

שיפור השירותים האקולוגיים של ענף החקלאות –  
ניתוח הנזקים הסביבתיים מכל תשומה בייצור החקלאי  
וקביעת סדרי עדיפויות להשקעה במחקר  
לצמצום הנזק הסביבתי בחקלאות קונבנציונלית ובחקלאות אורגנית –  
מחקר המשך

מחקר עבור קרן "נקודת חן"

דו"ח סופי - מאי 2010

פרופ' נאוה חרובי ושרית שלהבת<sup>1</sup>

מחקר כלכלי יישומי

ש. בן ציון 39/2, רחובות 76472  
טל. 08-9463189; 0523-611260  
פקס 08-9365345

## תקציר

המחקר עוסק בניתוח ההשפעות הסביבתיות של החקלאות בשיטת ניתוח מחזור חיי המוצר. זוהי שיטה להערכת כל ההשפעות הסביבתיות הקשורות במוצר או בתהליך כלשהו באמצעות חישוב והערכה של צריכת המשאבים והפליטות שלו, המאפשרת לכמת את ההשפעה הסביבתית של כל תשומה בתהליך הייצור בנפרד לפי סוג נזק סביבתי ספציפי. הניתוח לוקח בחשבון את כל מערכת הייצור החקלאית, כולל לא רק הפעולות בשדה, אלא גם הפעולות הכרוכות בייצור חומרים ותשומות כגון חומרי הדברה ודישון, מיכון וזרעים. המחקר מתמקד בניתוח שלושה גידולים מרכזיים בענף המטעים: משמשים, שזיפים ותפוחי עץ, תוך השוואה בין ההשפעות של גידולים אורגניים לעומת גידולים קונבנציונליים. מטרת המחקר היא לגבש סדרי עדיפויות להורדת הנזקים הסביבתיים הנגרמים מגידולים חקלאיים, שיאפשרו להתמקד בשינויים שיביאו את התועלת הסביבתית הגדולה ביותר תוך התחשבות בהשפעה על הרווחיות הכלכלית של הגידול.

מניתוח ההשפעות הסביבתיות של גידול משמשים, שזיפים ותפוחי עץ נמצא באופן עקבי שההשפעה הסביבתית של טון פרי אורגני גבוהה מההשפעה הסביבתית של טון פרי קונבנציונלי. חלק גדול מההפרש נובע מהיבול הגבוה יותר, בטון לדונם, של המטעים הקונבנציונליים, כאשר חלק מהתשומות נשאר קבוע לדונם ללא קשר ליבול.

בניתוח הגורמים בתהליכי הייצור, נמצא שניתן לייחס חלק גדול מההבדל בהשפעות הסביבתיות לתהליכי הייצור של הקומפוסט המשמש לדישון במטעים האורגניים. נראה שההסבר נעוץ בכך שהכמות הפיזית של הקומפוסט גדולה יחסית לכמות הדשנים המשמשים בגידול הקונבנציונלי, במונחי נפח ומשקל כולל של החומרים. לפיכך, נדרשת כמות אנרגיה גדולה יותר בתהליכי הייצור וההובלה של הקומפוסט בשלבים השונים של מחזור החיים מכמות האנרגיה הנדרשת בתהליכי הייצור של הדשנים המשמשים בגידול קונבנציונלי, עבור יחידת שטח גידול זהה.

תחום הקטיף והאריזה הוא תחום משמעותי יחסית, כאשר המיכון בקטיף והשימוש בחומרי אריזה בעלי השפעה סביבתית גבוהה יחסית לתחומים אחרים. לשימוש בחומרי אריזה יש השפעה סביבתית משמעותית, בעיקר עקב השימוש בעץ כחומר גלם במהלך ייצור חומרי האריזה. ההשפעות הסביבתיות של מטעים אורגניים וקונבנציונליים דומות בתחום זה, ובבשתי צורות הגידול, ההשפעות הסביבתיות הנגרמות במהלך האריזה והקירור מהוות חלק מרכזי, ובכמה מקרים אף הגדול ביותר, מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידול.

לשימוש בדשנים יש השפעה גדולה יותר מאשר לשימוש בחומרי הדברה, וחלק גדול מהשפעת השימוש בכימיקלים נובעת מהשימוש בחנקן לדישון, במישרין (בגידולים הקונבנציונליים) או בעקיפין (בגידולים האורגניים, דרך השימוש בזבל אורגני). בניגוד לחומרים רבים אחרים, שהשפעתם נובעת מתהליך הייצור של החומר במפעלים הכימיים, לשימוש בחנקן יש השפעה סביבתית ישירה גבוהה יחסית הנובעת מהחומר עצמו, ולכן השפעת השימוש בחנקן גבוהה יותר מהשפעת השימוש בדשנים מסוגים אחרים. השפעת החנקן גבוהה גם בגידולים המתבססים על דשנים אורגניים כגון "אורגן 3000", ולמעשה לא נראה שיש יתרון משמעותי לדישון האורגני.

ההשפעה הסביבתית של השימוש בחומרי הדברה נובעת בעיקר מהשימוש באנרגיה וחומרים אחרים במפעלים לצורך ייצור החומרים ופחות מההשפעה הסביבתית של החומרים עצמם, ולכן השימוש בחומר הדברה ידידותיים יותר לסביבה בכמויות גדולות מזיק יותר מהשימוש בחומרי הדברה פחות ידידותיים לסביבה בכמויות נמוכות יותר. תוצאה זו מסבירה את ההשפעה הסביבתית הגבוהה יותר של חומרי הדברה בגידולים האורגניים. לדוגמה, בשני הגידולים משתמשים בשמן התעוררות, ומיכון שהיבול בגידולים האורגניים נמוך יותר, צריכת השמן לטון גידול גדולה יותר, ובהתאם כמות האנרגיה הנדרשת לייצור גבוהה יותר. בנוסף, תהליך ריסוס חומרי הדברה מחייב שימוש במיכון ובאנרגיה בכמות גדולה יחסית, עקב הצורך לרסס מספר פעמים בשנה.

בסיכום, מצאנו שההשפעה הסביבתית של מטעים אורגניים גבוהה מזו של מטעים קונבנציונליים, משום שהיבול לדונם במטעים אורגניים נמוך יותר בעוד שחלק גדול מהתשומות קבוע לדונם. התהליכים בעלי ההשפעה הסביבתית הגדולה ביותר בגידול הם השימוש בחנקן לדישון והשימוש בחומרי אריזה. באופן כללי, כמות החומרים משפיעה יותר מאשר הרכב החומרים, משום שחלק גדול מההשפעה הסביבתית נובע מתהליכי הייצור של חומרי הגלם. באופן ספציפי, בשימוש בחומרי הדברה, כמות החומר חשובה יותר מסוג החומר, משום שההשפעה הסביבתית של חומרי הדברה נובעת בעיקר מהאנרגיה הנדרשת לייצור החומרים ופחות מההשפעות הבריאותיות של החומרים עצמם.

מכך נובע בהשקעה במחקר ופיתוח להפחתת ההשפעה הסביבתית של החקלאות יש לשים דגש על העלאת היבול לדונם כאמצעי המרכזי להפחתת התשומות הנדרשות לטון יבול; להתרכז בייעולת תהליך האריזה והאחסון ובשימוש בחומרי אריזה ידידותיים לסביבה; לבחון אפשרויות להפחתת כמות החנקן הנדרשת באמצעות חקלאות מדייקת או בשיטות אחרות; ובתחום ההדברה להתרכז בהפחתת כמות חומרי הדברה ותכיפות הריסוסים. מחקר עתידי מקיף יותר יוכל לנתח את התועלות הסביבתיות הצפויות ממחקרים ספציפיים על מנת להשוות בין השקעות בנושאים ספציפיים העומדים על הפרק.

## תוכן עניינים

### עמוד

5	א. רקע
8	ב. שיטת העבודה
8	ב.1. איסוף מידע והגדרות
8	ב.2. שלבי העבודה
10	ג. תוצאות
10	ג.1. תפוחי עץ
10	ג.1.1. ניתוח ההשפעות הסביבתיות להקטאר
14	ג.1.2. ניתוח ההשפעות הסביבתיות לטון גידול
19	ג.2. משמש
19	ג.2.1. ניתוח תרשימי זרימה של תרומת תהליכי הייצור
25	ג.2.2. ניתוח השוואתי של גידול קונבנציונלי לעומת אורגני
32	ג.2.3. השוואת תהליכי ייצור ספציפיים
35	ג.3. שזיף
40	ד. סיכום ומסקנות
41	מקורות

## רשימת טבלאות

- 10 1. השפעה סביבתית של גידול תפוחי עץ להקטאר
- 11 2. השפעה סביבתית משוקללת להקטאר של תפוחי עץ לפי קטגוריה בתחומים העיקריים
- 12 3. סה"כ השפעה סביבתית משוקללית של תפוחי עץ להקטאר לפי סוג גידול
- 13 4. התרומה של תהליכי ייצור שונים בתפוחי עץ לסה"כ ההשפעות הסביבתיות להקטאר
- 14 5. השפעות סביבתיות לטון גידול תפוחי עץ
- 15 6. סה"כ השפעה סביבתית לטון תפוחי עץ לפי סוג גידול (דירוג משוקלל)
- 17 7. תרומת תהליכי ייצור שונים להשפעה על משאבי אנרגיה מתכלים לטון גידול תפוחי עץ
- 18 8. תרומת תהליכי ייצור שונים להשפעת שינוי האקלים הגלובלי על בריאות האדם
- 18 9. התרומה של תהליכי ייצור שונים לזיהום אוויר מחלקיקים לטון גידול תפוחי עץ

