

המערכות האקולוגיות המדבריות – הפרק המלא

מחברים מובילים: אלי גרונר, אופיר כץ, נועה אבריאל-אבני, פועה בר

עוזרי מחקר: אילנה לייזון, הגר בן-שלמה, עדי שפי, מגן סיריצקי, אופיר כץ

מחברים תורמים: אביגיל מוריס, בני שלמון, משה שחק

תוכן עניינים	
1	מבוא..... 2
1.1	היקף, מאפיינים פיזיים ומגוון ביולוגי..... 2
1.2	גורמים מחוללי שינוי במערכות האקולוגיות המדבריות..... 8
2	מצב ומגמות באספקת שירותי המערכות האקולוגיות המדבריות..... 11
2.1	שירותי אספקה..... 11
2.1.1	אספקת מזון מן הבר..... 11
2.1.2	אספקת משאבים גנטיים..... 19
2.1.3	אספקת צמחי תבלין ומרפא..... 23
2.1.4	אספקת ביומסה של צמחים מעוצים..... 33
2.1.5	אספקת מרעית למקנה..... 35
2.1.6	אספקת מרעית לדבורת-הדבש..... 40
2.2	שירותי ויסות..... 42
2.2.1	ויסות איכות אוויר..... 42
2.2.2	ויסות מחזור המים..... 44
2.2.3	ויסות סחיפת קרקע..... 49
2.2.4	ויסות מזיקים ומחלות..... 54
2.2.5	ויסות אקלים עולמי..... 56
2.2.6	ויסות אקלים מקומי..... 61
2.3	שירותי תרבות..... 69
2.3.1	שירותי תרבות: תיירות, פנאי וספורט..... 69
2.3.2	שירותי תרבות: חינוך ומחקר מדעי..... 75
2.3.3	שירותי תרבות: השראה ותחושת מקום..... 82
3	פערי ידע..... 91
4	מקורות..... 92

ציטוט מומלץ: גרונר, א', כץ, א., אבריאל-אבני, נ' ובר, פ' (עורכים). (2018). [המערכות האקולוגיות המדבריות – הפרק המלא](#).

1. מבוא

1.1. היקף, מאפיינים פיזיים ומגוון ביולוגי

המערכות המדבריות מאופיינות באקלים חם ויבש עם פוטנציאל התאדות גבוה (כפול או יותר מכמות הגשם השנתית הממוצעת), תכסית צמחית דלה המורכבת ממינים רבים של בני-שיח וצמחים בני-חלוף (עשבוניים חד-שנתיים ועשבוניים רב-שנתיים) ובשלטון של צמחים ובעלי-חיים בעלי תכונות המאפשרות להם להתמודד עם תנאים אלו (Shmida, 1985). הגדרת אזור כמערכת מדברית תלויה באקלים שלו, המתבטאת במדד אקלימי הנקרא מדד הצחיחות (היחס בין כמות המשקעים לבין האידיוי הפוטנציאלי), וכאשר זה נמוך מ- 20% כלומר- כמות המים שיכולה להתנדף היא לפחות פי 5 מכמות המשקעים (Geiger, 1961, UNEP, 1992) האזור מוגדר כמדבר. גם יחידות המשנה של המדבר מוגדרות על ידי מדד הצחיחות: באזור האקלים הצחיח-למחצה מדד הצחיחות הוא 0.2–0.5 (המשקעים מהווים רק חצי מכמות האידיוי הפוטנציאלי), באזור האקלים הצחיח מדד הצחיחות הוא 0.05–0.2, ובאזור האקלים הצחיח הקיצון מתחת ל-0.05. בישראל, הגבול בין האזור הצחיח-למחצה לאזור הצחיח נמצא בערך מתחת לקו ה-285 מ"מ גשם בשנה (מעט צפונית ומערבית לבאר שבע), בעוד שהגבול בין המדבר הצחיח לצחיח הקיצון עובר קרוב לגבולות הצפוניים-מערביים של מכתשי הנגב (איור 1). פרק זה מתייחס למדבר ובכלל זה החלק היבש של הצחיח למחצה מקו ה-300 מ"מ גשם לשנה ומטה. המדבר מתאפיין בכמות מים מועטות, וחלוקתו ליחידות משנה משקפת את השונות בזמינות המים ביחידות גאומורפיות שונות. באזור המעבר שבין החבל הים-תיכוני לחבל המדברי (ראה להלן), כמות הגשמים מאפשרת לקיים תכסית צמחית צפופה יחסית (כיסוי של כ-30%) גם במדרונות וגם בוואדיות, המורכבת משיחים ובני-שיח עם צמחים חד-שנתיים. במדבר הצחיח התכסית הצמחית צפופה יותר בוואדיות מאשר במדרונות (פחות מ-30% בוואדיות, כ-10% במדרונות) ומורכבת ברובה מבני-שיח וצמחים חד-שנתיים. במדבר הצחיח הקיצון כמעט שאין תכסית צמחית במדרונות וגם בוואדיות אחוז הכיסוי נמוך מ-10% ומורכבת בעיקר מעצים (Shmida, 1985).

חשיבותו האקולוגית של המדבר נובעת מהשילוב בין מאפייניו הפיסיים (אקלים יבש עם הפרשי טמפרטורה קיצוניים במהלך היממה והשנה), ובדלות היחסית של רכיבי המגוון הביולוגי שבו (ממדי התכסית הצמחית והביומאסה שלה, ועושר המינים), ורכיבי המגוון הביולוגי הייחודיים לו ותכונותיהם (התאמות לתנאים הפיסיים). מאפיינים אלה משפיעים על יכולתו של המדבר לווסת תגובות של הצומח והחי לשינויי אקלים (ספריאל, 2014) והופכים אותו למקור יקר-ערך לידע תיאורטי ומעשי שיוכל לסייע בהתמודדות עם שינויי אקלים באזורים לחים יותר. בהשוואה לאזור החבל הים תיכוני, המגוון הביולוגי של צמחים במדבר יציב מאד (הרכב חברה ומגוון מינים) בין השנים (Shoshany et al., 1996) מה שעושה את המינים שם לעמידים באופן יחסי לתנאי המחיה אבל רגישים להפרעות ותחרות (Grime, 1977). פרט לכך, שטחי החבל המדברי ממלאים תפקיד חשוב בייצור המזון בישראל: כרבע מהמערכות החקלאיות של ישראל יחד עם המערכות המדבריות שבצפון-הנגב, כמו גם מרבית ראשי-הצאן (העצני-כהן, 2011) מהווים יחד פסיפס של מערכות אקולוגיות. תפרוסת זו אינה נובעת מכך שהחבל המדברי טוב יותר לחקלאות ולמרעה, אלא בעיקר מכיוון שתהליך

התמרת מערכות החבל הים-תיכוני למערכות העירוניות-יישוביות דחקו את החקלאות והמרעה לאזורי שוליים. העברת מרכז הכובד של מטעי הפרדסים בישראל ממישור החוף אל צפון-הנגב הוא דוגמא אחת לכך. בעוד שהחקלאות נפוצה בעיקר מצפון וממערב לבאר-שבע וכן בערבה, הרעייה נפוצה בעיקר בבקעת ערד ובהר-הנגב שמצפון לשדה-בוקר (שם החקלאות נפוצה פחות ונשענת על גידולי-בעל). על כן, אם תאבד התמיכה אותה מספקות מערכות אקולוגיות מדבריות טבעיות למערכות החקלאיות ייצור המזון במדבר, היינו המערכות החקלאיות, עלולה להיגרם פגיעה ביממדי יצור המזון של ישראל. פיתוח מואץ המקטין את ממדי המערכות האקולוגיות הטבעיות, היינו המערכות המדבריות, עלול לגרום נזקים חמורים לתשתית המערכות, הקרקע, וליכולתו של המדבר לכלכל את יושביו באופן בר-קיימא (ספריאל, 2014).

בחבל המדברי של ישראל זוהו שלשה אזורים אקלימיים באמצעות מדד הצחיחות שלהם (משקעים/אידיוי) שכל אחד מהם מתפקד כתת-מערכת מדברית, כלהלן:

מערכת/אזור צחיח קיצוני: נמצאת בדרום ישראל ומוגדרת על-ידי מדד צחיחות (משקעים/אידיוי) נמוך מ-5%. אזור זה מאופיין בכמות משקעים שאינה מספיקה לקיום תכסית של צמחיה וסקולרית ולכן צמחים אלה נמצאים רק בואדיות שם יש תוספת נגר עילי המאפשרת לצמחייה להתקיים.

מערכת/אזור צחיח: נמצאת באזור שמדד הצחיחות בו גבוה מ-5% אך כמות הגשמים השנתית נמוכה מ-200 מ"מ. במערכת זו צפיפות הצומח יחסית נמוכה, הצמחיה נמצאת ברובה בערוצים אבל שיחים ובני-שיח גדלים במדרונות. רוב שטחי המערכת נמצאים בין מצפה רמון לבאר שבע ובין דרום ים המלח לצפון בקעת הירדן.

מערכת/אזור המעבר: נמצאת בין קו הגשם של 200 מ"מ ל 300 מ"מ והיא ברובה נמצאת באזור המקביל לשטח שבין באר שבע לקרית גת. באזור זה צפיפות אוכלוסיית האדם גדולה מזו של תת-המערכת האחרים וטבועים בו שטחי מערכות עירוניות-יישוביות רבות וגם שטחים נרחבים של מערכות חקלאיות. האזור מאופיין בתנודות בכמות המשקעים המשפיעות על תפרוסת הצומח שבו, ונתון לתהליכי מדבור. תנודות גבוהות יחסית בכמות המשקעים, אופייניות לאזור המעבר, ומשפיעות על תפרוסת הצומח שבו ולאורך זמן גם על מגוון המינים והרכב חברות הצומח ובעלי החיים (Kutiel et al., 1995; Shachak et al., 1998, Safriel et al., 1994, Kark & van Rensburg, 2006).

החלוקה לפרקים של תת-מערכת המדבר הצחיח לזו של הצחיח הקיצוני נעשתה בהתאם למדד הצחיחות של-Millennium Ecosystem Assesment. אזור המעבר הוכנס כאזור בעל צפיפות אוכלוסייה אנושית ושמושי קרקע (כמערכות עירוניות-יישוביות ומערכות חקלאיות) ובכך הוא שונה מאד ממערכת האזור הצחיח אבל גם שונה מהאזור שצפונית לו – שוליה הדרומיים של מערכת החבל הים-תיכונית.

מערכת אזור המעבר (שיפולי הרי-חברון ויהודה, דרום שפלת-יהודה והנגב שמצפון לנחל באר-שבע) מאופיינת בכמויות גשם שנתיות של 200-400 מ"מ. המדבר הצחיח (הנגב שמצפון וממערב לקו ניצנה-ערד ומדרום לנחל באר-שבע)

והמדבר הצחיח הקיצון (הנגב שמזרח לקו ניצנה-ערד, הרי-אילת, הערבה ובקעת ים-המלח) מאופיינים בכמויות גשם שנתיות קטנות מ-200 מ"מ, כאשר ההפרדה ביניהם נעשתה על-פי מדד הצחיחות: גבוה מ-0.05 במדבר הצחיח ונמוך מ-0.05 במדבר הצחיח-קיצון. על אף אמות-המידה הברורות לביצוע חלוקה זו, ולמרות ההתחשבות בתואי השטח, יחידות אלה אינן חופפות את החלוקה ליחידות גאולוגיות או ביוגאוגרפיות, כמו שזה בא לידי ביטוי למשל במקרה של גלילות הצומח, שתוארו על-ידי דנין (1998). על אף ההבדלים הגאומורפולוגיים והאקלימיים בין תת-המערכות השונות, מינים רבים של צמחים ובעלי-חיים משותפים לכולן, ובכללם מינים שולטים רבים (טבלה 1 וטבלה 2) ובמיוחד מינים בעלי תפקידי מפתח באספקת שירותי מערכת (כפי שיתואר בהמשך). האמור נכון במיוחד לגבי המדבר הצחיח והמדבר הצחיח הקיצון, אך גם אזור המעבר הוא ביסודו של דבר תת-מערכת מדברית אשר בשונה משתי תת-המערכות האחרות נתון להשפעות חזקות יותר של מערכות החבל הים-תיכוני. להלן יתוארו תת-המערכות בנפרד, אך בפרקי השירותים יידונו כל שלושת תת-המערכות ביחד, תוך התייחסות למאפיינים המיוחדים לכל תת-מערכת (במידה שישנן כאלה).

מערכת/אזור המעבר

אקוטונים (Ecotones) כמו אזור המעבר מאופיינים בעושר ומגוון מינים גבוהים באופן יחסי, ורגישותם לתנודות אקלימיות בין-שנתיות גורמת לתנועת מינים מהאזורים שסביבם ולהעדפת מינים שיכולים להתמודד עם השונות הסביבתית והאקלימית הגדולה (Hansen & di Castri, 1992). כך למשל מגוון גנטי ומורפולוגי נוטה להיות גבוה יותר באקוטונים (Safriel et al., 1994), וכך גם במקרה של אזור המעבר (Kark et al., 2002; Randi et al., 2006). לכן, לאקוטונים חשיבות ממעלה ראשונה בשמירת המגוון הביולוגי ותהליך האבולוציה (Safriel et al., 1994; Smith et al., 2005) והשירותים אותם מגוון ביולוגי זה מספק. עם זאת, חקר האקוטונים והבנת חשיבותם למגוון הביולוגי ולשמירה עליו עדיין סובלים מפערי-ידע בולטים (Kark & van Rensburg, 2006).

אזור המעבר מהווה מרחב מגע בין המערכות האקולוגיות המדבריות למערכות האקולוגיות של החבל הים-תיכוני, אשר מתקיימות בו אלה לצד אלה. לכך תורם גם המגוון הגאומורפולוגי של אזור המעבר, אשר ניתן לזהות בו שלוש יחידות עיקריות הנבדלות אלה מאלה (אטלס ישראל החדש, 2008; פרלברג ורון, 2014; המשרד להגנת-הסביבה, 2015):

מבחינה פיטוגאוגרפית, אזור המעבר מורכב משתי יחידות עיקריות הנמצאות משני צידי קו אופקים-מיתר: החבל הים-תיכוני מצפון והחבל הסהרו-ערבי מדרום, ויש בו נוכחות רבה של מינים איראנו-טוראניים (פינברון-זותן ודנין, 1998). הצומח מורכב בעיקר מבני-שיח ונשלט על-ידי אכילאה ריחנית (*Achillea fragrantissima*), יפרוק תלת-כנפי (*Anabasis syriaca*), מלחית אשונה (*Salsola vermiculata*), נואית קוצנית (*Noaea mucronata*), סירה קוצנית (*Sarcopoterium spinosum*) וקורטם דק (*Carthamus tenuis*) (דנין, 2000), עם שרידי עצי שיטה ושיזוף פזורים בבקעת באר-שבע ובמישור חוף הנגב (נוף ערבתי). בתות-ספר ים-תיכוניות נפוצות בשלוחות הדרומיות של הרי-חברון, ובשפלת-יהודה הדרומית מצוי יער-פארק של חרוב מצוי. לפיכך, לאזור המעבר חשיבות ביוגאוגרפית מיוחדת כמקום מפגש של שלושה חבלים פיטוגאוגרפיים, ובמיוחד כאזור התפר בין החבל הים-תיכוני לבין החבלים האופייניים למדבריות ולערבות.

עד לראשית המאה ה-20, אזור זה היה חשוף לכריתת-עצים, רעיה וחקלאות שלחין מסורתית. עם זאת, מאז המאה ה-20 נוספו התמרות של שטחי מערכת המעבר למערכות עירוניות-יישוביות ולמערכות חקלאות-שלחין אינטנסיבית, כל אלה תוצאת גידול האוכלוסייה הבדואית והתפשטותה ברחבי אזור המעבר (בפרט בבקעת באר-שבע) (פרלברג ורון, 2014). הקק"ל השקיעה מאמצים בהתמרת שטחים של מערכת אזור המעבר לשטחי יערות נטועים של עצים מחטניים ועצי-בוסתן בדרום הרי-חברון ובאזור העיר באר-שבע (בעיקר לאורך כביש 40), ויערות איקליפטוסים ואשלים לאורך דרכים וגדות נחלים במישור חוף הנגב. התמרה זו של מערכת טבעית למערכות "יערות נטע-אדם" הביאו לשינויים במגוון הביולוגי של שטחים אלה, בהשוואה לשטחי המערכת שלא הותמרו. בנוסף, אזור זה חשוף גם לשינויי אקלים חדים בזמן ובמרחב. זהו האזור עם מפל האקלים הכי חד בישראל, החודר לתחום המדבר הצחיח בשנים ובתקופות שחונות (Bruins, 2012).

מערכת המדבר הצחיח

מבחינה גאולוגית וגאומורפולוגית מאופיין המדבר הצחיח ברכסי-הרים המשתפלים במתינות לצפון-מערב, שם מצויות רמות (באזור הדרום-מערבי) או אגני-נחלים רחבים (באזור הצפון-מזרחי), אך בשיפועים חדים לדרום-מזרח, שם מתפתחים לעתים מכתשים. הקרקעות הן בעיקר ליתוסולים, עם לס בעמקים, חולות במערב הנגב, ורגים בעמקים המזרחיים. הצומח הוא שילוב של מינים סהרו-ערביים, ים-תיכוניים, איראנו-טוראניים וסודאניים (פינברון-דוהן ודנין, 1998). הנפוצים הם אוכם מדברי (*Suaeda asphaltica*), אשליל הנגב (*Reaumuria negevensis*), זוגן השיח (*Zygophyllum dumosum*), חמדת המדבר (*Hammada scoparia*), יפרוק המדבר (*Anabasis articulata*), כתלה חריפה (*Chiliadenus iphionoides*), לענת המדבר (*Artemisia herba-alba*), וערטל מדברי (*Gymnocarpos desander*) (דנין, 2000).

החקלאות היוותה עוגן כלכלי עבור תושבי מדבר הנגב מאז התיישבות הביזנטים במאה ה-4 לפנה"ס ועד למאה ה-7 לסה"נ לפחות (Finkelstein & Perevolotsky, 1990), שהקימו מערכות הטיית מי-נגר במדרונות וטראסות בערוצים, שרבים מהם השתמרו עד לימינו. בוסתנים רבים של עצי-פרי (בעיקר זית, גפן, תאנה, רימון, שקד תמר ואלת-הבוטנה) שניטעו כהנראה בתקופה זו שרדו עד לימינו (אשכנזי וחוב', 2012). כן ישנן עדויות לרעיה באזור (Rosen, 1987; Finkelstein & Perevolotsky, 1990; Rosen et al., 2005; Shahack-Gross & Finkelstein, 2008), אך קשה לאמוד את עוצמתה והיקפה.

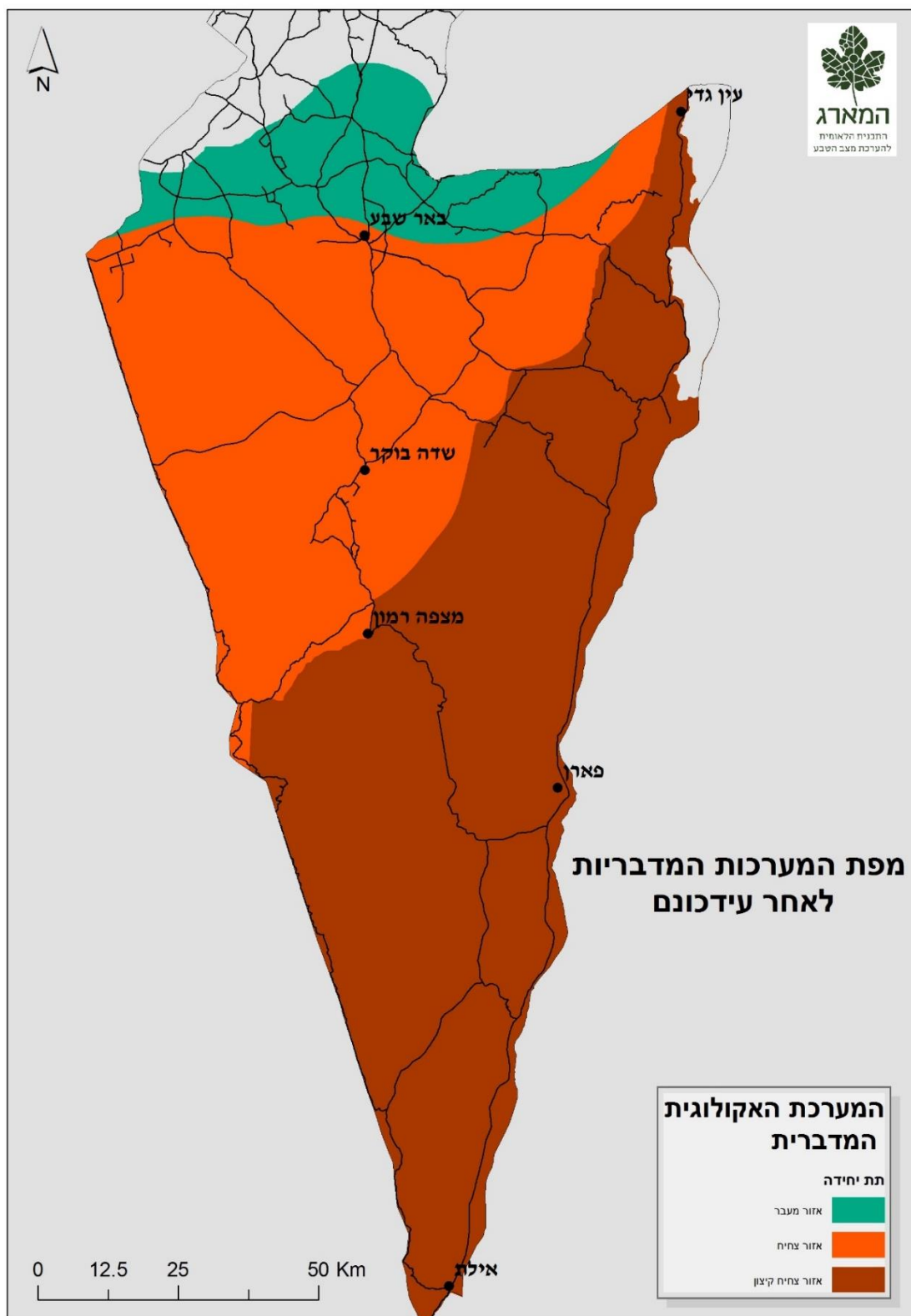
כיום, רוב ההתיישבות היהודית והבדואית במדבר הצחיח מרוכזת לאורך דרכים ראשיות, ובחלקים הצפוניים של האזור, מצפון לקו ירוחם-ניצנה, גם כאלה שאינם ממוקמים כך. רוב ההתיישבות הבדואית מבוסס על חקלאות ומרעה ועבודה ביישובים העירוניים. בנוסף, שטחים רבים של המערכת האקולוגית הזו הותמרו לשטחי תעשייה (רמת-חובב), כריה (רותם-אורון) ולשטחי בסיסים ואימונים צבאיים. שטחים גדולים של מערכת המדבר הצחיח מתפקדים כשמורות טבע (מצוק-הצינים, חולות משאבים ונחל-אבוב, מכתש גדול, נחל סכר, חולות עגור, פארק הלס, מדבר יהודה) אך רוב שטח המערכת הזו אינו מוגן סטטוטורית.

מערכת המדבר הצחיח-קיצון

המדבר הצחיח הקיצון כולל את קמר רמון, הרמות והאגנים המישוריים של הנחלים הגדולים של דרום-הנגב, הרי-אילת, הערבה ובקעת ים-המלח. הקרקעות הנפוצות הן ליתוסולים במדרונות ורגים בעמקים, וכן חולות ומלחות בערבה. הצומח הוא שילוב של מינים סהרו-ערביים, ים-תיכוניים וסודאניים, כאשר באזור אילת הצמחיה מורכבת בעיקר ממינים סודאניים וסהרו-ערביים (פינברון-דוּתן ודנין, 1998). המינים הדומיננטיים הם אשליל שער (*Reaumuria hirtella*), זוגן השיח (*Zygophyllum dumosum*), חמדת השיח (*Hammada salicornica*), חמדת הנגב (*H. negevensis*), יפרוק המדבר (*Anabasis articulata*), יפרוק זיפני (*A. setifera*), לענת המדבר (*Artemisia herba-alba*), מלחית אשונה (*Salsola vermiculata*), מלחית מסורגת (*S. cyclophylla*), ערטל מדברי (*Gymnocarpos desander*), פרקרק מדברי (*Haloxylon persicum*), ושיטה סלילנית (*Acacia raddiana*) (דנין, 2000). התכסית הצמחית במדבר הצחיח הקיצון דלה, ונוטה להתרכז לאורך נחלים וסביב מעיינות, ואחד ממאפייניה הבולטים הוא "סוואנות" השיטים של הערבה (במיוחד בחלקיה הצפוניים). למלחות שבאזור הערבה ובקעת ים-המלח צומח המתאפיין בחגור על-פי מידת עמידותו למליחות.

ההתיישבות במדבר הצחיח הקיצון נטתה להתרכז סביב מעיינות (עין-גדי למשל) או סביב מפרץ אילת. יוצאת דופן היא בקעת-עובדה, בה ובסביבותיה עדויות לפעילות האדם, כולל פעילות חקלאית (Avner, 1990). כיום מערכות עירוניות-יישוביות מוטבעות באזור המדבר הצחיח-קיצון לאורך כביש הערבה, בקצה הצפוני של בקעת-עובדה, באזור הערבה ובקעת ים-המלח.

שטחים נרחבים ממערכת מדבור זו המדבר הצחיח הקיצון מתפקדים כשטחי אימונים וכשמורות-טבע (מצוק-הצינים, הר-הנגב, מכתשים עין-יהב, עשוש, נחלים וחי-בר יטבתה).



1.2 גורמים מחוללי שינוי במערכות האקולוגיות המדבריות

1.2.1 שינוי בשימושי קרקע

על אף הדלילות של הפעילות האנושית במערכות המדבריות יחסית למערכות טבעיות אחרות, גם הן נתונות לשינויים משמעותיים בשימושי הקרקע, שינויים הנמצאים במגמת עליה: התמרה של שטחי מערכות אקולוגיות טבעיות לשטחי יערות נטועים, מערכות חקלאיות ומערכות יישוביות בהן בסיסים ושטחי אימונים של הצבא משפיעה באופן משמעותי על המערכות האקולוגיות ועל המגוון הביולוגי המדברי (Shanas et al., 2011; Paz; Kaganet et al., 2016) ובעקבות כך גם על שירותי מערכות אלה המסופקים לאדם.

מאז קום המדינה קרקעות שתיפקדו כמערכות אקולוגיות טבעיות, הותמרו למערכות חקלאיות, עירוניות-יישוביות ויערות נטועים כש-20%, 10% ו-94% משטחי אזור המעבר, אזור המדבר הצחיח, ואזור המדבר הצחיח-קיצון, נותרו כשטחי מערכות אקולוגיות טבעיות, בהתאמה. תהליכי מדיניות וחברה אלה התרחשו החל מסוף שנות ה-40 ועד תחילת שנות ה-60 באזורי המעבר והמדבר הצחיח, והחל משנות ה-70 גם באזור הצחיח-קיצון, כשעיקר ההתמרה למערכות חקלאיות התרחש באזור הצחיח הקיצון, בערבה. החל משנות ה-80 התמרות המערכות לוו בגידול הפעילות הצבאית באזורים אלה, לה השפעה שלילית בעיקר על הקרקע המדברית הנגרמת על ידי כלי הרכב הכבד. בנוסף, לתהליך התפשטות הפזורה הבדואית ו"פלישה" של התיישבות הבודדים, בעיקר בהר הנגב שבמערכת המדבר הצחיח, וכן להתפשטות הפזורה הבדואית באזור המעבר ובאזור המדבר הצחיח, היו השפעות על ממדי השטח וה"טבעיות" של המערכות הטבעיות (זיוון, 2012). ההתמרות והתהליכים הללו גררו אחריהם גם פיתוח תשתיות כבישים, מסילות ברזל, קווי חשמל, מים וביוב, שהגבירו את הקיטוע של המערכות הטבעיות (נגואיצה ובר, 2004; מזור וחובריו, 2005; Svoray et al., 2007). ככלל, הגברת הפעילות האנושית והתשתית המלווה אותה, מגבירה גם את הפוטנציאל להשפעתם של גורמי שינוי ישירים אחרים, שכן הן מהוות מקור לזיהום וכמקפצה למינים פולשים.

1.2.2 זיהום

הנגב הוא אחד ממוקדי התעשיות המזהמות בישראל ודרכו עוברות גם תשתיות הולכה מרכזיות של נפט ודלקים. בגלל ממדי המפעלים והתשתיות וקרבתם למערכות הטבעיות, בכל פליטה או דליפה של חומרים ממקורות אלה, כמויות גדולות של זיהום מגיעות למערכות המדבריות וגורמות לפגיעה חמורה במערכות הטבעיות בכלל ובאופן מיוחד בערוצי הנחלים אליהם מתנקזים המזהמים. במהלך שני העשורים הראשונים של המאה ה-21 התרחשו כמה ארועי זיהום כאלה שפגעו במגוון הביולוגי של המערכות המדבריות, ובעקבות כך באספקת שירותיהן: חדירת מזהמים ממפעלים במישור רותם אל מי התהום גרמה לזיהום ולהמלחה של מימי עין בוקק (מ-1999 ואילך), להפסקת אספקת מי השתיה מהמעין, לתמותת בעלי חיים וצמחים ולכן גם פגעה בהנאת המטילים בנחל (כץ ואיש-שלום, 2017); דליפה של כ-700 אלף ליטר של דלק סילוני לערוץ נחל צין (2011) מצינור הולכה פגוע גרמה לזיהום סביבת ערוץ הנחל ולסיכון מי התהום שתחתיו; חמישה מיליון ליטר של נפט שדלפו (2014) לשמורת עברונה גרמו לנזק כבד למערכת האקולוגית, הניכר גם 4 שנים לאחר האירוע, אשר טרם התאושש לחלוטין מאירוע דליפת נפט שאירע בשנת 1975

(Nothers et al., 2017); זרימה של למעלה ממאה מיליון ליטר של מי-תהליך חומציים ועשירים בתרכובות זרחן, פלואור ובמתכות כבדות לאורך עשרות ק"מ בערוץ נחל אשלים (2017) הביאה למותם של בעלי חיים וצמחים רבים, ולסגירת הנחל לטיול. תוצאותיהן של דליפות אלה ניכרות לאחר זמן, שכן הן מביאות לירידה בממדי הנביטה של אוכלוסית השיטים (פיפמן וחובריה 2020) ולתמותה של מיני בעלי חיים קטנים שוכני קרקע המעורבים בבריאות ובתפקוד עצים אלה (שגב וגרונר 2020, גביש-רגב ולובין 2020), מה שממתן את ממדי ההפקה של רוב שירותי הויסות והתרבות של המערכות המדבריות, המתבצעים במעורבות עצים אלה.

1.2.3. מינים פולשים ומתפרצים

העליה במספרם ובתפוצתם של מינים פולשים ומתפרצים במערכות המדבריות של ישראל משפיעה על המערכת האקולוגית הטבעית, בעיקר דרך דחיקה של מינים מקומיים. במערכות המדבריות של ישראל מוכרים כ-30 מינים פולשים שמקורם מחוץ לישראל, ועוד כמה מינים מתפרצים שמקורם במערכות החבל הים-תיכוני, והם כוללים בעיקר עופות, יונקים וצמחים. המינים הפולשים, כמו העורב ההודי והדבורה הננסית שמקורם מדרום אסיה, מגיעים בעיקר דרך נמלי הים והאוויר של אילת ושל עקבה, מתבססים באילת וביישובי הערבה הדרומית, וחלקם מתפשטים צפונה ליישובים נוספים (Roll et al., 2008; Haddad et al., 2008). לעומתם, המינים המתפרצים, דוגמת התן הזהוב, העורב האפור, שהם בעלי חיים החיים של מערכות החבל הים-תיכוני, מתפשטים במערכת אזור המעבר (נמצוב ואח', 2007; פלח, 2016) ואף דרומה למערכת המדבר הצחיח. צמחים פולשים מגיעים גם מנטיעות ומגינות פרטיות וציבוריות שבמערכות העירוניות והיישוביות. הצמחים מנצלים את המים המגיעים מהיישובים, ובעלי-החיים מנצלים את שיירי המזון שבמערכות העירוניות-יישוביות, בלימנים ובמערכות החקלאיות להתבססותם וכקראש קפיצה לכניסתן למערכות המדבריות. עם המשך התרחבות החקלאות, הנטיעות והגינות הפרטי והציבורי תימשך גם ככל הנראה העלייה במספר המינים הפולשים והמתפרצים לתוך המערכות המדבריות ובממדי אוכלוסיותיהם בהן.

1.2.4. ניצול יתר של משאבים ושינוי אקלים

ניצול יתר של משאבי המערכות המדבריות, בעיקר של צמחים ומי האקוות של המדבר, ביחד עם סימנים ראשוניים של התייבשות, שייתכן וקשורה בשינוי האקלים, מובילים לפגיעה במיני צומח רבים וכתוצאה מכך נפגעת המערכת האקולוגית והמגוון הביולוגי שלה, מה שמצמצם את ממדי הפקת שירותי מערכות אלה. קטיף יתר של צמחי מאכל ותבלין כמו עכוכית הגלגל ואזוב מצוי, בעיקר באזור המעבר, הוביל לירידה משמעותית באוכלוסיותיהם של צמחים אלה ובעקבות כך להכרזתם כמינים מוגנים האסורים בקטיף (יריב מליחי, אקולוג ברשות הטבע והגנים, תקשורת אישית). גידול בעדרי הצאן שבבעלות הבדואים המקומיים יחד עם הגבלת אזורי הרעה שלהם, הובילו לרעיית יתר, בעיקר בסמיכות למקום מגוריהם של בעלי העדרים (גרוס, 2003), שהשפיעה על תכונות הקרקע והביאה לתליכי נגר וסחיפת קרקע. (Golodets and Boeken, 2006). הרחבת שטחי המרעה ליערות קק"ל ולמערכות החקלאיות (רעיית שלפים) המצויים בעיקר במערכת אזור המעבר, המלווה בתכניות להפחתת התלות הכלכלית של המגזר הבדואי בגידול צאן, עשויות למתן מגמה זו. בשנים האחרונות הצטברו סימנים של פחיתה בגשמים והתייבשות שיחים ועצים, אולי

כתוצאה של שינוי האקלים הגלובלי. תופעה זו גרמה לתמותה של שיחים (פארק סיירת שקד; שחק, 2011) ושל עצי שיטה, יתכן בשל שאיבת מי תהום ומעינות (נחלי הערבה; פרלברג ואח', 2013), וגם של עצי מחט (יערות אזור המעבר; Dorman et al., 2015). גידול זה בממדי התמותה של הצמחייה המעוצה, מרכיב משמעותי של המערכות האקולוגיות המדבריות, עשוי למתן את תפוקת שרותים רבים של המערכת המדברית.

2. מצב ומגמות באספקת שירותי המערכות האקולוגיות המדבריות

2.1. שירותי אספקה

2.1.1. אספקת מזון מן הבר

2.1.1.1. כללי

שרות זה מסופק באמצעות מינים מתוך המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות הנאספים על ידי האדם כדי לספק תוספות למזונו. אספקה זו כוללת צמחים ופטירות (בשלמותם או חלקיהם) ובעלי חיים (שלמים או חלקים מהם), בעיקר יונקים גדולים ועופות. שרות זה לא כולל את אספקת צמחי התבלין (ראה שרות צמחי מרפא ותבלין), ולא את המזון המסופק על ידי שרותי האספקה של המערכות החקלאיות המוטבעות במערכות המדבריות; הוא כולל לא רק את כלל מיני הצמחים משטחיהן הטבעיים של המערכות המדבריות והנאכלים על ידי האדם, אלא גם מינים הגדלים ביערות הנטועים, בעיקר על ידי קק"ל, ובשטחי הבוסתנים וחקלאות הבעל שבפזורה הבדואית.

2.1.1.2. מצב נוכחי

מיני צמחים רבים, הגדלים באופן טבעי, במערכות המדבריות משמשים או שימשו בעבר ועדיין יכולים לשמש כמזון לאדם (קריספיל, 1983, 1987; פולק, 2015; Bailey & Danin, 1981) (טבלה 1). מרבית מיני הצמחים הללו גדלים באזור המעבר ובאזור הצחיח. בצחיח הקיצון יופיעו חלק מהמינים המופיעים במערכת אזור המעבר או במערכת האזור הצחיח או בשניהם גם יחד בבתי גידול מיטביים כמו ערוצי נחלים ומצוקי סלעים. המין היחיד שייחודי לאזור הצחיח הקיצון הינו הצלף הרוטמי (בארץ מוגדר כמין אדום). למרות הפוטנציאל הגדול של צמחים שיכולים לספק תוספות מזון לאדם, עיקר אספקת המזון לאדם כיום נשענת להערכתנו על כעשרה מינים, שהם פחות מחמישה אחוז מכלל הצמחים הגדלים במערכות המדבריות, ביניהם עכובית הגלגל, חלמית מצויה, שלושה מיני צלף ומלווח קיפת.

עכובית הגלגל (*Gundelia tournefortii*), עשב רב-שנתי שחלקו העל-קרקעי הוא בעל צורת כדור שקוטרו עד חצי מטר, מופיעה במערכת המדברית בכתמים מקובצים, בעיקר במערכת אזור המעבר. העכובית משמשת כצמח מאכל חשוב בחברה הערבית המסורתית, במיוחד בחודשי הקיץ (Rueff et al., 2008). התפרחות הבשרניות מהוות מעין תחליף "צמחוני" לבשר, ולרוב מבושלות עם חלב או שמנת (קריספיל, 1983; קריספיל, 1987). גם יהודים יוצאי כורדיסטן, נוהגים להכין סלט מעלי העכובית ומתפרחתה: את צוואר השורש הם מבשלים עם בצל ובשר. כיום מוכרז מין זה כמין מוגן.

הפירות והעלים של חלמית מצויה (*Malva nicaeensis*), אכילים, חיים או מבושלים, מכאן שם הסוג בעברית (מלשון לחם בחילוף אותיות) וגם בערבית (חוביזה, מלשון חובז, שמשמעו לחם). טוענים שהעלים עשירים במיוחד בויטמין A. החלמית המצויה נפוצה במעזבות ובכתמי קרקע עתירי חנקן (מרבצי עדרים ואשפתות) במרבית החבל המדברי, אך נפוצה במיוחד במערכת אזור המעבר. העלים משמשים כמנת-ירק במטבח הערבי המסורתי, או שממלאים אותם בתבשילים שונים (קריספיל, 1983; קריספיל, 1987). פירות של עצים כמו, אלה אמיתית (*Pistacia vera*), זית אירופי (*Olea*

(*europa*), חרוב מצוי (*Ceratonia siliqua*), פיקוס התאנה (*Ficus carica*), שיזף מצוי (*Ziziphus spina-cristi*), שיזף השיח (*Ziziphus lotus*), שקד מצוי (*Amygdalus communis*) ותות לבן (*Morus alba*) (טבלה 2) משמשים אף הם למאכל אדם. מיני עצים אלו נטעו בשטחים מצומצמים ביותר (מספר דונמים בודדים) על ידי קק"ל כמרכיב של יערות האורן במערכת אזור המעבר. חלק מהמינים הללו הם מינים מקומיים וחלקן הובאו מבחוץ. מיני צמחים אלו נטעו גם קיבוצים, כמו רביבים, משאבי שדה ונאות סמדר ובישובים ערביים, כולם באזורים הצחיח והצחיח הקיצוני. פרות העצים נקטפים למאכל על-ידי מקומיים ומטיילים (יצחק משה, סגן מנהל מחוז דרום בקק"ל, תקשורת אישית). עצים אלו, שטופחו על-ידי האדם בעבר (בעיקר חרוב, שקד ותאנה) מצויים גם היום בטראסות חקלאיות ובבוסתנים עתיקים ברחבי הר-הנגב - עדות לשימוש בהם בעבר (אשכנזי, 2014). תרומתם של פרות העצים הללו לאספקת מזון הינה מקומית וניתן לומר שהיא כמעט חסרת משמעות בהיקפה מבחינת תרומתה לאספקת המזון הכוללת של החבל המדברי של ישראל.

אין בנמצא נתונים מדויקים לגבי כמות צמחי-המאכל הגדלים במערכות המדבריות וממדי היבולים של חלקיהם הנאכלים, וגם נתונים לגבי ממדי השימוש בשרות אספקה זה אינם בנמצא. המקור העיקרי לנתונים כמותיים הוא כמויות צמחי-המאכל המוגנים, שנתפסו על-ידי רשות הטבע והגנים לאחר שנקטפו/לוקטו באופן בלתי-חוקי לצורכי מסחר. בשנת 2014 תועדו כ-50 אירועי קטיף על-ידי רשות הטבע והגנים, בהם נתפסו בסך-הכל 28,260 ק"ג צמחי עכובית הגלגל (יריב מליחי, אקולוג ברשות הטבע והגנים, תקשורת אישית), דבר המעיד על ממדי הביקוש לצמח. כמות הקטיף של מין זה בחבל-יתיר לבדו (במערכת אזור המעבר), ברובה על-ידי שוהים בלתי-חוקיים מהר-חברון, נאמדת בכ-4,000 ק"ג בשנה (Rueff et al., 2008). לאור הביקוש הגדול וכדי למנוע ניצול-יתר שלו, בעיקר על ידי החברה הערבית, הוכנס מין זה לרשימת המינים המוגנים. במקביל, ישנו ניסיון בישובי הגליל העליון, בעידוד מו"פ צפון, לפתח את גידול העכובית כענף חקלאי. כחלק ממאמצים אלה נעשה סקר שווקים שהתמקד במשווקי ירקות מורשים, שהעלה כי בישראל כולה הביקוש לעכובית הוערך בכ-1,000 טון בשנה במחיר של 13 ₪ לק"ג וכ-1,700 טון בשנה במחיר של 6 ₪ לק"ג (כהן וחוב', 2002).

השימוש בצמחים הללו היה נפוץ כבר מהעבר הרחוק. ישנן עדויות רבות מן הכתובים, החל מתקופת המקרא, בהמשך מתקופתם של חז"ל (תקופת בית שני ועד תחילת המאה השישית לספירה) ועד היום על שימוש במגוון צמחי בר באזורינו לצורכי מזון ורפואה (קריספיל, 1987). הצרכנים העיקריים כיום הם בעיקר בקרב החברה הערבית בישראל ויהודים מקרב עדות המזרח (יהודי כורדיסטן, עירק ותימן). עם זאת, סביר להניח כי ממדי הקטיף בחברה הערבית גדולים יותר, לאור מגוריהם בצמוד למערכות הטבעיות, היכרותם המעמיקה עם הצומח המקומי, ונטייתם הפחותה להסתמך על גידול תעשייתי של צמחי מזון מהבר.

קטיף פטריות כובע החל באזור צפון הנגב (מערכת אזור המעבר) בעקבות נטיעות של יערות אורן ירושלים וברוטיה על ידי הקק"ל בשנות ה-60-70 של המאה הקודמת. הפטריות, ובמיוחד אורניה מצויה (*Suillus granulatus*), נקטפות כיום בעיקר בשטחי יער-יתיר, יער להב ויערות באזור קבוץ בארי על-ידי אנשים מכל המגזרים (יתכן שמעט יותר על-

ידי יוצאי מדינות ברה"מ (לשעבר) (י. משה, תקשורת אישית). האורניה נקטפת במקומות נוספים בהם קיימים יערות אורן נטועים בשטחים קטנים באזור מצפה רמון וסביב באר שבע. האורניה פופולרית מכיוון שהיא קלה לזיהוי בזכות צורתה וסמיכותה לעצי אורן ולכן גם חובבים שאינם מומחים לפטריות אוספים אותה וניזונים ממנה. בהרבה מקרים שימוש מוגבר באורניה מביא לירידה בצפיפות שלה עם הזמן ואף העלמות מקומית. כמדת שמשון (*Terfezia leonis*) הינה פטריית מיקוריזה הנמצאת כולה בתוך הקרקע ומקיימת יחסי שיתוף עם מינים שונים השייכים לסוג הצמח שמשון, כגון השמשון היושב (*Helianthemum sessiliflorum*), המין הנפוץ, הגדל בעיקר בחולות מערב-הנגב (מערכת אזור המעבר), והשמשון הליפי (*Helianthemum lippii*) הגדל בעיקר במערכות האזור הצחיח והצחיח הקיצוני. גוף הפטרייה התת-קרקעי שמתפתח באביב נאכל בשלמותו ועל-פי המסורת הערבית הפטרייה יכולה לשמש גם כתרופה למחלות עיניים (אבו רביע, 1983). יבול הכמהה הטבעי אינו קבוע ומשתנה כתלות בכמות הגשמים. מציאת הפטרייה נעשית על ידי גשמים בדואים ותושבי האזור, המכירים את השטח ואת הצורה שיוצרת הפטרייה על פני הקרקע. בעונה ניתן למצוא אותה בשוקי באר-שבע וירושלים. באזור הנגב נמכרת כמדת שמשון על ידי הבדואים בעונת הגשמים ב-250 שקל לקילוגרם, בתחילת האביב מחירה בשווקים מאמיר ל-300 ואף עד ל-500 – שקל לקילוגרם, ובשנים שחונות המחיר מגיע ל-800 ש"ח לקילו (ארד, 2015). גם במקרה זה, אין בנמצא מידע לגבי כמויות הפטריות הגדלות בבר או לגבי ממדי הניצול של שירות זה. כיום ניתן למצוא את השמשון היושב בעיקר בדיונות סביב הישוב כמהין (שטרית וחוב', 2014). בעבר ניתן היה למצוא את השמשון במערב הנגב, צאלים, חולות שונרא, בקעת ערד, מישור ימין ושבטה, ולכן גם תפוצת הכמהה הייתה רחבה יותר. מיעוט בגשמים ומספר שנות בצורת רצופות וכן שינויים משמעותיים בשימושי הקרקע באזור בשנות התשעים של המאה הקודמת, שמתבטאים בהתמרת שטחי מערכות טבעיות לשטחי מערכות חקלאיות והרחבת שטחי המערכות המתפקדים כשטחי אש, גרמו לצמצום אוכלוסיית השמשון היושב. בשל ערכה המסחרי הרב של פטריית הכמהה והנזק שנגרם עקב צמצום השטחים בהם גדלה בעבר ביחד עם לקט-יתר, נעשים מאמצים רבים לשמר את המין ולפתח אותו כגידול מסחרי. בסוף שנות השישים נעשו ניסיונות לתרבות את צמח השמשון ולהפוך את גידול הפטרייה לחקלאי (De-Angelis, 1969) אך ללא הצלחה. ניסיונות אלה חודשו בשנת 1982 אך גם הפעם הניסיונות לא הגיעו לשלב יישום. לאחרונה הצליחו חוקרים ממכון וולקני בגליל (בת-יער) לגדל כמה מיני כמהין אירופאיות, וחוקרים מאוניברסיטת בן גוריון מו"פ רמת הנגב הצליחו לגדל את הכמהה המקומית למטרות חקלאיות (ורון, 2015; שטרית וחוב', 2014). שטרית וחוב' (2014) רכשו במהלך השנים למעלה מ-700 גופי פרי של כמדת שמשון מהבדואים בנגב, והם מדגישים את חשיבות השימור של מיני השמשון והכמהה בבר מאחר ומדובר בפטרייה עתיקה מאוד מבחינה אבולוציונית, ומעניינת מבחינה ביולוגית.

