

# שירותים מיובאים - השימוש של תושבי ישראל בשירותי מערכות אקולוגיות מרחבי העולם – הפרק המלא

מחבר מוביל: מידד קיסינגר

מחברים תורמים: דור פרידמן, ענבר שטוטמן, שירה דיקלר, ענבל זמיר פליווטיקל

## תוכן עניינים

1.	רקע ומטרות הפרק.....	2
2.	ניתוח מצב ומגמות בתלות בשירותי אספקה מחוץ לישראל.....	5
3.	ניתוח השימוש במערכות אקולוגיות באזורים שונים בעולם.....	9
4.	ניתוח התשתית הביו-פיזית הנחוצה לאספקת הביומסה למדינת ישראל.....	12
4.1.	השטח הנדרש לאספקה.....	12
4.1.1.	יבוא דגנים לישראל.....	13
4.1.2.	ייצור ואספקת בשר והתלות בשירותים מהעולם.....	15
4.2.	המים הנדרשים לאספקה.....	17
5.	השפעת צריכת שירותי האספקה על אזורי הייצור שלהם.....	19
6.	שירות וויסות – מערכות יער כבסיס לאצירת פחמן וויסות אקלים.....	25
7.	דיון וסיכום.....	27
8.	פערי ידע.....	29
9.	רשימת מקורות.....	30

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: קיסינגר, מ' (עורך). (2018). שירותים מיובאים – הפרק המלא.

## 1. רקע ומטרות הפרק

בסוף שנות ה-50 ותחילת שנות ה-60 של המאה הקודמת שררה בצורת במדינת ישראל. לוי אשכול אשר שימש באותם ימים כשר האוצר, ידוע כמי שאמר את הדברים הבאים כתגובה לפניית יועציו בעניין בצורת: "... בצורת? בנגב? לרגע נבהלתי וחשבתי שמדובר [בצורת] בארצות הברית...". אשכול שלא עסק בענייני הערכת שירותי המערכת האקולוגית, הביע במשפט זה את השינוי שחל בעידן המודרני בתלות האנושית בתוצרי שירותי המערכות האקולוגיות של כדור הארץ.

לאורך רוב ההיסטוריה היו תלויות חברות אנושיות ברחבי העולם כמעט באופן בלעדי בכמות ובאיכות של שירותי המערכות האקולוגיות שמסביבן ובעיקר לשירותי האספקה שלהן. אלה השפיעו על גודל האוכלוסייה, עיצבו את אורחות חייה, ואת אופן התפתחותה החברתית תרבותית. הצורך להתמודד עם אירועים קיצוניים כדוגמת תקופות בצורת, הביאו קבוצות שונות ברחבי העולם לנדוד לאזורים בהם המערכת האקולוגית יכולה הייתה לספק את צרכיהן בתוצרי שירותי האספקה.

ההתפתחות האנושית אפשרה לבני אדם שני נתיבים מרכזיים להגברת כושר הנשיאה (התלוי בממדי אספקת מוצרי שירותי האספקה של המערכות האקולוגיות) של אזור מסוים והתמודדות עם שינויים באספקה זו- פיתוח טכנולוגיה ומסחר. הטכנולוגיה אפשרה ועדיין מאפשרת לחברות שונות לעשות שימוש יעיל יותר במשאבים שבהם השימוש בעבר היה מוגבל או לא קיים (לדוגמא: פיתוח זנים חקלאיים, טכנולוגיות השקיה ועוד, הגדילו את ממדי שרות האספקה של המערכות האקולוגיות). המסחר היווה לאורך כל ההיסטוריה האנושית מרכיב משלים להתבססות על שירותי האספקה של המערכת המקומית, כאשר גם הטכנולוגיה לא הצליחה להדביק את קצב הצריכה של האוכלוסייה הגדלה וכמקור למוצרי שירותי אספקה שלא ניתן היה לקבל ממקורות מקומיים (לדוגמא: ייבוא ארזים מלבנון ו/או תבלינים ממזרח אסיה). במהלך העשורים האחרונים, ככל שתהליכי הגלובליזציה והמסחר הבין לאומי הלכו והתפתחו, נוצר ניתוק בין החיים האנושיים באזור מסוים והתפתחות החברתית כלכלית לבין מיקום אספקת שירותי המערכת, ובעיקר שירותי האספקה, בהם הוא תלוי. ציטוטו של אשכול משקף שינוי זה, כבר אין צורך לנדוד, ניתן לסחור.

אולם לצד היתרונות של תהליך השינוי הנ"ל חשוב להבין גם את המשמעויות המורכבות של תהליך זה. במאה ה-21 אנו חיים בכפר (קטן) גלובלי. בניגוד לעבר בו עיקר התלות וההשפעה הייתה על שירותים מקומיים, בעידן הנוכחי אנו תלויים במגוון שירותים של מערכות אקולוגיות מעבר לים המפוזרות על פני כדור הארץ כולו. אחת המשמעויות של מצב זה הינה שבעידן בו אנו חיים הקיום והרווחה של כל חברה אנושית באזורים שונים על פני כדור הארץ תלויה ומשפיעה על קיימותה של אספקת שירותי מערכת ממערכות אקולוגיות שבאזורים אחרים מהם היא מקבלת מגוון שירותים – אספקה, וויסות ותרבות (Kolener 2011, al et Kissinger). (Liu et al 2007; 2011).

בעוד עיקר פרויקט זה בוחן היבטים שונים של מצב שירותי המערכת בתחומי מדינת ישראל, מטרתו של פרק זה הינה להציג ולבחון זווית שונה לאמידת התלות של החברה בישראל בשירותי מערכות אקולוגיות- 'שירותי המערכת המיובאים'. פרק זה מציג ניתוח ראשוני של מגוון תוצרי שירותים המסופקים לאזרחי מדינת ישראל על ידי מערכות הנמצאות ברחבי העולם. השימוש במגוון שירותים אלו מהווה את אחד הגורמים המרכזיים המאפשרים למדינת ישראל לשגשג בסביבה בה האספקה של שירותי מערכת שונים בתחום גבולותיה המדיניים מצומצמים ואינם מאפשרים ככל הנראה את היקף גודל האוכלוסייה וממדי הביקוש בהווה. הבנת מרכיב זה בשירותי המערכת יכולה להדגיש את הצורך לחשוב כיצד ניתן לקחת בחשבון לא רק את מצב השירותים המקומיים בהם אנו תלויים אלא גם שירותים רבים אחרים אשר בעידן בו אנו חיים הפכו להיות חלק בלתי נפרד מחיינו. פרק זה משתמש במונח 'ייבוא

שירותי אספקה' על מנת להתייחס למוצרים הביולוגיים המסופקים על ידי מערכות אקולוגיות שונות ברחבי העולם. בפועל מדינת ישראל אינה מייבאת שירות אלא את המוצר שמספקות המערכות באשר הן.

העניין בבחינת וניתוח ייבוא שירותי מערכת נמצא בתחילת דרכו בעולם ובישראל בפרט. המחקר שנערך בתחום עדיין מוגבל וכולל מרכיבים מסוימים בלבד. פרק זה מתמקד בעיקר בשירותי אספקה ובשרות וויסות האקלים הגלובלי. שירותי וויסות נוספים ו/או שירותי תרבות מהם נהנים אזרחי מדינת ישראל ואשר מסופקים ע"י מערכות אקולוגיות בחו"ל אינם נכללים בפרק זה. כמו כן הדגש בפרק זה הינו בעיקר על תוצרי שירותי האספקה ופחות בהשלכות שהנגשת התוצר למשתמש ו/או פעילויות להגברת הפקתו יוצרות על המערכות האקולוגיות באשר הן. בשלב ראשון מציג הפרק את נפח היבוא של מגוון מוצרי שירותי האספקה למדינת ישראל ומנתח את מידת התלות של מדינת ישראל בזרימת מוצרים זו מרחבי העולם. לאחר מכן בוחן הפרק את המרכיבים והסוגים השונים של מוצרי שירותי האספקה בהם מהווה התלות במערכות העולמיות חלק משמעותי. כחלק מתת פרק זה ניתן למצוא התייחסות ספציפית לנושא ייבוא דגנים ובשר. חלק זה של הפרק אף מציג הן את הצריכה הישירה והן חלק מכמות המשאבים הנוספים הדרושים לתהליכי הייצור של שירותי האספקה (כגון קרקע פורייה ושימוש במים). חלקו השני של הפרק מציג ניסיון לחבר בין זרימת תוצרי שירותי האספקה שהוצגה בחלק הראשון לבין חלק מהמשמעויות הסביבתיות באזורי האספקה השונים ברחבי העולם. לסיום חלקו השלישי של הפרק מתייחס לתלות בשירותי וויסות באזורים שונים של העולם. מתוך מגוון שירותים אלו מתייחס הפרק בעיקר לשטחי יער לאצירה של גזי החממה הנפלטים לאטמוספירה הגלובלית כתוצאה מפעילות אזרחיה וכלכלת מדינת ישראל.

## **מסגרת 1: שיטות לניטור וכימות שרותי אספקה וויסות מיובאים**

פרק זה עושה שימוש במגוון שיטות אשר פותחו במהלך השנים האחרונות ונועדו לאפשר הערכת מרכיבים ביו-פיזיים שונים בהם עושה שימוש הגוף הנחקר (במקרה זה מדינת ישראל). ניתוח הממצאים יאפשר הערכה של כמות ועוצמת התלות של מדינת ישראל בתוצרי שירותי מערכת מרחבי העולם.

**ניתוח זרימת חומרים (Materials Flow Analysis)** הינה גישה להערכת כמות החומר והאנרגיה הגלומה בפעילות כלכלית של יחידה נחקרת – עיר, אזור, מדינה – במשך זמן ומרחב מוגדרים (Bringezu and Moll, 1997; EUROSTAT, 2001). מטרת גישה זו הינה לאפשר אספקת מידע על זרימת חומרי גלם ומוצרים, ומתן אינדיקציה ראשונית על היקף ההשפעה הסביבתית של צריכת החומרים ומקורות האנרגיה על ידי הישות הנחקרת (Brunner and Rechberger, 2004). השיטה מאפשרת הפרדה בין חומרי גלם ומוצרים אשר מקורם בתחומי הישות הנחקרת לבין אלו המיובאים. שיטה זו הלכה והתפתחה במהלך השנים האחרונות בתחומים שונים כגון – הנדסה, כלכלה, ניהול משאבי טבע וניהול פסולת. עד היום נערכו מגוון רחב של מחקרים בעזרת כלי זה בקנה המידע המקומי והבינלאומי (Wolman, 1965; Adriaanse et al., 1997; Bringezu et al., 1998).

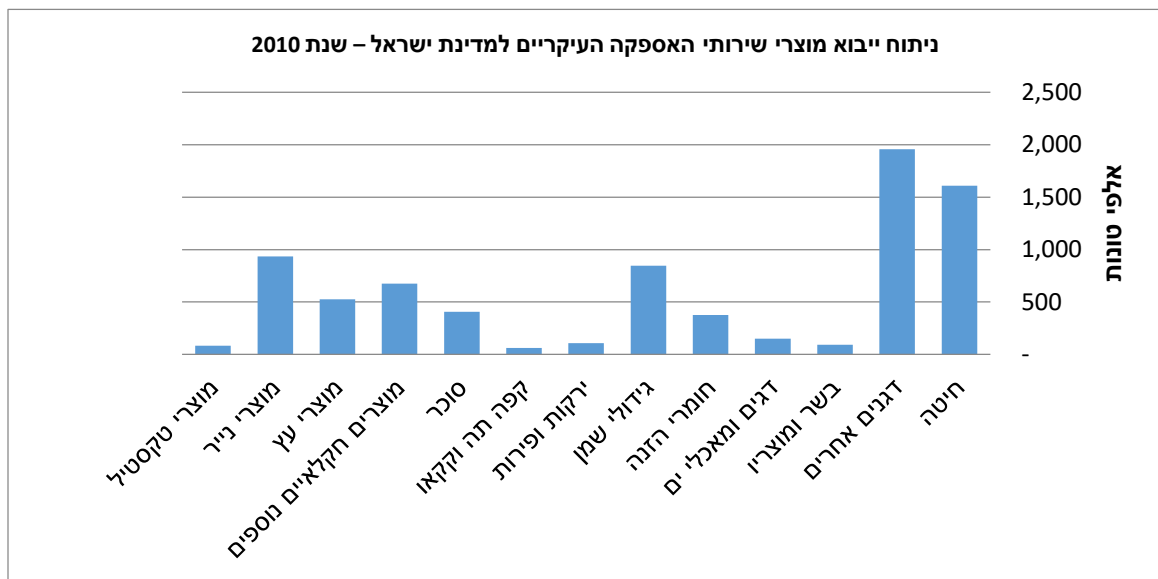
**'מדרך קרקעי' (Land Footprint)** אמידת סך שטח הקרקע הנדרש לצורך ייצור מגוון שירותי אספקה עבור אוכלוסייה ו/או פעילות מסוימת בהינתן הטכנולוגיה הרווחת ואופן ניהול המשאבים. החלוקה הרווחת בשימוש במדד זה הינה לשטח מעובד לייצור קלאי, שטחי מרעה, שטח מיושב (שטח בנוי), ושטחי יער לאספקת מוצרי עץ.

