

גורמים מחוללי שינוי – הפרק המלא

מחברות מובילות: יעל פרג, נורית קליאוט, ענבר יוגב

עוזרי מחקר: ענבר יוגב, אורי גונן, רות סטוסל-ויינר

מחברת תורמת: הילית פיקלר

תוכן עניינים:

3	1. גורמים ישירים
3	1.1 שינוי שימושי קרקע
4	1.1.1 בינוי עירוני
5	2.1.1 שטחי אש
5	3.1.1 חקלאות אינטנסיבית
6	2.1 זיהום
7	1.2.1 שפכים מוניציפאליים
7	2.2.1 כימיקלים
9	3.2.1 פסולת מוצקה
9	4.2.1 מקור חקלאי
10	5.2.1 זיהום רעש
10	6.2.1 זיהום אור
12	3.1 ניצול יתר של משאבי טבע
12	1.3.1 מים
12	2.3.1 קרקע
13	3.3.1 חציבה וכרייה
14	4.3.1 מיני חי וצומח
14	4.1 מינים פולשים
17	5.1 שינוי אקלים
21	2. גורמים עקיפים
21	1.2 דמוגרפיה
27	2.2 כלכלה
28	1.2.2 צריכה
28	2.2.2 נסועה
29	3.2.2 זיהום כימי
29	4.2.2 צריכת מים
30	5.2.2 תעשייה
30	3.2 פוליטיקה, חברה וביטחון
34	4.2 חידושים טכנולוגיים
35	1.2.4 התפלת מי ים
36	2.2.4 הפקת אנרגיה

36	.....	גז טבעי	3.2.4
37	.....	אנרגיות מתחדשות	4.2.4
38	.....	השבת קולחין להשקיה חקלאית	5.2.4
39	.....	אמצעים להפחתת זיהום אוויר מתחבורה	6.2.4
39	.....	מערכות מידע גיאוגרפיות	7.2.4
40	.....	השקיה בטפטוף	8.2.4
40	.....	חקלאות מדייקת	9.2.4
41	.....	מודעות ואחריות סביבתית בקרב הציבור	5.2
45		מקורות	3

גילוי נאות: מסמך זה הוכן במסגרת פרויקט מערכות אקולוגיות ורווחת האדם – הערכה לאומית, בתמיכה והנחייה של צוות ניהול הפרויקט. עם זאת, האחריות לתוכן המסמך היא של המחברים המובילים בלבד. הנתונים וניתוחם בפרק זה עדכניים נכון לשנת 2018.

ציטוט מומלץ: פרג, י', קליאוט, נ' ויוגב, ע' (עורכות). (2018). גורמים מחוללי שינוי – הפרק המלא.

גורמים מחוללי שינוי

עוד בתקופת המהפכה התעשייתית, לפני כ-250 שנים, כאשר השפעות תהליכי התיעוש והעיור המהירים על הסביבה הפכו ניכרות, החל חקר השפעת האדם על הסביבה. העיסוק בהשפעה האנתרופוגנית על הסביבה לא נבע מדאגה ל"בריאות" הסביבה לשמה, אלא עקב הצטברות ממצאים על השפעותיה של סביבה "חולה" על בריאותו ורווחתו של האדם. בשנים מאז התפתחו תחומי מחקר ומודלים רבים שמטרתם להבין כיצד פעילות אנתרופוגנית משפיעה על הסביבה, הן ע"י צריכת משאבים והן ע"י פליטה של תוצרי השימוש במשאבים אלה. הבנה זו נועדה לאפשר שליטה בגורמים המחוללים ע"י מדיניות, כך שרווחת האדם, התלוי ברווחת סביבתו, תגבר. במקרים מסוימים הסיכון מוערך בקטסטרופות בקנה מידה עולמי העתידות להתרחש אלמלא יינקטו צעדים לשינוי או מיתון אופני התנהלות אנושיים הפוגעים בסביבה.

בהערכה הרחבה ביותר עד היום של מצב המערכות האקולוגיות הגלובלי, ה-Millennium Ecosystem assessment, נטבע המונח "גורמים מחוללים" לאותם תרחישים טבעיים או מעשה ידי אדם אשר מחוללים שינוי במערכת אקולוגית (Lead et al., 2005). גורמים אלו מתחלקים לשניים: "גורמים ישירים" הינם גורמים פיזיים המשפיעים באופן ישיר על שירותי המערכת וניתנים למדידה ולניטור, ו"גורמים עקיפים" המשפיעים על המערכת האקולוגית באמצעות השפעה על גורם ישיר אחד או כמה יחדיו (Ash et al., 2008). בהערכה נתגלו מספר קטגוריות גורמים כבעלות ההשפעה הרבה ביותר על אובדן מגוון ביולוגי ברמה הגלובלית, אלו בעלות השפעה מכרעת גם על המערכות האקולוגיות בישראל.

בפרק זה נבחנו ממצאי פרקי המערכות האקולוגיות בישראל על פי הקטגוריות הנ"ל, ונדלו מהם הגורמים המחוללים הישירים שבתורם קושרו לגורמים העקיפים המשמעותיים למציאות הישראלית. המידע והדוגמאות בפרק לקוחים מפרקי המערכות האקולוגיות במסמך זה, לצורך הרחבה לגבי השפעות פרטניות של גורמים על שירותי המערכת השונים מומלץ לעיין בפרק המערכת האקולוגית הרלוונטי.

1. גורמים ישירים

קטגוריות הגורמים הישירים אשר נבחנו במערכות האקולוגיות בישראל הינן: שינוי בשימושי קרקע, ניצול יתר של משאבי טבע, זיהום, מינים פולשים ושינוי אקלים (Lead et al., 2005; Ash et al., 2008). בחלק זה יפורטו מאפייני גורמים אלו בצירוף דוגמאות להשפעתם על המערכות האקולוגיות בישראל. הרחבה על השפעת הגורמים על המערכות האקולוגיות השונות ניתן למצוא בסיכום "גורמים מחוללים" בפרק השירותים של כל מערכת אקולוגית.

1.1 שינוי שימושי קרקע

שינוי שימושי קרקע הוא אחד משלושת הגורמים המשמעותיים ביותר להכחדת מינים בעולם (Baillie et al., 2004) ומהגורמים הבולטים לפגיעה במערכות האקולוגיות בישראל, על כל מגוון השירותים שהן מספקות לאדם. הפגיעה במגוון המינים מתרחשת ישירות על ידי ביטול, שינוי או קיטוע בית הגידול או בעקיפין על ידי גריעה מאיכות הקרקע והמים, התשתית הפיזית עליה נסמכים המינים (Foley et al., 2005). חלק מן ההשלכות על אוכלוסיות המינים אינן מורגשות מיד, למשל בקיטוע בתי גידול, אך מופיעות בהמשך ועלולות לגרום התדרדרות בלתי נמנעת שסופה אף הכחדה (Pimm & Raven, 2000). לשינוי שימושי הקרקע השפעה מכרעת על כל מגוון שירותי המערכת האקולוגית (Foley et al., 2005). שימושי הקרקע הנפוצים והמשפיעים ביותר אליהם מומרים שטחים פתוחים בישראל הינם בינוי עירוני ותשתיות, שטחי אש וחקלאות אינטנסיבית.

1.1.1. בינוי עירוני

מקום המדינה ועד שנת 2000 גדל השטח הבנוי בישראל פי 17, ובין 1995 ו-2012 התרחבו השטחים העירוניים ב-45%, מכ-1000 קמ"ר לכמעט 1500 קמ"ר. נכון ל-2017 השטחים הבנויים הם 2,229 קמ"ר ומהווים כ-10.1% מהשטח היבשתי של ישראל (ללא יו"ש ועזה) (שורק ושפירא, 2018).

מאחר והבינוי מחליף את המערכת האקולוגית ששררה לפניו, שירותים הנסמכים על המגוון הביולוגי של המערכת הטבעית נפגעים קשות ואף מתבטלים, תהליך זה נחשב כגורם המשמעותי ביותר לפגיעה במגוון הביולוגי ובשירותי המערכת האקולוגית (רוטשילד, 2011; שורק ופרבולוצקי, 2016; Foley et al., 2005).

שירותי אספקה מסוימים כגון אספקת מזון ואספקת צמחי תבלין ומרפא נסמכים ישירות על הימצאותם של המינים המבוקשים במערכת האקולוגית ולכן מתבטלים בשטח שהפך לבנוי. יתרה מזאת, גם אם רק חלק מהמערכת האקולוגית נהרסה, עדיין ייתכן שגודל האוכלוסיות המרכיבות את המגוון הביולוגי אינו מספק ושעקב הצמצום בבית גידולן יקטן מספר הפרטים והאוכלוסייה תסבול מסחף גנטי שיהפוך אותה פגיעה לעקות ומחלות. בשירות אספקת המשאבים הגנטיים באה לידי ביטוי תופעה זו עוד מוקדם יותר, שכן צמצום גודל אוכלוסייה של מין מוביל ישירות לצמצום מאגר הגנים באותה אוכלוסייה ולכן לירידה באיכות האספקה של משאב זה (Lande, 1988).

שירותי הוויסות נפגעים גם הם עקב המעבר משטח טבעי/חקלאי למבונה. במערכות החקלאית והים תיכונית שירותי וויסות האקלים המקומי, הגלובלי ו-וויסות איכות האוויר מסופקים כולם ע"י צומח מפותח, עצים או שיחים, ולכן החלפת אלו בבינוי מפחית עד מבטל את השירות.

העלייה בהיקף השטחים הבנויים מפחיתה את חדירות הקרקע למים, עקב כך פחות מים מחלחלים למי התהום ומזינים את המעיינות והנחלים. התופעה משפיעה על מפלס המים של מעיינות ונחלים ועקב כך גם על המגוון הביולוגי באותם גופי מים (Newcomb Homan et al., 2004; Brooks, 2005). הפחתת חדירות הקרקע למים גורמת גם לעלייה ניכרת בנפחי המים המגיעים לנחלים ובמהירויות הזרימה, מצב זה מקשה על המערכת לווסת שיטפונות, לכן עולה גם תדירות ההצפות (Wijesekara et al., 2012).

במערכת הימית הפגיעה העיקרית נובעת מהקמת תשתיות ומבני פיתוח תירות בסביבה החופית. תחנות כוח ומתקני התפלה שואבים מים מהים ומחזירים אותם לים בהרכב כימי שונה, ובמקרה של תחנות הכוח גם בטמפרטורה גבוהה יותר. שינויים אלו נצפו כבעלי השפעה על מספר מינים מצומצם במערכת הימית (חיימס-קפצן וחוב', 2013; קרס ושהם-פרידר, 2012; Barash et al., 2013), אך מידת השפעתם עדיין נחקרת. תשתיות לפיתוח החוף כגון שוברי גלים משנות את ממדי האספקה וההכוונה של החול המוסע מהנילוס לחופי ישראל ומשנות את פיזור החול בחופים. גם מבנים שתפקידם הנגשת החוף לציבור (טיילות, מדרכות, מסעדות ועוד) מהווים קירות אליהם מתנפצים גלי הסערות ובחוזרם הם סוחפים את החול החופי חזרה לים, מה שמוביל להצרת החוף (צביאלי וחוב', 2014).

שירותי התרבות במערכות השונות נפגעים ככלל משינוי שימוש הקרקע לבינוי. מחקר וחינוך אשר תחום עיסוקם המערכות הטבעיות או חקלאיות, נופש, פנאי ותועלות רוחניות הנסמכים על המערכות האקולוגיות של השטחים הפתוחים אינם יכולים כמובן להתקיים באותה צורה אם בוטלו מערכות אלו לטובת בינוי. יוצאות דופן לכיוון השני הן הטענות כי בינוי אשר מנגיש את השטחים הפתוחים מגביר את מידת הצריכה של שירותי התרבות, בין אם מדובר על תשתיות לפיתוח החוף (טיילות, מדרכות) או על "זהילת" הבינוי העירוני לעבר מערכות חקלאיות בקרבתו הנהנות ממספר מבקרים גדול יותר עקב נגישותן הגבוהה לציבור העירוני.

1.1.2. שטחי אש

כ-8900 קמ"ר משטחי ישראל הינם "שטחי אש" של מערכת הביטחון וכ-6,650 קמ"ר מהם מצויים ברחבי הנגב, מכסים 90% משטחו. מרבית שטחי האש בנגב הינם גדולים מאוד, עשרות אלפי דונם כל אחד. הם משמשים לאימון בסיסי ולהכשרת לוחמים, לתמרון כוחות ממוכנים, לירי ולניסוי תחמושת (טנקים, תותחים, טילים) ולירי ממוססים (אורן, 2012).

עקב שטחם היחסי הגדול במערכת האקולוגית המדברית, מהווים שטחי האש גורם מחולל משמעותי במערכת זו המשפיע על שירותים שונים. השפעה ישירה וספציפית של שטחי האש הינה שינוי מבנה הקרקע, פעילות צבאית ענפה בה נעשה שימוש נרחב בכלים ממונעים כבדים גורמת לכתישת הקרקע המדברית ולהפיכתה לאבק. תופעה זו תורמת לשניים מהמפגעים המשמעותיים במערכת המדברית, הרחפת אבק שנשימתו גורמת להשפעה בריאותית שלילית על האדם (אורן, 2012; פייטלסון, 2011; Kanatani et al., 2010). וסחף ודלדול משאב הקרקע.

פגיעה במגוון ביולוגי – יחד עם שינויי שימוש קרקע נוספים (ממערכת טבעית לחקלאות אינטנסיבית) תורמת התרחבות שטחי האש לצמצום איזור התפוצה של מינים בעלי ערך לאדם, עד סכנה ממשית להמשך שרידותם בבר. דוגמה אחת לכך היא פטריית כמהת השמשון, המצויה בסימביוזה עם מינים מצמח השמשון כגון "שמשון יושב". הפטרייה בעלת ערך מסחרי גבוה, מאות שקלים לקילו בישראל ואלפי שקלים בשווקי אירופה וערך ביולוגי גבוה. עקב שינויי שימוש הקרקע, בתוספת גורמים נוספים, הצטמצם מאוד איזור התפוצה של הכמהה ומאמצים רבים הושקעו במשך שנים בניסיונות לגדלה לשימוש מסחרי בתנאים מבוקרים. אף שמאמצי הגידול לאחזרונה נחלו הצלחה (ורן, 2015).

אין תחליף לשימור מינים בבר שכן בבר מתאפשר להם להמשיך לעבור התאמות אבולוציוניות המשאירות אותם עמידים לתנאי הסביבה ומעלות את ערך הגנטיקה שלהם כמשאב (National Research Council, 1993). יחד עם שינויי שימוש קרקע נוספים (חקלאות אינטנסיבית ושמורות טבע) גורמת התרחבות שטחי האש גם לירידה בהיצע השטחים הזמינים לרעיית עדרים במערכת המדברית.

1.1.3. חקלאות אינטנסיבית

היקף השטחים החקלאיים בישראל (כולל איו"ש) עמד ב-2018 על 4125 קמ"ר (שורק, שפירא 2018).

השטחים החקלאיים מחליפים לרוב מערכת אקולוגית טבעית, בין אם מדברית, ים תיכונית או מערכת מים פנים יבשתית. עקב כך נפגע המגוון הביולוגי של המערכת הטבעית, בין אם במישרין ע"י בירוא השטח ממגוון המינים שקיים בו, או ע"י צמצום וקיטוע בתי גידול כך שאוכלוסיות המינים האופייניות להם הופכות יותר פגיעות.

במערכת המדברית ובמערכת הים תיכונית שירותי אספקה כגון מזון מן הבר, צמחי תבלין ומרפא ומרעית לעדרים תלויים כולם במצאי מינים מסוימים אשר בית גידולם הוא המערכת הטבעית, לכן שינוי שימוש הקרקע לטובת חקלאות מתבטא ישירות בהימצאות פחותה של מינים אלו. שירות אספקת משאבים גנטיים פגיע גם הוא לשינויי שימוש הקרקע מאותן סיבות. דוגמה בולטת היא אזור המעבר של המערכת המדברית, אזור זה ייחודי משום שהוא מהווה קצה איזור תפוצה לצמחים משלושה אזורים אקלים, מדברי, ערבתי וים תיכוני. מגוון ביולוגי זה מספק מאגר גנים עשיר ומגוון ומאחר וצמחים אלו חשופים לתנודתיות הבין שנתית של אקלים אזור המעבר, אוכלוסיותיהם

צפויות להיות בעלות עמידות לשינויי אקלים ואף לתהליכי מדבור (Safriel et al., 1994) ולכן להיות בעלות חשיבות רבה בתנאים הסביבתיים הצפויים בעתיד. מערכת אזור המעבר המדברי מצטמצמת עקב המרת שטחים טבעיים נרחבים לשטחים חקלאיים וכתוצר ישיר מצטמצם גם היצע השירותים הגנטיים באזור.

במערכת המים הפנים ארציים ובמערכת הימית משפיע שינוי שימוש הקרקע לחקלאות אינטנסיבית דרך גורם מחולל נוסף, זיהום מים. חומרים שמקורם בחקלאות, בין אם תשומות (דשנים, חומרי הדברה) ובין אם תוצרי לוואי (תוצרי פירוק חומרי התשומות, שפכי בע"ח), מתנקזים עם הנגר אל מקווי המים ומייצרים פגיעה במערכת האקולוגית (Sparling et al., 2001; Davidson et al., 2002; Elferink, et al., 2008; Nguyen et al., 2010). הדבר בולט במיוחד באגן הכנרת בו מתקיימת פעילות חקלאית ענפה (גרין, 2013). במערכת הימית בישראל עיקר החקלאות מורכבת מכלובים הממוקמים בים, באיזור אשדוד ובמכמורת, בהם מגודלים דגי דניס מהיותם דגיגים ועד הגעתם לגודל מסחרי. עודפי התשומות (מזון, תרופות ועוד) ותוצרי הלוואי (הפרשות הדגים, חיידקים) משתחררים לגוף המים ומשפיעים על המגוון הביולוגי בסביבתם במגוון דרכים, ביניהן ירידה בריכוז החמצן בקרקעית עקב העשרה אורגנית, זיהום מי הים בתרופות ומשיכת מיני דגים, ביניהם גם מוגנים כגון טונה, כרישים ואף דולפינים. קיימים פערי מידע לגבי השפעות פרטניות של כלובי הדגים על המגוון הביולוגי בים התיכון, כימות השפעות אלה והערכת החיובי כנגד השלילי שבהן.

שירותי הוויסות של מחזור המים וסחף קרקע מושפעים גם הם מחקלאות אינטנסיבית, מערכות טבעיות שונות מושפעות במידה וכיווניות שונה. חקלאות אינטנסיבית כוללת שימוש נרחב במיכון, הגורם לעליה בשטח פני הקרקע החשופים. כאשר טיפות גשם מכות בעוצמה על פני קרקע חשופה נוצרת שכבת איטום בלתי חדיר למים, אשר בעקבותיה עלולים להיווצר הצפות, שטפונות וסחף קרקע (בן-חור וחוב', 2011). בעונת הגשמים Martinez-Casnovas et al. (2003). תכסית צמחית ממתנת את עוצמת טיפות הגשם לפני פגיעתן בקרקע וכך מקטינה את הסיכוי לנגר עילי וסחף (אשל וחוב', 2011). במערכת הים תיכונית התכסית הצמחית מפותחת ולכן חלחול המים משופר לעומת חקלאות אינטנסיבית, במערכת זו המעבר לחקלאות מהווה הפחתה בשירות וויסות המים. במערכת המדברית הענייה בתכסית קרקע, חקלאות הנוקטת בגישת עיבוד משמר (חיפוי קרקע, אי פליחה, הפחתת עיבוד ועוד) יכולה לשפר את חלחול המים לקרקע ולהגדיל את השירות לעומת המערכת הטבעית (Rawitz et al., 1983).

מערכת החבל הים תיכוני בישראל משמשת כר פורה למחקר מאחר והיא כוללת מגוון ביולוגי גבוה של צמחים (Medail & Quezel, 1997) מהם רכיב גבוה במיוחד של אבות וקרובי בר של צמחי תרבות, בעיקר צמחי מזון (Zohary et al., 2012). תשומת הלב המדעית שהוקדשה לחקר מערכת זו תרמה לקידום המדע הגלובלי מעבר לתחומי המערכות בישראל. המערכת המדברית מתחזקת גם היא פעילות מדעית ענפה, במערכת המדבר הצחיח נמצאים המכונים לחקר המדבר של אוניברסיטת בן-גוריון אשר חוקריה פרסמו עד לשנת 2015 כ-900 מאמרים, רובם קשורים במבנה ובתפקוד של המערכות המדבריות ובמגוון הביולוגי. בנוסף קיימות במערכות האקולוגיות המדבריות שמונה תחנות למחקר אקולוגי ארוך טווח אשר הניבו עד היום מאות מאמרים. שירותי תרבות אלו נפגעים כמובן עם הפיכתן של מערכות טבעיות למערכות מנוהלות באינטנסיביות, דוגמת מערכות חקלאיות.

1.2 זיהום

זיהום סביבתי כתוצאה מפעילות אנושית נגרם כאשר חומר או אנרגיה (אור, קול, חום), נכנסים לסביבה חדשה במידה המשנה את המאזן האקולוגי הקיים בה. זיהום יכול להשפיע ברמה מקומית או במרחק רב ממקור פליטתו, ועל מערכת

אקולוגית אחת או רבות. בישראל מושפעות המערכות האקולוגיות כולן מסוגי זיהום שונים ובהתאם נפגע גם המגוון הביולוגי. סוגי הזיהום שנמצאו משפיעים ביותר על המגוון הביולוגי (בקטע זה לא נידונו ישירות השפעות בריאותיות על האדם) הם שפכים מוניציפליים. כימיקלים, פסולת מוצקה, מזהמים ממקור חקלאי, זיהום רעש וזיהום אור.

1.2.1. שפכים מוניציפאליים

בניגוד למגמה בשני העשורים האחרונים של התגברות פעולות שיקום הנחלים, הכוללות הפחתה בכמויות השפכים והקולחים המוזרמים לנחלים ולימים והחזרת המים השפירים לטבע (למשל תהל, 2013; פרידלר וחובי, 2013), בשנים 2015-2016 נרשמה עליה בכמות השפכים וקולחין ברמת טיפול נמוכה המוזרמים לנחלים ולימים בהיתר ושלא בהיתר (רשות המים 2013, 2014, 2015, 2016, 2017א, 2017ב). לדוגמה, בחורף 2016-17, כמו בחורפים קודמים, זרמו קולחים ממת"ש איילון לנחל איילון; לירקון זרמו כמויות גדולות של שפכים ממת"ש דרום שרון מזרחי וגרמו לנזק קשה לנחל שבשיקומו הושקעו עשרות מיליונים; לנחל נעמן ולחופי עכו הוזרמו קולחים ממת"ש כרמיאל, הזרמה שהביאה לסגירת החוף לרחצה (טל, 2017; המשרד להגנת הסביבה, 2017; צלול, 2017). הסיבות העיקריות להזרמה הן היעדר כושר איגום גדול דיו כדי לקלוט את מי הקולחים המטוהרים בעונת החורף, כאשר השימוש בקולחים להשקיה מצומצם (טל, 2017). סיבה נוספת להזרמת קולחים לנחלים היא שאגני ההחדרה של השפד"ן הולכים ונאטמים ויעילותם יורדת, בשל הצטברות חומר אורגני שמקורו בקולחים המשבש את יעילות החלחול (טל, 2017). על-פי הערכה, ב-2016-2017 הוזרמו לנחל שורק 12 מלמ"ק קולחים ברמת טיפול שניוניות מהשפד"ן וכמויות נוספות ממספר מט"שים שגרמו לזיהום הנחל ושמורת הטבע ולסגירת חוף פלמחים למשך כ-120 יום. הצפי הוא שבשנת 2025 כמות קולחי השפד"ן המסולקים לנחל תגיע ל-20 מלמ"ק (טל, 2017).

ככלל שפכים ביתיים, בעיקר מי ביוב גולמי ובוצה, אשר מוזרמים לים נחשבים כגורם חיובי למגוון הביולוגי הימי. השפכים מכילים תרכובות מינרליות של חנקן וזרחן, אשר המערכת הימית בישראל ענייה בהן יחסית, המתפקדות כדשן ליצורים פוטו-סינתטיים במערכת. יצורים אלו תורמים משמעותית לתחזוקת המגוון הביולוגי. אולם, מעבר לערך סף מסוים עודף חומרי הדשן עלול להוביל לגידול מואץ ביותר של פיטופלנקטון, "פריחת אצות". הפריחה יוצרת עכירות של המים ובעקבותיה פגיעה בתהליך הייצור הראשוני תלוי-האור של האצות הללו כך שהן מתות ושוקעות לקרקעית. הפירוק של מצבורי האצות המתות מתבצע על ידי חיידקים צורכי חמצן ועלול לגרום לירידה בריכוזי החמצן המומס במים, היפוקסיה, הגורמת לעקה ואף לתמותה של דגים ומיני חסרי החוליות בקרקעית (Kimor, 1992).

1.2.2. כימיקלים

למי הים מגיעים מזהמים כימיים שבשימוש האדם ממקורות כגון ביוב תעשייתי, ביוב עירוני, ניקוז עירוני ומי נגר חקלאי, אשר זורמים לים דרך הנחלים. חומרי הדברה, הורמונים ומתכות כבדות מגיעים לים, רובם אינו מתפרק במהירות אלא מצטבר בקרקעית ובגוף המים. למזהמים אלו השלכות נרחבות על בעלי חיים ימיים, ביניהן עיכוב גדילה, נזק לרקמות, פגיעה במערכות הרבייה ובמערכת ההורמונלית והפרעות התנהגותיות (חרות וחובי, 2012). חלק מן המזהמים מצטברים בגוף בעלי החיים שנחשפים אליהם וכך מצטברים במעלה מארג המזון כך שריכוזים גבוהים ביותר נצפים דווקא אצל טורפי על. אחד החומרים המסוכנים לאדם והנוטים להצטבר במעלה המארג הינו כספית. במחקר שהסתיים בשנת 2017 נמצא שהחל משנת 2004 מי תהום מועשרים בכספית זורמים לים באופן מוגבר. הכספית חודרת לפלנקטון ואולי נספחת גם לחלקיקים אחרים המרחפים במים. זהו מסלול חדירה משמעותי

של כספית למארג המזון במפרץ חיפה. הכספית מוסעת עם הפלנקטון והחלקיקים באמצעות הזרם הכללי צפונה (שהם-פרידר, קרס וחוב', 2017).

מקור ספציפי לתרכובות רעילות במערכת הימית הוא תהליכי קידוח והפקת גז ונפט בים. בכל אתר קידוח נקדה חור בעומק של אלפי מטרים עד הגיעו למאגר. החומר הנקדה, משקעים ושכבי מסלע, מוזרם בחזרה למים ונערם על הקרקעית שסביב הקידוח ברדיוס של מאות מטרים מהקידוח, כך שכל בעלי החיים צמודי הקרקע ואלה השוכנים בתוך הקרקעית נקברים תחתיו. סברה נוספת היא שאותו חומר נקדה, הקרוי מטחן, אחראי לריכוזי בריום גבוהים אשר נמדדו ברדיוס של קילומטרים סביב איזור הקידוח. מקור הבריום נראה בנוזל הקידוח אשר בא במגע עם המטחן, שכן על אף שהמטחן מופרד ממנו לפני הפיזור על הקרקעית, הניקוי אינו מושלם ונותרים בו שיירי בריום. הבריום עלול לייצר רעילות במשקעי הקרקעית, הפוגעת בזימים ובמערכת הרבייה של דגים וחסרי חוליות ואף עלולה להביא לתמותה בריכוזים גבוהים.

גם "מי המוצר", העולים מהמאגר יחד עם המוצר- נפט או גז, הינם מקור לרעלנים. מי המוצר מופרדים מהמוצר ואמורים להיות מוזרקים חזרה למאגר אך כמעט תמיד חלק ניכר מהם משתחרר למים. מים אלה מכילים רעלנים בעלי השפעה פוטנציאלית גבוהה- תרכובות ארומטיות רב-טבעתיות (Carpenter et al., 2009), תרכובות אורגניות כפנולים בסיסיים (Lee & Neff, 2011) והמתכות בריום, ברזל, מנגן, כספית ואבץ, כולן בריכוזים גבוהים בהרבה מריכוזן הטבעי במי ים. קיימות עדויות להצטברות פחמימנים ארומטיים אצל צדפות בקרבת נקודת שחרור מים (Carpenter et al., 2009). כימיקלים במקווי מים פנים יבשתיים מגיעים בעיקר משפכי תעשייה, תשטיפי כבישים (נגר עילי כתוצאה מגשמים המנוקז מהכביש באמצעות נקזים ותעלות) הכוללים מזהמים אורגניים ומתכות כבדות וכן בצורה דיפוזית כזיהום אוויר השוקע על שטח אגן ההיקוות (Boone & Pauli, 2008; Gardner, 2001).

תאונות דליפת כימיקלים ממקורות תעשייתיים מהוות גם הן מקור זיהום חמור. בשנים האחרונות זכורים בישראל בעיקר שני אסונות סביבתיים בקנה מידה גדול, דליפת הנפט מצינור קצא"א בשמורת עברונה ודליפת השפכים החומציים ממפעל רותם אמפרט.

ביום רביעי ה- 3/12/2014, במסגרת פעילותה של חברת קצא"א לשינוי תוואי צינור נפט שבבעלותה, התנתקו שני חלקי צינור ודלפו לקרקע כ-5 מיליון ליטרים של נפט גולמי (נתוני רקע, הכנסת, 2015), באירוע אשר הוערך על ידי המשרד להגנת הסביבה כאחד האסונות הסביבתיים החמורים שאירעו בישראל.

הדליפה פרצה דרומית ליישוב באר אורה והנפט זרם לשמורת ערבת עברונה, עד למרחק 6 קילומטרים מנקודת הפריצה (נתוני רקע, הכנסת, 2015). לפי דיווח קצא"א באסון דלפו כ-5 מיליון ליטרים של נפט גולמי. גודל השטח שנפגע ישירות מכתמי הנפט הוערך בכ-144 דונם, אולם השטח שנפגע ממאמצי מניעת התפשטות הנפט ומהטיפול בשטח הפגוע (כניסת כלי צמ"ה ומשאיות לשטח תוך פריצת דרכי גישה ייעודיות) נאמד בכ-1000 דונם ברוטו (אילון ועשת, 2014; עדכון כעבור שנה של המשרד להגנת הסביבה, 2015).