לגבי בעלי חיים, ישנו גם ציד בלתי-חוקי בחבל המדברי, אך היקפו אינו ידוע. ככל הנראה בעלי-החיים העיקריים שניצודים הם צבי ארץ-ישראלי (*Gazella gazella*), המצוי בעיקר במערכת אזור המעבר (וצפונה) ומעט במערכת המדבר הצחיח, כשהציד שלו כמעט הביא להכחדתו, צבי הנגב (*Gazella dorcas*), הנמצא בעיקר במדבר הצחיח והצחיח קיצוני והיקפי הציד שלו ככל הנראה במגמת ירידה, דרבן (*Hystrix indica*) הנמצא בכל הארץ וחוגלת הסלעים מתת-מין סיני (*Alectoris chukar sinaica*), מינים מוגנים הנפוצים במרבית שטחו של הנגב ובעיקר באזור המעבר ובמדבר

הצחיח (שלמון, 1995; חנן לבבי, פקח רשות הטבע והגנים, תקשורת אישית). מינים אלה המוזכרים לעיל מוכרים בקרב החברה הבדואית כבעלי בשר משובח, וניצודים בעיקר בשעות הלילה (ח. לבבי, תקשורת אישית). הציד המתמשך של מינים אלה העמיד את אכולוסיותיהן בסכנה, ולכן הוגדרו מינים אלה כמינים מוגנים שהציד שלהם אינו חוקי. אף שחלק מאוכלוסיות מינים אלה גדלות מאז שנאסר הציד (לדוגמא של הצבאים - שלמון, 1995), הציד שלהן נותר בלתי-חוקי.

2.1.1.3 מגמות

עם קום המדינה וההכרה בחשיבות שמירת טבע חוקקו חוקים המונעים ציד ולקט של מינים מוגנים. ההגנה על מינים מוגנים ובתי הגידול שלהם הביאה להצלת אוכלוסיותיהם של צמחים, פטריות ובעלי חיים ולהתאוששות אוכלוסיותיהם. למרות זאת, תרבות הלקט והצייד המשיכה, בעיקר במגזר הערבי, וזאת בניגוד לחוק (יריב מליחי ביולוג מחוז מרכז, תקשורת אישית).

בשנת 2005, בעקבות סקר שנעשה במימון רשות הטבע והגנים במשך חמש שנים ואשר הראה ירידה מסיבית בכל הארץ במספר צמחי מאכל ותבלין, כמו עכובית הגלגל ואזוב מצוי (שני מינים שבמערכת אזור המעבר) בעקבות קטיף מסיבי ברמה מסחרית. זה נכון גם לאי אלו עצים מהבר שגדלים במערכת המדברית כמו, אלה אטלנטית (נמצאת בכתמים קטנטנים בנחלים, כמו נחל אלות, באזור הצחיח) ופיקוס בת-שקמה (גם היא בכתמים זעירים בנחלים באזור הצחיח קיצון), אף שהיקפי הניצול שלהם קטנים מאוד. בעקבות כך הוכרזו צמחי-מאכל ותבלין רבים כצמחים מוגנים, ובהם עכובית הגלגל, אזוב מצוי, אלה אטלנטית ופיקוס בת-שקמה. ראוי לציין שהירידה באוכלוסיות מיני העצים יכולה להיות גם פועל יוצא משינויי אקלים, המתבטאים בגידול בתדירות שנות בצורת וירידה בשיטפונות בנחלי המדבר וניצול מי התהום לצרכי חקלאות בעיקר במערכת המדבר הצחיח (Bruins et al., 2012). כך או כך, קק"ל עושה משלבת עצי-פרי ביערות הקק"ל (י. משה, תקשורת אישית) ולהפוך כמה ממינים אלה לגידולים מסחריים (כהן וחוב, 2002).

מיני פטריות אחדים, כמו האורנית המצוייה, נוספו לסל המזון, בעיקר באזור המעבר, בעקבות העלייה בהיקף נטיעות יערות האורנים באזור המעבר וההכרה במגזר הערבי בפטריות כרכיב של מזון. ישנם מינים שבמהלך הזמן הוכרו כמקור הכנסה, כמו פטריית כמהת השמשון, ולוקטו למטרות פרנסה, אך עם הזמן הוכרה הפטרייה כמין מוגן. כיום נעשים ניסיונות לתרבת אותה במרכז מחקר ופיתוח חקלאי, רמת נגב.

השימוש בצמחי מאכל היה נפוץ בעיקר בקרב החברה הערבית בישראל ויהודים מקרב עדות המזרח (יהודי כורדיסטן, עירק ותימן). כיום הביקוש בחברה הערבית הישראלית, בעיקר אלה המתגוררים ביישובים כמו רהט, פוחת בגלל המעבר לתזונה מערבית (Mordoch, 2012). מאידך הצריכה של צמחים מהבר לצורכי אכילה ורפואה הולך וגובר בקרב קבוצות של ישראלים יהודים הדוגלים במזון צמחוני וטבעוני, ואשר לוקחים חלק פעיל בסדנאות לליקוט ובישול של צמחים מהבר כדוגמת הסדנאות שמעביר אורי מאיר צ'יזיק. בשני המקרים, הגורם שמחולל שינוי בביקוש לשירות הוא הגורם התרבותי והיקפו מן הסתם זעיר ביותר.

סיכום: אספקת מזון מהבר הינה מוגבלת במערכת המדברית מעצם התנאים הצחיחים והבלתי חזויים, המאפיינים מערכת זו. עיקר הצמחים לאכילה מרוכזים באזור המעבר ובמידה מסוימת באזור הצחיח ובאופן דומה זה נכון לגבי בעלי החיים. הצריכה של הצמחים, הפטריות ובעלי החיים אפיינה בעיקר את החברה הערבית ובמידת מה את החברה היהודית, שמקורה בארצות המגרב ומרכז אסיה. עם השנים חלה ירידה באוכלוסיות של אי אלו מצמחי הבר ובעלי החיים למאכל, שהיו בגדר מקור עיקרי לאספקת מזון, בגלל שינויים ממדי הצריכה ואולי גם בגלל שינויי האקלים והתפתחות חקלאות אינטנסיבית המנצלת את מקורות מי התהום והמעיינות, עובדות שמגבירות את תנאי הצחיחות. בעקבות כך הוכרזו המינים הללו כמינים מוגנים, שחלקם זכו גם לתואר אדומים. ההתרשמות היא שעם השנים הצריכה תלך ותרד בגין מניע תרבותי – המעבר של החברה הערבית בנגב מחברה של נוודים – נוודים למחצה לחברה עירונית בעלת מאפיינים של חברה מערבית. ראוי לציין שהיקף המחקרים, הסקרים והדו"חות בנושא השפעת האדם על אוכלוסיות צמחים ובעלי חיים בכלל במערכת המדברית לוקה בחסר והלא ידוע רב מהידוע. חלק מהמידע שמופיע במסמך זה שאוב משיחות עם אנשי קק"ל ורשות הטבע והגנים.

טבלה 1: רשימת מיני צמחים הגדלים במערכות המדבריות, שמספקים מזון (חלקים מהצמח או הצמח בשלמותו) (מבוסס על קריספיל, 1987).

מין	מערכת	מזון	
		חלקי צמח	מוצרי מזון
אהל מגושם	צחיח קיצוני	זרעים	דייסה, לחם
אזוב מצוי	מעבר, צחיח (הר הנגב)	עלים	תה, טוגנים (ציפס), זעתר (תבלין)
אמיך קוצני	מעבר, צחיח	שורשים, עלים	"קלי" אמיך, סלט מהעלים, ממולאים
אסתום מצוי	מעבר, צחיח	פקעות	מרק, פקעות טריות, צלויות או מבושלות
בבונג זהוב	מעבר, צחיח	עלים, תפרחות	תה
געדה מצויה	מעבר, צחיח	עלים	תה
דרדר מצוי	מעבר	עלים	קציצות
הגה מצוי	מעבר, צחיח, צחיח קיצוני		
הרדופנין הציצית	מעבר, צחיח	עלים, שורשים	סלט עלים ושורשים
הרדופנין יהודה	צחיח, צחיח קיצון	פקעות	פקעות קלויים או מטוגנים, מרק מפקעות
זנב העקרב השיכני	מעבר	עלים	סלט עלים
חומעה ורודה	מעבר, צחיח, צחיח קיצוני	עלים	חמיצה, רוטב, סלט, מרק, מילוי מאפה בצק
חלמית גדולה, חלמית מצויה, חלמית קטנת פרחים	מעבר, צחיח	כל חלקי הצמח, במיוחד עלים	סלטים, מרקים, מילוי בצקים, פשטידות, קציצות

מזון		מערכת	מין
מוצרי מזון	חלקי צמח		
מרק, פאי, חמיצה, כיסונים	עלים	מעבר, צחיח	חמציץ נטוי
סלט, מלית למאפים	עלים	מעבר, צחיח	חסת המצפן
		מעבר, צחיח	חצב מצוי
סלט, חרדל כבוש, תבלין,	עלים, זרעים	מעבר	חרדל השדה
סלט עלים, תבשילי חרחבינה, מבשלים שורשים בסוכר	שורש, עלים וגבעולים	מעבר, צחיח	חרחבינה מכחילה
תבלין לסלט, סלט, תבול כבושים	עלים, גבעולים, זרעים	מעבר	טוריים מצויים
סלטים, עלים לתיבול	גבעולים, עלים, זרעים	צחיח, צחיח קיצון	טורים מדבריים
		צחיח, צחיח קיצון	טוריים זיפניים
בשימוש בתעשיית היינות והליקרים, אכילת עלים ושורשים שנשלקו במים	שורשים, עלים טריים	מעבר	טיון דביק
שורשים וגבעולים קלויים, קמח יחנוק מכל חלקי הצמח	שורשים, גבעולים	צחיח, צחיח קיצון	יחנוק המדבר
קציצות, סלט, תיבול	כל חלקי הצמח העל-אדמתיים	מעבר	ילקוט הרועים
ריבת פירות, מרק פירות, תה עלים	פירות, עלים	מעבר, צחיח, צחיח קיצון	ימלוח פגום
	פירות, פרות קלויים, קפה מפרות קלויים	מעבר	ינבוט השדה
קמח למאפים, סלט ופשטידות מעלים	זרעים, עלים	מעבר	ירבוז מופשל
תה	תפוחות, עלים	צחיח, צחיח קיצון	כוכב ריחני
תה	עלים	מעבר, צחיח	כתלה חריפה
מרקים של עלים ופקעות, פקעות מטוגנות או אפויות, עוגיות מפקעות ועוד	עלים, פקעות	מעבר	לולינית מעובה
		מעבר, צחיח	לחך בלוטי
מקור לסיבים תזונתיים הנקרא באנגלית Psyllium seed husk	חפי הפרחים מתפוחות, עלים טריים, מרק	מעבר, צחיח, צחיח קיצון	לחך סגלגל
סלטים			לחך שסוע
תה	עלים	מעבר, צחיח, צחיח קיצון	לענת המדבר

מין	מערכת	מזון	
		חלקי צמח	מוצרי מזון
לענת יהודה	צחיח קיצון	כנ"ל	כנ"ל
מלוח קיפח	צחיח, צחיח קיצון	עלים טריים	עלים מבושלים בחלב, עלי מלוח בבצל ובשמן זית, פשטידת מלוח, הפקת מלח מעלי המלוח
מקור חסידה שער	מעבר, צחיח וצחיח קיצון	פקעות	טריות, אפויות וצלויות
מקור חסידה חלמית		עלים	מרק, קציצות עלים
מרור הגינות	מעבר	עלים	דיסת עלים, סלט, פשטידה
עירית גדולה	מעבר, צחיח	שורשים	תה, שורשים קלויים,
צלף קוצני	מעבר	כפתורי-פרחים, פירות צעירים, ענפים צעירים ועלים של צלף	חמוצים (תבלין)
צלף סחוסי	צחיח, צחיח קיצוני	כפתורי-פרחים, פירות צעירים,	ריבה
צלף רותמי	צחיח קיצון	פירות	ריבה
קחווני מצוי	מעבר, צחיח	עלים	רפואה עממית
ריבס המדבר	צחיח	כל חלקי הצמח	מיצים, פשטידות, עוגות, רפרפת, יין, תבלין
רגלת הגינה	מעבר, צחיח, צחיח קיצון	עלים, גבעולים, זרעים	סלטים, מרקים וחמיצות ירוקות, תיבול מוצרי חלב
רכפתן מדברי	צחיח, צחיח קיצון	פירות, שרף המופרש מהגבעולים	סוכר, ריבה מהפרות
רתם המדבר	צחיח, צחיח קיצון		
שיבולת שועל נפוצה	מעבר	זרעים	קוואקר (עוגות, עוגיות, דייסות, לחם)
שום גבוה	מעבר	שיני שום	תיבול
שומר פשוט	מעבר, צחיח	זרעים, עלים, פרחים	תיבול, סוכריות, חביתיות שומר, סלט
שיזף מצוי	מעבר, צחיח, צחיח קיצוני	פירות (טריים ויבשים)	מרק פירות, קמח להכנת לחם או דברי מאפה מתוקים
שיטה סלילנית	צחיח, צחיח קיצון		
שעורת התבור	מעבר, צחיח	זרעים	קמח ממנו אופים לחם, דייסות
שרביטן מצוי	מעבר	ענפים	חליטה לתרופות

טבלה 2: עצי פרי נטועים ומהבר הגדלים במערכת המדברית.

המדבר הצחיח הקיצון	המדבר הצחיח	אזור המעבר	עצי-פרי
אלה אמיתית חרוב מצוי פיקוס בת-שקמה (עץ מהבר) פיקוס התאנה שיזף מצוי	אלה אמיתית זית אירופי חרוב מצוי פיקוס התאנה שיזף מצוי (עץ מהבר) שקד מצוי	אלה אמיתית זית אירופי חרוב מצוי פיקוס התאנה שיזף שקד מצוי (עץ מהבר) תות לבן	

2.1.2. אספקת משאבים גנטיים

2.1.2.1. כללי

מהות השרות ומנגנון הפקתו

"משאבים גנטיים" הם מינים המהווים רכיב של המגוון הביולוגי הצמחי של המערכות המדבריות, בגין כימיקלים בגופם העשויים לתפקד כתרופות ולהועיל לבריאות האדם באופן ישיר, או שיש באוכלוסיותיהם שונות גנטית או גנים שעשויים להועיל לאדם בעקיפין (למשל מינים שהם אבות או קרובים של צמחי תרבות באמצעותם ניתן להשביח את צמחי התרבות), או שיש להם תכונות שהאדם יוכל להפיק תועלת מהן רק לאחר שיעברו תהליך טיפוח (ולתפקד כמיני תרבות/מינים מבויתים). מנגנון הפקת השרות המתבטא בהיצע, הוא עצם תחזוקתם של המינים הללו במערכות המדבריות, בהן נשמר המידע הגנטי אשר נחשף לתהליכי הברירה הטבעית באמצעות גורמי הסביבה המשתנים, ובכך המערכות מבטיחות את הפוטנציאל של משאבים גנטיים אלה היה וכאשר הפוטנציאל שלהם יבוא לידי שימוש, היינו יתממש. מנגנון הפקת השרות מתבטא גם בביקוש, המתבצע באיסוף פרטים או דגימות מתוך המערכות האקולוגיות של המינים המהווים משאבים גנטיים, וזאת לצורך מחקר שתוצאותיו יאפשרו את השימוש והפקת התועלות; או גם איסוף פרטים של מינים אלה מתוך המערכות האקולוגיות לסיוע במימוש תוצאות המחקר (למשל להפקת הכימיקלים), לצורכי טיפוח, השבחה גנטית או שימושים אחרים המנצלים תכונות גנטיות ספציפיות של מינים אלה.

2.1.2.2. מצב נוכחי

רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השרות, וממדי ההפקה

ניתן לומר שלכל מיני הצמחים תועלת פוטנציאלית לאדם, שכן אין בידנו כל הידע הדרוש על מנת לזהות מינים כמיני תועלת כזו או אחרת, או לצפות לתועלות שנידרש להן רק בעתיד, ולכן כל המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות מהווה "משאבים גנטיים". אי אפשר לשלול לחלוטין תפיסה זו, אך מעשית, מעבר למשאבים גנטיים של המערכות המדבריות שכבר עתה מופקות מהם תועלות, ניתן לזהות, או להשקיע בזיהוי מינים שסיכוייהם לתפקד כמשאבים גנטיים גבוהים מאלה של מינים אחרים, לפחות בטווח הזמן הנראה (Edwards-Jones et al., 2011). לפיכך היצע השרות מתבטא במיני צמחים שמתפקדים עתה כמשאבים גנטיים, אך גם במינים שזוהו כבעלי פוטנציאל לתפקד כמשאבים גנטיים: מיני עצים היכולים לשמש לייעור, צמחים בעלי ערך חזותי (נוי) היכולים לשמש לגינון, צמחים בעלי ערך תזונתי שהוכח, שכן תיפקדו או מתפקדים כחלק משרות אספקת מזון של המערכות המדבריות, צמחים מביניהם וגם צמחים אחרים שעשויים לתפקד או כבר מתפקדים כגידולים חקלאיים, וצמחים שעשויים לשמש כתרופות, מה שכבר הוכח שכן תיפקדו או מתפקדים כחלק משרות אספקת צמחי מרפא של המערכות החקלאיות. ערך מיוחד עשוי להיות לתירבות כל המינים הללו דווקא משום שמקורם במערכות המדבריות, וזאת משום שהם עשויים להתגלות כעמידים לשינויי האקלים הגלובליים יותר מאשר המינים שבשימוש הנוכחי, בחקלאות, בייעור ובגנות.

במערכת אזור המעבר מתוחזק רכיב מגוון ביולוגי עשיר של משאבים גנטיים פוטנציאליים – צרוף של מגוון צומח בין-

מיני ותוך-מיני גבוה: המגוון הביולוגי של מערכת אזור המעבר כולל אוכלוסיות שוליים לא רק של מיני צמחים שעיקר תפוצתם במדבריות סהרה וחצי האי ערב ומסתיימת במערכת זו, אלא גם את אלו שתפוצתם באזורי אגן הים התיכון, ואף אוכלוסיות שוליים של צומח אזורי הערבות של איראן ומרכז אסיה. לפיכך מערכת אזור המעבר היא זירה למפגש אוכלוסיות שוליים של צמחים משלשה אזורי אקלים, מדברי, ערבתי וים-תיכוני. מגוון ביולוגי זה מהווה אפוא מאגר גנים עשיר ומגוון ממנו ניתן למצות תכונות המותאמות לטווח רחב ביותר של תנאים סביבתיים. יתר על כן, התנודתיות הבין שנתית של אקלים מערכת אזור המעבר המתבטאת בתקופות של אקלים מדברי המתחלפות באקלים ים-תיכוני וחוזר חלילה, עשויה להביא למגוון תוך-מיני גבוה (למשל Kark et al., 2008) האמור להקנות לאוכלוסיות אלה עמידות בפני שינויים אלה, ובתוכה אולי אף עמידות לשינויי האקלים (Safriel et al., 1994) ולתהליכי מדבור בעקבותיהם. לפיכך, מבין מינים אלה של מערכת אזור המעבר ניתן יהיה לזהות כאלה שלא רק עשויים להיות כשירים לטיפול למטרות שונות, אלא יהיו גם עמידים וסתגלניים לשינויים הסביבתיים הצפויים, ולכן עדיפים על מינים בעלי פוטנציאל למימוש מטרות דומות, אך עם עמידות וכושר הסתגלות נמוכים יותר.

על מנת להבטיח את אפשרויות השימוש במאגר זה של צמחים עם סיכוי להוות משאבים גנטיים פוטנציאליים, בנק הגנים הישראלי אסף בשנים 2007-2014, זרעים של 284 מיני צמחים מ"ספר המדבר", שמו של השטח שרובו מכסה את מערכת אזור המעבר, שנשמרים בבנק זה (מייזליש גתי וחוב', 2015), אך לא נבדק כמה ומי ממינים אלה אמנם מזוהה כמשאב גנטי פוטנציאלי.

בדומה, גם באזור הר-הנגב הגבוה שבמערכת המדבר הצחיח, קיימים מיני צמחים, כגון אלה *אטלנטי*, שקד רמון ומיני אזובית, הגדלים במקומות מבודדים בהם נוצרו תנאי אספקת מים טובים עקב קיומם של בורות, מעיינות או מחשופי-סלע תורמי-נגר. הבידוד של אוכלוסיות אלה מאוכלוסיות צפוניות יותר, ולעתים גם הבידוד בין אוכלוסיות בתוך הר-הנגב, תרמו למגוון הגנטי שביטוי בהתפצלות לתת-מינים ואף למינים "חדשים" ולכן אנדמיים למערכות המדבריות של ישראל (Danin, 2008). מגוון גנטי זה, המתבטא ב-23 מינים, עשוי לזהות מינים אלה כמשאבים גנטיים פוטנציאליים. זרעים של 255 מינים מהאזור הצחיח והצחיח-קיצון נאספו אף הם ע"י בנק הגנים (מייזליש גתי וחוב', 2015), אך לא ברור הפוטנציאל של מינים אלה כמשאבים גנטיים.

2.1.2.3 תועלות ותרומתן לרווחת האדם

תירבות מיני בר והשבחת מיני תרבות: מינים רבים הגדלים במערכות המדבריות יכולים לשמש לגינון וייעור או להשבחת מינים לגינון וייעור חסכוניים במים (טבלה 3). מכיוון שלחלק ממינים אלה או לקרוביהם פוטנציאל לספק שירותים נוספים לאדם (כגון מזון, מרפא, צל ונוי), ישנה חשיבות רבה בהשבחת זנים עמידים ליובש של מינים אלה על מנת לייעל את יכולתם לספק שירותים נוספים אלה באופן שיהיה חסכוני במים ופחות תלוי בתנודות אקלימיות.

הדס וחוב', (Hadas et al., 2009) מנו 23 מיני צמחים הגדלים בנגב ויכולים לשמש לגינון חסכוני במים, בהם גם מינים ייחודיים למערכות המדבריות כגון *סתונית הנגב*, *חלמונית גדולה*, *אירוס טוביה*, *אירוס ירוחם*, *אירוס הנגב* ו*כחילת ההרים*. שלף וחוב' (Shelef et al., 2016) דיווחו על ניסיונות תירבות של תשעה מיני צמחים מדבריים מקומיים בעלי פוטנציאל

חקלאי במרכז מחקר ופיתוח חקלאי רמת נגב; ביניהם לענת המדבר ולענת יהודה (*Artemisia sieberi* and A.)
Judaica) לצורכי רפואה, *קוכיה הודית* (*Bassia Indica*) כצמח מרעה ולצורך וויסות המלח בקרקע, מור
(*Commiphora gileadensis*) כתרופה נגד סרטן, ואלה אטלנטית (*Pistacia atlantica*) אשר יכולה לשמש ככנה
עבור אלת הפיסטוק, פיקוס בת שקמה (*Ficus palmate*) אשר יכול לשמש ככנה עבור גידול תאנים. משתלת קרקש
שבמדרשת שדה-בוקר (www.karkash.com) עוסקת בהרבייה ותירבות מסחריים של צמחים מדבריים לצורכי גינון
פרטי וציבורי, ובעשור האחרון עסקה בתירבות של כ-20 מיני בר, כולל אזובית המדבר (*Origanum dayi*), גפסנית
ערבית (*Gypsophila capillaris*), חבצלת הנגב (*Pancratium sickenbergeri*), לוטוס מדברי (*Lotus lanuginosus*) ומרווה ריחנית (*Salvia dominica*). אחדים ממינים אלה כבר משווקים לציבור הרחב.

במשתלת קק"ל בגילת מרבים מספר מיני עצים האופייניים למערכות המדבריות, כגון שיטה סלילנית (*Acacia raddiana*), שיטת הנגב (*Acacia pachyceras*), מורינגה רותמית (*Moringa peregrina*), ומיני אלה (*Pistacia*)
כגון האלה האטלנטית (*Pistacia atlantica*), המשמשים בעיקר לצרכי הייעור של קק"ל, ובמידה מועטה יותר לצרכי
גינון של לקוחות פרטיים (פבלו צ'רקסקי, מנהלת משתלת קק"ל בגילת, תקשורת אישית). מחקר שבחן את עמידותה של
אלה אטלנטית לתנאי יובש מצא שתכונה זו אופיינית לעצים הגדלים במערכות המדבריות בלבד, ולא לכלל אוכלוסיית
המין בארץ, והציע לנצל גנוטיפים מדבריים לטיפוח מיני אלה אטלנטית לייעור, בין אם על-ידי הרביית זרעים מעצים
מדבריים או על-ידי השבחה גנטית של גנוטיפים צפוניים יותר באמצעות גנוטיפים מדבריים (Tedla, 2014).

בנוסף, עוסקים במשתלה בהרבייה של מינים שאינם מדבריים במהותם תוך שימוש במשאבים גנטיים מפרטים הגדלים
במערכות המדבריות, כגון עצי חרוב מצוי (*Ceratonia siliqua*) הגדלים במספר אתרים בהר-הנגב, על מנת ללמוד על
אופן התאמתם של פרטים אלה לתנאים הצחיחים של המדבר ולנצל ידע זה בעתיד לפיתוח זנים עמידים יותר. במשתלה
בשמורת עין גדי מרבים מיני צומח המותאמים לאזור חוף ים המלח מתוך כוונה להחליף את צומח הנוי ביישובים והמלונות
במינים מקומיים ובכך למזער את נוכחות המינים הפולשים.

צמחים שביכולתם לסייע בוויסות זיהום קרקעות: ישנה חשיבות גם לצמחים הידועים ביכולתם לקלוט ולאגור מזהמי-
קרקע שונים, כגון מתכות כבדות, עודפי-חנקן ומלחים, שכן ניתן לנצל תכונות אלה להפחתת ריכוזי מזהמים אלה
בקרקעות שנפגעו כתוצאה מפעילות האדם (Golan-Goldhirsh et al., 1998). בין מינים אלה הגדלים בחבל המדברי
נמנים אכילאה ריחנית (*Achillea fragranissima*) הקולטת קדמיום (Sathiyamoorthy et al., 1997), מלחית חומה
(*Salsola inermis*) וקוכיה הודית (*Bassia Indica*) המסייעות לסלק מלחים מהקרקע (Barazani & Golan-
Goldhirsh, 2009; Shelef et. Al., 2016), וחלמית גדולה (*Malva nicaeensis*) ויבלית מצויה (*Cynodon dactylon*)
הקולטות חנקן (Del Rio et al., 2002). עם זאת, הידע שנצבר על הפוטנציאל של מינים אלה טרם הגיע
לכדי מימוש מעשי.

צמחים בעלי פוטנציאל לשימוש רפואי: במערכות המדבריות ידועים כ-100 מינים אשר יכולים להיות בעלי שימוש
רפואי, בעיקר כאלה אשר נעשה בהם שימוש ברפואה הבדואית המסורתית. ברבים ממינים אלה בודדו הרכיבים הפעילים

בעלי התועלת הרפואית, ונבחנת האפשרות לייצר חומרים אלה באופן מלאכותי או להרבות מינים אלה לצורך הפקת החומרים הרפואיים. מידע מפורט על צמחי המרפא במערכות המדבריות מוצג בתת-הפרק העוסק בשירות אספקת צמחי מרפא.

2.1.2.4 מגמות

אף שתועלתיהם השונות של המינים המדבריים ועמידותם לתנאים הצחיחים ידועים לאדם מזה מאות בשנים, מאמצים ראשונים להשביח מינים תוך שימוש בתכונות המינים המדבריים הם בגדר חידוש של עשרות השנים האחרונות. יתרה מזאת, מחקר יישומי המבוסס על משאבים גנטיים לשמם, כלומר מחקר המתבסס על זיהוי רכיבים בגנום ועל השבחה והנדסה גנטית, צברו תאוצה רק בשני העשורים האחרונים, כאשר טכנולוגיות המעבדה התפתחו לרמה המאפשרת מחקרים מסוג זה. לכן, הביקוש לשירות המשאבים הגנטיים במערכות המדבריות הוא תופעה חדשה יחסית. במקביל, חלה ירידה מתמשכת בהיצע שירותי המשאבים הגנטיים של המערכות המדבריות, ובפרט של מערכת אזור המעבר, עקב תהליכי פיתוח והתמרת מערכות טבעיות למערכות חקלאיות, יערות נטועים או עירוניות/יישוביות (סקר חבל יתיר, 2006; פרגמן ורון, 2014), העלולה לגרום לאובדן המידע הגנטי האצור במינים נדירים או מינים המצויים בסכנת הכחדה (פרגמן ורון, 2014). בין המינים המוזכרים בפרק זה ומצויים בסכנת הכחדה נמנים מיני האירוס ומורינגה רותמית ובין המינים האנדמיים לישראל נמנים אזובית המדבר ואירוס ירוחם (שמידע וחוב', 2007).

טבלה 3: צמחים הגדלים במערכות המדבריות אשר יכולים לשמש לגינון ולייעור או להשבחת מינים קרובים לצרכים אלה, ולכן נדרשישמור המידע הגנטי שלהם.

מין	אזור המעבר	המדבר הצחיח	הצחיח-קיצון
עשבוניים רב-שנתיים			
אחי-אירוס מצוי <i>Gynadris sysirinchium</i>	+	+	
אירוס הנגב <i>mariae Iris</i>	+	+	
אירוס טוביה (עוזיהו) <i>Iris regis-uzziae</i>	+	+	
אירוס ירוחם <i>petrana Iris</i>		+	
אירוס שחום <i>atrofusca Iris</i>	+	+	
דבורנית דינסמור <i>Ophrys umbilicata</i>	+	+	
זהבית דמשקאית <i>Gagea chlorantha</i>	+	+	+
חבצלת הנגב <i>Pancratium sickenbergeri</i>	+	+	+
חלמונית גדולה <i>Sternbergia clusiana</i>		+	
חצב מצוי <i>maritima Urginea</i>	+	+	+
כדן אשכולי <i>Muscari neglectum</i>		+	
כחלית ההרים <i>Ixiolirion tataricum</i>		+	
כלנית מצויה <i>Anemone coronaria</i>		+	
לוטוס מדברי <i>Lotus lanuginosus</i>	+	+	
נורית אסיה <i>Ranunculus asiaticus</i>	+	+	

מין	אזור המעבר	המדבר הצחיח	הצחיח-קיצון
נץ-חלב דק-עלים <i>Ornithogalum trichophyllum</i>	+	+	+
נץ-חלב צרפתי <i>Ornithogalum narbonense</i>	+	+	+
נרקיס מצוי <i>Narcissus tazetta</i>	+	+	
עירית גדולה <i>Asphodelus microcarpus</i>	+	+	+
עירוני צהוב <i>Asphodeline lutea</i>	+	+	
ערטניית השדות <i>Leontice leonotopetalum</i>	+	+	
סתונית הנגב <i>Colchicum ritcii</i>	+	+	+
סתונית הקליפות <i>Colchicum tunicatum</i>	+	+	
צבעוני המדבר <i>Tulipa systola</i>	+	+	+
שום הנגב <i>rothii Allium</i>	+	+	
מעוצים			
אלה אטלנטית <i>Pistacia atlantica</i>	+	+	+
אשבל מצרי <i>Stachys aegyptiaca</i>	+	+	+
חרוב מצוי <i>Ceratonia siliqua</i>	+		
ימלוח פגום <i>Nitraria retusa</i>	+	+	
כוכב ריחני <i>Asteriscus graveolens</i>	+	+	+
מורינגה רותמית <i>Moringa peregrina</i>	+	+	
מוריקה מבריקה <i>Moricandia nitens</i>	+	+	+
מרווה צמירה <i>Salvia lanigera</i>	+	+	+
עדעד מאובק <i>Limonium pruinosum</i>	+	+	+
ערטל מדברי <i>Gymnocarpus decander</i>	+	+	+
קרקש צהוב <i>Colutea istria</i>	+	+	+
שיטת הנגב <i>pchyceras Acacia</i>	+	+	
שיטת הסוכך <i>Acacia tortilis</i>	+	+	
שיטה סלילנית <i>Acacia raddiana</i>	+	+	+

2.1.3. אספקת צמחי תבלין ומרפא

2.1.3.1. כללי

כ- 1330 מיני צמחים מהבר (עשבונים ומעוצים) מהווים את מכלול המגוון הביולוגי הצמחי של המערכות המדבריות, ו-77 מהם משמשים כצמחי מרפא - 14 חד-שנתיים, 25 רב שנתיים, ו-38 מעוצים, היינו עצים, שיחים ובני שיח, (טבלה 4), וחלקם גם בשימוש כצמחי תבלין. מספר בעלי החיים, בהשוואה לצמחים, המשמשים מקור לחומרי מרפא קטן ביותר ומסתכם בשבעה מינים מהבר (מלבד הגמל, האתון והעז) מקבוצות טקסונומיות שונות. חלקים מהצמח ומבעל החיים השלם של המינים הללו (זרעים, פרחים, עלים, שורשים, דם, שיער, נשל) או כל גוף הצמח או בעל החיים, כולם הינם מוצרים של שרות אספקת משאבי רפואה/תבלין של המערכות המדבריות.

לצמחי-תבלין ומרפא ולבעלי חיים שהם מקור לתרופות נודע ערך חשוב בחברות מסורתיות. עשרות מיני צמחים ואי אלו בעלי חיים, אשר ברובם נפוצים בכל חלקי המערכות המדבריות (טבלה 4, טבלה 5, איור 2) תועדו כבעלי שימוש רפואי בבחברה הבדואית-ערבית המסורתית (אבו רביע, תקשורת אישית; קריספיל, 1987; פולק, 2015; Bailey & Danin, 1981; Friedman et al., 1986). בסקר שנערך בשנות ה-80 בקרב 27 מרפאים בדואים (Friedman et al., 1986), הוזכרו 81 מינים בנגב, המשמשים ברפואה המסורתית, מתוכם 33 מינים קוטלגו כבלתי פופולריים (הוזכרו על ידי פחות מ-50% מהמרפאים) ו-8 מינים קוטלגו כפופולריים (הוזכרו על ידי יותר מ-50% מרפאים). בסקר דומה שנעשה ב-2012 (Mordoch, 2012) דווח על לפחות 22 מינים שמשמשים עדיין כצמחי מרפא ברפואה הבדואית. כמו כן דווח על מספר מצומצם של מפעלים תעשייתיים, בדואים ויהודים, המייצרים תרופות וקוסמטיקה המבוססים על צמחי המדבר. בנוסף, כמות מצומצמת של צמחי תבלין נאספים באזור ע"י מטיילים. העובדים התאילנדים אשר עובדים בקיבוצים באזור אוספים את הצמח *שושנת-יריחו* (*Anastatica*), אשר משמש להקלה בסכרת. בין מינים מסורתיים אלה שנאספים על ידי בדווים, ראויים במיוחד לציון *אזוב מצוי* (*Origanum syriacum*), *אכליא ריחנית* (*Achillea fragrantissima*), *געדה מצויה* (*Teucrium capitatum*), *אבטיח הפקועה* (*Citrullus colocynthis*), *לולינית מעובה* (*Eminium spiculatum*) אהל מצוי (*Mesembryanthemum nodiflorum*), *ויתניה משכרת* (*Withania somnifera*), לענת יהודה (*Artemisia judaica*), *מרווה משולשת* (*Salvia fruticosa*), *עכובית הגלגל* (*Gundelia tournefortii*) ושיף מצוי (*Ziziphus spina-cristi*) (קריספיל, 1987; Harlev et al., 2013; Friedman et al., 1986). בנוסף, מספר רב של צמחי מרפא מקומיים הנפוצים ברפואה העממית/מסורתית עדיין לא נחקרו וככל הנראה הפוטנציאל שלהם גבוה. בשנת 2014 תפסה רשות הטבע והגנים כ-2,000 ק"ג של *אזוב מצוי* וכ-80 ק"ג של *מרווה משולשת* אשר נקטפו באופן בלתי-חוקי (יריב מליחי, אקולוג ברשות הטבע והגנים, תקשורת אישית). עם זאת, כמות *האזוב המצוי* הנקטפת בחבל יתיר בלבד, על-ידי בדואים מקומיים ושוהים בלתי-חוקיים מהר-חברון, נאמדת בכ-2,000 ק"ג בשנה (Rueff et al., 2008), נתון זה מצביע על-כך שנתוני רשות הטבע והגנים הם ככל הנראה הערכות חסר. בנוסף, ישנם עסקים מסחריים המנצלים צמחי-מרפא מקומיים, הן במגזר היהודי (למשל, חוות יער-יתיר) והן במגזר הבדואי (למשל, חברת בת-מדבר). רוב חומרי-הגלם המשמשים עסקים אלה מלוקטים בשטחי המערכות האקולוגיות הטבעיות, להוציא 2-3 מקומות בארץ, אין גידול או תירבות בארץ של מרבית צמחי הרפואה (נועם אורן, מלקט בחוות יתיר, תקשורת אישית). במגזר היהודי מצויים שתי חוות לגידול צמחי מרפא מהארץ ובעיקר מהעולם ("חוות האפרסמון" בקבוץ אלמוג ליד ים המלח ו"הגן הקסום" בקיבוץ קטורה בערבה). גם בחברה הערבית/בדואית עברו לגידול של צמחי-מרפא בהיקפים קטנים (Mordoch, 2012), לדוגמא, משתלת נגב בלקיה – גידול צמחים מקומיים מהבר לצורכי מרפא. דר' סולווי, שמנהלת את "הגן הקסום" ממליצה לכל המי ומי צמחים שכדאי לגדל בגינה הביתית שני מינים בסיסיים: *זוטה לבנה וחומעה ורודה*, שאת זרעיה ניתן לאסוף מצידי דרכים בערבה ובנגב.

בשנות השבעים גדלו במשאבי שדה וניר יצחק שני מינים חד-שנתיים של לחך, לחך בלוטי (*Plantago afra*) ולחך

סגלגל (*Plantago ovata*), למטרות רפואיות. חישובים כלכליים שנערכו ביחס לכדאיות גידולם של המינים הללו, הראו כי ההכנסה הצפויה מגידול מיני לחך אלה, גדולה יותר מההכנסה של גידול חיטה באותו השטח. הסתבר שהלחך מסתפק בשני-שלישים מכמות המים הדרושה לחיטה. למרות זאת, אין היום מגדלים את הצמח במחוזות אלו.

גידול צמחי-תבלין ומרפא מקומיים יכול להיות מקור תעסוקה לאנשים רבים, כולל אנשים שאינם משכילים או מבוגרים, המשמרים ידע מסורתי. ואמנם, זרעים של כמה מינים אלה נמכרים במשתלות (טבלה 6), כך שהשימוש בצמחי תבלין ומרפא חורג משימוש מסורתי/עממי בלבד. ישנה חשיבות רבה ליכולת לנצל צומח טבעי למרפא, בעיקר אם הוא יכול להיות תחליף טוב לתרופות-מדף תעשייתיות שייצורן, אריזתן והפצתן כרוכות במחיר סביבתי. אין בידינו מידע כמותי לגבי היקפי הקטיפה של צמחי-תבלין ומרפא או לגבי היקפי הייצור של מוצרים מצמחים אלה. עם זאת, מוצרים שונים נמכרים בחוות-יתיר, חברת עשבי קדם ובחברת בת-מדבר במחירים של 50-80 ש"ח לכמויות של 30-100 גר' שמן/משחה, תלוי בסוג המוצר¹.

2.1.3.3 מגמות

השימוש בצמחי מרפא נפוץ אצל הבדווים באשר הם. בגליל, בנגב, בסיני וגם במגזר היהודי גובר העניין ברפואה המסורתית של הבדווים, ללא קשר למגמה העולמית בנושא זה. מכאן שגם אם חלו שינויים רבים באורח-החיים של הבדווים, הרפואה המסורתית ממשיכה להיות חלק משמעותי מאורח-החיים המודרני. זאת למרות הטענה של מורדוך (Mordoch, 2012) שבקרב הצעירים בחברה הערבית/בדואית יש נטייה להסתמך יותר על רפואה מודרנית בהשוואה לרפואה המסורתית. גם בקרב חלקים מהמגזר היהודי יש נטייה הולכת וגוברת של שימוש בצמחי מרפא (שחלקם גם צמחי תבלין). מגמה זו מתבטאת באתרי אינטרנט לא מעטים של רפואה אלטרנטיבית עם המלצות של רופאים קונבנציונליים ובעיקר של נטורופתים לשימוש ברפואה מסורתית שמבוססת על "תרופות סבתא" מצמחי בר הגדלים בארץ ובעולם ואשר את חלקם מגדלים ברמה מסחרית. קיומן של חברות כגון חוות-יתיר, עשבי קדם ובת-מדבר, הפונות בעיקר למגזר היהודי, מהוות עדות לשינויים אלה. גם חלק מהבדווים הבינו את הפוטנציאל הכלכלי ביצור תכשירים מצמחי בר (כמו מרים מחברת בת המדבר שבתל שבע או סלמן מואדי אריכה). עם זאת, נראה כי הצטמצמות השטחים הטבעיים בחבל יתיר שבאזור המעבר (סקר חבל יתיר, 2006) גורמת לצמצום שטחי הלקט, ולכן להקטנת מצאי צמחי-המרפא.

אוכלוסיות של מינים רבים של צמחי תבלין ומרפא נמצאים בסיכון עקב קטיפה-יתר, ועל-כן רבים מהם הם מינים מוגנים: אזוב מצוי, חצב מצוי, כלנית מצויה, נרקיס מצוי, עכובית הגלגל, קורנית מקורקפת, רותם המדבר, ומיני אשל, בבוג, מרווה, שיזף, ושיטה. ניסיונות תרבות וגידול צמחי תבלין ומרפא נעשים במרכז מחקר ופיתוח חקלאי רמת נגב וכן בחלק מהחוות העוסקות בייצור תרופות מהצומח. יתכן שמגמה זו תחליף בעתיד את ליקוט הצמחים מהבר.

המידע לגבי יכולות הריפוי של כל אחד מהמינים מורכב ושונה לפעמים ממקור מידע אחד לשני. צמחים לא מעטים כמו

¹ www.yatirherbs.com ; www.desertaughter.com

האזוב המצוי, המרווה, השיזף והיחנוק מיועדים לריפוי של מגוון מחלות, שפעמים הקשר ביניהם לא ברור. למרות זאת, עדיין הרפואה המסורתית בקרב החברה הערבית/בדואית מקובעת באופן משמעותי. גם בקרב החברה היהודית יש מגמה, שהולכת ועולה, בשימוש ברפואה אלטרנטיבית, שכוללת שימוש בצמחי מרפא (בעיקר כשמדובר במחלות כרוניות/קשות כמו סרטן בגלל התחושה שאין מה להפסיד במקרים אלו. לדוגמא, בשנים האחרונות יש ניסיונות מסיביים לליקוט שרביטן מצוי, שעליו דיווחו בתקשורת שהוא מרפא סרטן).

שטחים רבים של המערכות הטבעיות, מערכת אזור המעבר ומערכת המדבר הצחיח מותמרים לתפקוד כמערכות חקלאיות ואף למערכות עירוניות/יישוביות, ובמערכות הטבעיות גם מוטמעים שטחים המתפקדים כשמורות טבע. מציאות זו יחד עם צריכה של צמחי מרפא, בעיקר מהמערכות הטבעיות, עשויה להפחית בסופו של יום את ממדי המגוון הביולוגי שמהווים מוצרים אלו. כבר היום צמחים כמו *אזוב מצוי*, *בבונג זהוב* ו*אוג קוצני* נמצאים ברשימת הצמחים המוגנים.

סיכום המגמה וגורמיה: הרפואה המסורתית שהתבססה, בין השאר, על השימוש בהיצע שרות אספקת צמחי תבלין ומרפא באמצעות המגוון הביולוגי של צמחים ובעלי חיים, שתועלותיו ריפוי מחלות ובעיות בריאות ככלל, ידועה מקדמת דנא בתרבויות רבות. אין בידנו מספיק חומרים היסטוריים מהם ניתן לזהות במלואן מגמות באספקת שירות זה בישראל. עם זאת, ניתן להצביע על התפתחות מגמת ירידה בביקוש לשרות המסופק באמצעות צמחי המרפא, מגמה שהתהפכה לאחרונה עקב העלייה בפופולריות הרפואה הטבעית והמשלימה, ובמקביל, עליה בשימוש בצמחי-מרפא כמשאב גנטי המטופח כגידול חקלאי או כמוצר תעשייתי. עליה זו בביקוש לשרות נענתה במגמת היצע השרות אשר כנראה לא הושפעה משינויים בממדי רכיב המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות המעורב באספקת שרות זה. לאמר – הגורמים שחוללו שינויים אלה בהיצע ובשימוש בשרות לא היו שינויים בתהליכים האקולוגיים שבמערכות, וכנראה גם לא ליקוט יתר (למרות הסיכון המוזכר לעיל) של צמחי המגוון הביולוגי המעורב באספקת השירות. את הגורמים מחוללי השינוי באספקת השרות שהביאו למגמות שנצפו ניתן לזהות כגורמים חברתיים-תרבותיים וטכנולוגיים, ויחסי הגומלין ביניהם. היום, זיהוי זה נתמך על ידי מידע במימד הגלובלי לפיו למעלה מ-70% מהתרופות שנצרכות בחברות המודרניות שברחבי העולם, מתבססות על חומרים שממצים מצמחים וגם מבעלי חיים, כמו נסיוב המופק מדם בעלי חיים, ובו נוגדנים לטיפול בפגיעה של ארס, כתוצאה מהכשה או עקיצה.

טבלה 4: צמחי מרפא עיקריים הנפוצים במערכות המדבריות, שימושיהם ותפוצתם (גרנות, 2015, פולק, 2015, קריספיל, 1987, Bailey and Danin, 1981, Friedman et al., 1986).