**"מדרך מימי" (Water Footprint)** הוא מדד לשימוש במים מתוקים, המבוסס על מדידת תשומות ישירות וגלומות של כמויות מים. תוצר החישוב הוא נפח המים המתוקים המשמשים לייצור מוצר מסוים, במשך כל שלבי תהליך הייצור, תוך התייחסות למקור המים וכן סיווג על פי סוג זיהום, מקום וזמן. הגישה מציעה נקודת מבט רחבה על הדרך בה הצרכן או היצרן מתייחסים לשימוש במערכת המים המתוקים (Hoekstra et al., 2009).

**"ניתוח מחזור חיים" (Life Cycle Assessment)** הוא כלי האומד את תשומות החומרים והאנרגיה ומגוון השלכות סביבתיות לאורך השלבים השונים בחיי מוצר, משלב הפקתו ועד סיום חייו (ISO 1997). מדידה זו מאפשרת את ההבנה והאפיון של מגוון והיקף ההשפעות הסביבתיות בכל אחד מהשלבים במחזור החיים של מוצר או תהליך. עם התוצאות מניתוח זה ניתן לשים את הדגש על השלבים הבעייתיים יותר במחזור החיי (Berg and Udo de haes et al., 1999; Lindholm, 2005; Notarnicola et al., 2017). גישה זו מכירה בכך שמוצרים שונים בהם אנו עושים שימוש הינם תוצר של חומרי גלם, שירותי מערכת, ופעילות כלכלית לא רק בנקודת הצריכה אלא לאורך חיי המוצר באשר הוא.

## 2. ניתוח מצב ומגמות בתלות בשירותי אספקה מחוץ לישראל

ניתוח של פעילות החברה הישראלית, בדומה לחברות אחרות, מצביע על שימוש במגוון תוצרים של שירותי אספקה הכוללים בין היתר אספקת מגוון גידולים חקלאיים ממערכות חקלאיות, מרעית ממערכות טבעיות, ואספקת ביומסה ("עצה") ממערכות יער. לשימוש בשירותים אלו תועלות רבות הכוללות אספקת מזון וחומרי גלם המהווים חלק מרכזי בקיום האדם ותורמים לרווחתו. חלק מהשירותים הללו מקומיים, אולם רובם מגיעים ממקורות שונים ברחבי העולם. איור 1 מציג את מגוון מוצרי שירותי האספקה המיובאים לישראל בהם מתמקד פרק זה כפי שעולים ממחקר ניתוח זרימת החומרים (MFA) שנערך לצורך כתיבת פרק זה (זמיר, 2016). מקורות הנתונים לניתוח זה כללו בין היתר את ארגון המזון והחקלאות העולמי – FAO (FAOSTAF, 2014), נתוני המסחר של האגף הסטטיסטי של האו"ם – UNCOMTRADE (UNCOMTRADE, 2014), נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (הלמ"ס, 2014) ועוד שורה של מקורות.

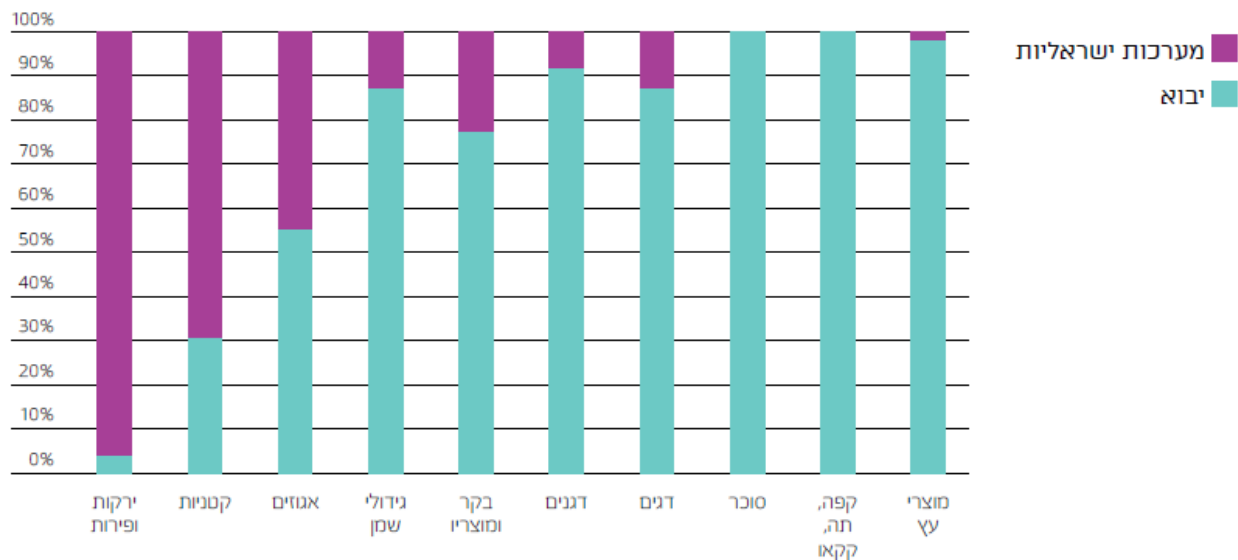


איור 1 : ניתוח ייבוא מוצרי שירותי האספקה העיקריים למדינת ישראל – שנת 2010.

כפי שעולה מאיור 1, המסה העיקרית של שירותים אלו קשורה בייבוא דגנים, מגוון גידולי שמן, סוכר, ומוצרי עץ ונייר. נכון לשנת 2010 צרכו אזרחי מדינת ישראל מגוון מוצרים של שירותי אספקה שונים בהיקף שלמעלה מ-10 מיליון טונות (או כ-1,300 ק"ג לאדם בממוצע). ניתוח ההיבט המרחבי של שירותי אספקה אלו בין מקורות מקומיים ומיובאים נערך במסגרת המחקר הנ"ל ומוצג בהמשך פרק זה, מצביע על כך שלמעלה מ-80% מכלל המוצרים הביולוגיים של שירותי האספקה בהם נעשה שימוש במדינת ישראל מיובא מרחבי העולם (נוסף על כך סדר גודל של כמיליון טונות תוצרים מקומיים שיוצאו ממדינת ישראל לעולם).

איור 2 מציג ניתוח של החלק היחסי של התבססות על מוצרים שמקורם מחוץ לגבולות מדינת ישראל. מהתרשים עולה כי אספקה של למעלה מ-60% מכמות (טונות) מוצרי המזון, כ-80% ממוצרי הכותנה, וכלל מוצרי העץ (והנייר) הנצרכים במדינת ישראל מיובאים. עוד עולה מהתרשים כי בעוד שמצד אחד תלויה מדינת ישראל בייבוא מוצרים בסיסיים שונים של שירותי אספקה כגון דגנים וגידולי שמן, ואף במוצרים כגון קפה, תה וסוכר, גידולים אחרים כגון ירקות ופירות מתבססים בעיקר על המערכת המקומית.

אולם גם כאן יש לזכור מרכיב נוסף אשר כמעט ואינו זוכה להתייחסות במסגרת פרק זה, מאחר והוא חורג ממסגרת העיסוק בשירותי המערכת האקולוגית, אשר בהגדרתה כוללת תהליכים או מוצרים המתחדשים בסקלת זמן אקולוגית- התלות במקורות אנרגיה פוסיליים. היכולת לגדל את עיקר הירקות והפירות בישראל בהיקפים הנוכחיים תלויה בין היתר (מעבר לתנאים הביו-פיזיים, ההון האנושי וזה שנוצר בידי בני אדם בתחום בדמות טכנולוגיה מפותחת) באנרגיה ישירה למיכון, ועקיפה לייצור חומרי דישון והדברה, מקורות שעיקרם עד היום אינו מקומי.

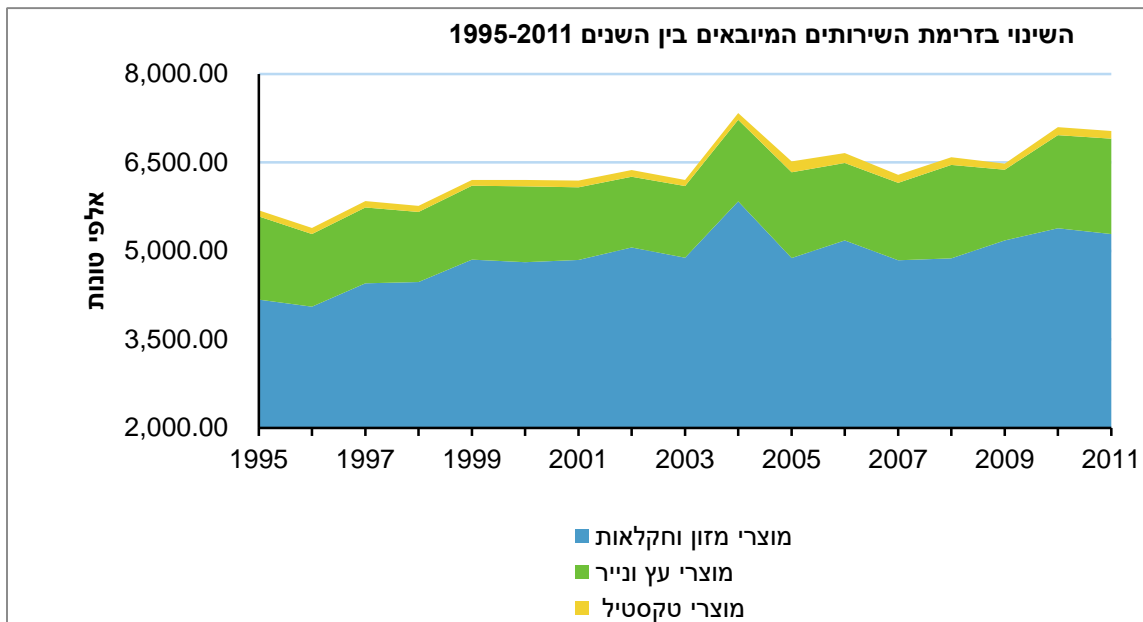


איור 2: תוצרי שירותי אספקה נבחרים והיחס (% מסך המשקל) בין אספקה ממערכות מקומיות (סגול) לבין יבוא ממערכות אקולוגיות מחוץ לישראל (תכלת). (FAO, 2018)

עוד עולה מהאיור כי סוגיית הבשר מורכבת אף היא, בעוד עיקר בשר הבקר מיובא לישראל ומתבסס על מערכות מרעה מעבר לים (ראו תת פרק בנושא בהמשך פרק זה), עיקר הבשר הנצרך כיום בישראל הינו עוף, אשר כמעט כולו מגיע ממקורות מקומיים. אולם, גם כאן המקרה מורכב יותר – העופות עצמם גדלים בלולים ולא במערכות חקלאיות, אך גם מזונן של העופות לא מסופק על ידי המערכות החקלאיות של ישראל ומכאן שהיכולת לגידול מקומי זה מבוסס בין היתר על דגנים וחומרי הזנה נוספים אשר מיובאים, בלעדיהם הייצור המקומי לא יכול היה להתקיים. אם כך חלק משמעותי מהייצור המקומי תלוי אף הוא בשירותי מערכת מיובאים המשלימים תהליך זה.

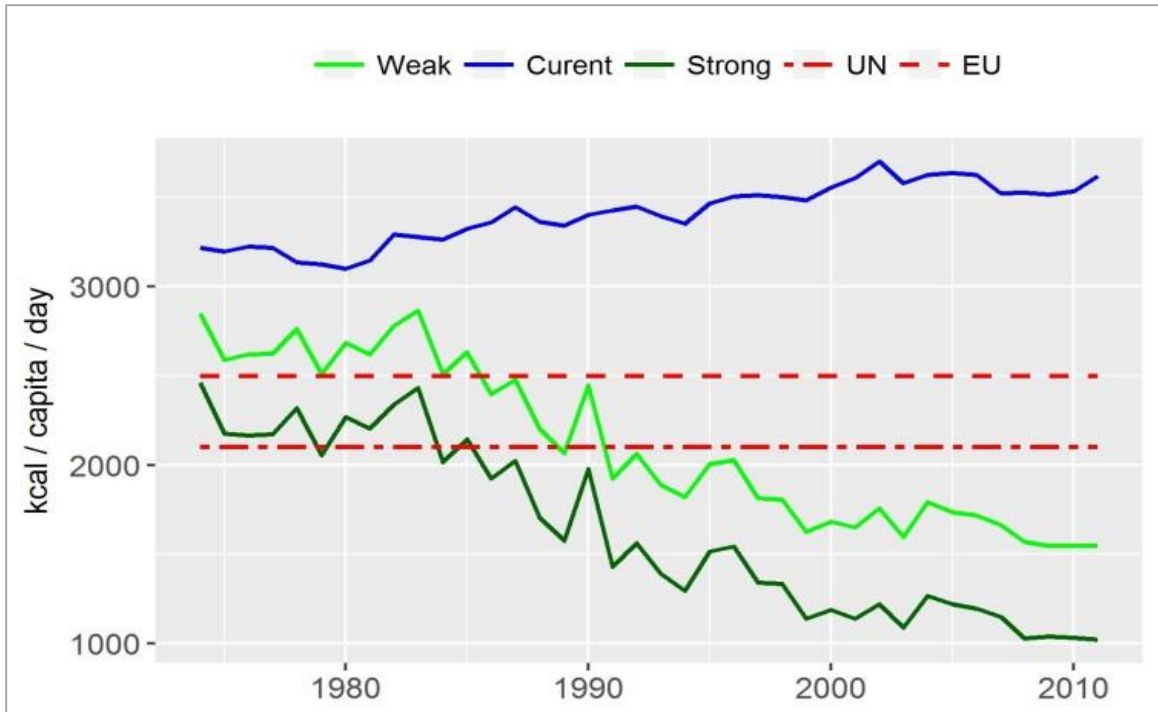
מגוון תהליכים חברתיים כלכליים בקנה המידה המקומי והגלובלי משפיעים על ממדי שירותי האספקה בכלל ואלו המבוססים על מערכות אקולוגיות מחוץ לגבולות המדינה. במהלך העשורים האחרונים המשיכה לגדול אוכלוסיית מדינת ישראל הן כתוצאה מריבוי טבעי והן מהגירה לארץ. במקביל, השתלבותה של מדינת ישראל בכלכלה הגלובלית והתגברות תהליכי הגלובליזציה בכלל הביאו להגדלת הייבוא של מוצרים שונים. השינוי במערכת הכלכלית הישראלית והמשך הצמיחה הכלכלית אשר אפיינה את העשורים האחרונים הביאו אף להתגברות הצריכה לאדם. השילוב של התהליכים הנ"ל גרם בין היתר להגדלת הייבוא של מגוון מוצרי שירותי אספקה מרחבי העולם במהלך העשורים האחרונים. איור 3 מציג את השינוי שחל בייבוא כלל מוצרי שירותי האספקה למדינת

ישראל בשני העשורים האחרונים הן ממערכות חקלאיות והן ממערכות יער. מהתרשים עולה כי סך כמות הביומסה המיובאת למדינת ישראל הלכה וגדלה במהלך התקופה הנ"ל מחמישה וחצי מיליון טונות למעל שבעה מיליון.