אדי הנפט גרמו לזיהום אוויר חריג והמשרד להגנת הסביבה הורה על סגירת האיזור עד לירידת הזיהום מתחת לתקן (נתוני רקע, הכנסת, 2015). הדליפה פגעה באיזור הרגיש ביותר בשמורה, נחל רחם, בו קיים הריכוז הגבוה ביותר של שיטים המהווים את הבסיס המרכזי של מארג המזון בשמורה ומספקים מזון ומחסה לאוכלוסיית הצבאים המהווים מין מפתח בשמורה (אילון ועשת, 2014).

אגף הכלכלה של המשרד להגנת הסביבה העריך את הנזק הכלכלי הכולל למשק עקב הדליפה בסך של 141 מיליון ₪ (עדכון כעבור שנה של המשרד להגנת הסביבה, 2015). לפי חוות דעת כלכלית שהכינו מוסד שמואל נאמן למחקר

מדיניות לאומית וחברת הייעוץ הפרטית "עדליא" לבקשת עמותת אדם טבע ודין, עלות הנזקים הכללית למשק היא 526.8 מיליון ש"ח, ועלות הנזק הסביבתי-אקולוגי בלבד היא 236.7 מיליון ש"ח (אילון ועשת, 2014).

ב-30 ביוני 2017 נפרץ קיר הסוללה של אחת מבריקות אגירת שפכי מפעל "רותם אמפרט נגב" הממוקמת סמוך לראש אגן הניקוז של נחל אשלים בשמורת טבע מדבר יהודה. הבריקה הכילה שפכים חומציים מאוד של פוספו-גבס, פסולת של תהליך הפקת חומצה זרחתית. למעלה מ-100 אלף קוב מתוך תכולת הבריקה זרמו בשיטפון חומצי אדיר אל תוך ערוץ נחל אשלים לכל אורכו, כ-20 קילומטר, ממישור רותם עד אזור השפך בסמוך לים המלח.

גל השיטפון פגע בצומח שבערוץ הנחל ועל גדותיו, וחומצה זרחתית חדרה למערכת השורשים של עצי השיטה והלחה אל תת הקרקע. פגיעת המים החומציים בשורשי העצים, ובעקבותיהם בבעלי החיים הנסמכים עליהם, היא מכרעת. בסריקות של עובדי רשות הטבע והגנים כבר נמצאו בעלי חיים מתים ובהם בעלי כנף, יונקים וזוחלים (לוי, 2017; רט"ג, 2017). בין המינים שנפגעו היו היעלים, סקר היעלים האחרון באזור נחל אשלים לפני אסון הדליפה מנה 26 יעלים, תוך שבועיים מהצפת הנחל בשפכים החומציים כבר נמצאו 8 יעלים מתים באזור (קוריאל, 2017).

תקריות זיהום בולטות נוספות במערכת המדברית כוללות: תאונת שפיכת דלק סילוני בנחל צין, אשר נגרמה עקב עבודות עפר שבוצעו בקיץ-סתיו 2011 ופגעו בצינור קצא"א החוצה את הנחל. הזיהום פגע בצומח המקומי ולכן השפיע גם על בעלי-החיים הניזונים מצומח זה ושותים ממים שנקווים בנחל; המלחת עין-בוקק עקב זרימת מזהמים ממישור רותם - מליחות מי המעיין עלתה פי 10 מאז שנת 1995, וכן נרשמה עלייה בריכוזי המתכות במי המעיין. עקב תהליך זה חל שינוי בהרכב הצומח בנחל, כאשר צמחים המותאמים למים מתוקים מוחלפים במינים המותאמים למים מליחים. חמישה מיני צמחים ו-2 מיני רכיכות ככל הנראה נעלמו מהנחל, בהם מינים נדירים ברמה הארצית (כץ ואיש-שלום 2017).

1.2.3 פסולת מוצקה

השלכת פסולת בטבע היא תופעה נפוצה בישראל. בפסח של שנת 2015 נאספו בכנרת 400 טונות אשפה שהותירו אחריהם המבלים ונכון לקיץ של אותה שנה כ-60% מהחופים דורגו ברמת ניקיון שבין "בינוני" ל"מלוכלך מאוד" (פלה, 2016).

במערכת המדברית, בעיקר באזורי הפזורה הבדואית, נפוצה השלכת פסולת בלתי מבוקרת סביב אתרי יישוב. הפסולת מושכת מכרסמים נושאי מחלות ובעקבותיהם טורפים העלולים לגרום להפצת מחלת הכלבת (בס-ספקטור, 2011). פיתוח תלות הטורפים במארג המזון הנוצר סביב הפסולת עלול להפחית את תפקודם בדילול אוכלוסיות מינים במערכת הטבעית, בהם גם טרף קטן נושא מחלות כגון שפן הסלעים.

פסולת פלסטיק מוצקה אשר מושלכת בחופי הרחצה על ידי הנופשים, מוחדרת באמצעות גלי החוף והרוחות למערכת הימית (Van der Hal, 2014) (פסטרנק וחוב, 2014). יצורים נלכדים בשקיות הפלסטיק או בולעים אותן וכתוצאה מכך נחנקים או סובלים מבעיות עיכול. הנפגעים הם יונקים ימיים, כרישים, צבי ים, ציפורי ים, דגים, סרטנים, רכיכות ועוד. עוד אופן בו הפלסטיק מהווה מפגע הינו על ידי התפרקות לחלקיקים זעירים (microplastics) בעלי יכולת ספיחה גבוהה למזהמים כגון DDT, PCB's ו-PAH's. החלקיקים המזוהמים נבלעים על ידי פלנקטון ועלולים לעבור למינים אחרים במעלה מארג המזון (Farrell & Nelson, 2013). ריכוז חלקיקי המיקרו-פלסטיק במי המערכת הישראלית גבוה משמעותית אף מזה של צפון-מערב הים התיכון (Van der Hal, 2014).

1.2.4 מקור חקלאי

במערכת החקלאית ובמערכות הטבעיות הסובבות אותה ניכרים נזקי השימוש בחומרי ריסוס נגד מזיקים. ריסוס בכמויות גדולות עלול לגרום לתמותת דבורי דבש, בייחוד נחשבים בעייתיים כיום חומרי הדברה ממשפחת הניאוניקוטינואידים החשודים בגרימת קריסת כוורות בארץ ובעולם (Van der Sluijs et al., 2013; שריג וסורוקה, 2015). במערכות טבעיות המצויות בקרבת שטחים חקלאיים עלולים להינזק מהריסוס גם מיני בר, ביניהם מאביקים מן הבר אשר יכולים לספק שירותי האבקה יקרי ערך לחקלאות. גורם מזהם נוסף מהמערכת החקלאית הוא גז חמצן דו חנקני (N_2O), תוצר של דישון יתר בחנקן. N_2O הוא גז חממה שתרומתו להתחממות הגלובלית גדולה פי 298 מזו של פחמן דו חמצני. ההערכה הקיימת הינה שכ-1% מכמות החנקן הנכנסת לשדה, אורגני ומינרלי, משתחררת לאטמוספירה כחמצן דו חנקני. (De-Klein et al. 2006). הגז משתחרר ממערכות חקלאיות בכמות לא מבוטלת, ב-2015 ניטרוס אוקסיד היווה 5% מסך פליטות גזי החממה בארה"ב, 79% מקורה במערכות חקלאיות (מתוך נתוני ה-EPA). דשנים כגון חנקן או פוספאט, וחומרי הדברה שמקורם בחקלאות מתנקזים למקווי מים ומזהמים אותם (Sparling et al., 2001; Davidson et al., 2002; Elferink & Nonhebel, 2008; Nguyen, Hermansen, & Mogensen, 2010), בייחוד באגן עם פעילות חקלאית ענפה כמו הכינרת (גרין, 2013). חומרי הריסוס מגיעים בצורה ישירה ע"י ריסוס גופי המים בקוטלי חרקים כחלק ממאמצי הדברת יתושים (הרשקוביץ וחוברין, 2013), או בצורה עקיפה (Battaglin et al., 2009), כרסס שמקורו הדברת מזיקים בשטחים חקלאיים סמוכים. גורם נוסף המוביל לזיהום מקווי המים הוא נוכחות בקר באגן ההיקוות של בריכות חורף ובגדות נחלים. כמות גדולה של הפרשות בעלי חיים במים עלולה להוביל לפריחת אצות, אשר גורמת לחוסר חמצן בגוף המים וכתוצאה לפגיעה במינים החיים במקווה המים. זיהום גבוה מקטין את יכולת המגוון הביולוגי לווסת את איכות המים, וכתוצאה מכך נפגעים גם שירותי האספקה, ועלולה להיגרם פגיעה בבריאות הרוחצים ובפעילויות נופש ותיירות.

1.2.5. זיהום רעש

רעשים הנובעים מפעילות האדם ומחוללים שינוי שלילי במגוון הביולוגי. במערכת הימית ניכרים נזקי זיהום רעש תת ימי כתוצאה מרעשי מנועי ספינות, סקרים סיסמיים של איתור נפט וגז ופיצוצים אחרים, קידוחים ימיים, פעילויות בניה, תקיעת כלונסאות וחפירה בקרקעית הים, סונר בתדרים נמוכים ובינוניים. מינים הרגישים לרעשי סונר הם דגי מעמקים ויונקים ימיים, בעיקר לוויטנאים שמשמשים בתדרים אלה לתקשורת ארוכת טווח. תזרי הסונר שבשימוש צבאי עלולים למסך אותות של בעלי חיים הימיים - לניווט, לאיתור מזון וטורפים ולתקשורת בין פרטים ועלולים אף לפגוע באיברי שמע עד כדי חירשות חלקית או מלאה. בכלל הים התיכון נצפו השפעות שליליות על 55 מיני חולייתנים וחסרי חוליות (ACCOBAMS, 2012) וידועה ירידה בשלל הדיג באזורים שנערכו בהם סקרים סיסמיים (McCauley et al., 2000). באוכלוסיית צבי הים של המערכת הישראלית נצפתה עלייה בפגיעות הדף חמורות ובתמותה בתקופה שחפפה למועדי הביצוע של סקרים סיסמיים שליוו את פעילות חיפוש מאגרי הגז והנפט בשנת 2011 (שיינין וחוב', 2013).

מחקרים בעולם מצאו כי ישנה השפעת רעש שלילית גם על חיות בר בסביבה היבשתית (למשל, Wright et al., 2007; Barber, Crooks & Fristrup, 2010). בארץ הנושא נחקר פחות, קיים מחקר יחיד בארץ שהצביע על זיהום רעש כתוצאה מפעילות אנושית בקרבת בריכת דורה (גפני, 2010).

1.2.6. זיהום אור

הארה מלאכותית של מערכות אקולוגיות במקום, בזמן ובעוצמה היוצרת הפרעה לדפוסי התאורה הטבעיים נמצאה כבעלת השפעה הרסנית על קבוצות טקסונומיות שונות של בעלי חיים בסביבה העירונית. זיהום האור משפיע על

פרטים באופנים פיזיולוגיים שונים, ביניהם הארכת משך הפעילות אצל מינים שפעילים באופן טבעי בשעות מאורות; שיבוש מנגנוני תיקון דנ"א אשר דורשים מלטונין, "הורמון החושך", והפרעות אור בלילה פוגעות בייצורו; פגיעה באוריינטציה מרחבית על ידי מקורות אור מפוזרים כגון זהירות רקיע אשר ממסכים אותות טבעיים של הארה המשמשים לניווט, למשל מיקום הירח ואור אטמוספרי מקוטב; פגיעה בשעונים ביולוגיים המושתתים על אורך היום, למשל עיתוי השלכת בעצים; פגיעה בתפיסה חזותית, קושי בזיהוי אובייקטים ובהבחנה בהם על פני הרקע (האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, 2017).

התנהגויות ברמת הפרט ישפיעו ברמת האוכלוסייה והחברה דרך אינטראקציות אקולוגיות קלאסיות, כמו יחסי טורף-נטרף, תקשורת ותחרות (האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, 2017).

דוגמאות להשפעה הינן, תמותה מסיבית של עופות נודדים סביב מבנים גבוהים ומארים; חוסר התמצאות במרחב של צבי-ים המגיחים מביציהם על החוף ולא מצליחים למצוא את דרכם אל הים; חרקים הנמשכים ומתקבעים אל מקור האור; הפרעות בוויסות פעולות הורמונליות האחראיות על רבייה, נדידה ותרדמת חורף בדו-חיים עקב שיבוש השעון הביולוגי (לידר, 2008).

שימוש בתקנים לתאורה יכול למזער את הפגיעה הבריאותית והסביבתית הנגרמת מזיהום אור. תשומת לב מיוחדת נדרשת באזורים רגישים, כדוגמת שמורות טבע, שטחים פתוחים ואזורי מגורים בהם חשוב לצמצם בלילה את השימוש באור לבן, שעוצמתו בתחום אורך גל קצר ואשר משפיע על מנגנונים ביולוגיים בטבע ובאדם. מערך ניטור של זיהום אור בשטחים פתוחים, שמורות טבע ופארקים עירוניים יאפשרו לעקוב אחרי השפעות זיהום האור (לביו וחוב', 2017). במפרץ אילת פרסמה רשות הטבע והגנים הנחיות לתכנון תאורה בחופים, זאת בשל החשש מפגיעת התאורה המלאכותית ברביית אלמוגים ובפעילות דגים, קיפודי ים, פלנקטון ושאר מינים אשר פעילותם מתוזמנת על ידי אור הירח (רט"ג מרחב סובב מפרץ אילת, 2018). הנחיות אלו עתידות להיכנס למסמך מדיניות שימור מפרץ אילת אשר נמצא בעבודה נכון לכתיבת שורות אלו (אסף הברי, תקשורת אישית, 1/1/2019).

1.3. ניצול יתר של משאבי טבע

ניצול יתר של משאב הוא שימוש בו במידה העולה על יכולתו להתחדש, כך שכמותו מתדלדלת. ניצול יתר לאורך זמן יכול להוביל להרס המשאב ובמקרה של אורגניזמים חיים, אף להכחדה. בישראל קיים ניצול יתר של המגוון הביולוגי עצמו, דיג יתר, ציד ולקט יתר ובנוסף קיים ניצול יתר של התשתית הפיזית, מים וקרקע, עליה מתקיים המגוון הביולוגי.

1.3.1. מים

ישראל מתאפיינת באקלים צחיח וצחיח-למחצה. בשנה ממוצעת נפח מי הגשם בישראל הינו כ-7 מיליארד מ"ק, מתוכם רק כ-1.4 מיליארד מ"ק נאספים במאגרי המים העיליים ותחתיים וניתנים לניצול (ספיר ואשכנזי, 2010). כמות לא גדולה זו נדרשה לספק את צרכי האוכלוסיה הגדלה ורמת החיים העולה ולשמש את המגזר העירוני, חקלאי ותעשייתי. ניצול המים הפנים ארציים מתבצע באמצעות שאיבה ממעינות, נחלים ומי תהום וביטוי צמצום נפחי המים בנחלים בצורה דרסטית (סקוטלסקי ופרלמוטר, 2012) והגדלת טווח הניוד של מפלס הכנרת הרבה מעבר לטבעי (Markel et al., 2014). נזקי ניצול היתר פוגעים ישירות במגוון הביולוגי של מקווי המים הפנים ארציים. בים המלח נרשמת בעשרות השנים האחרונות מגמת ירידה במפלס המים. מגמה זו החלה עם הקמת סכר דגניה והטיית מים מהירמוך לתעלת הע'ור הירדנית ותוגברה משמעותית על ידי פעילות בריכות האידיוי במפעלי ים המלח הישראליים והירדנים. הקטנת שטח ים המלח, הנובעת מירידת המפלס, מתבטאת בצמצום אידיוי המים ממנו ולכן הצפי היה להתמתנות בקצב ירידת המפלס. בפועל תחזית זו לא התממשה וקצב הירידה הואץ בעקבות סכירה מאסיבית של מים בממלכת ירדן ובסוריה, הגורעת מים מאגן הניקוז של ים המלח (לנסקי ודנטה, 2017).

כתוצאה מירידת המפלס, נפגעים היצורים הייחודיים החיים בו וחלות תופעות של קריסת התשתיות בחופים, התפתחות שדות בולענים, התחזרות ערוצים ופגיעה בשירותי התרבות הנשענים עליהם. בכנרת שאיבת היתר גורמת להמלחת מי הימה, ועקב השימוש במים המלוחים יותר נגרמת המלחה הדרגתית של בארות מים ושל קרקעות חקלאיות ונפגעת איכותם של מי התהום ומקורות המים העיליים (רימר, 2008). במערכת המדברית הצחיחה ממילא ניצול מי תהום ומעיינות לצורכי חקלאות אינטנסיבית מגביר עוד יותר את תנאי הצחיחות.

בשנת 2017 עמדה כמות המים המותפלים בישראל על כ-586 מלמ"ק, כמות זו מהווה 30% מכמות המים השפירים הכוללת אשר הופקה באותה שנה. פוטנציאלית ההתפלה מאפשרת "לשחרר" יותר מי נחלים ומעיינות לטבע על ידי הפסקת השאיבה מהם. המידה בה פוטנציאל זה ממומש עדיין לא ברורה. (רשות המים, תכנית אב למשק המים, 2008).

1.3.2. קרקע

עיבוד וחריש אינטנסיביים גורמים לאבדן פיזי של אופקי הקרקע העליונים הפוריים וחשיפת אופקי הקרקע התחתונים עד כדי חשיפת סלע התשתית. בהשוואה בין סקר הקרקע הארצי משנות ה-50 למדידת אותן חלקות כעבור 50 שנה, נמצאה פחיתה ממוצעת של 20 ס"מ בעומק הקרקע ובקרקעות רדודות מלכתחילה נחשף סלע התשתית והן יצאו ממעגל העיבוד (זיידנברג, 2013).

1.3.3. חציבה וכרייה

בין השנים 1998-2001, אושרה בחלקים עפ"י חלוקה למחוזות תכנית מתאר ארצית (תמ"א 14) לאתרי כרייה וחציבה לחומרי גלם לבנייה ולסלילה. תמ"א 14 קבעה כי הקמת מחצבות בתוך שטחים המוגדרים בתמ"א 22 לייצור, מותנית בשיקומן כיערות תוך שנתיים מסיום פעולות החציבה (מילגרם, 2006א). האגרנט מופק בכ-34 מחצבות אבן גיר ודולומיט, אבן בזלת וחומר וואדי הפזורות בארץ. 2 באזורי C ביהודה ושומרון הנפיקה ישראל היתרים ל-11 מחצבות של התנחלויות בהן נכרים כ-12 מיליון טון של אבן (מילגרם, 2007). הכרייה והחציבה פוגעות במערכת המדברית, במערכת הים תיכונית ובמקווי המים הפנים ארציים.

צפיפות האוכלוסייה ושימושי הקרקע בישראל לצד מחסור בשטח, מעצימים את ערך משאב השטחים הפתוחים. דרישות השטח הגבוהות הנדרשות להפקת חומרי גלם בכרייה וחציבה יוצרות קונפליקט סביבתי מובנה שגדל ביחס ישיר לאזילות משאבי הטבע והנוף. עתודות חומרי הגלם לייצור אגרנטים במחצבות הפעילות כיום תענה על צרכי המדינה בפועל עד 2020 (המשרד להגנת הסביבה, 2018).

למרות זאת, מספר המחצבות והמחפורות הלא משוקמות ומהוות מפגעים סביבתיים הוא רב. מספר המחפורות העזובות עד 20 דונם - 664, מספר המחצבות העזובות בין 20 ל-1350 דונם - 151, ובסך הכל 815 מחפורות ומחצבות עזובות (מילגרם, 2006ב). ראוי לציין ש-180 מחפורות ומחצבות עזובות מצויות בשטחי יער ו-131 מחפורות ומחצבות מצויות בשטחי שמורות טבע וגנים לאומיים (יולי 2006). אבל מדיניות השיקום אינה נאכפת (מילגרם, 2007). מחצבות נעזבות כמות שהן ללא טיפול בשטח והן מהוות מוקד למפגעים סביבתיים. בישראל שבה האקלים יבש, נותרים פצעי המחצבות חשופים מצמחיה במשך זמן רב וגורמים לפגיעה ברצף השטחים הפתוחים ולקוטע יחידות אקולוגיות (מילגרם, 2007; המשרד להגנת הסביבה, 2007; המשרד להגנת הסביבה, 2013; המשרד לאיכות הסביבה, 2002). פעולת החציבה מסירה את השכבה האורגנית הכוללת אדמה וצמחייה, הכרייה גם היא הורסת בתי גידול של החי והצומח. הפרת השטח הטבעי מעודדת התפשטות מינים פולשים (המשרד להגנת הסביבה, 2013; המשרד לאיכות הסביבה, 2002). בעקבות הכרייה והחציבה נוצרים בורות פתוחים הגורמים למפגע חזותי-נופי, ככל שהשטח מבותר והררי הפגיעה הנופית חמורה יותר בשל דרגת הנצפות הגבוהה (מילגרם, 2006; קפלן וזלוצקי, 2002). מערכות אקולוגיות הרריות נפגעות כתוצאה מחציבת הסלע בצלעי ההרים. רכסי ההרים הם מקור חשוב של משאבי מים, אנרגיה, מינרלים, תוצרי יער, תוצרי חקלאות ומהווים מוקדי משיכה לפעולות נופש. מערכות אלה רגישות לסחף אדמה לגלישות קרקע ולאובדן בתי גידול ומגוון גנטי (המשרד לאיכות הסביבה, 2002). מחפורות בגדות הנחלים גורמות לפגיעה חמורה משום שפוגעות באגני הניקוז ומשפיעות על משטר הזרימה בנחלים (קפלן, 2004).

פעולות החציבה גורמות ליצירת פסולת ותשטיפים, המלחה וזיהום קרקע ומי תהום, מפגע אבק ורעש ועוד (פייטלסון וחוב, 1996). שיקום מחצבות נעשה לשימושים הבאים: נופש ותיירות, לחקלאות (באזורים מישוריים) שיקום על ידי הטבע ושיקום מחצבה כאתר להטמנת פסולת. על בעל המחצבה חלה חובה של הסדרת המחצבה והכנתה לחלק של שיקומה הנעשה ע"י הקרן לשיקום מחצבות. הפקת אשלגן בים המלח היא דוגמה בולטת נוספת לפגיעה האקולוגית הנרחבת אשר עלולה להיגרם על ידי תעשיות להפקת משאבי טבע. מפלס ים המלח יורד בקצב של כמטר בשנה, -20 30% מירידת המפלס מיוחסת למפעלי ים המלח הישראליים והירדניים (חלקו של הצד הישראלי בירידת המפלס גדול מהירדני). ירידת המפלס מובילה להיווצרות בולענים, חשיפת משטחי בוץ, חתירה מואצת של הנחלים, ערעור יציבות מקווי מים ואובדן מי תהום (דו"ח ניהול משאבי הטבע, 2013).

בנוסף, המלח המצטבר בבריכות האיזוי מחייב את הגבהת הסוללות בדפנות הבריכה לשמירה על מפלס תמיסה קבוע, לצורך סוללות אלו נכרים בשנה כ-200,000 קוב חומר ואדי ממחצבות בשפך נחל צין ובשפך נחל חימר (פורטוגלי, 2014).

1.3.4. מיני חי וצומח

ניצול יתר של מין מסוים, חי או צומח, מתייחס לסילוק פרטים מהמערכת בקצב העולה על קצב הגידול מחדש כך שגודל האוכלוסיה מצטמצם. צמצום האוכלוסיה יכול להיות הפיך או להסתיים בהכחדה. במערכות המים בישראל, מקווי המים הפנים ארציים והמערכת הימית חלה תופעה של דיג יתר. דו"ח מבקר המדינה, שבדק את הסיבות לירידת שלל הדיג בישראל ביותר מ-80% בעשור הראשון של שנות האלפיים, קבע כי ניהול הדיג בכנרת ובים התיכון היה לקוי (דו"ח מבקר המדינה, 2011). בכנרת עיקר ההתדלדלות בשלל הדיג נבעה משימוש ברשתות דיג בעלות חורים קטנים מהמותר בתקנות, כך שנידוגו דגים צעירים מדי ונפגע הגידול באוכלוסייתם. גם הפיקוח על דיג בלתי חוקי לא היה מספק. כיום, על מנת לאפשר התחדשות הדגה, נאסר הדיג בכנרת בארבעת חודשי הרבייה של דג האמנון, המהווה רכיב מרכזי בשלל הדיג של הכנרת.

במערכת הימית של ישראל עיקר דיג היתר נובע משימוש בספינות המכמורת. כוח המנועים של ספינות אלו הוכפל מאז שנות ה-50, עקב כך מתאפשרת פרישת ציוד דיג רב וכבד אשר נגרר על קרקעית הים, מעלה בשוגג מינים שאינם שלל הדיג המסחרי וגורם נזק פיזי לקרקעית המהווה בית גידול למינים רבים (Murawski, 2000). מדד הדגים הגדולים (מד"ג) מייצג את פרופורציית הביומאסה בשלל של הדגים שנידוגו מעל לגודל מסוים. לפי המדד המשולב המותאם לישראל, ערך המבטא מערכת אקולוגית בריאה במד"ג 30 (פרופורצית הדגים מעל אורך 30 ס"מ) הינו 0.3 ואילו בפועל הוא עומד על 0.15 ואילו במד"ג 20 (פרופורצית הדגים מעל אורך 20 ס"מ) הערך הרצוי הוא 0.5 ואילו בפועל הוא עומד על 0.3. עבור המינים המסחריים שנבדקו במחקר נמצא שכ 80% מהפרטים הנידוגים הינם צעירים שטרם הגיעו לבגרות מינית וכ 65% מהפרטים הנידוגים מושלכים לים עקב גודלם הקטן. מספרים אלה מעידים על דיג יתר חמור של גודל. (שפניר וחוב, 2013). מדד זה נמצא כרגיש ללחץ דיג, כאשר הוא תקני ישקף מערכת אקולוגית בריאה וכאשר נמוך במערכת המדברית קיימת תופעת ציד בלתי חוקי של מינים מוגנים, אשר היקפה לא ידוע. הניצודים העיקריים הינם מינים מוגנים אשר ידועים בחברה הבדואית כבעלי בשר משובח, צבי הנגב, דורבן מצוי, חוגלת הסלעים מתת מין סיני וצבי מצוי, כאשר האחרון עמד בעבר על סף הכחדה עקב הציד (שלמון, 1995; חנן לבבי, פקח רשות הטבע והגנים, תקשורת אישית).

צמחים ופטריות במערכת המדברית ניזוקים גם הם מלקט יתר, דוגמה לכך היא צמח עכובית הגלגל, מין מוגן אשר רק ב-2014 לבדה נתפסו ממנו 28,260 ק"ג שנקטפו באופן לא חוקי (יריב מליחי, אקולוג ברשות הטבע והגנים, תקשורת אישית).

1.4. מינים פולשים

מינים פולשים הם מינים שהתבססו מחוץ לגבולות איזור התפוצה הטבעי שלהם ואשר ביסוסם במערכת אקולוגית חדשה מהווה איום על המגוון הביולוגי הקיים בה. מינים פולשים מהווים גורם משמעותי ביותר לירידה במגוון הביולוגי העולמי, על פי אנליזת ה"מינים האדומים" של IUCN (Baillie et al., 2004). נמצא כי גורם זה הוא אחד משלושת המובילים, בקנה מידה עולמי, בהכחדה מוחלטת של מינים.

מעבר המינים מסביבתם הטבעית אל מערכת אקולוגית זרה, "פלישה", מתרחש במספר דרכים עיקריות והן, שחרור דגים מחוות דיג למערכות טבעיות (נהרות, אגמים, ימים); בריחת בעלי חיים מחוות גידול חקלאיות; צמחים המשמשים לגינון מחוץ לאיזור התפוצה הטבעי שלהם; מי נטל של ספינות אשר נאספים לקרבי הספינה במהלך ההפלגה ומשחררים חזרה לים כאשר הגיעה ליעדה; מסדרונות מעשה ידי אדם המחברים בין מערכות אקולוגיות שהיו מנותקות, למשל תעלות בין מקווי מים (אתר IUCN). במערכות האקולוגיות בישראל ניתן לראות נציגות לכל דרכי המעבר הללו.

גורם עיקרי המקל על התבססות מינים פולשים הינו הפרת בתי גידול טבעיים כך שהמינים המקומיים בהם כבר אינם בעלי יתרון ברור על המין האקזוטי. הפרות אלו נגרמות בהיקף גדול על ידי התערבויות אנושיות כגון ניצול משאבי טבע, בינוי עירוני ובינוי תשתיות (דופור-דרור, 2017; וולצ'אק ואנגרט, 2012). השינוי החדד והמהיר הנגרם בבית הגידול עלול להוביל לכך שגם מין מקומי המותאם מאוד לסביבתו, התאמה אשר נרכשה לאורך זמן על ידי שינויים אבולוציוניים, ימצא עצמו לפתע לא מותאם ולכן ייאבד את יתרונו התחרותי אל מול מין פולש אשר הגורמים המווסתים הטבעיים שלו, כגון טורפים, אינם חלק מהסביבה החדשה (Byers, 2002).

בחלק זה יופיעו דוגמאות למינים פולשים במערכות האקולוגיות השונות. רשימות מפורטות קיימות בסיכום "גורמים מחוללים" בפרק השירותים של כל מערכת אקולוגית.

תעלת סואץ, אשר נחפרה במאה ה-19 למעבר ספינות סחר, מחברת בין האוקיינוס ההודי לים התיכון ומהווה מסדרון אקולוגי בעל חשיבות מכרעת למעבר מינים זרים לים התיכון, וכחלק ממנו גם למערכת הימית הישראלית. דרך התעלה עוברים מינים במספר דרכים. פרטי מינים ובעיקר גופי הפצה של מינים (פגיות) הנישאים בזרמי המים מהים האדום עד לים התיכון, מעבר אצות וחסרי חוליות אשר נצמדים (fouling) לירכתי ספינות אשר שטות בתעלה ומי-נטל אשר נשאבים לספינה בנמלים בנתיבה ונשפכים בנמל היעד בים התיכון. שתי פעולות הנדסיות הקלו על מעבר המינים מהים האדום לים התיכון, האחת היא סכירת הנילוס על ידי סכרי אסואן במהלך המחצית השנייה של המאה ה-20, מימיו המתוקים של הנילוס נשפכו טרם הסכירה סמוך למוצא תעלת סואץ ותיפקדו כמחסום פיזיולוגי ליצורים ימיים שהגיעו דרך התעלה. השנייה היא הרחבת והעמקת התעלה ואף הכפלת קטע ממנה במהלך העשור השני של המאה ה-21 (Galil et al., 2014), מהלך שהביא לגידול בממדי הספנות הימית העוברת בתעלה (Rilov & Galil, 2009; Edelist, Rilov et al., 2013) ולכן לגידול בקצב פלישת המינים הטורפיים לים התיכון.

