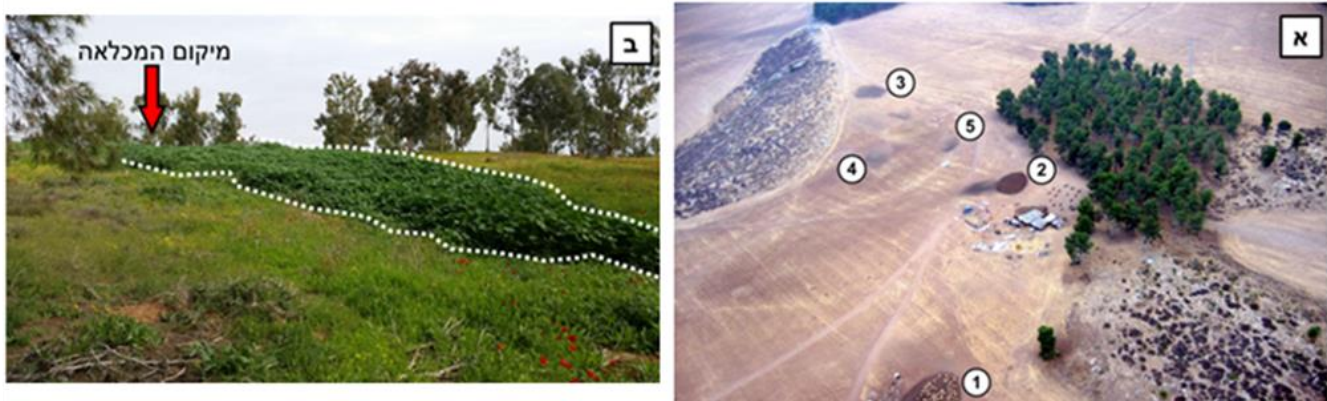
5.2.3. אופן דיגום הקרקע: דגימות הקרקע יאספו על ידי דוגם קרקע שיאסוף דוגמאות

בלתי מופרות בנפח של 100 סמ"ק לערך. דוגמאות יאספו מהעומקים 0, 0.15, 0.35, 0.5, 1 מטר. **תמונה 2** מציגה את פיזור איסוף דוגמאות הקרקע מהמכלאות. כמובן שבכל אתר יילקחו בחשבון תנאי השדה והטופוגרפיה ושינויים בכמות ומיקום המדידות יערכו בהתאם.

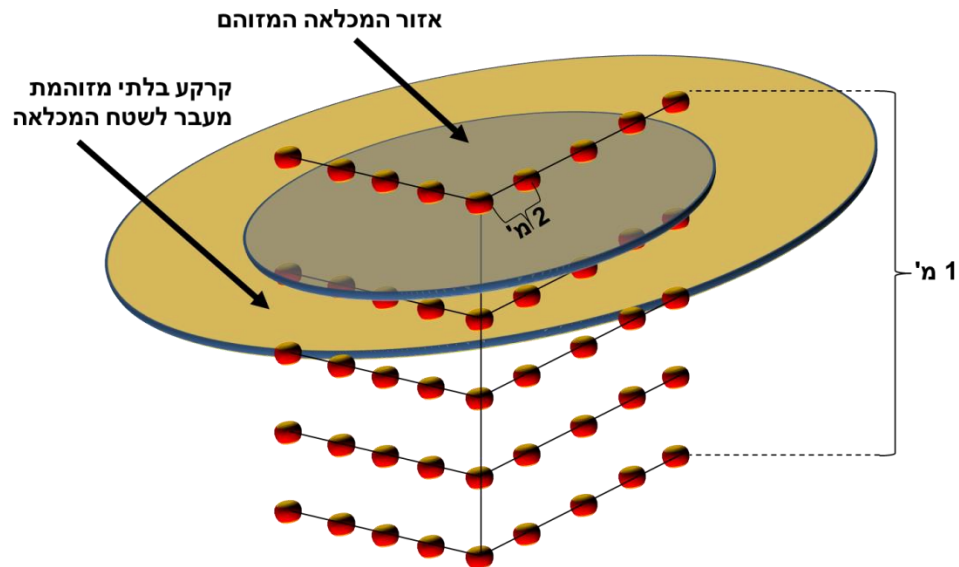
5.2.4. אבני דרך שנתיות: מכיוון שוועדת השיפוט צמצמה את משך המחקר לשנה אחת