## רשימת איורים

- 11 1. השפעה סביבתית של גידול תפוחי עץ להקטאר – בחינת כל קטגוריה בנפרד
- 12 2. השפעה סביבתית משוקללת של תפוחי עץ להקטאר לפי סוג גידול
- 12 3. סה"כ השפעה סביבתית משוקללת של תפוחי עץ להקטאר לפי סוג גידול
- 13 4. תרומת תהליכי ייצור ספציפיים בתפוחי עץ בכל גידול להקטאר גידול
- 14 5. השפעות סביבתיות לטון גידול תפוחי עץ – הצגה יחסית
- 16 6. סה"כ השפעה סביבתית לטון תפוחי עץ לפי סוג גידול (דירוג משוקלל)
- 16 7. סה"כ השפעה סביבתית השוואתית לפי קטגוריות ספציפיות וכלליות לטון גידול תפוחים
- 21 8. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול משמש קונבנציונלי להשפעות הסביבתיות
- 22 9. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של משמש קונבנציונלי להשפעות על בריאות האדם
- 23 10. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של משמש קונבנציונלי להשפעה על המערכת האקולוגית
- 24 11. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של משמש אורגני לכלל ההשפעות הסביבתיות
- 25 12. השפעה סביבתית של גידול משמש קונבנציונלי ואורגני לפי קטגורית השפעה סביבתית כללית
- 26 13. סה"כ ההשפעה הסביבתית של גידול משמש קונבנציונלי ואורגני
- 26 14. ההשפעה הסביבתית של גידול משמש קונבנציונלי ואורגני לפי קטגוריות השפעה
- 27 15. תרומת תהליכי ייצור במשמש לפליטת חלקיקים
- 28 16. תרומת תהליכי ייצור במשמש קונבנציונלי להשפעה הסביבתית על ניצול מינרלים מתכלים
- 29 17. תרומת תהליכי ייצור במשמש אורגני להשפעה הסביבתית על ניצול מינרלים מתכלים
- 30 18. תרומת תהליכי ייצור במשמש קונבנציונלי להשפעה הסביבתית על שינוי אקלים גלובלי (בריאות האדם)
- 31 19. תרומת תהליכי ייצור במשמש אורגני להשפעה הסביבתית על שינוי אקלים גלובלי (בריאות האדם)
- 32 20. השפעת השימוש בדשנים קונבנציונליים ואורגנים בגידול משמש לפי קטגורית השפעה סביבתית כללית
- 33 21. סה"כ ההשפעה הסביבתית של שימוש בדשנים קונבנציונליים ואורגנים בגידול משמש
- 33 22. השפעת חומרי הדברה קונבנציונליים ואורגנים בגידול משמש לפי קטגורית השפעה סביבתית כללית
- 34 23. סה"כ ההשפעה הסביבתית של שימוש בחומרי הדברה קונבנציונליים ואורגנים בגידול משמש
- 35 24. סה"כ ההשפעה הסביבתית של גידול שזיף קונבנציונלי ואורגני
- 36 25. השפעה סביבתית של גידול שזיף קונבנציונלי ואורגני לפי קטגורית השפעה סביבתית כללית
- 36 26. ההשפעה הסביבתית של גידול שזיף קונבנציונלי ואורגני לפי קטגוריות השפעה
- 37 27. תרומת תהליכי ייצור בשזיף מוקדם קונבנציונלי ואורגני לסה"כ ההשפעה הסביבתית של הגידול
- 38 28. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול שזיף קונבנציונלי לכלל ההשפעות הסביבתיות
- 39 29. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול שזיף אורגני לכלל ההשפעות הסביבתיות

המודעות בעולם להשפעות הסביבתיות של החקלאות הולכת וגדלה; מודעות זו מתבטאת, בין השאר, בגידול בביקוש לחקלאות מתוצרת מקומית ולחקלאות אורגנית. יעל קחל ממשרד החקלאות פרסמה לאחרונה סקר שווקים שלפיו הביקוש העולמי לתוצרת אורגנית המשיך לגדול בחודשים האחרונים, למרות המיתון (קחל, 2009). הבחירות האחרונות בארה"ב העלו לשלטון נשיא הידוע בתמיכתו בחקלאות מקומית ובחקלאות אורגנית; עם הבחור, הקים הנשיא צוות מיוחד לבחינת נושא החקלאות האורגנית, שמסקנותיו התפרסמו לאחרונה (Lipson, 2009). מצד שני, עם המיתון הכלכלי והפרסומים האחרונים על נזקים בריאותיים בגידולים שונים (תרד, ולאחרונה בוטנים) התגברו הפרסומים המטילים ספק בכדאיות הרכישה של מוצרים אורגניים; לדוגמה, במרץ 2009 התפרסמה בניו-יורק טיימס, אחד העיתונים המרכזיים בארה"ב, כתבה גדולה שהטילה ספק בבטיחות של גידולים אורגניים (Severson & Martin, 2009). לדיון זה חשיבות גדולה בישראל – למרות האחוז הנמוך של הגידולים האורגניים בכלל החקלאות בארץ, גידולים אלו רווחיים במיוחד, והשטחים המוקצים לחקלאות אורגנית גדלים בהתמדה בכל שנה (קחל, 2007), ומשרד החקלאות צופה להמשך הביקוש באירופה לייצוא האורגני מישראל (קחל, 2009).

במחקר הקודם עבור קרן "נקודת חן" (חרובי ושלמה, 2008) בתחום שיפור השרותים האקולוגיים של ענף החקלאות ניתחנו את ההשפעות הסביבתיות של גידולי עגבניות, תפוחי אדמה ופרי הדר בארץ, במטרה לאתר את הגורמים המשפיעים העיקריים והתחומים שבהם מומלץ להשקיע כדי לצמצם את ההשפעות הסביבתיות של הגידולים תוך שמירה על רמת רווחיותם למגדלים. בין השאר מצאנו שהיכול לדונם הוא גורם מרכזי בהשפעה הסביבתית, ושבמקרים רבים, השימוש בגורמי ייצור ידידותיים יותר לסביבה, במחיר של ירידה ביכול לדונם, גורמים לעליה בהשפעה הסביבתית של הגידולים.

המחקר הקודם העלה את השאלה, האם החקלאות האורגנית ידידותית יותר לסביבה מהחקלאות הקונבנציונלית? ומהם ההבדלים בין גורמי הייצור המשפיעים ביותר בחקלאות האורגנית לעומת החקלאות הקונבנציונלית? מחקר זה מרחיב את העבודה שנעשתה במחקר הקודם למספר גידולים מרכזיים נוספים, תוך הדגשת השוואה בין גידולים אורגניים לגידולים קונבנציונליים.

מטרת המחקר היא לגבש סדרי עדיפויות להורדת הנזקים הסביבתיים הנגרמים מגידולים חקלאיים, שיאפשרו להתמקד בשינויים שיביאו את התועלת הסביבתית הגדולה ביותר תוך התחשבות בהשפעה על הרווחיות הכלכלית של הגידול.

שיטת העבודה: בהמשך למחקר הקודם על חקלאות קונבנציונלית, שיטת הניתוח להערכת ההשפעות הסביבתיות של הגידול מבוססת על ניתוח מחזור חיי מוצר (Life Cycle Assessment). זוהי שיטה להערכת כל ההשפעות הסביבתיות הקשורות במוצר או בתהליך כלשהו באמצעות חישוב והערכה של צריכת המשאבים והפליטות שלו, המאפשרת לכמת את ההשפעה הסביבתית של כל תשומה בתהליך הייצור בנפרד (כגון השפעת הדישון לפי סוג וכמות הדשן, והשפעת המיכון לפי סוג מכונה וזמן השימוש) לפי סוג נזק סביבתי ספציפי (חומרים מסרטנים, התחממות גלובלית, פגיעה במערכת האקולוגית וכו'). הניתוח לוקח בחשבון את כל מערכת הייצור החקלאית, כולל לא רק הפעולות בשדה, אלא גם הפעולות הכרוכות בייצור חומרים ותשומות כגון חומרי הדברה ודישון, מיכון וזרעים (Brentrup et al., 2004a). ניתוח מחזור חיי מוצר נערך בדרך כלל למטרת ניתוח של תהליך הייצור של המוצר על מנת לזהות את הנקודות החשובות ביותר לשינוי בתהליך הייצור, או למטרת השוואה בין ההשפעות הסביבתיות של מוצרים שונים על מנת להמליץ על המוצר הידידותי ביותר לסביבה.