מין	שימושים עיקריים	אזור המעבר	המדבר הצחיח	הצחיח-קיצון
חד-שנתיים				
אהל מגושם <i>Mesembryanthemum forsskali</i>	עיכול, עור, קוסמטיקה		+	+

מין	שימושים עיקריים	אזור המעבר	המדבר הצחיח	הצחיח-קיצון
אמיתה קיציית <i>Ammi visnaga</i>	סוכרת	+		
בבונג זהוב <i>Matricaria aurea</i>	כאבים, שיניים, כליות, עור, קוסמטיקה, תבלין, הרחקת מזיקים	+	+	+
גד השדה <i>Coriandrum sativum</i>	עיכול, הריון ולידה, משקאות חריפים, קוסמטיקה	+		
גדילן מצוי <i>Silybum marianum</i>	כבד, כליות, נשימה, פריון, השמנת-יתר, סרטן, עור	+		+
גרגרנית יוונית <i>Trigonella foenum-graecum</i>	סוכרת, הריון, לידה והנקה, עיכול, קוסמטיקה, תבלין	+		
גרגרנית ערבית <i>Trigonella arabica</i>	סוכרת, תבלין	+	+	+
דרדר מצוי <i>Centaurea iberica</i>	קצרת, סחרחורות	+	+	+
לחך סגלגל <i>Plantago ovata</i>	סוכרת, חיטוי, עיכול	+	+	+
לחך בלוטי <i>Plantago afra</i>	הזרעים מסדירים את פעולת המעיים, טיפול בשלשול, עצירות וטחורים	+	+	+
	טיפול בתסמונת המעי הרגיז			
	טיפול לירידה במשקל			
חלמית מצויה <i>Malva nicaeensis</i>	טיפול בחבישת פצעים, הורדת נפיחות, מחלות עיניים	+	+	
ירוקת החמור <i>Ecballium elaterium</i>	צהבת	+		
מרגנית השדה <i>Anagallis arvensis</i>	כבד, כליות, עצבים, חיטוי, קוסמטיקה	+	+	+
שושנת-יריחו האמיתית <i>Anastatica hierochuntica</i>	סוכרת, כבד, אפילפסיה, פריון		+	+
עשבוניים רב-שנתיים				
אבטיח הפקועה <i>Citrullus colocynthis</i>	עצירות, תולעים במעיים וניקוי דרכי השתן.		+	+
אכליאה ערבית <i>Achillea santolina</i>	עיכול	+	+	+
אכליאה ריחנית <i>Achillea fragrantissima</i>	חום וכאבים, פרקים, לב, סוכרת, עיכול, טחורים, סרטן, דלקות, עור, קוסמטיקה, תבלין, אלצהיימר ופרקינסון, הרחקת מזיקים	+	+	+
אלמוות הכסף <i>Paornychia argentea</i>	סוכרת	+	+	
אצבוע ים-המלח <i>Caralluma sinaica</i>	לא מפורט		+	+
ארכובית שבטבטית <i>Polygonum equisetiforme</i>	כאב גרון	+	+	+
ורבנה רפואית <i>Verbena officinalis</i>	חום וכאבים, נשימה, מפרקים, כבד, הרחקת מזיקים	+	+	+

מין	שימושים עיקריים	אזור המעבר	המדבר הצחיח	הצחיח-קיצון
<i>Urginea maritima</i> חצב מצוי	לב, נשימה, סרטן, משקאות חריפים, הרחקת מזיקים	+	+	+
<i>Eryngium glomeratum</i> חרחבינה מגובבת	כאבי-גרון	+	+	
<i>Eryngium creticum</i> חרחבינה מכחילה	סוכרת	+	+	+
<i>Prosopis farcta</i> ינבוט השדה	סוכרת	+	+	+
<i>Cistanche tubulosa</i> יחנוק המדבר	צהבת, אבנים בכליות, עצירות בדרכי השתן, שלשולים, פצעים וחתכים בגוף	+	+	+
<i>Ecballium elaterium</i> ירוקת החמור	כבד, לב, כליות, עיכול, אוזניים, חום וכאבים, סרטן, דלקות, עור, הרחקת מזיקים	+		
<i>Anemone coronaria</i> כלנית מצויה	כאבים, עצבים	+	+	
<i>Eminium spiculatum</i> לולינית מעובה	כאבי-מחזור, עור, תבלין	+	+	
<i>Anchusa strigosa</i> לשון-פר סמורה	כאבים, עצבים, כיבים	+	+	+
<i>Narcissus tazetta</i> נרקיס מצוי	כאבים, פרקים, אוזניים, סרטן, עור, קוסמטיקה	+	+	
<i>Asphodelus microcarpus</i> ערית גדולה	עיכול, עיניים, כאבי-גב ופרקים, כבד, כוויות, עור	+	+	+
<i>Gundilia tournefortii</i> עכובית הגלגל	עיכול, כבד, כיס-המרה, דימום, אלרגיות	+		+
<i>Solanum nigrum</i> סולנום שחור	עצבים, כאבי-גב, שיניים, עיניים, חום, חיטוי, כוויות, קוסמטיקה	+	+	+
<i>Glaucium arabicum</i> פרגה ערבית	עיניים	+	+	+
<i>Dianthus strictus</i> ציפורן נקוד	פצעים	+	+	
<i>Capparis spinosa</i> צלף קוצני	כאבים, פרקים, לב ונשימה, כבד, עיניים, שיניים, סרטן, פרויון, תבלין, קוסמטיקה	+	+	+
<i>Peganum harmala</i> שבר לבן	כאבים, עצבים, עור, טחורים, עיניים, סרטן, הרחקת מזיקים	+	+	+
<i>Foeniculun vulgare</i> שומר פשוט	עיכול, כליות, נשימה, עצבים, חיטוי, תבלין, קוסמטיקה	+	+	+
מעוצים				
<i>Rhus tripartita</i> אוג קוצני	שלשולים, דלקת בדרכי השתן, קרוהן, קוליטיס, אולקוס, תמיכה בהרזיה ודיאטה	+	+	+
<i>Suaeda asphaltica</i> אוכם המדבר	עור, עיכול, כבד, קוסמטיקה	+	+	+
<i>Origanum dayi</i> אוזבית המדבר	כאבים, נשימה, בעיות-גב, סרטן, תבלין	+	+	+
<i>Origanum syriacum</i> אוזב מצוי	שיעול, כאבי בטן, כאבי ראש, כאבי שיניים, כאבי נזלת, הצטננות ושפעת, דלקת גרון, דלקת שקדים או מורסה סב-שקדית, נפיחות במעיים	+		

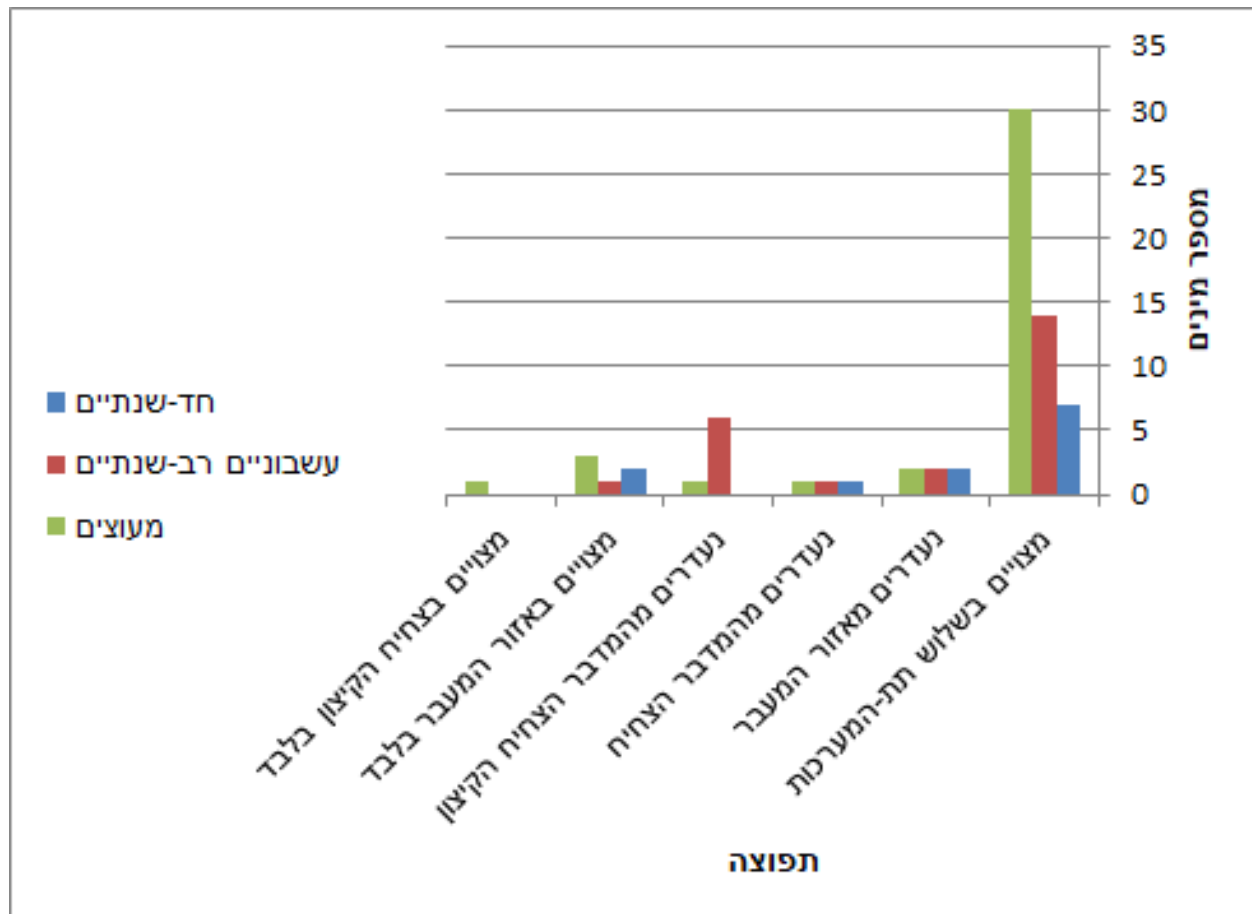
מין	שימושים עיקריים	אזור המעבר	המדבר הצחיח	הצחיח-קיצון
	שלשול, נזלת, כיח בגרון, התקררות, התעלפות או סחרחורת, דרכי הנשימה, כאב בטן ובחילה, הקאה, חיזוק הקיבה, צרבת, צרידות, קצרת. תרופה לאילמות, ולגמגום, דלקת עיניים-טרכומה			
אטד ערבי <i>Lycium shawii</i>	כאבי-שיניים, דימום באף	+	+	+
אלה אטלנטית <i>Pistacia atlantica</i>	חיטוי, קוסמטיקה	+	+	+
אשל היאור <i>Tamarix nilotica</i>	עיניים	+	+	+
אשל הפרקים <i>Tamarix aphylla</i>	עצבים, עיכול, כאבי-שרירים, הקלה לאחר לידה	+	+	+
באשן עגול-עלים <i>Cleome droserifolia</i>	סוכרת			+
גבסנית ערבית <i>Gypsophila capillaris</i>	מלריה, סרטן	+	+	+
געדה מצויה <i>Teucrium capitatum</i>	שיעול, סוכרת, כאבי בטן, לכיב הקיבה, בחילות, הקאות ושלשולים וקלקול קיבה, התכווצות מעיים, עצירות בדרכי השתן	+	+	+
ויתניה משכרת <i>Withania somnifera</i>	פריון, עצבים, עיכוב אלצהיימר, סרטן	+	+	+
זוגן השיח <i>Zygophyllum dumosum</i>	עור, שיניים, טחול	+	+	+
חמדת המדבר <i>Hammada scoparia</i>	כאבי-שרירים, מלריה, סרטן	+	+	+
חמדת השיח <i>Hammada salicornica</i>	דימום	+	+	+
טיון דביק <i>Inula viscosa</i>	סוכרת	+	+	+
יפרוק המדבר <i>Anabasis articulata</i>	עור, עיכול, כליות, קוסמטיקה, הרחקת מזיקים	+	+	+
לענת המדבר <i>Artemisia sieberi</i>	לב, נשימה, עצבים, עיניים, מלריה, זיהומים, עיכול, פריון, סוכרת, תבלין, הרחקת מזיקים	+	+	+
לענת יהודה <i>Artemisia judaica</i>	עיכול, עור, אוזניים		+	+
מלוח קיפח <i>Atriplex halimus</i>	כאבי-שרירים, סוכרת, תבלין, הרחקת מזיקים	+	+	+
מרווה משולשת <i>Salvia fruticosa</i>	עיכול, לחץ-דם, נשימה, עור, עיכוב אלצהיימר, תבלין, קוסמטיקה		+	+
מרווה ריחנית <i>Salva dominica</i>	עצבים, בטן, הזעת-יתר, התקרחות, כאבי-מחזור, דלקות חניכיים, סרטן	+	+	+
סירה קוצנית <i>Sarcopoterium spinosum</i>	עצבים, עיניים, סוכרת, כליות, סרטן, הרחקת מזיקים	+	+	+
פגוניה רכה <i>Fagonia mollis</i>	חתכים	+	+	+
פיגמית מגובשת <i>Haplophyllum tuberculatum</i>	חום	+	+	+

מין	שימושים עיקריים	אזור המעבר	המדבר הצחיח	הצחיח-קיצון
<i>Pulicaria incisa</i> פרעושית גלונית	נזלת, פגיעות במוח	+	+	+
<i>Pulicaria undulata</i> פרעושית מסולסלת	כאבים, נשימה, מפרקים, כבד, הרחקת מזיקים	+	+	+
<i>Calotropis procera</i> פתילת המדבר הגדולה	עיכול, חום, נשימה, דלקות, סרטן	+	+	+
<i>Phagnalon rupestre</i> צמרנית הסלעים	שיניים, עור, כאבי-גב, עקיצות, כוויות, דלקות	+	+	+
<i>Satureja thymbra</i> צתרה ורודה	אין פירוט	+		
<i>Thymbra spicata</i> צתרנית מושבלת	אין פירוט	+		
<i>Coridothymus capitatus</i> קורנית מקורקפת	נשימה, עיכול, שיניים, לב, עצבים, סוכרת, דלקות, תבלין	+		
<i>Pituranthos tortuosus</i> קוזח עקום	עיכול, כליות, טחול, כאבי-ראש, תבלין	+	+	+
<i>Retema raetam</i> רותם המדבר	חום וכאבים, נקעים ושברים, עיכול, חיטוי, סוכרת, השמנת-יתר, סרטן	+	+	+
<i>Ochradenus baccatus</i> רכפתן מדברי	כאבים, קוסמטיקה	+	+	+
<i>Ziziphus spina-cristi</i> שיזף מצוי	לב, פריון, כאבי-שרירים, סוכרת, עצבים, התקרחות, פרי השיזף משמש שלשול, כאבי לב. שפיעת חלב האם או למחסור בחלב האם	+	+	+
<i>Acacia tortilis</i> שיטת הסוכך	מכיל נוגדי-חמצון		+	+
<i>Acacia raddiana</i> שיטה סלילנית	עור, טחורים דימום, שיניים	+	+	+
<i>Ephedra aphylla</i> שרביטן ריסני	חום, כאבי-ראש, מלריה	+	+	+

טבלה 5: בעלי חיים המשמשים מקור לריפוי בחברה הבדואית (<http://www.edu-negev.gov.il/beduin/15.htm>).

מחלות	מרכיב בבעל החיים	בעל חיים
סניליות, אבעבועות	דם, שיער	<i>Hyaena hyaena</i>
צרידות קשה, מניעת מוות בעריסה	גרגרת, בשר, שיער בין עיני הזאב	זאב מצוי (תת-מין דרומי) <i>Canis lupus</i>
כאב לב, חיזוק שריר הלב	דם	דורבן מצוי <i>Hystrix indica</i>
חיסון לתינוקות נגד עקיצות עקרב	אפר של כל בעל החיים	עקצן צהוב <i>Leiurus hebraeus</i>
נגד אלרגיה ופחד מנחשים	נשל	נחש
מלריה	עשן שרפה של כל גוף החיה	קפוד מצוי <i>Erinaceus concolor</i> קיפוד המדבר <i>Paraechinus aethiopicus</i>
נגד הכשות נחשים ועקיצות עקרבים, עכבישים, הרעלות וקלקול קיבה.	בשר רחם שלם מבושל	רחם מצוי <i>Leiurus hebraeus</i>

איור 2: דפוסי התפוצה של המינים המופיעים בטבלה 4.



טבלה 6: מחירי זרעים של כמה מיני צמחי תבלין ומרפא המוכרים באזור המעבר ותועלותיהם הרפואיות (מקור: אתר משתלת 'זרעים מציון', 2016, www.seedsfromzion.co.il).

מחיר (ש"ח ל-1 ג')	תועלות רפואיות	מין
15	כמעט כל נגע	אזוב מצוי <i>Origanum syriacum</i>
3	צהבת, עצירות, דלקות עיניים	אשחר ארץ-ישראלי <i>Rhamnus lycioides</i>
4	כמעט כל נגע	געדה מצויה <i>Teucrium capitatum</i>
20	לחץ דם, כאבי בטן, הצטננות, שיעול, דלקות, כוויות	זוטה לבנה <i>Micromeria fruticosa</i>
3	סרטן	חבלבל השדה <i>Convolvulus arvensis</i>
5	ריפוי פצעים וקרישת-דם	חד-שפה מצוי <i>Ajuga Chamaepitys</i>
7	פצעים, חיטוי, ראומטיזם	טיון דביק <i>Dittrichia viscosa</i>
4	פצעים ונגעי-עור	לשון-פר סמורה <i>Anchusa strigosa</i>
6-3	הקאות דלקות בפה, נשירת שיער, עצבים רופפים	מרווה <i>Salvia</i>
5	נשימה, חיטוי, כאבי בטן, סרטן, פוריות	נענע משובלת <i>Mentha longifolia</i>
(15 ש"ח לשתיל במשקל 5 ג')	סכרת, בעיות עיכול ושתן, דלקות עור, כאבי שיניים	סירה קוצנית <i>Sarcopoterium spinosum</i>

2.1.4. אספקת ביומסה של צמחים מעוצים

2.1.4.1. כללי

2.1.4.1.1. מהות השרות ומנגנון הפקתו

חלקיהם המעוצים של צמחי המערכות המדבריות, בעיקר של עצים אך גם של שיחים, עשויים לשמש להקמת מבנים זמניים, וכן כחומר-בערה לצרכים ביתיים. לשימושים תעשייתיים שבהם לא נדרשים חלקי-עץ שלמים ניתן להסתפק בגזם, היינו בענפים קטנים או ברסק (למשל להכנת סיבית) (אדר ובונה, 2015). הפקת השרות מתבצעת במערכות המדבריות בעיקר על ידי ק"ל למטרות ממשק של מערכות היערות הנטועים (בעיקר דילול – כריתה וגיזום), אך גם באמצעות ליקוט (של גזם עצים הנותר בשטח). כמו כן ניתן להפיק את שרות אספקת ביומסה לבעירה מעצי בר ושיחים מעוצים שברחבי המערכות המדבריות.

2.1.4.2. מצב נוכחי

2.1.4.2.1. רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השרות

ביערות הנטועים (כולל לימנים), המינים השולטים הם אורן ירושלים ואיקליפטוס המקור. בין מיני הבר נפוצים בעיקר מיני השיטה, שאוכלוסייתם גבוהה יחסית בנחלים הגדולים של מערכות המדבר והמדבר הצחיח-קיצון (בעיקר נחל הערבה). מבין השיחים נפוצים בעיקר לענה חד-זרעית, יפרוק המדבר, רותם המדבר, זוגן מצוי ומתנן שעיר.

2.1.4.2.2. ממדי הפקת השרות

קצב אספקת העץ לבנייה ולתעשייה מהיערות הנטועים (חורשות ק"ל) נמצא במגמת עלייה (אדר ובונה, 2015). לפי נתוני הקק"ל (יצחק משה, סגן מנהל מחוז דרום בקק"ל, תקשורת אישית), בין השנים 1994-2011 בוצעו ביערות הנטועים שבמערכת אזור המעבר (ששטחם כ- 264 קמ"ר) דילולים מכוונים (למטרות תחזוקת היער) שמהם הופקו כ- 90,000 טון עץ בשנה. לשם השוואה, דילול עצים במערכות המדבר הצחיח תרם טונות בודדות של עץ בלבד, בעוד שתפוקת העצה מעצים נטועים במערכות המדבר הצחיח הקיצון אפסית (טבלה 7).

2.1.4.2.3. תועלות ומשתמשים

עץ מדילולי חורשות קק"ל מוצע לשימוש מסחרי, בעיקר לבנייה או לשימושים תעשייתיים (גיל סיאקי, מדור מידע יערני במרחב דרום של קק"ל, תקשורת אישית). הגזעים העבים שנגדעים במסגרת הדילולים נמכרים בעיקר למנסרות בה-חברון וכן ליצרני ריהוט ואביזרים לבית ולגינה בתחומי הקו הירוק (אדר ובונה 2015). גזם נוסף מושאר בשטח לשימושם של תושבים מקומיים.

2.1.4.2.4. תרומת התועלות לרכיבי רווחת האדם

כמות הגזם שמושאת בכל שנה ביער-יתיר (מערכת אזור המעבר) היא כ- 5,000 טון. סך השווי הכלכלי של העץ שהוצא

מהיערות הנטועים המוטבעים במערכת אזור המעבר בשנים 1994-2011 הוא 232 מיליון ש"ח בולי-עץ ו- 3.6 מיליון ש"ח רסק, כלומר כ- 13 מיליון ש"ח לשנה. אין מידע מהי התרומה היחסית של שרות אספקה זה כעץ בעירה, ביחס למקורות אנרגיה אחרים המשמשים להסקה, ומה שעור המשתמשים בשרות זה עבור תועלת הבעירה המופקת ממנו.

2.1.4.2.5. ממדי אספקה בעבר

בעבר עשתה החברה הבדואית שימוש בשיחים ועצים כמקור לעצי-הסקה, ובכלל זה שיחי רותם. עם זאת, שימוש זה נמצא במגמת ירידה קיצונית עקב פעולות פיקוח ואכיפה של רשות הטבע והגנים ועקב מעבר החברה הבדואית להסקה באמצעות דלק נוזלי וחשמל (Mordoch, 2012).

2.1.4.3. מגמות

בשנת 2012 נרשמה עלייה בתפוקת העצים מהיערות, ומגמה זו צפויה להימשך בעשורים הקרובים עקב תמותה טבעית של עצי אורן זקנים שביערות הנטועים (אדר ובונה, 2015).

טבלה 7: תפוקת עץ מסחרי מהיערות הנטועים (חורשות קק"ל) במערכות אזור המעבר, המדבר הצחיח והמדבר הצחיח=קיצון בשנים 1994-2011 (גיל סיאקי, מדור מידע יערני במרחב דרום של קק"ל, תקשורת אישית).

מערכת	תפוקת עץ (טון לשנה)
אזור המעבר	90,000
המדבר הצחיח	כמה עשרות לכל היותר
המדבר הצחיח-קיצון	0

2.1.5. אספקת מרעית למקנה

2.1.5.1. כללי

המרעית היא הביומסה, במיוחד העלים והגבעולים של מיני צמחים חד-ורב-שנתיים, בעיקר עשבוניים, של המערכות המדבריות, הנאכלים על ידי חיות המקנה, וכן מינים צופניים, שהאבקה והצוף של פרחיהם מזינים את דבורי הדבש (ראה להלן, אספקת מרעית לדבורי הדבש). חיות המקנה העיקריות הן כבשים ומעט עיזים וגמלים (איור 3) השייכים למגזר הבדואי. מרבית שטחי המערכות המדבריות המספקים מרעית, מרוכזים בעיקר במערכת אזור המעבר ובמידה מעטה במערכת המדבר הצחיח, כאשר השימוש בשרות זה מתקיים רק בחודשי החורף (פברואר-מאי, ועד לתחילת חודש אוגוסט במקרים נדירים, ומספר ימי הרעיה נע בין 118-235 ימים, בתלוי בכמות המרעית, זליגמן וחוב, 2016).

2.1.5.2. מצב נוכחי

ממדי ייצור ביומסת המרעית מושפעים מצירוף גורמים - כמויות הגשם המקומיות (אבל לא באופן ליניארי, אונגר וחוב, 1999), ופיזורן בזמן, ובתכונות הפיזיות של שטחי המערכת, השונים במבנה ובתצורות התשתית הקרקעית ובהיסטוריה שלהם – אלה מהווים גורם חשוב, אפילו יותר מזה של כמויות הגשמים. לדוגמא, שטחי הערוצים (הוואדיות) מייצרים פי 2-3 יותר ביומסה מאשר המדרון הדרומי שלהם (פרבולוצקי, 1999). עד כה נמצא שבאזורים בהם המשקעים הם בין 250 ל-600 מ"מ (מערכת אזור המעבר נכללת בתחום הנמוך של טווח ערכים זה) מגיע ייצור הביומסה העשבונית לכ-350 ק"ג חומר יבש לדונם, אך קשה להעריך במדויק את כמות המרעית הממוצעת למערכת אזור המעבר מאחר שבכל שנה נרשמים מספרים אחרים עם סטיית תקן מאד גדולה (אלי צעדי, תקשורת אישית). בשנים חריגות הייצור יכול להיות כפול מזה ואף יותר. חשוב לזכור כי כמויות המרעית המוערכות כמעט חסרות משמעות כשמדובר ברעיה, היות והמרעית אינה גידול חקלאי שנקצר בשיא גידולו, אלא רכיב מגוון ביולוגי של המערכות המדבריות המנוצל באופן מתמשך תוך כדי גידולו הטבעי. יערות קק"ל (שבעיקר במערכת אזור המעבר ובליםנים) משמשים גם הם מקור למרעית (היינו צמחי יערות אלה, למעט מיני העצים) שממדיה גבוהים ב-50% מאלה של השטחים הטבעיים/לא מיוערים של מערכת זו, וזאת בגין אצירת המים בלימנים בתקופת הגשמים וצמצום ההתאדות על ידי ההצללה החלקית של העצים (ברנשטיין, 2010; ברנד וחוב, 2015). מועד התחלת הרעייה ביערות הנטועים נקבע על בסיס כמות הביומסה של המרעית העשבונית שבהם, ושחייבת להיות לפחות 70 ק"ג לדונם (זליגמן וחוב, 2016).

בטבלה 8 ובאיור 4 נכללים 59 מיני הצמחים העיקריים של המערכת המדברית המתפקדים כמרעית, על סמך נתונים שנאספו מהמגזר הבדואי (Bailey & Danin, 1981) וסקר המרעה למגזר היהודי (זליגמן וחוב, 1959). בין אלה 18 מינים חד-שנתיים, ו-17 מינים עשבוניים רב-שנתיים (מאופיינים ככלל בריכוז גבוה של חנקן וריכוזים נמוכים של חומרים רעילים או חומרים קשי-עיכול), ועוד 24 מינים מעוצים (עצים, שיחים ובני שיח), כאשר רק 2 מינים מהמגוון הביולוגי הצמחי הזה לא נמצאים בכל שלשת המערכות המדבריות, האחד לא נמצא במערכת המדבר הצחיח, והשני לא במערכת אזור המעבר וכל השאר נמצאים בכולן.

בהתייחס לביקוש לשרות, העדר הבדואי שבשטחי המערכות המדבריות מונה בין 180,000 (מספר הראשים הרשומים במשרד החקלאות, לנדאו וחוב', 2015) ועד 250,000 רחלות (שינבאום, 2014). היצע השרות, היינו כמות המרעית במערכות אלה אינה מספקת אלא רק לביקוש של כ- 100,000 ראש (Noy-Meir, 1975) ולדעת דורית כבביה, מנהלת תחום הצאן במשרד החקלאות ופיתוח הכפר, מרעית המערכת המדברית יכולה לספק כ- 70-80% מכלל מזון מקנה המגזר הבדואי (תקשורת אישית). גם לנתון זה יש להתייחס בהסתייגות מאחר וחלק משטחי המרעית באזור המעבר מקבלים דישון חנקני ובקרקעות מסוימות גם דישון בזרחן, מה שמעלה את ייצור הביומסה מעבר לזה של המערכות הטבעיות (צעדי, תקשורת אישית).

מימוש תפוקת שרות אספקת המרעית כמענה לביקוש חיות המקנה, מתבצע באמצעות רעיית חיות המקנה במערכות המדבריות המתבצעת בחודשי החורף. העדרים אינם מפוזרים אז במרחבי המערכות המדבריות באופן שווה ומרבית המקנה רועה בעיקר במערכת אזור המעבר ובשוליים הצפוניים של מערכת המדבר הצחיח: בבקעת באר-שבע (מזרח אזור המעבר) והאזור שמזרחית ודרומית לערד, דימונה וירוחם (צפון מערכת המדבר הצחיח). עקב כך, שטחי מרעה רבים נמצאים על גבול כושר הנשיאה שלהם, ובחלקם ישנה רעיית-יתר (גרוס, 2003).

לפי הערכות רשות המרעה, רוב חיות המקנה בישראל נמצאים במערכות המדבריות (העצני-כהן, 2011). כ-36,000 חיות מקנה הרועים ביערות הנטועים שרובם במערכת אזור המעבר ובמידת מה במערכת האזור הצחיח, בחודשים פברואר-יולי (גיל סיאקי, מדור מידע יערני במחוז הדרום של הקק"ל, תקשורת אישית). מתקיימת גם רעייה בחלק משמורות הטבע שנמצאים במערכות המדבריות שבמערכת המדברית, אך היקף רעייה זו אינם מדווחים.

בעונות היבשות ובמהלך בצורות חמורות מתקיימת רעייה במערכות המדבריות, של מרעית בת מין צמח אחד בלבד, החזזית רמלינה (*Ramalina maciformis*) הגדלה על סלעים צורניים במערכת המדבר הצחיח בהר-הנגב. מרעית זו של מין צמח אחד המוגבל לתשתית סלעית אינה משמעותית, ורעיית העדרים בקיץ נוטשת את הרעייה במערכות המדבריות, ועוברת למערכות החקלאיות המוטבעות בהן, בעיקר אלה של אזור המעבר. מרעית זו היא השלפים ("קש", גבעולי מיני הדגניים שבמערכות החקלאיות של המגזר הבדואי, (חקלאות בעל), ושל המערכות החקלאיות של המגזר היהודי (חקלאות שלחין) .

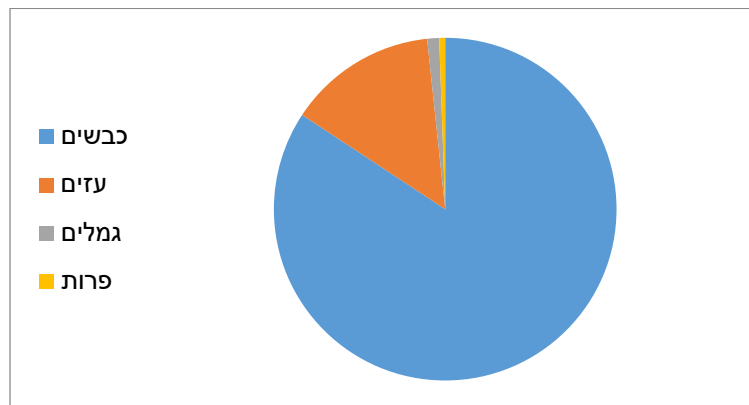
אשר לתועלות השרות - המרעית המזינה את חיות-המקנה, מספקות לאדם חלב ותוצריו, בשר, צמר וגם עורות. אך קיים קושי בהערכה כמותית של תועלות אלה בשל השונות בשימושים, במיני חיות המקנה, ובין מגזרי אוכלוסית האדם שבאזור החבל המדברי של ישראל.

טבלה 8: מיני מרעית עיקריים במערכות המדבריות ותפוצתם.

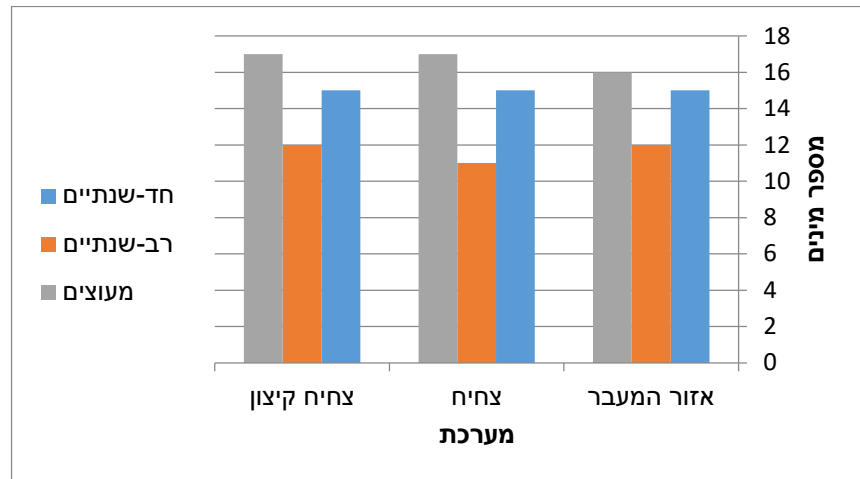
המין	אזור המערב	המדבר הצחיח	הצחיח - קיבוץ
המין (סוג מצויין במקרים שבהם לא נעשתה אבחנה בין מינים בנתוני המקור, וכל המינים נחשבים למרעית איכותית)			
חד-שנתיים (15 מינים)			
	+	+	+
בן שלח מנוצה <i>Reboudia pinnata</i>			
ברומית המטאטא <i>Bromus scoparius</i>			
גרגנית ערבית <i>Trigonella arabica</i>			
דגנין מצוי <i>Rostaria cristata</i>			
זון <i>Lolium</i> (4 מינים במערכות המדבריות)			
זנב-עקרב שיכני <i>Scorpiurus muricatus</i>			
חומעה ורודה <i>Rumex cyprius</i>			
טוריים מדבריים <i>Diploaxis acris</i>			
כפיות שעירות <i>Carrichtera annua</i>			
לחך <i>Plantago</i> (23 מינים בישראל)			
מחרוזת משונצת <i>Enarthrocarpus strangulatus</i>			
מלעניאל מצוי <i>Stipa capensis</i>			
סביון הערבות <i>Senecio glaucus</i>			
עוקצר מצוי <i>Brachypodium distachyum</i>			
שבולת-שועל <i>Avena</i> (8 מינים בישראל)			
עשבונים רב-שנתיים (12 מינים)			
אכילאה ריחנית <i>Achillea fragrantissima</i>			
אשליל הנגב <i>Reaumuria negevensis</i>			
אשליל שער <i>Reaumeria hirtella</i>			
דוחן זוחל <i>Panicum repens</i>			
חלמית <i>Malva</i> (5 מינים בחבל המדברי)			
יבלית מצויה <i>Cynodon dactylon</i>			
כוכב ריחני <i>Asteriscus graveolen</i>			
כתלה חריפה <i>Chiliadenus iphionoides</i>			
מלענן המטאטאים <i>Stipagrostis scoparia</i>			
מקור-החסידה <i>Erodium</i>			
צבורת ההרים <i>Dactylis glomerata</i>			
שומר פשוט <i>Foeniculum vulgare</i>			
שעורה <i>Hordeum</i> (8 מינים בישראל)			
מעוצים (17 סוגים)			
אוכם <i>Suaeda</i> (9 מינים בישראל)			
גבסנית ערבית <i>Gypsophila arabica</i>			
דרדר מצוי <i>Centaurea aegyptiaca</i>			
זוגן השיח <i>Zygophyllum dumosum</i>			

הצחיח - קיצוץ	המדבר הצחיח	אזור המערב	המיין (סוג מצויין במקרים שבהם לא נעשתה אבחנה בין מינים בנתוני המקור, וכל המינים נחשבים למרעית איכותית)
+	+	+	זיזים חשופים <i>Traganum nudatum</i>
+	+	+	חמדה Hammada (5 מינים בחבל המדברי)
+	+		ימלוח פגום <i>Nitraria retusa</i>
+	+	+	יפרוק <i>Anabasis</i> (4 מינים בחבל המדברי)
+	+	+	כנולאה ערבית <i>Chenolea Arabica</i>
+	+	+	לענה <i>Artemisia</i> (6 מינים בישראל)
+	+	+	מלוח <i>Atriplex</i> (18 מינים בישראל)
+	+	+	מלחית <i>Salsola</i> (14 מינים בישראל)
+	+	+	מרוה צמירה <i>Salvia lanigera</i>
+	+	+	מתלולן הערבות <i>Agathophora alopecuroides</i>
+	+	+	נואית קוצנית <i>Noaea mucronata</i>
+	+	+	ערטל מדברי <i>Gymnocarpos decander</i>
+	+	+	שמשון <i>Helianthemum</i> (12 מינים בישראל)

איור 3: הרכב מינים של חיות-המשק הנפוצות במערכות המדבריות.



איור 4: מיני מרעית עיקריים במערכות המדבריות לפי צורת-חיים ותפוצה.



2.1.5.3. מגמות

לא מצאנו בספרות העכשווית (שנת 2015) נתונים על ממדי היצע המרעית במערכת המדברית, במערכת אזור המעבר ומערכת המדבר הצחיח, היינו ממדי הביומסה הזמינה למקנה במערכות אלה, למעט נתון כמותי אחד בלבד, והוא 1,115 הקמ"ר של שטחים בהם התכסית הצמחית הייתה ראויה לשמש כמרעית אשר היוו כמחצית מכלל השטח שנסקר בסקר המרעה הראשון שנערך בשנות ה-50 על-ידי משרד החקלאות, סקר שלא כלל שטחים מדרום למערכת אזור המעבר, היינו ללא מערכת המדבר הצחיח (זליגמן, 1959). ניתן איפוא להשתמש במידע שאינו זקוק לראיות, שהחל משנות ה-80 תהליך התמרת המערכות האקולוגיות היבשתיות לשטחי מערכות חקלאיות, ואף עירוניות-יישוביות ברחבי מדינת ישראל התגבר והלך (ברנד וחוב', 2015), תהליך שהגיע גם למערכת אזור המעבר וסביר שהביא בין השאר לצמצום בממדי היצע שרות אספקת המרעית גם כן.

גורמים מחוללי שינוי נוספים למגמת צמצום זו הם השמשת שטחים במערכות הטבעיות המדבריות כשטחי אש, ואחרים כשמורות טבע, שני מצבי מערכות אקולוגיות טבעיות שלא איפשרו למשתמשים הפוטנציאליים בשירותיהן להשתמש בהיצע המרעית המסופקת על ידם. גורם שינוי נוסף למגמת צמצום זו הוא גידול התדירות של הבצורות במהלך אותן שנים, שצמצמו את כמות הביומסה ליחידות שטח של מערכות אזור המעבר והמדבר הצחיח שלא הותמרו למערכות חקלאיות. גורם שינוי מצמצם נוסף של ממדי המרעית שהתחזק יחד עם האחרים, הוא עליה בגודל עדרי המקנה של המגזר הבדואי, בעיקר עדרי הכבשים (גרוס, 2003); בשנת 1959 מקנה הצאן במגזר הבדואי מנה כ-200,000 בעלי חיים בכל הארץ וכ-11,500 גמלים (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 1960), וכבר ב-1975 מציין נוי-מאיר (Noy-Meir, 1975), שכמות המרעית להאכלת העדרים באזור הנגב מספיקה רק ל-100,000 ראש, ולכן הבדואים נאלצו לנדוד עם עדריהם לאזורים אחרים בארץ, כמו אזור לכיש. מנגד, גורם מחולל שינוי אחר, התמרת שטחים טבעיים במערכות המדבריות לשטחי נטיעות של חורשות קק"ל ("יערות נטועים". יחסית, שטחי יערות נטועים אלה אינם גדולים, אך כמויות המרעית שהתפתחה בהם גדולות מאלו של שטחי המערכות הטבעיות.

למרות הנאמר לעיל, משרד החקלאות טוען שהמרעית באזור המעבר ובמידה מסויימת באזור המדבר הצחיח מספיקה לכלכל את חיות הצאן הרועות בשטחי מערכות אלה, אולי באמצעות תוספת המרעית המסופקת על ידי היערות הנטועים, אם כי לא מצאנו נתונים על ממדי תוספת זו. למרות זיהוי נוכחות גורמים מחוללי שינוי שבפוטנציה עשויים להביא למגמת פחיתה בממדי אספקת המרעית על ידי המערכות המדבריות, אין מידע על ממדי המימוש של פוטנציאל זה. נותר רק לציין כי למרות מגמה כזו אם קיימת, ועימה שאר ההגבלות הקשורות בפיקוח ודיווח על הכנסות הבדואים לשלטונות המס, לא הביאו את הבדואים לוותר על רעיית המרעית של המערכות המדבריות, ואף זוהו סימנים שגם בדור הבא קשר המגזר הבדואי עם רעיית מרעית המערכות המדבריות לא יינתק (זליגמן וחוב, 2016).

סיכום: שרות אספקת המרעית של המערכות המדבריות, מימוש ההיצע המספק את הביקוש, מתבצע בעיקר על ידי המגוון הביולוגי הצמחי של מערכת אזור המעבר, כאשר המשתמשים הם אנשי החברה הבדואית של האזור המדברי של ישראל, וזאת באמצעות עדרי המקנה שלהם. במהלך השנים חלו שינויים מהותיים בגודל שטחי המרעה הזמינים לבדואים מסיבות שקשורות בהתמרות שטחים במערכות אלה בעיקר לשטחי מערכות חקלאיות, מגמה שהתגברה החל משנות ה-80 של המאה הקודמת. המידע הקיים לא מאפשר לזהות בוודאות צמצום באספקת המרעית של המערכות המדבריות אך הניסיון שנצבר בישראל בחקר הרעייה במערכות האקולוגיות היבשתיות הטבעיות של ישראל, תומך בתסריט בו המערכת המדברית של ישראל התאימה את עצמה למימוש ביקושים גבוהים של משטר רעייה מסורתית, אף תחת אירועי בצורת מתמשכת (פרבולוצקי 1999). אלא יתכן כי כבר מתרחשים שינויי אקלים מקומיים במימדים גבוהים מאלה שהמערכות המדבריות של ישראל הסתגלו אליהם. בהתייחס להשלכות העתידיות האפשריות, ככל הנראה שרות אספקת המרעית על ידי המערכת המדברית יידרש על ידי החברה הבדואית גם בעתיד, לפחות בעתיד קצר המועד.

2.1.6 אספקת מרעית לדבורת-הדבש

שרות זה מספק צוף ואבקת פרחים עבור דבורי הדבש, מין חרק חברתי מתורבת שאוכלוסיותיו ("דבוריות") מתגוררות בכוורות (תשומות הנדרשות להפקת המוצר הסופי של השרות - דבש), אשר הדבוראים מציבים באזורים שונים של המערכות האקולוגיות היבשתיות של ישראל, בהן מיני צמחים המספקים את המזון לו משחרות דבורים אלה, בעיקר בעונת הקיץ.

בהתייחס למערכות המדבריות, ככל הידוע מוצבות כוורות, כ-20,000, רק במערכת אזור המעבר וכ-18,000 מהן בשטחי היערות הנטועים של מערכת מדברית זו (אתר מועצת הדבש²). שרות זה המסופק רק במערכת מדברית זו מתבצע באמצעות מגוון ביולוגי של מספר מיני צמחים במערכת להם פרחים בעלי איברי-מין זכריים המייצרים אבקה, ורק חלק

²אתר מועצת הדבש - www.honey.org.il, נדלה ב- 2016.

ממינים אלה מייצר גם כמויות גדולות של צוף איכותי, ולכן נקראים "מיני הצומח הצופני", המהווים את המרעית לדבורת-הדבש המסופקת על ידי מערכת אזור המעבר.

המגוון הביולוגי המעורב באספקת השרות על ידי מערכת זו, היינו המינים הצופניים העיקריים המרכיבים את המרעית לדבורי הדבש, הם *אזוב מצוי* (*Origanum syriacum*), *דרדר מצוי* (*Centaurea iberica*), *עירית גדולה* (*Asphodelus ramosus*), *יבוט לבן* (*Prosopis alba*), *מרווה* (*Salvia*), *רשיף מצוי* (*Ziziphus spina-cristi*), המצויים גם בשתי המערכות המדבריות האחרות, *חרוב מצוי* (*Ceratonia siliqua*), *רשקד מצוי* (*Amygdalus communis*) המצוייה גם במערכת המדבר הצחיח הקיצון, ו*חוטה לבנה* (*Micromeria fruticosa*) המצויה במערכת אזור המעבר בלבד (קגן וצ'רקסקי, 2013), סה"כ, כ-10 מיני צמחים צופניים.

המידע על ממדי הפקת השרות המתמקד רק בהערכת השווי הכספי של כמות הדבש השנתית שהופק באמצעות מגוון הצמחים הצופניים של המערכת והדבוריות של הכוורות המוצבות בשטחי המערכת, עומד על כ-66 מיליון ש"ח לשנה (אבידור, 2014, בתוך ברנד וחוב', 2015). על מנת להגביר את ממדי היצע השרות של מערכת זו אל מול ממדי ביקוש מתגברים, התבצעו ומתבצעות על ידי קק"ל ומועצת הדבש פעילויות להעשרת המגוון הביולוגי הצמחי של היערות הנטועים שבמערכת אזור המעבר. זאת, באמצעות נטיעה שנתית של 100,000 שתילי עצים צופניים, בעיקר מספר מיני אקליפטוס, וחרוב, שיזף, שקד, רוזמרין, ריחן וזוטה לשנה (החל משנת 2012 ועד 2027, אתר מועצת הדבש; קגן וצ'רקסקי, 2013). נטיעות אלה של מינים צופניים, מהם גם זרים כנראה למערכות המדבריות, מתפקדות כגורמים מחוללי שינוי המגבירים את ממדי אספקת היצע השרות של מערכות אלה. עד עתה לא נמצא מידע על מגמות באספקת שרות זה על ידי המערכות המדבריות, ומידע נוסף ומפורט על השירות, המשתמשים בו ותועלותיו נמצא בפרק מערכות החבל הים-תיכוני.

2.2. שירותי ויסות

2.2.1. ויסות איכות אוויר

2.2.1.1. מצב נוכחי

2.2.1.1.1. מהות השירות ומנגנון הפקתו

איכות האוויר בהקשר של שרות ויסות איכות האוויר מוגדרת לפי ריכוזי חלקיקים שמקורם טבעי, כמו אבק מדברי, ואלה שמקורם בפעילות האדם, ומכונים "מזהמים". הנזק לבריאות האדם נגרם בעיקר באמצעות הנשימה המביאה לריאות את המזהמים, שיכולים לגרום לתגובות אלרגיות או תעוקה נשימתית (כגון אבק מדברי וגרגרי אבקת צמחים אלרגיים). מהות שרות הוויסות של איכות האוויר לפיכך היא הורדת כמויות האבק והמזהמים לרמות סבירות של נוחות ובריאות.