עד לשנת 2014 זוהו בים התיכון 1020 מינים זרים, מהם 787 באגן המזרחי ו-445 במערכת הישראלית, מרביתם ממוצא האוקיינוס ההודי-פסיפי (Galil, 2012; Zenetos et al., 2012; Zenetos, 2014). במערכת הישראלית באזור הקרקעית הרכה של מדף היבשת ובעומקים של 15-30 כ-80% מפרטי הדגים הם של מינים פולשים. גם על פני שוניות מדף היבשת המינים המקומיים נדירים ביותר ורוב החלזונות והצדפות הם ממינים זרים (Rilov, 2016; Rilov et al., 2018). בין המינים הפולשים מצויים גם מינים המזיקים לאדם ישירות, כגון דגי אבו נפחא רעילים, דגי שפמית ארסיים (Edelist et al., 2012) ומספר מיני מדוזות, ביניהם המסרקנית (Fuentes et al., 2010; Angel et al., 2014; Galil, 2012) המהווים מטרד לרוחצים בים ופוגעים בשל כך בשירותי התרבות שהמערכת הימית מציעה.

במקביל למגמת העלייה בממדי פלישת המינים הטורפיים זוהו גם מגמות ירידה בממדי המגוון הביולוגי המקומי אשר התכתבו עם מגמת הפלישה, ככל שאיזור הפך עשיר יותר במגוון מינים זרים כך התדלדל מגוון המינים המקומיים (צדוק וברנע, 2013; Edelist, 2013; Rilov, 2016; Rilov et al., 2018) אחת הסברות להתבססות הדרמטית

של מינים פולשים בים התיכון היא שמקור המינים המקומיים הוא מזרחה האוקיינוס האטלנטי על מימיו הקרים, ואילו מקור הפולשים הוא מי הים האדום החמים, מה שנותן להם יתרון תחרותי בהגיעם לים התיכון החם.

גם מקווי המים הפנים ארציים של ישראל עשירים במינים פולשים, מהם צמחים ובעלי חיים, המשפיעים על המגוון הביולוגי באופנים שונים. 27 מינים פולשים של דגי מים מתוקים זוהו בישראל, מהם 10 מתרבים בטבע (Roll et al., 2007). רובם הובאו לישראל למטרת גידול בבריכות דגים וחדרו למערכות המים הטבעיות. בין הדוגמאות דגי קרפיון מצוי, מוסר וטרטות עין הקשת (פורל) שהובאו לצורך מדגה וחדרו לכנרת ולנחלי מערכת הירדן ודגי הגמבוזיה שהוכנסו למעיינות ולברכות חורף בשנות ה-20 של המאה הקודמת בשל עמידותם הגבוהה לטווח תנאים רחב (גורן, 2002) ויעילותם בטריפה של זחלי יתושים (Otto, 1973). הכנסת הגמבוזיה לבריכות חורף גרמה להיעלמות מיני דו-חיים, שבעצמם טורפים יתושים, בהם גם מינים הנתונים בסכנת הכחדה חמורה כטריטון הפסים והפריית מצויה (גפני ואלרון, 2011).

בניגוד למגמה הרווחת בעולם, בעשורים האחרונים נמשכת חדירה של דגים זרים למקווי המים הטבעיים בישראל (אלרון ורוטשילד, 2012; החברה להגנת הטבע, 2014; Roll et al., 2007).

כ-25 מיני צמחים זרים פולשים חדרו והתבססו במקווי המים, מתוכם 5 צמחים צפים הנחשבים מינים "משני סביבה" (דופור-דרור, 2010). מינים אלה צפים על פני גוף המים כאשר הזרימה בו איטית ויוצרים רובד צפוף אשר חוסם כניסת אור, גורם לירידה בשיעור החמצן במים ולשינויי טמפרטורה. שינויים אלה עלולים לגרום לפגיעה במינים המקומיים עד הכחדתם (דופור-דרור, 2010; אלרון ורוטשילד, 2012). לדוגמה, יקינטון המים שפלש לירקון בשנות ה-50 וגרם לסתימת האפיק, פלש שנית למספר מוקדים בתחילת שנות ה-2000, ביניהם נחל אלכסנדר, נחל נעמן, נחל גדורה ותעלה בסמוך לשמורת החולה (דופור-דרור, 2010). גם לכנרת פלשו מינים רעילים מקבוצת האצות הכחוליות (ציאנובקטריה), ששינו את הרכב האצות המיקרוסקופיות המאכלסות את האגם.

המערכות האקולוגיות המימיות בישראל סובלות ממינים פולשים נוספים, ביניהם הרכיכה *Pseudoplotia scabra*, שכיום מהווה למעלה מ-95% מאוכלוסיית הרכיכות בכנרת ומסכנת את קיומם של ארבעה מינים מקומיים (Heller et al., 2014) והצבגון *אדום-אוזן* הדוחק מיני צבים ישראליים מבית גידולם בנחל אלכסנדר, בירקון ובנחל איילון.

מערכות עירוניות הן מערכות מופרות מאוד ולכן מהוות מוקד מועדף לפלישת מינים (Gaertner, 2017). מינים פולשים רבים מצליחים לבסס אוכלוסיות בשטחים מופרים ביישובים ובקרבם תוך ניצול המשאבים העודפים שמספקים בני האדם כגון תוספת מים, זרעים, חרקים, פרחי צוף, ואתרי קינון בעצי הנוי (שורק ופרבולוצקי, 2016). אחת מפעילויות האדם הבולטות אשר הביאה להכנסת צמחים פולשים לישראל היא גינון. בעוד שבארץ מספר מיני הצמחים הטבעיים עומד על כ-2700, מוכרים כ-5450 מיני צמחי נוי המשמשים לגינון (הלר וחוב, 2016). אלו נשתלים ברחובות, גינות ופארקים ומספקים מגוון של שירותי מערכת אקולוגית, אך חלקם "עוברים את הגדר" ומתחילים לפלוש לשטחים טבעיים בתוך העיר ומחוצה לה. רשימת צמחי הנוי הזרים הלא רצויים בישראל מונה 142 מיני צמחים זרים שאותם לא רצוי לשתול או לזרוע בשל פוטנציאל ההתפשטות הגבוה שלהם בארץ, ביניהם פיקוס קדוש, פלפלון דמוי-אלה, וושינגטוניה חסונה ועוד. הרשימה מונה 10 מינים זרים נוספים שמומלץ לעקוב אחריהם בהמשך, מתוך חשש שיתפתחו כפולשים בישראל בעתיד (דופור-דרור, 2013).

בין הדוגמאות למיני בעלי חיים פולשים שהתבססו בסביבה העירונית ואף התפשטו מעבר לה נמצאות נמלת האש הקטנה שמקורה בדרום אמריקה, עקיצתה כואבת מאוד ועלולה אף לגרום לתגובה אלרגית חריפה. בנוסף להשפעות הבריאותיות על האדם, הנמלה עלולה לפגוע בחיות בית ובר עד כדי עיוורון (המשרד להגנת הסביבה, 2010; פדרמן

וכרמל, 2012). חיפושית הדקונית הדקל, אשר זחליה מסוגלים לקדוח חורים בעומק של עד מטר בגזע המארה, גרמה לתמותה מאסיבית של עצי דקל במרחב הציבורי ובגינות הפרטיות (מנהל המחקר החקלאי, 2013). מלבד הפגיעה במגוון הביולוגי, קריסת העצים עלולה לפגוע בעוברים ושבים ולגרום לנזק ברכוש. החדקונית התפשטה ליישובים רבים בארץ, ביחוד מצפון לחדרה בשטחים עירוניים (הברמן, 2011). מין פולש נוסף היא הציפור מיינה מצויה המשגשגת בבתי גידול מופרים ועירוניים בארץ.

במערכת הים תיכונית מצויים בעיקר מינים אשר הוחדרו למערכת האקולוגית במתכוון לצורך הפקת תועלות ספציפיות. אקליפטוס שהוחדר בעיקר למערכות החורשים והבתות במהלך המאה ה-20 לצורך ייבוש ביצות, ושיטה מכחילה שהוחדרה מאוחר יותר למערכות החולות והכורכרים לצורך ייצוב דיונות, נחשבים כמתחרים עם מיני העצים המקומיים ופוגעים בהפקת שרות התרבות של תחושת מקום. בשטחי שמורות טבע, גנים לאומיים ויערות נטועים עצים אלה מועדים לכריתה ולכן מחוללים שינוי חיובי בהפקת היצע שרות אספקת ביומסה מעוצה. חרקים מאביקים מקומיים במערכת הים תיכונית נפגעים ממיני מאביקים זרים אשר הוחדרו למערכות החקלאיות עקב תחרות. אוכלוסיית דבורי הדבש נפגעת גם היא מהמאביקים הזרים שכן הם נשאי מחלות טפיליות ומדביקים את דבורי הדבש.

במערכת המדברית אופני הכניסה של מינים זרים למערכת כוללים את נמלי השיט והתעופה באילת ובעקבה, כניסה של רכבים מאיזורים גיאוגרפיים זרים וייבוא צמחי גינון וחיות מחמד על ידי התושבים. יישובים ושטחי חקלאות יוצרים במערכת המדברית כתמים עתירי מים ונוטריינטים אשר מאפשרים למינים פולשים להתבסס ולהתפשט. מינים פולשים בולטים במערכת המדברית הם: עורב הודי, מין עורב מדרום אסיה אשר התבסס באילת ודחוק את המין המקומי עורב חום עורף. צפרות היא ענף תיירותי חשוב בערבה ויש לצפות שאם פאונת האזור תחשב כנגועה במינים פולשים ייפגע שירות זה; דבורה ננסית, מין דבורים זעיר, אשר ככל הנראה פלש דרך נמל עקבה. עוקצת ופוגעת בתושבים ובתיירים באיזור אילת ואילות (דופור-דרור, 2010, 2017); שיטת ויקטוריה, מין עץ אשר הובא לנגב הצפוני לצורכי ייעור. מין זה מתפשט בישראל במהירות, בעיקר סביב מוקדי השקיה, ולכן מופיע ברשימת המינים שאינם מומלצים לגינון שפרסם המשרד להגנת הסביבה ומשרד החקלאות (דופור-דרור, 2010, 2017); טיונית החולות, צמח שמקורו בצפון אמריקה. הובא לארץ בשנות השבעים למטרת ייצוב דיונות. הצמח נפוץ בצפון הנגב לאורך כבישים ובעיקר בחולות הנגב המערבי. מצליח לדחוק את הצומח המקומי בזכות היותו פעיל-קיץ ועמיד בתנאי יובש (דופור-דרור, 2017).

1.5 שינוי אקלים

שינוי האקלים הינו אחד הנושאים הבוערים בנוגע לסביבה ופיתוח בזירה העולמית, כפי שנקבע על ידי "וועידת האומות המאוחדות לשינוי אקלים". כיום הרוב המכריע של הקהילה המדעית וקובעי המדיניות קושר בין שינוי האקלים הגלובלי ופעילות אנושית כגון פליטת גזי חממה שונים, העיקרי שבהם פחמן דו חמצני, ופליטת אירוסולים (Millennium Assessment, 2005). שינוי האקלים מתבטא ברמה הגלובלית בעליה בטמפרטורת האוויר והים, המסת קרחונים, עלית גובה פני הים, עליה בשכיחות אירועי מזג אוויר קיצוניים והחמצת האוקיינוסים (NASA, n.d.). תחזיות האקלים לאיזור הים התיכון צופות התחממות בשיעור ממוצע של 0.3-0.5 מעלות צלזיוס לעשור, ירידה בכמות המשקעים, עליה בשכיחות אירועי מזג אוויר קיצוניים כגון בצורות, שטפונות וגלי חום, עליה בגובה פני הים התיכון של כ-0.5 מ"מ בשנה ועליה של כ-0.5 מעלות צלזיוס לעשור בטמפרטורת פני הים התיכון (IPCC, 2007)

ניתוח מגמות האקלים בישראל בעשורים האחרונים אכן מראה עליה מובהקת בטמפרטורות (ממוצעת, מינימום ומקסימום) בכל איזורי הארץ (יוסף וחוב, 2018) וגידול מובהק בשכיחות גלי החום בקיץ בשני העשורים (יוסף וחוב, 2016). גובה פני הים עלה גם הוא בהתאם לתחזיות, בשני העשורים שבין 1992 ל-2012 עלה המפלס במערכת הימית הישראלית בכ-12 ס"מ (Clark et al., 2014), ואילו התחממות פני הים עלתה על התחזיות פי 2 ועל הממוצע העולמי פי 10 כאשר בעשורים בין 1980-2010 עלתה טמפרטורת הים התיכון (מים עליונים במרחק 50 ק"מ מהחוף הישראלי) ב-0.1 מעלות צלזיוס לשנה (Ozer et al., 2016). היינו מעלה אחת לעשור. התפרוסת המרחבית של מגמות השינוי הלינארי בכמויות המשקעים מאז שנות ה-50 עד 2010 מראה ירידה במשקעים ברוב חלקי הארץ ששיעורה מגיע ל-3 מ"מ בשנה בהרי יהודה ובגליל העליון ועד 5 מ"מ במזרח הגולן. במרכז הארץ ניכרת עליה מזערית בלבד. הירידה, למרות שאינה מובהקת, ניכרת בכל אחד מהאזורים. באזור הצחיח מזרחה וממזרח לקו ה-100 מ"מ ניכרת ירידה גדולה יותר מאשר ברוב חלקי הארץ (קותיאל, 2011; זיו, 2011).

שינוי האקלים צפוי לחולל שינויים מרחיקי לכת במגוון הביולוגי. התחזיות לישראל צופות הכחדת מינים מסויימים, שינויים בתפוצת מינים, התגברות מינים פולשים, התייבשות בתי גידול לחים, האצת תהליכי מדבור ושינויים במגוון הביולוגי בים התיכון (אתר המשרד להגנת הסביבה, 2018). על אף חשיבות הנושא, נכון להיום קיימים פערי ידע משמעותיים באומדן והערכת השפעות שינוי האקלים על המערכות האקולוגיות בישראל עקב מיעוט מחקרים בתחום (גבאי וחוב, 2014). המידע בפרק לקוח מפרקי המערכות במסמך זה ומתחזיות מומחים. הערכות אלו יגובו בממצאי מחקרים, במידה וקיימים.

המגמה העתידית למשקעים באזור ישראל צופה ירידה בכמות המשקעים אך הגברת עוצמת אירועי הגשם (Ziv et al., 2014). תופעה זו צפויה להקטין את המילוי החוזר של האקוויפרים (Samuels et al., 2009), ולהגביר את התחרות על משאבי המים. כפועל יוצא, צפויה הגברה של תפיסת מי הנגר העילי, אשר תגרום להפחתה בכמויות מי הנגר המגיעים לכנרת, לים המלח, לנחלים ולבריכות החורף. בנוסף, צפויה עליה בטמפרטורות ובעוצמת ההתאיידות, וסבירות גדולה יותר לאירועי קיצון (Ostrovsky et al., 2013). אלו עלולים לגרום לירידה בכמות ההמצן המומס במים, אשר דרוש לנשימה של יצורים אקוטיים ולפירוק חומר אורגני ומזהמים במים (Carpenter et al., 2011). לפי מודלים לחיזוי ההשפעות האקלימיות על מצב הכנרת, שינוי האקלים יביא בעשורים הקרובים להמשך מגמת פחיתה בנפחי המים הזמינים באגם, פחיתה בנפח של כ-2.5 מיליון קוב בשנה, ועל כן לעלייה במליחות האגם ולמשרעת מפלסים גדולה החורגת במידה רבה מהמשרעת הטבעית. ירידה מתמשכת במפלס הכנרת הינה בעלת השפעה על כושר הרבייה של הדגים באגם, היחסים במארג המזון, אוכלוסיית הליטוראל (רצועת המים הרדודים בשולי האגם), משטר המשקעים בקרקעית ומעודדת פליטת מתאן מוגברת (Ostrovsky et al., 2013). גם בבריכות חורף, הרגישות ביותר לשינויים במשטר אספקת המים (Pyke, 2005), עלולה להתקצר התקופה בה הן מחזיקות מים (Sternberg et al., 2015) ולגרור פגיעה קשה במגוון הביולוגי הייחודי שלהן וברמת שרותי המערכת האקולוגית שהן מספקות (Pyke, 2005).

במערכת הימית אחת הדוגמאות להשפעת התחממות המים על מינים היא היעלמות קיפוד הים, הידוע כ"מין מפתח" המווסת את התכסית הצמחית באזור החופי ובכך גם משפיע על המגוון הביולוגי. בשנות ה-70 צפיפות קיפוד הים במערכת הישראלית הייתה 2-10 פרטים למטר רבוע ואילו בין 2010-2015 אותרו לאורך 80 ק"מ של החוף 19 פרטים בלבד. בניסוי מעבדה נמצא כי התחממות המים במידה בה התחמם הים באותן שנים, גורמת לתמותה מאסיבית של קיפודי הים (Rilov, 2016; Yeruham et al., 2015).

השפעות נוספות של התחממות מי ים על מינים ניתן לראות בתצפיות על מיני אצות אשר נמצאות לאורך כל השנה באגן המערבי של הים התיכון, ואילו במערכת הישראלית הן נעלמות כמעט לחלוטין בעונת הקיץ (Rilov et al., 2018; רילוב, תקשורת אישית).

ובתצפיות על המגוון הביולוגי בחופים סלעיים הצמודים לאזורי פליטת מים חמים מתחנות כוח, אשר שונה במידה רבה מהמגוון הביולוגי באזורי ביקורת (שיינין וחוב', 2013).

מאחר ומקור רוב מיני המגוון הביולוגי של המערכת הוא במי האוקיינוס האטלנטי הקרים יותר ממי הים התיכון המזרחי, ישנה הנחה תיאורטית שמינים אלה היו קרובים לגבול ההסתגלות הפיסיולוגית שלהם עוד טרם התפתחה מגמת התחממות מי הים, ולכן ההתחממות הנוספת, בגין שינויי האקלים הגלובליים, היא מעבר לגבול הסתגלותם, מה שהביא לצמצום האוכלוסיות אף עד כדי הכחדה מקומית. ואכן, מינים מקומיים רבים שתוארו פעם כנפוצים ביותר לא נמצאים כיום בשוניות הרדודות לחופי ישראל (Rilov et al., 2018).

עוד סברה היא כי מאותה סיבה קיימת סינרגיה בין התחממות המים ופלישת מינים טרופיים כגורמים מחוללי שינוי במגוון הביולוגי של המערכת. המינים הטרופיים מקורם בים סוף שמימיו חמים ממי הים התיכון ולכן הם בעלי יתרון תחרותי על המינים המקומיים ועמידים יותר להתחממות הים (רילוב וגיא חיים, 2014).

העלייה במפלס פני הים עלולה לגרום לשינויים משמעותיים בבית הגידול הייחודי של טבלאות הגידוד (רילוב, נתונים לא מפורסמים). עוד פגיעה בטבלאות הגידוד נגרמת עקב התגברות אירועי השרב בעשורים האחרונים, אשר מלווים ברוחות מזרחיות עזות המשטחות את הים בקרבת החוף וחושפות את טבלאות הגידוד למשך שעות ארוכות ולעיתים אף ימים ושבעות. אירועי יובש ארוכים אלה גורמים לתמותה משמעותית של אצות ובעלי חיים על הטבלה (Zamir et al., 2018).

במערכות היבשתיות הישראליות שינויי האקלים צפויים להגביר את העקות המצטברות בתחומי חום ומחסור במים ומזון. במערכת המדברית, בדרום הערבה, הירידה המתמשכת בכמות המשקעים הביאה לתמותה רבה של שיחים וכתוצאה ירד היצע המזון לפרסתנים הגדולים, יעלים וצבאים. ככלל, בעשור האחרון ניכרת הידרדרות במצבם של מרבית המינים המנוטרים בדרום הערבה, בעיקר מינים טרופיים, סודניים, או אירנו-טורניים (אחירון-פרומקין, 2011).

נמצא כי יעלים נקבות רגישות לתנאי בצורת בגלל הצרכים התזונתיים הגבוהים בזמן ההתעברות וההנקה. באזור אילת בצורת מתמשכת הביאה לירידה של 50% בגודל אוכלוסיית היעלים (זליץ ולנדאו, 2009). התייבשות נרחבת ותמותה של שיחים ניכרות באתר סירת שקד בצפון הנגב יחד עם ירידה משמעותית בייצור הראשוני של המערכת וירידה כללית במגוון הצמחים ובעלי החיים (שחק וקרניאלי, 2009). בשנים האחרונות נצפתה במערכת המדברית גם תמותה משמעותית של שיטים, מין מפתח במארג המזון בערבה. תופעה זו מקושרת לירידה בכמות המשקעים (גרונר וחוב', 2017).

במערכות היבשתיות צפוי כי מינים מסויימים של צמחים ובעלי חיים יוכלו להסתגל לתנאים החדשים ולהישאר באותם איזורים ואילו מינים אחרים, אשר לא יוכלו להסתגל, צפויים להגר צפונה, אל איזורים בהם יתקיימו תנאים דומים לתנאים אליהם הורגלו. על מנת שמינים אלה ישרדו ויצליחו להגר צפונה, "northward movement", הם צריכים רצף של שטחים טבעיים. שטחים בנויים, תשתיות ומערכות חקלאיות הקוטעים את הרצף הטבעי עלולים להגביל את התפוצה צפונה של מינים אלה ולהוביל להכחדתם (גבאי וחוב', 2014).

במערכת הים תיכונית במשטר האקלים הנוכחי התייבשות אלונים אינה איום ממשי, אך עלייה ברצף השנים השחונות עקב שינוי האקלים עלולה לסכן באופן משמעותי את אוכלוסיית האלונים והחורש הים תיכוני בכלל, על כל שירותי המערכת שהוא מספק (גבאי וחוב', 2014).

2. גורמים עקיפים

קטגוריות הגורמים העקיפים אשר נבחנו הינן: דמוגרפיה, כלכלה, פוליטיקה חברה וביטחון, חידושים טכנולוגיים והתארגנות ופעילות סביבתית בקרב הציבור.

בחלק זה יפורטו מאפייני גורמים אלה והשפעתם על הגורמים המחוללים הישירים בישראל. לצורך קבלת תמונה מלאה של השפעת הגורם העקיף על הגורם הישיר, המשפיע בתורו על שירותי המערכת, יש לעקוב אחר ההפניות לגורמים הישירים המופיעות בגוף הפרק.

2.1 דמוגרפיה

ההשפעה השלילית של גידול אוכלוסין על הסביבה מבוססת היטב בשיח העולמי מאז העשור הקודם. משאבי סביבה דרושים על מנת לספק לכל אדם מזון, מים, אנרגיה ויתר הצרכים הבסיסיים בחברה המודרנית. אל הסביבה נפלטם גם תוצרי השימוש במשאבים הללו, המתבטאים לרוב בזיהום והפרת שטחים. כל אלו בעלי השפעה קריטית על המגוון הביולוגי המרכיב את המערכות האקולוגיות השונות.

בישראל, עקב מאפייניה הייחודיים, עיסוק בגידול דמוגרפי כבעיה סביבתית קיבל מעמד של כמעט טאבו. האידיאולוגיה הציונית לפיה ישראל מהווה ארץ מקלט להגירת יהודים מכל העולם, החשש היהודי מהפיכה למיעוט דמוגרפי אל מול האוכלוסייה הערבית וההתפלגות הבין מגזרית הברורה כאשר מדובר בסוגיות פרוץ, הופכים כולם את סוגית גידול האוכלוסין ללא נוחה, בלשון המעטה, לדיון פוליטי (Orenstein, 2004). פעמים רבות מושמט נושא הדמוגרפיה מסדר היום לטובת עיסוק בנושאים פחות שנויים במחלוקת, כגון עליה ברמת החיים כגורם עיקרי לבעיה הסביבתית ותכנון וטכנולוגיה כפתרונות אפשריים. נושאים אלו בעלי חשיבות גדולה גם הם ויידונו בהמשך הפרק, אך לא ניתן להתעלם מהשפעתו המכרעת של גורם הגידול הדמוגרפי באחת המדינות הצפופות בעולם (טל, 2012).

צפיפות האוכלוסין בישראל (ללא יהודה ושומרון) הינה כ-400 איש/קמ"ר, מקום 31 מתוך 233 בדירוג העולמי (חושב לפי נתוני הלמ"ס, 2018).

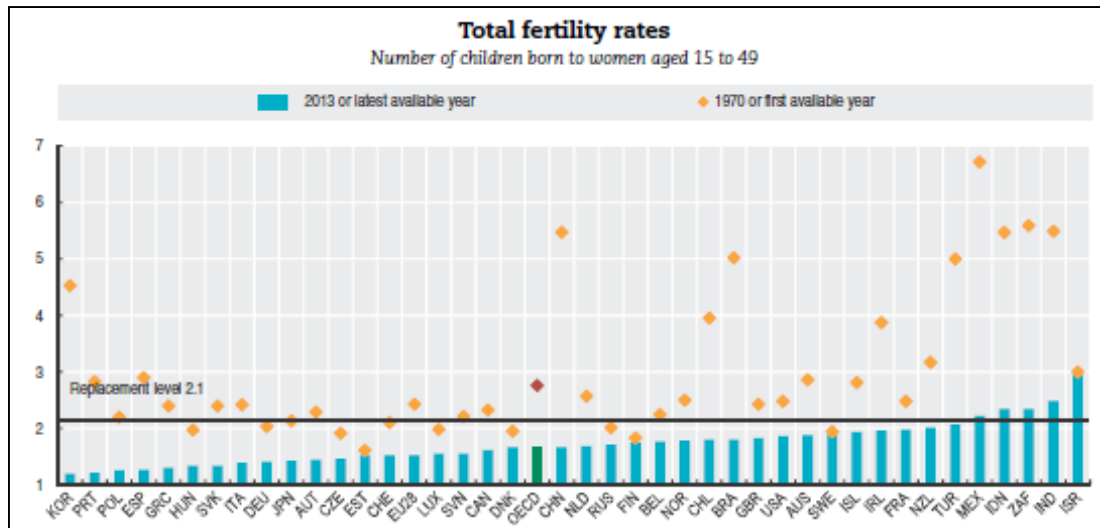
קצב גידול האוכלוסין בישראל הינו 1.51%, מקום 76 מתוך 234 בדירוג העולמי, כאשר המקדימות אותה הן ברובן המכריע מדינות מתפתחות (לוקסמבורג ואיחוד האמירויות הערביות הן המדינות המפותחות היחידות המקדימות את ישראל ובהן משויך הקצב הגבוה להגירה מאסיבית ולא לילודה) (United Nations, 2018; CIA, 2018). גם ב-OECD ישראל מובילה בקצב גידול האוכלוסין, כאשר מקדימה אותה רק לוקסמבורג (אזור 1) (OECD, 2016).



איור 1: גרף שיעור גידול האוכלוסייה השנתי במדינות ה-OECD (OECD, 2016).

גידול אוכלוסין מורכב משיעורי פרייון, תוחלת חיים והגירה. בשונה ממדינות מפותחות אחרות, בהן ניתן לחזות גידול באוכלוסייה עד שלב מסוים בשל התארכות תוחלת החיים אולם לאחר מכן ניתן לצפות להתייבשות האוכלוסייה בשל שיעור ילודה קטן, הרי שבישראל המצב שונה. בישראל תוחלת החיים היא מהגבוהות במדינות המפותחות ובנוסף שיעור הילודה בה גבוה.

שיעור הפרייון בישראל הוא הגבוה מבין מדינות ה-OECD (איור 2). ב-2013 עמד שיעור הילודה בישראל על 3.03 ילדים לאישה בגיל הפוריות, לעומת ממוצע ה-OECD שעמד על 1.67 (OECD, 2016).

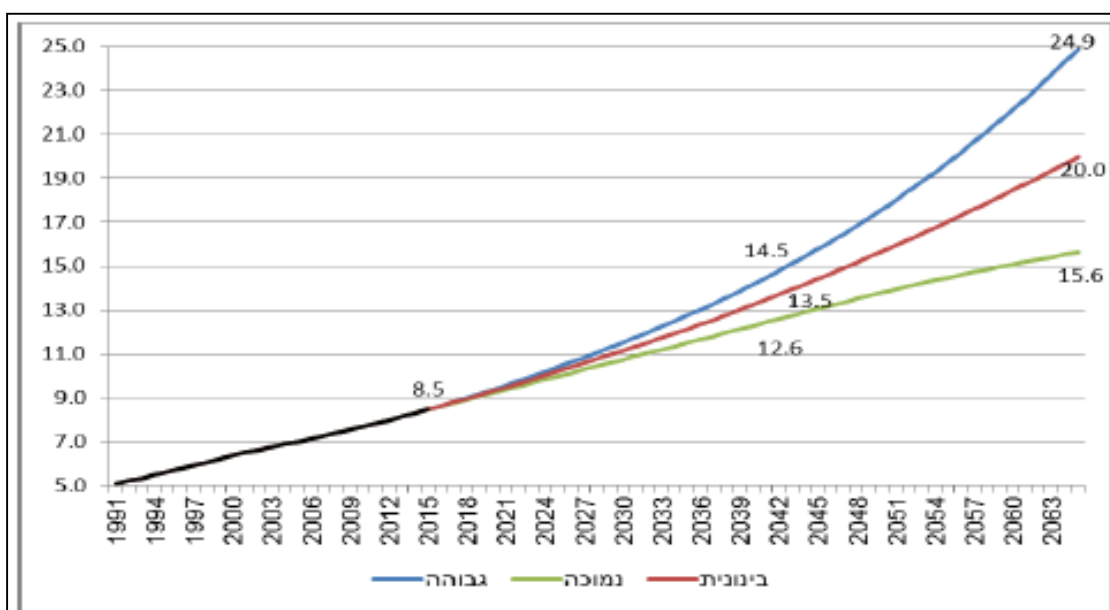


איור 2: גרף שיעור הפרייון במדינות ה-OECD (OECD, 2016).

תוחלת החיים בישראל גבוהה ביחס למדינות המפותחות. ממוצע ה-OECD לתוחלת חיים בלידה עומד על 80.6, ובישראל על 82.1 (למ"ס, 2017).