איור 3: השינוי בזרימת השירותים המיובאים בין השנים 1995-2011.

מחקר שהסתיים לאחרונה (Shtutman, 2017) בחן את השינוי שחל באספקת מזון ממערכות חקלאיות מקומיות בישראל לאורך למעלה מ-4 עשורים מאז שנות ה-70 של המאה ה-20. המחקר מציג שתי גישות לאמידת היקף האספקה ממערכות מקומיות, המקומיות החלשה (Weak) והמקומיות החזקה (Strong). הראשונה מתייחסת לאספקה המקומית ללא התייחסות לצורך באספקת 'תוצרים משלימים' המיובאים ממערכות חקלאיות מעבר לים כגון דגנים להזנת בעלי חיים הגדלים בארץ ונחשבים תוצרת מקומית. השנייה בוחנת כמה ניתן היה לגדל על בסיס המערכות המקומיות בלבד. תרשים 4 מציג סיכום של התהליך הנ"ל לאורך תקופת המחקר תוך השוואה לאספקה הקלורית בפועל לאדם אשר הלכה וגדלה לאורך השנים כתוצאה מהתהליכים החברתיים כלכליים שתוארו לעיל. היכולת להגדיל את האספקה הקלורית לאדם לאורך התקופה לצד הירידה באספקה מהמערכות המקומיות מתבססת על עליה בייבוא כפי שהוצגה בתרשים הקודם. עוד עולה מאיור 4 כי האספקה המקומית כיום נמצאת מתחת לסף המינימום הדרוש לאספקה קלורית היומית לאדם על פי נתוני האו"ם והאיחוד האירופאי.



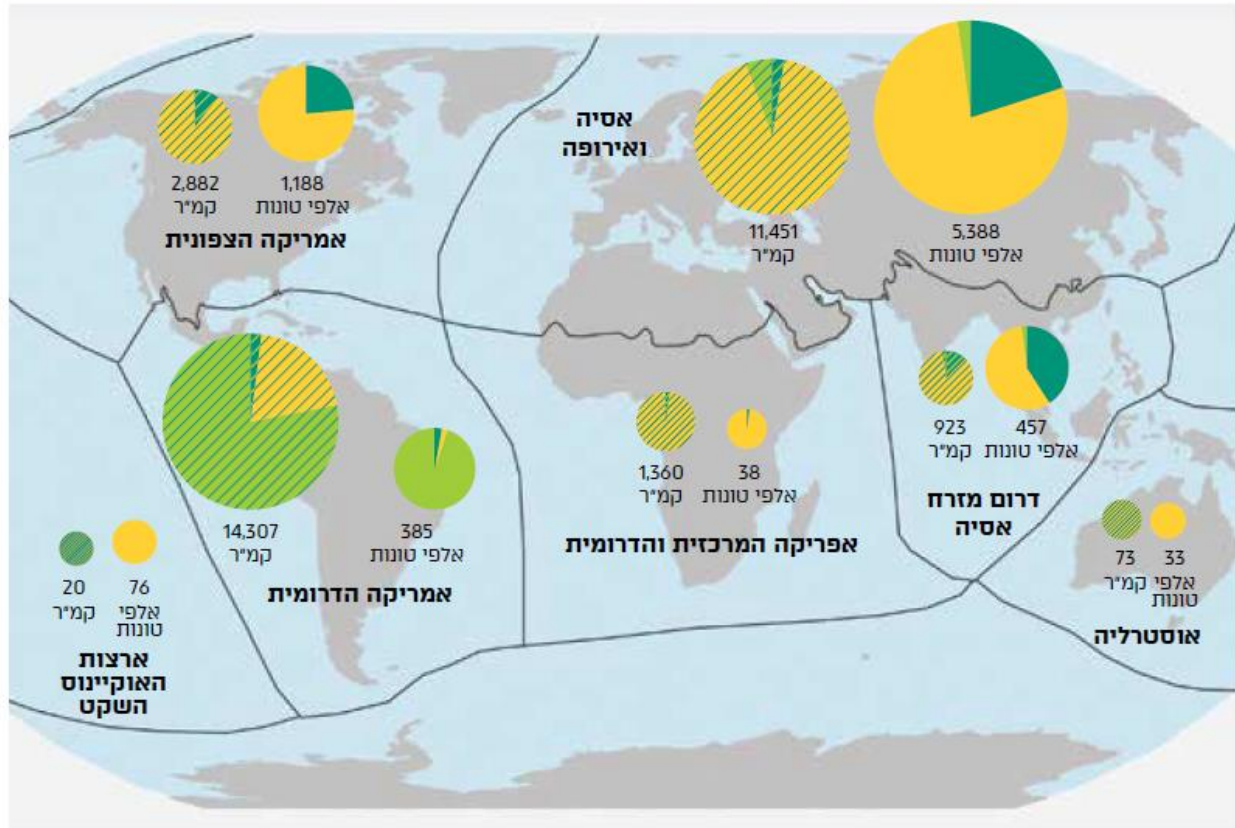
איור 4: אספקת המזון מהמערכות החקלאיות של ישראל (קילו-קלוריות לאדם ליום) (קויים ירוקים) לצד הצריכה הכוללת של אדם בישראל (קו כחול).



### 3. ניתוח השימוש במערכות אקולוגיות באזורים שונים בעולם

לאחר הצגת סך התלות של החברה הישראלית בתועלות משירותי אספקה של מערכות אקולוגיות מרחבי העולם והתמקדות במוצרים ספציפיים ובמגמות אשר התרחשו בזרימת מוצרי שירותי האספקה השונים במהלך העשורים האחרונים, מתמקד חלק זה של הפרק באיתור מיקומן וזהותן של המערכות האקולוגיות שמספקות את השירותים הללו. ניתוח מרחבי של מיקום מערכות אלה בהן תלויה החברה הישראלית, תוך התייחסות למקורות אספקה ספציפיים, יכול לתרום בשני מישורים: האחד, זיהוי הקשר בין צריכת שירותים בישראל לבין לחץ על המערכות המספקות שירותים אלה באשר הן ועל יכולתן להמשיך ולספק שירותים בעתיד, והשני קשור בהבנת הקשר שבין קיום ושגשוג החברה הישראלית ובין הקיימות של המערכות האקולוגיות הללו, שאינן בישראל.

אזור 5 מציג את היקף יבוא המוצרים מאזורים ביו-גאוגרפיים שונים ברחבי העולם. טבלה 1 בהמשך, מציגה את הייבוא של מגוון מוצרי שירותי האספקה (טונות לשנה) למדינת ישראל מאזורים שונים ברחבי העולם. מהטבלה עולה כי אירופה וצפון אמריקה מהוות את שני האזורים העיקריים מהם מייבאת ישראל שירותי אספקה. מהטבלה עולה כי המרכיב העיקרי הנו דגנים המיובאים מאירופה (בעיקר ממזרח היבשת) ומצפון אמריקה (בעיקר מצפון מרכז ארה"ב). עץ ומוצריו המיובאים מאירופה ומצפון אמריקה מהווים גם כן נתח משמעותי מסך זרימת החומרים. הכמות הלא מבוטלת של קפה, תה, קקאו וסוכר אשר מוצגת בטבלה כמיובאת מיבשת אירופה אינה במקור שירות של המערכות האקולוגיות האירופאיות אלא יובאה ממערכות באזורים טרופיים שונים באסיה, אפריקה, מרכז ודרום אמריקה. החלוקה למקורות האספקה השונים נובעת ממגוון גורמים סביבתיים-אקולוגיים, גאו-פוליטיים וכלכליים. אזורים שונים מתאימים לגידול גידולים מסוימים הן מבחינת תנאי האקלים, סוגי הקרקע, זמינות השטח ועוד. מערכות חקלאיות ושימוש במערכות יער ומרעה לצרכי גידול מזון והפקת חומרי גלם הינה אף תוצאה של סוג המערכת הכלכלית באזורים השונים והאופן שבו היא מכוונת פעילות כלכלית מסוגים שונים (לדוגמא פיתוח תעשיית מוצרי עץ ו/או קידום גידולים מסוגים שונים). לצד התנאים הטבעיים והכלכליים, הגורם הגאו-פוליטי משפיע גם כן על מקורות אספקת מוצרי המערכות. גורם זה בא לידי ביטוי בהסכמים בין מדינות ובשיקולי בטחון מזון לאומי לגבי גידולים מרכזיים כגון דגנים.



שטח נדרש לייצור  
(קמ"ר)

כמות תוצר  
(אלפי טונות)



מזון ממערכות מרעה



מזון ממערכות חקלאיות



מוצרי נייר ועץ ממערכות יער

איור 5: כמות תוצר (בטונות) ושטח נדרש (בקמ"ר) לייצור של תוצרי שירותי אספקה (מזון ממערכות חקלאיות ומערכות מרעה ומוצרי נייר ועץ ממערכות יער) שיובאו לישראל בשנת 2010, לפי אזורים ביו-גיאוגרפיים (FAO, 2018).

טבלה 1: יבוא מגוון מוצרים של שירותי אספקה (טונות לשנה, 2010) מאזורים שונים בעולם.

אוקייניה	אמריקה הדרומית	אמריקה הצפונית	אפריקה	אירופה	אסיה	
אלפי טונות בשנה (שנת 2010)						<b>תוצרי שירות האספקה</b>
18	32	443	0	2762	188	<b>דגנים</b>
0	80	235	6	366	158	<b>גידולי שמן</b>
0	5	8	0	7	6	<b>קטניות</b>
0	6	23	6	33	30	<b>ירקות ופירות</b>
0	113	3	4	322	21	<b>קפה, תה, קקאו וסוכר</b>
1	58	6	0	27	3	<b>מוצרים מן החי (בשר בקר)</b>
1	72	369	6	897	188	<b>עץ ומוצריו</b>
0	0	2	0	4	27	<b>מוצרי טקסטיל</b>
113	19	107	16	835	73	<b>אחר</b>
<b>133</b>	<b>385</b>	<b>1,196</b>	<b>38</b>	<b>5,253</b>	<b>694</b>	<b>סה"כ</b>

## 4. ניתוח התשתית הביו-פיזית הנחוצה לאספקת הביומסה למדינת ישראל

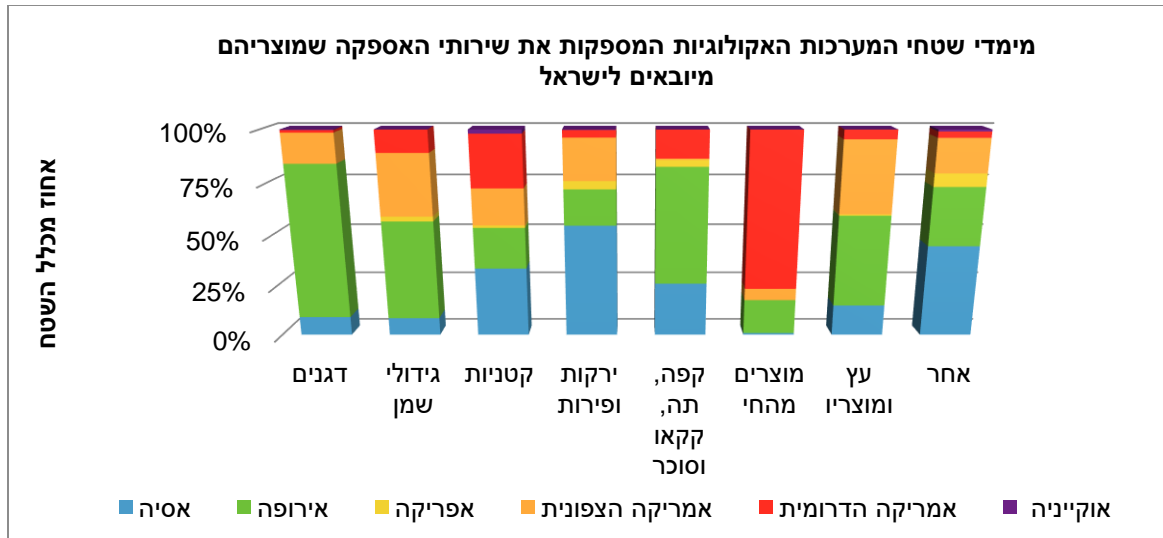
על מנת לספק את מגוון מוצרי השירותים המיובאים למדינת ישראל, אשר הוצגו עד כה, יש צורך במגוון תנאים ביו-פיזיים (וכמובן תנאים חברתיים כלכליים) בכל אחד מאזורי הייצור, כגון – קרקע פורייה, מים, תנאי אקלים מתאימים, מגוון ביולוגי ועוד – כל מרכיב ביו-פיזי בפני עצמו, והשילוב של כולם, מהווים את התשתית לאספקת שירות מערכת תומך המאפשר את הפקת שירות האספקה אשר נצרך בסופו של התהליך על ידי אזרחי מדינת ישראל (ואזרחי העולם כולו). לאופן והיקף השימוש בתשתית זו משמעות גדולה לעצם קיימות המערכת – הן ההשפעות ארוכות הטווח על מרכיבים שונים של המערכת האקולוגית (לדוגמה שינויים במגוון הביולוגי, ו/או הגברת תהליכי שינוי האקלים הגלובליים) והן ההשפעות אשר עלולות להיות על יכולת המערכת להמשיך ולספק את שירותי האספקה לצרכנים ברחבי העולם. תת פרק זה בוחן שני מרכיבים בתשתית ביו-פיזית זו, שטח הקרקע של המערכות האקולוגיות וכמות המים בה נעשה שימוש ביצירת הביומסה המיובאת למדינת ישראל.