2.2.1.2. מצב נוכחי

2.2.1.2.1. המגוון הביולוגי המעורב בהפקת השרות

שרות זה מסופק על-ידי משטחי העלווה של מרב מיני הצומח שבמערכות המדבריות ועל-ידי קרומי הקרקע הביולוגיים. לעלווה יכולת ללכוד חלקיקים מיקרוסקופיים היכולים לחדור באופן טבעי למערכות הנשימה של האדם ואף לקלוט חלקיקים גזיים דרך הפיוניות אל תוך גופו של הצמח. קרומי הקרקע הביולוגיים של מערכות המדבר הצחיח ואזור המעבר לוכדים פיסיקלית חלקיקי אבק ומונעים את המשך תנועתם ושהותם באוויר.

2.2.1.2.2. ממדי הפקת השרות

מחקר שנעשה ביער להב שבאזור המעבר הראה כי עלוות היער לוכדת כ-9 גר' חלקיקים נשימים קטנים מ-2.5 מיקרון למ"ר עלווה בשנה ובסך הכל לפחות 418.2 טון אבק בשנה, ועקב כך מפחית את ריכוזם באוויר מ-54 מיקרוגרם למ"ק במעלה הרוח ל-38 מיקרוגרם למ"ק במורד הרוח (Uni & Katra, 2017). ממצאים אלה תואמים מחקרים שנעשו בהודו, בהם נמצא כי עצים רחבי-עלים יכולים ללכוד על פני העלים שלהם אבק המוסע אליהם ברוח או נוחת עליהם לאחר שהוסע לאוויר בכמות של עד 0.2 גר' למ"ר עלווה ברגע נתון (Kulshreshtha et al., 2009; Ram et al., 2014). על פי הערכתם של Uni & Katra (2017) וכיוון ששטחו של יער להב הוא כ-30 קמ"ר, כלומר כ-11% מכלל שטח היערות באזור המעבר, צפויים כלל היערות באזור המעבר ללכוד לפחות 3,800 טון אבק בשנה, היינו 127 טון/קמ"ר/שנה.

קרומי-הקרקע הביולוגיים (חזזיות, אצות ופטטריות המהווים את הקרום), המכסים כמה אלפי קמ"ר משטח המערכות המדבריות, בעיקר באזור הצחיח, קולטים אבק ומזהמי-אוויר, עד 277 גר' אבק למ"ר בשנה, וכושר קליטה זה פוחת במידה שהקרום נפגע עקב הסרה מכאנית או עקב רמיסה על-ידי בעלי-חיים וכלי-רכב (Shachak & Lovett, 1998; Zaady & Offer, 2010).

מחקרים שנעשו בסביבות עירוניות בצפון אמריקה ובדרום סין נמצא כי לעלווה יש יכולת לקלוט גם מזהמים גזיים (חנקן דו-חמצני, גופרית דו-חמצנית, פחמן חד-חמצני) בקצבים של עד 5 גר' למ"ר בשנה (לכל מזהם בנפרד), וגם אוזון בשיעור של עד 9 גר' למ"ר בשנה (Nowak et al., 2006; Jim & Chen, 2008), אך אין ידע בנושא זה מישראל. אם משליכים את התוצאות של המחקרים הללו על השטחים המיוערים במדבר בישראל תוך התבססות על מספר הנחות [צפיפות: 10 עצים לדונם בשטחי האיכליפטוסים, 20 עצים לדונם בשטחי המחטניים, ו-12 עצים לדונם בשטחי רחבי-העלים (גיל סיאקי, מדור מידע יערני במחוז הדרום של קק"ל, תקשורת אישית); קוטר חופת עץ: 4 מ'; שטח עלווה: פי 2 משטח החופה], מקבלים שליערות הנטועים, המשתרעים על 264 קמ"ר במערכות המדבריות, יש פוטנציאל לקלוט אלפי טונות של גזים מזהמים אלה (חושב ע"י מחברי הפרק).

2.2.1.2.3. תועלות השרות

סופות-האבק הנפוצות במערכות המדבריות של ישראל הן מקור חשוב לאבק, הן לאבק הנישא באוויר במערכות המדבריות עצמן והן לאבק המוסע לאזורים אחרים של הארץ, ועלולות לגרום לריכוזי אבק עד פי 40 מהתקן שקבע המשרד להגנת הסביבה (Krasnov et al., 2014), ולפיכך הן גורם מהותי לתחלואה ואחד מהגורמים העיקריים לפגיעה באיכות האוויר בישראל ובמערכות המדבריות בפרט (Krasnov et al., 2012). התרומה העיקרית של ויסות איכות-אוויר היא הפחתת הנזקים הבריאותיים הנגרמים לאדם על-ידי מזהמי-אוויר שונים. בפרט, זיהום אוויר גורם או מחמיר בעיות נשימתיות אצל אוכלוסיות מועדות, כגון תגובות אלרגיות לחלקיקים (אסטמה ותופעות אחרות) ומחלת ריאות חסימתית כרונית (COPD) (Krasnov et al., 2012); המשרד להגנת הסביבה, 2016). בנוסף, חלק מהמזהמים מאופיינים בניחוחות שאינם נעימים לאדם (למשל תרכובות גופרית) ופוגעים ברווחתו ובנוחיותו גם מבלי לגרום לנזק פיסי ממש.

2.2.1.3. מגמות

אף שאירועי סופות-אבק היו תופעה נפוצה בישראל ובמערכות המדבריות במשך מאות ואלפי שנים, אחד הביטויים של שינויי האקלים הגלובליים הוא התרבות אירועי סופות-אבק בהם נישאות כמויות אבק קיצוניות מאז תחילת המאה ה-21 (Krasnov et al., 2012, 2014), ולכן הביקוש לשירות זה גדל. במקביל, פעילות חקלאית, תנועת רכבי-שטח וכלי-רכב צבאיים כבדים (בעיקר טנקים) פוגעות בשכבות העליונות של הקרקע ומשחררות אבק לאוויר (מה שמגביר את הביקוש לשירות). תהליכים אלה פוגעים גם בקרומי הקרקע ובצמחים היכולים לקלוט מזהמים (מה שגורם להקטנת ההיצע), ולכך יש להוסיף את העלייה בתדירות התייבשות צומח מעוצה (שחק, 2011) ותמותת שיטים (פרלברג וחוב, 2013) המפחיתים גם הם את שטח העלווה היכול ללכוד חלקיקי-אבק נשימים ומזהמי-אוויר.

2.2.2. ויסות מחזור המים

2.2.2.1 כללי

2.2.2.1.1 מהות השרות

ויסות מחזור המים בהקשר של המערכות המדבריות מתייחס לשני שלבים: (1) ויסות הכמות והתנועה של המים כמי נגר, כשיטפונות או כמים להשקיה (2) ויסות כמות ואיכות מי התהום.

כמויות המשקעים (גשמים) במערכות המדבריות של ישראל נמוכות יחסית – ערכים ממוצעים לתקופה 1981-2010 הם 195 מ"מ בבאר-שבע (אזור המעבר), 93 מ"מ בשדה-בוקר (המדבר הצחיח) ו-22 מ"מ באילת (המדבר הצחיח הקיצון). ממדי ההתאדות מהקרקע גבוהים אף הם (השירות המטאורולוגי הישראלי³). עם זאת, המערכות המדבריות מתאפיינות בסופות גשם קצרות אך חזקות ולכן מייצרות זרימות שטפוניות [(4-5 אירועים כל שנה בצחיח ו-2-4 אירועים בשנה בצחיח הקיצון, בממוצע (רשות המים והשירות ההידרולוגי⁴)). אחת לכמה שנים מתרחשים אירועי שיטפונות חזקים במיוחד שנוקיהן נאמדים במיליוני שקלים. עוצמת השיטפונות תלויה באופי אירוע הגשם ובמאפייני הנחל והאגן (שנציס ולרון, 2005). חלק גדול מהזרימות השטפוניות נבלע בים התיכון או בבקעת ים המלח ועמק הערבה וחלק קטן מופנה למאגרים על קרקעיים. שרות ויסות המים של המערכות המדבריות עשוי למתן (אך לעיתים, להגביר) את ממדי הזרימות השטפוניות שמייצרות התשתיות הפיזיות ולהפנות את מי הגשמים הנותרים לספיגה בקרקעות המערכות ולחדירה ואגירה באקוות (אקוויפרים, או מי-התהום) שמתחתן או גם באקוות מרוחקות יותר. הגברת הנגר מזינה גם את מעיינות המדבר אחרי שהיא הופכת לזרימה תת-קרקעית. הגברת מתונה של נגר, מספקת מי השקיה לעצים נטועים במדרונות (אזור המעבר) וחלקות חקלאיות של בדואים ולימנים (המדבר צחיח).

2.2.2.1.2 מנגנון הפקת השירות

מי הממטרים הפוגעים בתשתיות אבניות, במשטחי סלע או משטחי אבנים (חמדה), ואף בקרקעות לס בעלות תכסית צמחית דלילה, מותמרים לנגר עילי הזורם על פני מדרונות ובערוצי הנחלים ועשוי להתפתח לשיטפונות. עוצמת השיטפונות מוגברת על ידי התשתית הפיזית של העמקים. כלומר, היחס הגבוה של סלעים חשופים לעומת קרקע (Avni, 2005). החדרת חלק ממי הנגר העילי לקרקע במערכות האקולוגיות, מתבצעת באמצעות שני מנגנונים: (1) האטת הנגר באמצעות הגברת חספוס הקרקע על ידי התכסית הצמחית שלה, גם אם זו אינה צפופה ועבה. חיכוך זרם המים בצמחי התכסית גורם להאטת הזרימה, מה שמקל על חידור המים לקרקע ; (2) תיחוח הקרקע על ידי פעילות מיני בעלי חיים, בעלי-וחסרי-חוליות. תיחוח הקרקע מקל על חדירת המים, בין אם אלה מי נגר שתנועתם הואטה ובין אם אלה מי הממטרים הפוגעים ישירות בקרקע. גם מערכות השורשים של שיחים מתחחות את הקרקע ויוצרות מעברים לזרימת המים. בנוסף, מסביב כל אחד מהשיחים ובני השיח במערכת המדבר הצחיח נוצרת בדרך כלל תלולית קרקע תחוחה.

³השירות המטאורולוגי הישראלי - http://www.ims.gov.il/ims/all_tahazit

⁴רשות המים והשירות ההידרולוגי- הסתברויות לזרימות בנחלים וחיזוי שיטפונות : <http://www.floods.online/home/Probability>

מקורה של התלולית בסחופת הנישאת עם הנגר ומושקעת סביב השיח, כאשר עוצמת הנגר פוחתת כאשר הוא נתקל בצמח. קרומי הקרקע הביולוגיים מתפתחים בין השיחים כיוון שהם כוללים יצורים פוטוסינתטיים הזקוקים לאור. הקרומים המחוספסים לוכדים אבק אשר נשטף עם הנגר ונלכד על ידי השיח, מה שתורם להתפתחות התלולית. השיחים משמשים גם בעצמם כמלכודת אבק הנישא על ידי רוחות, ואבק זה מתווסף לתלולית. נשורת השיח מתווספת להרכב תלולית הקרקע ופועלת כספוג בתוכה. צל חופתו של השיח אינו מאפשר את התפתחות קרום הקרקע הביולוגי הבלתי חדיר ועל ידי כך שומר על תכונות החדירות של התלולית. משום שתכסית הצומח של המערכות המדבריות מושפעת מזמינות המים, הגברת ההתמרה של ממטרים ללחות קרקע, מחזקת את מנגנון הפקת השרות (על ידי הגברת תכסית הצומח). כלומר, הוא מתפקד כמערכת היזון חוזר (שחק, 2011).

גם באצירת המים שחדרו לקרקע וההגנה עליהם מפני התאדות מעורבים שני מנגנונים: (1) ההצללה המסופקת על ידי מיני התכסית הצמחית מצמצמת את ממדי ההתאדות מפני הקרקע ואף משכבת הקרקע העליונה. העשרה זו במים בסביבת השיח מאפשרת נביטה וצמיחה של מינים נוספים, בעיקר חד-שנתיים, מה שמגביר את חספוס הקרקע והזיכוכ המאטים את עוצמת הנגר, כך שהחדור לקרקע מוגבר בתהליך של היזון חוזר; (2) אגירה בקרקע של חומר אורגני עמיד הלוכד ושומר כספוג את המים שהוחדרו. חומר אורגני זה מקורו, בנשר של התכסית הצמחית לאחר שעבר פרוק פיזי וכימי באמצעות חסרי חוליות וחיידקים מפרקים שבקרקע (שחק, 2011).

הגברת מתונה של נגר עילי נוצרת על ידי קרומי הקרקע הביולוגיים. אלו נוצרים על ידי יצורים זעירים, אצות כחוליות וחזיות המלכדים את חלקיקי הקרקע (בעיקר קרקעות לס). חדירותם למים של קרומים אלה נמוכה, ולכן הם מהווים מקור לנגר עילי (צעדי, 1999). במקומות בהם התשתית הקרקעית המדרונית מקיימת פסיפס של כתמי קרומי קרקע ביולוגיים עם כתמי שיחים מדבריים, הנגר הנוצר על ידי הקרומים נבלע בתלולית הקרקע התחוחה שסביב השיחים ומספק לשיחים מים (צעדי, 1999; שחק, 2011). בממשק נכון ניתן להפנות נגר המופק על ידי מנגנון זה להשקיית עצים על מדרונות, כפי שמודגם במקומות שונים בבקעת באר שבע, או לחלקות חקלאיות, כפי שעשו הביזנטים בהר הנגב (אבן ארי, שגן ותדמור, 1980).

2.2.2.2 מצב נוכחי

2.2.2.2.1 רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השירות

רכיבי התכסית הצמחית המעורבים בהפקת שרות ויסות עוצמת הנגר העילי והחדרת מימיו לקרקע הם שיחים ובני שיח, בעיקר סירה קוצנית ונאית קוצנית במערכת אזור המעבר, לענת המדבר, זוגן השיח, חמד השיח ופרוק המדבר במערכת המדבר הצחיח, ובמערכת המדבר הצחיח-קיצון חמד השיח וסילון קוצני.

קרומי הקרקע הביולוגיים המעורבים בהגברה מיתונו של נגר ובלכידת אבק, נוצרים על ידי יצורים זעירים. אלה הן בעיקר האצות הכחוליות (ציאנובקטריה) ופטריית המלכדות את גרגירי הקרקע וכן אצות חד-תאיות ירוקות, טחבים וחזיות.

הגברת חדור מים על ידי תחוח, מתבצעת על ידי בעלי חיים נוברי קרקע השוברים קרומים ביולוגיים ופיסיקליים אוטמי-קרקע, פולחים את הקרקע, ויוצרים תוואים דרכם יכולים המים לחדור לקרקע. אלה הם בעיקר: הדורכנ החופר בקרקע בחיפוש אחר שורשים המשמשים כמזונו, מיני מכרסמים ושועלים המבלים את שעות היום במחילות שהם חופרים, צבאים ויעלים החופרים גומות למנוחה ולהגנה, סרטנים הנמנים על סרטנים שווי-רגלים (Isopoda), חברותית מדברית *Hemilepistus reaumuri* והטחבית המצויה *Porcellio scaber* הנפוצה ברוב חלקי הארץ. הסרטנים שווי-הרגלים חופרים מחילות שמתפקדות ככתמי "מבלע" למים, בעיקר במערכת המדבר הצחיח.

2.2.2.2.2. ממדי הפקת השרות

היות ושרות זה מווסת את ההתמרה של מי גשמים לנגר עילי, לחלחול וללחות קרקע, ניתן להעריך את ממדיו, עבור אגן ניקוז נבחר, בעזרת ממדי הנגר העילי ו/או לפי ממדי המים הנאצרים בקרקע, כשיעורים (או אחוזים) ממכויות הגשם, ובניכוי ההתאדות. לבד ממדידות גשם ושיעור ההתאדות באגן, ניתן להעריך את ממדי הנגר על ידי מדידת ספיקות, בתחנות שונות של הנגר בדרכו אל תחתית אגן הניקוז. הערכת ממדי החדור והאצירה מורכבת יותר: בהנחה שהייצור הראשוני, בעיקר במערכות המדבריות, תלוי ישירות בכמות המים הזמינים בקרקע, הייצור הראשוני השנתי ליחידת שטח עשוי להיעד, לפחות באופן גס, על ממדי החדור והאצירה. היות והתכסית הצמחית היא רכיב המגוון הביולוגי החשוב ביותר לאספקת שרות זה והיא גם מושפעת מזמינות המים בקרקע, ממדיה לא רק מנבאים את ממדי אספקת השרות אלא גם מתפקדים כאינדיקטור לאספקתו. כך שמדובר במערכת של היוזן חוזר. ככל שההתמרה של מי הגשמים ללחות קרקע גבוהה יותר כך עולה היצרנות הראשונית עם כל שירותי המערכת האקולוגית הנלווים אליה.

אף שאין נתונים המצביעים על ממדי ויסות כמות הנגר, החדור ואצירת המים באגני ניקוז שבמערכות המדבריות, ישנם נתונים מניסויי שדה ומעבדה וגם תצפיות שדה שהשוו כמותי נגר או חדר בעקבות שינוי בתכסית הצמחית. למשל, בפארק סיירת שקד הסמוך לבאר-שבע (אזור המעבר) נמצא בניסוי המטרה של 25 מ"מ, שהעומק אליו מסוגלים לחדור המים הוא 152 מ"מ תחת השיח, לעומת 82 מ"מ בשטח מכוסה בקרומים ביולוגיים שבין השיחים. הסרת השיחים והקרומים גרמה להקטנת עומק החדור ל-111 מ"מ תחת השיח ולהגדלת עומק החדור בקרומים הביולוגיים ל-100 מ"מ. בנוסף, כמות הנגר שנוצרה בחלקות, קטנה מ-19.3 מ"מ לשעה בחלקות הביקורת ל-10.2 מ"מ בשעה בחלקות שעברו טיפול הסרה (Eldridge et al., 2002). בניסויי הסרת צומח אחרים שנעשו באזור המעבר נמצא כי להסרת קרומי הקרקע והשיחים היו השפעות ארוכות-טווח. כמות הנגר (הנמדדת כחס בין הנגר היוצא מחלקה לבין כמות הגשם שהומטרה על החלקה) שנמדדה 16 שנים לאחר ההסרה הייתה קטנה פי 5-10 מכמות הנגר שנמדדה לפני ההסרה. עם זאת, במחקר זה מצאו כי פגיעה שטחית בקרום, (על-ידי ריסוס וגרוד פני-הקרקע) הינה בעלת השפעה הפוכה, מכיוון שטיפול כזה משמר את החומרים המלכדים בקרקע ואינו משפיע על אטימותה (Zaady et al., 2013). בניסויים נוספים שנערכו בפארק סיירת שקד (אזור המעבר), חולות ניצנה ומישור צין (המדבר הצחיח) נמצא כי הסרת הקרום הביולוגי מגבירה את קצב החדור (הנמדד על-ידי הצבת עמודת מים מעל לקרקע ומדידת גובה עמודת המים לאורך מספר דקות) פי 3-5 (Eldridge et al., 2000). במחקר מעבדה שנערך על קרקעות מאזור המעבר נמצא קצב חדר נמוך פי-100

בקרקות המכוסות קרום ביולוגי, בהשוואה לקרקעות שאינן מכוסות בקרום כזה (צעדי, 1999). לא נעשו מחקרים דומים במדבר הצחיח הקיצון, אשר בו הקרומים הביולוגיים פחות מפותחים בדרך כלל. במחקר שנערך ביער יתיר נמצא כי כאשר כיסוי עצי היער הוא כ- 60%, מתקיים מאזן בין כמות המים הנצרכת על-ידי התכסית הצמחית לבין כמות המים המתאדה מהקרקע והצמחים או נעצרת ונאצרת על-ידי הצמחים, ולכן לא נוצר נגר עילי כלל (Raz-Yaseef et al., 2010).

2.2.2.2.3 תועלות השרות

תועלות וויסות מים מתבטאות בכמויות מי הגשמים החודרים לקרקע ומותמרים ללחות קרקע ובכמויות מי הגשמים המותמרים לנגר עילי. התועלת בתהליכי הוויסות התומכים בהתמרת מי הגשמים לנגר עילי, היא בהפיכתם של מי הגשם לזמינים לשימוש האדם. מי נגר שהופכים לזרימות שיטפוניות, חודרים לאפיקי החלוקים בהר הנגב ומזינים את אקוות החלוקים של הערבה (Bein et al., 2001). חלק מהזרימות השיטפוניות מובל למאגרים מלאכותיים שנועדו להעשרת מי התהום או לאצירת מים. במערכות המדבריות 30 מאגרים (12 באזור המערב, 5 במדבר הצחיח, 13 במדבר הצחיח הקיצון). מים מהאקוות וממאגרי המים נשאבים לשימוש ביתי (שתיה, בישול, רחצה, סניטציה), השקיה חקלאית, גינון, שימושי נוי (מזרקות) וספורט ונופש (ברכות שחיה, אגמי מים). עם זאת, ממדי תרומתן של המערכות האקולוגיות המדבריות לאספקת מים לאקוות אינם ידועים.

לשירות הוויסות התומך במיתון התמרת מי הגשם לנגר עילי, תועלת עקיפה לאדם, שכן זרימות שיטפוניות עוצמתיות עשויות לעקור רכיבי צומח רבים בוואדיות ובכך לפגוע באספקת שרותי המערכת אשר צמחים אלה מעורבים בהם. בנוסף, שירות זה תומך בשני שרותי וויסות אחרים: שרות וויסות סחיפת הקרקע ושרות וויסות אירועי קיצון ומכלול תועלותיהם לאדם, כולל מניעת נזקי שיטפונות בנפש וברכוש.

התועלות מהגברת הנגר וממיתונו, מתחרות לעיתים זו בזו. בני שיח על המדרונות במערכת אזור המערב (סירה קוצנית ונאות קוצנית) ובמערכת המדבר הצחיח (לענת המדבר ומיני יפרוק), משמשים כמבלעים למי הנגר העילי ובכך ממתנים את כמות ועוצמת הנגר לוואדיות. תועלתו של מיתון זה בהגנה על צומח הערוצים מעקירה, אך אותו מיתון עצמו עשוי לצמצם את לחות הקרקע באפיקים ולכן גם את ממדי ייצור הביומסה הצמחית באפיק ותועלותיה.

תת-המערכות המדבריות שונות זו מזו ביחסי ההמרה בין תועלות הנובעות מהגברת הנגר העילי לתועלות הנובעות ממיתונו. במערכת המדבר הצחיח-קיצון, צומח המדרונות דליל יחסית לזה שבצחיח ובאזור המערב. על כן אספקת שרות מיתון הנגר בצחיח הקיצון היא ככל הנראה זניחה. מסיבה זו, חלק גדול ממי הגשם במערכת זו הופכים לנגר וזורמים מהמדרון לאפיק. זו אחת הסיבות לכך שתדירות השיטפונות באזור הצחיח קיצון גבוהה יחסית. מי הנגר תומכים בצומח המעוצה (שיחים שונים, אשלים, שיטים) המעורב באספקת שירותים שונים ואשר תומך גם בתחזוקת רכיבים רבים של המגוון הביולוגי בצחיח הקיצון.

ויסות החדרת מי גשם והתמרתם ללחות קרקע, יוצר תועלות עקיפות בכך שהוא מתחזק את מכלול המגוון הביולוגי

הצמחי של המערכות האקולוגיות, אשר נמדד בממדי הבימוסה הכוללת שלו. לחות הקרקע מתחזקת גם את רכיב המגוון הביולוגי של יצורי קרקע קטנים ואף זעירים, הממחזרים חומרי הזנה לצמחים (נוטריינטים) ועל כן תומכים בתהליכי הייצור הראשוני של התכסית הצמחית. היות והתכסית הצמחית מעורבת באספקת מרב השירותים של המערכות האקולוגיות המדבריות, לשרות וויסות המים יש חלק באספקת שאר שירותי המערכת, בכללם שרותי ויסות נוספים, שירותי האספקה והתרבות, ומכלול תועלותיהם לאדם.

2.2.2.2.4. המשתמשים

עקב המספר הרב של התועלות הישירות והעקיפות של שרות זה, ביניהן כאלה המתחרות זו בזו, כל תושבי המערכות המדבריות ומבקרי המערכות האלה (כולל אנשי צבא ותיירים), משתמשים בתועלות השרות, שעשוי להתגלות כשרות הוויסות החשוב ביותר של המערכות הללו. אך דווקא פער הידע על ממדי האספקה של שרות חשוב זה גדול ביותר.

2.2.2.3. מגמות

ממדי הפקת השרות בהווה לא כומתו בצורה מספקת וכן לא ידועים ממדי הפקת השרות בעבר. שרות זה מווסת את ההתמרה של מי גשמים לנגר עילי (ובהמשך למי תהום) או ללחות קרקע, וביקוש השרות מתבטא בכמויות הגשמים. ומסיבה זו, זיהוי מגמות בכמויות הגשמים עשוי לסייע בזיהוי מגמות באספקת השרות. מאז שנות ה-50 התמעטו כמויות הגשמים בערבה בהדרגה (Ginat et al., 2011), במקביל לעליה בביקוש למים, בעיקר לצורכי השקיית המערכות החקלאיות שבערבה. הביקוש למים המנוצלים על ידי חקלאות הערבה עלה על היצע המים באקוויפרים (Bein et al., 2001), מה שהביא לירידה בספיקת מעיינות שולי הערבה (Bruins et al., 2012; שרצר וגינת, 2011). עם זאת, מאז 2010 ישנה עליה בכמות המשקעים ולכן המגמה לא ברורה (גינת ושלמון, 2014). כמו כן, לא ידוע באיזו מידה תורמות לאספקת השרות מגמות שינוי בתכסית הצמחית ובקרומי הקרקע, במערכת אזור המעבר ובמערכת המדבר הצחיח. עם זאת, מכיוון שהתכסית הצמחית במערכת המדבר הצחיח הקיצון המתנקז לערבה הייתה משוחררת מרעיית מקנה החל מימי קום המדינה ועד ימינו, ההנחה כי ממדי אספקת השרות של מערכת המדבר הצחיח הקיצון לא השתנו מאז באופן מהותי. היות והתכסית הצמחית של המערכות המדבריות מעורבת גם באספקת שרותי וויסות אחרים (ויסות סחיפת קרקע, ויסות איכות אוויר), ניתן להניח שמגמות שינוי במגוון הביולוגי המעורב באספקת אותם שירותים, חוללו שינוי גם באספקת שרות וויסות המים.

שיטפונות עוצמתיים במערכת המדבר מצחיח ובמערכת המדבר הצחיח הקיצון, גורמים לנזקים רבים (Greenbaum et al., 2011); הרס תשתיות ומבנים, פגיעה במערכות החקלאיות המוטבעות במערכות המדבריות ואף פגיעה בנפש. נזקים אלו גורמים כיום להשקעות עתק בביצוע עבודות רחבות-היקף לצורך הקמה ותחזוקה של מנגנוני ויסות מעשה ידי-אדם, כסכרים ומתקנים אחרים. אלה מביאים לשינויים, לא רצויים ברובם, במערכות האקולוגיות וביכולתן לספק שירותים. אפשר שהשקעה בשמירת המגוון הביולוגי התומך בשרות האקולוגי של ויסות המים, עשויה להביא למיתון מוגבר של ממדי השיטפונות, לחסוך הוצאות בניה ותחזוקה של מתקנים מלאכותיים וגם למנוע שינויים לא רצויים לתיפקודי הפקת השרותים של המערכות האקולוגיות (גינת ושלמון, 2014).

2.2.3. ויסות סחיפת קרקע

2.2.3.1 כללי

2.2.3.1.1 מהות השירות ומנגנון הפקתו

סחף קרקע הוא תהליך של הסעה והזזת קרקע באמצעות זרמי מים או רוח. בתהליך זה מוסרת השכבה העליונה והפורייה של הקרקע. לויסות סחיפת הקרקע יש חשיבות עליונה בתמיכה באספקת תוצרת חקלאית, שימור שטחי מרעה ודרכים. סחיפת קרקע עשויה לפגוע גם ברכיבים שונים של המערכות האקולוגיות המדבריות.

2.2.3.2 מצב נוכחי

2.2.3.2.1 המגוון הביולוגי המעורב בהפקת השרות

בחבל המדברי ישנם טיפוסים קרקעות שונים הנתונים לסיכונים סחיפה על-ידי מים ורוח. במערכת אזור המעבר ובמערכת המדבר הצחיח הקרקעות הן בעיקר לסיות. בהרי יתיר שבאזור המעבר, ישנן רנדזינות וקרקעות לסיות-חרסיתיות. קרקעות חוליות נפוצות במערב אזור המעבר. חולות נמצאים במערב מערכת המדבר הצחיח (חולות חלוצה ושבטה), במזרח מערכת המדבר הצחיח (מישור ימין) ובמספר מקומות במערכת המדבר הצחיח הקיצון (בקעת עובדה והערבה). החולות נתונים בסכנת סחיפה בעיקר על-ידי רוח.

שני רכיבים עיקריים של המגוון הביולוגי מסייעים להפחתת סחיפת קרקע על-ידי מים ורוח (Barthes & Roose, 2002). המרכיב הראשון הוא קרומי קרקע ביולוגיים הנוצרים על ידי יצורים מיקרוסקופיים: חיידקים, פטריות ואצות, יחד עם צמחים זעירים. יצורים אלו מלכדים את שכבת הקרקע העליונה. בעת גשם, קרומי הקרקע הביולוגיים סופחים מים, נאטמים ולכן מגנים על הקרקע שמתחתם מסחיפה על ידי מים (דנין וחוב', 1990; צעדי, 1999; Kutiel et al., 1998). הגנה זו יעילה יותר מזו של קרומי קרקע פיזיקליים, הנוצרים מתאחיזה פשוטה בין גרגרים (Eldridge & Greene, 1994). מאידך, קרומי-קרקע מפותחים עשויים להפחית את חדירות הקרקע למים ועל-ידי כך להגביר את ההסתברות להתפתחות נגר-עילי (Oren et al., 2011).

המרכיב השני הוא התכסית הצמחית, בעיקר שיחים, בני שיח ועצים. נוף הצמחים מפחית את עוצמת הפגיעה של טיפות הגשם בקרקע ועל ידי כך מופחת הרס תלכידי קרקע למקטעים קטנים וזמינים לסחיפה. בנוסף, התכסית הצמחית מהווה מכשול פיסי העוצר את תנועת הסחף על ידי מי נגר ושיטפונות ומונע את המשך סחיפתו. מערכת השורשים של צמחים מדבריים היא מסועפת. היא יורדת לעומק האדמה ושולחת סעיפים גם קרוב לפני הקרקע. השורשים תורמים לחיזוק מבנה הקרקע ולמניעת סחיפה מוגברת, גם כאשר הנוף העל-אדמתי הוסר או מת (Kutiel et al., 1995; Stavi et al., 2009). שיירי צמחים על פני האדמה מעלים את מידת חספוס פני השטח, מורידים את קצב זרימת מי הנגר העילי ועל ידי כך מפחיתים את סחיפת הקרקע (Kutiel et al., 1995). בקרקעות מדבריות שבהן מתפתחים קרומים אטימים למים, פיסיקליים או ביולוגיים, הצל של השיחים יוצר אזורי נטולי-קרומ, אשר בהם קצב החידור והחלחול גבוה (Yair et al., 2011). באופן זה פחות גשם הופך לנגר-עילי שעלול לסחוף קרקע.

קרומי קרקע ביולוגים ותכסית צמחית מווסתים גם סחיפת קרקע על ידי רוח (Eldridge & Leys, 2003). המבנה המסועף של הצמחים עוזר בבלימת מהירות הרוח והאטת תנועת חלקיקי האבק הנפלט מהקרקע. מחקר שנערך לאחרונה בקרקע לסית באזור המעבר, הצביע על פוטנציאל גבוה לסחיפה על-ידי הרוח, המוגבר על-ידי פעילות חקלאית ורעיה ויכול להיות מופחת על-ידי תכסית צמחית וקרומי-קרקע (Tanner et al., 2016).

הסרת הצומח ופגיעה בקרומי-קרקע ביולוגיים מגבירות את קצב הסחיפה בסדרי-גודל של עד עשרות גר' קרקע למ"ר בשנה ואף עשויים להפסיק את אספקת השירות לחלוטין (בן-חור וחוב', 2006, 2015; Sarah & Zonana, 2015; Sarah, 2005, 2006; Shachanovich et al., 2008; Yair et al., 2011).

2.2.3.2.2. מומדי הפקת השירות

במחקר שנעשה ביער-יתיר, יער נטוע שבמערכת אזור המעבר, נמצא כי כאשר 65% מפני-השטח מחופים על-ידי צמרות עצים, אזי נוצר איזון בין כמות המים המגיעה לקרקע לבין כמות המים הנקלטת על-ידי הבימוסה הצמחית. באופן זה נמנעת היווצרות נגר 2010 (Raz-Yaseef et al.). מאידך, רעייה בשטחים אלה פוגעת בקרומי-הקרקע ובמבנה הקרקע ויכולה להאיץ תהליכי נגר וסחיפה (Sarah & Stavi et al., 2008; Zaady & Offer 2009; Oren et al., 2011; Sarah & Zonana 2015) או להגביר סחף המוסע ברוח בכ-50% (Zaady & Offer, 2009) ותהליכי סחיפה על ידי רוח. ספיקת הנגר מיער יתיר קטנה פי-500 מאשר בשטחי בתה וגריגה סמוכים ולמעשה נראה כי אין סחיפת קרקע מהיער כלל (Shachanovich et al., 2008).

2.2.3.2.3. תועלות ומשתמשים

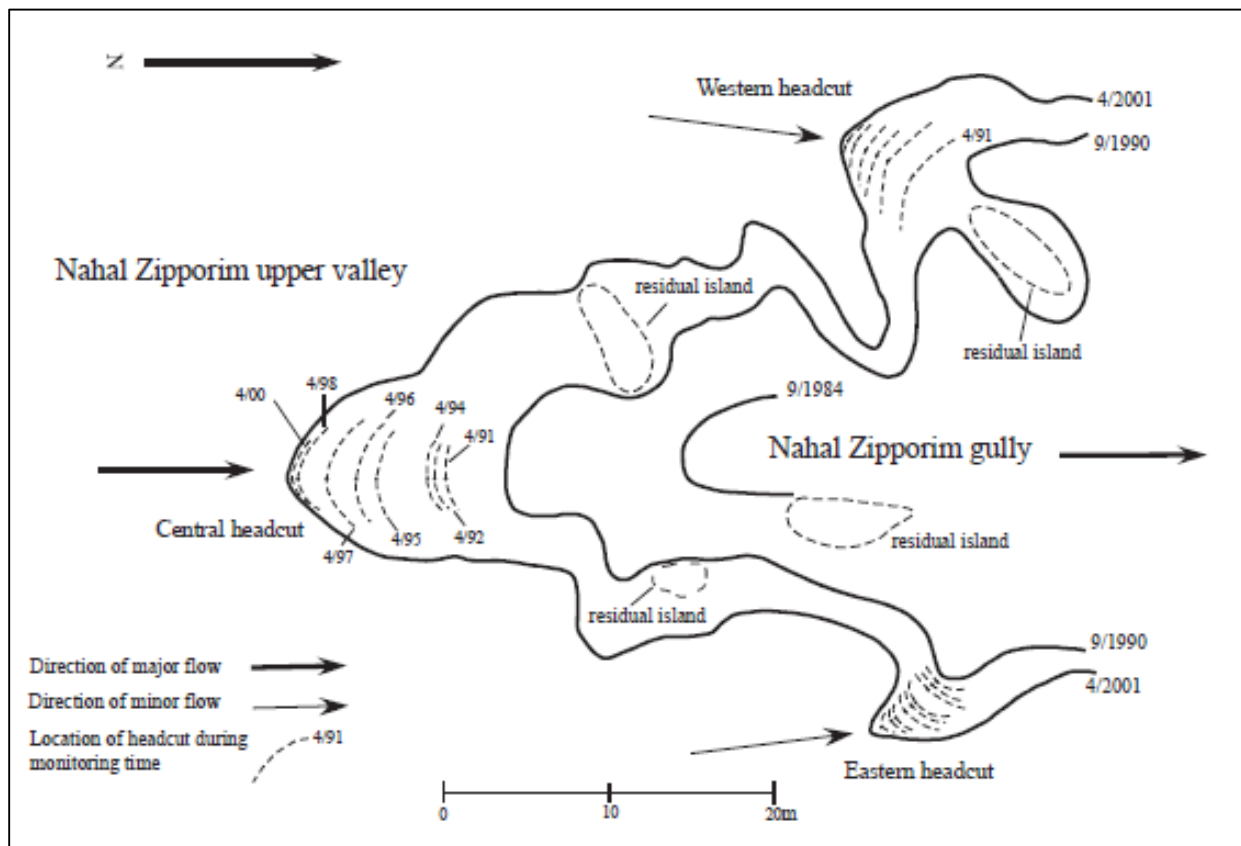
התועלות שבמניעת סחיפת קרקע הן שימור קרקע לחקלאות (בעיקר באזור המעבר) ושימור קרקעות המסוגלות לתמוך באספקת מרעית (במערכת אזור המעבר ובמדבר הצחיח) ובשירותי מערכת אחרים שאספקתם דורשת קרקעות עמוקות (בהשוואה לתשתית הצצית הנחשפת כתוצאה מסחיפת הקרקע במדבר), כגון הצל המסופק על-ידי עצים. למניעת סחיפת קרקע חשיבות בשמירה על תשתיות (דרכים, צנרת ומבנים) מפני כיסוי על-ידי קרקעות וחולות סחופים או מפני סחיפת התשתית הטבעית עליה הן בנויות. בנוסף חשוב לציין כי סחיפת קרקע על-ידי הרוח יוצרת אבק המהווה מזהם-אוויר, ולכן ישנו קשר ברור בין שרות ויסות סחיפת קרקעות על-ידי הרוח לשרות ויסות איכות-האוויר. באזורי אימונים של כלים צבאיים כבדים ובשטחי מערכות חקלאיות, בכל המערכות המדבריות, הסרת צומח ופגיעה בקרומי קרקע, ביולוגים ופיזיקליים כאחד, גורמת להיווצרות זיהום אוויר על ידי אבק, גם ברוחות קלות יחסית.

2.2.3.3. מגמות

שני הגורמים העיקריים המשפיעים על פוטנציאל סחיפת הקרקעות הם שינויי אקלים ופעילות האדם. הירידה בכמות המשקעים מאז תקופת הקרח (ראו קופסה), הובילה להפחתה בכיסוי הצומח ולירידה בחספוס השטח. בעקבות זאת פחתה לכידת האבק. תופעה זו בולטת בעיקר במדרונות הר הנגב. האבק שאינו נלכד על ידי הצמחייה, נשטף בנגר בעת אירועי הגשם (Avni et al., 2006). כיום מצוי הנגב בעיצומה של תקופה בה השילוב בין תנאי האקלים והתשתית הפיסית

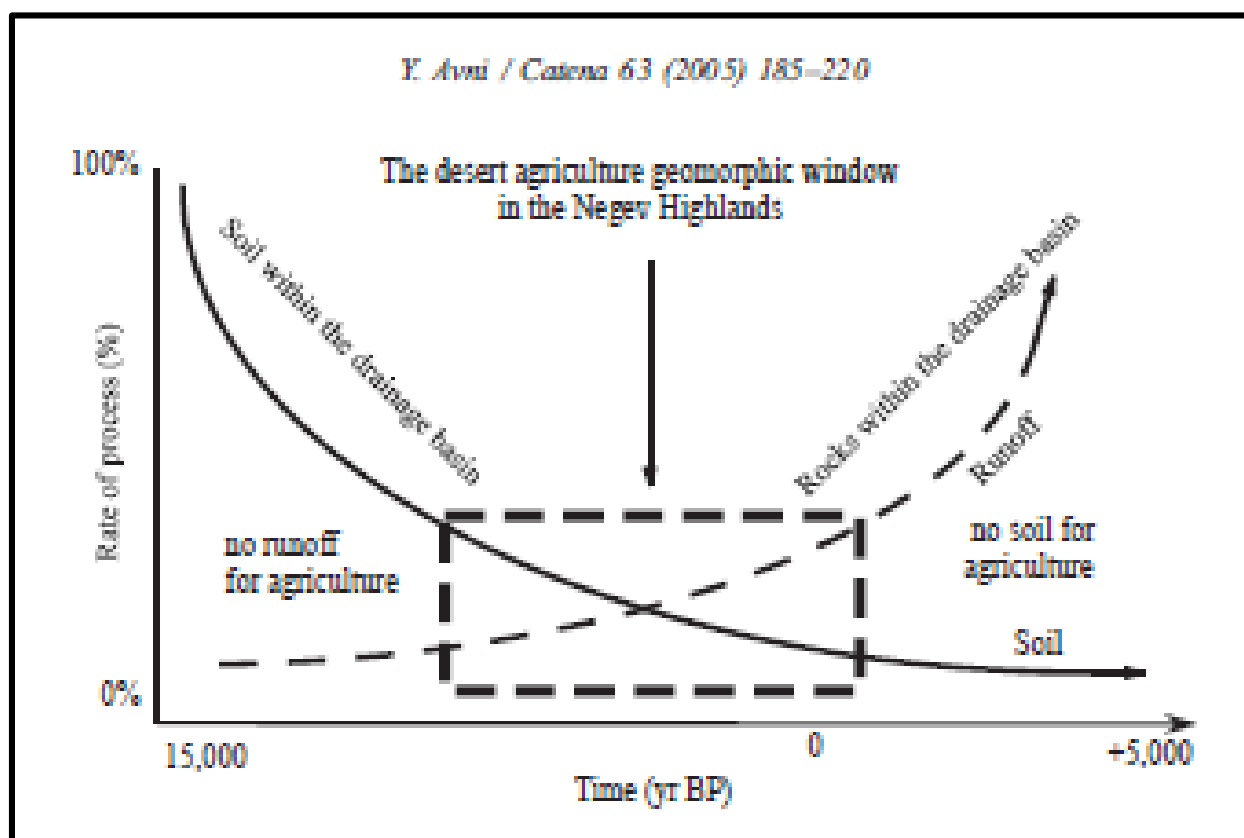
גורם לסחיפת קרקע הולכת וגדלה (Avni, 2005). בנחל ציפורים, אתר המחקר המרכזי של הר הנגב, נמצא כי קצב ההתחזרות של הערוץ ב-1400 השנים האחרונות הוא 0.46 מטר לשנה. אך קצב הנסיגה של ראש הערוץ הוא ל-1.00 מטר לשנה לפחות מאז 1990 (אין מדידות מפורטות קודם לכן) (איור 5). ההערכה היא כי משוב חיובי בתהליך סחיפת הקרקע הוא הגורם להאצה (איור 6): ככל שאגן הניקוז הופך לסלעי יותר, כתוצאה מסחיפה מתמשכת של קרקעות מהאגן, הפגיעה בתשתית העמקים מתעצמת וקצב גידול הערוץ מואץ (Avni, 2005; Avni et al., 2006).

איור 5: נסיגת ראש הערוץ בנחל ציפורים בשנים 1990 עד 2001, כתוצאה מתהליכים של סחיפת קרקע. החיצים מסמנים את כיוון זרימת המים. נסיגת ראש הערוץ מתקדמת בכיוון ההפוך (Avni, 2005).



איור 6: תיאור מנגנון משוב חיובי המוביל להתגברות ספיחת קרקע בעמקי הצחיח, ככל שחשיפת הסלעים גדלה. הריבוע המקווקו מסמן

את השלב שבו כמות הקרקע החקלאית בעמקים הייתה באיזון מיטבי עם כמות הנגר הזמינה להשקיה (Avni, 2005).



במערכת אזור המעבר הסיכון לסחיפת קרקעות מושפע במידה רבה גם ממיכון חקלאי. זאת בשונה מהחקלאות שהייתה נפוצה בהר-הנגב בתקופה הרומית-ביזנטית (לפני כ-1500 שנה), אשר השקיעה מאמץ בשימור קרקע לתקופה ממושכת (Avni, 2005). חריש מקביל לשיפוע המדרון, פליחה לעומק הקרקע, הסרת כל השלף ורעיית יתר, מאיצים את התהליך הטבעי של סחיפת הקרקע וגורמים לאיבוד קרקע חקלאית ולדילול הצמחייה באופן משמעותי. רעיית יתר גורמת להפחתה בחומר האורגני המושב לקרקע כתוצאה מאכילת מיני הצומח החד שנתיים. במקביל, רגלי העזים בוטשות את הקרקע ופוגעות בשלמות הקרומים הביולוגיים. כתוצאה מכך הקרקע הופכת לזמינה יותר לסחיפה (Oren et al., 2011; Tanner et al., 2016). שימוש בכלי עבודה כבדים על קרקעות לסיות, לצורך יצירת דרכי רכב ולצורך הנחת תשתיות חשמל ומים, או באימונים צבאיים, גורם גם הוא לפגיעה בקרומי קרקע ביולוגיים ופיזיקליים, להסרת הצומח, להחלשת המבנה הפיזי של הקרקע ולהכנתה לסחיפה מואצת. פגיעה פיזית בקרומי הקרקע ובתכסית הצמחית בחולות מגבירה גם היא את פוטנציאל נדידת החול (צעדי 1999, 2014; Amir et al., 2014; Shachak & Lovett, 1998). שינוי פיזי בתוואי השטח, כתוצאה מהנחת תשתיות, משנה את נתיבי הזרימה של הנגר העילי ועלול לגרום להתפרצות של ערוצים חדשים במקומות בהם אין צמחייה שיכולה לווסת את קצב הסחיפה (Avni, 2005). כתלות בתנאי האקלים הקיימים כיום ובהתנהלות האדם בשטח, יש להניח כי רוב אגני הניקוז בהר הנגב יהפכו לערוצי סלע וחצץ והקרקע הפוטנציאלית לחקלאות תאבד (Avni, 2005). על פי מפת סיכוני סחיפת קרקע של משרד החקלאות, הסיכון לסחיפה

בצפון-הנגב הוא בינוני עד חמור.

כיום נעשים מאמצים רבים למנוע את סחיפת הקרקעות. ביניהם ניתן למנות את המעבר לשיטות עיבוד חקלאיות המפחיתות את הפגיעה בתלכוד הקרקע, הגבלת פעילות רכבי-שטח ורכבים צבאיים כבדים (טנקים) בשטחים הנתונים לסיכוני סחיפה, ונטיעות עצים בשיטות שונות (לאורך ערוצים, לאורך סוללות העוקבות אחרי קווי-גובה או ביערות הנטועים) כדי שיסייעו בבלימת הסחיפה.