הגירה לישראל היותה אומנם גורם עיקרי בעיצוב גודל והרכב האוכלוסייה מאז קום המדינה אך בשנים האחרונות תרומת מאזן ההגירה לגידול האוכלוסין נמוכה מאוד ולכן, בהיעדר מידע לגבי הגירה עתידית מתוכננת בין אם חיובית או שלילית, סביר לא להתייחס לגורם זה בחישובי גידול האוכלוסין לעתיד וכך נוהגת גם הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בתחזיותיה (הלמ"ס, 2012).

בתחזית של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה המעריכה את היקף ומגמות גידול האוכלוסין עד שנת 2065, צפויה אוכלוסיית ישראל להגיע ל- 20 מיליון איש ב-50 השנים הקרובות (זאת על פי החלופה הבינונית, הנמוכה מעריכה 15.6 והגבוהה 24.9 מיליון) (איור 3) (הלמ"ס, 2017).

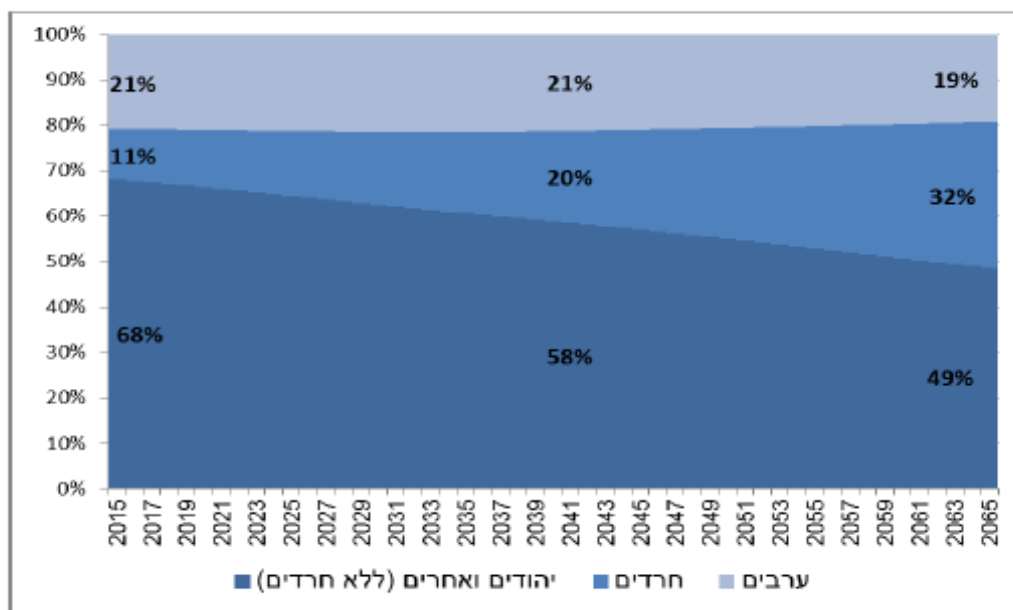


איור 3: הגדול באוכלוסיית ישראל בשנים 1991-2065, לפי 3 החלופות, במיליונים (מבוסס על נתוני הלמ"ס, 2017).

תחזית החלוקה המגזרית בישראל לאותן שנים מצאה כי לא צפויים שינויים משמעותיים בהרכב האוכלוסייה הכללית בחלוקה בין יהודים לבין ערבים. בעוד 25 שנים חלוקת האוכלוסייה בין יהודים ואחרים לערבים צפויה להישאר זהה להיום, 79% יהודים ואחרים ו-21% ערבים, ובעוד 50 שנה חלק היהודים ואחרים צפוי לעלות ל-81% וחלקה של האוכלוסייה הערבית לרדת ל-19%. חלקה של האוכלוסייה החרדית מסך אוכלוסיית ישראל צפוי לעלות מ-11% ל-20% תוך 25 שנה, וב-2065 להגיע ל-32% מסך האוכלוסייה (טבלה 1 ואיור 4) (הלמ"ס, 2017).

טבלה 1: קבוצות האוכלוסייה בישראל, חלופות התחזית לאחר 25 שנה ו-50 שנה, במיליונים (מסוכב על נתוני הלמ"ס, 2017).

קבוצת אוכלוסייה	סוף 2015			סוף 2040			סוף 2065			
	אוכלוסיית בסיס	גבוהה	בינונית	נמוכה	גבוהה	בינונית	נמוכה	גבוהה	בינונית	נמוכה
סה"כ	8.5	14.2	13.2	12.3	24.9	20.0	15.6			
יהודים ואחרים	6.7	11.2	10.4	9.6	20.3	16.1	12.4			
מזה: חרדים	0.9	3.0	2.6	2.3	9.1	6.4	4.2			
ערבים	1.8	3.0	2.8	2.6	4.6	3.8	3.2			



איור 4: הרכב קבוצות האוכלוסייה בישראל בשנים 2015-2065, באחוזים (מבוסס על נתוני הלמ"ס, 2017).

קיימת הסכמה רחבה בקרב קהילת מומחי הסביבה בישראל ששילוב של גידול אוכלוסין יחד עם עלייה ברמת החיים מובילים להפחתת משאבים סביבתיים ולירידה באיכותם. יחד עם זאת, בגלל המחלוקת הפוליטית שמעורר הנושא, מעטים המחקרים שנעשו בישראל לבחינת הקשר הישיר בין גידול דמוגרפי למפגעים סביבתיים ספציפיים (Orenstein, 2004).

להלן הגורמים הישירים למפגעים סביבתיים נבחרים המקושרים בקונצנזוס רחב לגידול דמוגרפי בישראל: אין עוררין כי גידול אוכלוסין במידה הנצפית בישראל מעודד תנופת בניה. במסמכים ממשלתיים העוסקים בדיוור לשנים קדימה, ניכר הצורך התכנוני למתן מענה לתוספת משקי הבית הצפויה בעשורים הקרובים. (רז-דרור וקוסט, 2017).

בינוי הינו מהגורמים העיקריים לאובדן וקיטוע שטחים פתוחים (טבעיים וחקלאיים) מאז קום המדינה, כאשר האחריות למידת הנזק מתחלקת בין גידול אוכלוסין מהיר, עקב ריבוי טבעי או גלי הגירה, ומדיניות תכנון המעודדת כרסום שטחים פתוחים. לשם המחשה, בין השנים 1998-2007 כ-77% מכלל התחלות הבניה היו בבניה צמודת קרקע עתירת שטח (כהן וחוב', 2010).

בשנת 2017 הוגדרו 85.6% משטחי ישראל כשטחים פתוחים (18.898 קמ"ר) הכוללים שטחים טבעיים או מיוערים שהם 66.9% (14.773 קמ"ר) ושטחי חקלאות של מטעים וגידולי שדה ב-18.7% (4125 קמ"ר), נוסף לכך שטחים בנויים (שורק שפירא, 2018), הם 10.7% (2354 קמ"ר). כ-1.4% מהשטחים הוגדרו כשטחים מופרים (319 קמ"ר) ובכ-2.3% מהשטח מצויים גופי מים טבעיים ומלאכותיים (507 קמ"ר).

בין השנים 1998-2013 עמד קצב הגריעה של שטחים פתוחים בישראל בממוצע על 11.5 קמ"ר לשנה. על בסיס חישוב חדש שנעשה ע"י המארג, ניתן לראות כי קצב הגריעה בין השנים 2014-2015 עמד על כ-24 קמ"ר בשנה ובין השנים 2016-2017 על כ-17.5 קמ"ר בשנה. ממוצע הגריעה בארבע השנים האחרונות עומד על 20.8 קמ"ר בשנה (שורק שפירא, 2018). עיקר השטחים הבנויים מרוכזים מצפון לבאר שבע ובהתאם גם מגמת הפיתוח, 18.5%

מכלל השטח מצפון לבאר שבע הינו שטח בנוי ואילו מדרום לבאר שבע רק 3.7% מהשטחים בנויים. הרחבה בגורם ישיר: שינוי שימושי קרקע, בינוי עירוני.

למגמת הבניה הפרברית העתירה בשטח מיועדת לתת מענה תמ"א 35 אשר קובעת צפיפות נטו מינימלית למגורים, אוסרת על תוספת שטח לפיתוח שלא בצמוד לבניה קיימת (מנהל התכנון, 2016). וקובעת גבולות לפיתוח הרצפים העירוניים הגדולים בישראל תוך הדגשת חשיבות השטחים הפתוחים ורציפותם (משרד הפנים, 2013). במסמך עדכון ודיווח לתמ"א 35 נבחנה שאלת השפעת התמ"א על תופעת הפרבור, במסגרתו נמצא כי שיעור גידול האוכלוסייה ביישובים פרבריים, היינו יישובים קהילתיים והרחבות קהילתיות, חיובי ובמגמת עלייה. השטח הבנוי ביישובים הפרבריים עולה גם הוא, אך קצב הגידול יורד, כלומר היישובים הפרבריים הופכים צפופים יותר (כהן וחוב', 2010). מגמת הפרבור ניכרת גם בנתוני הלמ"ס העדכניים להגירה פנימית. נכון לשנת 2016 מאזן ההגירה ליישובים עירוניים הינו שלילי ועומד על -5.7 אלף איש, ואילו מאזן ההגירה ליישובים כפריים חיובי ועומד על +5.7 אלף איש (הלמ"ס, 2016).

עליה בכמות פסולת מוצקה - על פי המשרד להגנת הסביבה, כמות הפסולת בישראל גדלה בכ-1.8% כל שנה כתוצאה מהגידול הדמוגרפי והעלייה ברמת החיים. כ-80% מהפסולת בישראל עוברת להטמנה (המשרד להגנת הסביבה, ח.ת. א) אשר גוזלת משאבי קרקע יקרים, מהווה מפגע חזותי, מלווה בפליטת גזי חממה ובהיעדר טיפול נאות עלולה לגרום לזיהום אוויר, קרקע ומים. (המשרד להגנת הסביבה, ח.ת. ב).

מים

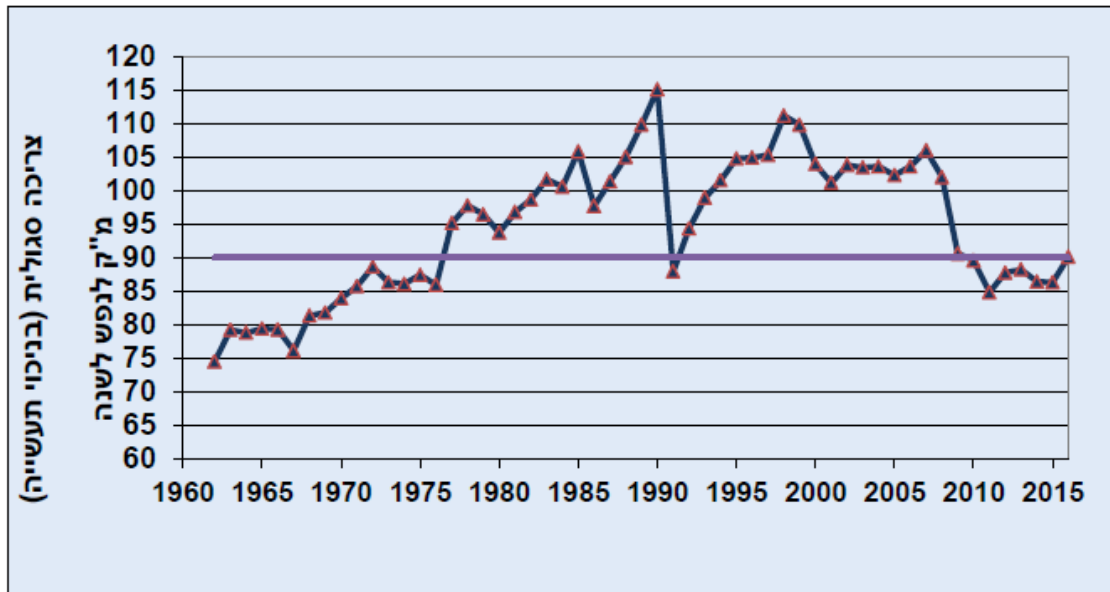
עיקר צריכת המים השפירים בישראל בשנת 2016 היא במגזר הביתי, ועומד על כ-53% מכלל הביקוש למים שפירים (טבלה 2) (רשות המים, 2017). היצע המים הטבעיים בישראל, ממילוי חוזר של מקורות המים השונים, מוערך בכ-1,400 מיליון מ"ק בשנה ובשנים שחונות אף פחות (רשות המים, ח.ת. א). ביקוש המים השפירים גבוה מההיצע הטבעי, ב-2016 עמד הביקוש על כ-1,500 מיליון מ"ק בשנה.

טבלה 2: צריכת המים השפירים בשנת 2016 לפי מטרות צריכה, באלפי מ"ק (רשות המים, 2017).

מים שפירים				
סה"כ	עילי	קידוח	מקורות	
485,310.1	144,279.6	121,406.8	219,623.7	חקלאות
866,447.5	12,234.5	113,205.2	741,007.8	צריכה ביתית וכל צריכה אחרת
24,616.3	600.6	0.0	24,015.6	מים לטבע
1,376,373.9	157,114.8	234,612.0	984,647.1	סה"כ
51,962.2	0.0	0.0	51,962.2	ממלכת ירדן
62,107.3	0.0	0.0	62,107.3	הרשות הפלסטינית – יו"ש
6,121.0	0.0	0.0	6,121.0	הרשות הפלסטינית - ברדלה
11,008.9	0.0	0.0	11,008.9	הרשות הפלסטינית - עזה
131,199.4	0.0	0.0	131,199.4	סה"כ שכנים
1,507,573.4	157,114.8	234,612.0	1,115,846.6	סה"כ

* צריכה תעשייתית משוייכת לצריכה הביתית (מים שפירים כ-60,388 אלמ"ק). המים השפירים כוללים 503,542 אלמ"ק מים מותפלים שמסופקים למערכת.

הגורמים העיקריים שנהוג למנות לעליה בביקוש למים הינם גידול האוכלוסייה והעלייה ברמת החיים (רשות המים, ח.ת. א). אולם בבחינת נתוני הצריכה לנפש במגזר הביתי מ-1960 ועד היום, ניכר כי בעשור האחרון נתוני הצריכה השנתית לנפש נמוכים משמעותית מאשר ב-30 השנים הקודמות (איור 5). בין אם הסיבות הן הסברה, עליית מחירי המים או פיתוחים טכנולוגיים, בהסתכלות ארצית העלייה ברמת החיים לא התבטאה בגידול משמעותי בצריכת המים הממוצעת לנפש. בנוסף שימושים מסויימים, כגון הדחת אסלות המהווה 35% מצריכת המים הביתיים (רשות המים, 2016) קשורים קשר הדוק למספר הנפשות ולא משתנים כגון ברמת החיים, לכן אלו צפויים לעלות בקשר ישיר לגידול האוכלוסין.



איור 5: סקירה היסטורית של הצריכה הביתית לנפש בניכוי הצריכה לתעשייה (מ"ק) (רשות המים, 2017).

על מנת להתגבר על משבר המים, עברה מדינת ישראל לספק חלק ניכר מהמים השפירים באמצעות מתקני התפלת מי ים. הרחבה בגורם עקיף חידושים טכנולוגיים: התפלת מי ים. המעבר להתפלה מפחית את הלחץ על מערכות המים הפנים ארציות אך הפקת המים המותפלים צורכת אנרגיה רבה, יותר מהפקת מים שפירים טבעיים, ולכן עלייה בצריכת המים מתבטאת בפליטה מוגברת של גזי חממה.

תוצר של צריכת המים המוגברת הוא ייצור שפכים מוגבר. שיעור השבת הקולחין בישראל עומד על כ-75%, הגבוה בעולם, כ-355 מיליון מ"ק בשנה מרביתם משמשים לחקלאות, פירוט בגורם עקיף טכנולוגי: השבת קולחין להשקיה חקלאית (רשות המים, ח.ת. ב). הקולחין נאגמים במאגרים אך בעת חורפים גשומים בהם לחקלאים אין צורך בקולחין או כאשר מתקן טיהור השפכים לא מצליח להוציא מים באיכות ראויה להשבה, מוזרמים הקולחין לים דרך הנחלים ועלול להיגרם זיהום לנחלים וליים עד צורך בסגירת מתקני ההתפלה, כפי שקרה בעבר במתקני שורק ופלמחים. ננקטים צעדים לטיפול בתופעה על ידי תוספות נפח איגום, שדרוג מט"שים וחיבור מט"שים לשטחים חקלאיים נרחבים אשר יוכלו לאפשר את ניצול המים (רשות המים, 2017א).

יחד עם זאת גם אם צעדי המניעה יספיקו לשנים הקרובות, קצב גידול האוכלוסין המהיר ובהתאמה כמות השפכים הגדלה, ושטח הגידולים החקלאיים אשר אינו גדל בקצב מספק לקליטת הקולחין (נתניהו, 2017) עלולים לייצר בעתיד בעיה לניתוב עודפי הקולחין עליה עלולות לשלם המערכות האקולוגיות של הנחלים והים.

2.2 כלכלה

קיים קשר בעל כיווניות משתנה בין צמיחה כלכלית כפי שהיא נמדדת בתל"ג או תמ"ג לבין פגיעה בסביבה ובמערכות האקולוגיות. אחד המדדים לכלכלה בת קיימא הוא צמיחה כלכלית שאינה מתבטאת בפגיעה בסביבה, היינו ניתוק, decoupling, בין הפרמטרים הללו או אף קשר חיובי בו צמיחה כלכלית מלווה בדגש מוגבר על הפחתת ההשפעות השליליות הסביבתיות. לפי הבנק העולמי (World Bank), צמיחה כלכלית אינה נכללת כיעד אלא מטרתה היא לייצר "עולם ירוק, נקי ובעל חוסן לכולם". אמירה זו מביעה את עמדת הבנק העולמי נגד דפוסי הצריכה ההרסניים המלווים

צמיחה כלכלית ובעד קידום צמיחתן של מדינות באופן מקיים (World Bank, 2012). השפעת הגורם המחולל הכלכלי שלובה פעמים רבות בגורמים מחוללים אחרים, למשל שיפורים טכנולוגיים הממתנים או מגבירים את טביעת הרגל הסביבתית של צימוח כלכלי, או גידול דמוגרפי המעצים אותה.

תוצר מקומי גולמי לנפש (תמ"ג) הוא מדד המשמש למדידת רמת הפיתוח הכלכלי של מדינות. ראוי לציין כי מדד זה אינו מתייחס לחלוקת הרווחה הכלכלית בחברה, היינו מידת השוויון, לשם כך קיימים מדדים אחרים (כדוגמת מדד ג'יני) אשר לא ייסקרו במסמך זה אך מהותיים לכינון חברה מקיימת. בין השנים 2006-2016 עלה התמ"ג לנפש בישראל בכ-32%, מכ-97 אלף ש"ח לנפש ב-2006 עד כ-143 אלף ש"ח ב-2016. במקביל עלתה בהתאמה גם ההוצאה לצריכה פרטית לנפש ב-32% בשנים אלו, מכ-54 אלף ש"ח ב-2006 עד כ-79 אלף ש"ח ב-2016 (הלמ"ס, 2017). קשר זה בין צמיחה כלכלית לעליה בצריכה הפרטית מתבטא בהגברת הלחץ על הסובב הטבעי, בין אם על ידי שימוש במשאבים לייצור מוצרים, עליה בשיעורי הפסולת, הגדלת השטח הבנוי, עליה בצריכת אנרגיה ומים ועליה ברמת המינוע, הנסועה והיקף תשתיות התחבורה (ברכיה, 2012).

2.2.1. צריכה

לגלובליזציה השפעה על הצריכה הפרטית בתחומי ישראל, שכן לרכישת המוצרים המקומיים מתווספות גם הרכישות בייבוא אישי באינטרנט (גולן, 2016). בשנת 2017 גדל היבוא האישי ב-22%, הוא מוערך ב-2.9 מיליארד שקל בשנה ומתבצע על ידי 3.7 מיליון רוכשים. על פי נתוני דואר ישראל כמות החבילות שהזמינו ישראלים מחו"ל בשנת 2017 עמדה על 61 מיליון חבילות (יפת, 2018).

כחלק מהמטבוליזם העירוני, הגברת הצריכה, בייחוד של מוצרים שאינם בני קיימא מתקשרת ישירות לעלייה בכמות הפסולת. על פי המשרד להגנת הסביבה, כמות הפסולת בישראל גדלה בכ-1.8% כל שנה כתוצאה מהגידול הדמוגרפי והעלייה ברמת החיים. כ-80% מהפסולת בישראל עוברת להטמנה (המשרד להגנת הסביבה, ח.ת. א) אשר גוזלת משאבי קרקע יקרים, מהווה מפגע חזותי ומתבטאת בפליטת גזי חממה ומזהמים לאוויר (המשרד להגנת הסביבה, ח.ת. ב).

2.2.2. נסועה

מאז שנת 2000 עד שנת 2016 גדלה הנסועה (קילומטראז') השנתית ב-57% ומצבת כלי הרכב (מספר כלי הרכב הרשומים במשרד הרישוי, הסבר מלא וסייגים באתר הלמ"ס) גדלה ב-77%. הנסועה השנתית הממוצעת לרכב ירדה בשנים אלו ב-13%, כלומר התרומה לגידול בנסועה מגיעה מעלייה במספר כלי הרכב על הכביש, השפעה משולבת של צמיחה כלכלית וגידול דמוגרפי. בין השנים 2000-2016 גדל שטח הכבישים ב-42% ואורך הכבישים ב-18% (הלמ"ס, 2017).

הצפיפות בכבישים ממשיכה לגדול ונראה שהפיתרון שבחרה המדינה הוא הרחבת כבישים או סלילת כבישים חדשים, במחיר של פגיעה במערכות האקולוגיות ובשטחים פתוחים. תשתיות תחבורה אורכיות, כבישים ומסילות ברזל, משפיעות באופן שלילי על המגוון הביולוגי במספר דרכים עיקריות- אובדן ישיר של בתי גידול עקב החלפת התכסית הטבעית בתשתית. משפיע בעיקר על בעלי חיים שתחום המחיה שלהם נרחב, שחיים בצפיפות נמוכה ושקצב הרבייה שלהם נמוך; אפקט החיץ, הנחשב לחמור מבין ההשפעות, מצמצם את שטח בית הגידול בפועל של אוכלוסיות ואינו מאפשר מפגש של פרטים משני צידי התשתית עד סכנה לריבוי שארים בתוך האוכלוסייה, סחף גנטי ובמקרי קיצון אף הכחדה. אפקט החיץ משפיע גם על אוכלוסיות צומח על ידי פגיעה ביכולת הפצת גרגרי האבקה והזרעים החיוניים

לרבייתם; דריסה והתנגשות בכלי רכב, מיליוני פרטים של בעלי חיים מקשת רחבה ביותר של מינים נהרגים מדי שנה מדריסה או מהתנגשות בכלי רכב בכבישים ובמסילות רכבת, ורבים נוספים נפגעים פגיעות חמורות; שינויים הידרולוגיים הנובעים משינוי הטופוגרפיה עקב סלילת הכביש יכולים לשנות את משטר המים ולהשפיע על הצומח, במיוחד ניכרת ההשפעה בבתי גידול לחים ובבתי גידול צחיחים (החברה הלאומית לדרכים, 2012).

2.2.3. זיהום כימי

תרכובות המכילות חנקן וגפרית הנפלטות מרכבים תורמות לעלייה בחומציות ולהעשרה לא רצויה בחנקן העלולות לפגוע בצומח המקומי בצדי הדרכים. פחמימנים אורגניים נדיפים (VOC's) בשילוב תחמוצות חנקן מייצרים בתגובה כימית אוזון טרופוספרי הפוגע בצומח של מערכות אקולוגיות הסמוכות לכבישים, על ידי פגיעה במנגנוני הפוטוסינתזה, הפריחה, וויסות השימוש במים ועוד (Krupa et al., 2001).

מתחבורה נפלטות מזהמים רבים נוספים, ביניהם חלקיקים ומתכות כבדות, אך קיימים פערי ידע לגבי השפעותיהם של אלה על המערכות האקולוגיות בישראל; זיהום רעש. נמצא כי מינים מסוימים של בעלי חיים נמנעים מאיזורים בהם קיימת הפרעת רעש, כגון כבישים מהירים. נצפו גם מינים בהם נקשר זיהום רעש לירידה בהצלחת הרבייה; זיהום אור על ידי תאורה מלאכותית עלול להשפיע בין היתר על בקרת הצמיחה בצמחים ועל התנהגותם של דו-חיים ליליים, ולהפריע לרבייה ולהתנהגות שיחור מזון בעופות; ערוץ מרכזי להפצת מינים פולשים. הרכב המינים בחברות הצומח לצדי דרכים מוטה לעתים קרובות לטובת שיעור גבוה של מינים רודרליים או לא מקומיים, ומהווה ערוץ מרכזי בהתפשטות של מיני צומח פולשים. (החברה הלאומית לדרכים, 2012).

אמצעי למיתון השפעת אפקט החיץ של תשתיות תחבורה הוא מעברים אקולוגיים, היינו מעברי בעלי חיים מתחת או מעל לתשתית המקשרים בין שטחי בית הגידול שהתשתית יצרה ביניהם הפרדה. בדו"ח שהוציאה רשות הטבע והגנים נמנו 59 מקומות שבהם יצירת מעבר מעל או מתחת לכבישים בארץ מוגדר "הכרחי". נכון לשנת 2016, רק חמישה מתוכם היו קיימים, אחד נמצא בביצוע ושלושה נוספים נמצאו בתוכניות להרחבת הכביש. ליתר ה-50 לא נראתה תוכנית באופק (בר זיו, 2016).

2.2.4. צריכת מים

צריכת המים השפירים לנפש בישראל הראתה מגמת ירידה בשני העשורים האחרונים, אשר נראתה כניתוק "decoupling" ממגמת העלייה בתמ"ג, אך בשנים האחרונות מסתמנת שוב מגמת עלייה. בשנת 2006 עמדה צריכת המים הביתית על כ-105 מ"ק לנפש לשנה, בשנת 2011 ירדה לשפל של 84.8 מ"ק לנפש לשנה, ירידה המקושרת לקמפינים לחיסכון במים ולעלייה במחיר המים, ובשנת 2016 עלתה ל-90.1 מ"ק לנפש לשנה (רשות המים, 2010, 2017) כיום אחוז גבוה מהמים השפירים לצריכה ביתית מקורם בהתפלה, בשנת 2017 כ-30% מהמים השפירים שהופקו בישראל היו מים מותפלים (רשות המים, 2018).

עידן ההתפלה מציג בעיות סביבתיות חדשות המתלוות לצריכת מים מוגברת. אם באספקת מים טבעיים הנזק למערכות האקולוגיות מתבטא בייבוש מקורות מים פנים יבשתיים או המלחתם עקב שאיבת יתר, בעידן ההתפלה חלק מהנזק האקולוגי מוסט לצריכת אנרגיה מוגברת לצורך תהליך ההתפלה ועקב כך לעלייה בפליטת גזי החממה המקושרים לשינוי אקלים.

2.2.5. תעשייה

ככלל, כלכלה מוטית שירותים והייטק הינה בעלת השפעות סביבתיות שליליות נמוכות יותר ליחידת תוצר לעומת כלכלה המתבססת על תעשיות כבדות ומשאבי טבע. הכלכלה הישראלית בכללה מוטת שירותים, אך עדיין מחזיקה בענפי תעשייה העושים שימוש ישיר במשאבי טבע. ב-2017 פדיון ענפי תעשייה, כרייה וחציבה מתוך סך פדיון המשק היה 20.6% וענפי חקלאות ייעור ודיג (הלמ"ס, 2018).

ייצור מוצרים בתעשייה ובחקלאות כרוך בצריכת אנרגיה ומים ובפליטת תוצרי לוואי, מהם חומרים מזהמים או חשודים כמוזמים. רבים מתוצרי הלוואי אינם עוברים מיהזור אלא נפליטים לאוויר, למקורות מים, לקרקע או מפונים כפסולת, חלקה פסולת מסוכנת, ושפכים. במרשם הפליטות לסביבה 2016 שערך המשרד להגנת הסביבה נמצאה מגמת ירידה כללית בפליטות סדירות לסביבה אך קפיצה של מאות אחוזים בפליטות המתרחשות בעת תקלה, נכון לשנת 2016 עיקר הפליטות בזמן תקלה היו לאוויר וחלקן הקטן יותר היה הזרמה לנחל (המשרד להגנת הסביבה, 2017).

תעשיות אשר חומר הגלם שלהן הוא משאב טבע מקומי גורמות למפגעים אקולוגיים עוד טרם הפליטות והפסולת. הרחבה בגורם ישיר: זיהום, כימיקלים/ חקלאות, ובגורם ישיר: ניצול יתר של משאבי טבע, כרייה וחציבה.

2.3. פוליטיקה, חברה וביטחון

להחלטות הנקבעות על ידי מדינה ובאי כוחה במישורים הגיאופוליטיים והסוציולוגיים השפעה על פני החברה, המשק והסביבה. לעיתים מלוא ההשלכות של מדיניות ותכנון על הסביבה ניכרות שנים רבות לאחר מעשה, ומלוות את החברה דורות קדימה. דוגמה בולטת למקרה כזה הינה מדיניות הבינוי ופיזור האוכלוסין בישראל מאז הקמתה, והשפעתה על השטחים הפתוחים. הקמת יישובים לאורך גבולות המדינה לצורכי ביטחון וביסוס הגבול כעובדה בשטח (Newman, 1989), מפעל המצפים בגליל שנועד ליצור חיץ של התיישבות יהודית בלב התיישבות ערבית (סופר, 1992), הקמת יישובים ביהודה ושומרון (ניומן, 1984), חוות בודדים שנועדו "לשמור" על קרקעות המדינה בנגב ובגליל (החלטת ממשלה מס' 2699 (גנ/34), 8.11.2002).

כל אלו דוגמאות המבטאות תפיסת מדיניות מרחבית ככלי להגשמת יעדים פוליטיים ובטחוניים, על חשבון שמירה על השטחים הפתוחים. הרחבה בגורם ישיר: שינוי שימושי קרקע, בינוי עירוני. בניה עתירת קרקע גורמת לפגיעה קשה במערכת האקולוגית שכן היא מחליפה שטחים נרחבים ממנה ואכן המערכת הים תיכונית, מקווי המים הפנים יבשתיים והמערכת החקלאית קוטעו, יובשו ודולדלו עקב מדיניות "תפיסת הקרקע". המערכת המדברית בישראל עומדת לאחרונה גם היא בפני יוזמות ולחצים להקמת יישובים. מלבד זאת מושפעת המערכת המדברית גם מבינוי עתיר קרקע ביישובי הפזורה הבדואית ומתפרוסת רחבה מאוד של שטחי אש ושימושים צבאיים בתחומה.