שיטת ניתוח זו הוכחה כבעלת תרומה משמעותית לניתוח ההשפעות הסביבתיות של גידולים חקלאיים ובעולם נערכו ניתוחים רבים של גידולי חקלאות בשיטה זו (Nemeck and Erzinger, 2005). לדוגמה, בניתוח מחזור חיי מוצר בגרמניה נמצא שההבדלים בשימוש בדשנים מסבירים חלק גדול מהשונויות בהשפעות הסביבתיות של חקלאים המגדלים את אותו גידול באותו איזור (Haas et al., 2001); ובמחקר על גידול חיטה באנגליה נבחנה ההשפעה הסביבתית של שימוש ברמות שונות של דשן, תוך התחשבות בהשפעה על היבול, כדי להעריך את כמות הדשן האופטימלית ליחידת יבול נתונה (Brentrup et al., 2004b). קאנאלס וחבריו (Canals et al., 2006) ערכו ניתוח מחזור חיי מוצר של גידול תפוחי עץ בניו-זילנד, במטרה לזהות הזדמנויות פוטנציאליות לצמצום ההשפעות הסביבתיות ולבנות מערכת של סדרי עדיפויות לניצול הזדמנויות אלו. מורון וחבריו (Mouron et al., 2006) שילבו ניתוח כלכלי וניתוח מחזור חיי מוצר של מטעי תפוחים בשווייץ; הם מצאו שההשפעות הסביבתיות של מטעים רווחיים אינן גבוהות מאלו של מטעים פחות רווחיים, והמליצו על שיטות ניהול האופטימליות בהתחשב בשיקולי רווחיות ובצמצום ההשפעות הסביבתיות. נערכו גם השוואות ספציפיות של גידולי חקלאות קונבנציונליים ואורגניים (לדוגמה, Hayashi, 2007; Thomassen et al., 2008).

בחירת הגידולים: התמקדנו בניתוח גידולים קונבנציונליים ואורגניים בענף המטעים. המחקר יכלול את הגידולים המובילים בענף המטעים האורגניים – תפוחי עץ מזנים מרכזיים, בננות ואבוקדו, והגידול האורגני המוביל בענף ההדרים - אשכוליות אדומות.

**איסוף מידע:** התבססנו על גישת המודל לאיסוף מידע (Nemeck and Erzinger, 2005). בהתבסס על המידע שנאסף בשה"מ, בנינו מודל גידול המאפשר להשוות בין גידולים קונבנציונליים ואורגניים באותן קטגוריות, כולל מידע על תשתיות, שימוש בסוגי מיכון שונים, זרעים, חומרי דישון וחומרי הדברה. ניתוח תהליכי העבודה כולל תהליכים כגון חריש, דישון, השקיה, קציר, הובלה ואריזה. עבור כל תהליך חישבנו את הצריכה (שעות עבודה במיכון, יחידות שטח, חומרים) הנדרשת לגידול טון מוצר.

**חישוב הפליטות לסביבה:** התבססנו על על מודלים קיימים המחשבים את הפליטות מכל חומר ותהליך עבודה בהתאם למצב בפועל (סוג קרקע, אקלים וכו') (Nemeck and Erzinger, 2005). שאר המידע הנדרש על ההשפעה של כימיקלים שונים ומיכון על פליטות מסוגים שונים יתבסס על מקורות מידע בינלאומיים – לדוגמה, הנתונים על תכשירי הדברה יתורגמו למונחים של קבוצות כימיקלים בהתאם לנתונים בחוברת חומרי ההדברה בהוצאת ה"מ, על מנת להשתמש במאגרי מידע בינלאומיים של ההשפעות הסביבתיות של סוגים שונים של כימיקלים להדברה.

**ניתוח ההשפעות הסביבתיות:** השתמשנו בתוכנה ייעודית לניתוח מחזור חיי מוצר, ובמאגרי מידע בינלאומיים המפרטים עבור כל חומר או מכונה את כל ההשפעות הסביבתיות הכרוכות בשימוש בחומר זה, על מנת לנתח את ההשפעה הסביבתית של כל חומר ותהליך על הסביבה, לפי הקטגוריות המוצגות להלן.

#### **קטגוריות ומדדים של השפעה סביבתית**

ההשפעה הסביבתית נמדדת בקטגוריות הכלליות הבאות: השפעה על בריאות האדם, המערכת האקולוגית, ומשאבי טבע מתכלים. הערכת הנזק לסביבה בכל קטגוריה מחושבת במדד המתאים לקטגוריה זו:

- בריאות האדם – נמדד בפגיעה פוטנציאלית בתוחלת החיים הממוצעת – ההפרש, במספר ימים, בין תוחלת החיים הצפויה אילו הגורם המזיק לא היה מתרחש לבין תוחלת החיים הצפויה בעקבות השינוי. (DALY: Disability Adjusted Life Years).
- המערכת האקולוגית – נמדד בפגיעה פוטנציאלית במספר המינים בטבע בשנה (Potentially Disappearing Species).
- משאבי טבע מתכלים – נמדד בגידול הפוטנציאלי בעלות אספקת המשאב המתכלה, תוך התבססות על העיקרון של עלות שולית גדלה. לדוגמה, דלדול במשאבי הדלק בעולם יחייב קידוח במקומות שבהם הדלק פחות זמין, וכתוצאה לגידול בעלויות הקידוח.

כל קטגוריה כללית מורכבת ממספר תת-קטגוריות, שהעיקריות בהן הן:  
א. בריאות האדם:

- השפעת שינוי אקלים גלובלי על בריאות האדם (Climate change human health)
- הדלדלות שכבת האוזון (Ozone depletion)
- רעילות לבני אדם (human toxicity)
- היווצרות מחמצנים פוטוכימיקלים, התורמים להיווצרות ערפיח (אובך) (photochemical oxidant formation)
- היווצרות חלקיקים באויר, החודרים לגוף דרך דרכי הנשימה, לדוגמה, אסבסט (particulate matter formation)
- קרינה מייננת (ionising radiation)

ב. המערכת האקולוגית:

- השפעת שינוי אקלים גלובלי על המערכת האקולוגית (Climate change ecosystem)
- התחמצנות הקרקע – לדוגמה, ירידת גשם חומצי גורמת לנזקים ביערות (terrestrial acidification)
- אאוטריפיקציה של מקורות מים מתוקים - הווצרות מחסור בחמצן במקור מים (freshwater eutrophication)
- אאוטריפיקציה באזורים ימיים (marine eutrophication)
- רעילות לצמחים ובעלי חיים יבשתיים (terrestrial ecotoxicity)
- רעילות לצמחים ובעלי חיים במים מתוקים (freshwater ecotoxicity)
- רעילות לצמחים ובעלי חיים בים (marine ecotoxicity)
- שימושי קרקע חקלאיים (agricultural land occupation)
- שימושי קרקע עירוניים (urban land occupation)
- שינוי יעוד הקרקע (natural land transformation)

ג. דילדול משאבי טבע מתכלים:

- דילדול מינרלים - מתכות ומחצבים אחרים - מתכלים (metal depletion)
- דילדול משאבי אנרגיה מתכלים (fossil depletion)

### שקלול מקטגוריות ספציפיות לקטגוריות כלליות:

קיימים פערים בחשיבות של שינויים סביבתיים בקטגוריות שונות. לדוגמה, רוב האנשים מייחסים חשיבות גדולה יותר לפגיעה בתוחלת החיים האנושית מאשר לפגיעה בסדר גודל דומה בתוחלת החיים של אצות ביים. על מנת להשוות בין הקטגוריות השונות, תוך התחשבות בהבדלי החשיבות של קטגוריות שונות, יש צורך לייחס משקל לכל קטגוריה ולנתח את החשיבות המשוקללת של קטגוריות שונות על אותה סקלה. לצורך כך פותחו שיטות שונות של שקלול, המבוססות על ראיון מספר גדול של מומחים בתחום ושקלול הערכותיהם בנושא, כאשר כל שיטות השקלול הן בהגדרה סובייקטיביות ותלויות במערכת הערכים האנושית. במחקר זה השתמשנו בשקלול בשיטה הנקראת ReCiPe, שהיא שיטה חדשה הנחשבת למועדפת ביותר כיום בתחום. פרטים על השיטה ניתן למצוא באתר <http://www.lcia-recipe.net>.

### ניתוחי רגישות וניתוחים כלכליים:

בהמשך המחקר ננתח את הקשר בין תשומות לרווחיות, בהתבסס על פרסומים קיימים של מחקרים שבדקו את הקשר בין רמות דישון או הדברה שונות ליבול, ויעוץ ממדריכי שה"מ במידת הצורך.

### ניתוח התרומה של התהליכים:

בדרך כלל נמצא שמספר מצומצם של תהליכים גורם לרוב ההשפעות הסביבתיות. ניתוח התרומה (contribution analysis) של כל תהליך וחומר להשפעה הסביבתית מאפשר לזהות את נקודות התורפה של המערכת (hot spots). ננתח כל גידול כדי להציע שיפורים לצמצום ההשפעות הסביבתיות של הגידול, בהתבסס על העלות של כל שיפור והשפעותיו הכלכליות והסביבתיות.

## ב. שיטת העבודה

### ב.1. איסוף מידע והגדרות

יחידת המידע הוגדרה כטון אחד של המוצר הסופי – לדוגמה, טונה אחת של תפוחי עץ. גבולות המערכת, בשלב הראשוני, הוגדרו כגבולות השדה החקלאי, כלומר, ניתוח כל תהליכי הגידול בשדה, כולל קטיף, מיון ואריזה המתבצעים על ידי המגדל.