בלבד – כל האמור לעיל יבוצע בשתי מכלאות באזור יער פלוגות. כפי שביקשה הוועדה יילקחו דגימות עד לעומק של מטר וחצי מחמישה מוקדי דיגום בכל אתר. אף על פי שמשך הזמן לביצוע המחקר צומצם, אנו מאמינים כי בחינת שני האתרים והשוואה ביניהם, כתלות באופי ובמשך השימוש בכל אחד מהאתרים, תאפשר הבנה כמותית של תהליכי זיהום הקרקע במכלאות הצאן, כפי שמתואר במטרות המחקר.

6. איורים ושרטוטים:



תמונה 1: (א) מאהל רועים אופייני מאזור צפון הנגב (מז' למושב אחוזם). מכלאות 1 ו-2 עדיין פעילות אך 3 - 5 שנגטשו לפני מספר שנים עדיין ניתנות לזיהוי בנף. המאהל נמצא בצמוד לאזור מיוער ואדמה בלתי מעובדת, שם בוצעה הרעייה באביב. בקיץ, לאחר קציר החיטה החלה הרעייה בשדות השלף. (ב) אזור מועדף לגדילת חלמית קטנת פרחים למרגלות מכלאה בצפון הנגב (ביתרונות רוחמה) המעידה על תנועה לטרלית של מזהמים עשירים בחנקן לכיוון האזור המודגש בתמונה על ידי הקווים המקווקים.



תמונה 2: איור סכמטי של אופן ביצוע דיגום הקרקע באזורי המכלאות. בכל אתר יידגמו לפחות שני חתכים, או יותר כתלות בתנאי השדה והטופוגרפיה. בכל חתך יילקחו דוגמאות מהעומקים 0, 0.15, 0.35, 0.5 ו-1 מטר כאשר המרחק האופקי בין נקודות הדיגום יהיה 2~ מטר.

7. תקציב המחקר: עיקר התקציב המבוקש נועד לכסות את הוצאות דיגומי השדה וביצוע האנליזות,

כמו גם מלגת סטודנט לתואר שני, נסיעות לשדה ושכר טכנאי בחצי משרה, על פי המפורט

בטבלה 5.

טבלה 5: פירוט הוצאות כספיות לביצוע המחקר

שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
24,958	37,392	42,175	אנליזות קרקע
55,000	38,044	29,783	עובדים ארעיים / סטודנטים
7,000	11,522	15,000	הוצאות רכב (נסיעות לשדה)
13,042	13,042	13,042	תקורה
100,000	100,000	100,000	סה"כ
סה 300,000 ₪			

8. רשימת פרסומים של החוקרים הרלוונטיים לנושא הנחקר:

Nachshon, U., Weisbrod, N., Dragila, M.I., and Grader, A., C. (2011). Combined evaporation and salt precipitation in homogeneous and heterogeneous porous media. Water Resour. Res., 47, W03513.

Nachshon, U., Ireson, A., van der Kamp, G. and Wheeler, H. (2013). Subsurface salt dynamics in the Glacial Till portions of the North American Prairies. Journal of Hydrology, 499, 188–199. IF – 3.654; Category: Water Resources; Rank 4/80.

Nachshon, U., Ireson, A., van der Kamp, G., Davies, S. R. and Wheeler H. (2014). Impacts of climate variability on wetland salinization in the North American prairies. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 1251-1263.

Ireson, A. M., van der Kamp, G., **Nachshon, U.** and Butler, A. P. (2013). Modeling groundwater-soil-plant-atmosphere exchanges in fractured porous media. *Procedia Environmental Sciences*, 19, 321-330.