חישוב 'המדרך הקרקעי' ומדרך המים' (ראו מסגרת 1 לעיל) כלל בחינת מקורות היבוא העיקריים, בשילוב עם נתונים לגבי תפוקה ליחידת קרקע ותשומות מים באזורים שונים. לצורך כך נעשה שימוש במספר מקורות כגון ארגון המזון והחקלאות העולמי (FAO), נתוני משרד החקלאות האמריקאי (USDA) והלשכה המרכזית לסטטיסטיקה של האיחוד האירופאי (EUROSTAT) בשילוב עם מידע ממספר מחקרים אשר בחנו את ניתוח מחזור החיים (LCA) של מוצרים שונים.

### 4.1 השטח הנדרש לאספקה

נכון לשנת 2010 היה צורך בשטח בהיקף של כ-31,000 קמ"ר ברחבי העולם לספק את הביקוש לייבוא ביומסה למדינת ישראל (שטח גדול משטחה הכולל של מדינת ישראל). שטח זה כולל את המערכות החקלאיות הנחוץ לגידול מוצרי מזון ומוצרי טקסטיל מכותנה בהיקף של למעלה מ-18,000 קמ"ר, שטח מרעה לגידול בקר המיובא לישראל בהיקף של כ-12,000 קמ"ר, ושטח יער לחומרי גלם למוצרי עץ ונייר המיובאים בהיקף של כ-1,000 קמ"ר. מפה 1 מציגה ניתוח של השטח הנחוץ בכל אחד מאזורי האספקה העיקריים למדינת ישראל. כפי שעולה ממפה זו, עיקר השטח נמצא בדרום אמריקה ואחר כך באירופה. להבדיל ממשקל הביומסה (טבלה 1) המיובאת בעיקר מיבשת אירופה. ההבדל נובע בעיקר מסוג המוצרים ומערכת הייצור (בשילוב עם גורמים כלכליים חברתיים שונים) בכל אחד ממקורות האספקה.

איור 6 מציג את סוג וחלוקת שטחי המערכות האקולוגיות באזורים השונים המספקים את שירותי אספקת מוצרים המיובאים לישראל.



איור 6: מימדי שטחי המערכות האקולוגיות המספקות את שירותי האספקה שמוצריהם מיובאים לישראל.

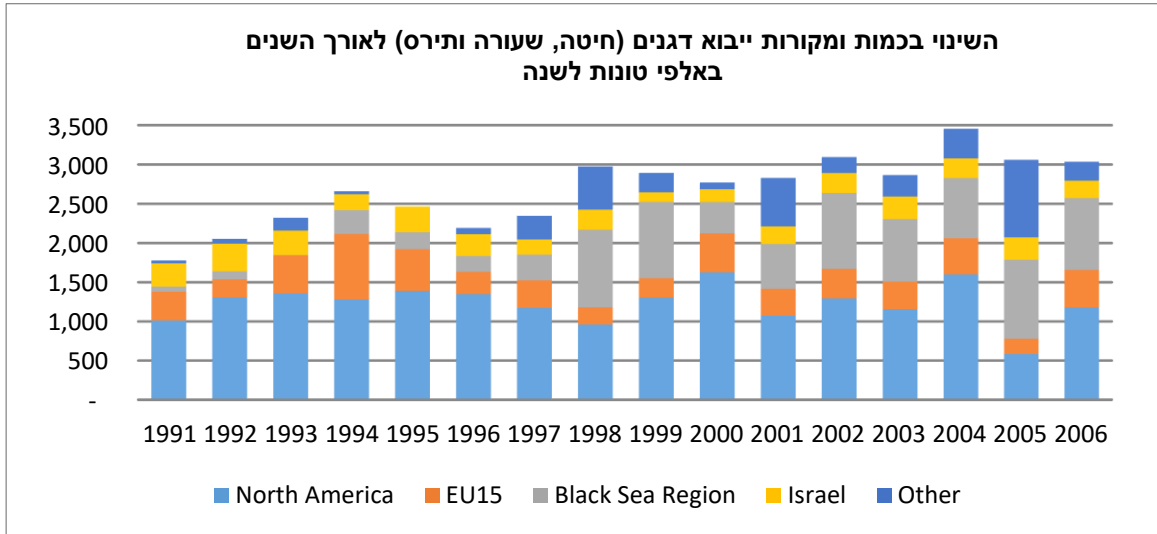
בהמשך תת פרק זה מוצגים שני מקרי בוחן של מוצרי אספקה בסיסיים – דגנים ובשר בקר. המשותף לשני מוצרים אלו הוא מידת התלות הגבוהה של מדינת ישראל בשירותים מעבר לים.

#### 4.1.1. יבוא דגנים לישראל

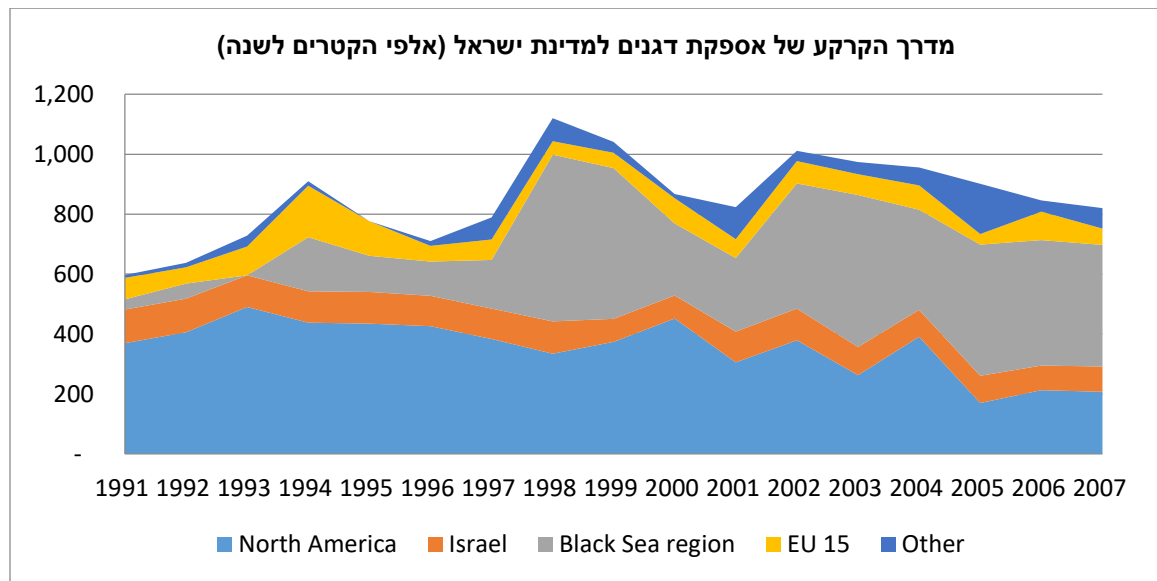
צריכת דגנים מהווה בסיס לתזונה של רוב אוכלוסיית העולם. חיטה, שעורה, תירס, אורז ועוד נצרכים בכמות הולכת וגדלה בכל רחבי העולם וכן במדינת ישראל. צריכת הדגנים מתחלקת לצריכה ישירה ועקיפה. הצריכה הישירה - כמעט כל סוגי הדגנים נצרכים לאחר תהליך עיבוד כלשהו ובצורה שונה מצורת הגידול החקלאי (כקמח, לחם, פסטה ועוד). רק חלק מהדגנים נצרכים בצורתם המקורית (כגון תירס או אורז). הצריכה העקיפה – חלק משמעותי מאספקת הדגנים של מדינות שונות מיועד להאכלת בעלי חיים לצורך הפקת בשר וחלב (ראו התייחסות לעניין בתת פרק 4.1.2. ייצור ואספקת בשר והתלות בשירותים מהעולם). במדינת ישראל כ-60% מאספקת הדגנים מיועדת להאכלת בעלי חיים (פרות לבקר וחלב, תרנגולות וצאן).

עיקר הדגנים הנצרכים במדינת ישראל מיובאים (כ-95%). במחקר אשר בחן את טביעת הרגל הקרקעית והפחמנית של צריכת דגנים בישראל (Kissinger and Gotlieb, 2010) חושבו תשומות הקרקע, האנרגיה ופליטות גזי החממה הגלומים במחזור החיים של אספקת חיטה, שעורה ותירס למדינת ישראל בין השנים 1991-2006 הן מהמערכות החקלאיות בישראל והן ממערכות חקלאיות ברחבי העולם. המחקר אמד את סך גודל השטח הנחוץ באזורים שונים לצורך אספקת הדגנים. עד תחילת שנות ה-90 של המאה הקודמת היוותה ארה"ב את המקור העיקרי לאספקה זו. שינוי בהסכמים בין המדינות, נפילת ברית המועצות ופתיחת הגוש המזרחי, לצד צמצום מסוים במעורבותה של המדינה בניהול והכוונת אספקת הדגנים שינה את מקורות האספקה, גיוון אותם והשפיע על גודל טביעת הרגל. כפי שעולה מאיור 7, אם בתחילת התקופה הנחקרת עיקר הדגנים הגיעו מארה"ב במהלך התקופה נכנס לתמונה אזור הים השחור (אוקראינה, רוסיה) ואף מדינות האיחוד האירופאי. שני אזורים אלו מהווים אזורים גידול מרכזיים בגלל התאמתם הטבעית (זמינות שטח ומים, סוגי קרקע ועוד) ופיתוחם לאורך השנים כאזורי גידול.

גיוון זה במקורות האספקה (שינוי בתפוקה ליחידת קרקע ובכמות תשומות הייצור) והמרחק הקטן יחסית, שינה במידה מסוימת את אופי טביעת הרגל של צריכת דגנים בישראל. כפי שעולה מאיור 8, למרות המשך העלייה בביקוש לדגנים מרחבי העולם, טביעת הרגל הגיעה לשיא בסוף שנות ה-90 והצטמצמה באופן יחס מאז.



איור 7: השינוי בכמות ומקורות ייבוא דגנים (חיטה, שעורה ותירס) לאורך השנים - אלפי טונות לשנה.



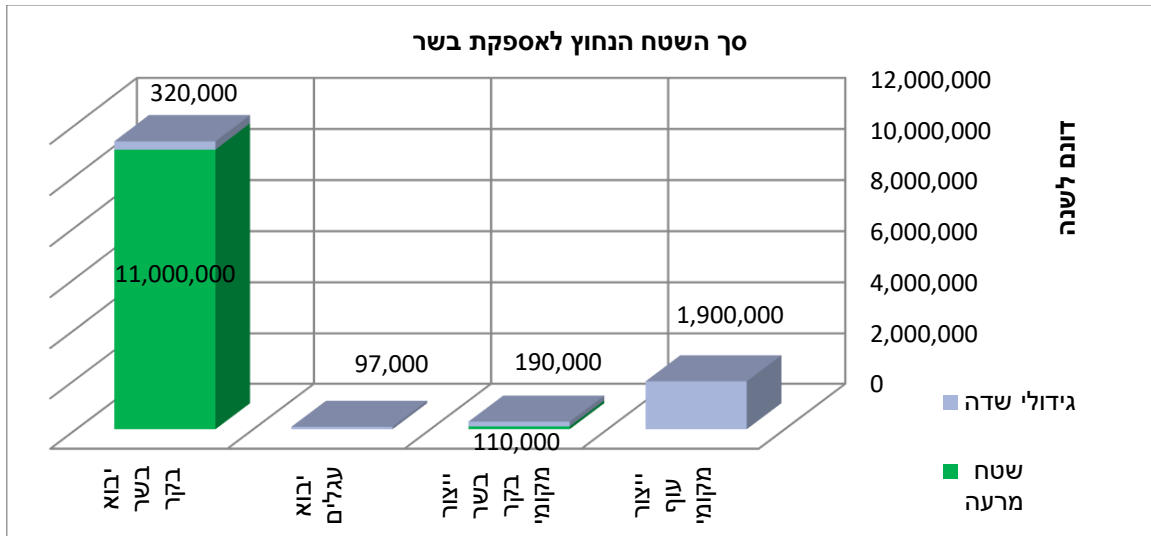
איור 8: מדרך הקרקע של אספקת דגנים למדינת ישראל (אלפי הקטרים לשנה).