מרכיבי תהליך הייצור חולקו למספר קטגוריות:

- תשתית: הכנת שטח, קידוח בורות, רשת השקיה, חומרי הדליה, וגדר. ניתוח הגדר התבסס על גדר תיל, בהיקף של 12 מטר רץ לדונם.
- שתילים – נכלל בקטגוריה נפרדת עקב ההשפעות הסביבתיות המשמעותיות של תהליך זה.
- מיכון חקלאי בגידול (ללא קטיף ואריזה): כולל טרקטור, סילוק גזם, כיסוח, דישון וריסוס. השימוש במיכון לצורך פיזור דשנים וריסוס חומרי הדברה התבסס על תכופות הטיפולים, בהתאם לנתוני שה"מ.
- משאבי טבע (קרקע ומים): שימוש במים שפירים ובקרקע.
- חומרי הדברה: חושב לפי סוג וכמות החומר הפעיל בכל חומר הדברה. החישוב עבור הגידול הקונבנציונלי כלל שימוש במדבירי עשבים, מדבירי פטריות, חרקים וכו', וכן ריסוס נגד זבוב הפירות בהתאם להמלצות שה"מ. הגידול האורגני לא כולל שימוש במדבירי עשבים, וקטגורית חומרי הדברה מוגבלת ביותר, וכוללת (בהתאם לכמויות הרלוונטיות עבור הגידולים הספציפיים) שימוש במשחת עצים, שמן התעוררות, טבליות כגון מקסים, פואור ואמיגו, ושימוש בקוצייד.
- דשנים: כמויות חנקן, זרחן, אשלגן וברזל בגידול הקונבנציונלי; כמויות קומפוסט, זבל אורגני, קמח נוצות, גואנו וכד' בגידול האורגני.
- קטיף: מיכון וציוד בקטיף.
- אריזה: שימוש בחומרי אריזה, בהתבסס על תקנות השימוש בחומרי אריזה של האיחוד האירופאי.
- כלליות: כולל היעזרות בשירותי ייעוץ והנהלת חשבונות, שימוש ברכב, תיקונים (בהתבסס על סעיף הוצאות בלתי צפויות מראש), שימוש בשירותי בנקאות, והוצאות שונות כמפורט בסעיף הבא.
- שונות: כולל שימוש בפוליאיתילן לחיפוי הקרקע, כוורות, אחזקת רשת השקיה, ושימוש בחומרי עזר למטרות שונות.
- שימוש בחומרי עזר: סעיף זה חושב על בסיס עלות כלכלית, בהתייחס לעלות של כימיקלים באופן כללי, ולכן יש לראות את התוצאה בסעיף זה כהערכה של סדרי גודל כלליים בלבד.
- שימוש ברכב (סעיף כלליות): מבוסס על רכב ענף אחד ל- 300 דונם, בהיקף של 30,000 ק"מ בשנה, בהתאם לתחשיבי שה"מ – כלומר, שימוש ברכב בהיקף של 100 ק"מ לדונם לשנה, ובהתבסס על נתונים עבור רכב וואן (van) קטן.

תהליכי הייצור בארץ הושו לתהליכי הייצור בחו"ל על מנת למצוא את החומר המתאים ביותר במאגרי המידע הקיימים, המבוססים ברובם על מחקרים שנעשו באירופה.

בשלב הראשון אספנו מידע ובנינו מודל כללי ביותר עבור גידול תפוחי עץ, שהתבסס על תחשיבי עלויות הגידול, וערכנו ניתוח השוואתי ראשוני. בהמשך העבודה אספנו מידע מפורט על גידול משמש ושזיפים בארץ, שכלל ניתוח תחשיבים והסברים מפורטים על מהלך הגידול, ההדברה, הטיפול לאחר הקטיף והאחסון. למדנו את המידע המקביל בארצות אחרות, על מנת לתרגם את המידע הישראלי לנתונים הבינלאומיים. עבודה זו כללה למידת המרכיבים הפעילים של הדשנים וחומרי הדברה המשמשים בארץ לעומת אלו הנמצאים במאגרי המידע הבינלאומיים, וכן של סוגי המיכון והחומרים האחרים, על מנת למצוא בכל מקרה את החומר הקרוב ביותר בהרכבו לזה המשמש בגידול בארץ. על סמך המידע שנאסף, בנינו מודלים כמותיים מפורטים ממוחשבים של תהליכי הייצור והקטיף במטעי משמש ושזיף לצורך ניתוח מחזור חיי המוצר. בהתבסס על המודלים שבנינו, ערכנו ניתוח מלאי מפורט וניתוח השפעה סביבתית לפי כל אחד מהקטגוריות הכלליות (בריאות האדם, איכות המערכת האקולוגית ומשאבים מתכלים), וכן ניתוח השפעה סביבתית לפי הקטגוריות של השפעות סביבתיות ספציפיות הרלוונטיות בכל מקרה.

### ב.2. שלבי העבודה

- איסוף מידע רלוונטי לניתוח הגידולים בארץ מתחשיבים ומפרסומים אחרים וקבלת ייעוץ ממדריכי שה"מ במידת הצורך.
- בניית מודל וניתוח ראשוני עבור גידול תפוחי עץ.
- בניית מודלים מפורטים עבור מטעי משמש ושזיף.



- ניתוח מלאי (inventory analysis): ניתוח המשאבים הפיזיים והאנרגיה הנדרשת בכל תשומה בתהליך הייצור החקלאי בענפים נבחרים והפליטות (emissions) הנלוות לסביבה, וסיכום ההשפעות הסביבתיות לפי תשומה.
- ניתוח השפעה (impact analysis): איתור וכימות הגורמים העיקריים לנזק הסביבתי (לפי סוג השפעה סביבתית) בכל גידול.
- הערכה של היקף ההשקעה הנדרשת לצמצום הנזק הסביבתי מכל תשומה על בסיס פרסומים קיימים וייעוץ מקצועי.
- בניית מודל כלכלי לייצוג הקשר בין שינוי בתשומות לרווח הכלכלי, ולחישוב העלות הנובעת משינויים בתהליכים.
- ניתוח עלות תועלת של המאמץ הנדרש לצמצום הנזק הסביבתי מכל תשומה.
- הסקת מסקנות לגבי סדרי עדיפויות בהשקעה במחקר לצמצום הנזק הסביבתי לפי ענף.

## ג.1. תפוחי עץ (מזון סמיט) – ניתוח כללי

בשלב הראשוני של העבודה ערכנו ניתוח כללי עבור תפוחי עץ מזון סמיט, שהתבסס על סה"כ ההוצאות על חומרי הדברה ודשנים וניתוח קטגוריות כללי. ההשפעה הסביבתית נמדדת בקטגוריות הכלליות הבאות: השפעה על בריאות האדם, המערכת האקולוגית, ומשאבי טבע מתכלים, כאשר כל קטגוריה כללית מורכבת ממספר קטגוריות נזק סביבתי ספציפיות, כמפורט ברקע לעבודה.

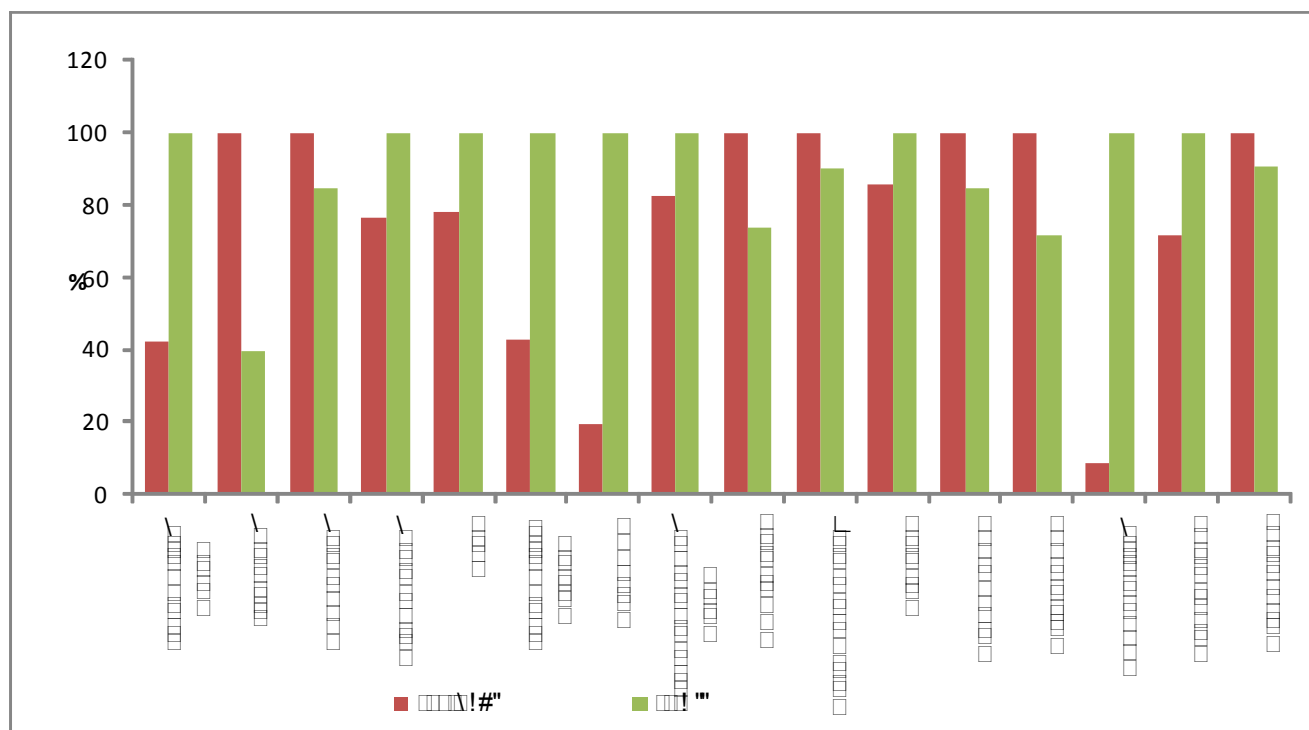
## ג.1.1. ניתוח ההשפעות הסביבתיות להקטאר

בשלב הראשון בחנו את סה"כ ההשפעה הסביבתית ליחידת שטח קבועה. בטבלה 1 מוצגת ההשפעה הסביבתית של תפוחי עץ קונבנציונליים ואורגניים להקטאר (10 דונם). באיור 1 מוצגים אותם נתונים באופן יחסי עבור כל קטגוריה בנפרד, כאשר הערך הגבוה יותר (בכל קטגוריה בפני עצמה) הוא 100% והערך הנמוך יותר מוצג יחסית אליו. ההשפעה הסביבתית של תפוחי עץ קונבנציונליים גדולה מזו של תפוחי עץ אורגניים בקטגוריות ההשפעה על רמת האוזון, רעילות לאדם, לקרקע ולמשאבי מים, ניצול שטח חקלאי ואורבני, וניצול משאבי אנרגיה מתכלים. לעומת זאת, ההשפעה הסביבתית של תפוחי עץ אורגניים גדולה מזו של הקונבנציונליים בקטגוריות ההשפעה על שינוי אקלים, יצירת חלקיקים (זיהום אויר), קרינה, חמצון מקורות מים, רעילות לבעלי חיים ימיים, שינוי בשימושי קרקע, וניצול מינרלים מתכלים.