Zaady, E., Okon, Y. and Perevolotsky, A. (1994). Growth response of Mediterranean herbaceous swards to inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Journal of Range Management* 47: 12-15.

Itzigsohn, R., Burdman, S., Okon, Y., **Zaady, E.**, Yonatan, R. and E. Perevolotsky. (2000). Plant-growth promotion in natural pastures by inoculation with *Azospirillum brasilense* under sub-optimal conditions. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14: 151-159.

Eldridge, D.J., **Zaady, E.** and Shachak, M. (2000). Infiltration through three contrasting biological soil crusts in patterned landscapes in the Negev, Israel. *Catena* (40)3, 323-336.

Zaady, E., Yonatan, R., Shachak, M., Perevolotsky, A. (2001). The effects of grazing on abiotic and biotic parameters in semi-arid ecosystem: a case study from the northern Negev desert, Israel. *Arid Soil Research and Management* 15: 245-261.

Thompson, T.L., **Zaady, E.**, Huancheng, P., Wilson, T.B. and Martens, D.A. (2006). Soil C and N in patchy shrublands of the Negev and Chihuahuan Deserts: A Comparative Study. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 1943-1955.

Maestre T.F., Quero, L.J., Gotelli, J. N., Escudero, A., Ochoa, V., Delgado-Baquerizo, M., García-Gómez, M., Bowker, A. M., Soliveres, S., Escolar, C., García-Palacios, P., Berdugo, M., Valencia, E., Gozalo, B., Gallardo, A., Blones, J., Boeken, B., Bran, D., Conceição, A.A., Cabrera, O., Chaieb, M., Derak, M., Eldridge, J. D., Espinosa, I. C., Florentino, A., Gaitán, J., Gatica, M.G., Ghiloufi, W., Gómez-González, S., Gutiérrez, R.J., Hernández, M. R., Huang, X., Huber-Sannwald, E., Jankju, M., Miriti, M., Monerris, J., Mau, L.R., Morici, E., Naseri, K., Ospina, A., Polo, V., Prina, A., Pucheta, E., Ramírez-Collantes, A. D., Romão, R., Tighe, M., Torres-Díaz, C., Val, J., Veiga, P. J., Wang, D. & **Zaady, E.** (2012). Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science* 335: 214-218.

Sher, Y., **Zaady, E.**, Ronen, Z., Nejidat, A. (2012). Nitrate accumulation in soils of a semi-arid ecosystem following a drought-induced shrub death. *European Journal of Soil Biology* 53: 86-93.

Zaady, E., Arbel, S., Barkai, D., Sarig, S. (2013). Long-term impact of agricultural practices on biological soil crusts and their hydrological processes in a semiarid landscape. *Journal of Arid Environments* 90: 5-11.

Delgado-Baquerizo, M., Maestre, T.F., Gallardo, A., Bowker, M.A., Wallenstein, M.D., Quero, J.L., Ochoa, V., Gozalo, B., García-Gómez, M., Soliveres, S., García-Palacios, P., Berdugo, M., Valencia, E., Escolar, C., Arredondo, T., Barraza-Zepeda, C., Bran, D., Carreira, J.A., Chaieb, M., Conceição, A., Derak, M., Eldridge, D.J., Escudero, A., Espinosa, C.I., Gaitán, J., Gatica, M.G., Gómez-González, S., Guzman, E., Gutiérrez, J.R., Florentino, A., Hepper, E., Hernández, R.M., Huber-Sannwald, E., Jankju, M., Liu, J., Mau, R.L., Miriti, M., Monerris, J., Naseri, K., Noumi, Z., Polo, V., Prina, A., Pucheta, E., Ramírez, E., Ramírez-Collantes, D.A., Romão, R., Tighe, M., Torres, D., Torres-Díaz, C., Ungar, E.D., Val, J., Wamiti, W., Wang D. & **Zaady E.** (2013). Aridity decouples soil C, N and P biogeochemical cycles in global drylands. *Nature* 502: 672-676.