#### 4.1.2. ייצור ואספקת בשר והתלות בשירותים מהעולם

תעשיית הבשר העולמית תלויה בכמויות משמעותיות של שירותי אספקה ומפעילה לחץ על שירותי הוויסות של המערכות האקולוגיות השונות. ההשפעה של מערכת הבשר ומוצרים מהחי בכלל על הסביבה זוכה להתייחסות הולכת וגדלה בשורה של מחקרים ודוחות בינלאומיים ואף בקידום מדיניות בתחום.

בעוד מדינות שונות מתבססות על שירותי מערכת אקולוגית מקומיים על מנת לספק מוצר זה, חלקה של האספקה ממקורות מיובאים הולך וגדל. המקרה הישראלי מעניין במיוחד, לאור העובדה שמגוון התנאים הפיזיים המקומיים (כגון כמויות שטחי קרקע, מקורות מים, ותנאי האקלים הדרושים) בשילוב עם גורמים אנושיים (כגון גידול אוכלוסין, הגברת ביקושים ושיקולים כלכליים), מגבילה את פוטנציאל ייצור המזון ממקורות מקומיים בכלל וייצור בשר בפרט. כתוצאה מכך, כיום עיקר בשר הבקר הנצרך במדינת ישראל מבוסס על ייבוא בשר, בעלי חיים, וגרעינים להאכלת בעלי חיים מלמעלה מ-20 מדינות ברחבי העולם. חלק מייבוא גרעינים זה נועד אף להזנת בעלי חיים נוספים כגון עופות ופרות לחלב אשר עיקר תוצרתן מופקת בתחומי מדינת ישראל, כך שבפועל חלק משמעותי מאספקת מוצרים מהחי תלוי בצורה ישירה ו/או עקיפה במוצרים מיובאים.

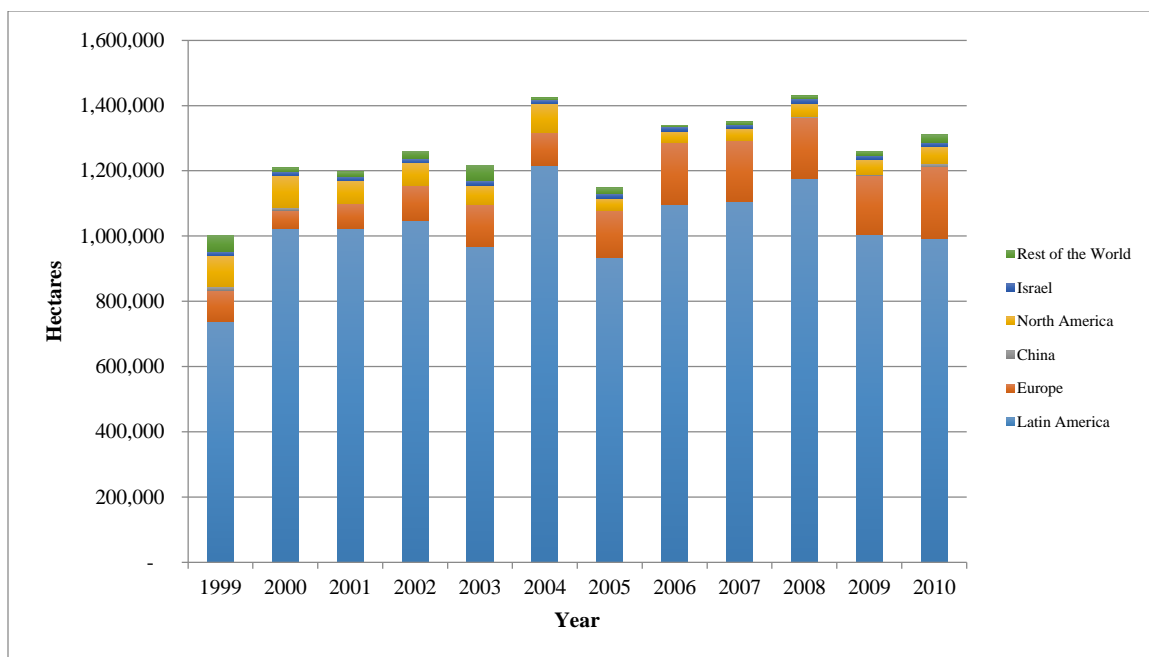
מחקר אשר הסתיים לאחרונה (Dickler and Kissinger, 2015; Kissinger and Dickler, 2016) בחן וניתח לא רק את התהליכים המתרחשים בישראל, אלא את מערכת אספקת הבשר כולה המבוססת על שירותי מערכת ברחבי העולם. המחקר אמד באמצעות גישת ניתוח מחזור חיים (LCA) שורה של תשומות ופליטות הקשורות באספקת בשר למדינת ישראל לאורך עשור כגון: משאבי הקרקע, מים והיקף פליטות גזי החממה הקשורים בצריכת בשר בקר ועוף. מאיור 9 עולה כי עיקר השטח המספק בשר בקר לישראל הוא של שטחי מרעה שמתפקדים במידה רבה כמערכות אקולוגיות טבעיות, בדרגות שונות של ניהול על ידי האדם. כמו כן ניתן לראות בתרשים כי חלק קטן בלבד מאספקת בשר הבקר לאוכלוסיית ישראל הוא משטחי המרעה שבמערכות בתחומי מדינת ישראל, שאחד משירותי האספקה שלהן הוא אספקת מרעית, היינו צמחי מזון הבקר הרועה בהם. שעור קטן ביותר של בשר הבקר המסופק לאוכלוסייה מקורו בשטחי מערכות חקלאיות, בין אם אלה מייצרות גידולי מספוא ("גידולי שדה") או מייצרות קש מגידולי דגניים להזנת בקר המיועד לבשר, כאשר מיעוטם של השטחים האלה הם בישראל (איור 9- תחת הכותרת ייצור בשר בקר מקומי). גידול עופות כאמור מבוסס ברובו על גרעינים מיובאים אשר שטחם הכולל עומד על קרוב לשני מיליון דונם של המערכות החקלאיות של ישראל בשנה.



איור 9: סך השטח הנחוץ לאספקת בשר.

כפי שעולה מאיור 9, עיקר שטח המערכות האקולוגיות המספק את שירותי האספקה של מזון לבקר מדרום אמריקה בייבוא בשר בקר (בעיקר מברזיל וארגנטינה) הוא של מערכות טבעיות המשמשות למרעה בקר, ומערכות יער שהותמרו באמצעות כריתה למערכות מרעה גם הן במהלך העשורים האחרונים. מדינת ישראל מייבאת בשר בקר (ועגלים לפיטום ושהיטה בארץ) גם מאירופה, אולם מערכת הייצור האירופאית אינטנסיבית יותר ועושה שימוש בשירותי אספקה נוספים מלבד מרעה כגון גרעינים וגידולים נוספים להאכלת בעלי חיים (הגידולים הנ"ל נלקחו בחשבון הן בהערכת הכמויות והן בחישוב השטח הנחוץ לאספקת הבשר). השינוי בהיקף השטח בו נעשה שימוש, המופיע באיור 10, נובע הן משינוי בביקוש לאורך השנים והן משינוי במקורות האספקה ומעבר בין סוגי מערכת ייצור שונים באזורים שונים.





איור 10: השינוי בשטח המערכות האקולוגיות בעולם המספקות שירותי אספקת מרעית לבקר.

## 4.2 המים הנדרשים לאספקה

אספקת מים היא אחד משרותי האספקה של המערכות האקולוגיות של מים מתוקים (ובישראל – מערכות המים הפנים-ארציות). אספקה התלויה בשרות וויסות מחזור המים המבוצע של ידי המערכות האקולוגיות היבשתיות. אספקת המים חשובה בעיקר להפקת שרות אספקת המזון של המערכות החקלאיות, שכן מי הגשמים המומטרים ישירות על המערכות החקלאיות בכל האזורים היבשניים של כדור הארץ, כולל רוב שטחי ישראל, אינם מספיקים לתמוך בממדי אספקת המזון המצופה על ידי האדם ממערכות אלה. בחינה של כמות המים 'המיובאים', היינו 'המים הוירטואליים', (סך המים שנדרשו לתפקודי שרות אספקת המזון המצופה על ידי האדם ממערכות אלה. בחינה ובעיקר החקלאיות שמחוץ לישראל) מרחבי העולם, מלמדת שהאקלים והמערכות האקולוגיות של ישראל לא מספיקים לתמיכה בשרות אספקת המזון של המערכות האקולוגיות של ישראל כך שיוכלו לספק את צרכי המזון של תושבי המדינה.

הערכים המוצגים בתת פרק זה מבוססים על סדרה של נתוני 'רשת המדרך המימי' (Water footprint network) המופיעים בשורה של כתבי עת מדעיים ומסמכי מדיניות (Mekonnen & Hoekstra 2014). בממוצע (בין השנים 1995-2006) כ-82% מהמים בהם נעשה שימוש לצורך אספקת הביקוש של מדינת ישראל הייתה גלומה בייבוא. כמות מים 'וירטואליים' אלו המיובאים למדינת ישראל עומדת על כ-10 מיליארד קוב בשנה. כפי שעולה מטבלה 2 חלק משמעותי מתוך המדרך המימי של מדינת ישראל קשור בייבוא של דגנים, בשר ומספר גידולי שמן. היבט נוסף שיש לקחת בחשבון (אם כי מעבר למסגרת פרק זה) הוא המים הגלומים בייצוא מישראל למדינות העולם. מנקודת המבט המוצגת בפרק זה מדובר על ייצוא שירות מערכת של מדינת ישראל אל מדינות שונות. ייצוא זה בשנים שחונות ולאורך תקופה ארוכה הינו בעל השפעה על מצב המערכות המימיות בתחומי מדינת ישראל.

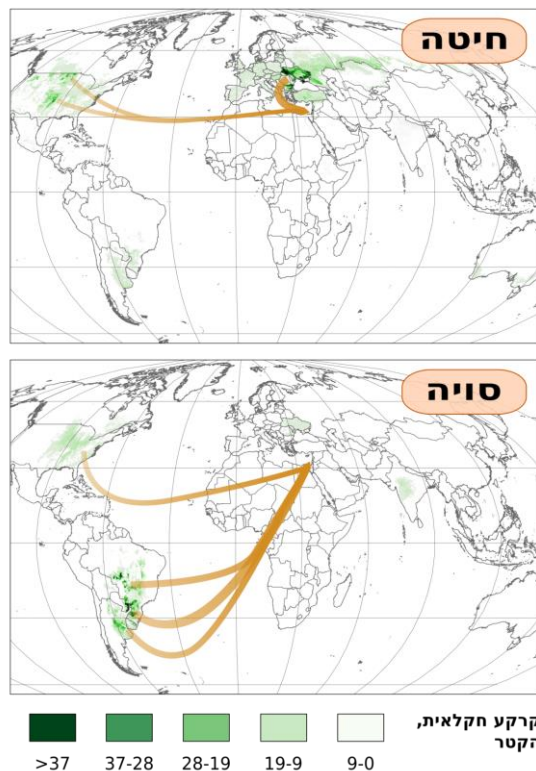
טבלה 2: המדרך המימי של אספקת מוצרים נבחרים למדינת ישראל.

סה"כ מים 'וירטואליים' באלפי מ"ק (שנת 2010)	כמות המים הגלומה לטון (מ"ק לטון)		% הייבוא מסך הצריכה (שנת 2010)	סה"כ אספקה לצריכה בישראל (טונות לשנת 2010)	תוצר שירות אספקה
	גידול / ייצור בישראל	ייבוא (ממוצע גלובלי)			
2,971,000	2,100	1,600	95%- 90%	1,823,000	חיטה
193,500	-	2,150	100%	90,000	אורז
1,804,500	27,500	15,000	77%	120,300	בשר בקר
59,220	150	220	9%	378,000	תפוחי אדמה
1,018,000	-	2,100	100%	485,000	פולי סויה
549,100	-	19,000	100%	28,900	קפה
12,500	140	220	4%	87,000	בצלים