בעשורים האחרונים, כתגובה לפיתוח המואץ שהתרחש בעקבות גל העליה המאסיבי של שנות ה-90, עבר התכנון בישראל מהפך משמעותי בעוברו מאידיאולוגיה של פיתוח מואץ ו"כיבוש הקרקע" לאידיאולוגיה של שימור ופיתוח מרוסן ובר-קיימא (קרסין, 2003; דש"א, 2002). מהפך זה התבטא בדוקטרינה תכנונית חדשה המפנימה את חשיבות השמירה על שטחים פתוחים (Feitelson, 1999). ייצוגים בולטים לשינוי הם תמ"א 35 המגדירה ותוחמת מרקמים מוטי שימור וה"דור השני" של התוכניות המחוזיות (Feitelson et al., 2017).

כיום האיום העיקרי על השטחים הפתוחים בהיבט התכנוני הוא "הוועדה הארצית לתכנון ולבניה של מתחמים מועדפים לדיר" (הותמ"ל) אשר נוסדה בהוראת שעה שמועד תפוגתה אוגוסט 2018 וקיבלה לאחרונה הארכה לשנה נוספת. הותמ"ל בעלת סמכות לאשר תוכניות שהוראותיהן גוברות על הוראות הקבועות בתוכניות מתאר אחרות למעט תוכנית המתאר הארצית הכוללת לבינוי, לפיתוח ולשימור, תמ"א 35 תיקון 1. בפועל כיום חלק מהתוכניות שמקודמות במסגרת הותמ"ל מעודדות פרבור ואינן עומדות ברף הצפיפות המינימלית למגורים שקובעת תמ"א 35, כמו כן מקודמות תוכניות אשר עתידות לפגוע בשטחים בעלי ערכיות נופית ואקולוגית ולקטוע מסדרונות אקולוגיים. לרוב תוכניות אלו קיימות אלטרנטיבות אשר עומדות בקנה אחד עם פיתוח בר קיימא ועקרונות שמירת שטחים פתוחים שמציבה תמ"א 35. את הבחירות מוטות הפיתוח של הותמ"ל ניתן לקשור להרכב חברי הוועדה, בו ייצגו יתר מובהק של משרדי ממשלה העוסקים בפיתוח ובפרט פיתוח מגורים (החברה להגנת הטבע, 2017).

צורת התיישבות עתירת קרקע אשר לא הושג לה מענה מלא הינו פזורה הבדואים בנגב. כשליש מאוכלוסיית הנגב מורכבת מבדואים, כ-240,000, מהם מעל 60% צעירים מ-19 שנים. למרות האטה בשנים האחרונות, לאוכלוסיה זו קצב הגידול מהגבוהים בעולם, המתבטא בהכפלת האוכלוסיה כל 13 שנים (Jaffer, 2018). כשני שלישים מאוכלוסיית הבדואים בנגב גרים ביישובים מוכרים והיתר ביישובים לא מוכרים המכונים "הפזורה הבדואית בנגב". הפזורה מרוכזת בקו מזרח-מערב על פני השטחים הגבעיים המתונים של צפון הנגב, מאופיינים בקרקעות לס המהוות בית גידול ייחודי, איזור מעבר בין מיני בעלי חיים וצמחים ערבתיים למדבריים. יישובי הפזורה הבדואית מכסים שטחים נרחבים באופן אחיד יחסית ומתאפיינים בשטחי חקלאות קטנים, רעייה מאסיבית של עדרי צאן, דרכי גישה רבות וחיות בית, כל אלו גורמים להפרת שטחים נרחבים. חוסר הצומח הטבעי והעוני בצומח חקלאי מלווים בדחיקת מינים אופייניים וייחודיים של איזור זה דרומה ומערבה. בין מינים אלו בולטים הקטות, החוברות, רצי המדבר, שנוניות באר שבע ואירוסים (רותם ואלון, 2012).

בשנת 2009 הוגש לממשלה דו"ח וועדה בראשות השופט בדימוס אליעזר גולדנברג שנתבקשה לקבוע עקרונות להסדרת התיישבות הבדואית בנגב, המלצות הדו"ח התקבלו ובאותה שנה החליטה הממשלה כי מסקנות הוועדה יהיו התשתית להסדרת הסוגיה (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2016). עיקר הבשורה בדו"ח מבחינת המערכות האקולוגיות היו המלצות להקטין את היקפי התיישבות המפוזרת על ידי קיבוץ האוכלוסייה ליישובים גדולים בעלי תשתיות ודרכי גישה מסודרות, מה שיפחית משמעותית את מימדי ההפרה (דותן ועזרי, 2012).

במאי 2013 פרסמה הממשלה הצעת חוק להסדרת התיישבות הבדואים בנגב התשע"ג-2013, "מתווה פראוור-בגין", שעניינה היה הפן המשפטי של סוגיית הסדרת התיישבות לרבות הסדרת תביעות בעלות של בדואים על קרקעות בנגב. בדצמבר 2013 משכה הממשלה את הצעת החוק. על פי בדיקה של מבקר המדינה בשנת 2015, מדיניות הסדרתה של התיישבות הבדואים בנגב לא הגיעה לכלל יישומה המתוכנן. נוכח הקפאת הליכי החקיקה ובהיעדר מדיניות אחרת ליישום, נבלם התהליך שאמור היה להסדיר את תביעות הבעלות על קרקעות ולחלץ את הקרקעות השנויות במחלוקת כך שניתן יהיה להכשירן להקמת פתרונות מגורים ותשתיות (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2016).

מדינת ישראל גובלת במדינות לבנון, סוריה, ירדן ומצרים וכן ברצועת עזה ובאזור יהודה ושומרון. בין ישראל ליו"ש ולעזה קיימים מפגעים חוצי גבולות מסוגים שונים, ביניהם זיהום מים, זיהום אוויר כתוצאה מהבערת פסולת, מעבר אשפה בלתי חוקי ולתקופות אף התפשטות מזיקים ומחלות (מאיר, 2015; קליאוט, 2003).

פסולת ספציפית אשר הטיפול הלקוי בה יוצר מפגע סביבתי חמור היא פסולת אלקטרונית. במצרי אלקטרוניקה קיימים זה בצד זה חומרים בעלי ערך כלכלי פוטנציאלי כגון ברזל ומתכות יקרות וחומרים בעלי פוטנציאל רעילות

גבוה כגון מתכות מסוגים שונים (ארסן, קדמיום, עופרת, ניקל ועוד), חומרים מעכבי בעירה ועוד. על אף החוק לטיפול סביבתי בצידוד חשמלי ואלקטרוני ובסוללות אשר נכנס לתוקף בשנת 2014, עדיין מועברת דרך קבע פסולת אלקטרונית ישראלית אל מחוץ לקו הירוק, לאיזור דרום חברון (קיימים גם אתרים לא חוקיים בישראל), שם היא מטופלת באופן לא נאות, בין היתר על ידי שריפה לצורך חשיפת החומרים היקרים, וגורמת לפליטת גזים רעילים היוצרים זיהום אוויר ופגיעה באוזון (CFC's) ולחלחול תשטיפים רעילים לקרקע (שמאי, 2017).

המפגע הסביבתי חוצה הגבולות הנחשב לחמור ביותר כיום הינו זיהום מים. אקוות ההר משתרעת לאורך שדרת ההר מהר הנגב בדרום עד מורדות הכרמל בצפון ומימיה מתחלקים בין ישראל לרשות הפלסטינית בגדה המערבית. הרכב המסלע של האקווה הופך אותה לבעלת רגישות הידרולוגית גבוהה לזיהום. מקור הזיהום העיקרי של אקוות ההר הוא מי שפכים לא מטופלים, ביתיים ותעשייתיים. מרבית השפכים ביו"ש אינם עוברים טיפול נאות להסרת המזהמים אלא מוזרמים ישירות לנחלים או לבורות ספיגה, מחלחלים לתוך הקרקע ומזהמים את המעיינות ואת מי התהום. מקור זיהום נוסף וחמור הוא מאות אתרי פסולת לא מוסדרים באיזור יו"ש אשר תשטיפיהם מחלחלים למי התהום ומזהמים אותם.

מערך איסוף השפכים והטיפול בהם ביו"ש נמצא בפיגור רב בהשוואה למצב במדינת ישראל. הנחלים העיקריים שאליהם מוזרמים שפכים לא מטופלים ביו"ש ושחוצים את הקו הירוק הינם: נחל הקישון (שפכי ג'נין); נחל חדרה (שפכי כפרים פלסטיניים); נחל שכם ונחל אלכסנדר (שפכי הערים שכם, טול כרם והסביבה); נחל שילה (שפכי אריאל וסלפית); נחל מודיעים (שפכי רמאללה); נחל חברון (שפכי העיר חברון, קריית ארבע והסביבה); נחל קדרון (שפכי מזרח ירושלים, בית סאחור ועובידיה (מבקר המדינה, 2017). כ-33% משפכי האוכלוסייה הפלסטינית מטופלים בחמישה מתקני טיהור שפכים בשטח ישראל על מנת למנוע הזרמתם לנחל. יחד עם זאת, חלק מהמתקנים עדיין מזרמים שפכים לנחל לפרקים משום שאינם בעלי נפח אגירה מספק או שזקוקים לשדרוג על מנת להתמודד עם עומס המזהמים (מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2016; אשכנזי, 2004).

מקור נוסף לזיהום מים חוצה הקו הירוק הוא זיהום הים באזור רצועת עזה משפכים לא מטופלים ופסולת מוצקה. ברצועת עזה פועלים, נכון לשנת 2017, חמישה מט"שים אשר מתקשים לטפל בשפכים בצורה מלאה בעיקר עקב אספקת חשמל לא סדירה. על פי דו"ח של מת"ש מ-2015 מדי יום מוזרמים לים ברצועה 104,000 מ"ק שפכים, מתוכם כ-15,000 מ"ק ביוב גולמי לא מטופל. משטר הזרימה בים התיכון הוא מדרום מערב לדרום מזרח כלומר זיהום הים בעזה סופו להגיע לחופי ישראל ולפגוע במערכת הימית הישראלית, כפי שקרה בשנת 2016 בה הושבתה פעילות מתקן ההתפלה באשקלון פעמיים עקב זיהום אורגני קיצוני במי הים. נוסף לכך חוף הים בעזה מזוהם בכמויות גדולות של פסולת מוצקה המגיעות גם הן למערכת הימית הישראלית, בעיקר בעת סערה, ומזהמות אותה ואת החופים (מבקר המדינה, 2017).

הרחבה בגורם ישיר: זיהום, פסולת מוצקה.

על פי דו"ח מבקר המדינה לשנת 2017, "ממשלת ישראל לא גיבשה עד כה מדיניות לניהול חוצה גבולות עם שכנותיה, לרבות בתחום המים. כמו כן, הממשלה לא הגדירה גורם אחד בעל ראייה כוללת שיוביל נושא זה. לפיכך מתעכבים במשך שנים ארוכות פתרונות למפגעים סביבתיים חמורים ומתמשכים, לעיתים תוך כדי הפרת הדין ופגיעה בבריאות הציבור ובאינטרסים מדיניים חשובים של ישראל" (מבקר המדינה, 2017).

ביטחון - היקף השימוש של מערכת הביטחון בישראל במשאבי הקרקע של המדינה והפריסה הנרחבת של הפעילות הביטחונית חריגים במימדיהם לעומת מדינות אחרות, בין השאר בשל השילוב בין משאבי קרקע מוגבלים ואתגרים

ביטחוניים המצריכים פעילות ביטחונית נרחבת. שטחי האש ומחנות הצבא בישראל מתפרסים על פני שטח של כ- 8,900 קמ"ר, כ-7,500 קמ"ר מהם שוכנים בגבולות הקו הירוק ומהווים כשליש משטחי המדינה (הכנסת, 2017). הרוב המוחלט של שטחי אש ומחנות נמצאים באזור הנגב, ומתפרסים על פני 90% משטחו. הרחבה בגורם ישר: שינוי שימושי קרקע, שטחי אש. נוסף על שטחי האש, בחזקת צה"ל קיימים מאות מחנות קבע הפרוסים על פני כ-614,000 דונם ברחבי המדינה. חלק מהמחנות נמצאים באזורים פתוחים וחלקם נמצאים במרכזים עירוניים או בסמוך להם. בדו"ח מבקר המדינה לשנת 2011 דווח כי צה"ל מטיל מגבלות על שימוש אזרחי בכ-40% משטחי המדינה, זאת בנוסף למגבלות המוטלות על כניסה לשטחי אש. (הכנסת, 2017).

על פי דו"ח מבקר המדינה 2004 לפעילות הביטחונית ישנו "פוטנציאל ממשי לפגיעה בסביבה ולזיהום האוויר, הים, הקרקע והטבע, בין היתר באמצעות גורמי הזיהום והפגיעה הבאים: פסולת מוצקה ונוזלית, שפכים, חומרים מסוכנים, רעש וקרינה" (דו"ח מבקר המדינה, 2004). נכון לסקר שנערך ב-2016 נמצאו בצה"ל מאות מוקדים שאינם עומדים בדין הסביבתי, ובהם מחנות אשר אינם מחוברים לפתרון ביוב מספק וכן תחנות דלק, סדנאות טיפול ברכב ונשקיות אשר אינן עומדות בדרישות החוק או בהוראות הצבא. בנוסף אותרו כ-20 אי-סדירויות במוקדים לטיפול בפסולת.

מבחינת המערכות האקולוגיות, עיקר ההתמקדות הסביבתית של צה"ל בשנים האחרונות הינה בהפסקת הזיהום בשפכים וטיפול בזיהומי קרקע הנובעים ברובם מדלקים ושמינים. מחנות צה"ל רבים אינם מחוברים לתשתית ביוב ומסתפקים בבורות ספיגה ורקב. ב-2010 התקבלה החלטת הממשלה מס' 1770 לחיבור מחנות צה"ל לפתרונות ביוב, לפי התוכנית עד 2015 היו אמורים להתחבר לביוב 177 בסיסים. נכון ל-2017, 100 בסיסים מתוכם טרם חוברו.

על פי סקר ראשוני להערכת זיהום קרקע בישראל שנערך עבור המשרד להגנת הסביבה ב-2014, נמצאו 2300 מוקדים החשודים בזיהום קרקע ב-320 אתרים צבאיים, שה"כ 34% מכלל הקרקעות החשודות כמזוהמות בישראל (מהן 25% בסיסי צה"ל בהווה או בעבר ו-9% תעשיות בטחוניות). על פי צה"ל, נערכים מיפויים של קרקעות מזוהמות וננקטים הליכים לשידורג מערך הבקרה על דליפות דלק ושמינים, לשידורג תשתיות הדלק ולטיפול בקרקעות המזוהמות. מיפויים אלו הינם פנימיים ואינם מועברים באופן סדור ומלא לגורמים חיצוניים, כגון המשרד להגנת הסביבה או משרד הביטחון (למערכת הגנת הסביבה באמו"ן). על פי אגף שפכי תעשייה, דלקים וקרקעות מזוהמות במשרד להגנת הסביבה, פעילות צה"ל בנושא מניעת זיהום קרקע, חקירת זיהומי קרקע היסטוריים ושיקום קרקעות הינה חלקית בלבד, לא מערכתית ואינה מתואמת כראוי עם המשרד להגנת הסביבה.

ככלל, חלק מהחוקים הסביבתיים אינם חלים על המדינה, ולכן גם לא על צה"ל, נוסף לכך גם בחלק מהחוקים הסביבתיים אשר כן חלים על המדינה, צה"ל מוחרג. כלי הפיקוח המרכזיים של המשרד להגנת הסביבה- רישיון עסק, היתר רעלים וההליך התכנוני, אינם ישימים בצה"ל או שהם ישימים חלקית בלבד. כל אלו מתבטאים בכך שיכולתו של המשרד להגנת הסביבה לפקח ולאכוף בכל הנוגע לפעילותו של צה"ל במישור הסביבתי מוגבלת ביותר (הכנסת, 2017).

אופן נוסף בו משפיעה תפוסת מערכת הביטחון על הסביבה הוא תפיסת שטחים פתוחים ומיקום השטחים הצבאיים ללא ההתייחסות מספקת לערכי טבע ונוף. ההסדרה העיקרית של השימוש הביטחוני בקרקע במסגרת חוק התכנון והבניה באה לידי ביטוי בפרק ו' לחוק. פרק זה נתן למערכת הביטחון אפשרויות פעולה נרחבות עם בקרה מינימלית, וכן אפשר לה להטיל מגבלות על פעילויות אחרות מבלי לשאת בעלויות של המגבלות הללו (פייטלסון, 2011).

חופש פעולה זה התבטא במקרים מסויימים בפגיעה בסביבה אשר ייתכן והייתה יכולה להימנע. דוגמאות לכך הן למשל סדנת הרכב של מחנה הצבא בבית הלל הבנויה על גדות נחל החצבני. הפעילות המתקיימת בסדנה אינה מקבלת

כל ערך מוסף הנובע ממיקומה על גדות הנחל דווקא ולעומת זה יש לה פוטנציאל לפגיעה במים ע"י שפיכת שמן או דלק. בנוסף אלמלא הייתה הסדנה ממוקמת שם, יכל אותו שטח לשמש לתיירות או להקמת שמורת טבע. דוגמה נוספת היא מחנה חיל הים בשמורת חוף הכרמל הכולל בתוכו את המבצר הצלבני של עתלית, אשר סירוב מערכת הביטחון לפתיחתו המחודשת לווה במחאה ציבורית (אורן ורגב, 2008).

כתוצאה מתפיסת שטחים לא מבוקרת על ידי מערכת הביטחון נדחקות פעילויות אחרות, למשל תיירות ושמירת טבע, למיקום שאינו אופטימלי בשבילן. התוצאה היא ניצול לא יעיל של הקרקע.

נוסף לכל אלה יש לציין גם את ההשפעה החיובית שיש למערכת הביטחון לעיתים בסיוע בשמירה על שטחים פתוחים. שימוש קרקע בטחוני שאינו כולל בינוי, מצב המאפיין חלק ניכר מהשטחים שבשימוש מערכת הביטחון בזמן רגיעה, מגביל את השימוש בשטח באופן המאפשר הגנה על מערכות טבעיות מהפרה כך שיכולה להיווצר מעין שמורת טבע. יחד עם זאת במקרים בהם השימוש הבטחוני בשטח מלווה בתנועה רבה של רכבי שטח ורכבים זחיליים, התוצאה עלולה להיות פגיעה במערכות הטבעיות (פייטלסון, 2011).

היבט בטחוני נוסף המשפיע על המערכות האקולוגיות, בעיקר על יונקים גדולים, הוא גידור הגבולות בין ישראל לשכנותיה. מרבית שטחה היבשתי הצפוני של מדינת ישראל, מקו ים המלח צפונה, מגודר בגדר גבול אחידה ורציפה, כמעט לכל אורכה. הגבול עם מצרים נסגר סופית במהלך 2013 עם גדר רציפה. גדר הגבול מול סוריה תהווה עם השלמתה מחסום דומה לזה שנבנה עם גבול מצרים ובתכנון סגירת גבול דומה מול מדינת ירדן. מכשול קו התפר שהוקם בין ישראל לרשות הפלסטינית וכך גם גדרות הגבול עם מצרים וסוריה מהוות מכשול בלתי עביר ליונקים בינוניים גדולים, המצמצם את תחום מחייתם ומנתק אוכלוסיות. הגדר גם מסייעת לטורפים ללכוד את טרפם ע"י דחיקתו לגדר, כך למשל בצפון ישראל נצפו זאבים וכלבים מצמידים צבאים לגדר על מנת לצוד אותם. באזורי גבול בהם הוקמה חומה רציפה נחסמים למעבר גם זוחלים ופרוקי רגליים צמודי מצע (רט"ג, 2014). בשנים האחרונות נצפו חיות בר אשר מצאו את מותן כאשר שופדו על הגדרות, ביניהן צבי ארצישראלי וצב יבשה, גם עופות דורסים עלולים להיתפס בגדרות ולהיפצע. כיום בגדר ההפרדה קיימים מעברים לבעלי חיים קטנים בלבד, בגדר גבול מצרים קיימים מעברים המאפשרים גם מעבר יונקים בינוניים, למשל זאבים, אך יונקים גדולים יותר כמו פראים, יעלים, צבועים וצבאים חסומים ממעבר. בגדר הנבנית בגבול עם ירדן באזור הערבה מוקמים מעברים דומים לקיימים בגדר גבול מצרים. לגדרות הגבול עשויה להיות גם השפעה חיובית על אוכלוסיות יונקים באיזורים בהם סבלו מציד, למשל אוכלוסיית הצבאים בגלבע אשר גדלה מאז הקמת גדר ההפרדה אשר חוסמת מעבר ציידים פלסטינים (צפריר, 2017).

2.4 חידושים טכנולוגיים

2.4.1. התפלת מי ים

על מנת להתגבר על משבר המים, אשר נגרם עקב מאזן מים שלילי, שאיבת יתר והמלחת מאגרים (Feitelson, 2005) החלה מדינת ישראל בשנת 2005 להפיק ולספק מי ים מותפלים למשק המים (נתניהו, 2017). כושר הפקת המים המותפלים בישראל נכון ל-2018 עומד על כ-660 מיליון מ"ק שנה (מלמ"ש), מהם 585 מלמ"ש מחמישה מתקני התפלת מי ים הממוקמים באשקלון, פלמחים, חדרה, שורק ואשדוד וכ-78 מלמ"ש נוספים ממתקנים להתפלת מים מליחים (רשות המים, ח.ת. א.). לאחרונה אושרו בהחלטת ממשלה הקמת שני מתקני התפלה נוספים על מנת לעמוד ביעד הפקה של 1100 מלמ"ק בשנה עד שנת 2030. מתקן אחד יתווסף בשורק והשני בגליל המערבי, איזור אשר עד כה התבסס על מים ממקורות טבעיים (החלטת ממשלה מספר 3866, 2018). בשנת 2017 הופקו כ-586 מלמ"ק מים מותפלים, המהווים 30% מהמים השפירים אשר הופקו בשנה זו (רשות המים, 2018). הגדלת כמות המים במשק באמצעות התפלה מאפשרת הגדלה בהקצאת מים לצורך שיקום מקווי המים הפנים ארציים, מעיינות, אגמים ונחלים כפי שנקבע בהסכם אשר נחתם ב-2013 בין חברת מקורות, רשות הטבע והגנים ורשות המים (רשות המים, 2013).

בתוכנית האב "מים לטבע", ליישום ההסכם, נקבע כי תיפסק שאיבת מעיינות קטנים ולא יציבים, תקבע כמות מים מוגדרת להזרמה לטבע גם בשנים שחונות ובמעיינות בהם יעד האספקה נמצא במורד הנחל תיבחן אפשרות לשחרור המעיין ותפיסתו במורד במקום במעלה. עוד נקבע כי מקור המים המועדף להחזרה לטבע יהיה תמיד מקור המים בשפיעה הטבעית (תהל, 2014). בהחלטת ממשלה אשר אושרה ביוני 2018, נקבעו, יחד עם הגדלת יעדי ההתפלה הלאומיים, מספר יעדים בעלי חשיבות גבוהה למערכת האקולוגית של מקווי המים הפנים ארציים. הוחלט כי אם עד שנת 2023 לא יגיעו מפלסי המים בכל המקורות הטבעיים אל ה"קווים הירוקים", יוגדל יעד ההתפלה לשנת 2030 ל-1200 מלמ"ק או יותר, לפי הצורך. התוכנית מתייחסת לכנתר באופן ספציפי וקובעת תגבור הזרמת מי מערכת למילויה ושמירתה כאוגר מים אסטרטגי, בתחילה בהיקף של 30 מלמ"ק שנה ועד שנת 2022 בהיקף של לפחות 100 מלמ"ק שנה. תוכנית חשובה נוספת אשר נכנסה להחלטת הממשלה היא לשיקום הזרימה ב-7 נחלים בצפון הארץ, בצת, געתון, נעמן, ציפורי, קישון, חדרה ועינן באמצעות צמצום הפקת מי מעיינות ונחלים לחקלאות והקטנת היקף השאיבה בקידוחים. החקלאות באותם איזורים תקבל מי מערכת ובמקרים מסוימים מים ממורד הנחל (החלטת ממשלה מספר 3866, 2018; החברה להגנת הטבע, ח.ת. א.).

כחלק מתוכנית האב למשק המים תוכננו מי התפלה לשמש למילוי אקוויפרים על מנת לנצל את האוגר הטבעי שהם מספקים, לשקמם ולאפשר הפעלת מתקני ההפלה ברציפות כדי לנצל באופן מיטבי את ההשקעה הכלכלית שבהקמתם (רשות המים, ח.ת. ב').

מים מותפלים הינם מים רכים, מכילים פחות מלחים, בהשוואה למים השפירים הטבעיים בישראל ולכן גם הקולחין המיוצרים מהם לאחר השימוש מכילים פחות מלחים. ריכוז המלחים הנמוך מתבטא בצידו החיובי בהפחתת תופעת המלחת קרקעות חקלאיות עקב השקיה, אך מלווה בחיסרון והוא אובדן מינרלים, ביניהם מגנזיום, סידן ובדרום הארץ גם סולפאט, החשובים להתפתחות הצמח ובהיעדרם מתקבלת פגיעה באיכות וכמות היבול. מחסור במגנזיום מקושר גם לפגיעה בכושר הולכת המים של הקרקע, החשוב לקבלת כמות מים מספקת ליבולים ולמניעת נגר עילי. השלמת המינרלים והיונים החיוניים הללו מצריכה תוספת דישון במערכות החקלאיות (טרצ'יצקי, 2009; בס ספקטור 2012; רשות המים, ח.ת. ג; Avni et al., 2013).

אך לא כל ההשפעות של ההתפלה על המערכת האקולוגית הן חיוביות. בראש ההשפעות השליליות עומדת צריכת האנרגיה הגבוהה שבהפקת מים מותפלים. מקובל להעריך כי בעבור ייצור של 1 מ"ק מים מותפלים מושקעים 3.5

קוט"ש בממוצע (נתניהו, 2017). [פירוט החישוב: 542.6 אלף מ"ק הותפלו ב-2016 כפול 3.5 הם 1.899 מיליון. מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה- סך ייצור החשמל בשנת 2016 עמד על 67,210 מיליוני קוט"ש. כלומר התפלה היוותה 2.8% מצריכת החשמל של ישראל.]

חישוב על פי ערך זה מראה כי בשנת 2016 היוותה התפלה 2.8% מצריכת החשמל הכללית בישראל. היות והחשמל בישראל מיוצר מדלקים מאובנים (פחם וגז טבעי), להתפלה תרומה משמעותית לפליטת גזי חממה ומזהמים הנוצרים בתהליך הפקת החשמל. פליטות אלו צפויות לעלות במהלך השנים ככל שהיקף ההתפלה יעלה. השפעות שליליות פוטנציאליות נוספות של תהליך ההתפלה הן פגיעה במערכת האקולוגית הימית עקב הזרמת רכז התמלחת חזרה לים, פגיעה במארג הביולוגי בנקודות יניקת המים והשפעת הצנרת התת-ימית.. שאיבת המים הנרחבת לצורכי התפלה עלולה להשפיע על אוכלוסיית הזואופלנקטון והפיטופלנקטון שבעמודת המים (דוח מצב הטבע בים התיכון 2013) שחרור מצומד של התמלחות עם מי הקירור של תחנות כוח יוצר מיהול משופר של התמלחת ולכן עדיף מבחינה סביבתית (נתניהו 2017). לצורך הגנה על הסביבה החופית והימית בעת עבודות הנחת הצנרת ולאחריהן, פרסם המשרד להגנת הסביבה מסמך להטמעת תנאים סביבתיים בעת תכנון וביצוע תשתיות צנרת בים (המשרד להגנת הסביבה, 2016).

2.4.2 הפקת אנרגיה

נושא הפקת אנרגיה בציליות גבוהה תוך הפחתת פליטות היוצרות זיהום האוויר, הינו נושא מפתח בעל חשיבות סביבתית עליונה, גם מבחינת זיהום אוויר ובריאות הציבור וגם מבחינת פליטת גזי חממה. יחד עם זאת קיימים פערי ידע לגבי השפעת זיהום אוויר, הנוצר כתוצאה מתהליכי הפקת אנרגיה, על המערכות האקולוגיות בישראל. כמו כן, חלקה של ישראל בפליטת גזי חממה מהווה פחות מ-0.20% בשנת 2014 (World Resources Institute, 2015). מסיבות אלו, לא נעסוק בהרחבה בהשפעה של משק האנרגיה הישראלי על זיהום אוויר ופליטת גזי חממה, מלבד בגורם עקיף זה.

2.4.3 גז טבעי

בשנת 2004 החל שימוש בגז טבעי במשק החשמל בישראל. שיעור ייצור החשמל מגז טבעי עמד בשנת 2005 על 11.6%, ב-2010 על 36.6% וב-2016 על 62% מסך ייצור החשמל במשק. מאז שנת 2004 השימוש בגז במגמת עליה מתמדת, מלבד שנת 2012 בה הייתה צניחה בשימוש ומעבר לפחם עקב משבר הגז (רשות החשמל, 2016). ערכו הקלורי של גז טבעי (כמות האנרגיה המופקת מ-1 ק"ג של דלק) גבוה פי 1.93 מערכו הקלורי של פחם, פי 1.22 מערכו הקלורי של מזוט ופי 1.16 מערכו הקלורי של סולר (משרד האנרגיה, 2018). ההפרשים בערך הקלורי ובנוסף, טכנולוגיית ייצור חשמל מגז טבעי במחזור משולב (המאפשרת ניצול טוב יותר של מקור האנרגיה) מתבטאים בפוטנציאל גבוה יותר של הפקת חשמל מגז לעומת פחם ובפליטה נמוכה יותר של גז החממה פחמן דו-חמצני. בהשוואה בין פליטות גז טבעי לפחם, גז טבעי פולט כ-51% מפליטות CO₂ בהשוואה לפחם, כ-12% מפליטות NO_x וכ-29% מפליטות החלקיקים (שורץ ופפאי, 2012). כל אלו הופכים את השימוש בגז טבעי לסביבתי יותר מדלקים פוסיליים אחרים בכל הנוגע לזיהום אוויר ופליטת גזי חממה, אך הנחה זו תקפה רק במידה ומערכת הפקת והולכת הגז נמנעת מדליפות, אחרת עלולה להתקבל תוצאה הפוכה מהרצוי בכל הנוגע לאפקט החממה.