Sher, Y., **Zaady, E.**, Nejidat, A. (2013). Spatial and temporal diversity and abundance of ammonia oxidizers in semi-arid and arid ecosystems: indications for a differential seasonal effect on archaeal and bacterial ammonia oxidizers. *FEMS Microbiol Ecol.* 86: 544-556.

Paz-Kagan, T., Shachak, M., **Zaady, E.**, Karnieli, A. (2014). Evaluation of land-use transformation using soil quality and primary productivity in a semi-arid area, Israel. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 193: 9-24.

Stavi, I., Barkai, D., Islam, K.R., **Zaady, E.** (2015). No negative effect of moderate stubble grazing on soil quality in wheat agro-ecosystems, the Negev, Israel. *Agronomy for Sustainable Development*,. In Press.

Oren, A., Aizenshtat, Z. and Chefetz, B. (2006). Persistent organic pollutants analysis and sedimentary organic matter structure in sediments from the Kishon River, Israel. *Environ Pollut.* 141, 265–274.

Oren, A. and Steinberger, Y. (2008a). Coping with artifacts induced by $\text{CaCO}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ equilibria in substrate utilization profiling of calcareous soils. *Soil, Biol. Biochem.* 40, 2569-2577.

Oren, A. and Steinberger, Y. (2008b). Catabolic profiles of soil fungal communities along a geographic climatic gradient in Israel. *Soil, Biol. Biochem.* 40, 2578-2587.

Oren, A. and Chefetz, B. (2012). Sorptive and desorptive fractionation of dissolved organic matter by mineral soil matrices. *J. Environ. Qual.* 41, 526-533.

Oren, A. and Chefetz, B. (2012). Successive sorption-desorption cycles of dissolved organic matter in mineral soil matrices. *Geoderma* 189-190, 108-115.

Haham, H., **Oren, A.** and Chefetz, B. (2012). Insight into the role of dissolved organic matter in sorption of sulfapyridine by semi-arid soils. *Environ. Sci. Technol.* 46, 11870-11877.

Mitchell, P. J., Simpson, A. J., Soong, R., **Oren, A.**, Chefetz, B. and Simpson, M. J. (2013). Solution-state NMR investigation of the sorptive fractionation of dissolved organic matter by alkaline mineral soils. *Environ. Chem.* 10, 333-340.

9. רשימת ספרות:

- [1] E. Wachs and A. Tal, "Herd no more: Livestock husbandry policies and the environment in Israel," *J. Agric. Environ. Ethics*, vol. 22, no. 5, pp. 401–422, 2009.
- [2] W. C. Krueger, M. A. Sanderson, J. B. Cropper, M. Miller-Goodman, C. E. Kelley, R. D. Pieper, P. L. Shaver, and M. J. Trlica, "Environmental impacts of livestock on U. S. grazing lands," Ames, Iowa, 2002.
- [3] R. M. Monaghan and D. Barraclough, "Some Chemical and Physical Factors Affecting the Rate and Dynamics of Nitrification in Urine-Affected Soil," *Plant Soil*, vol. 143, pp. 11–18, 1992.