## 5. השפעת צריכת שירותי האספקה על אזורי הייצור שלהם

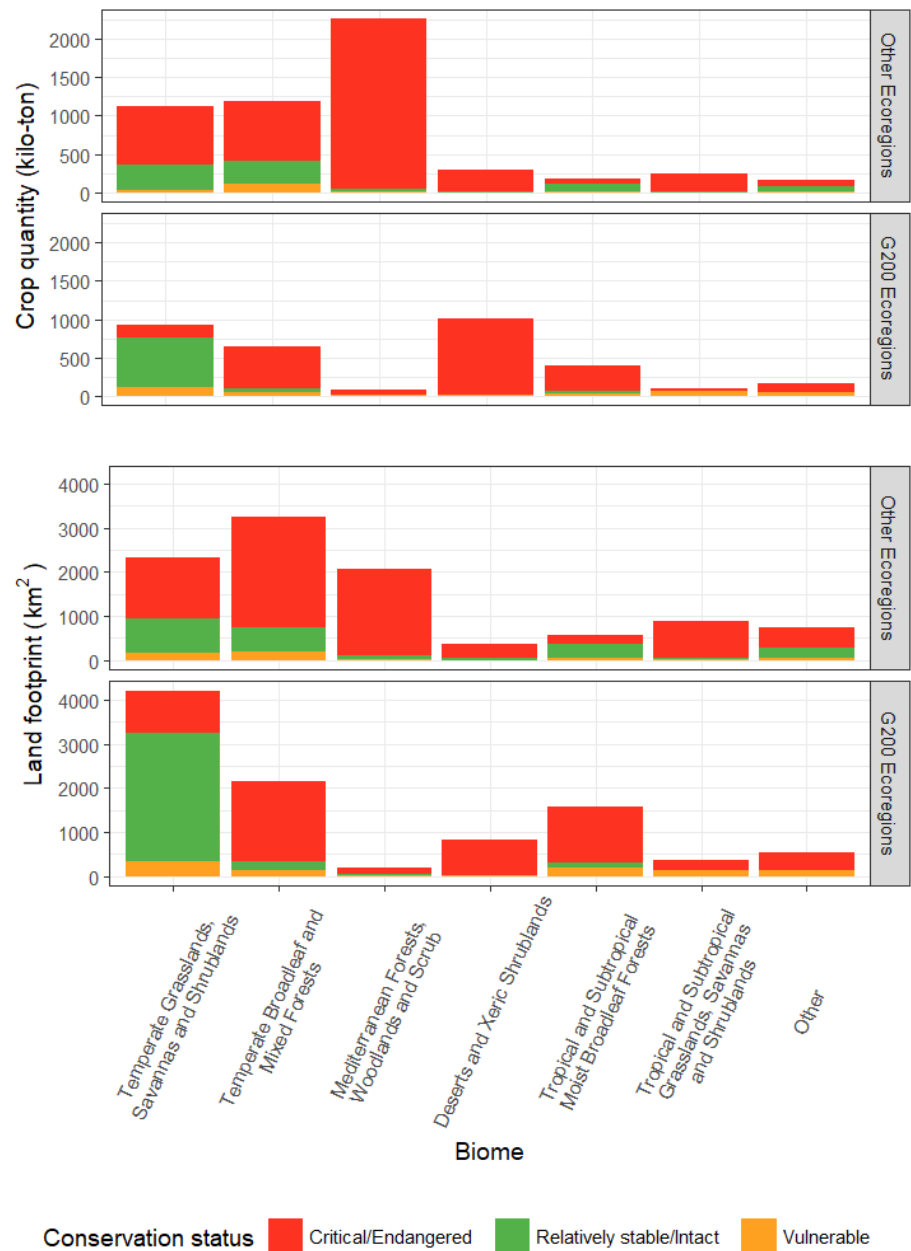
פרק זה התמקד עד כה בהצגת היקף השימוש / התלות בתוצרי שירותי האספקה המיובאים ללא התייחסות להשלכות על המערכות האקולוגיות באזורי האספקה השונים. להסבת (התמרת) מערכות טבעיות (כגון מערכות יער) לשימושים חקלאיים שונים, ולאופן השימוש (סוג הגידולים, רמת האינטנסיביות, כמות המים ועוד) באזורים שונים השלכות מגוונות על המגוון הביולוגי המקומי ועל תפקוד המערכות האקולוגיות. תת פרק זה מציג התייחסות ראשונית לחיבור שבין ייבוא תוצרי שירותי האספקה מאזורים שונים לרמת הרגישות והתפקוד של המערכת באזורים השונים. תת פרק זה מבוסס על מחקר בנושא שהתפרסם לאחרונה בכתב העת Ecosystem Services (Fridman and Kissinger, 2018) ועל מספר מחקרים נוספים אשר מהווים חלק ממחקר רחב יותר בנושא, ומתמקדים בייבוא של ארבעה מוצרים מרכזיים – חיטה, תירס, סויה ואורז.

בעוד ניתוח מקורות האספקה ברמה הלאומית כפי שהוצג בחלקים הראשונים של פרק זה, יכול לתרום להבנת התלות במדינות שונות, על מנת שניתן יהיה לבחון את הקשר בין ייבוא תוצרי שירותי אספקה למצב המערכות הטבעיות באזורי הגידול יש צורך להבין ברמת דיוק גבוהה עד כמה שניתן את אזורי הגידול במדינות השונות. איור 11 מציג את פריסת ייבוא החיטה והסויה לישראל מאזורי גידול שונים ברחבי העולם. ניתן לראות בבירור את האזורים הספציפיים בצפון אמריקה (רצועת החיטה) ואזורים בסביבת הים השחור אשר מהם מייבאת ישראל את עיקר החיטה ואזורים במרכז ודרום ברזיל ובצפון ארגנטינה מהם מגיעה לישראל עיקר הסויה.



איור 11: אזורי גידול החיטה והסויה המיובאות לישראל.

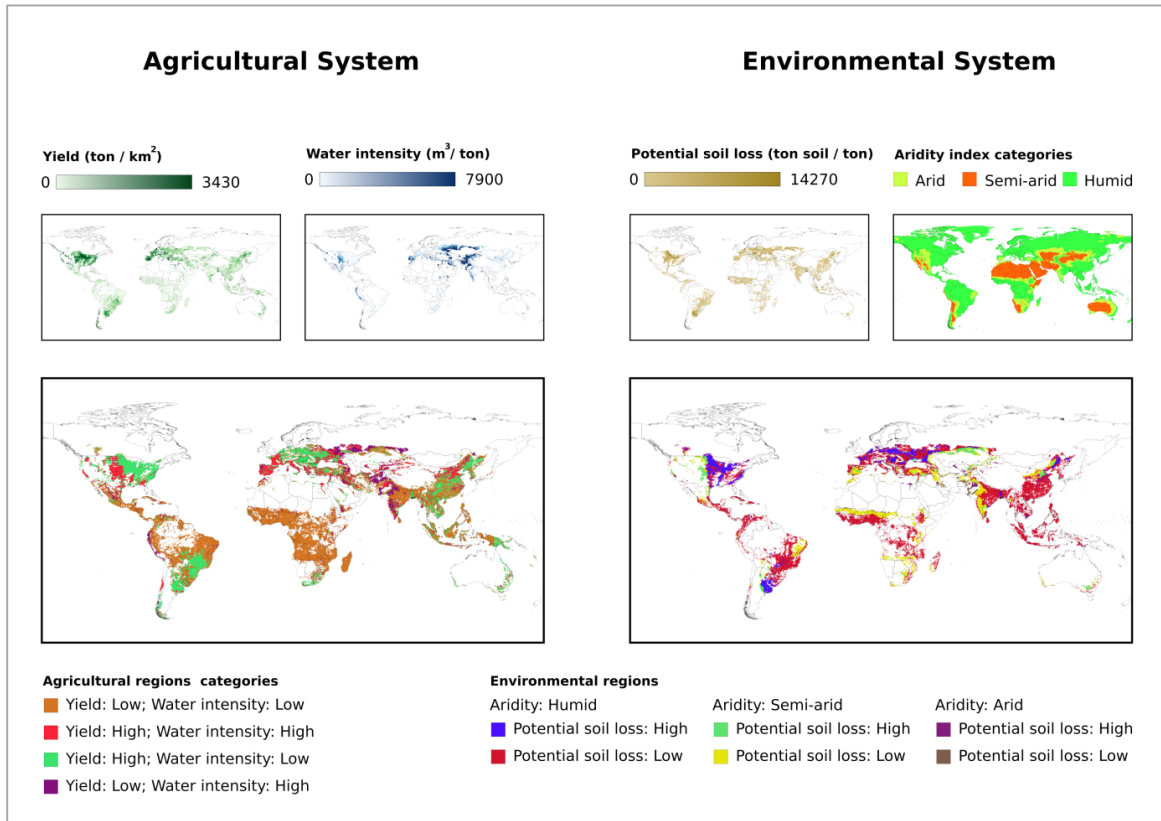
בהמשך, לאחר זיהוי מקורות האספקה במדינות השונות מציג איור 12 את ממדי אספקת המזון לישראל ואת השטח הגלום בה לפי סוג הביומה (האזור האקולוגי המוגדר כגון – יער טרופי, ערבות ועוד), וכן את מצבה של המערכת האקולוגית הטבעית המספקת שירות זה. המעבר משיוך אזורי האספקה מרמת הגבולות הפוליטיים לאזורים טבעיים מאפשר לבחון את מידת התלות וההשפעה של ייבוא שירותים מאזורים שונים לסוג המערכת האקולוגית ממנה מגיעה האספקה ועליה היא משפיעה. למשל: יבוא המתבסס על שטח נרחב מהערבות שנמצאות באקלים ממוזג (כמו: הערבה האירו-אסייתית), מצביע על פוטנציאל פגיעה במגוון מיני צומח ובפוטנציאל קיבוע הפחמן בקרקע. כמו כן, ישראל מתבססת על שטח גדול המוגדר כשטח בעל חשיבות גבוהה לשימור על-ידי הקרן העולמית לשימור חיות בר (Global 200 ecoregions by the World Wildlife Fund), ובפרט בערבות ממוזגות וביערות גשם באזורים משווניים.



איור 12: ממדי אספקת המזון לישראל והשטח הגלום באספקה זו לפי סוג הביומה.

לאחר זיהוי מקורות האספקה ברמה מרחבית מפורטת והשייך הראשוני לאזורים אקולוגיים שונים ניתן לבחון את רמת 'הרגישות הסביבתית' של אזורי אספקה שונים. המונח 'אזורים תפקודיים' (functional regions) בוחן את התפקודים החקלאיים והאקולוגיים של אזורי אספקה שונים. ניתוח אזורים תפקודיים שונים מאפשר לזהות את האזורים הרגישים יותר לפעילות יצרנית חקלאית ו/או את האזורים אליהם כדאי לכוון את הפעילות החקלאית. זיהוי האזורים התפקודיים השונים ברחבי העולם המספקים את תוצרי שירותי האספקה לישראל יכולים לתרום להגברת המודעות לתלות באזורים שונים, ולהשפעה עליהם, וכן לבחון אמצעים שונים לצמצומה.

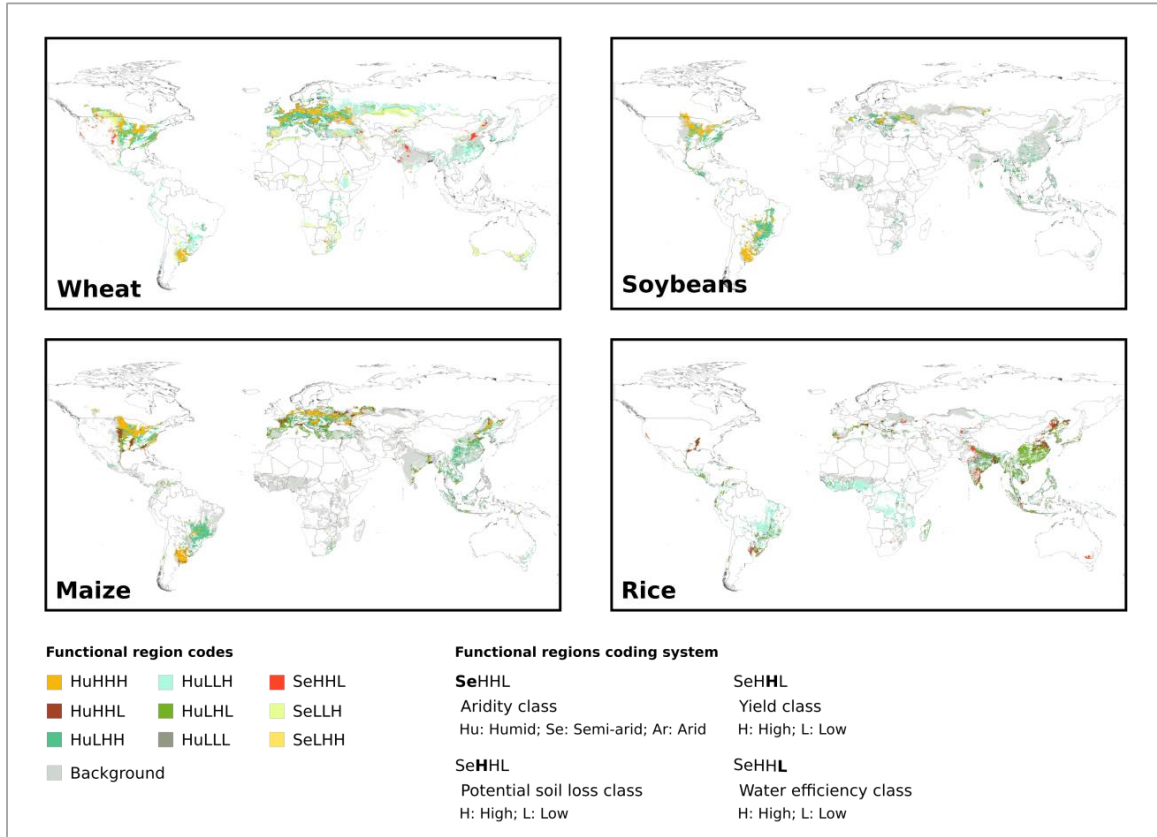
איור 13 ממחיש את המדדים שבאמצעותם הוגדרו האזורים התפקודיים השונים עבור מערכת גידול התירס העולמית. תת המערכת החקלאית מורכבת משני מדדי תשומה. מדד היבול (Yield) בוחר את סך התוצרת עבור כל יחידת קרקע, ומדד עצימות המים (Water intensity) בוחר את סך מי ההשקיה הנדרש עבור הפקה של טון תוצרת. תת המערכת הסביבתית כוללת שני מדדים הבוחנים את מצב המערכת הסביבתית. פוטנציאל סחף הקרקע אומד את כמות הקרקע אשר עלולה לעבור סחיפה עבור כל טון גידול (Potential soil loss), ומדד הצחיחות (Aridity index) הוא חיווי עבור זמינות המים במרחב. המדדים חולקו לקטגוריות נמוך/גבוה ביחס למוצע והוצגו ליצירת 4 ו-6 קטגוריות עבור המערכת החקלאית והסביבתית בהתאמה. למשל: הקטגוריה האדומה במערכת החקלאית מסמלת אזורים בעלי יבול תירס גבוה אשר דורשות תשומות השקיה גבוהות.