## טבלה 1. השפעה סביבתית של גידול תפוחי עץ להקטאר

קטגוריית השפעה סביבתית	יחידת מידה	גידול אורגני	גידול קונבנציונלי	הפרש יחסי
שינוי אקלים: בריאות האדם	DALY	1.2576	0.5344	1.35
דלדול האוזון	DALY	0.0007	0.0016	0.6-
רעילות לבני אדם	DALY	0.0207	0.0245	0.15-
הווצרות מחמצנים פוטוכימיקלים	DALY	0.0001	0.0000	2.42
הווצרות חלקיקים באויר	DALY	0.4272	0.3261	0.31
קרינה מיננת	DALY	0.0017	0.0013	0.28
שינוי אקלים: מערכת אקולוגית	species.yr	0.01	0	1.35
התחמצנות קרקע	species.yr	0.0000360	0.0000071	4.11
אאוטרופיקציה במים מתוקים	species.yr	0.0000012	0.0000010	0.21
רעילות לחיים ביבשה	species.yr	0.0000956	0.0001293	0.26-
רעילות לחיים במים מתוקים	species.yr	0.0000006	0.0000006	0.10-
רעילות לחיים בים	species.yr	0.0000000	0.0000000	0.16
שימושי קרקע חקלאיים	species.yr	0.0009321	0.0010979	0.15-
שימושי קרקע עירוניים	species.yr	0.0005359	0.0007480	0.28-
שינוי יעוד הקרקע	species.yr	0.0001395	0.0000121	10.49
דלדול מינרלים מתכלים	\$	1466.67	1046.58	0.40
דלדול משאבי אנרגיה מתכלים	\$	1823443.86	2010024.37	0.09-

**איור 1. השפעה סביבתית של גידול תפוחי עץ להקטאר – בחינת כל קטגוריה בנפרד באחוזים מהמספר הגבוה ביותר בכל קטגוריה**

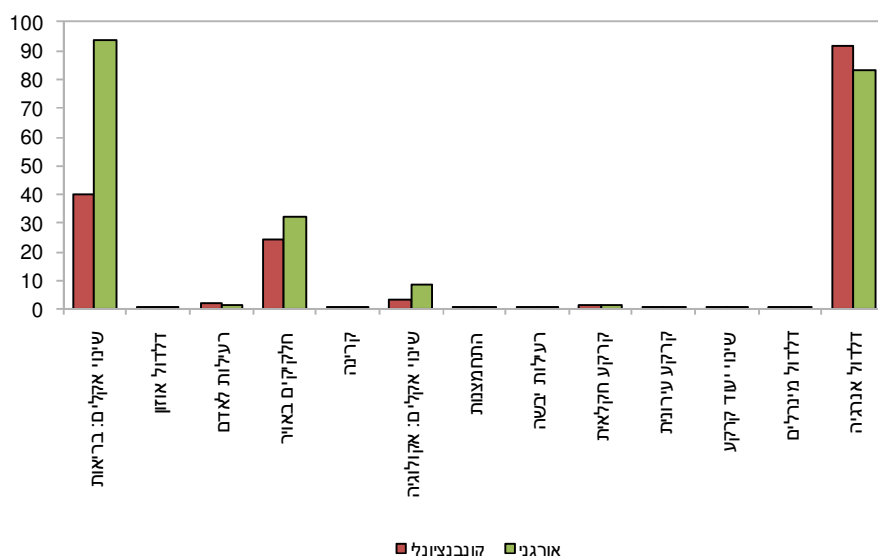


תוצאה זו עדיין אינה מאפשרת להשוות בין סוגים שונים של השפעות סביבתיות, ולקבוע אילו קטגוריות של השפעות סביבתיות הן הקריטיות ביותר לקבלת החלטות. על מנת לערוך ניתוח השוואתי, יש צורך לשקלל את החשיבות של הקטגוריות השונות ולנתח אותן על אותה סקלה. בטבלה 2 ובאיור 2 מוצגות ההשפעות על כל קטגוריה סביבתית באופן יחסי על אותה סקלה, כאשר השקלול מהתוצאות בטבלה 1 נעשה בשיטת ReCiPe. כמפורט ברקע לעבודה. ההשפעות הסביבתיות המשמעותיות ביותר הן בתחום של ניצול משאבי אנרגיה מתכלים, שינוי אקלים וזיהום אוויר מחלקיקים, כאשר בקטגוריה הראשונה ההשפעה של תפוחי עץ אורגניים גדולה יותר, ובקטגוריות האחרות ההשפעה של תפוחי עץ קונבנציונליים גדולה יותר.

**טבלה 2. השפעה סביבתית משוקללת להקטאר של תפוחי עץ לפי קטגוריה בתחומים העיקריים**

קטגוריה השפעה	אורגני	קונבנציונלי
שינוי אקלים: בריאות האדם	93.82	39.87
פגיעה באוזון	0.05	0.12
רעילות לבני אדם	1.55	1.83
הווצרות מחמצנים פוטוכימיקלים	0.01	0
הווצרות חלקיקים באויר	31.87	24.33
קרינה	0.13	0.1
שינוי אקלים: מערכת אקולוגית	8.32	3.54
חמצון קרקע	0.04	0.01
רעילות לבע"ח יבשתיים	0.11	0.15
שימושי קרקע חקלאיים	1.09	1.28
שימושי קרקע עירוניים	0.63	0.88
שינוי יעוד הקרקע	0.16	0.01
ניצול מינרלים מתכלים	0.07	0.05
ניצול מקורות אנרגיה מתכלים	83.15	91.66

## איור 2. השפעה סביבתית משוקללת של תפוחי עץ להקטאר לפי סוג גידול

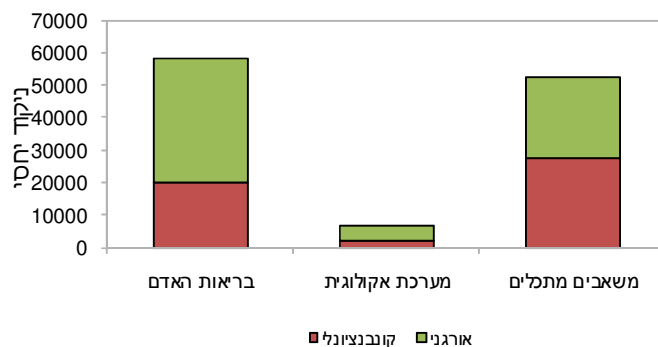


בהתבססות על שיטת השקלול שהוזכרה לעיל, בחנו את סה"כ ההשפעה לפי שלוש קטגוריות עיקריות: השפעה על בריאות האדם, מערכת אקולוגית, ומשאבים מתכלים. התוצאות מוצגות בטבלה 3 במונחים יחסיים; ההשפעה של תפוחי עץ קונבנציונליים גדולה יותר בתחום ניצול משאבים מתכלים, ואילו ההשפעה של תפוחי עץ אורגנים גדולה יותר בקטגוריות של בריאות האדם והמערכת האקולוגית. סה"כ ההשפעה הסביבתית להקטאר של תפוחי עץ אורגנים גדולה מזו של תפוחי עץ קונבנציונליים.