- [4] a El Aich and a Waterhouse, "Small ruminants in environmental conservation," *Small Rumin. Res.*, vol. 34, no. 3, pp. 271–287, 1999.
- [5] L. Olsvig-whittaker, E. Frankenberg, A. Perevolotsky, and E. D. Ungar, "Grazing , overgrazing and conservation : Changing concepts and practices in the Negev rangelands," *Secheresse*, vol. 17, no. 1/2, pp. 195–199, 2006.
- [6] E. Zaady, R. Yonatan, M. Shachak, and A. Perevolotsky, "The Effects of Grazing on Abiotic and Biotic Parameters in a Semiarid Ecosystem: A Case Study from the Northern Negev Desert, Israel," *Arid L. Res. Manag.*, vol. 15, no. 3, pp. 245–261, 2001.
- [7] C. Golodets and B. Boeken, "Moderate sheep grazing in semiarid shrubland alters small-scale soil surface structure and patch properties," *Catena*, vol. 65, no. 3, pp. 285–291, 2006.
- [8] I. Stavi, E. D. Ungar, H. Lavee, and P. Sarah, "Livestock Modify Ground Surface Microtopography and Penetration Resistance in a Semi-Arid Shrubland," *Arid L. Res. Manag.*, vol. 23, no. 3, pp. 237–247, 2009.
- [9] A. Bouskila, "Reptiles in Israel," in *The red book: Vertebrates in Israel*, A. Dolev and A. Perevolotsky, Eds. Jerusalem: Israel Nature and Parks Authority and the Society for the Protection of Nature in Israel, 2004, pp. 73–83.
- [10] תרומתה של הקרן הקיימת ח"ד. גורן, "מפעלי קק"ל לפיתוח הנגב ויישובו במדינת ישראל תרומתה של הקרן הקיימת ח"ד. גורן, "מפעלי קק"ל לפיתוח הנגב ויישובו במדינת ישראל", *ירושלים*, 2007, pp. 20–37.
- [11] M. Ginguld, A. Perevolotsky, and E. D. Ungar, "Living on the Margins: Livelihood Strategies of Bedouin Herd-Owners in the Northern Negev, Israel," *Hum. Ecol.*, vol. 25, no. 4, pp. 567–591, 1997.
- [12] D. L. Karlen, M. J. Mausbach, J. W. Doran, R. G. Cline, R. F. Harris, and G. E. Schuman, "Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation," *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 61, no. 1, p. 4, 1997.
- [13] B. K. Northup, J. R. Brown, and J. a. Holt, "Grazing impacts on the spatial distribution of soil microbial biomass around tussock grasses in a tropical grassland," *Appl. Soil Ecol.*, vol. 13, no. 3, pp. 259–270, 1999.
- [14] B. J. Bridge, J. J. Mott, and R. J. Hartigan, "The formation of degraded areas in the dry savanna woodlands of northern Australia," *Aust. J. Soil Res.*, vol. 21, pp. 91–104, 1983.
- [15] H. K. Greenwood KL, MacLeod DA, Scott JM, "Changes to soil physical properties after grazing exclusion," *Soil Use Manag.*, vol. 14, pp. 19–24, 1998.
- [16] J. a. Holt, "Grazing pressure and soil carbon, microbial biomass and enzyme activities in semi-arid northeastern Australia," *Appl. Soil Ecol.*, vol. 5, no. 2, pp. 143–149, 1997.

- [17] V. A. Laudicina, A. Novara, B. V., M. Egli, and B. L., "Long term tillage and cropping system effects on chemical and biochemical characteristics of soil organic matter in a mediterranean semiarid environment," *L. Degrad. Dev.*, vol. 26, pp. 45–53, 2015.
- [18] S. Saggar, G. W. Yeates, and S. T.G., "Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand," *Soil Tillage Res.*, vol. 58, pp. 55–68, 2001.
- [19] S. T.G., S. Saggar, N. R.H., C. W. Ross, and D. J.L., "Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fractions in New Zealand soils," *Aust. J. Soil Res.*, vol. 39, pp. 465–489, 2001.
- [20] M. Bilan, A. Jaffrezic, D. Y., C. Leguillou, S. Menasseri, and W. C., "Discrimination of Farm Waste Contamination by Fluorescence Spectroscopy Coupled with Multivariate Analysis during a Biodegradation Study," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 58, pp. 3093–3100, 2010.
- [21] N. P.S., G. H. Old, C. Eliot-Laize, S. J. Granger, J. M. B. Hawkins, R. Bol, and P. Haygarth, "Assessment of natural fluorescence as a tracer of diffuse agricultural pollution from slurry spreading on intensely-farmed grasslands," *Water Res.*, vol. 44, pp. 1701–1712, 2010.
- [22] R. J. Haynes and P. H. Williams, "Changes in soil solution composition and pH in urine-affected areas of pasture," *J. Soil Sci.*, vol. 43, pp. 323–334, 1992.
- [23] a. S. Black, "Soil Acidification in Urine- and Urea-Affected Soil," *Aust. J. Soil Res.*, vol. 30, no. 1979, pp. 989–999, 1992.
- [24] H. Haham, A. Oren, and B. Chefetz, "Insight into the role of dissolved organic matter in sorption of sulfapyridine by semi-arid soils," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 46, pp. 11870–11877, 2012.
- [25] M. Borisover, A. Lordian, and G. J. Levy, "Water-extractable soil organic matter characterization by chromophoric indicators: Effects of soil type and irrigation water quality," *Geoderma*, vol. 179, pp. 28–37, 2012.
- [26] L. R. Ahuja, S. A. El-Swaify, and A. Rahman, "Measuring hydrologic properties of soil with a double-ring infiltrometer and multiple-depth tensiometers," *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 40, no. 4, pp. 494–499, 1976.
- [27] E. D. Vance, P. C. Brookes, and D. S. Jenkinson, "An extraction method for measuring soil microbial biomass C.," *Soil Biol. Biochem.*, vol. 19, pp. 703–707, 1987.
- [28] J. Schnüner and T. Rosswall, "Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 43, pp. 1256–1261, 1982.