איור 13 : מדדים להגדרת האזורים התפקודיים השונים עבור מערכת גידול התירס העולמית.

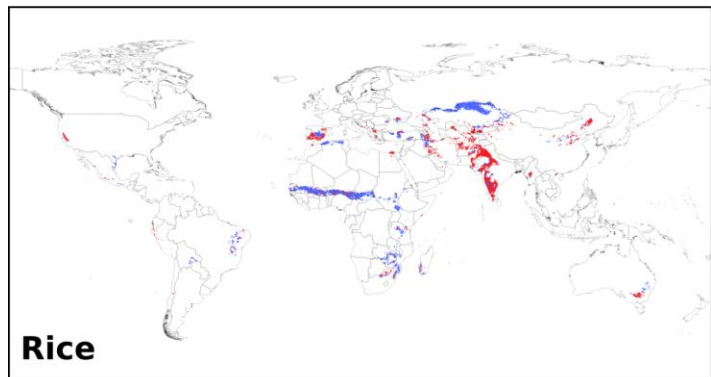
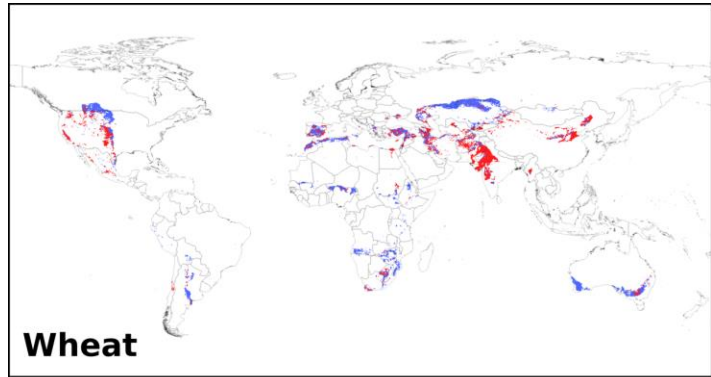
איור 14 מציג את האזורים התפקודיים אשר מספקים את החיטה, הסויה, התירס, והאורז לישראל. אזור רצועת החיטה בצפון אמריקה מתאפיין בזמינות מים גבוהה (Hu), ביבול גבוה וביעילות מים גבוהה, וחלק מן האזור מתאפיין בסחיפת קרקע גבוהה (מסומן בכתום). אזור תפקודי זה מספק בסך הכול קרוב ל-40% מסך האספקה של ארבעת המוצרים לישראל. מדרך הקרקע באזור עומד על כ-3,280 קמ"ר ופוטנציאל סחף הקרקע בו מתקרב ל-1.5 מיליארד טונות בשנה. לעומת זאת, חלקים אחרים מרצועת החיטה מתאפיינים בסחיפת קרקע נמוכה (מסומן בירוק בהיר). השילוב בין יעילות חקלאית ולמערכות סביבתיות מתאימות (פוטנציאל סחף קרקע נמוך וזמינות מים גבוהה) מרכיב אזור תפקודי מועדף מבחינת גידול חקלאי. אזור תפקודי זה מאפיין גם את

אזור גידול הסויה אשר מצוי ביערות הגשם האטלנטיים בדרום ברזיל. על אף היות אזור "מועדף" לגידול סויה, מגוון המינים הגבוה שבו והשיבותו כאזור שימור עולמי מגביל את "כדאיות" הגידול.



איור 14: האזורים התפקודיים אשר מספקים חיטה, סויה, תירס, ואורז לישראל.

בחינה של התלות של ישראל באזורים תפקודיים אשר סובלים מעקת מים (אזורים יובשניים למחצה ויובשניים) מציגה היבט נוסף של הקיימות הבין-אזורית של מערכת המזון בישראל. איור 15 מציג את אזורי אספקת החיטה והאורז לישראל אשר סובלים מעקת מים. בעוד חלק מהאזורים מתאפיינים ביעילות מים גבוהה (תשומות מים נמוכות יחסית לכל טון תוצרת; מסומנים בכחול), אזורים רבים דורשים תשומה מרובה של מי השקיה לגידול טון מזון (מסומנים באדום). למעלה מעשרה אחוזים מאספקת החיטה וכרבע מאספקת האורז לישראל מקורה באזורים בעלי עקת מים ויעילות מי השקיה נמוכה. המים וירטואליים אשר גלומים באספקת ארבעת הגידולים (חיטה, אורז, סויה ותירס) לישראל עומדת על כ-245 מיליון קו"ב בשנה. האזורים פונקציונאליים הללו (המסומנים באדום) אחראים בסך הכול לכ-8% מהאספקה, וכן ללמעלה ממחצית מצריכת המים הוירטואליים.



Water efficiency    ■ High    ■ Low

איור 15 : אזורי אספקת החיטה והאורז לישראל אשר סובלים מעקת מים.



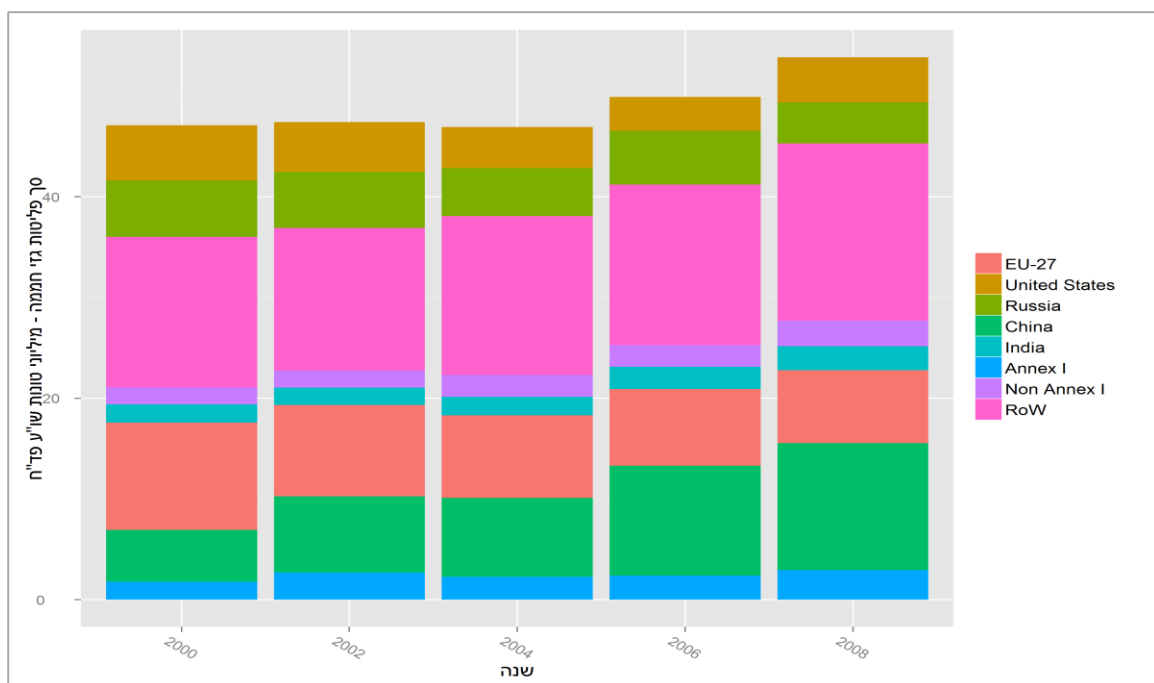
## 6. שירות וויסות – מערכות יער כבסיס לאצירת פחמן וויסות אקלים

עיקר פרק זה מתמקד במרכיב שירותי האספקה. אולם השירותים בהם עושים שימוש ותלויים אזרחי מדינת ישראל (כמו גם אזרחי העולם כולו) כוללים סוגי שירותים נוספים אשר מספקים שורה של תועלות אשר במקרים שונים ניתן לסווגן כעקיפות. היכולת לסווג שירותי וויסות מיובאים מורכבת יותר מאשר חיבור צריכת מוצר לשירות אספקה מהמקור ממנו הגיע כפי שהוצג כאן. המחקר בתחום ספציפי זה אשר בוחן את שירותי הויסות אותם אנו מקבלים ממערכות שמעבר לגבולות המדינה נמצא בראשיתו. תחום אחד אשר זוכה להתייחסות הולכת וגוברת וניסיון לכימות מנקודת המבט המוצגת בפרק זה הינו פליטות גזי החממה הקשורים בפעילות כלכלית באזור / מדינה מסוימת. בכל המערכות האקולוגיות ישנו מאגר של פחמן ב"ביומסה העומדת" שלהן שלולא קיומה כל הפחמן בביומסה זו היה באטמוספירה כגז חממה. ביומסה זו היא תוצאה של קליטת פחמן דו חמצני מהאטמוספירה על ידי יצורים פוטוסינתטיים, כל הצמחים. אבל לא בכל המערכות ישנה גם אגירה של פחמן, מעבר לאגירה בביומסה, יש מערכות שהן יותר פולטות מאשר אוגרות. בעוד כל המערכות האקולוגיות אוצרות פחמן, החשובות שבהן הן מערכות היער.

כל אזור או מדינה מייצר פליטות "אנתרופוגניות" בממדים שונים, ו"מכפר" על פליטות אלה באמצעות המערכות האקולוגיות שלו האוצרות פחמן. אלא שהפליטות הן לאטמוספירה והקליטות לשם אצירה גם הן מהאטמוספירה, והאטמוספירה היא ישות גלובלית. אך אילו כל אחת ממדינות העולם היו שעורי פליטה ושעורי אצירה זהים, ההתחממות הגלובלית ובעקבותיה שינויי האקלים הגלובליים, היו נעצרים. משום שישראל היא ב"משפחת העמים", טוב שיהיה אצל אזרחיה ומנהיגיה המידע על ממדי הפליטה שלה מול ממדי הקליטה של מערכותיה האקולוגיות, ובאיזו מידה ההתקדמות לאיזון המצופה מתבצע על ידי מדינות אחרות. פרק זה לפיכך מטפל ב"יבוא" של שרות ויסות האקלים הגלובלי באמצעות אצירת פחמן לישראל.

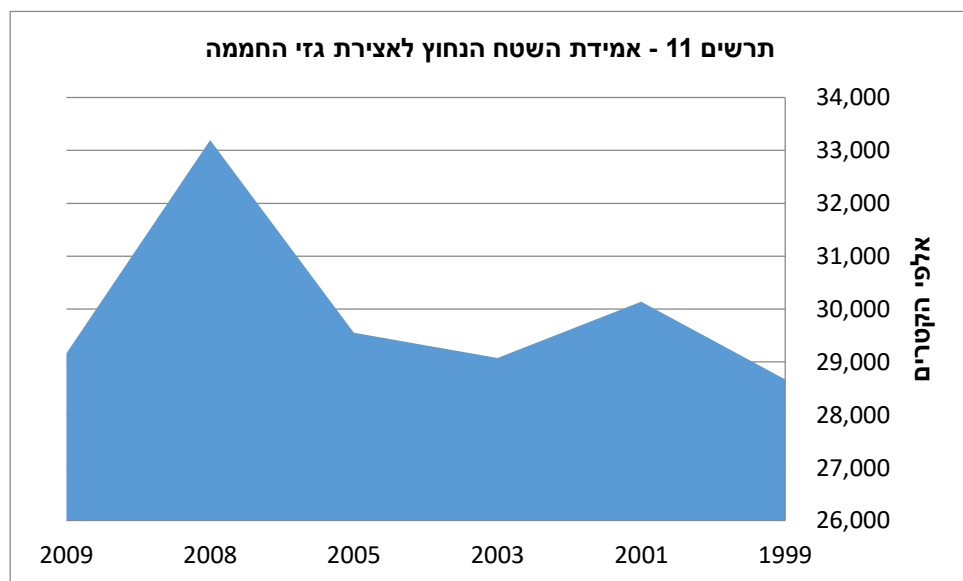
חשבונאות פחמן זו כוללת אף במקרים רבים את הפליטות הגלומות במחזור החיים (Life cycle) של מוצרים, חומרי גלם ושירותים המיובאים ממקורות שונים. כידוע סך פליטות גזי החממה הגלובליות עולות על יכולת האצירה הטבעית של הצמחייה בכדור הארץ. למרות זאת אמידת היקף שטח התכסית הצמחית הנחוצה לאצירת הפחמן בכדי לאזן את ממדי הפליטות של ישראל (כמו של מדינות אחרות) מהווה אינדיקציה לפער שבין המצב בהווה למצב מאוזן של פליטות.

איור 16 מציג את האזורים בעולם בהם נפלטות הפליטות לצורך ייצור ואספקת ביקושים במדינת ישראל לצד הפליטות הנפלטות בצורה ישירה בתחומי מדינת ישראל. כפי שעולה מהתרשים המבוסס על מחקר בנושא שהושלם לאחרונה (פרידמן וקיסניגר, 2015) עיקר פליטות גזי החממה של ישראל נפלטות מחוץ לגבולות מדינת ישראל וקשורות באספקת מגוון מוצרים ושירותים למדינת ישראל. איור 17 מציג אמידה של היקף שטח התכסית הצמחית הנחוץ לאצירת הפחמן הנ"ל.