מתאן, הגז העיקרי בתערובת הגז הטבעי, הוא גז חממה מזיק בהרבה מפחמן דו-חמצני. התרומה של מתאן להתחממות (Global Warming Potential) גבוהה פי 34 לתקופה של 100 שנים ופי 86 לתקופה של 20 שנים. המתאן אומנם עובר שריפה יעילה והופך רובו ככולו לפחמן דו-חמצני, אך נמצא כי ממאגרי הגז עצמם ומרשתות ההובלה של הגז

קיימות נזילות מתאן בהיקפים מדאיגים. במחקר שנערך בארה"ב הוערך כי 6-1.7% מהגז הטבעי בבאר במהלך חייה ייפלט לאטמוספירה, עוד נמצא בבדיקה של ה-EPA האמריקאית להערכת דליפות הגז בין הבאר לנקודת החלוקה, כי כ-2.4% מהגז הטבעי שהופק בשנה הנבדקת השתחרר לאטמוספירה כתוצאה מדליפות ונישוב (venting) (Alvarez et al., 2012).

השפעות שליליות נוספות של שימוש בגז טבעי נובעות מתהליכי החיפוש, הקידוח והפקת הגז בים. סקרים סיסמיים תועדו כגורמים לפגיעות הדף חמורות ותמותה בקרב צבי ים ובאיזורי הסקרים אף נצפתה ירידה בשלל הדיג (שיינין וחוב', 2013א; שיינין וחוב', 2013ב; McCauley et al., 2000). בזמן הקידוח וההפקה משתחררים חזרה למים חלק ממי המוצר המכילים רעלנים כגון כספית, בריום, תרכובות אורגניות ועוד. גם המטחן, החומר הנקדח, מפוזר סביב הקידוח ברדיוס מאות מטרים וקובר תחתיו את בעלי החיים על הקרקע הימית. המטחן חשוד גם הוא בהכנסת חומר רעיל למערכת הימית, בריום, אשר עלול לפגוע בדגים וחסרי חוליות (Carpenter et al., 2009; Lee & Neff, 2011).

בשנת 2016 אשררה מדינת ישראל את מחויבותה להסכם פריז העולמי להפחתת פליטת גזי חממה. על פי ההסכם ההתחממות הגלובלית תוגבל ל-2 מעלות צלזיוס מעל הטמפרטורה ששררה טרום העידן התעשייתי, בשאיפה להוריד את רף ההתחממות בהמשך ל-1.5 מעלות צלזיוס לכל היותר. במסגרת ההסכם, בו נדרשת כל מדינה להציב לעצמה יעדי הפחתה שאפתניים אך ריאליים ולתכנן את דרכי היישום והגעה ליעד, הציבה ישראל יעד לשנת 2030 של פליטת 81 מיליון טון, הם 7.7 טון גזי חממה לנפש, לעומת תרחיש "עסקים כרגיל" בו ייפלטו באותה שנה 105.5 מיליון טון, הם 9.95 טון גזי חממה לנפש. (פרואקטור וחוב', 2016).

למשק החשמל תפקיד עיקרי בהפחתת פליטות גזי החממה שכן בשנת 2030, לפי תרחיש עסקים כרגיל (המהווה גם הוא תחזית אופטימית משום שמניח עמידה ביעד הלאומי של הפקת 10% מהחשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות עד שנת 2020, ואילו נכון לשנת 2016 ההיקף עומד על 2.38%, כרבע מהיעד) יהיה משק החשמל אחראי ל-53% מפליטת גזי החממה בישראל. על פי התוכנית הלאומית ליישום הסכם פריז, עיקר פוטנציאל ההפחתה במשק החשמל נמצא בהשבת ארבע היחידות הפחמיות הישנות והמזהמות ביותר בתחנת הכוח "אורות רבין" ובהפחתת השימוש בפחם בשאר יחידות הייצור הפחמיות של חברת החשמל על ידי העדיפת שימוש ביחידות מחזור משולב על גז טבעי. שני המהלכים הללו יכולים לחסוך 9.7 מיליון טון גזי חממה מתוך 24.5 מיליון טון הנדרשים לעמידה ביעד. (פרואקטור וחוב', 2016).

2.4.4 אנרגיות מתחדשות

מרכיב עיקרי נוסף בהפחתת גזי החממה כחלק מהמחויבות להסכם פריז הוא מעבר לשימוש באנרגיה מתחדשת למשק החשמל. שיעור הפקת החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות מתוך סך הפקת החשמל עומד במדינות המפותחות בעולם על 24.5% בממוצע, כאשר עיקר הייצור הוא באמצעות סכרים הידרואלקטריים גדולים, אחריו אנרגית רוח וביו-אנרגיה. בישראל נכון לשנת 2016, 2.65% בלבד מסך החשמל יוצר באמצעות אנרגיה מתחדשת, מתוכם 2.5% על ידי שימוש באנרגיית השמש. על מנת לעמוד ביעדים שקבעה לעצמה הממשלה בעקבות הסכם פריז, עד שנת 2030 הייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות צריך להוות 17% מסך ייצור החשמל במשק (בנק ישראל, 2017). בפועל ייצור החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות נמצא בפיקור משמעותי אחרי יעדי הממשלה כבר שני עשורים. ב-2002 הוצב היעד הראשון לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת, היעד היה עד שנת 2007 2% מסך החשמל ועד שנת 2016, 5% מסך החשמל. בשנת 2009 הקדימה הממשלה את יעד ה-5% ל-2014 והציבה יעד חדש של 10% לשנת 2020.

בפועל בשנת 2009 ייצור חשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת עמד על 0.1% מסך הייצור ובשנת 2016 עלה הייצור ל-2.65% מסך החשמל הכללי. בשנת 2015 הציבה הממשלה יעדים נוספים, 13% מהתפוקה בשנת 2025 ו-17% בשנת 2030. (בנק ישראל, 2017). ישנן ראיות ששיעורים נמוכים אלה עומדים בפני תפנית בעקבות הזולה משמעותית של ייצור חשמל באמצעות אנרגיית השמש. בעקבות ירידה עולמית חדה בעלות הייצור באמצעים פוטו וולטאים (אמצעים שממירים אור לחשמל), מ-\$300 בממוצע למגה וואט-שעה בשנת 2009, עד לממוצע של \$100 למגה וואט-שעה נכון ל-2017, הפכה טכנולוגיית הפאנלים הסולריים לאמצעי ייצור חשמל זול כמעט כמו דלקים פוסיליים, ולטכנולוגיה המתחדשת הזולה ביותר, בראייה עולמית, לאחר אנרגיית הרוח. (בנק ישראל, 2017). בישראל באותה תקופת זמן נצפתה ירידה חדה אף יותר במחירי הייצור באמצעים פוטו וולטאים, מכ-\$470 למגה וואט-שעה לכ-\$71 למגה וואט-שעה. את מימדי הירידה בישראל ניתן לזקוף, בנוסף להזלת הטכנולוגיה, לזכות הקלת נטל הרגולציה על ייצור חשמל באמצעים פוטו וולטאים. לפני הירידה השיתיה הרגולציה בישראל עלויות מהכבדות בעולם על ייצור חשמל באמצעים אלו (בנק ישראל, 2017). שינוי נוסף אשר יכול לבשר על תפנית בשימוש באנרגיות מתחדשות הוא תיקון לחוק משק החשמל, אשר עבר ביולי 2017, המחייב את שר האנרגיה לגבש תוכנית רב שנתית לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת ולהציג תוכנית פעולה שנתית (בנק ישראל, 2017). ככלל הגופים הסביבתיים תומכים בייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים, אך במקרים רבים קיימת מחלוקת לגבי המיקום. טורבינות רוח למשל, משום שדורשות עוצמת רוח גבוהה על מנת להיות כלכליות, מתוכננות לעיתים קרובות במיקום המהווה חלק מנתיב תעופה ונדידה של בעלי כנף, מהם בסכנת הכחדה (המשרד להגנת הסביבה, 2015).

פאנלים סולריים מעלים גם הם דילמה במדינת ישראל הענייה בשטח, בשל השטחים הפתוחים הנרחבים הנדרשים במידה ומחליטים להציבם על הקרקע ולא על גגות מבנים (מכון דש"א, 2009).

2.4.5 השבת קולחין להשקיה חקלאית

ישראל היא מהמדינות המובילות בעולם בשיעור מי הקולחין המטופלים המושבים להשקיה חקלאית. מדי שנה מיוצרים בארץ מעל 500 מיליון מ"ק שפכים, מרביתם עוברים טיהור על ידי מתקני טיהור שפכים (מט"שים) ומשמשים להשקיה חקלאית. מתוך כ-540 מל"ק שפכים שיוצרו בישראל בשנת 2016, 505 מל"ק טופלו במתקנים מכניים ובאגני ייצוב, ומתוכם 445 מל"ק (כ-82% מסך השפכים) שימשו להשקיה חקלאית (כהן וישראל, 2018).

כוונתה של רשות המים להמשיך ולפתח מפעלים להשבת קולחים לחקלאות כך שהיקפם בשנת 2020 יעמוד על כמות של כ-600 מיליון מ"ק לשנה (רשות המים, ח.ת. ג).

השבת מי קולחין מיטיבה עם המערכות האקולוגיות בכך שחוסכת במים שפירים להשקיה חקלאית. כמו כן ההשבה מספקת פתרון לכמויות גדולות של שפכים שאלמלא הטיפול היו מהווים מפגע אקולוגי (רשות המים, ח.ת. ג).

מאז כניסתם של מים מותפלים בהיקף גדול למערכת המים בישראל, ירדה מליחות השפכים ולכן גם הקולחין מה שמפחית את הסיכון להמלחת קרקעות חקלאיות המושקות במים אלה. יחד עם זאת גם החוסר במינרלים ויונים חיוניים לצמח ולקרקע, חוסר המאפיין מים מותפלים, ממשיך ונשאר בעיה כשמים אלו הופכים לקולחין. (כהן וחוב, 2016).

לצד היתרונות הבולטים שבהשקיה במים מושבים ישנם גורמי סיכון אפשריים מהשימוש בהם, בשנים האחרונות עלתה המודעות להימצאותם של מיקרו-מזהמים אורגניים קשי פירוק שמקורם בשאריות תרופות ומוצרי קוסמטיקה. מזהמים אלה אינם נכללים בתקנות ונוכחותם בקולחין אינה מנוטרת (אבגר, 2018).

אך לא כל הקולחין מושבים לחקלאות. בשנת 2016 אושרה ע"י הוועדה המייעצת למנהל רשות המים הזרמת כ-50 מיליון מ"ק קולחין ברמות טיפול שונות לנחלים, רובם המכריע בנוהל רגיל, שאינו נוהל חירום (רשות המים, 2017ב). בשנים האחרונות נוצר אבסורד משום שמפעלי ההשבה מטהרים את הקולחין לרמת השקית גידולים רגישים (למשל ירקות) ולכן כאשר המט"ש מעט "מגמגם" ולא מצליח לייצר מים ברמת השקיית גידולים רגישים, במקרים רבים המים מוזרמים לנחל. חלק גדול מהצריכה החקלאית של מים מושבים כיום מיועדת למטעים אשר אינם זקוקים לרמת טיהור כה גבוהה (רמה שלישונית), אלו היו יכולים לספק פיתרון למים מושבים אשר לא עומדים בתקן גידולים רגישים, אך פיתרון זה אינו מיושם וכיום למעשה ככל שמבקשים איכות גבוהה יותר עבור הגידולים, מגדילים בפועל את כמות המים המוזרמת לנחלים (רשות המים, 2017א).

2.4.6. אמצעים להפחתת זיהום אוויר מתחבורה

כלי רכב מהווים מקור עיקרי לזיהום אוויר, בעיקר במרכזי ערים, זאת עקב התנועה הכבדה, המהירות הממוצעת הנמוכה וההאצות הרבות ממצב עצירה (גוטמן וחוב', 2008). כל אלו מגדילות את שיעור הפליטות. בישראל ישנה מגמת עלייה קבועה בביקוש לכלי רכב ובבעלות על כלי רכב פרטיים (נתניהו וחוב', 2017).

שוק הרכב נתון תדיר להתפתחות טכנולוגיות חדשות, ואלו לא פוסחות גם על תחום הפחתת הפליטות. דוגמה בולטת היא כניסתו של הממיר הקטליטי לרכבי הבנזין. מאז שנת 1994 מותקן במרבית רכבי הבנזין ממיר קטליטי המפחית משמעותית את שיעור פליטות המזהמים, פחמימנים, פחמן חד חמצני ותחמוצות חנקן, על ידי הפיכתם למים, פחמן דו חמצני וחנקן אטמוספרי (המשרד להגנת הסביבה, ח.ת.).

הממיר הקטליטי מתאים לרכבי בנזין אך לא לרכבי דיזל, המהווים כיום את עיקר המפגע. כ-80% מזיהום האוויר התחבורתי מקורו בכלי רכב ישנים המונעים בדיזל, זאת למרות שהם אחראים רק לכ-20% מהנסועה הכללית. בישראל פועלים כ-15 אלף רכבי דיזל כבדים ישנים (אוטובוסים, מיניבוסים ומשאיות כבדות), מנועים אלו מאופיינים בפליטת כמות גבוהה של מזהמים לעומת מנועי בנזין, בדגש על פליטת חלקיקים הנחשבים למזהם הבעייתי ביותר בתרואתית שנפלט מתחבורה (סידון, 2018).

במרץ 2018 אישרה ועדת הפנים והסביבה של הכנסת תקנות חדשות לחוק אוויר נקי לצמצום זיהום אוויר מרכבי דיזל, התקנות ייכנסו לתוקף ב-1 בנובמבר 2018. התקנות קובעות כי לא יחודש רישיון הרכב של "רכב כבד ישן" אלא אם הותקן בו מסנן חלקיקים. עוד נקבע כי כלל כלי הרכב ידורגו ברישיון הרכב בהתאם להשפעתם הצפויה על זיהום האוויר וכי רכבים שנמצאו מזהמים יסומנו באמצעות תווית מיוחדת. סימון הרכבים יקל על האכיפה ברשויות אשר יבחרו להגביל כניסת כלי רכב מזהמים לשטחן, בדומה לנעשה ב"איזור אוויר נקי" בחיפה. התקנות ילוו במערך תמיכה וסבסוד להתקנת המסננים או גריטת הרכב. המזהם לחילופין. על פי תחזית המשרד להגנת הסביבה התקנות צפויות להפחית 30% מזיהום האוויר מתחבורה בתוך כ-3 שנים. תוכניות נוספות מוטות טכנולוגיה שמקודמות על ידי המשרד להגנת הסביבה ונועדו להפחית את הזיהום מכלי רכב המונעים בדיזל הן תמיכה בחברות תחבורה ציבורית הרוכשות אוטובוסים חשמליים ועידוד רכישת מוניות היברידיים (המשרד להגנת הסביבה, 2018). בתהליך הבעירה במנוע משתחררות תרכובות, NOx ו-VOC's, אשר בתגובה כימית מייצרות אוזון טרופוספרי. אוזון טרופוספריה גורם נזק לצמחים ע"י פגיעה במנגנוני הפוטוסינתזה, הפריחה, וויסות השימוש במים ועוד (Krupa et al., 2001).

2.4.7. מערכות מידע גיאוגרפיות

הצורך בשמירה על השטחים הפתוחים במדינת ישראל עלה כבר בשנות ה-80 של המאה הקודמת, אך גופי שמירת הטבע והתכנון נתקלו במגבלה, חוסר מידע זמין. קצב הפיתוח ושינוי שימושי הקרקע מצריך מידע מרחבי עדכני על מנת להבין את מצב הטבע ולקבל החלטות רלוונטיות. פיתוחן של טכנולוגיות מידע ממוחשבות כמו מערכות מידע גיאוגרפיות (ממ"ג) סיפקו מענה לבעיה זו, היות והן אפשרו להקים מערכת שתרכז, תקשר ותעדכן את המידע. כוחן המרכזי של מערכות מידע גיאוגרפיות הוא יכולתן לקשר בין מידע מרחבי, למשל שטחה של שמורת טבע, לבין מידע שאינו מרחבי כמו מסמכי מדיניות ותכנון, נתונים על צמחים ובעלי חיים ועוד. בשנת 2016 נפתח ביוזמת החברה להגנת הטבע ותוך הירתמות של גופים וארגונים ביניהם המרכז למיפוי ישראל, המשרד להגנת הסביבה, רשות הטבע והגנים, קרן קיימת לישראל ועוד, "פורטל השטחים הפתוחים". הפורטל נועד לאסוף את כל המידע על השטחים הפתוחים תחת קורת גג אחת ולהנגיש אותו כך שיהיה זמין למתכננים, לבעלי עניין ולציבור הרחב (כץ, 2016).

2.4.8 השקיה בטפטוף

טפטפת הינה שיטת השקיה שפותחה בישראל בשנות ה-50 וה-60 של המאה הקודמת, הנחשבת לאחת מההמצאות החשובות ביותר בענף החקלאות. הטפטפת מורכבת מצינור מים מרכזי אשר ממנו יוצאים צינורות מים דקים יותר העוברים בין כל צמח בגינה ובשדה ומספקים לו מים בטפטוף איטי. באמצעות הטפטפת ניתן להזרים מים מהולים בדשן בצורה מבוקרת ואיטית, כאשר המים מגיעים ישירות אל שורשי הצמחים ואינם מתבזבזים לשווא (פסטרנק, 2018). השקיה בטפטוף נחשבת יעילה ביותר מפני שהמים מגיעים בקצב איטי ישירות לבית השורשים ולכן כמעט שאינם מתבזבזים, לעומת שיטות השקיה אחרות המאבדות אחוזים גבוהים מהמים לנגר, אידוי וחלחול אל מתחת לבית השורשים. יתרון נוסף לשימוש בטפטפות הוא שהן מונעות מגע המים עם העלים ובכך מפחיתות שכיחות מחלות הנגרמות עקב עלווה רטובה (פסטרנק, 2018). כיום מעל חצי מהשטחים החקלאיים בישראל מושקים בטפטוף, כמו גם חלק גדול מגינות הנוי.

שיטה חדשנית יותר להשקיה בטפטוף היא "טפטוף טמון" (SDI), מערכות אלו מוטמנות בתוך הקרקע לשם חיסכון במים, מזעור עשבייה, הארכת חיי הצנרת ומניעת מגע אדם עם מים באיכות ירודה. נכון לשנת 2010, 5-10% מהשטחים המושקים בישראל, מושקים בשיטה זו (OECD, 2010). במחקר לבדיקת השקיה על ידי טפטוף טמון במי קולחין ברמת טיהור שניונית נמצא כי אין חדירת פתוגנים למערכת ההובלה הפנימית של הצמחים דרך שורשיהם וכי קל לשמור על היעדר מגע אדם במים המושבים בשיטה זו ולכן טפטוף טמון יכול להוות פתרון יעיל ובטוח להשבת מי קולחין שניוניים (אורון וחוב, 2003).

2.4.9 חקלאות מדייקת

גישה חקלאית המיישמת התפתחויות טכנולוגיות מתחומים שונים, GPS, צילומי לוויין, רובוטיקה וטכנולוגיות חכמות נוספות על מנת להשביח את הגידולים תוך התייעלות השימוש במשאבים המשמשים לייצורם. ההתקדמות בתחום הראייה ממוחשבת ועיבוד התמונה מאפשרות כיום להפיק מפות של שדה בודד באמצעות לוויינים, מטוסים ומל"טים ולספק תמונה מלאה של השדה הכוללת שונות טופוגרפית, שונות בסוג הקרקע, פיזור חומרי הזנה ומים וזיהוי התפרצויות מזיקים ומחלות בשלב מוקדם. עוד פן של החקלאות המדייקת הוא שימוש ברובוטיקה אוטומטית או חצי אוטומטית לביצוע פעולות בשטח החקלאי כגון השקיה, דישון והדברה במינונים שונים על פי הצורך. כיוון עיקרי

שתחום החקלאות המדייקת מתמודד איתו כיום הוא הפחתת שיעור הפחת בתוצרת החקלאית, הפוגעת ביבול העולמי בשיעור של כ-30%. טכנולוגיות ראייה ממוחשבת מגלות פגמים, מחלות ומזיקים בשלבים מוקדמים כדי למנוע נזק רציני לגידולים, החל ממיון זרעים, דרך זיהוי וטיפול במזיקים בשטח החקלאי וכלה באסיף, בטיפול במוצרים בבתי האריזה ומציאת התנאים האופטימליים לקירור ואחסון (אלחנתי, 2017).

שימוש מדויק בתשומות לחקלאות חוסך במשאבים, מים ודשנים, ומפחית זיהום סביבתי עקב תשומת יתר של דשנים וחומרי הדברה.

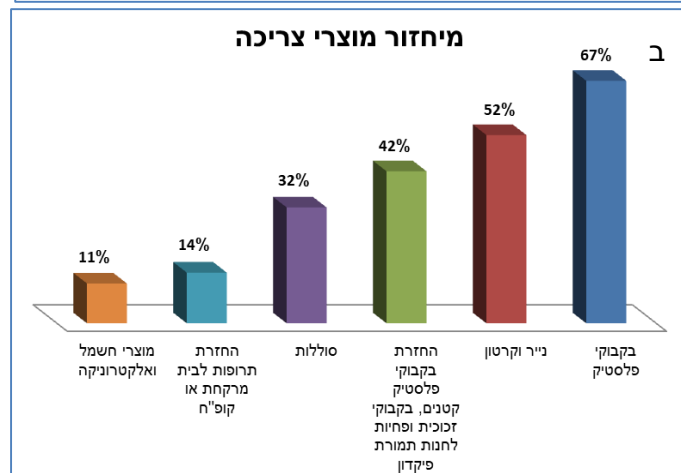
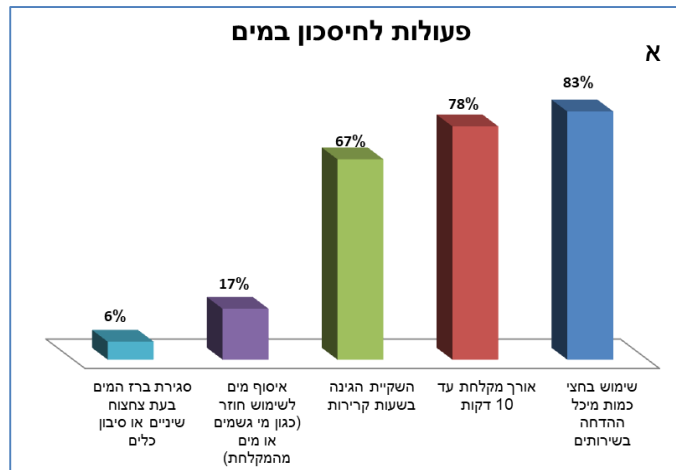
2.4.10. טכנולוגיות חישה מרחוק

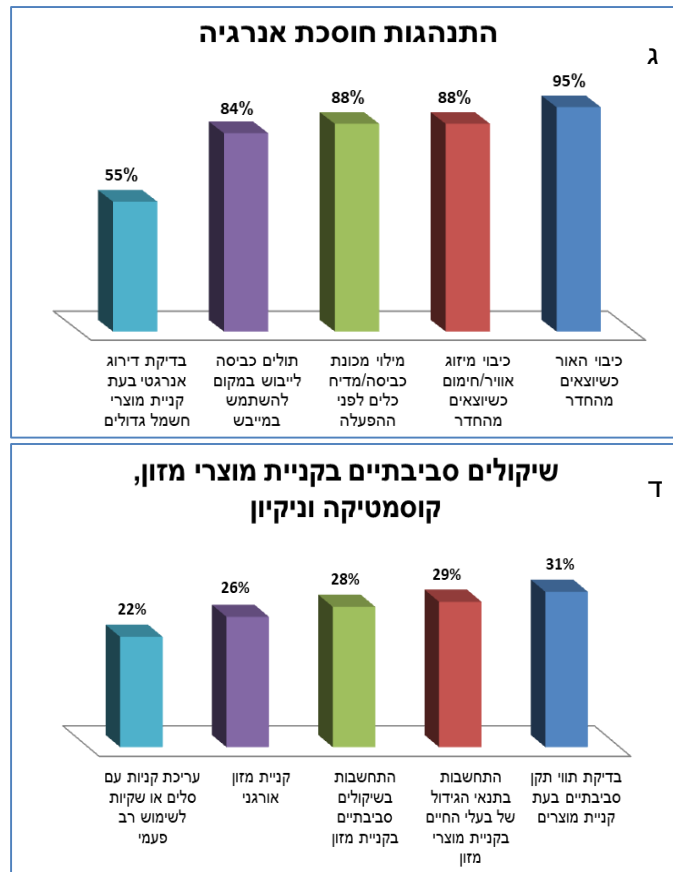
חישה מרחוק היא מדידה ואפיון גופים ע"י מדידת הקרינה האלקטרומגנטית המוחזרת מהם, על ידי טכנולוגיות כגון הדמיות לוויין, צילומי אוויר ממטוסים, שימוש בכלי טיס בלתי מאויישים ומצלמות קרקעיות. טכנולוגיה זו מיושמת מזה שנים במשרדים להגנת הסביבה ברחבי העולם בשל יכולתה לעזור בזירוז ויעול אכיפה סביבתית, ועל ידי כך למזער את היקף העבריינות הסביבתית וליצור הרתעה. דוגמאות לתחומים בהם יכולות לתרום טכנולוגיות חישה מרחוק הינם מעקב אחר השלכה בלתי חוקית של פסולת, זיהוי פליטות שפכים למקווי מים, אפיון שטחים פתוחים וניהול מצבי חירום סביבתיים. המשרד להגנת הסביבה ממליץ להרחיב את השימוש בטכנולוגיית חישה מרחוק.

2.5. מודעות ואחריות סביבתית בקרב הציבור

מעורבות הציבור ומידת המוטיבציה שלו לשמירה על המערכות האקולוגיות משפיעות במידה רבה על מיקומו של הנושא הסביבתי בסדר היום. דרכי השפעת הציבור על הסביבה מגוונות, החל מהחלטות צרכניות והתנהלות "ירוקה" במשק הבית, דרך מאבקים סביבתיים בהם הציבור, יחד עם ארגוני הסביבה, מהווה "שומר סף" לתוכניות העתידות לפגוע במערכת האקולוגית, וכלה בחינוך בעל דגשים סביבתיים בבתי הספר אשר נועד לעודד קיימות בקרב הדור הצעיר.

הסקר החברתי המקיף האחרון לגבי הרגלים ועמדות תושבי ישראל בנושאים סביבתיים נערך ב-2014 על ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. בין משתנים רבים בסקר, נערך גם שאלון לבדיקת שיתוף הפעולה של משקי בית בישראל בכל הנוגע למיחזור, חיסכון במשאבים וצרכנות "ירוקה". איור 6 מציג את אחוז התושבים בישראל המדווחים על לקיחת חלק בפעולות סביבתיות שונות, כפי שנבדקו בסקר (הלמ"ס, 2014). חשוב להדגיש כי מדובר על דיווחם של הנשאלים ולא על בדיקה בפועל של מעשיהם.





איור 6: אחוז התושבים בישראל המדווחים על לקיחת חלק בפעולות סביבתיות שונות: א- פעולות לחיסכון במים; ב- מיחזור מוצרי צריכה; ג- התנהגות חוסכת אנרגיה; ד- שיקולים סביבתיים בקניית מוצרי מזון, קוסמטיקה וניקיון (מבוסס על נתוני הלמ"ס, 2014).

ניתן לראות בממצאי הסקר כי פעולות חוסכות אנרגיה, המלוות בחיסכון כלכלי משמעותי, מדווחות כמבוצעות באחוזים גבוהים ממשקי הבית בישראל. חסכון באנרגיה מלווה בהפחתת הפגיעה בסביבה, על ידי הפחתת זיהום אוויר והפחתת פליטת גזי חממה שמקורם בתהליך יצור האנרגיה, ייצור תשתיות האנרגיה וכריית הדלקים.

מיחזור פסולת מאפשר את הפיכתה לחומר גלם ולכן גורם לחיסכון בשימוש בחומרי גלם בתוליים והפחתת ההטמנה של הזיהום ותפיסת השטחים הפתוחים הכרוכים בה. בשאלון המיחזור נשאלו התושבים, בנוסף על הרגלי המיחזור שלהם, גם על נגישות מתקני האיסוף למיחזור (תשובת הנשאלים אינה בהכרח מעידה על תפוסת המתקנים בפועל). ברוב השאלות נמצא כי יש קשר בין נגישות גבוהה למתקני מיחזור ובין יישום מיחזור בפועל, יוצא דופן הוא מיחזור בקבוקים ופחיות עבור פיקדון, 60% העידו כי יש נקודת החזרה בקרבם אך רק 42% מחזירים בפועל (הלמ"ס, 2014).

בשנת 2016 כמות הפסולת העירונית השנתית שנפשה בישראל עמדה על 646.2 ק"ג לנפש בשנה, מספר 6 בדירוג ייצור פסולת לנפש במדינות ה-OECD שדיווחו לאותה שנה (OECD, municipal waste. 2016) בפועל רק כ- 20% מהפסולת המוצקה בישראל ממוחזרת והיתר מועבר להטמנה, אך חוסר ההצלחה בהגעה לכמויות מיחזור גבוהות אינו מקושר לחוסר שיתוף פעולה של הציבור אלא לבעיות באכיפה ולמחסור ברגולציה כלכלית (קוטלר, 2017).

החזרת תרופות לבתי מרקחת וקופות חולים לצורך השלכתן באופן מוסדר, נהוגה רק אצל אחוזים נמוכים באוכלוסיה. חומרים רבים בתרופות אינם מתפרקים במתקני טיהור השפכים, ולכן תרופות שהגיעו לביוב הביתי יכולות להימצא

בהמשך במי השקיה מושבים לחקלאות, בנחלים ואף בים. במקווי מים תרופות גורמות נזקים לבעלי חיים אקוואטיים, ובמקרה של הורמונים שמקורם בתרופות נצפו אף מקרים של שינוי מין בדגים ובחסרי חוליות בנחלים ובים (בן נריה, 2017). תרופות אשר מושלכות לפח האשפה ומגיעות למטמנה עלולות גם הן להחלחל למאגרי מים ולזהם (משרד הבריאות, 2018).