## טבלה 3. סה"כ השפעה סביבתית משוקללת של תפוחי עץ להקטאר לפי סוג גידול

קטגוריה כללית	אורגני	קונבנציונלי
בריאות האדם	38223	19873
המערכת האקולוגית	4141	2350
משאבים מתכלים	24965	27511
סה"כ	67329	49735

## איור 3. סה"כ השפעה סביבתית משוקללת של תפוחי עץ להקטאר לפי סוג גידול

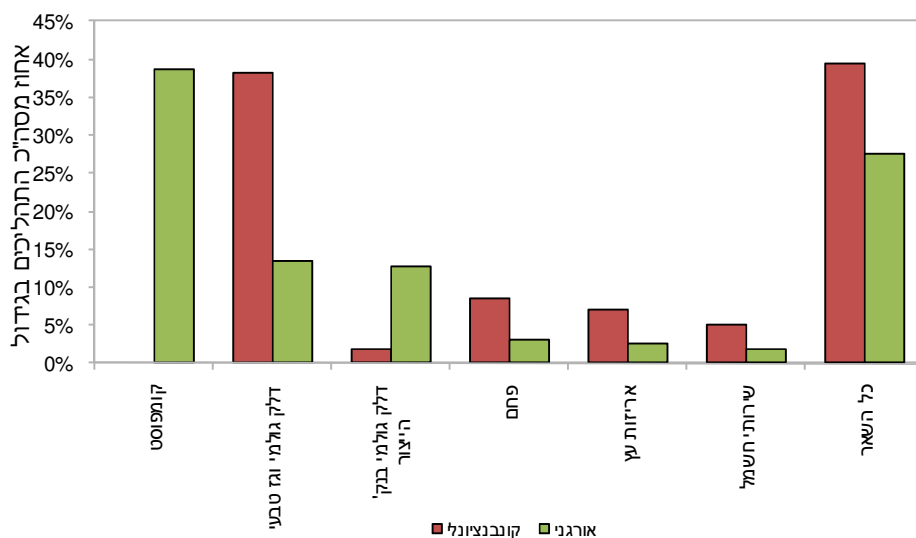


בטבלה 4 מוצגת התרומה של תהליכי ייצור שונים לסה"כ ההשפעות הסביבתיות, עבור תהליכי ייצור המסבירים לפחות אחוז אחד מסה"כ ההשפעה הסביבתית. באיור 4 מוצגת תרומת תהליכי הייצור השונים באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית של אותו גידול, כאשר נקודת חיתוך נקבעה כהשפעה של 5% עבור לפחות אחד משני הגידולים. התהליכים המשפיעים ביותר על התוצאות בגידול תפוחי עץ קונבנציונליים הם, בסדר יורד, שימוש במשאבי גז ודלק, שימוש בפחם, שימוש בעץ לאריזה, שימוש בחשמל, ושימוש בפוליאתיילן לחיפוי. התהליכים המשפיעים ביותר על התוצאות בגידול תפוחי עץ אורגניים הם, בסדר יורד, השימוש בקומפוסט, שימוש במשאבי גז ודלק, פחם, ובמידה קטנה בהרבה השימוש בעץ לאריזה.

**טבלה 4. התרומה של תהליכי ייצור שונים בתפוחי עץ לסה"כ ההשפעות הסביבתיות להקטאר**  
(תרומה יחסית, בניקוד, בהתאם לניתוח בטבלאות 2 - 3)

Process	Conventional	Organic
Compost, at plant	x	26040.07
Crude petroleum and natural gas	18961.75	9077.35
Coal	4202.21	2067.57
Crude oil, at production onshore	203.96	1966.89
Crude oil, at production onshore	210.91	1844.9
Wood containers	3484.06	1733.08
Crude oil, at production offshore	139.84	1391.22
(Electric services (utilities	2540.74	1247.83
Crude oil, at production onshore	116.58	1159.75
Crude oil, at production offshore	116.02	1154.2
Crude oil, at production	113.9	1091.01
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant	1196.02	924.31
Sanitary services, steam supply & irrigation systems	1006.2	746.62
Natural gas, at production onshore	164.44	697.33
Remaining processes	17278.73	16186.96
Total of all processes	49735.36	67329.06

**איור 4. תרומת תהליכי ייצור ספציפיים בתפוחי עץ בכל גידול להקטאר גידול**  
באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית של הגידול



ניתוח תרשים זרימה של תהליכי הייצור מראה ש-77% מסה"כ ההשפעה הסביבתית נגרמת בתהליך האריזה והקירור של תפוחי העץ הקונבנציונליים, ורק כשליש נגרם במהלך הכנת התשתיות, הגידול והקטיף. בחקלאות האורגנית יש השפעה גדולה יחסית גם לשימוש בקומפוסט. השפעה זו נובעת מתהליך איסוף הקומפוסט והובלתו למפעל (8.7% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של השימוש בקומפוסט); מהייצור במפעל הקומפוסט (8% מסה"כ ההשפעות); ומהשימוש בדיוזל בתהליך (7.5% מסה"כ).

## ג.1.2. ניתוח ההשפעות הסביבתיות לטון גידול

הניתוח הרלוונטי של השפעות סביבתיות מתייחס להשוואת בין צריכת מוצרים שונים (במקרה זה, צריכת תפוחי עץ קונבנציונליים ואורגנים). כמות הצריכה נמדדת במשקל (טונות) ולא בשטח ייצור, ולכן בפועל, הניתוח הרלוונטי הוא ניתוח ההשפעה הסביבתית של טון גידול, ולא של הקטאר גידול. בהנחה שסה"כ הייצור מספק את סה"כ הצריכה, הרי שיכול נמוך יותר לדונם יחייב הקצאת שטח גדול יותר לגידול זה על מנת לספק את כמות הביקוש הנתונה. ובמקרה זה, מכיוון שיכול תפוחי העץ האורגנים להקטאר נמוך מזה של תפוחי העץ הקונבנציונליים, ההשפעה הסביבתית של טון תפוחי עץ אורגנים לוקחת בחשבון שטח גדול יותר מזו של טון תפוחי עץ קונבנציונליים. התוצאה, לכן, במעבר מניתוח יחידת שטח לניתוח יחידת משקל תהיה גידול בהשפעות הסביבתיות היחסיות של תפוחי עץ אורגנים ביחס להשפעות התפוחים הקונבנציונליים.

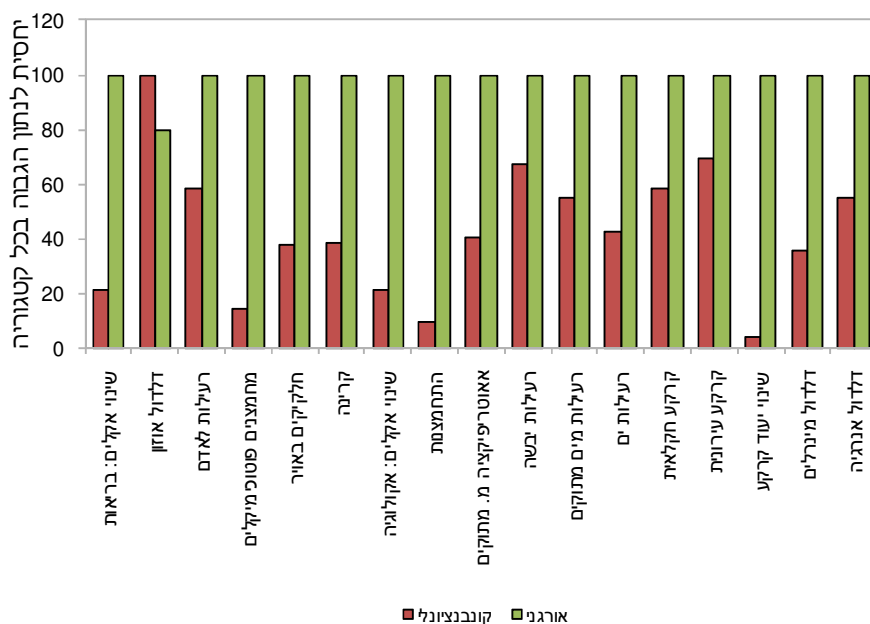
בטבלה 5 מוצגות ההשפעות הסביבתיות לטון גידול תפוחי עץ אורגנים וקונבנציונליים, לפי יחידות המידה שהוצגה בטבלה 1. אותם נתונים מוצגים באיור 5 באופן יחסי עבור כל קטגוריה בנפרד, כאשר לגידול בעל ההשפעה הגבוהה ביותר באותה קטגוריה ניתן ציון של 100, והגידול השני מוצג יחסית אליו. בטבלה 6 מוצגים הנתונים המשוקללים, על מנת לאפשר השוואה בין סוגי הקטגוריות השונים. באיור 6 מוצגת ההשפעה הסביבתית של הגידולים לפי כל קטגוריה ספציפית; ובאיור 7 מוצגת סה"כ ההשפעה הסביבתית של כל גידול (בניקוד המשוקלל), בתוספת פירוט עבור הקטגוריות שחלקן בסה"כ ההשפעה הסביבתית גבוה במיוחד. עבור כל קטגוריה באיור 7 מצויינת הקטגוריה הספציפית, ולאחריה הקטגוריה הכללית (בריאות, אקולוגיה ומשאבים) שאליה משייכת קטגוריה ספציפית זו.

מנתונים אלו ניתן לראות שההשפעות הסביבתיות של גידול תפוחי עץ אורגניים גבוהות יותר בכל הקטגוריות, חוץ מקטגורית ההשפעה על רמת האוזון. בחישוב משוקלל של סה"כ ההשפעות הסביבתיות ניתן לראות שסה"כ ההשפעה הסביבתית של טון תפוחי עץ אורגניים גדולה בהרבה מזו של טון תפוחי עץ קונבנציונליים (פי 2.72, לעומת יחס של פי 1.35 בהשפעות ליחידת שטח). ההשפעות הסביבתיות הגבוהות ביותר הן בקטגוריות של ניצול משאבי אנרגיה מתכלים, השפעת השינוי האקלימי הגלובלי על בריאות האדם ועל המערכת האקולוגית, ויצירת חלקיקים באויר החודרים לגוף באמצעות דרכי הנשימה ופוגעים בבריאות האדם.