איור 16: פליטות גזי חממה הנובעות מתהליכי הייצור של מוצרים המיובאים ממדינות שונות לצריכה במדינת ישראל.

שטח הצמחייה הנחוץ לקליטת גזי חממה הנפלטים כתוצאה מפעילות הכלכלה הישראלית הן בתחומי המדינה והן בייצור ואספקת מוצרים המיובאים לישראל מאזורים שונים ברחבי העולם הולך ועולה במקביל לעלייה בפליטות. המשמעות של שטח המצומצם של מדינת ישראל בכלל ושטח היער בפרט היא שקליטת עיקר הפליטות הללו זקוקה לשטחים ברחבי העולם. אמידת השטח כפי שמופיע באיור 17 מבוססת על הערכה של יכולת אצירה ממוצעת של יערות העולם ליחידת שטח על פי נתוני ה-IPCC (2006).



איור 17: אמידת השטח הנחוץ לאצירת גזי החממה.

## 7. דיון וסיכום

בעידן בו אנו חיים התלות וההשפעה של חברות אנושיות בכל אזור, בשירותי מערכת מאזורים אחרים משמעותית מאוד ומהווה חלק הולך וגדל ברווחה ובקיימות של קהילות באזורים שונים.

שילוב גורמים חברתיים-סביבתיים מקומיים ועולמיים יצרו מצב שבו דיון בשירותי מערכת של מדינה או אזור מסוים תוך התעלמות משירותים המסופקים ממערכות באזורים אחרים על פני כדור הארץ אינה מספקת הן מסיבות פרקטיות הנובעות מרמת התלות בשירותים מאזורים שונים ברחבי העולם והן מסיבות אתיות הקשורות בהשפעה של ייבוא שירותים אלו על קהילות ועל מערכות סביבתיות באזורים שונים.

במובנים רבים המקרה של מדינת ישראל אינו שונה ממדינות אחרות אשר מושפעות מאותם תהליכים חברתיים הכוללים בין היתר התרחבות תהליכי גידול אוכלוסין, גלובליזציה, וצמיחה כלכלית, לצד גורמים סביבתיים הכוללים בין היתר מגבלות כגון זמינות שטחן של מערכות אקולוגיות טבעיות והקלאיות, איכות הקרקע, זמינות מים, אירועי מזג אוויר קיצוניים ועוד. אולם כפי שהוצג בפרק זה, המקרה הישראלי מציג מצב קיצוני של תלות בשירותי מערכת מיובאים. מצב זה מאפיין אף מדינות נוספות המוגבלות בשטח ו/או בעלות אוכלוסייה גדולה ביחס לזמינות השטח ורמת הצריכה.

פרק זה התמקד בעיקר ביבוא מוצרים למדינת ישראל משירותי אספקה באזורים שונים בעולם, אמידת גודל שטח הקרקע וכמות המים הנחוצים לצורך אספקה זו, והערכה של שטח המערכות האקולוגיות המסוגלות לבצע אצירת פחמן משמעותית, והשטח שלהן הדרוש לקיבוע של הפחמן הדו חמצני אשר נפלט כתוצאה מפליטות ישירות ועקיפות של החברה הישראלית לאורך השנים ואצירתו כפחמן אורגני במערכות האקולוגיות. הפרק התייחס אף בקצרה למשמעות הייבוא מאזורים שונים למערכות הטבעיות והקלאיות באזורי הגידול.

מתוצאות הפרק עולה כי למעלה מ-80% מכמות מוצרי שירותי אספקת המזון והעצה אשר נצרכים במדינת ישראל מיובאים מרחבי העולם. לצורך אספקה זו של מוצרי שירותי אספקה ממערכות הקלאיות כוללות שטח של למעלה מ-10,000,000 דונמים אשר רובו מיובא מאירופה וצפון אמריקה ונועד לגידול דגנים. שירותים ממערכות מרעה הגלומים באספקת בשר מקיפות שטח של למעלה מ-12,000,000 דונמים אשר נמצא בעיקר באמריקה הדרומית. שטחי היער בהם תלויה מדינת ישראל ברחבי העולם מתחלקים לשטח יער לאספקת מוצרי עצה בהיקף של כ-900 קמ"ר, ושטח יער נרחב הרבה יותר אשר נועד לקלוט את גזי החממה הנפלטים מפעילות הישירה והעקיפה של הכלכלה הישראלית.

את הממצאים המוצגים בפרק זה יש לבחון לאור שני היבטים מרכזיים:

הראשון, המשמעות של תלות זו לרווחה ולקיימות החברה הישראלית בעידן של לחץ הולך וגובר על המערכות האקולוגיות ושירותיהן באזורים שונים בעולם. השני, המשמעות של ייבוא הולך וגובר של מוצרי האספקה להגברת הלחץ (פגיעה במגוון הביולוגי ובתפקוד) על המערכות הללו ופגיעה ביכולת המערכות להמשיך לספק את מגוון השירותים הללו בעתיד.

שורה ארוכה של צעדים בכיוונים שונים, שמתקיימים כבר במדינות רבות הכוללים הן את רמת המדינה, הן את הסקטור התעשייתי והמסחרי, והן את רמת משקי הבית יכולים לתרום להבנת התהליכים הנ"ל ויצירת מערכת חברתית - כלכלית אשר לוקחת בחשבון גם מרכיבים אלו.

מספר קטן של כיווני פעולה אפשריים וכאלה שננקטים כבר עתה במדינות אחרות כוללים בין היתר, ברמת המדינה, קידום מדיניות ותכנון אשר מצד אחד יבחנו את פוטנציאל הגדלת האספקה המקומית והקטנת התלות במערכות מעבר לים, יצירת הסכמי סחר אשר לוקחים בחשבון גם את ההשלכות הסביבתיות של ייצור ואספקה מאזורים שונים בעולם, השקעה במחקר ופיתוח שיטות ייצור ואספקה יעילות יותר ובעלות השפעה חיצונית נמוכה, קידום ניהול ביקושים המכוון ומקטין את הצריכה של מוצרים שונים, השתלבות במערכת הבינלאומית ההולכת וגדלה סביב מתן 'פצויים' למדינות בהן נמצאות מערכות רגישות וקריטיות ו/או לחקלאים באזורים שונים על מנת שיישמו שיטות ייצור / גידול בעלות השפעה מצומצמת, סבסוד אמצעי ייצור בעלי השפעה סביבתית נמוכה ועוד. ברמת הסקטור המסחרי, ניתן להצטרף לשורה ארוכה של יוזמות אשר הלכו והתפתחו בשנים האחרונות אשר בוחנות את מחזור החיים של מוצרים שונים ומנסים לצמצם את ההשפעה בנקודות שונות לאורך שרשראות האספקה תוך התייחסות למקורות ההפקה / הגידול באשר הם. דווקא הצרכן הבודד – האזרח יכול להיות בעל השפעה משמעותית ביותר הן כמקור לחץ על הרמות הנ"ל והן על ידי שינוי התנהגות אשר יכול העדפת מוצרים מסוימים על אחרים, הקטנת הצריכה ועוד.

הגישה והניתוח המוצגים בפרק זה מדגישים את חשיבות הפנמת מרכיב זה לצורך הערכת מצב שירותי המערכת של מדינת ישראל. למרות זאת, הן הגישה והן כיווני הפעולה האפשריים נמצאים בתחילת דרכן. עיקר ההתמקדות הינה בגבולות הפוליטיים ובתחומים בהן לכל מדינה ומדינה הזכות והריבונות לנהל את משאביה.

על פי הערכות הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2012), עתידה אוכלוסיית מדינת ישראל לגדול בכמה עשרות אחוזים במהלך שני העשורים הקרובים. המשך גידול אוכלוסייה זה לצד המשך העלייה ברמת החיים החומרית צפוי להגדיל את הביקוש לתוצרי השירותים המיובאים. הדברים המיוחסים ללוי אשכול בהיותו שר האוצר של מדינת ישראל לפני עשורים רבים, אשר במהלכן הלכה תלות זו וגדלה והלחץ על המערכות השונות התגבר הופכים להיות חשובים יותר ויותר בעידן בו אנו חיים.

## 8. פערי ידע

הבנת וניתוח מאפייני ומידת התלות בשירותי מערכת מיובאים נמצאת בתחילת דרכה בישראל ובעולם כולו. פערי הידע הקיימים נחלקים למספר תחומים: (1) נתונים בנוגע לזרימות החומרים מאזורי הייצור (הפקת מוצרי שירותי האספקה) לאזורי הצריכה – המערכת הגלובלית מורכבת וכוללת שלבים שונים ממקור האספקה ועד הצריכה. מאגרי הנתונים הקיימים כיום מצליחים לאתר את המקורות בצורה שאינה מלאה. (2) קישור בין מקורות האספקה לסוגים שונים של השפעות על המערכות האקולוגיות שבאזורי האספקה ועל שירותיהן. פרק זה התמקד בעיקר בהצגת זרימות החומרים, אולם רק מתחיל לבחון את סוגי ההשפעה השונים על המערכות באשר הן. (3) בעוד שבתחום שירותי האספקה קיימים נתונים והולכות ומפתחות שיטות ניתוח חדשות, שאף צוינו בפרק זה, תחום שירותי הוויסות ועוד יותר מכך שירותי התרבות 'המיובאים' זוכים עדיין להתייחסות חלקית בעולם והנתונים הקיימים לגבי ישראל מצומצמים מאוד.

## 9. רשימת מקורות

- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2012). תחזיות אוכלוסייה לישראל לטווח ארוך: 2009-2059. ירושלים.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2015). מאגר הנתונים של הלמ"ס.
- זמיר, ע. (2016). ניתוח זרימת חומרים של מדינת ישראל (עבודת מאסטר). אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.
- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., & Schütz, H. (1997). *Resource Flows – The Material Basis of Industrial Economies*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Berg, S., & Lindholm, E. L. (2005). Energy use and environmental impacts of forest operations in Sweden. *Journal of Cleaner Production*, 13(1), 33-42.
- Bringezu, S., Behrensmeier, R., & Schutz, H. (1998). Material flow accounts indicating environmental pressure from economic sectors. In Uno, K., & Bartelmus, P. (Eds.). *Environmental Accounting in Theory and Practice*. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer Academic.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2016). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. CRC press.
- Udo de Haes, H. A., Jolliet, O., Finnveden, G., Hauschild, M., Krewitt, W., & Muller-Wenk, R. (1999). Best available practices regarding impact categories and category indicators in Life Cycle Impact Assessment – Part II. *International Journal of LCA*, 4(3), 167-174.
- bio the analyzing – century st21 the in system food Sustainable .(2013) .M , Kissinger & ,S .S ,Dickler Forum Sustainability World <sup>rd</sup>3 The .system meat Israel's of components physical, November 2013.Eurostat. (2001). Economy wide material flow accounts and derived indicators: a methodological guide. In *European Commission, Eurostat Theme 2: Economy and Finance*. Luxembourg: Office for official publications of the European communities.
- Ewing B., Moore, D., Goldfinger, S., Oursler, A., Reed, A., & Wackernagel, M. (2010). *The Ecological Footprint Atlas 2010*. Oakland: Global Footprint Network.
- FAOSTAT. (2014). *Food and Agriculture Organization statistical database*.
- Freidman, D., & Kissinger, M. (2018). An integrated biophysical and ecosystem approach as a base for ecosystem services analysis across regions. *Ecosystem Services*, 242-254 ,31 .
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2009). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London: Earthscan.
- IPCC. (2006). *Use Land Other and Forestry Agriculture*. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4.
- ISO 14040. (1997). *Environmental Management – Life Cycle Assessment*. Principles and Framework. International Standards Organization.
- Kissinger, M., & Gottlieb, D. (2010). Place oriented ecological footprint analysis - the case of Israel's grain supply. *Ecological Economics*, 69(8): 1639-1645.
- Kissinger, M., Rees, W. E., & Timmer, V. (2011) Interregional sustainability: governance and policy in an ecologically interdependent world. *Environmental Science and Policy*, 14(8), 965-976.
- Kissinger, M., & Dickler, S. (2016). Interregional bio-physical connections - a 'footprint family' analysis of Israel's beef supply system. *Ecological Indicators*, 69, 882-891.

- Koellner, T. (Ed.). (2011). *Ecosystem Services and Global Trade of Natural Resources: Ecology, Economics and Policies*. Routledge Explorations in Environmental Economics, Oxon UK.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., ... & Taylor, W. W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, *317*(5844), 1513-1516.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2014). Water footprint benchmarks for crop production: a first global assessment. *Ecological Indicators*, *46*, 214-223.
- Notarnicola, B., Sala, S., Anton, A., McLaren, S. J., Saouter, E., & Sonesson, U. (2017). The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: a review of the challenges. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 399-409.
- Shtutman, I. (2017). *Weak and strong: locality approach for analyzing national self-sufficiency and food security* (MA thesis). Ben Gurion University of the Negev.
- UNCOMTRADE. (2014). *United Nations commercial trade database*.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint*. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada.
- Wackernagel, M., Kitzes, J., Moran, D., Goldfinger, S., & Thomas, M. (2006). The ecological footprint of cities and regions: comparing resource availability with resource demand. *Environment and Urbanization*, *18*(1), 103-112.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, *213*(3), 178-193.