השפעת שינוי אקלים על סחף קרקע:

בתקופת הקרח (לפני 20-70 אלף שנה) התאפיין האקלים בלחות אוויר מוגדלת, ערפילים וגשם דק. אלו סייעו להשקעת אבק אשר הגיע בסופות באופן תדיר (Avni, 2010; Crouvi et al., 2008) והצטבר בעמקים ועל מדרונות הגבעות. בשל כמות המשקעים המוגדלת (כ- 200-150 מ"מ לעומת 100 מ"מ כיום), בתקופות הקרח הקרקע הייתה מכוסה בצמחייה שעיקרה צמחיית בתה שיחית. החספוס שיצרה צמחייה זו לכד את האבק שהגיע וסייע להשקעתו ולצבירתו (Avni, 2010; Avni et al., 2012). התחממות האקלים מאז סוף תקופת הקרח ועד היום הובילה לשינוי במשטר גשמים - פחות אירועי גשם אבל בעוצמה גדולה יותר המחוללת נגר עילי. כתוצאה מכך נחשפת התשתית הסלעית על מדרונות הגבעות. הסלע החשוף מגביר את עוצמת הנגר העילי ואת סחיפת הקרקע. כך נוצר למעשה משוב חיובי המוביל להגברה של סחיפת הקרקע מהעמקים (איור 6).

2.2.4. ויסות מזיקים ומחלות

2.2.4.1 כללי

2.2.4.1.1 מהות השרות ומנגנון הפקתו

"מזיקים" הם רכיבי המגוון הביולוגי הפוגעים ביבולים של המערכות החקלאיות, בין אם הם מינים אוכלי צמחים שניזונים מהגידולים, או שהם פוגעים בתפקודיהם – מחוללי מחלות צמחים. מזיקים אלה יכולים להוות רכיב של המגוון הביולוגי של המערכות החקלאיות, או שהם רכיבי מגוון ביולוגי של המערכות הטבעיות, ביניהן גם המדבריות, המגיעים למערכות החקלאיות הקרובות לאותן מערכות טבעיות, או אף מרוחקות מהן. שרות הוויסות מופק על ידי רכיבי מגוון ביולוגי של המערכות הטבעיות, ולעיתים אף רכיבי מגוון ביולוגי הטבעי הנמצא גם במערכות החקלאיות, אשר מתפקדים כטורפים או כטפילים של המינים המזיקים, ובכך מקטינים את ממדי אוכלוסיותיהם מה שממתן את מדדי הנזקים לחקלאים (Ausher, 1997; Blumberg, 2008). פרויקט זה משתמש במונח "מחלות" למחלות האדם, בעיקר מחלות טפיליות המועברות לאדם (ולמקנהו) באמצעות רכיבים של המגוון הביולוגי של המערכות האקולוגיות המדבריות, המתפקדים כנשאים של הטפילים הללו. במערכות המדבריות מצויים רכיבים שונים של המגוון הביולוגי הפוגעים בנשאים באמצעים שונים, ובכך מווסתים את אוכלוסיות המינים הנשאים, מה שממתן את ממדי התפשטותן באוכלוסייה של המחלות הטפיליות.

2.2.4.2 מצב נוכחי

2.2.4.2.1 רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת שרות ויסות מזיקי חקלאות וממדי ההפקה

הפשפש *Orius albidipennis* הנפוץ במערכות המדבריות (Schuldiner-Harpaz, 2013) ידוע כטורף מזיקים כגון תריפס, כנימות עלה ואקריות (Ausher, 1997; Chyzik & Ucko, 2002; Blumberg, 2008) הפוגעים בגידולים חקלאיים רבים שבמערכות החקלאיות של הנגב והערבה, כגון פלפל, רימון, תמר, מנגו ופרחים (בן דוד וחוב', 2011). מחקרים שנעשו באזור באר-שבע (Gavish-Regev et al., 2008; Pluess et al., 2008, 2010) הראו כי מיני עכבישים טורפים מצויים בשדות חקלאיים רבים שבאזור, ועושר מיניהם גדול יותר בשדות (היינו במערכות החקלאיות) הסמוכים למערכות המדבר הצחיח, וכי רבים ממינים אלה עשויים לשמש כ"מדבירים ביולוגיים" למזיקי חקלאות רבים, שכן נמצא בניסוי מעבדה שכמה ממיני עכבישים אלה טורפים כנימות (Gavish-Regev et al., 2009). גם מיני אקריות טורפות ממשפחת ה-Phytoseiidea נמצאו על מגוון צמחי בר מדבריים (Swirski & Amitai, 1997), חלק מהם מוכרים כטורפים של פרוקי רגליים המזיקים לגידולים חקלאיים שונים, ואחד מהם (*Typhlodromus athiasae*) אף הפחית באופן משמעותי את אוכלוסיית המזיק 'אקרית הקורים של התמר' בניסויי שדה בערבה (Lotan, 2011).

2.2.4.2.2 רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת שרות ויסות מחלות טפיליות

מחלה טפילית ממנה נפגעים תושבים ומבקרים במערכות המדבריות היא "שושנת יריחו" (לישמניאזיס), אשר שפן הסלע והמכרסם מריון החולות (וגם מכרסמים מדבריים אחרים) מהווים מאגר שלה וזבוב החול מהווה נשא (וקטור) המעביר

בעקיצותיו את הנגיף (שהוא יצור חד-תאי, לשמניה) ממיני המאגרים, לאדם. טורפים פוטנציאליים של שפני סלע והמריון כמו תנים, נמיות ודורסי-יום, יכולים לשמש להפחתת הפצת מחלה זו באוכלוסיית התושבים והמבקרים באזורים הנגועים של המערכות המדבריות. עם זאת, חסר מידע לגבי ממדי הטריפה של שפני סלע והמכרסמים על-ידי מינים אלה ולגבי המינים המווסתים את אוכלוסיות זבוב החול. כמו כן חסר ידע לגבי ממדי ויסות מזיקי חקלאות נוספים ונשאי לשמניאזיס (או נשאים אפשריים של מחלות אחרות) אחרים על-ידי רכיבי מגוון ביולוגי של המערכות המדבריות.

2.2.4.2.3. תועלות השרות, תרומתן לרווחת האדם, והמשתמשים

תועלות שרות וויסות מזיקים ומחלות תורמות לרכיב הכלכלי והבריאותי של רווחת האדם, מכיוון שהן מפחיתות פגיעה בגידולים חקלאיים ותחלואה בקרב האדם, וכן מפחיתות את העלויות הכלכליות הכרוכות בהדברה כימית של מזיקי חקלאות ונשאי-מחלות. עם זאת, המידע על תועלות אלה עדיין דל, ומוגבל למחקרי-שדה בהיקפים קטנים או לניסויי מעבדה, וחסרים בו נתונים על תפוצת מווסתי מזיקים ומחלות פוטנציאליים ברחבי המערכות המדבריות, ועל ממדי הוויסות בפועל. פער ידע זה משמעותי, משום שהוא גורר התעלמות החקלאים והרשויות מהיצע של שרות המערכות המדבריות שיכול היה ליתר לפחות חלק מהשימוש הנרחב בכימיקלים קוטלי מזיקים, שימוש שבממדיו השוררים במערכות החקלאיות יש גם פחיתה ברווחיות (עקב העלות הכלכלית של הריסוסים), גם פגיעה אפשרית בבריאות האדם, ואף פחיתה באספקת שרות הוויסות האקולוגי, עקב השפעת הריסוסים על רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים באספקת השרות.

2.2.4.3. מגמות

לשינוי האקלים, ובאופן ספציפי לעליה בטמפרטורה הממוצעת, יש השפעה על הרכב המינים ועל גודלי אוכלוסיותיהם. כמו כן מושפעת הפיסיולוגיה של פרוקי רגליים (לפחות על הפשפשים הטורפים). שינויים אלו עלולים להשפיע על יעילות מינים אלה כמדבירים ביולוגיים.

לא נמצאו נתונים על שינויים בממדי הנזק שגורמים מזיקים לחקלאות במערכות המדבריות, למעט נתונים נקודתיים על התפרצויות של מזיקים ומחלות. לפיכך, אין ביכולתנו לאמוד את תרומתן בפועל של המערכות האקולוגיות המדבריות הטבעיות לוויסות מזיקים ומחלות. כך, אף שהידע התיאורטי ומחקרים בקנה-מידה קטן מצביעים על פוטנציאל רב לקיומו של שירות ויסות מזיקים ומחלות במערכות המדבריות, ובפרט במערכת אזור המעבר, ישנו מחסור בידע לגבי ממדי מימושו בפועל של שירות זה במערכות המדבריות, ובפרט במערכות המדבר הצחיח והצחיח הקיצון, ולכן סביר שהפוטנציאל הגלום בשירות זה יוותר בלתי-מומש גם בעתיד הקרוב.

2.2.5. ויסות אקלים עולמי

2.2.5.1 כללי

2.2.5.1.1 מהות השירות ומנגנון הפקתו

התופעה של שינויי האקלים הגלובלי נובעת מעליה בריכוזי גזים הקרויים: "גזי חממה", בעיקר פחמן דו חמצני, הנפלטים לאטמוספירה כתוצאה מפעילות האדם. גזי חממה אלה גורמים להתחממות יתר של האטמוספירה ולשינוי בדפוסים גלובליים של תנועת אוויר ותנועת לחות באוויר, ועקב כך לשינויים במשטר המשקעים ולעליה באירועי אקלים קיצוניים כגון בצורות (IPCC, 2014). מערכות אקולוגיות מעורבות באופנים שונים בוויסות אקלים גלובלי (קרי, הפחתת עוצמת שינויי האקלים הגלובלי), אך המנגנון העיקרי הוא לכידת/אצירת פחמן. פוטוסינתזה היא תהליך בסיסי באצות ובצמחים, שבו הפחמן הדו-חמצני האטמוספרי מקובע על-ידי האורגניזם לתוך תרכובות אורגניות, המהוות את אבני-הבנין הבסיסיות של החיים. חלק נכבד מתרכובות אלה נאצרות (או נעשות לכודות) בגופם של האצות והצמחים, ובשל כך גם בגופם של בעלי-החיים הניזונים מהצמחים, ושל בעלי-החיים הניזונים מאוכלי-הצמחים, ובסופו של דבר גם בקרקע שעליה נופלים חלקי הצמח המתים, גופותיהם של בעלי-החיים והגללים שבעלי-החיים מפרישים. לכידתו של הפחמן הדו-חמצני מהאטמוספירה ואגירתו לתקופות זמן ארוכות יחסית במולקולות אשר נדרש זמן רב לפירוקן בקרקע (למשל ליגנין) מקטין את ריכוז גז חממה עיקרי זה באטמוספירה, ובכך ממתן את ההתחממות הגלובלית ובעקבותיה את שינויי האקלים הגלובלי. ככל שמצטבר חומר אורגני רב יותר בקרקע המערכות המדבריות, כמות החומר האורגני בהן שמקורה בנשר (החלקים המתים של תכסית הקרקע הצמחית) מעידה על ממדי הקיבוע בקרקע באמצעות תכסית הצמחית של מערכות אלה, שכן חלק מהביומסה החיה של הצמחים נפלט לאטמוספירה באמצעות תהליך הנשימה של הצמחים, והשאר מתחזק בגוף הצמח החי עד למותו, ואח"כ מוטבע בקרקע, כמו גם שאריות פחמן של גוויות בעלי חיים ניזוני צמחים שמקורו העקיף גם הוא הפחמן האטמוספרי. כך קיבוע הפחמן באמצעות שרות וויסות זה באמצעות המערכות המדבריות של ישראל תורם למיתון שינויי האקלים העולמיים המהווים סיכון משמעותי לתפקודן של כל מערכות כדור הארץ והאנושות, ובכללן אלה של ישראל.

2.2.5.2 מצב נוכחי

2.2.5.2.1 רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השירות וממדי ההפקה

המגוון הביולוגי שמעורב באספקת שרות וויסות האקלים הגלובלי באמצעות לכידת פחמן דו-חמצני אטמוספרי כולל את כל היצורים הפוטוסינתטיים של המערכות המדבריות. ככל שכלל הביומסה של הפרט בכל אחד מהמינים הללו גדולה יותר וחיה זמן ממושך יותר כך הפקת השרות באמצעותו גבוהה יותר. לכן הספקים העיקריים של שירות זה במערכות המדבריות הם עצים כמו השיטים, האלות ומינים שניטעו על ידי הקק"ל, אך השטח הכולל שלהם כנראה קטן. המצב הפוך ביחס לבתות ולשאר שטחי המערכות המדבריות שמאוכלסים בשיחים, שבהם ממדי הלכידה של כל פרט קטנים יחסית (אך ראוי גם להתייחס לחלקים התת-אדמתיים), אך השטח הכולל עשוי להיות גבוה. בדומה, גם לכידת פחמן של

כל פרט של חזזית או אצה מיקרוסקופית של קרומי-הקרקע הביולוגיים זעירה, אך השטחים המכוסים בקרומים אלה נרחבים. על כן, הערכה של ממדי אספקת השירות במערכות המדבריות (טבלה 9) דורשת התחשבות בקצבי לכידת הפחמן על-ידי רכיבי המגוון הביולוגי המספקים את השירות, עליהם קיים מידע חלקי, ובשטח המאוכלס בספקי שירות אלה.

יער-יתיר שבמערכת אזור המעבר (ששטחו כ-30 קמ"ר והנטיעות בו החלו בשנת 1964) לוכד כ-230 ג' פחמן למ"ר בשנה. קצב זה דומה לקצב הלכידה שנמדד ביערות באירופה ונמוך מעט מהמוצע העולמי (Rotenberg & Yakir, 2010). כיום ישנם במערכת המדברית כ-264 קמ"ר של יער נטוע (גיל סיאקי, מדור מידע יערני במחוז הדרום של הקק"ל, תקשורת אישית), כמעט כולם במערכת אזור המעבר. לפיכך, הערכת חסר לממדי לכידת הפחמן על-ידי היערות הנטועים במערכת אזור המעבר היא 60,720 טון בשנה (טבלה 9). על היערות הנטועים יש להוסיף עצים שאינם נטועים, הפזורים ברחבי המערכות המדבריות בצפיפות נמוכה. מעריכים כי בערבה (מערכת המדבר הצחיח הקיצון) לבדה צומחים כ-65,000 עצי שיטה בוגרים (פרלברג וחוב', 2013) ובכלל שטחי הצחיח והצחיח-קיצון ישנם כ-100,000 עצים, שבהערכה גסה לכמחצית מהם חופה בקוטר של 4 מטר או יותר. במחקר שנעשה על מין של שיטה (*Acacia aneura*) באוסטרליה, העריכו כי עץ בוגר לוכד כ-6.5 ק"ג פחמן בשנה (Suganuma et al., 2010). לכן, הערכה זהירה לכלל לכידת הפחמן על-ידי שיטים במערכות המדבריות, המתבססת על 50,000 עצים 'גדולים' הלוכדים 4 ק"ג פחמן בשנה, היא כ-200 טון בשנה.

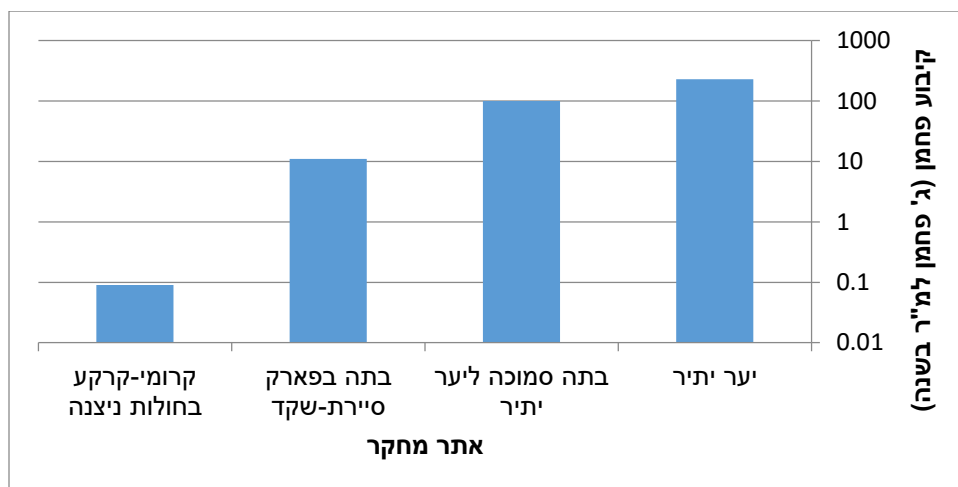
קצב לכידת הפחמן בבתה הסמוכה ליער יתיר הוא כ-100 גר' פחמן למ"ר בשנה (Gelfand et al., 2012), ובבתה של פארק סירת-שקד (ליד אופקים) נלכדים 5.5-11 גר' פחמן למ"ר בשנה (Wilske et al., 2009). על סמך נתונים אלה, הערכה זהירה לקצב לכידת הפחמן על-ידי צמחים שאינם עצים בשטחים הלא-מיוערים בנטיעות של מערכת אזור המעבר היא כ-30 גר' פחמן למ"ר בשנה, ועל-פי הנחה זו השטחים הלא-מיוערים של מערכת אזור המעבר לוכדים 7,860 טון פחמן בשנה (טבלה 8).

קרומי-הקרקע הביולוגיים שהתפתחו על החולות באזור ניצנה לוכדים 0.09 גר' פחמן למ"ר בשנה בלבד (Zaady et al., 2000). לצורך ההערכה השתמשנו בערך זה (ועיגלנו אותו ל-0.1) לגבי כלל השטח של המדבר הצחיח. נתונים על קצב לכידת הפחמן באזור הצחיח הקיצון אינם בנמצא, אך על סמך המגמות המתוארות לעיל (איור 7) ולאור כיסוי הצומח הנמוך באזור זה, סביר להניח כי קצב לכידת הפחמן באזור הצחיח הקיצון נמוך עוד יותר, ולצורך החישוב אנו מניחים כי הוא עומד על 0.03 גר' פחמן למ"ר בשנה. על סמך נתונים אלה הקרומים הביולוגיים במערכת המדבר הצחיח לוכדים 436 טון פחמן בשנה ובמערכת המדבר הצחיח הקיצון 194 טון פחמן בשנה (טבלה 9).

לסיכום, המערכות המדבריות לוכדות כ-70,000 טון פחמן בשנה, בעיקר הודות לתרומתם של העצים (טבלה 9). יש לציין שהערכה כוללת זו היא הערכת חסר, מכיוון שהיא מבוססת על הערכות חסר (כמתואר לעיל), מכיוון שבמערכת אזור המעבר החישוב אינו כולל עצים שאינם נטועים, ומכיוון שבמערכות המדבר הצחיח והצחיח הקיצון החישוב אינו כולל צמחים שאינם עצי שיטה. לפי הערכות עדכניות סך לכידת הפחמן על-ידי כלל יערות ישראל היא 135,000 טון פחמן בשנה (Israel Ministry of Environmental Protection, 2015), כך שתרומתן של המערכות המדבריות אינה

קטנה ביחס לכלל המדינה, ואף כי מרבית לכידת הפחמן במערכות המדבריות מתרחשת ביערות הנטועים בשיטחיהן (טבלה 9), גם חלקם של מערכות ללא עצי שיטים ויערות נטועים (8,490 טון פחמן בשנה) הוא בעל חשיבות ברמה הלאומית. עם זאת, ככלל, תרומתה של ישראל למיתון ההתחממות הגלובלית באמצעות לכידת פחמן קטנה ביותר (Tal & Gordon, 2010; Israel Ministry of Environmental Protection, 2015).

איור 7: קצב קיבוע פחמן ביחידות נוף שונות במערכות המדבריות.



טבלה 9: הערכת סך לכידת הפחמן (גרם למ"ר) במערכות האקולוגיות המדבריות (מערכות טבעיות ונטועות, ללא מערכות חקלאיות, עירוניות וכד').**

שימוש קרקע	מערכת אזור המעבר	מערכת המדבר הצחיח	מערכת המדבר הצחיח-קיצון
שטח (קמ"ר)			
המערכות האקולוגיות (למעט היערות הנטועים בהן)	262	4,361	6,447
יערות נטועים	264	*	*
קצב לכידת פחמן משוערים** (ג' למ"ר בשנה)			
לכידת פחמן על ידי שטחי המערכות ללא צומח מעוצה (בתות וקרומי קרקע ביולוגיים)	30	0.1	0.03
לכידת פחמן על ידי עצי שיטים ועצי יערות נטועים	230	*	*
סך לכידת פחמן שנתי (טון)			
בשטחי המערכות ללא עצי שיטים ויערות נטועים	7,860	436	194
עצי שיטים ויערות נטועים	60,720	*200	
סך-כולל (טון לשנה)	69,410		

* במערכות המדבר הצחיח והמדבר הצחיח הקיצון יחדיו. לכידת פחמן על-ידי עצים הוערכה במשותף, על בסיס הנחה של 50,000 עצי שיטה בוגרים וקצב לכידה ממוצע של 4 ק"ג פחמן לעץ בשנה.

** למקור הנתונים ראו טקסט.

2.2.5.2.2 תועלות ותרומתן לרווחת האדם

התועלת העיקרית של שרות וויסות האקלים הגלובלי באמצעות לכידת פחמן היא בהאטת תהליכי ההתחממות הגלובליים והשפעותיהם על האקלים (IPCC, 2014), ובפרט על העלייה בטמפרטורות והירידה בכמויות המשקעים המאפיינות אזורים רבים ובכללם את המערכות המדבריות (Kafle & Bruins, 2009). בהתאמה, ויסות האקלים הגלובלי יגרום לעליה בנוחות האקלימית, להפחתת נזקי-טבע ובשיפור יעילות שרותי האספקה, ובפרט שירות אספקת המזון של המערכות החקלאיות באזורים יבשניים שאינם מדבריים, כגון מערכת אזור המעבר בישראל. ללכידת הפחמן במערכות החקלאיות ובסביבתן הקרובה יש תועלת נוספת של הגדלת פוריות הקרקע שמביאה להגדלת ממדי האספקה של מרעית ושל גידולים חקלאיים במדבר. העלאת פוריות זו נובעת בעיקר מהגדלת תכולת החומר האורגני בקרקע, המשפר את יכולתה לאחוז מים (Safriel & Adeel, 2005).

מדינת ישראל תורמת יחסית מעט לפליטות גזי החממה העולמית (Tal & Gordon, 2010; Israel Ministry of Environmental Protection, 2015): לפיכך, התועלת משרות ויסות האקלים הגלובלי שמספקות המערכות המדבריות היא בעיקרה פוליטית; היא מסייעת להציב את ישראל כחברה פעילה בקהילה הבינלאומית שקיבלה מחויבות מוחשית בהקשר למיתון ההתחממות הגלובלית בספטמבר 2015, והיא גם עשויה לסייע למדינת ישראל לעמוד במחויבות ההתנדבותית למיתון פליטת גזי חממה שישראל קיבלה על עצמה (Israel Ministry of Environmental Protection, 2015).

2.2.5.3 מגמות

ככל שהקצב הגלובלי של פליטת גזי החממה אינו קטן, והוא אף צפוי לגדול (IPCC, 2014), הביקוש לשרות זה נשאר גבוה. באופן כללי ניתן לראות את המגמה של נטיעת היערות בישראל כבעלת השפעה חיובית על לכידת הפחמן והגדלת תרומתה של ישראל לוויסות האקלים הגלובלי, אף שהמחסור בנתונים היסטוריים על ממדי לכידת הפחמן בישראל ובמערכות המדבריות אינו מאפשר לכמת את ממדי התרומה הכוללת (Tal & Gordon, 2010; Israel Ministry of Environmental Protection, 2015). בנוסף לתרומתן של נטיעות היערות, ישנה חשיבות גם לשמירה על הבתות והקרומים הביולוגיים שבמערכות המדבריות. בנוסף יש חשיבות למאמצים לצמצם את סחיפת הקרקעות, שכן הקרקעות מהוות מאגר גדול של פחמן מקובע אשר עשוי להיחשף לחמצן החופשי שבאוויר ולפעילות של מפרקים שבהן, ולכן פחמן אצור זה עלול להשתחרר חזרה לאטמוספירה כפחמן דו-חמצני. קרקעות לס עמוקות בעמקי מערכת המדבר הצחיח מהוות את המצע העיקרי להתפתחות בתה מדברית וצומח חד שנתי; בדומה, גם להפחתת ניצול ביומסה מעוצה כחומר בערה תרומה חיובית לתהליכים אלה (ר' מידע על שירותים אלה בנפרד).

חרף הגידול בהיקף השטח המיוער בישראל, סך לכידת הפחמן על-ידי היערות בישראל נמצא במגמת ירידה מאז תחילת המאה ה-21 (Israel Ministry of Environmental Protection, 2015). אף שאין נתונים היסטוריים לגבי לכידת הפחמן במערכות המדבריות בעבר, סביר שתהליך זה לא פסח על מערכות אלה. בכל הנוגע ליערות הנטועים, סביר שההאטה בלכידת הפחמן קשורה לתהליך שינוי האקלים עצמו. ראשית, רצף הבצורות שפקדו את מערכת אזור המעבר

בשנים האחרונות הביאה לתמותה מוגברת של עצים מחטניים ביערות הקק"ל באזור (Dorman et al., 2015), שהם ספקי השירות העיקריים. עם זאת, עצים מתים אלה מוחלפים בנטיעות חדשות של עצי בוסתן (יצחק משה, סגן מנהל מחוז דרום בקק"ל, תקשורת אישית). שנית, עומדי יערות ותיקים מגיעים כעת לשלב הבגרות, ומכיוון שגזעיהם וענפיהם מפותחים די הצורך, כמויות הפחמן להן הם זקוקים פוחתות (הם עדיין זקוקים לפחמן לתפקודם השוטף ולתחזוקת הגזעים, אך פחות לבנייתם). מכיוון שרקמות אלה הן בעלות התכולה הגבוהה ביותר של ליגנין קשה-פירוק, לתהליך התבגרותם של היערות הנטועים עשויה להיות השפעה מהותית על הפחתת קצבי לכידת הפחמן (Kurz & Apps, 1999; Song & Woodcock, 2003), אף כי אין משמעות הדבר שיש להעדיף נטיעות חדשות על פני תחזוקת עומדים ותיקים (Luysaert et al., 2008). גם במערכות המדבר הצחיח והצחיח הקיצוני ישנה תמותה גוברת של עצי שיטה מאז תחילת המאה ה-21 (פרלברג וחוב', 2013), ואף שתרומתן של השיטים קטנה בהשוואה לאלה של היערות הנטועים (טבלה 9) לתמותה זו ישנה השפעה שלילית על ממדי לכידת הפחמן.

לעדויות אלה לירידה בסך לכידת הפחמן על-ידי עצים במערכות המדבריות משמעויות נוספות. ראשית, סביר כי לנטיעת מטעים תהיה תרומה חיובית לאספקת השירות. שנית, להתמרות של שטחים במערכות המדבריות לשטחי יער, או לשטחי מערכות חקלאיות ומערכות עירוניות-יישוביות) עשויות להיות השלכות על יכולתן של המערכות המדבריות לספק שירות זה בעתיד.

2.2.6. ויסות אקלים מקומי

2.2.6.1. כללי

2.2.6.1.1. מהות השרות

שרות ויסות האקלים המקומי מווסת את תחושת הנוחות האקלימית (נקראת גם "נוחות תרמית") של האדם המוגדרת (ASHRAE, 2004) כמצב נפשי בו האדם מרוצה מהסביבה התרמית שלו, בטווח הקרבה למקומו כאשר הוא נמצא מחוץ למבנה, בשטח הפתוח של המערכות המדבריות. ניתן לחזות את תחושת הנוחות של אותו אדם באמצעות שקלול ערכי טמפרטורת האוויר, טמפרטורת הקרינה, הלחות היחסית ומהירות הרוח שבמקום המצאו, שקלול שביטויי ביחידות של טמפרטורות צלסיוס.

את התוצאה ניתן לזהות כמביאה לתחושה של עומס חום (מ-24 מעלות והלאה), לתחושה של עומס קור (מ-18 מעלות ומטה) או לתחושה של נוחות אקלימית (19-23 מעלות), (כהן וחוב', 2007). גם אם רוב הביקוש של שרות ויסות האקלים המקומי המסופק על ידי המערכות המדבריות הוא למיתון עומס החום, טמפרטורות החורף במערכות אלה יוצרות גם ביקוש לוויסות עומס הקור. באשר לעומס החום, כימותו על ידי השרות המטאורולוגי מבוסס על ממוצע חשבוני של ערכי הטמפרטורה של האוויר ("טמפרטורה יבשה") וערך המיוחס ללחות היחסית ("טמפרטורה לחה"). תחום הנוחות לפי שיטה זו מושג כאשר מדד עומס החום אינו עולה על 22 מעלות צלזיוס (אתר השרות המטאורולוגי הישראלי).

2.2.6.1.2. מנגנון הפקת השרות

לאספקת שרות זה כמה מנגנונים המופעלים בעיקר באמצעות צומח מעוצה, עצים ושיחים של המערכות המדבריות. המנגנון הראשון והעיקרי הוא המבנה הפיסי של העץ וצורתו, אשר מספקים הצללה החוסמת חלק מהקרינה הישירה ובכך מקלה על תחושת עומס החום הקיצי של האדם ומקנהו. מבנה זה של העצים גם מעלה את טמפרטורות האוויר הקר של הבוקר שלפני עלות השחר, וגם את טמפרטורת אוויר הלילה הקר של החורף, כאשר החום שנקלט בקרקע במשך היום ונפלט בלילה או לפנות בוקר לאוויר אך נלכד תחת הצמרות (Potchter et al., 2012). בנוסף, גזע העץ וחופתו בולמים את רוחות החורף הקרות וכך מקלים על תחושת עומס הקור של האדם שבסביבת העצים. המנגנון השני הוא תהליך הדיות (טרנספירציה): הפחתת טמפרטורות הנובעת מהתאדות מים דרך פיוניות עלי הצמחים – מי קרקע הנספגים על ידי השורשים ומוסעים בגוף הצמח אל העלים כאשר הפיוניות נפערות לקליטת פחמן דו-חמצני אטמוספרי הנצרך בתהליך הפוטוסינתזה.

בנוסף לשני המנגנונים הללו, התכסית הצמחית מעורבת במנגנון ויסות אקלים מקומי נוסף עם פוטנציאל למיתון תועלת ההצללה וזאת כאשר התכסית קולטת חלק מקרינת השמש הפוגעת בה, אך בהתאם לתכונות ספציפיות שלה (כמו צפיפות העלווה מה שעשוי להתבטא בעוצמת הצבע הכולל ובממדי הכהות שלו) היא מחזירה חלק מהקרינה שפגעה בה לשכבות העליונות של האטמוספירה ולחלל (החזרה הנקראת אלבדו); הקרינה הנקלטת על-ידי רכיבי התכסית הצמחית (או בשטחים אחרים בעלי אלבדו גבוה) מומרת לחום המעלה את טמפרטורת האוויר. לדוגמה, אלבדו של קרקע ללא תכסית

צמחית (כדיונת חול) מגיע לכדי 40% מהקרינה שפגעה בה (Tetzlaff, 1983) לעומת אלבדו של תכסית צמחית עשבונית או יער אורנים שנע בין 8% - 25% לאחוזים, בהתאמה (Betts & Ball, 1997; Markvart & Castañer, 2003). כלומר יער אורנים קולט יותר קרינה בהשוואה לתכסית צמחית עשבונית, ותכסית עשבונית קולטת יותר קרינה בהשוואה לקרקע ללא תכסית צמחית. לכן, יער אורנים מחמם את האוויר שבסביבתו יותר מתכסית עשבונית ותכסית עשבונית מחממת את האוויר שבסביבתה יותר מקרקע חולית חשופה. שאר הקרינה (דהיינו, 60% מהקרינה הפוגעת בקרקע החולית, 75% מהקרינה הפוגעת בתכסית עשבונית ו-92% מהקרינה הפוגעת ביער אורנים) מוחזרת לאטמוספירה העליונה ולחלל מבלי להיות מומרת לחום, ועל-כן אינה גורמת לעלייה בטמפרטורה. עם זאת, ממדי השפעת האלבדו של התכסית הצמחית של המערכות המדבריות ביחס להשפעת ההצללה שלה לא נמדדו ואף נמצאים במחלוקת (עודד פוצ'טר והדס סערוני, אוניברסיטת תל-אביב, תקשורת אישית).

2.2.6.2. מצב נוכחי

2.2.6.2.1 רכיבי המגוון הביולוגי המערבים בהפקת השרות

הצומח העצי הטבעי שעשוי להפיק את השרות כאשר יש לו ביקוש, כולל: במערכת אזור המעבר 205 קמ"ר יערות נטועים (44% מתוך 467 קמ"ר של שטח מערכת זו), במערכת המדבר הצחיח 59 קמ"ר יערות נטועים (1.4% מתוך 4,361 קמ"ר) וכן כ-1,400 עצי אלה אטלנטית גדולים, בעיקר בערוצי נחלים בגבהים של 700-1,000 מ' מעל גובה פני-הים ועצים אחרים (בעיקר אשל ושיטה) מחוץ לשטחים המיוערים (דנין, 1977); במערכת המדבר הצחיח-קיצון (6,447 קמ"ר) אין יערות נטועים אך צומחים בה כ-65,000 עצי שיטה (פרלברג וחוב', 2013). רבים ממינים אלה מגיעים בבגרות לחופות בקוטר של כ-3 מ' (אורנים ואיקליפטוסים ביערות הנטועים, עצי שיטה קטנים) ועד 5-8 מ' (עצי שיטה גדולים), והם ירוקי-עד ועל-כן מספקים צל לאורך כל השנה.

במערכות המדבריות קיימים גם עצים נטועים כולל מינים זרים למערכות אלה (כאורן ירושלים) ואף לישראל (כאקליפטוס המקור). יער האורנים הגדול ביותר, יער יתיר, נמצא במערכת אזור המעבר. ההערכה היא כי ביערות קק"ל שבמערכות המדבריות נטועים כ-4,600,000 עצים. חלק מהם הוא בשטחי ה"סאווניזציה", שם שניתן לשיטת ייעור של הקק"ל בה שינוי תוואי הקרקע באמצעות כלים כבדים מסדיר "קציר" נגר עילי המתחזק את העצים ומאפשר להם להתקיים במערכת מדברית זו. ביערות אלה נמצאים גם מיני עצים נוספים המסוגלים לספק את השרות (ביניהם שיטה, חרוב ואלה). יערות קטנים ניטעו גם בסמיכות ליישובים שבמערכת המדבר הצחיח.

בערוצים הגדולים בהר הנגב שבמערכת המדבר הצחיח, ניתן לראות עצי אלה אטלנטית בעלי חופה מפותחת היוצרת כתם צל רחב. אוכלוסיית האלות האטלנטיות היא יציבה ואולי אף גדלה, לאור העובדה שכיום מספר הפרטים הצעירים עולה על זה של הבוגרים (אבני ודנין, 2012).

במערכות המדבריות קיימים גם הלימנים, שנבנו ומתוחזקים על ידי הקק"ל. אלה משטחים בממדים של 2-5 דונם שנאגמו באמצעות סוללת עפר בגובה 1-2 מ' במורד של אגן ניקוז כך שהם מתפקדים כסכר וגם כמאגר המתמלא מי נגר עילי

בעונת הגשמים. המים הנאגרים חודרים לקרקע הלימן ומזינים את העצים (ומיני צמחי בר של המערכת הגדלים בלימן) גם במהלך העונה היבשה. הלימנים, מערכת אקולוגית שנבנתה ומנוהלת בידי אדם, נועדה להגביר אספקת שרות וויסות האקלים המקומי, ורובם בקרבת דרכי תנועה מוטורית ראשיות. במערכות המדבריות כ-420 לימנים - כ-80 במערכת אזור המעבר והשאר במערכת המדבר הצחיח (איור 8). אף שמרבית הלימנים ניטעו בסמוך לדרכים ראשיות, כ-10% מהלימנים, בעיקר אלה שניטעו מאז שנת 1991, ניטעו גם בסמוך לדרכים משניות או לאורך ערוצי נחלים. בלימנים ניטעו מגוון רחב של מיני עצים, כאשר העיקריים שבהם הם מיני אקליפטוס וכן אשל הפרקים (ברנשטיין, 2010). לימנים אלו משנים בצורה מהותית את המגוון הביולוגי בעיקר באזור הצחיח: בתוך הלימנים יש מגוון נמוך יותר של צמחים חד-שנתיים ושל מיני עקרבים (שוחט וחובריו, 2016), ולעומת זאת הלימנים מושכים אליהם פרטים רבים של מיני ציפורים כגון דרור ספרדי, תפוחית, ומיני תורים ועורבים (שוחט וחובריו, 2016). שרות הוויסות מסופק גם במערכת מנוהלת נוספת, מעין מערכת חקלאית - מעל ל-100 עצי-פרי בבוסתנים שניטעו על ידי אנשי המגזר הבדואי וכוללים עצי זית, תמר, רימון, תאנה, שקד, חרוב, אלת בוטנה וחושחש. ברוב הבוסתנים העצים אינם מתוחזקים ותמותתם גוברת אך ישנם עדיין עצים חיים היכולים לשמר את תפקודו של הבוסתן כמערכת חקלאית (אשכנזי, 2014). רוב הבוסתנים הללו נמצאים במערכת המדבר הצחיח, חלקם גם באזור בקעת באר-שבע שבמערכת אזור המעבר (אך מלבד הר הנגב, חסר תיעוד מלא של מיקומם ומצבם).

2.2.6.2.2. ממדי הפקת השרות

המידע הכמותי על ויסות טמפרטורת הסביבה הקרובה על ידי עצים שבמערכות המדבריות בדרך כלל נקודתי ומועט, אך מספק סדרי גודל לממדי הפקת השרות. רובו של מידע זה מבוסס על מדידת טמפרטורות האוויר בלבד וביטויין במעלות צלסיוס. הטמפרטורה תחת אשלים ותמרים בודדים, בתוך ובסביבות יישוב (עין יהב) במערכת הצחיח-קיצון בצהרי קיץ נמוכה במעלה אחת מ- 21.5°C שבשטח הפתוח שמחוץ ליישוב, ובשעות הבוקר המוקדמות שלפני עלות השחר גבוהה במעלה אחת ובשתי מעלות, בהתאמה, מ- 7.0°C שבשטח הפתוח באותו יישוב (Potchter et al., 2008). הטמפרטורה של הקרקע בסמוך לעצי שיטה בודדים במעבר ממערכת המדבר הצחיח למדבר הצחיח-קיצון (נחל צין) בצהרי הסתיו הייתה נמוכה ב-10 עד 15 מעלות, מ- 40°C ששררו בשטח הסמוך החשוף מעצים (Kotzen, 2003). בדומה, עצי שיטה ובאובב של הסוואנה בבקעת השבר הסורי-אפריקאי שבקניה, הדומה במידה רבה לערבה (מערכת המדבר הצחיח-קיצון) מפחיתים את טמפרטורות הקיץ תחת חופתם בטווח של 5-21 מעלות (Belsky et al., 1993). הקרינה שנמדדה תחת עצי אורן וינבוט בלימנים בצפון הנגב היתה נמוכה באופן משמעותי בהשוואה לשטח החשוף (מושליון, 2008). למרות שהטמפרטורה תחת העצים היתה נמוכה ב-0.7-1.5 מעלות בלבד, עומס החום שם היה נמוך בדרגה אחת לעומת השטח החשוף.

לעומת עצים בודדים, ממוצע הטמפרטורות ה"עור" (שאיננה טמפרטורת האוויר, אלא היא שילוב טמפרטורת הקרקע והעלים) של כל עונות השנה ביער יתיר (מערכת אזור המעבר) הייתה נמוכה ב-5 מעלות מ-24 מעלות שהן ממוצע טמפרטורת הבתה שליד היער המוקרנת מהקרקע והעלווה לאוויר ומחממת אותו (Rotenberg & Yakir, 2010).

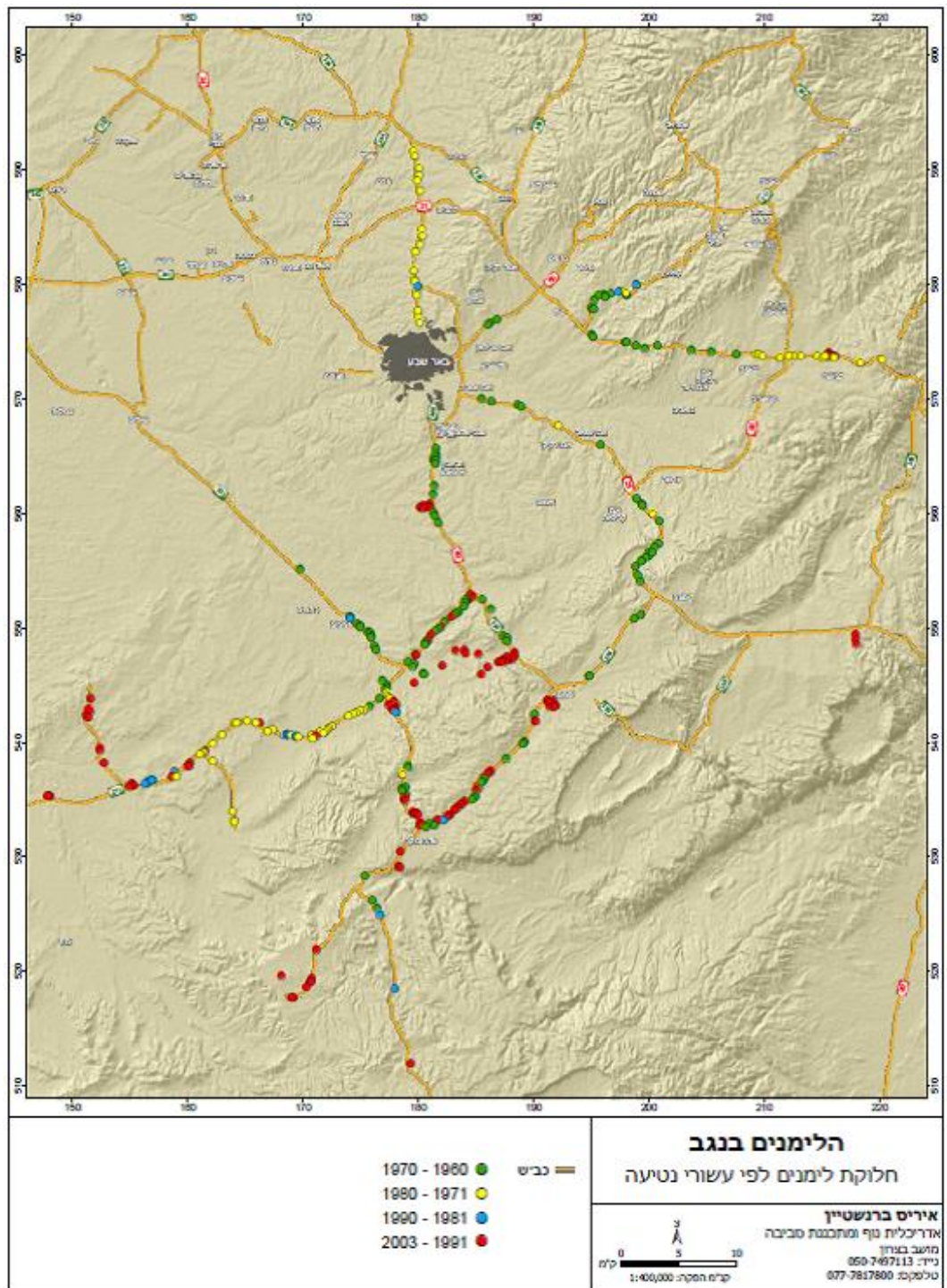
מאידך, העצים מעלים את הלחות היחסית של האוויר עד ל-10% (Rotenberg & Yakir, 2010), המגבירה את עומס החום, אך לרוב השפעתה קטנה בהשוואה לקירור האוויר. עצי האורן של יער יתיר גם מפחיתים את האלבדו של הקרקע בכ-90%, מ-0.21 ל-0.11 (כאשר סקלת האלבדו היא 1-10) ובכך מעלים את החום המוחשי סמוך לפני-הקרקע, אך אין מידע לגבי השפעה זו של ההתחממות על ההשפעה המקררת של ההצללה והדיות (Rotenberg & Yakir, 2010, 2011).

2.2.6.2.3 תועלות ומשתמשים

שיפור תנאי האקלים תחת העצים מגביר את הנוחות האקלימית לאדם הנמצא בשטחי המערכות המדבריות שמחוץ לביתו, הן הנוחות הפיזית והן הנפשית (Becker et al., 2003; Cohen et al., 2012). לפיכך הנהנים מהשרות הם אנשי צבא, חקלאים, מבצעי עבודות תשתית, רועים ומטיילים, המחפשים מסתור זמני מהאקלים המדברי לו הם נחשפים. לכך תורמים רבות הלימנים, המשמשים יחידות צבא, וגם רועים ומקנב, הנהנים לא רק משרות וויסות האקלים אלא גם מוויסות המים בידי האדם שמעשיר את לחות הקרקע בלימן וכך מגביר את שרות אספקת המרעית של הלימן, בהשוואה לזו של שטחי מהערכת שמחוץ ללימן. הגברת הנוחות האקלימית המסופקת על ידי חורשות ואף עצים בודדים עשויה לעודד אנשים לפעילויות נופש, פנאי וספורט במערכות המדבריות, מה שתורם גם לרכיב הבריאותי וגם לרכיב החברתי של רווחת האדם. לסיכום, אף כי אין נתונים כמותיים על מספר האנשים המשתמשים בתועלת זו של שרות ויסות האקלים המקומי, היצע השרות זמין לכל אדם הנמצא מחוץ למבנה או כלי-רכב ובמרחק סביר מצומח עצי שברחבי המערכות המדבריות. לשרות וויסות זה גם תועלת עקיפה לאדם, וזאת באמצעות התועלות שוויסות האקלים המקומי מעניק ביוצרו אתרי-מקלט התומכים ברכיבים שונים של המגוון הביולוגי - מיני צמחים ובעלי-חיים שחוסים בצלו של העץ ונהנים מתנאי האקלים המשופרים תחתיו (תופעה שבולטת בעיקר במהלך בצורות, Holmgren et al., 2011), מה שגם מקדם את אספקת השירותים שבהפקתם מינים אלה מעורבים.

איור 8: פיזור הלימנים במערכת המדבר הצחיח על פי גיל הלימנים. (לימנים שניטעו בשנים 1960-1970 מסומנים בצבע ירוק, בשנים 1971-1980 בצבע צהוב, בשנים 1981-1990 בצבע כחול, ובשנים 1991-2003 בצבע אדום. הקווים הצהובים מייצגים את הדרכים הסלולות באזור). ניתן לראות את מגמות התרחבות השטחים בהם ניטעו לימנים לאורך השנים, וכן את נטיעות הלימנים שלא בסמוך

לדרכים ראשיות בשנים 1991-2003. (מתוך ברנשטיין, 2011).