בפרמטרים הקשורים לצרכנות ושיקולים סביבתיים נצפה כי עליה במספר שנות ההשכלה לוותה בעליה ברורה ברמת ההפנמה של שיקולים סביבתיים בהרגלי הצריכה (למ"ס, 2014). עם זאת חשוב לציין כי הכנסה גבוהה, הנוטה להתלוות לעלייה בשנות השכלה, נמצאה כבעלת קשר חזק לצריכה מוגברת ולכן הפנמת שיקולים סביבתיים בהרגלי הצריכה אינה בהכרח מתבטאת בטביעת רגל אקולוגית נמוכה יותר של בעלי השכלה גבוהה (למ"ס, 2015).

במערכת החינוך הישראלית ישנו דגש חזק על טיולים בחיק הטבע ובאתרי מורשת, לשם היכרות חווייתית עם נופי הארץ לעידוד "הכרת הארץ ואהבת המולדת" בקרב תלמידים (משרד החינוך, 2016). יחד עם זאת, החינוך לקיימות נמצא לוקה בחסר. בעקבות וועידת "פסגת יוהנסבורג" העולמית אשר התקיימה ב-2002 בדרום אפריקה, בה התחייבו כל משרדי הממשלה בישראל לשלב התייחסות לקיימות בעבודתם, החל משרד החינוך לשלב קיימות בתוכנית הלימודים (Negev et al., 2008). בבתי הספר היסודיים נושא הקיימות אמור להכנס כחלק מ-6 שעות שבועיות המוקדשות ללימודי מדעים, יחד עם מקצועות כגון כימיה, ביולוגיה ופיזיקה. בפועל רק 2% מבתי הספר נמצאו כעומדים ברף 6 השעות השבועיות למדעים, הרוב דיווחו על 1.5-3.5 שעות שבועיות. בבתי הספר התיכוניים הנושא הסביבתי מופיע כחלק שולי ממקצועות אחרים, למשל ביולוגיה, מלבד בתי ספר מסויימים בהם קיימת מגמת "מדעי הסביבה" בה נלמדות 5 שעות שבועיות והתלמידים נדרשים לקחת חלק בפרוייקט סביבתי בסופה (Negev et al., 2008). ביקורת עיקרית על לימודי הסביבה במערכת החינוך הישראלית היא שעיקר הלימוד מתמקד בהרחבת הידע של התלמידים לגבי נושאים סביבתיים במקום לעסוק באתיקה והתנהגות סביבתית. ואכן, מחקר רחב היקף להערכת הידע, הערכים וההתנהגות הסביבתיים בתלמידי יסודי ותיכון בישראל, מצא כי רכישת ידע מדעי הנוגע לסביבה אינו מתבטא בהתנהגות פרו סביבתית של התלמידים (Negev et al., 2008). לכן שיטת לימוד זו אינה בהכרח המתאימה ביותר להפוך את אזרחי העתיד לבעלי התנהגות השומרת על הסביבה ומעודדת קיימות.

ביטוי נוסף של מודעות סביבתית, ומהמשמעותיים ביותר בהשפעה על עיצוב המערכות האקולוגיות בישראל בפועל, הוא השתתפות הציבור במאבקים סביבתיים. הפעילות הסביבתית בישראל הולכת ותופסת תאוצה בשני העשורים האחרונים, הן מבחינת היקף הפעילות והשיח הציבורי והן במידת ההשפעה על מקבלי החלטות. הדבר בא לידי ביטוי במספר הארגונים והגופים העוסקים בנושא הסביבתי, העומד כיום על כ-130, וכן בשכלול שיטות הפעולה הבאות לידי ביטוי בהתמקצעות הידע הסביבתי, יכולת גיוס הפעילים ויצירת קואליציות בין ארגונים (פירסט, 2018). אחד הקשיים בפעילות הסביבתית הוא שנושאים סביבתיים רבים הם חוצי סקטורים, ומטופלים ע"י גופים ומשרדים שונים להם עמדות מנוגדות או אף כאלה שאין להם עמדות בנושא (למשל, נושא פצלי השמן בחבל עדולם). עובדה זו מקשה על מיקוד המאבק הסביבתי.

המאבקים הסביבתיים שהוכתרו בהצלחה בשני העשורים האחרונים הצליחו לבלום תוכניות אשר היו צפויות לגרום פגיעה קשה בשטחים הפתוחים. דוגמאות ספורות הן תוכנית ספדי, התוכנית להקמת הישוב מיכל בגלובע ותוכנית הבניה בגבעות הכורכר בנס ציונה אשר היו כולן צפויות לפגוע בערכי טבע, לזלול שטחים פתוחים ולעודד פרבור. בסביבה הימית בלטו המאבק להוצאת כלובי הדגים ממפרץ אילת והמאבק נגד הבניה בחוף פלמחים.

המאבקים ככלל הובלו על ידי התארגנויות תושבים בשיתוף פעולה עם ארגונים סביבתיים והצלחתם נזקפת במידה רבה לזכות עבודתם של הפעילים במספר זירות במקביל, התכנונית, הפוליטית וההסברתית. המאבקים הובילו

לתקדימים בהתייחסות לסביבה במוסדות התכנון, למשל יישום עיקרון הזהירות המונעת לראשונה בהקשר הסביבתי בהכרעה לטובת הוצאת כלובי הדגים ממפרץ אילת, ולתקדימים משפטיים, דוגמת קביעת שופטי בג"ץ כי בעלי קרקע חקלאית אינם בעלי "זכות קנויה" לשינוי ייעוד הקרקע לבניה וכי טובת הציבור קודמת, בדחיית ערעור בדבר זכויות קניין שהגישו בעלי הקרקעות בגבעות הכורכר בנס ציונה לאחר הפסיקה נגד הבניה בשטחיהם (פירסט, 2018). בניגוד למערכת התכנון הרגילה, על תוכניות המקודמות על ידי הוותמ"ל יכול הציבור להשפיע רק באמצעות התנגדויות. לא ניתן לערור לערכאה גבוהה יותר בוועדות התכנון, אלא רק להגיש ערר באמצעות אחד משרדי הממשלה למליאת הממשלה. הליכי ההתנגדויות בותמ"ל נערכים אל מול חוקר. בניתוח גורל ההתנגדויות בותמ"ל נמצא כי רובן המכריע נדחות על ידי החוקר הממונה. כמו כן, כאשר חולקו ההתנגדויות לפי מגישיהן, משרדי ממשלה, שלטון מקומי והציבור הרחב יחד עם ארגוני החברה האזרחית נמצא כי התנגדויות הממשלה מתקבלות באופן הנרחב ביותר, התנגדויות השלטון המקומי מתקבלות באופן חלקי ואילו התנגדויות של הציבור הרחב והחברה האזרחית נדחות באופן כמעט מוחלט (החברה להגנת הטבע, 2017). מלבד הליך ההתנגדויות נותרת האפשרות של פנייה לערכאות משפטיות, ואכן הוגשו עתירות הנוגעות להליכי הוותמ"ל ותוכניותיה מטעם גורמים שונים, בהם שלטון מקומי, חברה אזרחית, תושבים ובעלי עניין שונים.

תופעה נוספת היא התארגנות של קבוצות בעלי עניין למאבק ציבורי בתוכניות המקודמות על ידי הוותמ"ל. התארגנויות אלו מורכבות מתושבים המתגוררים באיזור התוכנית המיועדת, לעיתים בשיתוף העירייה או רשות מקומית של אותו איזור. בחלק מההתארגנויות נכללים גם אנשי אקדמיה וארגונים סביבתיים ולעיתים אף משרדים ורשויות ממשלתיות (החברה להגנת הטבע, 2017). המאבק לביטול תוכנית "מורדות רמות" ממערב לירושלים הוא דוגמה למאבק אשר הוכתר בהצלחה. התוכנית התפרשה על 419 דונם, 1675 יח"ד, בשטח מצפה נפתוח (חוק לקידום הבנייה במתחמים מועדפים לדיור (הוראת שעה), התשע"ד-2014; הוראות התוכנית, תמל/1012, מורדות רמות, 2016). מצפה נפתוח הוא איזור עשיר בערכי טבע, בין היתר שטח זה מהווה בית גידול לאוכלוסיית צבי ארצישראלי (רט"ג, 2016). בעקבות מאבק בו לקחו חלק עיקר הארגונים הסביבתיים בישראל, התארגנויות תושבי הסביבה, עיריית ירושלים ואנשים פרטיים נדחתה התוכנית בותמ"ל. כיום מונחת על שולחן הועדה המחוזית, בהמתנה לדיון, תכנית לפארק טבע ומורשת במצפה נפתוח (רחל אדם, תקשורת אישית).

גורמים ישירים

- Ash, N., Lucas, N., Bubb, P., Iceland, C., Irwin, F., Ranganathan, J., & Raudsepp-Hearne, C. (2008). Framing the link between development and ecosystem services. *Ecosystem Services: A Guide for Decision Makers*.
- Lead, C., Nelson, G. C., & Bennett, E. (2005). Drivers of change in ecosystem condition and services. *Ecosystems and Human Well-being*, 2, 172-222.

שינוי שימושי קרקע

- אורן, ע. (2012). התשתית והפריסה של צה"ל בנגב - השפעות סביבתיות. *אקולוגיה וסביבה*, 3(1), 54-61.
- אשל, ג., אגוזי, ר., גולדווסר, ע., חיות, א., קוז'יקרו, ה., רובין, ב., דר, צ., ... ודיסני, ד. (2014). גידולי כיסוי בתפוחי-אדמה כאמצעי לשימור קרקע, מים וסביבה. *נר ותלם*, 52, 44-50.
- בן-חור, מ., לאדו, מ., טנאו, ח. לייב, ל. וערב, ע. (2011). מניעת נגר עילי וסחף קרקע באמצעות שימוש ברסק גזם לחיפוי קרקע. *אקולוגיה וסביבה* 2(3), 202-208.
- גרין, פ. (2013). השפעת הפעילות החקלאית באגן ההיקוות על הכינרת. נדלה ב- 13/12/2017 מאתר רשות הכנרת.
- חיימס-קפצן, א., בנימיני, ח. ואברמוביץ', ס. (2013). *פורמיניפרים מהגרים בים התיכון הישראלי*. בתוך: סטמבלר, נ. (עורכת). הוד הים: יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל (עמ' 211-222). ישראל: העמותה הישראלית למדעי הימים.
- פייטלסון, ע. (2011). ביטחון, פיתוח בר-קיימא, תכנון וקרקע: כיווני חשיבה. מדור מיוחד: תכנון וביטחון, *תכנון* 8(1), 162-171.
- צביאלי, ד., ברסלר, ג., חיים, מ., פירסט, ב. ועמיר, ר. (2014). השפעת תהליכים טבעיים ופעילות האדם על חופי הרחצה החוליים של ישראל בים התיכון. *אקולוגיה וסביבה*, 5(1), 84-85.
- קוריאלי, א. (2017). *קורבנות הזיהום: מתו שלישי מהיעלים בנחל אשלים*. נדלה בתאריך 8/10/2018.
- קרס, נ., גליל, ב. ושהם-פרידר, א. (2012). *ניטור ימי באזור הזרמת רכז התפלה ממתקן ההתפלה בפלמחים*. דו"ח סופי לממצאי ניטור 2011 (מאי וספטמבר), המכון לחקר ימים ואגמים לישראל.
- רוטשילד, א. (2011). *מגוון ביולוגי-העסק של כולנו: שיתוף פעולה בין עסקים לארגוני שמירת טבע לעתיד פורה בישראל*. החברה להגנת הטבע.
- שורק, מ., פרבולוצקי, א. (2016). *דו"ח מצב הטבע ישראל 2016*. המארג.
- שורק, מ., ושפירא, ע. (2018). *דו"ח מצב הטבע 2018*. המארג.
- 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.
- Baillie, J., Hilton-Taylor, C., & Stuart, S. N. (Eds.). (2004). *2004 IUCN red list of threatened species: a global species assessment*. IUCN.
- Barash, A. (2013). *The Dusky Shark in the Mediterranean: Cryptic Invaders from the Red Sea?* 8th International Conference on Marine Bioinvasions, Vancouver, Canada, 21 August 2013.
- Brooks, R.T. (2005). A review of basin morphology and pool hydrology of isolated ponded wetlands: implications for seasonal forest pools of the northeastern United States. *Wetlands Ecology and Management*, 1, 335-348.
- Davidson, C., Shaffer, H.B. & Jennings, M.R. (2002). Spatial tests of the pesticide drift, habitat destruction, UV-B, and climate-change hypotheses for California amphibian declines. *Conservation Biology*, 16, 1588-1601.

- Elferink, E. V., Nonhebel, S., & Moll, H. C. (2008). Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. *Journal of Cleaner Production*, 16(12), 1227-1233.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Helkowski, J. H. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574..
- Kanatani, K. T., Ito, I., Al-Delaimy, W. K., Adachi, Y., Mathews, W. C., & Ramsdell, J. W. (2010). Desert dust exposure is associated with increased risk of asthma hospitalization in children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 182(12), 1475-1481.
- Lande, R. (1988). Genetics and demography in biological conservation. *Science*, 241(4872), 1455-1460.
- Martínez-Casasnovas, J. A., Antón-Fernández, C., & Ramos, M. C. (2003). Sediment production in large gullies of the Mediterranean area (NE Spain) from high-resolution digital elevation models and geographical information systems analysis. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 28(5), 443-456.
- Medail, F. & Quezel, P. (1997). Hot-spot analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin. *Annals Of the Missouri Botanical Garden*, 84, 112-127.
- National Research Council. (1993). *Managing global genetic resources: agricultural crop issues and policies*. National Academies Press.
- Newcomb Homan, R., Wundmiller, B.S. & J. Reed, M. (2004). Critical thresholds associated with habitat loss for two vernal pool-breeding amphibians. *Ecological Applications*, 14, 1547-1553.
- Nguyen, T. L. T., Hermansen, J. E., & Mogensen, L. (2010). Environmental consequences of different beef production systems in the EU. *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 756-766.
- Pimm, S. L., & Raven, P. (2000). Biodiversity: extinction by numbers. *Nature*, 403(6772), 843.
- Rawitz, E., Morin, J., Hoogmoed, W. B., Margolin, M., & Etkin, H. (1983). Tillage practices for soil and water conservation in the semi-arid zone I. Management of fallow during the rainy season preceding cotton. *Soil and Tillage Research*, 3(3), 211-231.
- Safriel, U.N., Volis, S. & Kark, S. (1994). Core and peripheral populations and global climate change. *Israel Journal of Plant Sciences*, 42, 331-345.
- Sparling, D.W., Fellers, G.M. & McConnell, L.S. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, 1591-1595.
- Wijesekara, G.N., Gupta, A., Valeo, C., Hasbani, J. G., Qiao, Y., Delaney, P. & Marceau, D.J. (2012). Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the Elbow River watershed in southern Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*, 412-413, 220-232.
- Zohary, D., M. Hopf & E. Weiss (2012). *Domestication of plants in the old world* (4th edition). Oxford University.

זיהום

אילון, א., עשת, צ. (2014). [הערכת הנוק הכלכלי של דליפת הדלק בצומת באר אורה 3.12.14 - חוות דעת כלכלית](#). נדלה בתאריך 8/10/2018 מאתר מוסד שמואל נאמן.

בס-ספקטור, ש. (2011). [סוגיות בריאות וסביבה בכפרים הבדואיים הלא-מוכרים בנגב](#). הכנסת, מרכז המחקר והמידע.

- ברקוביץ, ע. (עורך). (2017). זיהום אור וצמצומו. סיכום ותוכנות של ועדת מומחים, האגודה הישראלית לאקולוגיה.
- גפני, ש. (2010). בריכת החורף בנתניה: דו"ח מצב אקולוגי לשנת 2009. הוגש לעריית נתניה.
- המשרד להגנת הסביבה. (2015). עדכון מצב שיקום עברונה- שנה לזיהום הנפט.
- המשרד להגנת הסביבה. (2017). סיכום פעילות הוועדה המייעצת למנהל רשות המים למתן צווי הרשאה להזרמה לנחלים- שנת 2016. המשרד להגנת הסביבה, משרד הבריאות ורשות המים.
- הרשקוביץ, י., שניידר, י., שפירא, ע., והאן, א. (2013). פיתוח ממשק בר-קיימא לפעולות להדברת יתושים ולהגנה על המגוון הביולוגי במקווי מים בישראל. המלצות למדיניות. החברה להגנת הטבע, המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים.
- חרות, ב., שפר, ע., גורדון, נ., גליל, ב., טיבור, ג., תום, מ., רילוב, ג. וסילברמן, ג. (2012). התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון, דו"ח מדעי לשנת 2011.
- טל, ד. (2017). כשל המאגרים והטיפול השלישוני. כתבות מקצועיות- אתר מים והשקיה ארגון עובדי המים. כנסת. (2015). דליפת הנפט בצומת באר-אורה (עברונה): נתוני רקע.
- כץ א, איש-שלום כ. (2017). הסכנות הסביבתיות שבהמלחת מי נחל בוקק. מחקרי הגנב, ים המלח והערבה 9, 140-144.
- לבין, אבישר, ברנד וחוכריהם (2017). זיהום אור וצמצומו. רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות. סיכום ותוכנות של ועדת מומחים. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה.
- לוי, ע. (2017). האסון האקולוגי בנחל אשלים. זווית סוכנות ידיעות למדע ולסביבה. נדלה בתאריך 8/10/2018 מתוך אתר זווית.
- לידר, נ. (2008). השלכות אקולוגיות של תאורת כבישים בישראל והצעות לפתרון. פרסומי חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים.
- פלה, מ. (2016). ישראל מתלכלכת. זווית סוכנות ידיעות למדע ולסביבה. נדלה בתאריך 21.7.2018 מתוך אתר זווית.
- פסטרנק, ג., שפניר, א., צביאלי, ד., מוהר, ד., אריאל, א., עמיר, ר. (2014). הפסולת הימית בחופי הים התיכון בישראל - מאפיינים, מקורות ודרכי התמודדות. אקולוגיה וסביבה, 5(1), 26-31.
- פרידלר, ע., זיידה, מ., שביב, א. וגלבו, י. (2013). מים לטבע ושיקום נחלים. פורום מים מס' 3. מוסד שמואל נאמן, רשות המים ומכון גרנד לחקר המים הטכניון.
- צלול. (2017). "צלול" דורשת: הפסיקו להזרים מזהמים לנחל שורק וליים. נדלה ב- 9/10/18 מתוך אתר צלול.
- רט"ג. (2017). נחל אשלים - זמן שיקום. נדלה בתאריך 8/10/2018 מתוך אתר רט"ג.
- רט"ג. (2018). הנדון: הנחיות רט"ג לתכנון תאורה לחופי אילת.
- רשות המים. (2013). דו"ח פעילות רשות המים לשנת 2012.
- רשות המים. (2014). דו"ח פעילות רשות המים לשנת 2013.
- רשות המים. (2015). דו"ח פעילות רשות המים לשנת 2014.
- רשות המים. (2016). דו"ח פעילות רשות המים לשנת 2015.
- רשות המים. (2017א). דו"ח פעילות רשות המים לשנת 2016.
- שהם-פרידר, א., קרס, נ., סילברמן, ג., שפר, ע. וחרות, ב. (2017). עליית ריכוזי כספית בדגים מצפון מפרץ חיפה - איתור המקורות והבנת הגורמים. דוח מחקר חקר ימים ואגמים בישראל.
- רשות המים. (2017ב). סיכום פעילות הוועדה המייעצת למנהל רשות המים למתן צווי הרשאה להזרמה לנחלים לשנת 2016.
- שיינין, א., ברנע, א., אדליסט, ד., קלס, ק., גפן-גלזר, ע., היאמס, ל., פרלמן, י., יהל, ר. ואנגרט, נ. (2013). דוח מצב הטבע בים התיכון, 2013 (עורך: שיינין, א.). ירושלים: המארג, בחסות האקדמיה הישראלית למדעים.
- שיינין, א. וסונין, א. (2013). הדיג בישראל - עבר, הווה ואולי גם עתיד. בתוך: סטמבלר, נ. (עורכת). הודו הים: יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל (עמ' 223-228). ישראל: העמותה הישראלית למדעי הימים.

- שריג, ש. וסורוקר, ו. (2015). ניטור הזליגה של חומרי הדברה משדות חקלאיים לאזורים טבעיים שכנים - מקרה בוחן: השפעה על תמותת דבורים. דוח סופי לנקודת ה"ן.
- תהל (2013). תכנית אב למים לטבע. דו"ח I. תהל מהנדסים יועצים בע"מ. הוגש לרשות המים, המשרד להגנת הסביבה ורט"ג.
- ACCOBAMS. (2012). *Scientific synthesis on the impacts of noise on marine and coastal biodiversity and habitats*. 16th convention on biological diversity, Montreal.
- Barber, J. R., Crooks, K. R., & Fristrup, K. M. (2010). The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(3), 180-189.
- Battaglin, W. A., Rice, K. C., Focazio, M. J., Salmons, S., & Barry, R. X. (2009). The occurrence of glyphosate, atrazine, and other pesticides in vernal pools and adjacent streams in Washington, DC, Maryland, Iowa, and Wyoming, 2005–2006. *Environmental Monitoring and Assessment*, 155(1-4), 281-307.
- Boone, M.D. & Pauli, B.D. (2008). Chemical contamination of vernal pools. In: Clahoun, A.J.K. and deMaynadier, P.G. *Science and Conservation of Vernal Pools in North America*. Taylor & Francis. USA. Pp:215-225.
- Carpenter, S. R., Mooney, H. A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R. S., Díaz, S., ... & Perrings, C. (2009). Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(5), 1305-1312.
- Davidson, C., Shaffer, H.B. & Jennings, M.R. (2002). Spatial tests of the pesticide drift, habitat destruction, UV-B, and climate-change hypotheses for California amphibian declines. *Conservation Biology*, 16, 1588-1601.
- De Klein, C., Novoa, R. S., Ogle, S., Smith, K. A., Rochette, P., Wirth, T. C., ... & Williams, S. A. (2006). N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. *IPCC guidelines for National greenhouse gas inventories, prepared by the National greenhouse gas inventories programme*, 4, 1-54.
- Elferink, E. V., Nonhebel, S., & Moll, H. C. (2008). Feeding livestock food residue and the consequences for the environmental impact of meat. *Journal of Cleaner Production*, 16(12), 1227-1233.
- EPA. (n.d.). [Overview of Greenhouse Gases](#). Accessed on 8 October 2018.
- Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1-3.
- Gardner, T. (2001). Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. *Animal Biodiversity and Conservation*, 24, 25-44.
- Kimor, B. (1992). The impact of eutrophication on phytoplankton composition in coastal marine ecosystems. In *Marine Coastal Eutrophication* (pp. 871-878). Elsevier.
- Lee, K. & J. Neff. (2011). *Produced Water*, Springer.
- McCauley, R. D., Fewtrell, J., Duncan, A. J., Jenner, C., Jenner, M. N., Penrose, J. D., ... & McCabe, K. (2000). Marine seismic surveys—a study of environmental implications. *The APPEA Journal*, 40(1), 692-708.
- Nguyen, T. L. T., Hermansen, J. E., & Mogensen, L. (2010). Environmental consequences of different beef production systems in the EU. *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 756-766.
- Sparling, D.W., Fellers, G.M. & McConnell, L.S. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, 1591–1595.

- Van der Hal, N., Angel, D. (2014). *Microplastic pollution and its potential effects on marine biota in Israeli coastal waters*. Jaffa: The Israeli Association for Aquatic Sciences.
- Van der Sluijs, J.P., Simon-Delso, N., Goulson, D., Maxim, L., Bonmatin, J.M. & Belzunces, L.P., (2013). Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current opinion in environmental sustainability*, 5(3), 293-305.
- Wright, A. J., Soto, N. A., Baldwin, A. L., Bateson, M., Beale, C. M., Clark, C., ... & Hatch, L. T. (2007). Anthropogenic noise as a stressor in animals: a multidisciplinary perspective. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2), 250-273.

ניצול יתר של משאבי טבע

- המשרד לאיכות הסביבה. (2002). אג'נדה 21 והצהרת ריו: רקע, תקציר והיבטים ישראליים. ירושלים: אשכול מדיניות ותכנון, המשרד לאיכות הסביבה.
- המשרד להגנת הסביבה. (2007). שטחים פתוחים: כרייה וחציבה. ירושלים: המשרד להגנת הסביבה.
- המשרד להגנת הסביבה. (2013). השפעות סביבתיות בהפקת משאבי טבע בכרייה וחציבה (עלויות סביבתיות). מוגש לוועדת ששינסקי ב', אוקטובר 2013.
- זיידנברג, ר. (2013). תנועת האדמה - מבט מן השטח על מצב קרקעות ישראל. אקולוגיה וסביבה, 1, 17-19.
- לאוטמן, ז., לסטר, י., וקרני, א. (2013). ניהול משאבי טבע והתייעלות השימוש במשאבים. המשרד להגנת הסביבה.
- לנסקי נ. ודנטה א. (2017). הגורמים לירידה המואצת של מפלס ים המלח בעשרות השנים האחרונות. אקולוגיה וסביבה, 8(1), 328-336.
- מילגרום, ת. (2006). היבטים סביבתיים בניהול ענף הכרייה והחציבה לחומרי גלם לבנייה וסלילה (עבודת דוקטורט). המחלקה ללימודי גיאוגרפיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה.
- מילגרום, ת. (2006). שכבת מידע תמ"א 35 ושכבת מידע גיאוגרפית ממוחשבת של סקר מחצבות עזובות, יולי 2006. מעבדת ממ"ג המחלקה לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה.
- מילגרום, ת. (2007). היבטים סביבתיים של מחצבות עזובות בשטחי יער ויעור. יער, 9, 27-32.
- ספיר, ג., אשכנזי, מ. (2010). ישימות של מערכות אגנים ירוקים לטיפול בשפכים בישראל. DHV MED. מחקרי המדען הראשי המשרד לאיכות הסביבה.
- סקוטלסקי, א. ופרלמוטר, מ. (2012). געגועים לנחל הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מצב קיים, ומתווה לשיקום הידרולוגי ואקולוגי. החברה להגנת הטבע.
- פורטוגלי, א. (2014). מפעלי ים המלח - ייצור אשלג והרס הסביבה. הרצאה בבית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל אביב, 8/12/2014.
- פייטלסון, ע., מרינוב, א. וקפלן, מ. (1996). כיוונים לפיתוח בר-קיימא – מדיניות מרחבית נושאת. תל אביב: אגודת האדריכלים ומתכנני ערים בישראל.
- קפלן, מ. וזלוצקי, מ. (2002). מתודולוגיה להערכת רגישות וערכיות שטחים פתוחים. עיונים בניהול משאבי טבע וסביבה, 1(2), 79-59.
- קפלן, מ. (2004). נחלי ישראל מדיניות ועקרונות תכנון. ירושלים: המשרד לאיכות הסביבה.
- רימר, א. (2008). מליחות הכנרת בהשפעת מפלסי וספיקות חיצוניות. חקר ימי ואגמים לישראל, המעבדה לחקר הכנרת.
- שפיר, א., אדליסט, ד. וגולני, ד. (2013). אינדיקטורים אקולוגיים לדיג יתר בדיג המכמורת בישראל. המכון ללימודי ים באוניברסיטת חיפה. מחקר עבור המשרד להגנת הסביבה.
- רשות המים. (2017). התפלה. נדלה בינואר 2019.
- Markel, D., Shamir, U., & Green, P. (2014). Operational management of Lake Kinneret and its watershed. In: *Lake Kinneret* (pp. 541-560). Netherlands: Springer.

מינים פולשים

- אלרון, א., רוטשילד, א. (2012). מעיינות בישראל - הטבע והאדם. החברה להגנת הטבע.
- גרונר, א., רפפורט, ע., שגב, נ., רגולסקי, ג., נלביצקי, ר., אלכסנדר, ק., ... ווינטרס, ג. (2017). כנית ניטור שיטתים אחידה בערבה. מחקרי הנגב, ים המלח והערבה, 9(1), 1-14.
- גורן, מ. (2002). מחלקת הדגים. בתוך: דולב, ע. ופרבולוצקי, א. (עורכים). הספר האדום של החולייתנים בישראל (עמ' 52-39). הוצאת רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.
- גפני, ש., אלרון, א. (2011). סקר בריכות חורף (מקווי מים עונתיים) במישור החוף המרכזי והדרומי, מרץ - יוני 2010. הוגש לרשות הטבע והגנים.
- דופור-דרור, ז.מ. (2010). הצמחים הפולשים בישראל. העמותה לעידוד וקידום שמירת הטבע במזרח התיכון.
- דופור-דרור, ז.מ. (2013). צמחי הנגי הזרים הלא רצויים בישראל: צמחים בעלי פוטנציאל פלישה במערכות אקולוגיות טבעיות בישראל. מסמך המלצות, המשרד להגנת הסביבה.
- דופור-דרור, ז.מ. (2017). הגורמים לפלישת צמחים והשפעתה על המערכת האקולוגית. המשרד להגנת הסביבה. נדלה ב- 04/02/18 מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה.
- הברמן, ע. (2011). החדקונית: וכאשר יענו אותה, כן תרבה וכן תפרוץ. עלון הנושע, 64(11), 32-34.
- החברה להגנת הטבע. (2014). עוצרים את התדרדרות המגוון הביולוגי והסביבה בישראל. ההיערכות הישראלית לשמירת הטבע: עמידה בהמלצות ה-OECD וביעדי התכנית האסטרטגית העולמית לשמירה על המגוון הביולוגי לשנים 2011-2020 פערים והמלצות. נדלה בינואר 2019.
- הלר, א., רובין, ל., גלון, י., קגן, ס., צ'רקסקי, פ., פרמון-ספיר, א., הדר-גבאי, ר. ... וציפר-ברגר, י. (2016). רשימת צמחי הנגי בישראל לשנת תשע"ו 2016. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- המשרד להגנת הסביבה. (2010). עובדות שחשוב לדעת אודות: נמלת האש הקטנה. דף מידע לציבור. המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר ורט"ג.
- וולצ'אק, מ., אנגרט, נ. (2012). טיפול בצמחים פולשים ומתפרצים בעבודות תשתית בדגש תשתיות אורכיות. רשות הטבע והגנים.
- מבקר המדינה. (2011). ניהול אגף הדיג. דוח שנתי 61 לשנת 2010 ולחשבונות שנת הכספים 2009.
- מנהל המחקר החקלאי. (2013). חדקונית הדקל האדומה. נדלה ב- 12/02/2018 מתוך אתר פרויקט חדקונית הדקל האדומה.
- פדרמן, ר., כרמל, י. (2012). השקיה כגורם חשוב בחיזוי תפוצה של מינים פולשים - התבססות נמלת האש הקטנה בישראל כמקרה מבחן. אקולוגיה וסביבה, 3(4), 312-319.
- צדוק, ר., ברנע, א. (2013). סיכום סקר ביולוגי לגילוי ומיפוי רכסי כורכר תת-ימיים בעומקים 95-125 מ' במסגרת תמ"א 37 ח' למתקני טיפול בגז טבעי מתגליות. לרמן אדריכלים ומתכנני ערים בע"מ.
- שורק, מ. ופרבולוצקי, א. (2016). דו"ח מצב הטבע ישראל 2016. המארג.
- שורק, מ. ושפירא, ע. (עורכים). (2018). דו"ח מצב הטבע 2018. המארג.
- שלמון, ב. (1995). על קרן הצבי: צבאים בישראל. טבע הדברים, גיליון 7.
- Angel, D., Edelist, D. & Freeman, S. (2014). Local perspectives on regional challenges: Jellyfish proliferation along the Israeli Mediterranean coast. *Regional Environmental Change*, 16(2), 315-323
- Byers, J. E. (2002). Impact of non-indigenous species on natives enhanced by anthropogenic alteration of selection regimes. *Oikos*, 97(3), 449-458.
- Edelist, D., Golani, D., Rilov, G., & Spanier, E. (2012). The invasive venomous striped eel catfish *Plotosus lineatus* in the Levant: possible mechanisms facilitating its rapid invasional success. *Marine Biology*, 159(2), 283-290.