## טבלה 5. השפעות סביבתיות לטון גידול תפוחי עץ

קטגורית השפעה	יחידת מידה	אורגני	קונבנציונלי
שינוי אקלים: בריאות האדם	DALY	0.0026196	0.0005537
דלדול האוזון	DALY	0.0000014	0.0000017
רעילות לבני אדם	DALY	0.0000432	0.0000254
הוצרות מחמצנים פוטוכימיקלים	DALY	0.0000002	0.0000000
הוצרות חלקיקים באויר	DALY	0.0008898	0.0003379
קרינה מיננת	DALY	0.0000035	0.0000014
שינוי אקלים: מערכת אקולוגית	species.yr	0.000014806	0.000003136
התחמצנות הקרקע	species.yr	0.000000075	0.000000007
אאוטרופיקציה במקורות מים מתוקים	species.yr	0.000000003	0.000000001
רעילות לצמחים ובע"ח יבשתיים	species.yr	0.000000199	0.000000134
רעילות לצמחים ובע"ח במים מתוקים	species.yr	0.000000001	0.000000001
רעילות לצמחים ובע"ח ימיים	species.yr	0.000000000	0.000000000
שימושי קרקע חקלאיים	species.yr	0.000001942	0.000001138
שימושי קרקע עירוניים	species.yr	0.000001116	0.000000775
שינוי יעוד הקרקע	species.yr	0.000000291	0.000000013
דלדול מינרלים מתכלים	\$	3.06	1.08
דלדול משאבי אנרגיה מתכלים	\$	3798.45	2082.73

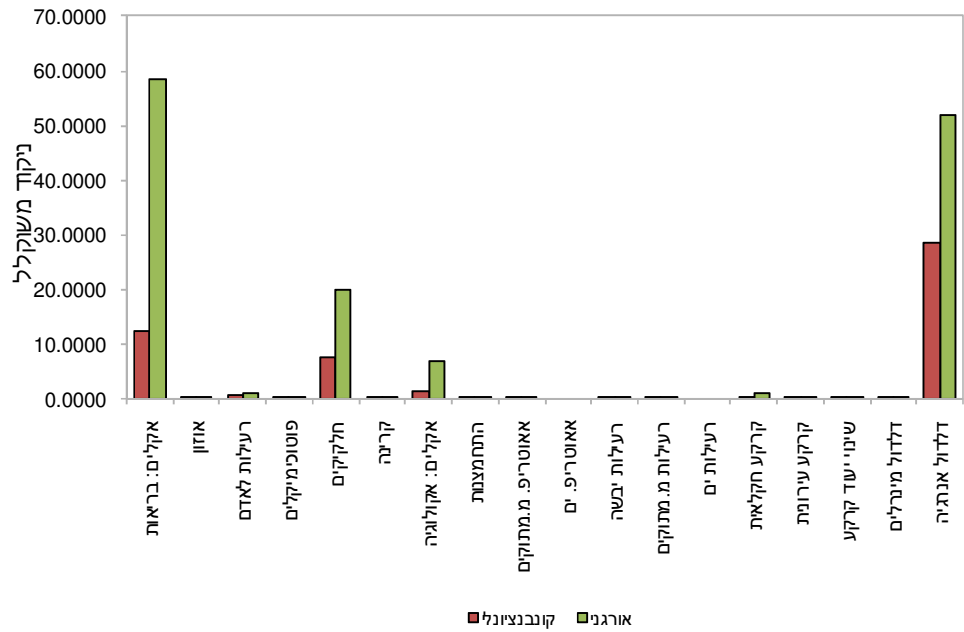
איור 5. השפעות סביבתיות לטון גידול תפוחי עץ – הצגה יחסית



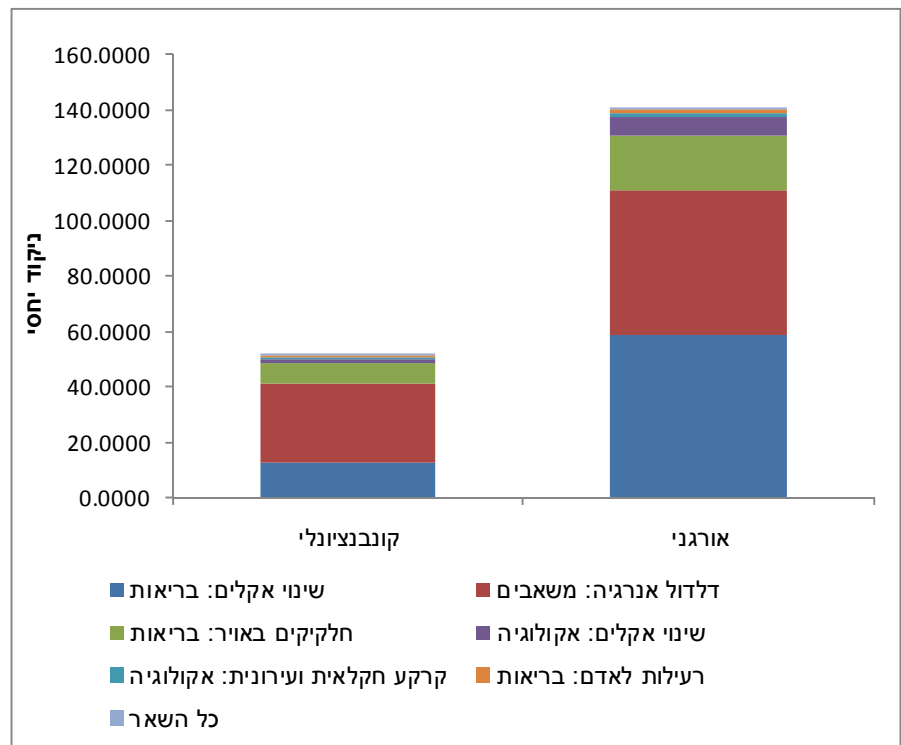
טבלה 6. סה"כ השפעה סביבתית לטון תפוחי עץ לפי סוג גידול (דירוג משוקלל)

קונבנציונלי	אורגני	השפעה סביבתית
12.3928	58.6274	שינוי אקלים: בריאות האדם
0.0379	0.0304	דלדול האוזון
0.5684	0.9667	רעילות לבני אדם
0.0005	0.0034	הוצרות מחמצנים פוטוכימיים
7.5623	19.9145	הוצרות חלקיקים באויר
0.0306	0.0786	קרינה מיננת
1.4678	6.9293	שינוי אקלים: מערכת אקולוגית
0.0034	0.0351	התחממות הקרקע
0.0005	0.0012	אאוטרופיקציה במקורות מים מתוקים
0.0627	0.0932	רעילות לחיים ביבשה
0.0003	0.0005	רעילות לחיים במים מתוקים
0.5324	0.9087	שימושי קרקע חקלאיים
0.3627	0.5225	שימושי קרקע עירוניים
0.0059	0.1360	שינוי יעוד הקרקע
0.0148	0.0418	דלדול מינרלים מתכלים
28.4918	51.9627	דלדול מקורות אנרגיה מתכלים
51.5349	140.2521	סה"כ עבור כל הקטגוריות

איור 6. סה"כ השפעה סביבתית לטון תפוחי עץ לפי סוג גידול (דירוג משוקלל)



איור 7. סה"כ השפעה סביבתית השוואתית של הגידולים לטון לפי קטגוריות ספציפיות וכלליות לטון גידול





בטבלה 7 מוצגת את התרומה של תהליכי הייצור השונים להשפעה בקטגוריה הספציפית של משאבי אנרגיה מתכלים, בנקודת חיתוך של 1% (כלומר, מוצגים רק התהליכים התורמים לפחות אחוז אחד מהסה"כ ההשפעה הסביבתית בקטגוריה זו). כמוסבר ברקע, ההשפעה נמדדת בעלויות כלכליות בדולרים של אספקת המשאב, תוך התבססות על העיקרון של עלות שולית גדלה. לדוגמה, דלדול במשאבי הדלק בעולם יחייב קידוח במקומות שבהם הדלק פחות זמין, וכתוצאה לגידול בעלויות הקידוח. באופן צפוי, השימוש בדלק, גז טבעי ופחם הם התורמים הגדולים ביותר להשפעה בשני סוגי הגידולים. בגידול תפוחי עץ קונבנציונליים, תהליך החיפוי בפוליאיתילן והשימוש באשלגן לדישון תורמים באופן להשפעה; ואילו בגידול האורגני, כמעט כל התהליכים הרלוונטים קשורים ישירות לשימוש באנרגיה.

**טבלה 7. התרומה של תהליכי ייצור שונים להשפעה על משאבי אנרגיה מתכלים לטון גידול תפוחי עץ (לפי ערך דולרי; בנקודת חיתוך 1%)**

<b>Process</b>	<b>Conventional</b>	<b>Organic</b>
Total of all processes	2082.73	3798.45
Remaining processes	192.2	1968.52
Crude petroleum and natural gas	1403.66	1350.96
Coal	307.44	304.11
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant	74.88	116.36
Petroleum refining	57.54	58.5
(Fertiliser (K	47.01	x

בטבלה 8 מוצגת התרומה של תהליכי הייצור השונים להשפעה בקטגוריה הספציפית של השפעת שינוי האקלים הגלובלי על בריאות האדם, בנקודת חיתוך של 1%. הנתונים בטבלה זו ובטבלה הבאה אחריה מוצגים במונחי DALY: Disability Adjusted Life Years, המייצגים ירידה פוטנציאלית במספר ימי תוחלת החיים הממוצעת. בגידול תפוחי עץ קונבנציונליים, השימוש בשירותי השמל בכל תהליכי הייצור, השימוש בעץ ובמוצרי נייר לאריזה, ואחזקת רשת ההשקיה תורמים ביותר להשפעה בקטגוריה זו. בגידול האורגני, השימוש בקומפוסט מסביר 68% מסה"כ ההשפעה הסביבתית בקטגוריה זו. בחינת התרומה של תהליכי הייצור להשפעה בקטגוריה של השפעת האקלים הגלובלי על המערכת האקולוגית מראה תמונה דומה בעיקרון.