עם קום המדינה היצע השרות באמצעות המגוון הביולוגי הטבעי של המערכות המדבריות היה גבוה, אם כי ייתכן שהאוכלוסייה

הבדואית השתמשה בצומח מעוצה להפקת חומר בעירה, אבל גם יצרה את מרב הביקוש לשרות. אך במהלך העשורים הראשונים של המדינה, עם הזרת הבדואים מרוב שטח מערכת הצחיח-קיצון ותהליך יישוב הבדואים בשאר המערכות, ועמו צמצום המתפרנסים מהמקנה הניזון ממרעית המערכות המדבריות, ביקוש המגזר הבדואי לשרות היה במגמת ירידה. האוכלוסייה היהודית שבמערכות (למעט אוכלוסיית הערים) הייתה במגמת גידול, אך יחסית לא הייתה גדולה ולכן גם ממדי הביקוש שלה לשרות היו קטנים. זאת בעוד שההיצע הכולל של השרות במערכות המדבריות גדל עם הקטנת ממדי הכריתה והרעייה בעקבות השינויים החברתיים, התרבותיים והכלכליים של המגזר הבדואי. במקביל, שטחים נרחבים של המערכות קיבלו מעמד של שמורות טבע, מה שהביא להגברת מאמצי הרשויות בשמירה על הצומח בכלל והעצים בפרט.

עצי אלה אטלנטית במערכת המדבר הצחיח ומיני השיטים בצחיח הקיצון, מספקים צל לאוכלוסיית המטיילים, אשר נמצאת בעלייה מתמדת במערכות המדבריות (ראו פרק בהמשך). היצע השרות עלה בקפיצת מדרגה במערכת אזור המעבר, כאשר החל להיות מסופק לא על ידי הצומח המדברי אלא על ידי ייעור הקק"ל. נטיעות יער יתיר החלו בשנת 1964, אז ניטעו בו בעיקר עצים מחטניים ועצי אקליפטוס, ומאז שנות ה-90 עובדי הקק"ל עסוקים בעיקר בתחזוקת יער זה ובנטיעות של עצים רחבי-עלים במקומם (איור 9). במקביל בוצעו פרויקטי ייעור נוספים במערכות המדבריות. פרויקטי ה"סוואניזציה" של הקק"ל החלו בשנת 1987 ושטחם הכולל גדל בהתמדה. גם במערכת המדבר הצחיח גדל ההיצע עקב הקמת הלימנים שהחלה בראשית שנות ה-60. בשנים 1960-1970 ניטעו כ-120 לימנים, בעיקר במערכת המדבר הצחיח, בעשור שאחריו כ-120 לימנים נוספים בחלוקה שווה בין מערכת אזור המעבר למערכת המדבר הצחיח, בשנים 1981-1990 רק כ-20 לימנים, ובשנים 1991-2003 כ-150 לימנים, בעיקר במערכת המדבר הצחיח ולראשונה גם שלא בסמוך לדרכים ראשיות (איור 9). מאז שהחלו פעולות הייעור ופיתוח הלימנים חלה עלייה באוכלוסייה היהודית בנגב, וגם ממדי התיירות לנגב. וכך, גם הביקוש וגם ההיצע היו במגמת עלייה. אולם, במקביל למגמה זו, ולמגמת הירידה בשימוש בשרות על ידי המגזר הבדואי, בוסתני הבדואים ננטשו במרוצת אותן שנים ובמקביל גם השימוש בשרות הוויסות שלהם נמוג.

לכן, במרוצת המחצית השנייה של המאה ה-20 השתנו ממדי אספקת היצע השרות, כאשר תרומתם של עצים נטועים ביערות ולימנים גברה בהדרגה על זו של עצים בודדים ובוסתנים. עם זאת, עקב עלייה בתדירות הבצורות בראשית המאה ה-21, התגברה תמותת העצים (ובפרט העצים המחטניים) ביערות הקק"ל שבמערכות המדבריות (Dorman et al., 2015) ועצי השיטה בערבה (פרלברג וחוב', 2013). תגובת הקק"ל על תמותת עצי יערותיה הייתה על-ידי נטיעות חדשות של עצים רחבי-עלים, כגון שיטה, אלה וחרוב, במקום העצים המחטניים והאקליפטוסים ששלטו ביערותיה בעבר, ועל-כן אף שהיקף הנטיעות בשנים אלה פחת בכלל, פחיתה זו נובעת בעיקר מפחיתה בשתילת עצים מחטניים (איור 9).

לתהליכים אלה משמעות מבחינת ממדי אספקת השירות, שכן מצד אחד קטן קצב נטיעת העצים בכלל, המהווים ספקים של השירות, אך מאידך עצים מחטניים בעלי חופות קטנות ודלות יחסית מוחלפים בעצים רחבי-עלים שביכולתם לספק צל רב יותר. בנוסף, עצים בודדים או עצים בלימנים נעשו חשופים יותר לפגיעה עקב עקירה או בהקשר לפעילויות פיתוח מוסדיים או פרטיים בסביבתם (ברנשטיין, 2010). ההשפעות של מגמות אלה על היצע השרות לא כומתו, אך הצמצום בכמות ובשטח הנתפס על ידי העצים אמור להקטין את היצע השרות.

לעומת זאת היצע הביקוש נמצא במגמת עלייה: האוכלוסייה היהודית גדלה, התיירות הפנימית התעצמה, גם הפעילות הצבאית גדלה. כך גם גדלה אוכלוסיית המגזר הבדואי ונכרת גם חזרה פה ושם, לפרנסה הפסטורלית, לפחות בחלקה, ועדרים עם רועים, שכנראה משתמשים בשרות הוויסות, נראים יותר מבעבר. לפיכך גם אם אין נתונים, נראה שהביקוש לשרות עלה במהלך העשורים האחרונים.

2.2.6.4 גורמים מחוללי שינוי

שינויים בהיצע נגרמו בעיקר על ידי שינוי אקלימי (תדירות בצורות) ועל ידי כריתה כעץ בעירה ולעיתים גם לגדרות וכד'. גורמים להגדלת ההיצע הם הפסקת הכריתה ופעילות הייעור, שממדיהם מושפעים מהגורמים העקיפים- שינויים במדיניות הייעור של הקק"ל, שינויים חברתיים, תרבותיים וכלכליים המתייחסים למגזר הבדואי. שינויים בביקוש תלויים בעיקר בגורמים העקיפים- מדיניים בהקשר למגזר הבדואי, מדיניות הייעור של קק"ל, ומדיניות אכלוס הנגב במתיישבים ובשימושי צה"ל.

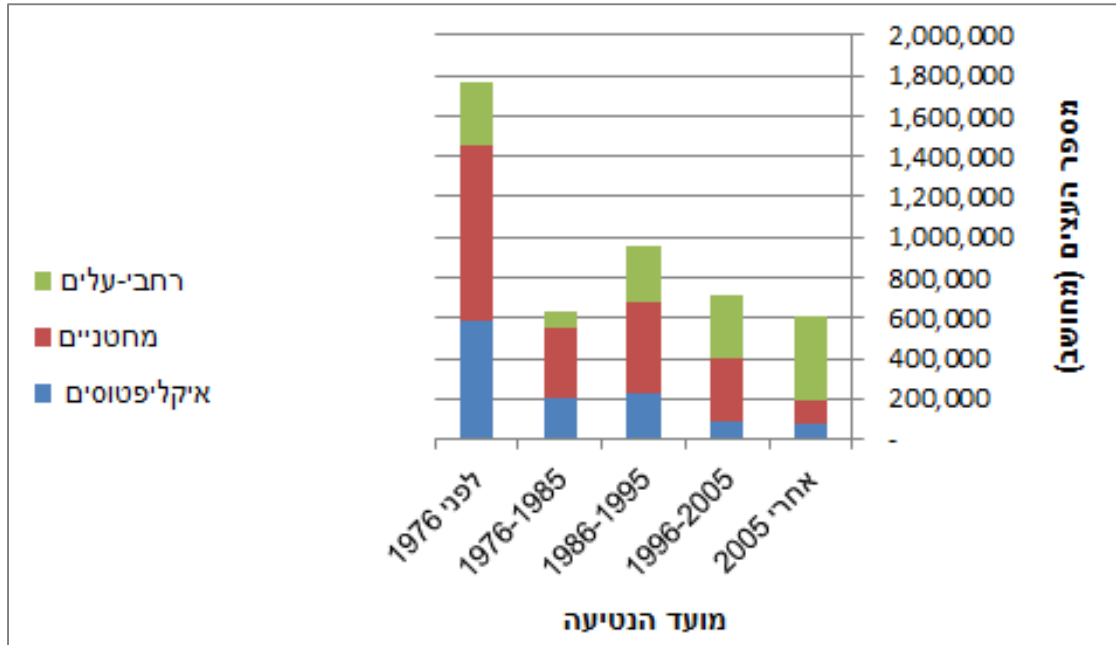
2.2.6.5 מגמות והשלכות עתידיות

מגמות ההיצע והביקוש לשרות אינן חופפות ובהעדר נתונים כמותיים קשה לזהותן. לדוגמא: הקטנת ממדי רעיית המקנה הבדואי אמורה הייתה להביא למגמת ירידה בשימוש המגזר הבדואי בשרות ויסות האקלים המקומי, אך באותו זמן העלייה בתיירות הפנים לנגב עלתה, מה שאמור היה להביא ביקוש למגמת עלייה. אולם, היות ולא ידועים מספרי הרועים הבדואים ומספרי התיירים שהשתמשו בשרות, לא ניתן לתכלל את המגמה ולזהותה כמגמה בירידה או בעליה, או לזהות העדר מגמה. בהתייחס להיצע, היות והייעור מהווה רכיב בעל משקל בהיצע השרות והוא במגמת עלייה, וגם מצבם של עצי הבר בעשורים האחרונים אינו ידוע כנמצא בסיכון, אזי גם בהעדר נתונים ניתן להציע שהיצע השרות נמצא במגמת עלייה מתונה.

ניתן להניח כי מגמת עלייה בהיצע תמשיך להתקיים בעתיד הקרוב, שכן קק"ל עדיין לא מימשה את נטיעת כל היערות בנגב בשטחים המיועדים לייעור לפי תכנית המתאר לייעור (תמ"א 22). אך גם זו עשויה להתמתן לאור התנגדות מצד הציבור ומצד אנשי מדע לשינויים בכת-גידול טבעיים הנגרמת על-ידי התרחבות הנטיעות (הבלנה, 2005). מגמת עלייה בביקוש עשויה להימשך, עם השלמת ההעברה של צה"ל לנגב. מימושן של תוכניות שונות ל"פיתוח הנגב" עשוי להקטין את היצע השרות (צמצום אפשרי בצומח המעוצה הטבעי), והשלכותיהן של אלה על הביקוש קשות לחיזוי. במקביל, ירידה מתמשכת בכמות המשקעים בשל שינויי אקלים וכן חוסר טיפול בבוסתנים בדואים בשל חוסר גישה של הבעלים

אליהם, צפויים להקטין את היצע השירות.

איור 9: הערכת מספר העצים במחוז הדרום של הקק"ל (הכולל את כלל המערכות המדבריות) בשנת 2015, לפי מועד נטיעתם (גיל סיאקי, מדור מידע יערני במחוז הדרום של קק"ל, תקשורת אישית). סה"כ מספר העצים הנטועים הוא סכום כל העמודות – כ-4.6 מיליון עצים.



2.3. שירותי תרבות

2.3.1. שירותי תרבות: תיירות, פנאי וספורט

2.3.1.1. כללי

2.3.1.1.1. מהות השרות ומנגנון הפקתו

בני אדם מפיקים הנאה משהות ופעילויות נופש ופנאי במערכות המדבריות של ישראל הכוללות סיורים ברגל וברכבי שטח, פעילות ספורטיבית, תיירות לומדת ועוד. המגוון הגאולוגי והגיאומורפולוגי של המערכות המדבריות הנחשף לעין משום דלילותה של התכסית הצמחית במדבר, מהווה רכיב מרכזי בעיצוב הנוף ההררי המחורץ בנחלים וקניונים של המערכות המדבריות. המגוון הגיאולוגי מספק גם מגוון של בתי גידול שהשפעת האדם עליהם קטנה יחסית וזאת משום דלילותה של אוכלוסיית האדם במדבר. בתי גידול אלה תומכים במגוון ביולוגי עשיר יחסית במיני בעלי חיים, אך לרובם אוכלוסיות יחסית קטנות. אלו מספקות למטייל מפגש עם פרטים בודדים או קבוצות קטנות של פרטים ממינים רבים, מה שמעצים את חוויית השיטוט והטיול במערכות המדבריות.

2.3.1.2. מצב נוכחי

2.3.1.2.1. רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השרות

מהיות המים גורם מגביל של ממדי המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות, כל שינוי במסלע, בטופוגרפיה וברום מעל הים, מהווה גורם המווסת את כמויות המים המסופקות למערכת ולכן מזמן מפגש עם רכיבי צומח שונים שלעיתים חבורים לכל אחד מהם מיני בעלי חיים משלו. מטיילים בשטחי המערכות המדבריות יכולים להתנסות בפגישה לאורכו של מסלול הליכה קצר יחסית, עם מאסף מינים, בעיקר צמחים, שחלקם מאפיינים את מדבריות הסהרה והמזרח התיכון כמו למשל גולנית ערבית ואזוביון מדברי, וחלקם האחר, הכולל מיני שיטה שונים, עציון (פרקרק) פרסי, שיזף מצוי, זקום מצרי, מורינגה רותמית וסלודורה פרסית המאפיינים את האזורים הטרופיים של אפריקה. זאת במידה ומסלול ההליכה כולל ערוצים האוספים מי נגר מאגני ניקוז נרחבים או כולל מפגש עם מעיינות פעילים. כאשר המסלול עובר במדבריות הסלעים של הר הנגב אפשר לפגוש גם את לענת המדבר, האלה האטלנטית, עוזרר קוצני ושקד קטן-עלים המאפיינים את האזורים הערבתיים של המזרח הקרוב. בין הערוצים הסלעיים של מערכת המדבר הצחיח ומערכת אזור המעבר יהיו גם כאלה שמאפיינים את ארצות אגן הים-התיכון, כמו למשל אזוב מצוי ומרוזה ריחנית (ויזל, פולק וכהן, 1977). המטייל עשוי להתנסות בפגישות בדרכו גם עם מיני בעלי חיים: יונקים גדולים דוגמת זאבים, שועלים, יעלים, וצבאים; זוחלים כמו חרדוני צב; מכרסמים כפסמון; ומינים רבים של חרקים וציפורים. המפגשים עם כל אלה עושים את המערכות המדבריות לאטרקטיביות הן למקומיים והן לתיירים, ומעוררים אצלם השראה לביצוע מגוון רחב של פעולות תרבותיות התורמות לחיזוק הקשר בין האדם לטבע המדברי (ראה שרותי התרבות של ההתנסויות הפסיביות).

2.3.1.2.2. ממדי הפקת השרות

על פי נתוני עמותת התיירות הר הנגב, סה"כ השימוש השנתי באתרי התיירות בשטחי המועצה האזורית רמת נגב (שבמערכת המדבר הצחיח) עומד על כ-1.5 מיליון מבקרים בשנה. הביקור במערכות האקולוגיות המדבריות חושף את המטייל לחוויה המורכבת משילוב בין צומח וחי, אתרי מורשת, נופים ואתגרים פיזיים. בחלק מהאתרים ישנה עדיפות לאחד מהמרכיבים האלו (לדוגמה: ביקור באתר מצדה כאתר מורשת, במכתשים כאתרי גאולוגיה או במצוק ההעתקים כאתרי גלישת מצוקים). אולם, אין עדיין המידע שבאמצעותו ניתן יהיה להפריד את החוויה לחלקיה ולזהות ולכמת את פלח המבקרים שהמניע המועדף לביקורם הוא ההנאה מההתנסות של מפגש עם תפקודיו של המדבר כמערכת אקולוגית המספקת את שרות התרבות של תיירות ושימושי פנאי אחרים.

אולם, ניתן להעריך שהאנשים המבקרים בשמורות טבע שבמערכות המדבריות, או אף הצועדים בחלקו המדברי של שביל ישראל, מייצגים ביקוש לשרות התרבות אשר תועלותיו מופקות באמצעות ההתנסות האקטיבית של טיול או כל פעילות פיזית אחרת שמהותה מפגש עם המערכות האקולוגיות המדבריות. דוגמאות לכך (טבלה 10): כ-300 אלף המשתתפים באירועי "דרום אדום" בשנת 2015 בנגב המערבי, שבמערכת אזור המעבר, הנסובים סביב פריחת הכלניות בחודש פברואר (פיאלקו, ממונה על קהל וקהילה במחוז דרום של רשות הטבע והגנים, תקשורת אישית); המבקרים במוקדי פריחה ביערות קק"ל שבמערכות אזור המעבר והמדבר הצחיח; ואחרים הבאים לחזות בפריחת שמשון השלחופיות ופרחים של מינים אנדמיים באזור בורות לון שבמערכת המדבר הצחיח.

פקחי רשות שמורות הטבע והגנים (רט"ג) ומדריכים המוצבים בעמדות מידע, מנהלים מעקב אחרי מספר המבקרים בשמורות הטבע הפתוחות (שאינן גובות דמי כניסה). המעקב מתבצע בחגים ובמועדי שיא באמצעות תצפית וספירת הרכבים הנכנסים לשטחי שמורות הטבע במערכות המדבריות. כמו כן אוספת רט"ג נתונים על קבוצות מטיילים דרך קשר רציף עם פקח משרד החינוך ועם חדר תיאום טיולים. לפיכך ניתן לראות כמייצגים אומדנים של הפקת שרות תרבות זה של המערכות המדבריות: את 22 האלף ו-27 האלף המבקרים בחניון אשכול ואתרי נחל הבשור שבמערכת אזור המעבר בשנים 2012 ו-2014, בהתאמה (תקשורת אישית עם עובדי רט"ג וקק"ל); את 1,204,250 המבקרים בשנת 2013 בהר הנגב וחולות עגור שבמערכת המדבר הצחיח (רט"ג 2013), ואת 1,046,360 איש, המספר המצטבר של מבקרים באתרים שבמערכת המדבר הצחיח - מישור ימין, מעלה עקרב, ערבה התיכונה, חי-בר יוטבתה, שמורת עין גדי ושאר שמורות הטבע באגן ים המלח (רט"ג 2013). מדובר אפוא במספרים משמעותיים המבטאים את השימוש בפועל בשרות תרבות זה, של 2,250,610 איש (רט"ג 2013) שהוא גבוה פי שלש מאוכלוסיית כל היישובים המוטבעים במערכות אלה (664,400 איש, למ"ס, נפת באר שבע).

טבלה 10: מספר המבקרים באתרי תירות טבע ומורשת מרכזיים במערכות המדבריות*.

אתר / אירוע	מערכת	שנה	מספר מבקרים	מקור
חניון אשכול	אזור המעבר	2012	22,000	קק"ל (תקשורת אישית)
דרום אדום		2015	300,000	רט"ג (תקשורת אישית)
אתרי נחל בשור		2014	27,000	רט"ג (תקשורת אישית)
הר הנגב + חולות עגור	צחיה	2013	1,204,250	דו"ח רט"ג
מרכז מבקרים רמון		2014	101,958	דו"ח רט"ג
חניון בארות		2013	20,334	דו"ח רט"ג
מישור ימין + מעלה עקרבים	צחיה קיצון	2013	41,159	דו"ח רט"ג
חי בר יוטבתה	צחיה קיצון	2014	40,000	דו"ח רט"ג
סה"כ מבקרים בערבה תיכונה		2014	16,360	דו"ח רט"ג
עין גדי		2014	490,000	דו"ח רט"ג

* האופן בו כומתו מספרי המבקרים באתרים, בשמורות ובאזורים שבהם לא נגבים דמי כניסה לא פורט בדו"ח רט"ג.

משירות התרבות של התיירות והנופש מופקת תועלת כלכלית לתושבי המערכות המדבריות. ברבים מהישובים במערכות אלה נפתחו בשנים האחרונות מקומות לינה המאפשרים למבקרים להאריך את שהותם באזור ומהווים מקור הכנסה לתושבים. מרבית אתרי האירוח נפתחו מראשית שנות התשעים ואילך ופתיחתם עשויה להצביע על מגמת עליה בשימוש בשירותי התרבות של המערכות המדבריות. בטבלה 11 ריכוז נתונים על חדרי אירוח במערכת המדבר הצחיה, כדוגמה למגמה זו. הנתונים (מעודכנים לשנת 2015) נאספו באמצעות סקר בין מפעילים מסוגים שונים ואף שאינם מקיפים את כל חדרי האירוח במערכת זו, הם מרשימים: כ- 250 חדרי צימר המופעלים על ידי התושבים מכניסים לבעליהם 70-100 אלפי שקלים בשנה. הלינה בחנים המדבריים, באכסניות ובמלונות מכניסה לדוגמא, מעל 90 מיליון ש"ח בשנה.

טבלה 11: מספר חדרי אירוח במערכת המדבר הצחיה בשנת 2015*.

סוג אירוח	מספר חדרים	אתרים	הכנסה שנתית
אכסניות וכפרי נופש	716	ניצנה, בית ספר שדה, בית המבורג, כפר נופש משאבים, חניון בארות, חאן השיירות, אנ"א - מצפה רמון וערד, ממשית, green backpackers	כ- 77 מיליון ש"ח * (מחיר לינה 360)
צימרים	85	רמת נגב	70-100 אלף שקל לצימר
	37	מצפה רמון	
	113	ערד	
	11	ירוחם	
	511	מצפה רמון - בראשית, פונדק רמון, נוף רמון, ערד- מרגוע, יהלים, ענבר. ירוחם - אירוס ירוחם	
מלונות			
חאנים מדבריים	5000	מספר מקומות לינה - מוערך	כ- 18 מיליון ש"ח (מחיר לינה 120-60 לילה)

* חישוב ההכנסה השנתית נעשה על ידי הכפלת מספר החדרים במחיר לינה ללילה וב- 300 לילות בשנה - חישוב שמרני כיוון שרוב החדרים מכילים מספר מיטות וכן עשויים להיות מאוכלסים יותר מ- 300 לילות בשנה.

2.3.1.2.3. תועלות השרות ותרומתן לרווחת האדם

לשרות זה תועלות כלכליות שאותן ניתן להעריך בעלויות הביקורים במערכות המדבריות. בשנת 2014 קצת פחות מחצי מיליון מבקרים בשמורת עין גדי שילמו 5.5 מיליון ש"ח לרטי"ג. סכום זה הוא תרומה לשמירת הטבע (וגם לשמירת אתרי מורשת) ע"י רטי"ג. ניתן להשוות נתון זה להכנסה של 20 מיליון ש"ח מביקור של קצת למעלה מחצי מיליון מבקרים באתר מורשת סמוך, מצדה. סביר שחלק גדול מהמבקרים במצדה הם תיירי חוץ, שהמניע לביקורם הוא המורשת, בעוד שרוב המבקרים בשמורת עין גדי הם תיירי פנים, שהמניע של רובם לבקר במקום הוא השילוב של נוף המצוקים עם המגוון הביולוגי של נווה מדבר זה. תועלות כלכליות אחרות הן של מערכות האירוח הכפרי, האכסניות ובתי ספר שדה שבמועצה אזורית הר-הנגב (במערכת המדבר הצחיח). במקובץ, נגבו בשנת 2014 למעלה מחצי מיליון ש"ח מכ-1.5 מיליון מבקרים, אך לא ניתן להעריך את חלקה של תרומת שרות התרבות של המערכת האקולוגית בהכנסה זו.

את המערכות המדבריות חוצים מסלולי הליכה ומסלולי אופניים שהם בבחינת ההתנסות האקטיבית, לה תועלות פיזיות כמו גם לספורט כל שהוא, שתועלותיו בריאותיות. השימוש במסלולים אלה משלב את התועלת התיירותית עם התועלת הבריאותית. מסלולי האופנים במערכת אזור המעבר מצויים: באזור בארי, בנחל גרר (תחתון ועליון) ובאזור גבעות להב-גורל (חנן לבבי, פקח רטי"ג במחוז נגב מערבי, תקשורת אישית); במערכת המדבר הצחיח - סביב מצפה רמון וסביב ערד; במערכת המדבר הצחיח הקיצון, במכתש רמון - מספר מסלולים בציר צבעי הרמון; וכן מסלולים בתוך שמורות טבע ברחבי המערכות המדבריות (עברונה, תימנע, נחל יעלון, הר הנגב, מכתש רמון ועוד). מסלולי ההליכה במערכות המדבריות מסווגים לפי דרגות קושי שונות. אחד הפופולריים ביניהם הוא שביל ישראל, אשר לאורך חלקו שבמערכות המדבריות צועדים מאות מטיילים כל שנה (פער ידע בממדי השימוש בחלק המדברי של שביל ישראל). לרכיבה באופניים ולטיול הרגלי עשויה להיות גם תרומה חברתית כאשר פעילויות אלה נעשות בקבוצות: כמו בפרויקט "ערבה על גלגלים" המציע מסלולי רכיבת אופניים באורך כולל של 100 ק"מ ובדרגות קושי שונות, ובאתרים המציעים סדנאות רכיבה, אירוח לרוכבים ורכיבה קבוצתית מלווה בהדרכה.

2.3.1.2.4. המשתמשים בשרות

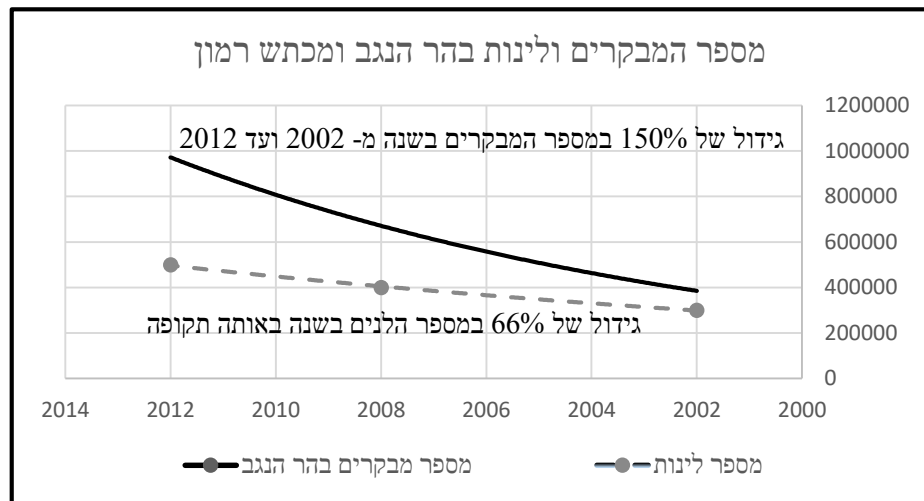
משתמשים ישירים בשרות באים כנראה מכל מגזרי החברה בישראל, אך אין מידע על הפילוח של משתמשים אלה לפי המניע לביקורם. לאלה נוספים תיירי החוץ, שגם לגביהם לא קיים פילוח לפי מניעי ביקור. משתמשים עקיפים בשרות הם המשרתים את המבקרים בהלנה, אירוח והדרכה. בחמשה מוקדי הדרכה בשטחי המערכות המדבריות פועלים 47 אנשים: המדריכים ג'יפאים, רכיבת אופניים ואף רכיבת גמלים וסוסים (הכנסה לראש לשנה היא 70,000-84,000 ש"ח); והמארחים, עם סך כולל של 1,473 חדרים (אכסניות, מלונות, כפרי נופש וחדרים מדבריים, במערכת המדבר הצחיח בלבד), כאשר מחירי הלינה ללילה נעים בין 60 ל-360 ש"ח ללילה. התפלגות 3,463,841 המבקרים בין שלשת המערכות המדבריות (טבלה 12) מראה שמספרם עולה עם העלייה ביובש של המערכות ועם המרחק ממרכז הארץ, אך לא נעשו בדיקות להשפעת מיקומם של אתרי מורשת ומצאי אמצעי האירוח על התפלגות זו.

טבלה 12: התפלגות מבקרים בין שלשת המערכות המדבריות (דו"ח רט"ג 2013).

מערכת המדבר הצחיח- קיצוץ	מערכת המדבר הצחיח	מערכת אזור המעבר	
41,739	18,436	32,538	חניוני לילה
1,372,229	210,214	165,078	אתרים מוסדרים (טבע, מורשת)
241,826	1,354,205	27,576	שטחים אחרים של המערכות
1,655,794	1,582,855	225,192	סה"כ מבקרים

איור 10 מדגים את מגמת העלייה, במהלך שני העשורים הראשונים של המאה הנוכחית, במספר המבקרים בהר הנגב ומכתש רמון שבמערכת המדבר הצחיח. אף כי אין מספיק נתונים, נראה שהמגמה דומה בשתי המערכות המדבריות האחרות. מגמה זו במספר הלינות מלמדת גם היא על עליה באטרקטיביות של האזור.

איור 10: הטיילות המדברית כמנוע צמיחה כלכלי במערכת המדבר הצחיח (מבוסס על לרמן תכנון עיר ואזור, 2014).



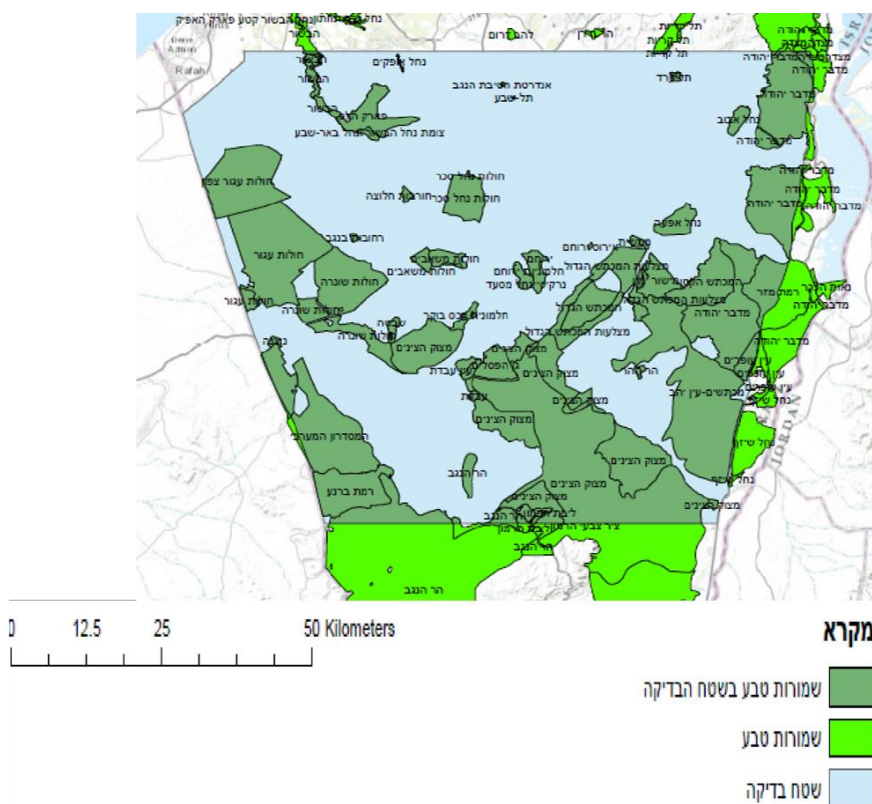
2.3.1.3 מגמות

החל מסוף שנות ה-80 החלה תנופת פיתוח בענף התיירות בכל שטחי המערכות המדבריות, על ידי קיבוצים ועיירות שפנו לפיתוח "תיירות אקולוגית". תיירות זו מייצרת "חוויה מדברית" וזאת באמצעות הדרכת סיורים בשדה, ובניית בתי הארחה למשפחות ולקבוצות, חנויות המתמקדות במזכרות מקומיות ובספרים, ציורים ותצלומים המציגים נופי מדבר, צמחים ובעלי חיים מדבריים. גם בקרב הקהילות הבדואיות שבמערכת המדבר הצחיח החלו להקים מרכזי הארחה, טיולי גמלים, סדנאות ללימוד מסורת רעיית גמלים ועיזים ושימוש בצמחי מרפא. כל אלה מתבטאים בעליה החל מ-2002 ועד 2012 של 65% במספר הלינות באזור הר הנגב ובקעת ערד, ושל 150% במספר המבקרים (איור 10) (דו"ח רט"ג 2013). במהלך השנים גם גדלו השטחים המוגנים שבמערכות המדבריות, כך שכיום (איור 11), שטח שמורות הטבע (מוכרזות ובתהליכי הכרזה) והגנים הלאומיים במערכת המדבר הצחיח, מאזור הבשור ועד מלחת עברונה, הוא

4,786,471 דונם המהווים 37.6% משטחן של כל המערכות המדבריות (צוות רט"ג, 2002). מתוכם, שטח שמורות הטבע במערכת המדבר הצחיח הוא 3,889,972 דונם, המהווים כ- 57% משטח מערכת זו (רשות שמורות הטבע והגנים, דין וחשבון לשנת 2013).

נראה שמגמות אלה של שמירה על המגוון הביולוגי המדברי ובתי הגידול שלו במערכות המדבריות, האמורות להגדיל את היצע השרות, אמורות להימשך. זאת במידה והחלטות שהתקבלו אמנם ימומשו: החלטת ממשלה מס' 3494 על "ארץ המכתשים", (מיולי 1994) לשמר את אזור המכתשים כנכס נופי וגאולוגי; יוזמת רט"ג לקדם החלטת ממשלה על הכרזת השטח שבין שדה בוקר ועד אילת כ-"ארץ נופי בראשית" (רט"ג, 2014); תכניות המתאר של רוב הישובים באזור הכוללות המשך בנייה של חדרי אירוח ואתרי לינה (החלטת הממשלה 3367 - תכנית לאומית לעידוד תרבות הפנאי והנופש בחיק הטבע, 2007); והמסמך 'עקרונות תכנית אב המשכית לחינוכי לילה' (שר-שלום, 2012). באם כל אלה יתממשו, יגדל השימוש בשרות התרבות באמצעות ביקורים ותיירות במערכות המדבריות. היות ופילוח אוכלוסיית המבקרים לפי מניעיהם לביקור לא בוצע, לא ניתן לאמוד את מספר הביקורים שהמניע העיקרי שלהם יהיה תפקודם של השטחים המבוקרים כמערכת אקולוגית.

איור 11: מפת שמורות הטבע המוכרזות והמוצעות בשטחי המערכות המדבריות.



2.3.2. שירותי תרבות: חינוך ומחקר מדעי

2.3.2.1. כללי

2.3.2.1.1. מהות השרות ומנגנון הפקתו

המערכות האקולוגיות המדבריות מספקות שרותי אספקה ושרותי וויסות באמצעות המגוון הביולוגי שלהן, ובכך מירב תועלתיהן לאדם. אך עצם קיומם של שירותים אלה, ועצם תפקודיו של המגוון הביולוגי שלהן באספקת שירותים אלה, הם לכשעצמם מהווים מושא ללימוד הידוע, היינו פעילות חינוך, וללימוד הלא ידוע- פעילות של מחקר מדעי. פעילויות אלה יכולות להתבצע בכיתה או במעבדה, אך הן בנויות על הקיים והמתרחש בשדה, היינו במערכת האקולוגית עצמה. משום כך פעילויות אלה נעשות גם בשדה, באמצעות סיורים לימודיים ובאמצעות מחקרי שדה, שם מתקיימות ההתנסויות האקטיביות שתועלתיהן קידום החינוך והמדע. בנוסף, התועלת של אפשרות המחקר המדעי המבוסס על רכיבים של המערכות המדבריות של ישראל, עשויה גם לחרוג ממחקר של התהליכים האקולוגיים במערכת עצמה; זאת כאשר רכיבים של המגוון הביולוגי המדברי מתפקדים במחקר העשוי להביא לפריצות דרך בפתרון שאלות מדעיות שחשיבותן חורגת מתחומי המערכות האקולוגיות ומתחומי ישראל, ומהוות תרומה למדע הגלובלי.

2.3.2.2. מצב נוכחי

2.3.2.2.1. רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השירות

כל רכיבי המגוון הביולוגי המדברי מהווים פוטנציאל להפקת השרות גם משום שרובם מעורבים במישרין או בעקיפין בהפקת שרות זה או אחר, כולל שרות התרבות של הנופש והפנאי. פחות מ- 20% מתושבי ישראל מתגוררים במערכות המדבריות (נתוני למ"ס למחוז דרום, 2014). לרבים מ- 80 האחוזים של תושבי המדינה מערכות אלה המשתרעות על כמחצית שטחה של המדינה, והמגוון הביולוגי שלהן, לא מוכרים. האזורים המועדפים לפעילויות חינוכיות הם אלה שניתן לזהות בהם בקלות יחסית רכיבי מגוון ביולוגי המאפיינים את עונות השנה השונות (למשל חצבים בסתיו) או שיש בהם ערך חינוכי-לימודי אחר (למשל קיני-נמלים, מקורות מים ליעלים, וכו'). מעורבות חשובה של כמעט כל רכיבי המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות באספקת שרות תרבות זה של חינוך ומדע מתבטאת בעצם קיומם של יצורים במערכות האלה בתנאי יובש קיצוני. היותם רכיב מתפקד של המערכות המדבריות מציגה לפיכך שאלות נוקבות בדבר טווח ההסתגלויות של רכיבי המגוון הביולוגי השונים לתנאים אלה, בעוד האדם עצמו אינו מצטיין בהתמודדות עמם ולכן נזקק לפתרונות טכנולוגיים.

2.3.2.2.2. ממדי הפקת שרותי החינוך והמדע

בהנחה שרובו של המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות מייצג היצע פוטנציאלי לאספקת השירות, ממדי ההפקה נובעים בעיקר מממדי הביקוש לשרות. הפקת שרות החינוך, כלומר השימוש בפועל בשרות זה, מיוצגת על ידי נפח הפעילויות החינוכיות הרלבנטיות ברחבי המערכות ומספרי המשתתפים בפעילויות אלה. ממדי השימוש בשרות המדע

נמדדים בנפחי הפעילות המדעית המבוססת על רכיבי המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות.

2.3.2.2.3. ממדי השימוש בשירות החינוך

בשנת 2016 למדו 1,332 תלמידים בשבעה מוסדות חינוך פורמלי המגדירים את עצמם כסביבתיים (המילה "סביבה" מופיעה בשמם וזהותם ומסתמכת על מה שנקרא "פעילות סביבתית"), ואשר תכניות הלימודים שלהם והפעילויות החינוכיות שבתוכן, מבוססות על תפישת המדבר כמכלול נוף ואדם (טבלה 13). ששה ממוסדות אלה ממוקמים באזורי מערכת המדבר הצחיח ואחד באזור מערכת המדבר הצחיח-קיצון, וכוללים גן ילדים, בית ספר יסודי, שני בתי ספר תיכוניים, ישיבה תיכונית, אולפנה דתית, ומכללה, שצוותיהם כוללים 308 עובדים בעלות של כ-3.5 מיליון ש"ח לאותה שנה (טבלה 13). ביישובים שבמערכת המדבר הצחיח ישנם גם בתי ספר שהוסמכו כ"ירוקים" על ידי המשרד להגנת הסביבה (הסמכת "בית ספר ירוק"⁵), שמפעילים תכניות ספציפיות לחינוך סביבתי או לימודי סביבה, וכן שעורים בתחומי לימוד הקשורים למערכות האקולוגיות המדבריות כמו מדעי הסביבה, מדיניות סביבתית, סוציולוגיה סביבתית, אקולוגיה של הערבה ועוד. הלימודים מתקיימים לא רק בכיתה אלא כוללים גם התנסות אקטיבית במערכות המדבריות עצמן.

גם במערכת אזור המעבר קיימים מוסדות חינוך פורמאלי שלא מוגדרים כמוסדות לחינוך סביבתי, אך מפעילים תכניות חינוך סביבתי וטיולים בטבע שבסביבה הקרובה. לדוגמא, בתחומי מועצה אזורית בני-שמעון (שבמערכת אזור המעבר), כ-900 ילדים בגילאי מעון וגן (עד גיל 6) היוצאים לטיולים בטבע בתדירות של כיום אחד בשבוע. טיולים אלה נערכים לרוב בסביבה הקרובה למוסד החינוכי, ומשכם עד כמה שעות, בהתאם לגיל הילדים (אמיר ברזילי, רכז הגיל הרך במועצה האזורית בני-שמעון, תקשורת אישית). בנוסף, מתבצעים טיולים של תלמידי בית-ספר במערכות החינוך שבמערכת אזור המעבר, לרוב בתדירות נמוכה יותר. חלק מאתרי הטבע והנוף בשטחי מערכת אזור המעבר מהווים מוקדי-משיכה לטיולים שנתיים של תלמידים מכל רחבי הארץ. בין האתרים המומלצים באתר האינטרנט של מנהלת הטיולים של משרד החינוך נמנים, בנוסף לשמורות הטבע והגנים הלאומיים, גם אזור בארי ונחלי בשור, גרר ושקמה.

במערכת אזור המעבר פועלים גם בתי ספר של המגזר הבדואי להם פעילות חינוכית-סביבתית (ברהט - בית הספר הניסויי אלרחמה, ובית הספר אלסלאם; בשגב-שלום בית הספר הניסויי, אלמוסקבל, "הנגב כמעבדה פתוחה ללימודי מדעים", ועוד). גם יערות קק"ל שבמערכת אזור המעבר מהווים מוקדי פעילות של תנועות-נוער (יצחק משה, סגן מנהל מחוז דרום בקק"ל, תקשורת אישית). בנוסף, קק"ל והחברה להגנת הטבע מקיימות פעולות חינוכיות סדירות - טיולים וימי שיא בבתי הספר, קידום "מנהיגות ירוקה" בקרב התלמידים, וחוגי טבע וסביבה. פעילות ספציפית המבוססת כולה על מגוון העופות של המערכות המדבריות היא הצפרות - חוגי צפרות פועלים בחבל אילות, במועצה אזורית רמת נגב, בירוחם, במצפה רמון ובערד.

⁵הסמכת "בית ספר ירוק" - <http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/Education/GreenAshool/Pages/GreenSchool.aspx>

טבלה 13: מוסדות חינוך עם נטייה סביבתית הממוקמים ביישובים שבמערכות המדבריות (משרד החינוך, 2016).

שם המוסד	מערכת	מספר תלמידים ומתמחים	מועסקים קבועים	שנת הקמה	הכנסות שנתיות (לפי הכנסה ממוצעת של 8500 לחודש)
בית ספר סביבתי מדרשת שדה בוקר	צחייה	336	72 (44 מורים; 16 צוות פנימייה; 6 מנהלה)	1976	1,224,000 ₪
ישיבה תיכונית לחינוך תורני-סביבתי, מצפה רמון	צחייה	240	27 (21 מורים; 6 מנהלה)	1991	459,000 ₪
בית ספר יסודי-תורני סביבתי, מצפה רמון	צחייה	331		2001	
אולפנת בני עקיבא לחינוך סביבתי, ערד	צחייה		50 (30 מורים; 7 מדריכות; 13 מנהלה)	1978	850,000 ₪
בית ספר סביבתי יעלים-עופרים, ערד	צחייה	345	60 (מתוכם 34 מורים)	2012 (הסמכה כבית ספר ירוק)	1,020,000 ₪
קשת – גן יער מדברי (מצפה רמון)	צחייה	35	5	1999	
מכון הערבה ללימודי הסביבה	צחייה קיצון	45-56	27	2016	מידע לא זמין
סך הכל		1332	270		

יצוין עוד שכל תלמיד במערכת החינוך הממלכתי והממלכתי-דתי בישראל אמור לצאת לטיול שנתי אחד בכל אחד מאזורי הארץ כאשר בתיכון, לפחות שניים מהם יהיו במערכות המדבריות (משרד החינוך, 2016). כלומר, במהלך 12 שנות לימוד, כל תלמיד אמור לבקר ב- 12 אזורים שונים לפחות פעם אחת. סביר אפוא שלפחות אחד מביקורים אלה יהיה באתר שבמערכות המדבריות. לאור זאת, חישוב פשוט (100% של כל התלמידים בישראל, מחולקים ב-12) מעלה שבכל שנה, במוצע 8% מתלמידי החינוך הממלכתי והממלכתי-דתי בישראל מבקרים באתר טבע כל שהוא שבמערכות המדבריות. ביישובים שבתוך המערכות המדבריות היציאות לשטחי המערכות תדירים יותר. במצפה רמון למשל, תלמידי כל בתי הספר, 1,200 במספר משתתפים בארבעה סיורים בשנה לאתרי טבע ונוף שבמערכות המדבריות.

מוסדות החינוך הבלתי-פורמאלי שמייצגים את השימוש בשרות החינוך של המערכות המדבריות (טבלה 14) הם בתי ספר שדה (רובם אך לא כולם של החברה להגנת הטבע) - שניים במערכת המדבר הצחייה ושניים במערכת המדבר הצחייה-קיצון. שאר המוסדות פועלים ביישובים, בשתי מערכות הצחייה והצחייה הקיצון. כל אחד ממוסדות אלה מעסיק בין 2 ל- 25 עובדים המשרתים כל אחד מספר שונה של תלמידים, בין פחות מעשרה לשנה ועד לכמה אלפים בשנה, ובהתאם לכך

גם ההכנסות הן בין כחצי מיליון למיליון ומשהו ש"ח בשנה. במהלך השנים 1963-2013 עלה במערכת המדבר הצחיח מספר המוסדות העוסקים בחינוך סביבתי במסגרות לא פורמאליות (איור 12).

טבלה 14: מוסדות חינוך בלתי פורמאלי: סדנאות וסורים לימודיים מבוססים על המערכות המדבריות*.

שנת הקמה	הכנסות שנתיות	מועסקים	מערכת	שם המוסד
	(ש"ח)			
1963	8,000,000	19 (8 קבועים ו- 11 מורות חילות ושנת שירות)	צחיח	בית ספר שדה, מדרשת בן-גוריון
1979		6 (14 קבועים ו- 8 מורות חילות ושנת שירות)		בית ספר שדה הר הנגב
1986		24 (6 קבועים ו- 18 זמניים)		כפר הנוער בניצנה – חינוך מדעי ואקולוגי
1990	81,500	7 (25 קבועים והשאר על בסיס מזדמן)		עמיד במדבר, ירוחם
1999	4,000,000	25		מדרשת ביחד, ירוחם
2013	400,000 (2014)	(2.5 קבועים ו- 5 זמניים)		דוכיפת – מרכז צפרות ואקולוגיה ירוחם
1986	800,000	2 – הנהלה 12 - חלקית		מרכז לימודי שדה, ירוחם
1995	3,500,000 ממוצע שנתי	8		צחיח קיצון
1991	140,000	בין 1-8	מרכז לימודי מדבר, קיבוץ סמר	
1960		70	בית ספר שדה עדי גדי, החברה להגנת הטבע	
1971			בית ספר שדה חצבה	
1966			בית ספר שדה אילת	

*הנתונים מבוססים על סקר טלפוני ואתרי המוסדות ונכונים ל-2015.