- [29] A. Oren and Y. Steinberger, "Coping with artifacts induced by CaCO₃-CO₂-H₂O equilibria in substrate utilization profiling of calcareous soils," *Soil Biol. Biochem.*, vol. 40, pp. 2569–2577, 2008.
- [30] I. H. Yanardağ, R. Zornoza, A. F. Cano, A. B. Yanardağ, and A. R. Mermut, "Evaluation of carbon and nitrogen dynamics in different soil types amended with pig slurry, pig manure and its biochar by chemical and thermogravimetric analysis," *Biol. Fertil. Soils*, vol. 51, pp. 183–196, 2015.
- [31] A. H. Gerbazeck, R. S. Antil, I. Kögel-Knabner, H. Knicker, H. Kirchmann, and G. Haberhauer, "How are soil use and management reflected by soil organic matter characteristics: a spectroscopic approach," *Eur. J. Soil Sci.*, vol. 57, pp. 485–494, 2006.
- [32] E. Smidt, P. Lechner, M. Schwanninger, G. Haberhauer, and M. H. Gerbazeck, "Characterization of waste organic matter by FT-IR spectroscopy: Application in waste science," *Appl. Spectrosc.*, vol. 56, pp. 1170–1175, 1999.
- [33] A. Oren and B. Chefetz, "Sorptive and desorptive fractionation of dissolved organic matter by mineral soil matrices," *J. Environ. Qual.*, vol. 41, pp. 526–533, 2012.
- [34] R. H. Ellerbrock, A. Höhn, and J. Rogasik, "Functional analysis of soil organic matter as affected by long-term manorial treatment," *Eur. J. Soil Sci.*, vol. 50, pp. 65–71, 1999.
- [35] C. A. McCall, K. S. Jordan, M. B. Habash, and K. E. Dunfield, "Monitoring Bacteroides spp. markers, nutrients, metals and Escherichia coli in soil and leachate after land application of three types of municipal biosolids," *Water. Res.*, vol. 70, pp. 255–265, 2015.
- [36] M. Subbiah, S. M. Mitchell, J. L. Ullman, and D. R. Call, "β-Lactams and Florfenicol Antibiotics Remain Bioactive in Soils while Ciprofloxacin, Neomycin, and Tetracycline Are Neutralized," *Appl. Env. Microbiol.*, vol. 77, no. 20, pp. 7255–7260, 2011.
- [37] S. Arnon, O. Dahan, S. Elhanany, K. Cohen, I. Pankratov, A. Gross, Z. Ronen, S. Baram, and L. S. Shore, "Transport of Testosterone and Estrogen from Dairy-Farm Waste Lagoons to Groundwater," *Environ. Sci Technol.*, vol. 42, no. 15, pp. 5521–5526, 2008.