- Edelist, D. (2013). *Fishery management and marine bio-invasion in Israel*. University of Haifa.
- Edelist, D., Scheinin, A., Sonin, O., Shapiro, J., Salameh, P., Rilov, G., ... & Zeller, D. (2013). Israel: Reconstructed estimates of total fisheries removals in the Mediterranean, 1950-2010. *Acta Adriatica*, 54(2).
- Edelist, D., Rilov, G., Golani, D., Carlton, J. T., & Spanier, E. (2013). Restructuring the Sea: profound shifts in the world's most invaded marine ecosystem. *Diversity and Distributions*, 19(1), 69-77.
- Fuentes, V. L., Angel, D. L., Bayha, K. M., Atienza, D., Edelist, D., Bordehore, C., ... & Purcell, J. E. (2010). Blooms of the invasive ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, span the Mediterranean Sea in 2009. *Hydrobiologia*, 645(1), 23-37.
- Gaertner, M., Wilson, J. R., Cadotte, M. W., MacIvor, J. S., Zenni, R. D., & Richardson, D. M. (2017). Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions*, 19(12), 3461–3469.
- Galil, B. S. (2012). Truth and consequences: the bioinvasion of the Mediterranean Sea. *Integrative Zoology*, 7(3), 299-311.
- Galil, B. S., Boero, F., Campbell, M. L., Carlton, J. T., Cook, E., Fraschetti, S., ... & Marchini, A. (2015). 'Double trouble': the expansion of the Suez Canal and marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Biological Invasions*, 17(4), 973-976.
- Zenetos. (2014). HCMR Invasive species listed in the Mediterranean by European Environment Agency (projects PERSEUS, VECTORS and DAISIE) and stored at Hellenic Centre for Marine Research. Accessed June 2014.
- Heller, J., Dolev, A., Zohary, T., & Gal, G. (2014). Invasion dynamics of the snail *Pseudoplotia scabra* in Lake Kinneret. *Biological invasions*, 16(1), 7-12.
- Murawski, S. A. (2000). Definitions of overfishing from an ecosystem perspective. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57(3), 649-658.
- Otto, R. (1973). Temperature tolerance of the mosquito fish. *Journal of Fish Biology*. 5, 575-585.
- Rilov, G. & B. Galil. (2009). *Marine bioinvasions in the Mediterranean Sea - history, distribution and ecology*. Biological Invasions in Marine Ecosystems: Ecological, Management, and Geographic Perspectives. (eds. G. Rilov and J. A. Crooks). Heidelberg, Germany, Springer-Verlag.
- Rilov, G. (2016). Multi-species collapses at the warm edge of a warming sea. *Scientific reports*, 6, article 36897.
- Rilov, G., O. Peleg, E. Yeruham, T. Garval, A. Vichik, & O. Raveh. (2018). Alien turf: overfishing, overgrazing and invader domination in southeastern Levant reef ecosystems. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.
- Roll, U., Dayan, T., Simberloff, D., & Goren, M. (2007). Characteristics of the introduced fish fauna of Israel. *Biological Invasions*, 9(7), 813-824
- Zenetos, A., Gofas, S., Morri, C., Rosso, A., Violanti, D., García Raso, J. E., ... & Ballesteros, E. (2012). Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13(2), 328-352.

שינוי אקלים

אזירון-פרומקין, ת. (2011). דו"ח מצב הטבע 2010. המארג בחסות האקדמיה הישראלית למדעים.

- גבאי, ע., שטרנברג, מ., אנג'ל, ד., ברנע, א., גורן, מ., גזית, א., ... ושטיינברגר, י. (2014). האיומים על המגוון הביולוגי בישראל בעידן של שינוי אקלים - קריאה להקמת מרכז לאומי לחקר שינוי האקלים בישראל. אקולוגיה וסביבה, 5(2), 161-171.
- זיו, ב., סערוני, ה. ואלפרט, פ. (2011). תגודות ומגמות בטמפרטורה בעומס החום ובמשקעים בישראל ב-30 השנים האחרונות – האם עדות לשינוי אקלימי? בחינה קלימטולוגית סינפטית. המחלקה למדעי הטבע והחיים, האוניברסיטה הפתוחה, החוג לגיאוגרפיה וסביבת האדם, החוג לגיאופיסיקה ובית הספר פורטר, אוניברסיטת תל אביב.
- זלץ, ד. ולנדאו, ס. (2009). השפעת שינוי אקלים על פרסתניים בעלי דו-פרצופיות זווית. מוגש למדען הראשי המשרד לאיכות הסביבה.
- יוסף, י., חלפון, נ., פורת, ע., אוסטינסקי-צדקי, א. ופורשפן, א. (2016). מגמות באירועי מזג אוויר קיצוניים בישראל. דו"ח מחקר מס' 21921416, אגף אקלים, השירות המטאורולוגי.
- יוסף, י., פורת, ע. ופורשפן, א. (2018). מגמת השינוי בטמפרטורה בישראל בתקופה 1950-2016. אגף אקלים, שמ"ט.
- קותיאל, ה. (2011). שינוי אקלים. בתוך: דוח מספר 1 סקירת ידע קיים וזהו פערי ידע ועדיפויות להשלמתם (עמ' 40-15). מרכז ידע להיערכות לשינוי אקלים. חיפה אוניברסיטת חיפה ומרכז שמואל נאמן הטכניון.
- רילוב, ג. (2014). תמורות אקולוגיות בים התיכון לחופי ישראל. אקולוגיה וסביבה, 5, 44-51.
- רילוב, ג. וגיא חיים, ת. (2014) שוניות סלעיות בליטורל חופי הים התיכון הישראלי – אקוסיסטמות בשינוי פאזה. בתוך: סטמבלר, נ. (עורכת). *הוד הים: יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל* (עמ' 145-168). ישראל: העמותה הישראלית למדעי הימים.
- שחק, מ., וקרניאלי, א. (2009). עלייה בתדירות הבצורות וקריסת מערכות אקולוגיות בנגב: הקשר בין שינוי אקלים ותפקוד אקו-סיסטמות. כנס שינוי אקלים בישראל 2009 - הערכת מצב. חוברת תקצירים של הכנס. המשרד להגנת הסביבה, המדען הראשי.
- Clark, R., Stewards, W. W., Joyce, J., & Council, W. E. (2014). *Disturbance Monitoring in Smith and Minor Islands Washington Department of Natural Resources Aquatic Reserve*. Final monitoring report.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group*. Washington DC: Island Press.
- Ostrovsky, I., Rimmer, A., Yacobi, Y.Z., Nishri, A., Sukenik, A., Hadas, O., Zohary, T. (2013). *Long-term changes in the Lake Kinneret ecocystem: the effect of climate change and anthropogenic factors*. In: Goldman, C.R., Kumagai, M., Robarts, R.D. (Eds), *Climate Changes and Global Warming of Inland Waters: Impacts and Mitigation for Ecosystems and Societies*. John Wiley & Sons Ltd.
- Ozer, T., Gertman, I., Kress, N., Silverman, J., & Herut, B. (2016) Interannual thermohaline (1979–2014) and nutrient (2002–2014) dynamics in the Levantine surface and intermediate water masses, SE Mediterranean Sea. *Global and Planetary Change*, 151, 60-67.
- Pyke, C.R. (2005). Assessing climate change impacts on vernal pool ecosystems and endemic branchiopods. *Ecosystems*, 8, 95–105.
- Samuels, R., Rimmer, A. & Alpert, P. (2009). Effect of extreme rainfall events on the water resources of the Jordan River. *Journal of Hydrology*, 375, 513–523.
- Sternberg, M., Gabay, O., Angel, D., Barneah, O., Gafny, S., Gasith, A., ... & Rilov, G. (2015). Impacts of climate change on biodiversity in Israel: an expert assessment approach. *Regional Environmental Change*, 15(5), 895-906.

- Yeruham, E., Rilov, G., Shpigel, M., & Abelson, A. (2015). Collapse of the echinoid *Paracentrotus lividus* populations in the Eastern Mediterranean—result of climate change?. *Scientific reports*, 5, 13479.
- Zamir, R., Alpert, P. & Rilov, G. (2018). Increase in weather patterns generating extreme desiccation events: implications for Mediterranean rocky shore ecosystems. *Estuaries and Coasts*. in press.
- Ziv, B., Saaroni, H., Pargament, R., Harpaz, T., & Alpert, P. (2014). Trends in rainfall regime over Israel, 1975–2010, and their relationship to large-scale variability. *Regional environmental change*, 14(5), 1751-1764.
- NANA. (n.d.). [Climate change: How do we know?](#) Retrieved from NASA website on July 2018.

גורמים עקיפים

דמוגרפיה

- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2012). [תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך: 2009-2059](#).
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2016). [נתוני הגירה פנימית בין יישובים לפי מחוז, נפה וצורת יישוב](#).
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2017). [הודעה לתקשורת, ה-OECD, עם צאת הדוח החדש- מבט על הבריאות 2017: אורח חיים בריא ומדיניות בריאות טובה יותר מביאים לשיפור בתוחלת חיים](#).
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2017). [הודעה לתקשורת, תחזית אוכלוסיית ישראל עד שנת 2065](#).
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2018). [אוכלוסיית ישראל לסוף ספטמבר 2018](#). עודכן ב- 01.11.18. נדלה ביוני 2018 מתוך אתר הלמ"ס.
- המשרד להגנת הסביבה. (ח.ת. א). [נתוני פסולת בישראל לשנת 2014](#). נדלה ביוני 2018 מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה.
- המשרד להגנת הסביבה. (ח.ת. ב). [פסולת](#). נדלה ביוני 2018 מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה.
- טל, א. (2012). שתי צלעות המלבן- התנועה הסביבתית ופיוץ אוכלוסין. [אקולוגיה וסביבה](#), 3(3), 271-273.
- כהן, א., טוראל, י. וקפלן, מ. (2010). [תמ"א 35: ליווי, מעקב ועדכון, דו"ח שלב ג' . דו"ח למועצה הארצית לתכנון ולבנייה, מנהל התכנון, משרד הפנים](#).
- מנהל התכנון. (2016). [תמ"א 35- תכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה, לפיתוח ולשימור. הוראות התכנית - נוסח משולב \(לא סטטוטורי\)](#).
- מנהל התכנון, משרד הפנים. (2013). [תמ"א 35. ליווי, מעקב ועדכון. דו"ח שלב ד' 2](#).
- נתניהו, ס. (2017). [התפלת מי ים- חוסן, אתגרים וסיכונים. אקולוגיה וסביבה](#), 4, 38-47.
- רז-דרור, ע. וקוסט, נ. (2017). [התוכנית האסטרטגית לדויר לשנים 2017-2040](#). המועצה הלאומית לכלכלה, משרד ראש הממשלה.
- רשות המים. (ח.ת. א). [זיסכון במים](#). נדלה ביוני 2018 מתוך אתר רשות המים.
- רשות המים. (ח.ת. ב). [השבת קולחין ומים נחותים](#). נדלה ביוני 2018 מתוך אתר רשות המים.
- רשות המים (2016). [הנחיות לשימוש יעיל במים בסביבת הבית](#).
- רשות המים (2017). [צריכת המים לשנת 2016 - דוח מסכם](#).
- רשות המים (2017). [צריכת המים הכללית בשנת 2016 לפי מטרות צריכה \(באלפי מ"ק\)](#).
- CIA. (Central Intelligence Agency). (2018). [The World Factbook - Israel](#). Accessed on April 2018.
- OECD. (2016). [OECD Factbook 2015-2016: Economic, Environmental and Social Statistics](#). OECD Publishing, Paris.

Orenstein, D. E. (2004). Population growth and environmental impact: Ideology and academic discourse in Israel. *Population and Environment*, 26(1), 41-60.

United Nations. (2018). *Countries in the world by population (2018)*. United Nations Population Division. Accessed on April 2018.

כלכלה

המשרד להגנת הסביבה (ח.ת. א). [נתוני פסולת בישראל לשנת 2014](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה.

המשרד להגנת הסביבה (ח.ת. ב). [פסולת](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה.

בר זיו, ע. (2016). [החיה שבכביש תנצח](#). זווית סוכנות ידיעות למדע ולסביבה. נדלה ביולי 2018 מתוך אתר זווית.

גולן, מ. (2016). [הזינוק בצריכה הפרטית- עדות לרמת החיים הגבוהה](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר גלובס.

החברה הלאומית לדרכים. (2012). [קוטעו בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה](#). מדריך לאיתור קונפליקטים ולתכנון פתרונות.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2017). [ב-2016 הסתכמה הנסועה של כלי הרכב המנועיים בכ-57 מיליארד ק"מ, עלייה של 4.4% לעומת 2015 רכב פרטי נסע בממוצע כ-16,300 ק"מ בשנה](#). הודעה לתקשורת.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2017). [תוצר מקומי גולמי ושימושים במקורות, בשנים \(2016-1995\)](#).

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2018). [מדדי פדיון לכל ענפי הכלכלה \(הסיווג האחד 2011\) על פי נתוני מע"מ - אפריל 2018](#). הודעה לתקשורת.

המשרד להגנת הסביבה. (2017). [מרשם הפליטות לסביבה סיכום וניתוח דיווחי 2016](#).

יפת, א. (2018). [ועדת הרפורמות דנה בייבוא אישי: גדל בשנה החולפת ב-22% ל-2.9 מיליארד שקל](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר כלכליסט.

ברכה, ו. (2012). [מצגת לפרויקט תחזית קיימות לישראל 2030](#). המרכז למדיניות סביבתית, מכון ירושלים לחקר ישראל. המצגת הוצגה בכנס של המשרד להגנת הסביבה בכנס "קיימות אתמול היום ומחר" ב-21 למאי 2012.

רשות המים. (2011). [צריכת המים לשנת 2010 - דוח מסכם](#).

רשות המים. (2017). [צריכת המים לשנת 2016 - דוח מסכם](#).

רשות המים (2017). [צריכת המים הכללית בשנת 2016 לפי מטרת צריכה \(באלפי מ"ק\)](#).

רשות המים (2018). [סקר הפקת מים לשנת 2017](#).

Krupa, S., McGrath, M. T., Andersen, C. P., Booker, F. L., Burkey, K. O., Chappelka, A. H., ... & Zilinskas, B. A. (2001). Ambient ozone and plant health. *Plant Disease*, 85(1), 4-12.

World Bank. (2012). *Toward a Green, Clean, and Resilient World for All*. A World Bank Group Environment Strategy 2012 – 2022.

פוליטיקה, חברה וביטחון

אורן, ע. ורגב, ר. (2008). [ארץ בחאקי: קרקע וביטחון בישראל](#). ירושלים: כרמל.

אשכנזי, ר. (2004). [הגורמים המשפיעים על בחירת קנה המידה המרחבי בניהול שפכים חוצי גבולות \(עבודת תזה\)](#). ירושלים: המחלקה לגיאוגרפיה, הפקולטה למדעי החברה, האוניברסיטה העברית.

דותן, ר. ועוזרי, א. (2012). [ההשפעות האקולוגיות של הפזורה הבדואית בנגב](#). אקולוגיה וסביבה, 3(1), 105-106.

החברה להגנת הטבע. (2017). [דו"ח מעקב תקופתי, פעילות הוועדה הארצית לתכנון ולבנייה למתחמים מועדפים לדיור \(הוותמ"ל\)](#), במלאת שלוש שנים לאישור חוק הוותמ"ל, דוח מס' 3.

החלטת ממשלה 2699. (2002). [הסדרת ההתיישבות בחוות הכוודים בנגב ובגליל](#).

הכנסת. (2016). [הטיפול בשפכים ביהודה ושומרון](#). מרכז המחקר והמידע, הכנסת.

- הכנסת. (2017). הגנת הסביבה בצה"ל. מרכז המחקר והמידע, הכנסת.
- מאיר, י. (2015). כיצד יש לטפל במפגעים הסביבתיים הנגרמים מהמציאות הגאופוליטית ביהודה ושומרון? אקולוגיה וסביבה, 6(4), 339-341.
- מכון דש"א. (2002). מדיניות וכלים לשמירה על שטחים פתוחים, רקע להגדרת מדיניות. דו"ח ביניים מס' 1. משרד החקלאות ופיתוח הכפר. (2016). היבטים בהסדרת התיישבות הבדואים בנגב. דוח שנתי 66.
- משרד מבקר המדינה. (2004). הטיפול של צה"ל ושל משרד הביטחון בנושא השמירה על איכות הסביבה בצה"ל. דוח 55.
- משרד מבקר המדינה. (2017). זיהומי מים בין מדינת ישראל לשטחי יהודה, שומרון ורצועת עזה. דוח שנתי 67.
- ניומן, ד., (1984). ההתפתחות הפוליטית והמדינית של הישוב הקהילתי ביהודה ושומרון. אופקים בגאוגרפיה, 9-10, 37-44.
- סופר, א. (1992). המצפים בגליל עשור להקמתם. קרקע, 34, 24-29.
- פייטלסון ע. (2011). ביטחון, פיתוח בר-קיימא, תכנון וקרקע: כיווני חשיבה. מדור מיוחד: תכנון וביטחון. תכנון, 1(8), 162-171.
- צפרייר, ר. (2017). מחסומים על דרך הטבע. הארץ. נדלה ביולי 2018.
- קליאוט, נ. (2003). זיהום סביבתי חוצה גבולות ושיתוף פעולה חוצה גבולות בנושאי סביבה. דו"ח מוגש למועצה הלאומית לאיכות הסביבה, הוועדה לשיתוף פעולה אזורי.
- קרסין א. (2003). תפיסות סביבתיות בתכנון הארצי לאומי. קרקע, 56, 66-111.
- רותם, ד., ואלון, ע. (2012). ההשפעות האקולוגיות של הפזורה הבדואית בנגב. אקולוגיה וסביבה, 1(3), 105-106.
- רותם, ד. (2014). השפעת גידור על שטחים פתוחים, מדיניות והמלצות לפעולה. רט"ג.
- שמאי, ה. (2017). פסולת אלקטרונית בישראל - סקירה וניתוח משפטי של שוק הפסולת החשמלית והאלקטרונית וקושי גומלין בין השוק הפורמאלי והבלתי פורמאלי. הוכן ע"י אדם טבע ודין עבור אג"מ מכון הנגב.
- Feitelson, E. (1999). Social norms, rationales and policies: reframing farmland protection in Israel. *Journal of Rural Studies*, 15(4), 431-446.
- Feitelson, E., Felsenstein, D., Razin, E., & Stern, E. (2017). Assessing land use plan implementation: Bridging the performance-conformance divide. *Land Use Policy*, 61, 251-264.
- Jaffer, I. A. (2018). Bedouin-Arab people of the Negev: conditions and responses. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 16(4), 1-4.
- Newman, D. (1989). Civilian and military presence as strategies of territorial control: the Arab-Israel conflict. *Political Geography Quarterly*, 8(3), 215-227.

הידושים טכנולוגיים

- אבגר, ע. (2018). משק המים בישראל – סוגיות מרכזיות. מרכז המחקר והמידע, הכנסת.
- אורון, ג., מנור, מ., וארמון, ר. (2003). טפטוף טמון עם קולחין בגידולי שדה: מערכת כוללת להשבה מיטבית. היחידה למשאבי מים סביבה, המכון לחקר המדבר, אוניברסיטת בן גוריון.
- אלחנתי, ו. (2017). המהפכה הטכנולוגית בחקלאות. מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני. נדלה ביולי 2018 מתוך אתר משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- בנק ישראל. (2017). התפתחות משק החשמל בישראל – לקראת משק חשמל בר קיימא. חטיבת המחקר, בנק ישראל.
- בס ספקטור, ש. (2012). הוספת מגנזיום למים מותפלים. הכנסת, מרכז המחקר והמידע.
- גוטמן, מ., ויינבלט, מ., בייביקוב, ו., זבירין, י., פופסקו, ד. וטרטקובסקי, ל. (2008). הערכת יעילות ותקנונות ממירים קטליטיים בכלי רכב בניזון בארץ כתלות בסוג וגיל הממיר הקטליטי, נסועה, סוג הדלק, סוג המנוע וכו'. המעבדה למנועי שריפה פנימית, הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון.

החברה להגנת הטבע (ח.ת.). [התכנית להשבת מים לנחלים](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר החברה להגנת הטבע.

החלטת ממשלה 3866. (2018). [תוכנית אסטרטגית להתמודדות עם תקופות בצורת במשק המים בשנים 2018-2030](#). המשרד להגנת הסביבה (ח.ת.). [אמצעים טכנולוגיים להפחתת פליטות מכלי רכב](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה.

המשרד להגנת הסביבה (2016). [הקמת תשתיות צנרת בים – מדיניות המשרד להגנת הסביבה](#).

המשרד להגנת הסביבה (2018). ["דיזל ישן מקצר חיים" - אושרו בכנסת תקנות חדשות של המשרד להגנת הסביבה לצמצום זיהום האוויר מכלי-רכב ישנים המונעים בדיזל](#). נדלה ביוני 2018 מתוך חדשות והודעות לתקשורת באתר המשרד להגנת הסביבה.

המשרד להגנת הסביבה (2015). [טורבינות רוח: היבטים טכנוניים וסביבתיים](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה.

חברת החשמל לישראל (2011). [דין וחשבון סטטיסטי 2011](#).

סידון, י. (2018). [היעד: הפחתת 30% מזהום אוויר שמקורו בכלי רכב תוך שלוש שנים](#). נדלה ביולי 2018 מתוך כלכליסט.

טרצ'יצקי, ח. (2009). השימוש במים מותפלים: היבטים חקלאיים. [עלון הנוטע](#), 63, 659-658.

כהן, א., פיימן, ד., ישראלי, מ. וקולר, נ. (2016). [איסוף וטיפול בשפכים וניצול קולחים להשקיה חקלאית, סקר ארצי – 2014](#). רט"ג ורשות המים.

כהן, א., פיימן, ד., ישראלי, מ. וקולר, נ. (2016). [איסוף וטיפול בשפכים וניצול קולחים להשקיה חקלאית, סקר ארצי – 2014](#). רט"ג ורשות המים.

כץ, י. (2016). [מעשיו השטחים פתוחים](#). זווית סוכנות ידיעות למדע ולסביבה... נדלה באוקטובר 2018 מתוך אתר זווית.

מכון דש"א (2009). [אנרגיה מתחדשת והשמירה על השטחים הפתוחים והמגוון הביולוגי, מסמך עקרונות ראשוני](#).

משרד האנרגיה (2018). [משק הגז הטבעי, יתרונות השימוש בגז טבעי](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר משרד האנרגיה.

נתניהו ס. (2017). התפלת מי ים- חוסן, אתגרים וסיכונים. [אקולוגיה וסביבה](#), 8(4), 47-38.

נתניהו, ס. (עורכת). (2017). [דוח מצב הסביבה בישראל: נתונים/מדדים/מגמות](#). המשרד להגנת הסביבה, לשכת המדענית הראשית.

פסטרנק, ד. (2018). [האבולוציה של ההשקיה בטפטוף מנקודת מבט אישית](#). Fresh Agro Masav, 26-27 ביוני 2018.

פרואקטור, ג., כהן-גינת, ר., רוזן, א., ויינשטיין, א. ואלול, נ. (2016). [התכנית הלאומית ליישום הסכם פריז](#). המשרד להגנת הסביבה.

צלוק, מ. (2015). [טכנולוגיות חישה מרחוק ליישום בעבודת המשרד להגנת הסביבה - דו"ח המלצות ליישום](#). לשכת המדענית הראשית, המשרד להגנת הסביבה.

רשות החשמל (2016). [דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2016](#).

רשות המים (ח.ת. א). [התפלה](#). נדלה ביוני 2018 מתוך אתר רשות המים.

רשות המים (ח.ת. ב). [התפלה](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר רשות המים.

רשות המים (ח.ת. ג). [השבת קולחין ומים נזותים](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר רשות המים.

רשות המים, אגף תכנון. (2008). [תוכנית אב ארוכת טווח למשק המים](#). מתווה פעולה להגדרת משימות, התארגנות ומשאבים דרושים.

רשות המים (2013). [מחזירים לטבע אהבה ומים](#). רשות המים, רשות הטבע והגנים, מקורות.

רשות המים (2016). [צריכת המים לפי מטרות 1998-2016 \(מל"מ"ק\) ללא אספקה לשכנים](#).

רשות המים (2017). [צריכת המים הכללית בשנת 2016 לפי מטרות צריכה](#).

רשות המים. (2017). [סיכום פעילות הוועדה המייעצת למנהל רשות המים למתן צווי הרשאה להזרמה לנחלים שנת 2016](#). רשות המים, המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות.

רשות המים (2018). סקר הפקת מים לשנת 2017.

שורין, ר. ופפאי, ג. (2012). חשיבותו הסביבתית של מעבר משק החשמל לגז טבעי. *אקולוגיה וסביבה*, 3, 274-275.

שיינין, א., ברנע, א., אדליסט, ד., קלס, ק., גפן-גלזר, ע., היאמס, ל., פרלמן, י., יהל, ר., ואנגרט, ג. (2013). *דוח מצב הטבע בים התיכון, 2013* (עורך: שיינין, א.). ירושלים: המארג, בחסות האקדמיה הישראלית למדעים.

שיינין, א., וסונין, א. (2013). הדיג בישראל – עבר, הווה ואולי גם עתיד. בתוך: סטמבלר, ג. (עורכת). *הוד המים: יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל* (עמ' 223-238). ישראל: העמותה הישראלית למדעי הימים.

תהל. (2014). [דו"ח מסכם תוכנית אב לאספקת מים לטבע](#). הוגש לרשות המים.

Alvarez, R. A., Pacala, S. W., Winebrake, J. J., Chameides, W. L., & Hamburg, S. P. (2012). Greater focus needed on methane leakage from natural gas infrastructure. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (published ahead of print).

Avni, N., Eben-Chaime, M., & Oron, G. (2013). Optimizing desalinated sea water blending with other sources to meet magnesium requirements for potable and irrigation waters. *Water research*, 47(7), 2164-2176.

Carpenter, S. R., Mooney, H. A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R. S., Díaz, S., ... & Perrings, C. (2009). Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(5), 1305-1312.

Feitelson, E. (2005). Political economy of groundwater exploitation: the Israeli case. *International Journal of Water Resources Development*, 21(3), 413-423.

Krupa, S., McGrath, M. T., Andersen, C. P., Booker, F. L., Burkey, K. O., Chappelka, A. H., ... & Zilinskas, B. A. (2001). Ambient ozone and plant health. *Plant Disease*, 85(1), 4-12.

Lee, K. & Neff, J. (2011). *Produced Water*. Springer.

McCauley, R. D., Fewtrell, J., Duncan, A. J., Jenner, C., Jenner, M. N., Penrose, J. D., ... & McCabe, K. (2000). Marine seismic surveys—a study of environmental implications. *The APPEA Journal*, 40(1), 692-708.

Negev, M., Sagy, G., Garb, Y., Salzberg, A., & Tal, A. (2008). Evaluating the environmental literacy of Israeli elementary and high school students. *The Journal of Environmental Education*, 39(2), 3-20.

OECD. (2010). *OECD Review of Agricultural Policies: Israel 2010, OECD Review of Agricultural Policies*. OECD Publishing, Paris.

OECD. (2018). [Municipal waste \(indicator\)](#). Accessed on 15 October 2018.

מודעות ואחריות סביבתית בקרב הציבור

אסף בן נריה (2017). [מפרקים את המים](#). זווית סוכנות ידיעות למדע ולסביבה. נדלה ב-15/10/2018 מתוך אתר זווית.

משרד הבריאות (2018). [פסולת תרופתית ביתית](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר משרד הבריאות.

החברה להגנת הטבע. (2017). דו"ח מעקב תקופתי, פעילות הוועדה הארצית לתכנון ולבנייה למתחמים מועדפים לדיור (הוותמ"ל), במלאת שלוש שנים לאישור חוק הוותמ"ל, דוח מס' 3.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2014). סטטיסטיקל 152. איכות הסביבה, נתונים מתוך הסקר החברתי 2014.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2015). הכנסה והוצאה חודשית לתצרוכת בעשירונים של משקי בית, לפי הכנסה כספית נטו לנפש סטנדרטית.

משרד החינוך. (2016). חוזר מנכ"ל 6.2. טיולים ופעילות חוץ בית ספרית.

פירסט, ב. (2018). ירוקים זועקים- סיפורו של האקטיביזם הסביבתי בישראל. הוצאת רסלינג.

קוטלר, צ. (2017). [פח האשפה של ההיסטוריה: תעשיית המיחזור בישראל קורסת](#). נדלה ביולי 2018 מתוך אתר גלובס.

[חוק לקידום הבנייה במתחמים מועדפים לגיור \(הוראת שעה\), התשע"ד](#). (2014).

[הוראות התוכנית, תמל/1012, מורדות רמות](#). (2016).

רשות הטבע והגנים. (2016). הנדון: התנגדות רשות הטבע והגנים לתכנית 1012-תמ"ל מורדות רמות.

OECD. (2016). [Municipal waste](#).