2.3.2.2.4. ממדי השימוש בשרות המדע

ממדי השימוש נמדדים במספר מוסדות המחקר ומספר החוקרים שמחקריהם מוכוונים למערכות המדבריות ולמגוון הביולוגי שלהן. בעוד ש-7.5% משטח כדור הארץ הוא מדבר צחיח קיצון (UNEP, 1997), מעט מאד מוסדות מחקר נמצאים במדבריות אלה. במדינות המפותחות בהן גם המדע מפותח כאוסטרליה, מדינות אירופה וארה"ב, אין כלל מערכות של מדבר צחיח-קיצון. אך בישראל, בה מערכת הצחיח-קיצון מהווה כ-38% משטח המדינה, היא מתחזקת מספר מוסדות מחקר, בהם גם מספר רב של חוקרי מדבר, שלא רק מגיחים אליו לצורך המחקר, אלא גם מעבדותיהם ומשרדיהם ממוקמים במדבר. עם זאת חוקרים רבים בארץ ובעולם ממוסדות שאינם נמצאים באזורי המדבר מבצעים מחקריהם

במדבר.

באזור מערכת המעבר ממוקמת אוניברסיטת בן גוריון בנגב, אשר בה לפחות שתי מחלקות (גיאוגרפיה, אקולוגיה) שמחקרי חוקריהן מבוססים על תהליכים בהם מעורבות המערכות האקולוגיות המדבריות. כמו כן פועלות באזור מערכת זו חמש תחנות מחקר ופיתוח של משרד המדע ומשרד החקלאות.

במערכת המדבר הצחיח נמצאים המכונים לחקר המדבר של אוניברסיטת בן-גוריון. חוקרי המחלקה לאקולוגיה מדברית שבמכונים אלה פרסמו עד לשנת 2015 כ-900 מאמרים, ורובם תוצאות מחקרים הקשורים במבנה ובתפקוד של המערכות המדבריות ורכיבים שונים של מגוון הביולוגי. במערכת המדבר הצחיח-קיצון נמצא מכון ערבה העוסק בהוראה ומחקר של מערכת זו. במערכות האקולוגיות המדבריות פועלות שמונה תחנות למחקר אקולוגי ארוך-טווח (LTER) המנוהלות על ידי גופים שונים. תחנות אלו פועלות החל משנת 1997 (טבלה 15) והן הניבו עד היום מאות מאמרים מדעיים.

טבלה 15: תחנות מחקר ארוך טווח הפעילות באזור המדבר. הטבלה נכונה ל-2010, מועד פרסום המקור שלה (גרונר ושחק 2010).

מערכת	תחנה	גוף המנהל התחנה	שנת התחלת המחקר	חוקרים	פרסומים
צחיח קיצון	רמון	מו"פ מדבר וים המלח	2004	10	עשרות
	נחל שיטה	קק"ל	2014	5	בודדים
צחיח	עבדת	אב"ג והאוניברסיטה העברית	2007	20	מאות
מעבר	שקד	קק"ל	1997	22	מאות
	להבים	משרד החקלאות	1994	51	מאות
	שגרירים	קק"ל	2008	4	עשרות
	יתיר	קק"ל	2000	13	מאות
	מגדה	משרד החקלאות	2009	20	עשרות

בעוד כל המחקרים המתבצעים בתחנות המחקר האקולוגי ארוך הטווח עוסקים בתחומי האקולוגיה (כולל אקולוגיה חברתית), בשאר המוסדות מתקיימים גם מחקרים שאינם מייצגים את השימוש בשירותי התרבות של המערכות האקולוגיות המדבריות אלא ל"נגב" או ל"מדבר", אך לא בהקשר של תפקודי אזורים אלה כמערכות אקולוגיות (כגון מחקרי תעסוקה, כלכלה, גיאולוגיה, בריאות, ארכאולוגיה, ועוד). עם זאת, לבד מהחוקרים והמתמחים במוסדות הממוקמים בתחומי המערכות המדבריות, כמעט בכל מוסדות המחקר האקדמיים בישראל עובדים חוקרים ומתמחים המבצעים מחקרים המתבססים על המערכות האקולוגיות המדבריות; בנוסף, מגיעים למערכות המדבריות של ישראל בכל שנה מדענים מרחבי העולם לצורך מחקרים שלהם בלבד, או בשיתוף עם חוקרים ישראליים - למרות שאין מספרים, ניתן לשער כי מדובר בעשרות חוקרים ישראלים ומאות זרים.

הביקוש לשרות המדע מתבטא גם ובעיקר בשאלות שמציגים המדענים ואשר פתרון מתאפשר באמצעות מחקר רכיבי המערכות האקולוגיות המדבריות. ניתן למיין שאלות אלה לשתי קבוצות, שאלות המתייחסות למבנה ולתהליכים המתרחשים במערכות האקולוגיות (כמו תחנות המחקר האקולוגי ארוך טווח, LTER, טבלה 15), ושאלות בסיסיות

במדע שהן בחזית הפעילות המדעית בעידן הנוכחי, ואשר במערכות המדבריות ובמגוון הביולוגי שלהן נמצא הפוטנציאל לענות על שאלות אלה. ההבחנה היא אפוא בין מחקרים על המדבר ובמחקרים במדבר שבוצעו במערכות המדבריות של ישראל.

דוגמאות למחקרים על המדבר הן: אגירת מים בקיבת העז השחורה ושחרורם ההדרגתי לשאר חלקי הגוף (Borut, 1972); שמירה על נפח הנוזלים בגוף העכבר קוצן מצוי באמצעות ויסות ההרכב הכימי שלהם (Horowitz & Borut, 1973); "מיזוג האוויר" (טמפרטורה ואיכות) במחילות העקרב המדברי עביד צהוב באמצעות הארכיטקטורה ועיצוב הפנים שלה (Adams et al., 2016).

דוגמאות למחקרים במדבר שעשו שימוש ברכיבי מגוון ביולוגי של המערכות המדבריות של ישראל, והביאו לממצאים המעשירים את הידע הבסיסי באקולוגיה, כוללים: מחקר שהראה כי ככל שגודל גופו של מין נטרף קטן, כך גם פוחת מספר החוליות של שרשרת המזון לה הוא שייך וכך גם מורכבותו של מארג המזון כולו קטנה (Ayal, 2007); מחקר שאיתר מיני בעלי חיים המשנים את המבנה הפיזי של הסביבה בה הם חיים כך שתתאים לצורכיהם, ובכך מייצרים, שלא במתכוון, סביבה ידידותית למינים אחרים – תופעה שתוארה כ"הנדסה אקולוגית" ומשנתגלתה גם במערכת המדבר הצחיח של ישראל, סיעה לקיבוע המושג "מהנדסים אקולוגיים" ולקידום מחקרם ברחבי העולם (Jones et al., 1994); מחקר שבוצע במערכות המדבריות של ישראל אך הביא לשינוי פרדיגמה באקולוגיה הראה כי שינוי דרסטי הנגרם למבנה ולתפקוד של מערכות אקולוגיות באשר הן, אינו מעיד בהכרח על קריסה ואובדן שווי משקל אקולוגי, אלא על מעבר ממצב יציבות אחד בתפקודי המערכת למצב יציבות אחר שגם בו מתקיימים תפקודי מערכת (Noy-Meir, 1973, 1974); מחקר שבין השאר התבטאה בהבחנה בין שימור טבע לשמירת טבע; מחקר שהעשיר את הידע הבסיסי באבולוציה של ההתנהגות העלה כי במערכת הזיווגים של העכביש המדברי צמירן מפוספס אסטרטגית הזכר (הכוללת טריפת הצאצאים) מתקיימת בטבע למרות המחיר הגבוה שלה לנקבות [(המעודדות את צאצאיהן לאכול אותה עם התבגרותם מה שתורם לשרידותם) (Schneider & Lubin, 1997)]. המערכות המדבריות של ישראל אף תמכו במחקרים מבוססי מגוון ביולוגי מדברי שיש להם אף השלכות מדיניות: לדוגמה, מחקר שהראה כיצד גבול בין שתי מדינות, גבול ישראל-ירדן (Shanas et al., 2006) וגבול ישראל-מצרים (Karnieli & Tsoar, 1995) מביא לשינוי בהרכב ובתפקוד של המגוון הביולוגי בכל אחד משני עברי הגבול.

הדוגמה הבולטת ביותר למחקר פורץ דרך המתבסס על מחקר מין מדברי מובהק, הוא זה בו מככבת ציפור הנפוצה בעיקר בעמק הערבה (מערכת המדבר הצחיח-קיצון), ציפור הזנבן הערבי: מחקר ארוך-השנים של ההתנהגות החברתית שלה עיצב את "עקרון ההכבדה": "הכבדה" היא תכונה אשר מכבידה על נושאה (זנב זכר הטווס למשל, שפרישתו חושפת אותו לעין הטורף), אך משדרת לטווסית עוצמה ויכולת עמידה כנגד הטורף, למרות הגברת החשיפה של זכר הטווס לסיכון. עקרון ההכבדה שמקורו בציפור של המדבר הישראלי (זהבי וזהבי, 1996; Zahavi 1975) הכה גלים בקהילת מדעני ההתנהגות, כולל זו של האדם.

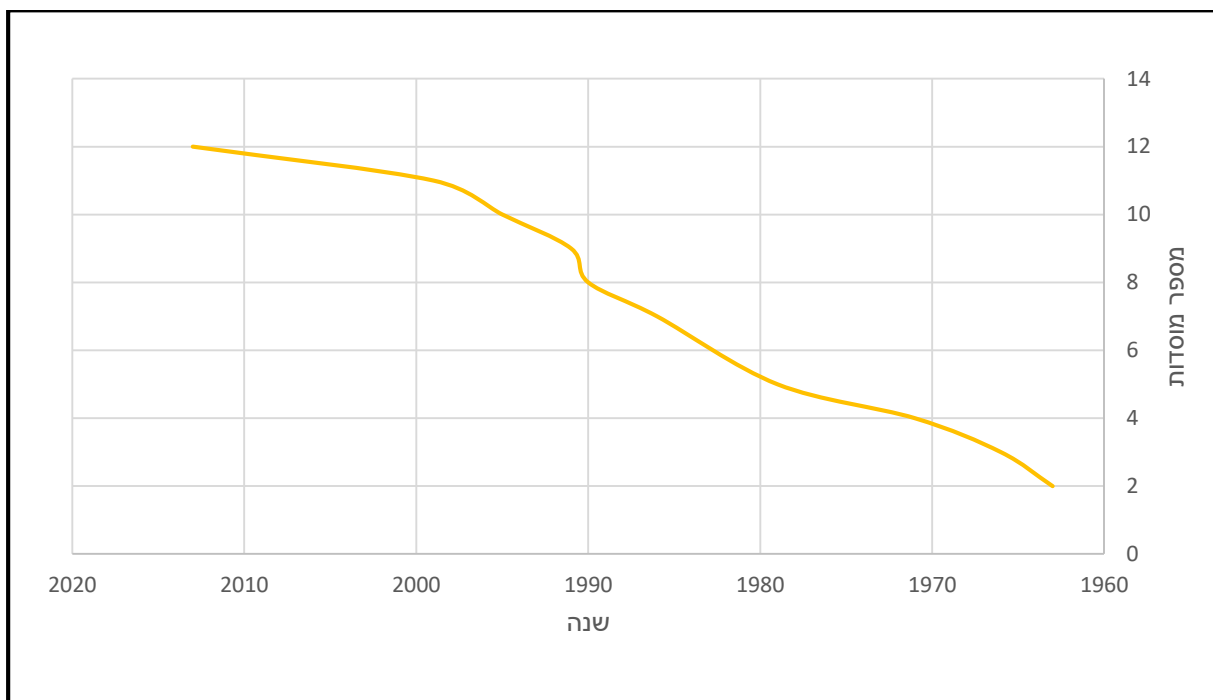
2.3.2.2.5. תועלות ותרומתן לרווחת האדם

פעילות חינוכית בחיק-הטבע מספקת מספר מטרות חשובות בחינוך, כגון העברת תכנים לימודיים בסביבה שונה מהסביבה הבית-ספרית, עידוד סקרנות וחקרנות בקרב התלמידים, ופיתוח כישורים ומיומנויות של עבודת-חקר ועבודת-שטח. תועלות אלה עשויות לתרום לא רק לרכיב החברה של רווחת האדם, אלא גם לרכיב הכלכלי והבריאותי שלה. למחקר המדעי חשיבות בקידום הידע האנושי, ולחלקו המתבצע במערכות המדבריות לצורך הכרת המגוון הביולוגי, מצבו ותפקודו בהפקת השירותים יש גם תועלת בתכנון ובביצוע פעולות לשמירת המגוון הביולוגי ואפשרו תפקודו המיטבי באספקת שירותים. לאלה תורמים גם מחקרי צמחי המרפא המדבריים, חקר התיירות על סוגיה השונים, והשפעותיה הכלכליות והחברתיות, וכך גם חקר החינוך הסביבתי המבוסס על מערכות אקולוגיות מדבריות. אך שרות התרבות של ההתנסות האינטלקטואלית המתבטאת במחקר מדעי של רכיבי המגוון הביולוגי של המערכות המדבריות של ישראל, סיפק ומספק תועלות התורמות לרכיב החברתי של רווחת האדם בישראל. יש להניח שגם הלכידות החברתית והגאווה של הישראלי בארצו ובמדבריותיה גוברים עם היוודע חשיבותו המדעית של המגוון הביולוגי המדברי של ישראל, המתבטאת עם ההוקרה לה הוא זוכה ברחבי העולם.

2.3.2.3. מגמות

כתוצאה מהצמיחה הדמוגרפית שהלכה וגדלה ביישובים שבמערכות המדבריות החל משנות ה-90, גוברת בקרב האוכלוסייה המקומית המודעות ליחס הרצוי בין פיתוח ובין סביבה טבעית מסביבו. הדבר בא לידי ביטוי בגידול הדרגתי במספר מרכזי המחקר ותוכניות הלימוד שקמו במהלך השנים באזורי המערכות המדבריות. מוסדות ומרכזים אלה פועלים להגברת הבנת הצורך בשמירת הטבע, ולאחרונה גם לתובנת שמירת הטבע ככלי להשפעות חיוביות על הבריאות, הכלכלה ועל המרקם החברתי ולהענקת קיום ארוך טווח לפיתוח המדבר, היינו לקיימות הפיתוח. איור 12 מלמד שבשנות ה-60 היו רק 2 מוסדות חינוך סביבתי לא פורמאלי בשטח מערכות הצחיח והצחיח הקיצון. בעוד שבשנות ה-2000 פועלים במערכות הצחיח והצחיח הקיצון 12 מוסדות כאלו. הטבלאות טבלה 15 ו-טבלה 16 מלמדות גם הן על מגמה של עליה מתמדת במספר מוסדות המחקר והחינוך הסביבתי. אפשר גם שהשימוש בשרותי החינוך והמדע של המערכות המדבריות הגביר את המודעות לערכן של המערכות האקולוגיות הללו, מה שאולי מתבטא בזיהוי קשר ישיר בין העלייה במספר המבקרים (איור 10) ובמספר המוסדות העוסקים בכך (איור 12). הגידול בתיירות הביא בעשור האחרון מושבים וקיבוצים הממוקמים במערכות המדבריות לפתוח את דלתותיהם לנופשים, שלפחות חלק מהם מעוניינים להרחיב את שהותם כדי ללמוד על המערכות האקולוגיות המקיפות אותם. גם ברמה האקדמית ישנה מגמה של עליה במספר החוקרים המתגוררים באזור המדברי. בעשרים שנים האחרונות נוסדו שני מוסדות מחקרים העוסקים במדע ונמצאים במערכת המדבר הצחיח-קיצון (מכון ערבה ומרכז מדע ים המלח והערבה), גם מספר החוקרים במחלקה לאקולוגיה במכונים לחקר המדבר (מערכת המדבר הצחיח) עלה באופן הדרגתי משנות ה-70 (טבלה 16).

איור 12: מספר מוסדות חינוך עם נטייה סביבתית במערכת החינוך הקיצון.



טבלה 16: מוסדות מחקר העוסקים בחקר מערכות אקולוגיות טבעיות, וממוקמים במערכות המדבריות.

אזור	שם המוסד	חוקרים	טכנאים וצוות מנהלי	תלמידים
צחיח קיצון	מכון ערבה ללמודי סביבה	4	25	38
	מו"פ מדבר וים המלח	28	30	24
צחיח	מכונים לחקר המדבר - אב"ג	104	60	150
	אוניברסיטת בן גוריון בנגב	1640		17,501

2.3.3. שירותי תרבות: השראה ותחושת מקום

2.3.3.1. התנסויות פסיביות שתועלותיהן מופשטות: כללי

ההתנסות הפסיבית של ההתבוננות בנופי המדבר, על הצמחייה השותפה בעיצובם, והמפגש עם מיני צמחים ובעלי חיים ספציפיים ו"כריזמטיים" על רקע נוף זה, משמשים כמקור השראה לה ביטויים רבים בחשיבה ובמעשה שלאחר ההתנסות בשטח. אלה עשויים להתקיים לאורך זמן והשפעותיהם על הפרט ועל החברה ארוכות טווח. להלן יוצג כל אחד מביטויים אלה בנפרד.

2.3.3.2.1 מהות ומנגנון השרות השראה ליצירה

מימושה הפיזי של ההשראה הבאה לידי ביטוי ביצירה, מספקת מקור פרנסה ומהווה מקור משיכה לתיירי פנים וחוץ ולצרכני תרבות.

2.3.3.2.2 רכיבים של המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השרות

צמחים ובעלי-חיים המספקים השראה לאמן בזכות צורתם הפיסית והשתלבותם בנוף המדברי (בעיקר מיני עצי השיטה שבמערכות המדבר הצחיח והצחיח-קיצון), וגם הנוף המדברי לכשעצמו מעורבים באספקת השרות המתבטאת במוצרי אמנויות פלסטיות – ציור, צילום, מלאכות מסורתיות, ותכשיטים. כך גם מעניקים השראה לנוף המדברי ורכיבים של המגוון הביולוגי המדברי [(חיות המדבר ואף הגמל משמשים בשירה הבדואית, כמקור למטפורות וסמלים, (בילי, 1972; בר צבי, 1983)], ולשאר אמנויות. מיני צמחים ובעלי חיים של המערכות המדבריות מהווים השראה ללוגו של ארגונים ועסקים שונים. למשל רשות הטבע והגנים משתמשת ביעל, מכון הערבה ו"אלת הערבה", עסק להכנת סבונים ומוצרי טיפוח משמנים מצמחי האזור, משתמשים בציור מיני שיטה כלוגו. גם אמנים מקבלים השראה ממינים מקומיים ומציירים אותם (טבלה 17).

טבלה 17: דוגמאות של מינים מדבריים המשמשים השראה לאמנות ולוגו של ארגונים שונים.

<p>עץ שיטה סלילנית (<i>Acacia raddiana</i>) כמקור השראה לציירת – מרלה סלוט</p>	
<p>שיטה סלילנית (<i>Acacia raddiana</i>) כלוגו של מכון הערבה</p>	
<p>שיטה סוככנית (<i>Acacia tortilis</i>) כלוגו של חברת אלת הערבה</p>	

<p>נענע משובלת או חבק (<i>Mentha longifolia</i>) כהשראה לאמנות על אבנים, האמן - אדם סולווי</p>	
<p>דקל דום מצרי (<i>Hyphaene thebaica</i>) כלוגו של חלב יוטבתה</p>	
<p>יעל נובי (<i>Capra nubiana</i>) בלוגו של רשות הטבע והגנים</p>	

2.3.3.2.3. ממדי הפקת השרות

המדד להשראה שביטויה באמנויות הפלסטיות מתבטא במספרי האמנים והאומנים המתגוררים ופועלים ביישובים שבמערכות המדבריות. בשני יישובים שבמערכת המדבר הצחיח, ערד ומצפה רמון, הוקמו רובעי אמנים - בערד פועלים 14 אמנים ובמצפה רמון הוקדשו שטחים לסדנאות עבור אמנים המגיעים למקום. בחלק מהיישובים שבמערכות המדבריות מתקיימים קורסים וסדנאות אמנות לתושבים מקומיים ולתיירים, ובהם ובאחרים מתקיימים גם אירועי מכירות של אמנות מקומית. ההערכה היא כי לפחות 297 אומנים (בשנת 2015) פועלים ביישובי המערכות המדבריות ביצירת מוצרים ואמנויות שהנוף והמגוון הביולוגי המדבריים מהווים עבורם השראה.

לגבי שאר האמנויות, ממדי הפקת השרות מתבטאים באירועים שנתיים המתקיימים ביישובים, לקהל הרחב, מקומיים ומשאר חלקי הארץ וגם לתיירים. אלה הם פסטיבלים לתנועה ומוזיקה המקבלים את השראתם מהמדבר (לדוגמא: אינדי מידבר, פסטיבל אדמה, מדברן, אינטימידבר, ימי שירה במדבר) שבחלקם מתבצעים בשטח עצמו, בו משמש הנוף המדברי כרקע למופע, ובכך מעצים את החוויה.

2.3.3.2.4. המשתמשים

האמנים והאומנים מכל המקצועות שאלה פרנסתם, וציבור הרוכשים של מוצרי האומנות, המספקים להם ההנאה רוחנית.

2.3.3.2.5. תועלות השירות ותרומתן לרווחת האדם

ההשראה שמקורה במערכות המדבריות מאפשרת ביטוי לפן יצירתי של תושבי המערכות והמבקרים בהן. המוצרים הנמכרים ואירועי התרבות תורמים כלכלית לרווחת האמנים והאומנים, וההשראה המועברת לצרכני המוצרים, והאירועים בהם הם משתתפים, מעשירים את העולם הרוחני של האדם ואף של החברה בכללותה.

2.3.3.2.6. ממדי הפקת השרות בעבר, גורמים מחוללי שינוי בהפקה ומגמות

במהלך המאה העשרים חלו שינויים במגוון הביולוגי ה"כריזמטי" – תהליך של תמותה של עצי השיטה שחלקם רב בעיצוב נוף הערבה והנחלים הגדולים (פרלברג וחוב', 2013), וירידה בגדלי האוכלוסיות של צבאים, יעלים, והעופות הדורסים הגדולים, עד כדי הכחדה של עוזניית הנגב והפרס (אתר הצפרות הישראלי). גם ממדי ה"פראות" או השממה ("ארץ בראשית" - wilderness) כמקור להשראה, פחתו.

גורמי השינוי בשיטים הם כנראה שינויים בזמינות המים כתוצאה מפעילויות פיתוח ותשתיות (פרלברג וחוב', 2013); גורם השינוי ביונקים הגדולים הוא הציד, ובעופות הדורסים – ציד, אך גם פחיתה במזון עקב הקטנת ממדי עדרי הבדואים. גורם השינוי בממדי ה"פראות" הוא תהליך "פיתוח הנגב", שהחל לאחר מלחמת העצמאות. אך במהלך העשורים האחרונים של המאה ה-20 מגמות אלה של ירידה בהיצע השרות השתנו: חלה התאוששות עד לשיקום מלא של השיטים, ותחיקת הגנת הטבע ואכיפתה שיקמו את אוכלוסיית היעלים והצבאים. גורם מחולל שינוי נוסף ברכיבי המגוון הביולוגי ה"כריזמטיים" הוא הפרעות האדם לאזורי קינון הנשרים (רעשי חציבה באתרי הפוספט, וכלי טייס המנמיכים טוס) כנראה פגעו בשיקום אוכלוסייתם. אשר לממדי השממה, אלה קטנים והולכים עם הגידול בפעילות הצבאית והיישובית בכל המערכות המדבריות של ישראל.

אך אם ממדי רכיבים רבים (אך לא כולם) של היצע השרות פחתו, הרי ממדי הביקוש לשרות גברו. אותו הפיתוח היישובי שהביא לפחיתה בתחושת ה"שממה", ה"פראות" ותפיסת המדבר הישראלי כ"ארץ בראשית", גם הנגיש לציבור את המערכות המדבריות בהן אתרי ביקור מנחילי השראה ייחודיים. זאת בזכות פיתוח תשתיות תיירות, תשתיות תחבורה, עלייה ברמת המינוע ובממדי הזמן הפנוי (של תושבי המערכות המדבריות, של חלק ניכר מאוכלוסיית ישראל ושל מדינות רבות ברחבי העולם). כל אלה הגבירו את המודעות, בארץ ובעולם, לערכן התיירותי ואולי אף ההשראתי, של המערכות המדבריות של ישראל.

מגמות אלה של עלייה בביקוש לשירותי התרבות ותועלות ההשראה שלהם, המסתמנות בעשורים האחרונים, התבטאו בעלייה מתמדת בכל הפעילויות (כאירועי תרבות במדבר ואחרות). זאת בגין העלייה במספר המועסקים (אמנים, יוצרים, מטפלי גוף-נפש, ועוד) ובמספר המבקרים, צרכני מוצרי האמנות, האומנות והאירועים. כל אלה החל מאפס במהלך העשורים הראשונים של המדינה ועד לממדים של היום, המתוארים לעיל. במידה וממדי ההיצע לא יקטנו, והביקוש עדיין לא מוצה, מגמת הגידול בהפקת השרות בפועל עשויה להימשך.

2.3.3.3. השראה לטיפול גוף-נפש

טיפול גוף-נפש הוא טיפול המבוסס על ההנחה שהמצב הפיזי של הגוף קשור למצב הרגשי. הנוף המדברי מספק השראה ומרגוע למטופלים ואלו מעמיקים את התועלת בטיפולי גוף-נפש. ואמנם, תושבים רבים של הנגב והערבה מתפרנסים מנתינת טיפול נפשי בשטח הפתוח. עיסוק זה עשוי להיות קשור לתופעה הנקראת ביופיליה הגורסת שאנשים הנמצאים בטבע מחלימים מהר יותר ממחלות מאנשים שנמצאים במקומות אטומים לטבע. תופעה זו גם הביאה בתי חולים בעולם לדאוג לחלונות הפונים לנוף עם טבע (Wilson, 1984). נמצא שטיפול נפשי בטבע מחולל שיפור בשורה ארוכה של מחלות, נפשיות ופיסיות, יחסית לטיפולים הרגילים (Frumkin, 2001). במערכות המדבריות פועלים מטפלי גוף-נפש במספר גדל והולך (למעלה מ- 106 מטפלים באזור הערבה בלבד, בשנת 2016). במועצה האזורית רמת-נגב נפתחה מרפאה אינטגרטיבית המעסיקה עשרה עובדים. בישובים אחרים עובדים המטפלים באופן עצמאי ומשלבים מתן שירותים לתיירים, דרך המלונות, תוך שימוש בנוף המדברי כמקור מרגוע. חלק מהטיפולים מתבצע בנוף הפתוח וחלקם מתבצעים בתוך מבנה החושף את המטופל לנוף המדברי.

2.3.3.4. השראה דתית

2.3.3.4.1. מהות ומנגנון השרות

המדבר שימש זירה שבהשראתה נוצרו הנרטיב והסיפורת המקראית, עוצבה זהות עם ישראל והתגבשה דתו, ובעקבותיה גם דתות הנצרות והאסלאם שהשראת המדבר נתנה חותמה גם במיתולוגיות שלהן. לפיכך הביקור במדבר עשוי להעניק השראה המעצימה את החוויה הדתית למאמיני כל הדתות ומכבדי מסורותיהם, וגם את תחושות ההזדהות של יהודים בישראל וברחבי העולם. המערכות המדבריות של ישראל מצויות בשולי מדבריות סיני ורב בהן המשותף מאשר השונה, באקלים, בנופים, ואף במגוון הביולוגי. לפיכך הביקור במערכות המדבריות של ישראל והמודעות לקרבתן הפיסית וההיסטורית למדבריות סיני עשויים לייצר או להעצים השראה דתית ותחושות הזדהות של ישראלים ואחרים שהנרטיב המקראי מוכר להם.

2.3.3.4.2. רכיבי המגוון הביולוגי המעורבים בהפקת השרות

המגוון הביולוגי של מדבריות הצחיח-קיצון והמדבר הצחיח מאופיינים על ידי: עצי השיטים ששימשו לבניית המשכן נפוצים בכל נחלי מערכות המדבר הצחיח והצחיח-קיצון; עצים גדולים של מיני שיטה, אלה אטלנטית וחרוב מצוי, תועדו כבעלי משמעות דתית עבור בדואים. ציפור השלו שעלתה מן הים ונחתה בחולות המדבר נוחתת גם היום בחופי הדרום; הנשר, הפרס, העזנייה והכוס שברשימת העופות הטמאים בספרי ויקרא ודברים, כולן עופות המערכות המדבריות הישראליות, גם אם בתפוצה נמוכה ביותר; ומינים מדבריים רבים נוספים ששימשו כסמלים בפרקי הגות בכתובים ("כנף רננים"-היען, והפרא אצל איוב, היעלים והשפנים שבתהילים, והשיזף המצוי (שלפי המסורת ענפיו הקוצניים שמשו לעטרת ישו), כולם תורמים להשראה המתקבלת מנופי המדבר של המערכות המדבריות של ישראל. השראה זו עשויה להעלות בדמיון או לאזכר את השראת מדבריות סיני והשפעתם המתמשכת על דת וזהות; אזכורם של מינים אלה בכתבי

המקורות עשוי לספק את תועלת ההשראה הדתית כאשר האדם מתנסה במפגש עם מינים אלה במערכת האקולוגית, או שהוא שומע על קיומם במערכת זו וכך נעשה מודע לקיומם גם בימים אלה.

2.3.3.4.3. ממדי הפקת השרות, משתמשים, תועלות ותרומתן לרווחת האדם

לא נמצאו נתונים לגבי ממדי הפקת השירות. השאלות להן דרוש מענה בהקשר לאספקת שרות זה מתייחסות לקיומה של תחושת השראה דתית, מסורתית, ותחושות זהות דתית או לאומית המורגשות או המועצמות במפגש עם המערכות המדבריות: מאיזה רכיבים של הנוף והמגוון הביולוגי מתקבלת ההשראה; והאם ההשראה מתקבלת במהלך הביקור במערכות המדבריות, או תודעתה נובעת מהדיעה על עצם קיומן של המערכות המדבריות, ללא קשר לביקור בהן. בהעדר מידע על המשתמשים בשרות זה, לא ניתן גם להתייחס לתועלות ולמגמות. ניתן רק לציין שמורי דרך, מורים ומחנכים של תיירים, מבקרים, ונוער, נוהגים לצטט מקורות מקראיים ואחרים לקהלים הרלבנטיים ובאתרים רלבנטיים לאספקת שרות זה.

2.3.3.4.4. מגמות

במהלך הדורות ועד לראשית ההתנחלות היהודית בארץ ישראל בשלהי המאה ה-19 ותחילת המאה ה-20, ועם חזרת הנשק החם למערכות המדבריות, המערכות המדבריות הלכו ואיבדו רכיבים "כריזמטיים" רבים של המגוון הביולוגי, כמו היען, הפרא, העזנייה והפרס, והיעלים כמעט ונכחדו. גם "נוף הקדומים" (או "ארץ בראשית") של המדבר הלך ואיבד מתכונותיו, עם פיתוח רשת דרכים, צנרות מים, תשתיות חשמל ותקשורת, מחנות צבא ושדות תעופה ועוד. במקביל, הפיכת שטחים נרחבים במערכות המדבר הצחיח לבלתי נגישים לאוכלוסייה הבדואית (שטחי אש ושמורות טבע), עשויה להוביל להשכחה של עצים מקודשים. מגמות אלה עשויות להקטין את היצע השרות של ההשראה הדתית. אך בהעדר מידע על ביקוש שרות ספציפי זה, לא ניתן להתייחס למגמות הפקת שרות זה כיום, ובעתיד.

2.3.3.5. השראה אתית: האתוס הדתי-מסורתי, הציוני, והסביבתי

2.3.3.5.1. מהות השירות ותועלותיו

אתוס הוא התכונה הבסיסית המאפיינת את רוח התרבות של פרט, חברה ותקופה. הנתקלים בתופעת המדבר, בהתנסות פיסית או באמצעי תקשורת כקריאה וצפייה בסרטים, לא נשארים אדישים בדרך כלל: מצד אחד המדבר נתפס כשממה שאינה כשרה למגורים ושהייה ולכן כארץ גזירה; ומצד שני ישותו מאתגרת, מעלה תהיות ומעוררת לא רק השתאות אלא גם השראה. תפיסות אלה עשויות לייצר אתוס, ולכך יש ביטוי בולט במסורת היהודית שמייחסת למערכות המדבריות שתי משמעויות סותרות: מחד המדבר הוא "ארץ לא זרועה" אליה נשלח השעיר לעזאזל, ומאידך הוא הזירה למתן תורה, וגם הסביבה שרק היא מסוגלת לתפקד ככור היתוך לעיצוב אדם משועבד בגופו וברוחו לאדם חופשי, פיזית ורוחנית; זהו האתוס היהודי, הדתי-מסורתי, של בחירת המדבר כזירה ליציאת מצרים והמסדרון לארץ המובטחת, יציאה מעבדות לחרות, בימים ההם וגם בזמן הזה, כמו שנאמר: "אם אין אדם משים עצמו במדבר, אינו יכול לידע תורה ומצוות" (בעל הטורים על המדבר, פרק א', פסוק א').

לעומת גישה זו, הציונות אימצה את תפיסת המדבר כ"טעות של אלוהים" (נאום שמעון פרס באחד מטקסי הענקת פרס בן-גוריון, בשלהי שנות התשעים) וכאיום על המדינה, כדברי ראש ממשלתה הראשון של ישראל, דוד בן-גוריון: "מדינת ישראל אינה סובלת מציאות מדבר בתוכה. אם המדינה לא תחסל את המדבר, עלול המדבר לחסל את המדינה" (בן גוריון, 1955). ראייה זו של המדבר גיבשה את האתוס הציוני של "כיבוש השממה" שמימושה ב"ישוב הנגב" שהוא "הפרחת המדבר". במילים אחרות ההשראה שהתקבלה מההתבוננות במדבר או מהמודעות לעצם קיומו יצרה את האתוס הציוני - הצורך הקיומי להפוך את המדבר לארץ נושבת - אתוס שהוא ההופכי של האתוס הדתי הרואה במדבר סגולות רוחניות מרחיקות לכת. האתוס הציוני יצר סיסמאות ודחף מעשים שהביאו להתמרת שעור לא גבוה של מערכות אקולוגיות מדבריות למערכות עירוניות וחקלאיות, הגדיל את אוכלוסיות האדם החי במדבר, כולל גם אוכלוסייה גדולה אך מתחלפת של אנשי צבא, ויצר תעסוקה ופרנסות לתושבים. אתוס זה אף הגביר את ממדי התירות למדבר (כולל תירות שיעדיה חופי אילת וים המלח) היינו, הגדיל את השימוש בשאר שירותי התרבות של המערכות המדבריות.

האתוס הציוני של כיבוש השממה שנוצר בהשראת המדבר עוד קודם להקמת המדינה, מתפקד גם בעשור השני של המאה ה-21, אך מציאות הטבע שיצר את המדבר חזקה ממנו, לאמור - השממה לא נכבשה ורובו של המדבר נותר במדבריותו. ויחד עם תהליך זה של הירידה בלהט האתוס הציוני ההשראה של המדבר עיצבה אתוס חדש, שניתן לקרוא לו האתוס הסביבתי, שהלך והתפתח בעולם החל משנות התשעים של המאה הקודמת, והגיע גם לישראל. אתוס זה קורא לאדם שלא להילחם בטבע אלא ללמוד לחיות עם הטבע, קריאה שהרלבנטיות שלה ואף ההיגיון שבה לגבי הטבע המדברי של ישראל הם בין החזקים ביותר. אתוס זה רואה במערכות המדבריות נכס בעיקר בגין שירותי התרבות שהן מעניקות לאלה המעוניינים בהם. אלה כוללים את השירותים המופקים באמצעות התנסות פסיבית שתועלתיה מופשטות, וביניהן תועלות ההשראה מהטיפוסים השונים שלה, שהמערכות המדבריות מעניקות.

2.3.3.5.2. המשתמשים

ההשראה מהמערכות המדבריות עשויה לייצר את כל אחד משלשת האתוסים שיהיו לנחלת הפרט או החברה, בעידן זה או אחר. המשתמשים כיום בשירות, היינו המתנסים במפגשים פסיביים עם המערכות או המודעים למערכות הללו דרך אמצעי תקשורת, יכולים באמצעות מפגשים אלה להטמיע אתוס אחד מהשלשה, הדתי-מסורתי, הציוני או הסביבתי, או להעצים את תחושת האתוס המאפיין את תרבותם. אין לנו מידע על פילוח כמותי של החברה הישראלית של היום המקיימת מפגשים עם המערכות המדבריות, בהתייחס לשלשת האתוסים. קיימת גם אפשרות של אנשים המנכסים גם את האתוס הדתי-מוסרי וגם את האתוס הסביבתי ככאלה שאינם מנוגדים זה לזה. ביניהם ישנם אף אלה שבתרבותם גם האתוס הציוני וגם האתוס הסביבתי עשויים לחיות בצוותא, במעין שווי משקל - גם להמשיך ב"פיתוח" המדבר וגם לשמור על נכסי הטבע שלו - המגוון הביולוגי ושירותי המערכת. זהו אתגר לא פשוט, אך כנראה מאפיין פלח גדול של תושבי המערכות המדבריות, ושל רבים מהמבקרים משאר חלקי הארץ. סביר שבין תירי החוץ, בעיקר היהודים שבהם, מקובל האתוס הציוני של כיבוש המדבר והפרחתו (Israel made the desert bloom), ולכן הם כמהים להשראה שיקבלו מהביקור ביישובים ובמערכות החקלאיות המוטבעות במערכות המדבריות, שתעצים את האתוס הזה שבתרבותם.

2.3.3.5.3. מגמות

נראה שאין מידע מספיק המתייחס לאתוס כרוח התרבות של התקופה, ואפשר לשער שתועלת המפגש עם המדבר של אנשי ההתיישבות הטרומ-ציונית התבטאה בהשראה שתמכה באתוס הדתי-מסורתי, ותועלת המפגש עם המדבר אצל אנשי התיישבות הציונית שלאחריה התבטאה באתוס הציוני; אתוס ציוני זה ייתכן שהוא מוחלף בהדרגה עם האתוס הסביבתי, ולעיתים ממשיך להתקיים עמו, ומגמה זו של שילוב זה עשויה להימשך.

2.3.3.6. התנסות פסיבית שתועלתיה מופשטות: הזדהות ותחושת מקום

2.3.3.6.1. מהות ומנגנון השרות

הטיול ברחבי הארץ עשוי לייצר תחושת מקום, כאשר המקום הוא ישראל בכללותה ונופיה המתגלים במהלך הטיול מייצרים חיבור רגשי עם הארץ – האתוס הציוני של קשר הישראלים לארצם (Katriel, 1995). אך עצים ויצורים אחרים שבמגוון הביולוגי של אזור כל שהוא בארץ משמשים לעיתים כנקודת עוגן בנוף המקומי של האזור. עוגנים כאלה במערכות האקולוגיות המדבריות תורמים ליצירת משמעות ותחושה של שייכות למרחב הגאוגרפי עבור האנשים המתגוררים בתוכן (sense of place). בניית זיכרון קולקטיבי, העמקת שורשים - תרבותיים, דתיים, והיסטוריים. ולעיתים, תחושה זו מקדמת אתוס תרבותי ספציפי הקשור לאותו מקום ועל ידי כך מחזקים את תחושת המקום (סימון וחובריו, 2014).

ההנאה האסתטית המתקבלת מהנוף המדברי הסובב תורמת להתרוממות רוח וטומנת בתוכה אפשרות לחיבור דתי-מסורתי, או חיבור לאתוס הציוני או אתוס הרועים המדבריים (סימון וחובריו, 2014). מסורות תרבותיות כמו פסטיבלים וסדנאות רוחניות (יוגה, מדיטציה, סדנאות שתיקה ועוד), המתפתחות במערכות המדבריות במהלך העשורים האחרונים, מחזקות את חשיבות תחושת המקום עבור הקבוצות והמגזרים השונים החיים במערכות אלה. גם הטיול בסביבת אזור המגורים המוטבע במערכת המדברית מייצר תחושת מקום וזהות עם תושביו.

2.3.3.6.2. רכיבי המגוון הביולוגי המערבים בהפקת השרות

צמחים ובעלי חיים מסוימים של המערכות המדבריות מקבלים לעיתים ערך רוחני, עד כדי קדושה והופכים לאתר לפולחן של דת ומסורת (ראו טבלה 18). במקביל, הנוף הכללי של המערכות המדבריות, כולל המגוון הרחב של בתי הגידול לרכיבים השונים של המגוון הביולוגי המדברי - הרים, וואדיות ודיונות חול, משמשים גם כמקור השראה וגם מקנים תחושת שייכות למקום והזדהות עם קהילותיו. עצים משמשים גם כציוני-דרך פיזיים (למשל עץ המסמל תחילת מסלול טיול), שיש להם משמעות חברתית (למשל "העץ של גולני" בתל-נגילה), או משמעות אתנית-מסורתית (כעצים הקדושים לבדואים).

2.3.3.6.3. ממדי הפקת השרות

חסר מידע על מספרי המשתמשים, אך בהתייחס להיצע, ידועים עצים ספציפיים (טבלה 18) מארבעה מינים שונים להם קדושה ושימוש פולחני על ידי המגזר הבדואי, ועצים משלושה מינים המשמשים אתר תרבות המעניק תחושת מקום

לאנשי המגזר היהודי (אנשי קבוץ שדה בוקר).

טבלה 18: רכיבי מגוון ביולוגי המעורבים בהקניית תחושת מקום וזהות למגורים שונים המתגוררים במערכות המדבריות.

מין	סמליות	משתמשים	מיקום ידוע
אלה אטלנטית	עץ קדוש	המגזר הבדואי	נחל צין – ואדי נפחה הר הנגב
חרוב מצוי	עץ קדוש	המגזר הבדואי	רכס בוקר (ק"מ ה-142, כביש 40)
רותם המדבר	ענפיו משמשים בפולחן קברים	המגזר הבדואי	בכל מערכת המדבר הצחיח
שיטת הנגב	נקודת עוגן ומורשת	קיבוץ שדה בוקר	נחל נוקד (נחל העץ)
אשל, אורן	נקודת עוגן ומורשת	קיבוץ שדה בוקר	חניון הרועה – נחל הרועה
גמל	סמל מורשת	המגזר הבדואי	בכל המערכות המדבריות

2.3.3.6.4. תועלות ותרומתן לרווחת האדם

ההתנסויות הרוחניות והסמליות, התנסויות פסיביות שתועלותיהן המופשטות הן תחושת המקום והזהות, תומכות בתהליכי גיבוש הקהילה המקומית, חיזוק המבנה שלה ושימור זהותה המקומית. זוהי תרומה לרכיב החברתי של רווחת האדם החי במערכות המדבריות. מיני העצים המצוינים בטבלה 18, כל אחד מהם עבור קהילת המשתמשים שלו, מתפקדים כעוגנים בנוף וכמקור לקשר למקום.

2.3.3.6.5. ממדי הפקת השרות ומצב המגוון הביולוגי התומך בעבר, ומגמות

עד ראשית שנות ה-80 של המאה הקודמת התקיימה תרבות רועים בדואית במערכות אזור המעבר והמדבר הצחיח, אשר קיימה פולחן סביב עצים קדושים וכן יצרה נקודות ציון מסורתיות ותרבותיות שסופקו על ידי רכיב העצים של המגוון הביולוגי. המשך קיום פולחן סביב עצים במערכות המדבריות וייצור נקודות עוגן תרבותיות במרחב הלך ונעשה מוגבל עקב הגדלת שטחי המערכות המדבריות המתפקדים כשמורות טבע ו/או שטחי אימוני צבא. לא קיימים נתונים מהימנים ביחס לממדי הירידה בהפקת שירות זה על ידי הבדואים. בדומה, המתיישבים בקיבוצים היהודים בראשית שנות ה-50, פיתחו קשר עם הסביבה שלהם וקבעו עוגנים בנוף בדמות עצים ושיחים. גם כאן אין מידע מהימן לגבי ירידה בשירות זה. בשנים האחרונות ישנה התגברות של תיירות ביערות הקק"ל שבמערכת אזור המעבר, וזאת מעבר לשימוש בצל האורנים לארוחות ברבקי, אלה גם שהיה ובילוי ביערות למשך כמה ימים (יצחק משה, סגן מנהל מחוז דרום בקק"ל, תקשורת אישית), שהייה שאולי מעניקה גם תחושת מקום (ראה פערי ידע).

3. פערי ידע

ישנם מספר קשיים מהותיים בהערכת ממדי הביקוש והאספקה של שירותים שונים של המערכות המדבריות, הנובעים ממספר פערי ידע שאינם נוגעים רק לשירות כזה או אחר או למקום כזה או אחר, אלא למערכות המדבריות בכללותן. בין אלה בולטים במיוחד הפערים הבאים:

- כמעט ואין מידע כמותי על ממדי האספקה של שירותי המערכת ועל היקפי השימוש בהם ואין מידע כלל על הערך הכלכלי שלהם.
- חסרים נתונים רציפים לאורך זמן של השירותים השונים מה שמונע הערכה של מגמות עבר באספקתם וחיזוי של מגמות עתידיות.
- עבור רבים משירותי הוויסות, כמו איכות אוויר, אקלים גלובלי, סחיפת קרקע והאבקה, חסרים נתוני יסוד ממערכות המדבר הצחיח והמדבר הצחיח הקיצוני. גם במקרים שישנם נתונים ממערכת אזור המעבר אלה לרוב נתונים מיער יתיר וסביבותיו שאינם בהכרח מייצגים את כלל מערכת אזור המעבר ושונים מהותית משאר המערכות המדבריות. ההסתמכות על נתונים ממערכות מדבריות בארצות אחרות גם כן מוגבלת בשל מיעוט בנתונים כאלה.
- חסר מידע על התפקיד של המגוון הביולוגי המדברי, כולל זה של הקרקע, באספקת שירותי ויסות ותמיכה שונים, ואין כמעט נתונים על הנזקים (כמו סחיפת קרקע) שהשירותים הללו ממתנים.
- קיים מידע דל וחלקי לגבי הנעשה במגזר הבדואי ובפרט בפזורה הבדואית, למעט מספר מחקרים בתחומי מדעי הרוח והחברה.
- אף על פי ששירותי התרבות ובעיקר ההשראה וההנאה מהנוף הם מהשירותים המרכזיים שמספקות המערכות המדבריות, המעקב והרישום של מספר המשתמשים, כולל מבקרים ומתפרנסים מהפקת השירות, הוא חלקי מאוד ואינו עקבי.
- במערכות המדבריות יש מגוון רחב של בתי-גידול ותנאים סביבתיים. חסר מידע על ההבדל ועל הקשר בין בתי-גידול שונים בתוך המערכות הללו, ועל ההשפעה שיש לכך על אספקת שירותי מערכת.

4. מקורות

מבוא

- אטלס ישראל החדש. (2008). אטלס ישראל החדש: האטלס הלאומי. ירושלים: המרכז למיפוי ישראל.
- אידלמן, ע., קפלן, מ., ושדות, א. (2000). *יחידות הנוף בנגב: מסמך רק לשימור פיתוח*. ירושלים: רשות הטבע והגנים.
- אשכנזי, א., חן, י., לביא, ש., ואבני, י. (2012). פרי גנך. בשביל הארץ, 47, 26-28.
- גביש-רגב ולובין 2020 השפעת זיהום נפט על מאספי העכבישנים. מתוך אסופת תקצירים של יום עיון במחקרי שמורת עברונה, 17 בספטמבר 2020
- דנין, א. (1998). *צמחי-הבר בארץ-ישראל ותפוצתם*. ירושלים: כרטא.
- דנין, א. (2000). גלילות הצומח בנגב. בתוך: אידלמן, ע., קפלן, מ., שדות, א. *יחידות הנוף בנגב: מסמך רק לשימור פיתוח*. ירושלים: רשות הטבע והגנים.
- המשרד להגנת-הסביבה. (2015). *חטיבות נוף*. נדלה ב-25 באוגוסט 2015.
- העצני-כהן, ש. (2011). *רעייה אסטרטגית: התמודדות עם פלישות לשטחי מרעה בישראל*. נייר מדיניות, אוניברסיטת תל-אביב.
- זיוון, ז. (2012). *מניצנה עד אילת: סיפורו של הנגב הדרומי 1957-1949*. מכון בן-גוריון לחקר ישראל והציונות, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.
- כץ, א., איש-שלום, כ. (2017). הסכנות הסביבתיות שבהמלחת מי נחל בוקק. *מחקרי הנגב, ים המלח והערבה*, 9, 140-144.
- מזור, ש., סבוראי, ט., ובר (קותיאל), פ. (2005). מודל מבוסס מ"ג לחיזוי כיסוי צומח מעוצה בשטחים מקוטעים טבעיים. *יער*, 7, 25-34.
- נגואיצה, ד., ובר (קותיאל), פ. (2004). איים בים של חיטה – השפעת קיטוע על הצומח הטבעי בכתמים בשטחים החקלאיים בדרום שפלת יהודה. בתוך, אשל, י. (עורך), *המכון למחקרי יהודה ושומרון, קדומים-אריאל* (עמ' 429-440). הוצאת ארץ.
- נמצוב, ס., הצופה, א., קינג, ר., ופרנקנברג, אליעזר. (2007). *משמעות שינוי סטטוס העורב האפור מחיית בר מוגנת למזיק*. ירושלים: רשות הטבע והגנים.
- ספריאל, א. (2014). המדבור – בעיה מקומית וסיכונים עולמיים. *אקולוגיה וסביבה*, 5(2), 152-160.
- פינברון-דותן, נ., דנין, א. (1998). *המגזר לצמחי-בר בארץ-ישראל*. ירושלים: כנה.
- פיפמן, וינטרס, שם טוב, מאירי, שגב וגרוןר (2020). השפעת זיהום נפט על עצי שיטים מתוך אסופת תקצירים של יום עיון במחקרי שמורת עברונה, 17 בספטמבר 2020.
- פלח, מ. (2016). אנשים למען עורבים. *זוית*, 27 בספטמבר 2016.
- פרלברג, א., רון, מ. (2014). *מישורי הלס בצפון הנגב: מערכת אקולוגית בסכנת הכחדה*. החברה להגנת הטבע.
- פרלברג, א., רון, מ., רמון, א. (2013). *סקר שיטים בערבה – דל"ח סופי*. מכון דש"א.
- רוזנצוייג, לי, גלמן, כרובי, אריה ורון (2020). [יציבות והשפעות הידרולוגיות של הידרופוביות קרקעות מזוהמות בשמורת עברונה](#). מתוך אסופת תקצירים של יום עיון במחקרי שמורת עברונה, 17 בספטמבר (2020).
- רוטשילד, א. (2018). *מ"שיפור הנוף" לשמירת הנוף – הפסקת פעולות ייעור במערכות אקולוגיות טבעיות*. החברה להגנת הטבע.

- שגב וגרונר (2020). השפעת זיהום נפט על פרוקי רגליים קרקעיים מתוך אסופת תקצירים של יום עיון במחקרי שמורת עברונה, 17 בספטמבר 2020, שורק, מ. ופרבולוצקי, א. (עורכים). (2016). *דו"ח מצב הטבע, ישראל 2016*. המארג.
- שוחט א, דומר ע, צביק י. (2016). השפעות אקולוגיות של הלימנים בצפון הנגב על הצומח והחי. מרכז דוכיפת, סקר בהזמנת רשות הטבע והגנים
- שחק, מ. (2011). מרקמים אקולוגיים: מערכות אקולוגיות בצפון הנגב כמודל. *אקולוגיה וסביבה*, 29-18, (1)2.
- Avner, U. (1990). Ancient agricultural settlement and religion in the Uvda Valley in southern Israel. *Biblical Archaeologist*, 53, 125-141.
- Bremer, L. L., & Farley, K. A. (2010). Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, 19(14), 3893-3915.
- Dorman, M., Svoray, T., Perevolotsky, A., Moshe, Y., Sarris, D. (2015). What determines tree mortality in dry environments? A multi-perspective approach. *Ecological Applications*, 25, 1054-1071.
- Finkelstein, I., Perevolotsky, A. (1990). Processes of sedentarization and nomadization in the history of Sinai and the Negev. *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, 279, 67-88.
- Golodets, C., & Boeken, B. (2006). Moderate sheep grazing in semiarid shrubland alters small-scale soil surface structure and patch properties. *Catena*, 65(3), 285-291.
- Gieger, R. (1961). *Das Klima der Bodennahen Luftschicht*. 4th Ed. Friedrich Vieweg and Sohn. Braunschweig.
- Hansen, A.J., di Castri, F. (1992). *Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows*. Ecological Studies 92, Springer-Verlag, New-York.
- Kark, S., Mukerji, T., Safriel, U.N., Noy-Meir, I., Nissani, R., Darvasi, A. (2002). Peak morphological diversity in an ecotone unveiled in the chukar partridge by a novel Estimator in Dependent Sample (EDS). *Journal of Animal Ecology*, 71, 1015-1029.
- Kark, S., van Rensburg, B.J. (2006). Ecotones: marginal or central areas of transition? *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 52, 29-53.
- Kutiel, P., Lavee, H., & Shoshany, M. (1995). Influence of climatic gradient upon vegetation dynamics along a Mediterranean - arid transect. *Journal of Biogeography*, 22, 1065-1071.
- Paz-Kagan, T., Zaady, E., Shachak, M., & Karnieli, A. (2016). Transformation of shrublands to forests: The role of woody species as ecosystem engineers and landscape modulators. *Forest Ecology and Management*, 361, 257-268.
- Randi, E., Tabarroni, C., Kark, S. (2006). The role of history vs. demography in shaping genetic population structure across an ecotone: chukar partridges (*Alectoris chukar*) as a case study. *Diversity and Distributions*, 12, 714-724.
- Rosen, S.A. (1987). Demographic trends in the Negev Highlands: preliminary results from the emergency survey. *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, 266, 45-58.
- Rosen, S.A., Savinetsky, A.B., Plakht, Y., Kisseleva, N.K., Khassanov, B.F., Pereladov, A.M.,

- Haiman, M. (2005). Dung in the desert: preliminary results of the Negev Holocene Ecology project. *Current Anthropology*, 46, 317-326.
- Safriel, U.N., Volis, S., Kark, S. (1994). Core and peripheral populations and global climate change. *Israel Journal of Plant Sciences*, 42, 331-345.
- Shachak, M., Sachs, M., & Moshe, I. (1998). Ecosystem management of desertified shrublands in Israel. *Ecosystems*, 1, 475-483.
- Shahack-Gross, R., Finkelstein, I. (2008). Subsistence practices in an arid environment: geoarchaeological investigation in an Iron Age site, the Negev Highlands, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 35, 965-982.
- Shanas, U., Galyun, Y. A., Alshamli, M., Cnaani, J., Guscio, D. U., Khoury, F., ... & Sultan, H. (2011). Landscape and a political border determine desert arthropods distribution. *Journal of arid environments*, 75(3), 284-289.
- Shmida, A. (1985). Biogeography of the desert floras of the world. In: Evenari, M., Noy-Meir, I., Goodall, D.W. (eds.), *Hot Deserts and Arid Shrublands. Ecosystems of the World 12a* (pp. 23-77). Elsevier, Amsterdam.
- Smith, T.B., Saatchi, S., Graham, C., Slabbekoorn, H., Spicer, G. (2005). Putting process on the map: why ecotones are important for preserving biodiversity. In: Purvis, A., Gittleman, J.L., Brooks, T. (eds.), *Phylogeny and Conservation. Conservation Biology 8* (pp. 166-197). Cambridge University Press, Cambridge.
- Svoray, T., Mazor, S. & Bar (Kutiel), P. (2007). How is shrub cover related to soil moisture and patch geometry in fragmented landscapes of the northern Negev desert? *Landscape Ecology*, 22, 105-116.
- UNEP. (1992). *World Atlas of Desertification*. Edward Arnold, London. Arnold, London.

אספקת מזון מן הבר

- אבו רביע, ע. (1983). הרפואה המסורתית בין שבטי הבדווים בנגב. *רשימות בנושא הבדואים*, 14, 1-21.
- ארד, ד. (2015). גם בישראל כמהים לפטריות כמהין. הארץ. נדלה בתאריך 21 באוגוסט 2018.
- ורון, ג. (2015). לראשונה בישראל: חקלאים הצליחו לגדל פטריות כמהין. חדשות באתר מאקו. נדלה בינואר 2019.
- כהן, ד., גרף, ש., גלילי, א., גלילי, ט., לב-דיון, ש., וגנר, ר. (2002). *אקלום עכובית הגלגל כגידול תרבות בגליל העליון*. דו"ח מו"פ צפון, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- פולק, ג. (2015). שימוש בצמחי בר של החורש והבתה למאכל, למשקה וכתבלין – כשירות מערכת אקולוגית. *כלנית*, 2.
- קריספיל, נ. (1983). *ילקוט הצמחים: צמחי הרפואה והתועלת של ארץ-ישראל: תיאור, פולקלור, מתכונים בלעדיים ותושיית שדה*. ירושלים: כנה.
- קריספיל, נ. (1987). *ילקוט הצמחים: צמחי הרפואה והתועלת של ארץ-ישראל: תיאור, פולקלור, מתכונים בלעדיים ותושיית שדה*. הוצאת יערה, ירושלים.
- שטרית, י., קפולניק, י., לוינסון, א., בן שבת, ש., שמר, צ., צעדי, א., הדס, ר., וינגר, ס. (2014). *תרבות וגידול פטריית המדבר כגידול חדש לנגב: הקמת מאגר גנטי של צמחים פונדקאים והנחת תשתית לגידול מסחרי*. דו"ח לתוכנית מחקר, משרד החקלאות.

שלמון ב. (1995). על קרן הצבי: צבאים בישראל. טבע הדברים, 7.

- Bailey, C., Danin, A. (1981). Bedouin plant utilization in Sinai and the Negev. *Economic Botany*, 35, 145-162.
- Bruins, H., Sherzer, Z., Ginat, H., Batarseh, S. (2012), Degradation of the springs in the Arava Valley: Anthropogenic and Climatic Factors. *Journal of Land Degradation and Development*, 23, 365-383.
- De-Angelis, Y. (1969). Cultivation of the truffle *Terfezia leonis* on *Helianthemum sessiliflorum* - First observations. Unpublished manuscript.
- Mordoch, Y. (2012). *Influence of sedentarization on the use of Bedouin traditional medicine in the Negev* (MA thesis). The Albert Katz International School for Desert Studies, Ben-Gurion University of the Negev.
- Rueff, H., Parizot, C., Ben Israel, A., Schwartz, M. (2008). Dryland afforestation and poverty alleviation: Bedouin and Palestinian non-timber forest product collectors in contrasting economic environments. *Human Ecology*, 36, 923-930.

אספקת משאבים גנטיים

מייזליש גתי, ע., זינגר, א., קרן, א., גולן, ס., ליפשיץ, ד., פארג'ל, ת., רחמים, א., מדר, מ., פרבולוצקי, א. (2015). בנק הגנים הישראלי לצמחי ארץ-ישראל: דל' ח סיכום פעילות שנת 2014. בית-דגן: משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

סקר חבל יתיר. (2006). חבל יתיר: סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א, יחידת הסקרים.

פרגמן, א., רון, מ. (2014). מישורי הלס בצפון הנגב – מערכת אקולוגית בסכנת הכחדה: חוברת מידע והמלצות לקובעי מדיניות, מתכננים, מנהלי שטח ואנשי חינוך. תל-אביב: החברה להגנת הטבע.

שמידע, א., פולק, ג., פרגמן-ספיר, א. (2007). הספר האדום: צמחים בסכנת הכחדה בישראל. ירושלים: רשות הטבע והגנים.

- Barazani, O., & Golan-Goldhirsh, A. (2009). Salt-driven interactions between *Pistacia lentiscus* and *Salsola inermis*. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(7), 855.
- Danin, A. (2008). Desert rocks—A habitat which supports many species that were new to science in the last 40 years. *Turkish Journal of Botany*, 32(6), 459-464.
- Del Río, M., Font, R., Almela, C., Vélez, D., Montoro, R., & Bailon, A. D. H. (2002). Heavy metals and arsenic uptake by wild vegetation in the Guadiamar river area after the toxic spill of the Aznalcóllar mine. *Journal of Biotechnology*, 98(1), 125-137.
- Golan-Goldhirsh, A., Lugasi-Evgi, H., Sathiyamoorthy, P., Pollack, Y., & Gopas, J. (1998). Biotechnological potential of Israeli desert plants of the Negev. *XXV International Horticultural Congress, Part 13: New and Specialized Crops and Products, Botanic Gardens and Human-Horticulture Relationship*, 523, 29-36.
- Hadas, R., Kamenetsky, R., & Fragman-Sapir, O. (2009). Ex-situ conservation of Israel's native geophytes—Source for development of new ornamental crops. *Israel journal of plant sciences*, 57(4), 277-285.
- Kark, S., Hadany, L., Safriel, U. N., Noy-Meir, I., Eldredge, N., Tabarroni, C., & Randi, E. (2008). How does genetic diversity change towards the range periphery? An empirical and theoretical

test. *Evolutionary Ecology Research*, 10(3), 391-414.

- Safriel, U. N., Volis, S., & Kark, S. (1994). Core and peripheral populations and global climate change. *Israel Journal of Plant Sciences*, 42(4), 331-345.
- Sathiyamoorthy, P., Van Damme, P., Oven, M., & Golan-Goldhirsh, A. (1997). Heavy metals in medicinal and fodder plants of the Negev desert. *Journal of Environmental Science & Health Part A*, 32(8), 2111-2123.
- Shelef, O., Guy, O., Solowey, E., Kam, M., Degen, A. A., & Rachmilevitch, S. (2016). Domestication of plants for sustainable agriculture in drylands: experience from the Negev Desert. *Arid Land Research and Management*, 30(2), 209-228.
- Tedla, B. A. (2014). *Selection of Pistacia Atlantica Genotypes and Populations for Successful Establishment in the Northern Negev Afforestation*. Ben-Gurion University of the Negev, Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Albert Katz International School for Desert Studies.
- Edwards-Jones, G., Cross, P., Foley, N., Harris, I., Kaiser, M., Le Vay, L., ... & Waller, P. (2011). Chapter 15: Provisioning Services. In: *The UK National Ecosystem Assessment Technical Report*. UK National Ecosystem Assessment, UNEP-WCMC, Cambridge.

אספקת צמחי תבלין ומרפא

גרנות, ג. (2015). צמחי הנגב ברפואה הערבית, האיסלאמית הקדומה וברפואה הבדואית. הוצאת אופיר ביכורים, יהוד.
סקר חבל יתיר. (2006). חבל יתיר: סקר, ניתוח והערכה של משאבי טבע, נוף ומורשת האדם. מכון דש"א, יחידת הסקרים.
פולק, ג. (2015). שימוש בצמחי בר של החורש והבתה למאכל, למשקה וכתבלין – כשירות מערכת אקולוגית. כלנית, 2.

קריספיל, נ. (1987). ילקוט הצמחים: צמחי הרפואה והתועלת של ארץ-ישראל: תיאור, פולקלור, מתכונים בלעדיים ותושיית שדה. הוצאת יערה, ירושלים.

- Bailey, C., & Danin, A. (1981). Bedouin plant utilization in Sinai and the Negev. *Economic Botany*, 35(2), 145-162.
- Friedman, J., Yaniv, Z., Dafni, A., & Palewitch, D. (1986). A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel. *Journal of ethnopharmacology*, 16(2-3), 275-287.
- Harlev, E., Nevo, E., Mirsky, N., & Ofir, R. (2013). Antidiabetic attributes of desert and steppic plants: a review. *Planta medica*, 79(06), 425-436.
- Mordoch, Y. (2012). *Influence of sedentarization on the use of Bedouin traditional medicine in the Negev* (MA thesis). The Albert Katz International School for Desert Studies, Ben-Gurion University of the Negev.
- Rueff, H., Parizot, C., Israel, A. B., & Schwartz, M. (2008). Dryland afforestation and poverty alleviation: Bedouin and Palestinian non-timber forest product collectors in contrasting economic environments. *Human ecology*, 36(6), 923-930.

אספקת ביומסה של צמחים מעוצים

אדר כ, בונה ע. (2015). ניצול בולי עץ ורסק עץ כפועל יוצא של פעולות ממשק ביערות הנטועים בישראל: תמצית הדוח של משלחת שירות הייעור האמריקני (יולי 2012), מאת Mark Kanebe ו-Larry Swan, יער, 14, 33-39.

Mordoch Y. (2012). *Influence of sedentarization on the use of Bedouin traditional medicine in the Negev* (MA thesis). The Albert Katz International School for Desert Studies, Ben-Gurion University of the Negev.

ויסות איכות האויר

- המשרד להגנת הסביבה. (2016). מזהמי אוויר נפוצים והשפעתם על הבריאות. גדלה בתאריך 27 במרץ 2016. פרלברג, א., רון, מ., רמון, א. (2013). סקר שיטים בערבה – דל"ח סופי. מכון דש"א.
- שחק מ. (2011). מרקמים אקולוגיים: מערכות אקולוגיות בצפון הנגב כמודל. *אקולוגיה וסביבה*, 2(1), 18-29.
- Jim, C. Y., & Chen, W. Y. (2008). Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). *Journal of environmental management*, 88(4), 665-676.
- Krasnov, H., Vodonos, A., Katra, I., Novack, V., & Friger, M. (2012). P-012: The Association between Dust Storms Exposure and Specific Mortality in Negev Desert, Israel. *Epidemiology*, 23(5S).
- Krasnov, H., Katra, I., Koutrakis, P., & Friger, M. D. (2014). Contribution of dust storms to PM10 levels in an urban arid environment. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64(1), 89-94.
- Kulshreshtha, K., Rai, A., Mohanty, C. S., Roy, R. K., & Sharma, S. C. (2009). Particulate pollution mitigating ability of some plant species. *International journal of environmental research*, 3(1), 137-142.
- Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban forestry & urban greening*, 4(3-4), 115-123.
- Ram, S. S., Majumder, S., Chaudhuri, P., Chanda, S., Santra, S. C., Maiti, P. K., ... & Chakraborty, A. (2014). Plant canopies: bio-monitor and trap for re-suspended dust particulates contaminated with heavy metals. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 19(5), 499-508.
- Shachak, M., & Lovett, G. M. (1998). Atmospheric deposition to a desert ecosystem and its implications for management. *Ecological Applications*, 8(2), 455-463.
- Uni, D., & Katra, I. (2017). Airborne dust absorption by semi-arid forests reduces PM pollution in nearby urban environments. *Science of the Total Environment*, 598, 984-992.
- Zaady, E., & Offer, Z. Y. (2010). Biogenic soil crusts and soil depth: a long-term case study from the Central Negev desert highland. *Sedimentology*, 57(2), 351-358.

אספקת מרעית למקנה

אוונגר, י.ד., פרבולוצקי, א., יהונתן, ר., ברקאי, ד., חפץ, י., ברעם, ח. (1999). ייצור ראשוני של המרעה הטבעי בגבעות הנגב הצפוני: גורמים משפיעים והשלכות ממשקיות. *אקולוגיה וסביבה*, 5, 130-139.

ברנד, ד., משה, י., שחק, מ. (2015). שקום תפקודי של מערכות אקולוגיות ממדברות בצפון הנגב – נייר עמדה לפעולות השיקום של קרן קיימת לישראל בצפון הנגב. נייר עמדה לפעולות השיקום של קרן קיימת לישראל בצפון הנגב.

- ברנשטיין, א. (2010). הלימנים בנגב – מסמך מדיניות. מחלקת תכנון ומחלקת יער, מרחב דרום, קק"ל.
- גרוס, א. (2003). שירותים וטרינריים: הגנה על בני אדם ובעלי חיים בדרך שמירה על בריאותם של בעלי החיים בעדרי הבדווים. רשימות בנושא הבדואים, 35.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (1960). שנתון סטטיסטי לישראל תש"ך. ירושלים: המדפיס הממשלתי.
- העצני-כהן, ש. (2011). רעייה אסטרטגית: התמודדות עם פלישות לשטחי מרעה בישראל. נייר מדיניות, אוניברסיטת תל-אביב.
- זליגמן, נ., אונגר, י., הנקין, ז., לנדאו, י., צעדי, א., פרבולוצקי, א. (עורך). (2016). על צומח, בעלי חיים ואנשים – תורת נהול המרעה בישראל. ירושלים: נקודת ח"ן.
- זליגמן, נ., רוזנזפט, צ., תדמור, נ. (1959). המרעה הטבעי בישראל. מרחביה: ספריית הפועלים.
- כהן, א., בר-בורנשטיין, ד., סידן, ג., מזור, ל. (2017). יבוא גרעינים למספוא ולתעשייה כמקור לחדירת זרעים זרים ומזיקים לשדות חקלאיים ולשטחים טבעיים. אקולוגיה וסביבה, 8(3), 36-43.
- לנדאו, י., אבו-רביע, ע., אבלגון, ד., ואבו-סיאם, ס. (2015). הרעייה העונתית של עדרי הבדואים ביערות קק"ל: התפתחויות מ-2009 ל-2014. יער, 15, 30-39.
- פרבולוצקי, א. (1999). שימור, פיתוח נופי ורעייה בנגב הצפוני: פעולות סותרות או משלימות. אקולוגיה וסביבה, 5, 199-190.
- שינבאום, א. (2014). סקירת שירותי מערכת אקולוגית ברעיית צאן בשלפים במרחב נחל שקמה.
- Bailey, C., & Danin, A. (1981). Bedouin plant utilization in Sinai and the Negev. *Economic Botany*, 35, 145-162.
- Noy-Meir, I. (1975). *Primary and secondary production in sedentary and nomadic grazing systems in the semi-arid region: analysis and modeling*. Research report to the Ford foundation.

אספקת מרעית לדבורת-הדבש

- אבידור, ה. (2014). תפרוסת כוורות ארצית. בתוך: ברנד וחוב', 2015. דו"ח פנימי של מועצת הדבש, משרד החקלאות ופיתוח הכפר
- ברנד, ד., משה, י., שחק, מ. (2015). שקום תפקודי של מערכות אקולוגיות ממודברות בצפון הנגב. נייר עמדה לפעולות השיקום של קרן קיימת לישראל בצפון הנגב.
- קגן ס., צ'רקסקי, פ. (2013). צמחי נוי צופנים לדבורים. פרסום בהוצאת קק"ל והמועצה לייצור ושיווק דבש.

ויסות מחזור המים

- אבן ארי, מ., שגן, ל., תדמור, נ. (1980). הנגב. מלחמת קיום במדבר. ירושלים: הוצאת ביאליק.
- גינת ח, שלמון ב. (2014). המלקוש בערבה הדרומית ובנגב הדרומי בחודש מאי 2014. מחקרי הנגב, ים-המלח והערבה, 4-1, 6.
- צעדי א. (1999). קרומי קרקע ביולוגיים ותפקידם במערכת אקולוגית מדברית. אקולוגיה וסביבה, 5, 77-83.
- שחק מ. (2011). מקמים אקולוגיים: מערכות אקולוגיות בצפון הנגב כמודל. אקולוגיה וסביבה, 2(1), 18-29.
- שרצר ז, גינת ח. (2011). מעיינות בערבה – שינויים עם הזמן. מלח הארץ, 5, 17-36.

שנציס א., לרון, י. (2005). אפיון הידרומטרי מלא של נפחי גאוויות בנגב לצרכי תכנון ובניה. דוח סופי. מדינת ישראל, הרשות לפיתוח הנגב והמשרד לקליטת עלייה. גדלה בתאריך 29.7.18.

Avni, Y. (2005). Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, Israel. *Catena*, 63, 185-220.

Bein, A., Yechieli, Y., Bensabat, J. (2001). Quantifying the ground water resources of the southern Arava Rift Valley: a confined desert system recharged laterally by external sources. *Israel Journal of Earth Science*, 50, 217-236.

Bruins, H.J., Sherzer, Z., Ginat, H., Batarseh, S. (2012). Degradation of springs in the Arava Valley: anthropogenic and climate factors. *Land Degradation and Development*, 23, 365-383.

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

Eldridge, D.J., Zaady, E., & Shachak, M. (2002). Microphytic crusts, shrub patches and water harvesting in the Negev Desert: the Shikim system, *Landscape Ecology*, 17, 587-597.

Ginat, H., Shlomi, Y., Batarseh, S., Vogel, J. (2011). Reduction in precipitation levels in the Arava Valley (southern Israel and Jordan), 1949-2009. *Journal of Dead-Sea and Arava Research*, 1, 1-7.

Greenbaum, N., Schwartz, U., Bergman, N. (2011). Extreme floods and short-term hydroclimatological fluctuations in the hyper-arid Dead Sea region, Israel. *Global and Planetary Change*, 70, 125-137.

Raz-Yaseef, N., Rotenberg, E., Yakir, D. (2010). Effects of spatial variations in soil evaporation caused by tree shading on water flux partitioning in a semi-arid pine forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 454-462.

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.

ויסות סחיפת קרקע

בן-חור, מ., טנאו, ח., לייב, ל. (2006). שימוש בגזם מרוסק של עצים כחיפוי קרקע למניעת נגר וסחף. יער, 8, 23-29.
בן-חור, מ., טנאו, ח., לאדו, מ., לייב, ל., ענבר, א. (2015). השפעת השינוי בשימושי קרקע משטחי בור ליער נטע אדם על המבנה והתכונות ההידראוליות של הקרקע בתנאי אקלים שונים בישראל. יער, 14, 24-32.

דנין, א., בר-אור, י., דור, א., ישראלי, ט. (1990). פעילות משולבת של כחוליות וצמחים עילאיים בייצוב חולות בנגב. *אופקים בגיאוגרפיה*, 31, 169-178.

צעדי, א. (1999). קרומי קרקע ביולוגים ותפקידם במערכת אקולוגית מדברית. *אקולוגיה וסביבה*, 5(2-3), 77-83.

Amir, R., Kinast, S., Tsoar, H., Yizhaq, H., Zaady, E., Ashkenazy, Y. (2014). The effect of wind and precipitation on vegetation and biogenic crust covers in the Sde-Hallamish sand dunes. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 119, 437-450.

Avni, Y. (2005). Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, Israel. *Catena*, 63, 185-220.

- Avni, Y. (2010). The Glacial-Interglacial environmental change in arid and semi-arid regions and the concept of natural desertification, In Justin AD (Ed.), *Advances in Environmental Research*, 12 (pp. 1-51). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Avni, Y., Porat, N., Plakht, J., Avni, G. (2006). Geomorphic changes leading to natural desertification versus anthropogenic land conservation in an arid environment, the Negev Highlands, Israel. *Geomorphology*, 82, 177-200.
- Avni, Y. (2012). The concept of Natural Desertification—the Global approach. *Quaternary International*, 279, 30.
- Barthes, B., Roose, E. (2002). Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47, 133-149.
- Crouvi, O., Amit, R., Enzel, Y., Porat, N., Sandler, A. (2008). Sand dunes as a major proximal dust source for late Pleistocene loess in the Negev desert, Israel. *Quaternary Research*, 70, 275-282.
- Eldridge, D. J., & Greene, R. S. B. (1994). Microbiotic soil crusts—a review of their roles in soil and ecological processes in the rangelands of Australia. *Soil Research*, 32(3), 389-415.
- Eldridge, D.J., Leys, J.F. (2003). Exploring some relationships between biological soil crusts, soil aggregation and wind erosion. *Journal of Arid Environments*, 53, 457-466.
- Kutiel, P., Lavee, H., Segev, M., Benyamini, Y. (1995). The effect of fire-induced surface heterogeneity on rainfall-runoff-erosion relationships in an eastern Mediterranean ecosystem, Israel. *Catena*, 25, 77-87.
- Kutiel, P., Lavee, H., Ackermann, O. (1998). Spatial distribution of soil surface coverage on north and south facing hillslopes along a Mediterranean to extreme arid climatic gradient. *Geomorphology*, 23, 245-256.
- Stavi, I., Lavee, H., Ungar, E. D., & Sarah, P. (2009). Ecogeomorphic feedbacks in semiarid rangelands: a review. *Pedosphere*, 19(2), 217-229.
- Oren, Y., Perevolotsky, A., Brand, S., Shachak, M. (2011). Livestock and engineering network in the Israeli Negev: implications for ecosystem management. *Ecosystem Engineers: Plants to Protists*, 4.
- Raz-Yaseef, N., Rotenberg, E., Yakir, D. (2010). Effects of spatial variations in soil evaporation caused by tree shading on water flux partitioning in a semi-arid pine forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 454-462.
- Sarah, P. (2005). Soil aggregation response to long- and short-term differences in rainfall amount under arid and Mediterranean climate conditions. *Geomorphology*, 70, 1-11.
- Sarah, P. (2006). Soil organic matter and land degradation in semi-arid area, Israel. *Catena*, 67, 50-55.
- Sarah, P., Zonana, M. (2015). Livestock redistribute runoff and sediments in semi-arid rangeland areas. *Solid Earth*, 6, 1-11.
- Shachak, M., Lovett, G.M. (1998). Atmospheric deposition to a desert ecosystem and its implications for management. *Ecological Applications*, 8, 455-463.
- Shachnovich, Y., Berliner, P.R., Bar, (Kutiel) P. (2008). Rainfall interception and spatial

- distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone. *Journal of Hydrology*, 349, 168-177.
- Stavi, I., Ungar, E.D., Lavee, H., Sarah, P. (2008). Grazing-induces spatial variability of soil bulk density and content of moisture, organic carbon and calcium carbonate in a semi-arid rangeland. *Catena*, 75, 288-296.
- Tanner, S., Katra, I., Haim, A., Zaady, E. (2016). Short-term soil loss by eolian erosion in response to different rain-fed agricultural practices. *Soil and Tillage Research*, 155, 149-156.
- Yair, A., Almog, R., Veste, M. (2011). Differential hydrological response of biological topsoil crusts along a rainfall gradient in a sandy arid area: Northern Negev Desert, Israel. *Catena*, 87, 326-333.
- Zaady, E., Offer, Z.Y. (2009). Biogenic soil crusts and soil depth: a long-term study from the Central Negev desert highlands. *Sedimentology*, 57, 351-358.
- Zaady, E., Katra, I., Yizhaq, H., Kinast, S., Ashkenazy, Y. (2014). Inferring the impact of rainfall gradient on biocrusts' developmental stage and thus on soil physical structures in sand dunes. *Aeolian Research*, 13, 81-89.

ויסות מזיקים ומחלות

- בן דוד, צ., סדובסקי, א., דוברינין, ס. (2011). על אקריות ותרופסים ברימון. *עלון הגוטע*, 65, 20-22.
- Ausher, R. (1997). Implementation of integrated pest management in Israel. *Phytoparasitica*, 25, 119-141.
- Blumberg, D. (2008). Date palm arthropod pests and their management in Israel. *Phytoparasitica*, 36, 411-448.
- Chyzik, R., Ucko, O. (2002). Seasonal abundance of the Western Flower Thrips *Frnakliniella occidentalis* in the Arava Valley of Israel. *Phytoparasitica*, 30, 335-346.
- Gavish-Regev, E., Lubin, Y., Coll, M. (2008). Migration patterns and functional groups of spiders in a desert agroecosystem. *Ecological Entomology*, 33, 202-212.
- Gavish-Regev, E., Rotkopf, R., Lubin, Y., Coll, M. (2009). Consumption of aphids by spiders and the effect of additional prey: evidence from microcosm experiments. *BioControl*, 54, 341-350.
- Lotan, A. (2011). *Developing an Integrated Pest Management Program for the Old World Date Mite *Oligonychus afrasiaticus* in the Southern Arava Valley*. (Ph. D Thesis). University of Haifa, Faculty of Science and Science Education, Department of Evolutionary and Environmental Biology.
- Pluess, T., Opatovsky, I., Gavish-Regev, E., Lubin, Y., Schmidt, M.H. (2008). Spiders in wheat fields and semi-desert in the Negev (Israel). *Journal of Arachnology*, 36, 368-373.
- Pluess, T., Opatovsky, I., Gavish-Regev, E., Lubin, Y., Schmidt-Entling, M.H. (2010). Non-crop habitats in the landscape enhance spider diversity in wheat fields of a desert agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 137, 68-74.
- Schuldiner-Harpaz, T., Coll, M. (2013). Effects of global warming on predatory bugs supported by data across geographic and seasonal climatic gradients. *PloS ONE*, 8, e66622.

Swirski, E., Amitai, S. (1997). Annotated list of phytoseiid mites (Mesostigmata: Phytoseiidae) in Israel. *Isr. J. Entomol*, 31, 21-46.

ויסות אקלים עולמי

פרלברג, א., רון, מ., רמון, א. (2013). סקר שישים בערבה – ד"ח סופי. מכון דש"א.

Dorman, M., Svoray, T., Perevolotsky, A., Moshe, Y., Sarris, D. (2015). What determines tree mortality in dry environments? A multi-perspective approach. *Ecological Applications*, 25, 1054-1071.

Gelfand, I., Grunzweig, J.M., Yakir, D. (2012). Slowing of nitrogen cycling and increasing nitrogen use efficiency following afforestation of semi-arid shrubland. *Oecologia*, 168, 563-575.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Scientific Report*. IPCC, Geneva, Switzerland.

Israel Ministry of Environmental Protection. (2015). *Israel's First Biennial Update Report*. Submitted to the United Nations framework convention on climate change, December 2015.

Kafle, H.K., Bruins, H.J. (2009). Climatic trends in Israel 1970-2002: warmer and increasing aridity inland. *Climatic Change*, 96, 63-77.

Kurz, W.A., Apps, M.J. (1999). A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector. *Ecological Applications*, 9, 526-547.

Luyssaert, S., Schulze, E.D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B.E., Ciais, P., Grace, J. (2008). Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 455, 213-215.

Rotenberg, E., Yakir, D. (2010). Contribution of semi-arid forests to the climate system. *Science*, 327, 451-454.

Safriel, U., Adeel, Z. (2005). Dryland Systems. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (eds.), *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group* (pp. 623-662). Washington: Island press.

Song, C., Woodcock, C.E. (2003). A regional forest ecosystem carbon budget model: impacts of forest age structure and landuse history. *Ecological Modelling*, 164, 33-47.

Suganuma, H., Ito, T., Kumada, S., Kurosawa, K., Kojima, T. (2010). Evaluation of carbon sequestration amount and baseline using satellite imagery in arid land. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 38, 653-658.

Tal, A., Gordon, J. (2010). Carbon cautious: Israel's afforestation experience and approach to sequestration. *Small-Scale Forestry*, 9, 409-428.

Wilske, B., Burghaeimer, J., Maseyk, K., Karnieli, A., Zaady, E., Andreae, M.O., Yakir, D., & Kesselmeier, J. (2009). Modeling the variability in annual carbon fluxes related to biological soil crusts in a Mediterranean shrubland. *Biogeosciences Discussions*, 6, 7295-7324.

Zaady, E., Kuhn, U., Wilske, B., Sandoval-Soto, L., & Kesselmeier, J. (2000). Patterns of CO₂ exchange in biological soil crusts of successional age. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 959-966.

- אבני, י., דנין, א. (2011). סוד האלות האטלנטיות. בשביל הארץ, 40, 24-27.
- אשכנזי, א. (2014). המרכיבים הגיאולוגיים, הגיאוגרפיים והאנתרופולוגיים המשפיעים על השרידות של עצי פרי בבוסתנים בדואיים נטושים בנגב (חיבור לשם קבלת תואר דוקטור). האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- ברנשטיין, א. (2011). הלימנים בנגב: מסמך מדיניות. הקרן הקיימת לישראל.
- דנין, א. (1977). הצומח בנגב. הוצאת ספרית פועלים והוצאת יחדיו.
- הבלנה, ד. (2005). השלכות אקולוגיות ואבולוציוניות של שינוי מרחבי בלחצי טריפה על הלטאה שנונית באר-שבע (*Acanthdactylus beershebensis*) (חיבור לשם קבלת תואר דוקטור). אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.
- כהן, פ., פוצ'טר, ע., ביתן, א. (2007). ביוקלימטולוגיה של פארקים עירוניים בתל-אביב. יער, 9, 40-46.
- מושליון, כ. (2008). השפעתם של שני מיני עצים שונים על המיקרואקלים ונוחות האדם באזורים מדבריים (חיבור לשם קבלת תואר מוסמך). אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.
- פרלברג, א., רון, מ., רמון, א. (2013). סקר שיטים בערבה – דל"ח סופי. מכון דש"א.
- ASHRAE Standard 55. (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ANSI/ASHRAE) Standard. Retrived January 2019.
- Becker, S., Potchter, O., & Yaakov, Y. (2003). Calculated and observed human thermal sensation in an extremely hot and dry climate. *Energy and Buildings*, 35, 747-756.
- Belsky, A.J., Mwonga, S.M., Amundson, R.G., Duxbury, J.M., Ali, A.R. (1993). Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environments in high- and low-rainfall savannas. *Journal of Applied Ecology*, 30, 143-155.
- Betts, A.K., Ball, J.H. (1997). Albedo over the boreal forest. *Journal of Geophysics*, 102(D24), 28901-28910.
- Cohen, P., Potchter, O., Matzarakis, A. (2012). Daily and seasonal climate conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. *Building and Environment*, 51, 285-295.
- Dorman, M., Svoray, T., Perevolotsky, A., Moshe, Y., Sarris, D. (2015). What determines tree mortality in dry environments? A multi-perspective approach. *Ecological Applications*, 25, 1054-1071.
- Grime, J.P. (1977). "Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory". *American Naturalist*. 111(982): 1169–1194.
- Holmgren, M., Gomez-Aparicio, L., Quero, J.L., Valladares, F. (2011). Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities. *Oecologia*, 169, 293-305.
- Kotzen, B. (2003). An investigation of shade under six different tree species of the Negev desert towards their potential use for enhancing micro-climatic conditions in landscape architectural development. *Journal of Arid Environments*, 55, 231-274.
- Kutiel, P., Lavee, H., & Shoshany, M. (1995). Influence of climatic gradient upon vegetation dynamics along a Mediterranean - arid transect. *Journal of Biogeography*, 22, 1065-1071

- Markvart, T., & Castañer, L. (2003). *Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Application*. Elsevier.
- Potchter, O., Goldman, D., Kadish, D., & Iluz, D. (2008). The oasis effect in an extremely hot and arid climate: the case of southern Israel. *Journal of Arid Environments*, 72, 1721-1733.
- Potchter, O., Goldman, D., Iluz, D., & Kadish, D. (2012). The climatic effect of manmade oasis during winter season in hyper arid zone: the case of southern Israel. *Journal of Arid Environments*, 87, 231-242.
- Rotenberg, E., Yakir, D. (2010). Contribution of semi-arid forests to the climate system. *Science*, 327, 451-454.
- Rotenberg, E., Yakir, D. (2011). Distinct patterns of changes in surface energy budget associated with forestation in the semiarid region. *Global Change Biology*, 17, 1536-1548.
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., Erell, E. (2008). The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning* 92, 179-186.
- Shashua-Bar, L., Cohen, S., Potchter, O., Yaakov, Y., Tanny, J., & Bar (Kutiel), P. 2010. The use of street trees for heat mitigation in hot and arid regions. Case study: Beer Sheva, Israel. In: Matzarakis, A., Mayer, H., & Chmielewski, F.M. (eds.), *Proceeding of 7th Conference on Biometeorology, the Meteorological Institute* (pp. 461-466). Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Freiburg, Germany, 12-14 of April, 2010.
- Shoshany, M., Kutiel, P. & Lavee, H. (1996). Monitoring temporal vegetation cover changes in Mediterranean and arid ecosystems using remote sensing techniques: Case study of the Judean Mountain and Judean Desert. *Journal of Arid Environments*, 33, 9-21.
- Tetzlaff, G. (1983). *Albedo of the Sahara: Cologne University Satellite Measurement of Radiation Budget Parameters*. Cologne University.

שירותי תרבות: תיירות פנאי וספורט

- ויזל, י., פולק, ג. וכהן, י. (1977). אקולוגיה של הצומח בארץ ישראל. פתח תקוה: הוצאת המדור לאקולוגיה בע"מ, אוניברסיטת תל אביב.
- לרמן תכנון עיר ואזור. (2014). שימור נופי הבראשית יחד עם ביסוס הקהילות וטיפוח דרך המעטשים ומעלה עקרבים. הזמנה למפגש משותף – נציגי ראשי הרשויות בנגב, רט"ג ורע"ת (20.3.2014).
- רשות שמורות הטבע והגנים. (2002). שמורות טבע וגנים לאומיים בנגב. בתוך: ברקאי, ג., ושילר, א. (עורכים). עם הפנים אל הנגב. חלק ב. ירושלים: הוצאת ספרים אריאל.
- רשות שמורות הטבע והגנים. (2013). דין וחשבון רשות הטבע והגנים לשנת 2013.
- רשות שמורות הטבע והגנים. (2014). להמשיך מבראשית, הצעת מחליטים: לשימור הנגב, ארץ המכתשים, דרכי הבשמים, נופי הבראשית, הקהילות, תיירות וטיילות המדבר. טיוטה מישיבת רשויות מקומיות, מרץ 2014.
- שר-שלום, א. (2012). תכנית לאומית לעידוד הפנאי והנופש בחיק הטבע. עקרונות תכנית אב המשכית לחינוכי לילה.

- גרונר א., ושחק, מ. (2011). *LTER* ההיסטוריה של הקמת הרשת בעולם ובארץ ומצב הרשת. המשרד להגנת הסביבה. (2018). [בית ספר ירוק](#). נדלה בתאריך 9 באוגוסט 2018.
- זהבי א., וזהבי, א. (1996). טווסים, אלטרואיזם ועקרון ההכבדה. הוצאת החברה להגנת הטבע.
- משרד החינוך. (2016). חוזר מנכ"ל מה- 6.2.2016 בנושא: טיולים ופעילות חוץ בית ספרית במערכת החינוך – היבטים פדגוגיים, ארגוניים, בטיחותיים וביטחוניים. משרד החינוך, מדינת ישראל.
- Adams, A. M., Marais, E., Turner, J. S., Prendini, L., & Pinshow, B. (2016). Similar burrow architecture of three arid-zone scorpion species implies similar ecological function. *The Science of Nature*, 103(7-8), 56.
- Ayal, Y. (2007). Trophic structure and the role of predation in shaping hot desert communities. *Journal of Arid Environments*, 68, 171-187.
- Borut, A., Shkolnik, & Choshnia, I. (1972). Black bedouin goat - adaptation to life in desert. *Israel Journal of Medical Sciences*, 8(7), 1011-1012
- Jones, C.G., Lawton, J.H., & Shachak, M. (1994). Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos*, 69(3), 373-386.
- Karnieli, A., & Tsoar, H. (1995). Spectral reflectance of biogenic crust developed on desert dune sand along the Israel Egypt border. *International Journal of Remote sensing*, 16(2), 369-374.
- Horowitz, M., & Borut, A. (1973). Blood volume regulation in dehydrated rodents: plasma colloid osmotic pressure, total osmotic pressure and electrolytes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 44(4), 1261-1265.
- Noy-Meir, I. (1973). Desert ecosystems. I. Environment and producers. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 4, 25-52.
- Noy-Meir, I. (1974). Desert ecosystems. II. Higher trophic levels. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 5, 195-214.
- Noy-Meir, I. (1975). Stability of grazing systems: an application of predator-prey graphs. *Journal of Ecology*, 63(2), 459-481.
- Shanas, U., Abu Galyun, Y., Alshamli, M., Cnaani, J., Guscio, D., Khoury, F., Mittler, S., Nassar, K., Shapira, I., Simon, D., Sultan, H., Topel, E., & Ziv, Y. (2006). Reptile diversity and rodent community structure across a political border. *Biological Conservation*, 132, 292-299
- Schneider, J. & Lubin, Y. (1997). Male infanticide in a spider with suicidal brood care, *Stegodyphus lineatus* (Eresidae). *Animal Behaviour*, 54, 305-312.
- UNEP. (1997). *World atlas of desertification* (2nd Ed). UNEP (United Nations Environment Programme), London.
- Zahavi, A. (1975). Mate Selection: A selection for a handicap. *Journal of Theoretical Biology*, 53, 205-214.

שירותי תרבות: השראה ותחושת מקום

- בילי, י. (1972). ערכים חברתיים בשירה הבדואית. יום העיון בנושא הבדואים, לזכרו של יצחקי נצר, מס' 3. בר צבי, ש.. (1983). שירה בדואית ואקטואליה. יום העיון בנושא הבדואים, לזכרו של יצחקי נצר, מס' 14. סימון, ג., אבריאל-אבני, נ., פדיה, ח. ובלפר, י. (2015). לחלום את המקום מחדש. טיפוח תחושת מקום בקרב בדואים באזור נחל אריכה באמצעות שיקום המרחב המדומיין. מחקרי הנגב, ים המלח והערבה 7(4), 83-98. פרלברג, א., רון, מ., ורמון, א. (2013). סקר שיטים בערבה – דל' ח סופי. מכון דש"א, עבור הקרן הקיימת לישראל.
- Frumkin, H. (2001). Beyond toxicity: human health and the natural environment. *American journal of preventive medicine*, 20(3), 234-240.
- Katriel, T. (1995). Touring the Land: Trips and Hiking as Secular Pilgrimages in Israeli Culture. *Jewish Folklore and Ethnology Review*, 17(1-2).
- Krakover, S. (1985). Development of tourism resort areas in arid regions. In *Desert development* (pp. 271-284). Springer, Dordrecht.
- Wilson, Edward O. (1984). *Biophilia*. Cambridge: Harvard University Press.

אתרי אינטרנט:

[התאחדות המלונאים הישראלי](#)

מועצות מקומיות ואזורית

<http://www.gilhovav.co.il/en/tourist-sites/arava/the-southern-arava>