בטבלה 9 מוצגת התרומה של תהליכי הייצור השונים להשפעה בקטגוריה הספציפית של יצירת חלקיקים מרחפים באויר והשפעתם על בריאות האדם, בנקודת חיתוך של 1%. בגידול תפוחי עץ קונבנציונליים, השימוש בעץ הוא הגורם העיקרי להשפעה בקטגוריה זו; ואילו בגידול האורגני, השימוש בקומפוסט הוא הגורם העיקרי להשפעה, ולאחריו, בהפרש ניכר, השימוש בעץ.

**טבלה 8. התרומה של תהליכי ייצור שונים להשפעת שינוי האקלים הגלובלי על בריאות האדם לטון גידול (ביחידות DALY; בנקודת חיתוך 1%)**

<b>Process</b>	<b>Conventional</b>	<b>Organic</b>
Total of all processes	5.54E-004	2.62E-003
Remaining processes	1.66E-004	2.22E-003
(Electric services (utilities	8.51E-005	8.40E-005
.Wood containers, n.e.c	4.67E-005	4.67E-005
Blast furnaces and steel mills	3.60E-005	3.66E-005
Sanitary services, steam supply, and irrigation systems	3.53E-005	5.27E-005
Paper and paperboard mills	2.90E-005	2.89E-005
Paperboard containers and boxes	2.78E-005	2.78E-005
Crude petroleum and natural gas	1.71E-005	1.64E-005
Trucking and courier services, except air	1.70E-005	1.74E-005
.Pesticides and agricultural chemicals, n.e.c	1.51E-005	6.10E-007
(Fertiliser (K	1.16E-005 x	
Packaging machinery	1.04E-005	1.04E-005
Sawmills and planing mills, general	8.11E-006	8.12E-006
Industrial inorganic and organic chemicals	7.80E-006	5.87E-006
Agricultural, forestry, and fishery services	7.70E-006	1.09E-005
Refrigeration and heating equipment	7.38E-006	7.38E-006
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant	7.32E-006	1.14E-005
Petroleum refining	6.49E-006	6.60E-006
Air transportation	6.02E-006	6.04E-006
Lignite, burned in power plant	5.70E-006	1.93E-005

**טבלה 9. התרומה של תהליכי ייצור שונים לזיהום אוויר מחלקיקים לטון גידול תפוחי עץ (ביחידות DALY; בנקודת חיתוך 1%)**

<b>Process</b>	<b>Conventional</b>	<b>Organic</b>
Total of all processes	0.000338	0.000890
Remaining processes	0.000088	0.000161
Compost, at plant	x	0.000430
.Wood containers, n.e.c	0.000108	0.000108
Forestry products	0.000028	0.000028
Agricultural, forestry, and fishery services	0.000018	0.000025
(Electric services (utilities	0.000022	0.000021
New highways, bridges, and other horizontal construction	0.000019	0.000019
Paper and paperboard mills	0.000018	0.000018
Transport, municipal waste collection, lorry 21t	0.000000	0.000016
Heavy fuel oil, burned in industrial furnace	0.000000	0.000013
Iron ore, 46% Fe, at mine	0.000004	0.000011
Sawmills and planing mills, general	0.000010	0.000010
Greenhouse and nursery products	0.000008	0.000010
Sanitary services, steam supply, and irrigation systems	0.000006	0.000010
Feed grains	0.000010	0.000009

ג.2.1. ניתוח תרשימי זרימה של תרומת תהליכי הייצור

בניתוח ראשוני מצאנו שעצם הסבת הקרקע לשימוש חקלאי היא הגורם המרכזי, התורם 99.7% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות בגידול משמש קונבנציונלי ו-99.9% מההשפעות בגידול משמש אורגני. יש לציין שהחישוב נעשה על סמך מאגרי מידע אירופאיים של השפעת השימוש בקרקע, ומתבסס על הסבת קרקע משטח טבעי (ובאירופה במקרים רבים מדובר בשטח מיועד) לשטח חקלאי מעובד. להערכתנו ההשפעה הסביבתית של הסבת קרקע לשימוש חקלאי בארץ נמוכה יותר, משום שהשטח בדרך כלל אינו מוסב משטח מיוער, ובמקרה של הסבה לגידול מטעים ייתכן אף שקיימת הסבת משטח קוצים או כיסוי נמוך אחר לגידול עצים. לשימוש במים שפירים, לעומת זאת, קיימת השפעה מינימלית ביותר על התוצאות. להערכתנו במקרה זה התוצאות מוטות כלפי מטה, משום שההשפעה הסביבתית של השימוש במים בארץ גדולה מההשפעה של השימוש במים להשקיה באירופה, עקב המחסור המשמעותי במים בארץ. עקב הקושי בהסקה מתוצאות הניתוח לגבי המצב בארץ, המשך הניתוח בסעיפים הבאים התבסס על ניתוח תהליכי הייצור בלבד, ללא השימוש במשאבי קרקע ומים.

איור 8 מציג את תרשים הזרימה של תרומת תהליכי הייצור השונים להשפעות הסביבתיות של הגידול הקונבנציונלי, בנקודת חיתוך של 9%. (כלומר, רק תהליכים התורמים לפחות 9% מסה"כ ההשפעה מוצגים באיור). התרשים מראה את התרומה של קטגוריות הייצור העיקריות, באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית לפי קטגוריה. ההשפעה מוצגת במספרים (באחוזים מסה"כ) ובאופן גרפי בצורת "מדחום" בצד ימין של כל קטגוריה, המציג את החלק של אותה קטגוריה מסה"כ. כל קטגוריה מחולקת לתת-קטגוריות ייצור בתרשים הזרימה, בציון התרומה של כל תת-קטגוריה לסה"כ. כל תת-קטגוריה כזו מחולקת לתת-קטגוריות משל עצמה, וכן הלאה.

מניתוח מפורט יותר של התרשים, בנקודת חיתוך של 2% מסה"כ ההשפעות (התרשים המפורט אינו מוצג כאן עקב גודלו), ניתן לראות שסעיף ה"כלליות" הוא הגורם המרכזי, התורם 51% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות. ההשפעה נובעת בעיקר עקב השימוש בחומרי אריזה, התורם בפני עצמו כ-30% מסך ההשפעות הסביבתיות של הגידול, בעיקר עקב השימוש בעץ כחומר גלם לייצור הקרטונים לאריזה. ברמת ההוצאות הכלליות, השימוש בחומרי עזר תורם כ-9% מההשפעות הסביבתיות (הערכה זו כללית ביותר, כאמור, מכיוון שהתבססה על שימוש כללי בכימיקלים, ללא מידע על החומרים הספציפיים). השימוש ברכב, בהיקף של 100 ק"מ לדונם לשנה, תורם כ-5% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות.

השימוש בדשנים וחומרי הדברה תורם 36% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות, וכמחצית מההשפעה בקטגוריה זו נובעת מהשימוש בחנקן לדישון. השימוש באשלגן לדישון תורם כ-3% מההשפעות הסביבתיות, בעוד שהשפעות השימוש בזרחן ובברזל נמוכות יחסית. השימוש ב-Dinitroamiline (שימש בניתוח כחומר הפעיל בשמן התעוררות) הוא הגורם העיקרי להשפעה הסביבתית של חומרי הדברה. למרות שהשימוש בשמן התעוררות בפני עצמו נחשב כידודתי לסביבה, והחומר מותר לשימוש גם בגידולים אורגניים. ההשפעה השניה בגודלה בתחום חומרי הדברה נובעת מהשימוש ב-Organophosphorous, שהיקף השימוש בו הוא השני בגודלו, במונחי ק"ג של חומר פעיל (חומר זה משמש כחומר פעיל במספר חומרי הדברה בענף המשמש, כולל כותנין, מזרול, פוספמידין וחומרי הריסוס להדברת זבוב הפירות). ההשפעה הסביבתית של שמן התעוררות נובעת בעיקר מהשימוש באנרגיה לייצור השמן. מכיוון שמדובר בחומר המשמש בכמויות גדולות יחסית לחומרי הדברה אחרים, נדרשת אנרגיה רבה יחסית לייצור כמות החומר המשמשת בגידול, והתוצאה היא השפעה סביבתית גדולה יותר של שמן התעוררות יחסית לחומרי הדברה אחרים. יש לציין שמסקנה זו מתייחסת לחומרי הדברה, אך לא לדשנים – השפעת השימוש בחנקן היא הגבוהה ביותר גם כאשר כמות החנקן בשימוש נמוכה מכמות האשלגן.

סעיף המיכון תורם כ-8% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות, כאשר הגורמים העיקריים הם המיכון בקטיף והמיכון בריסוס חומרי הדברה. ההשפעה הסביבתית של המיכון בתחום חומרי הדברה נובעת מהצורך לרסס מספר פעמים בשנה, דבר המחייב שימוש רב יחסית באנרגיה לעומת השימוש בסוגי מיכון אחרים.

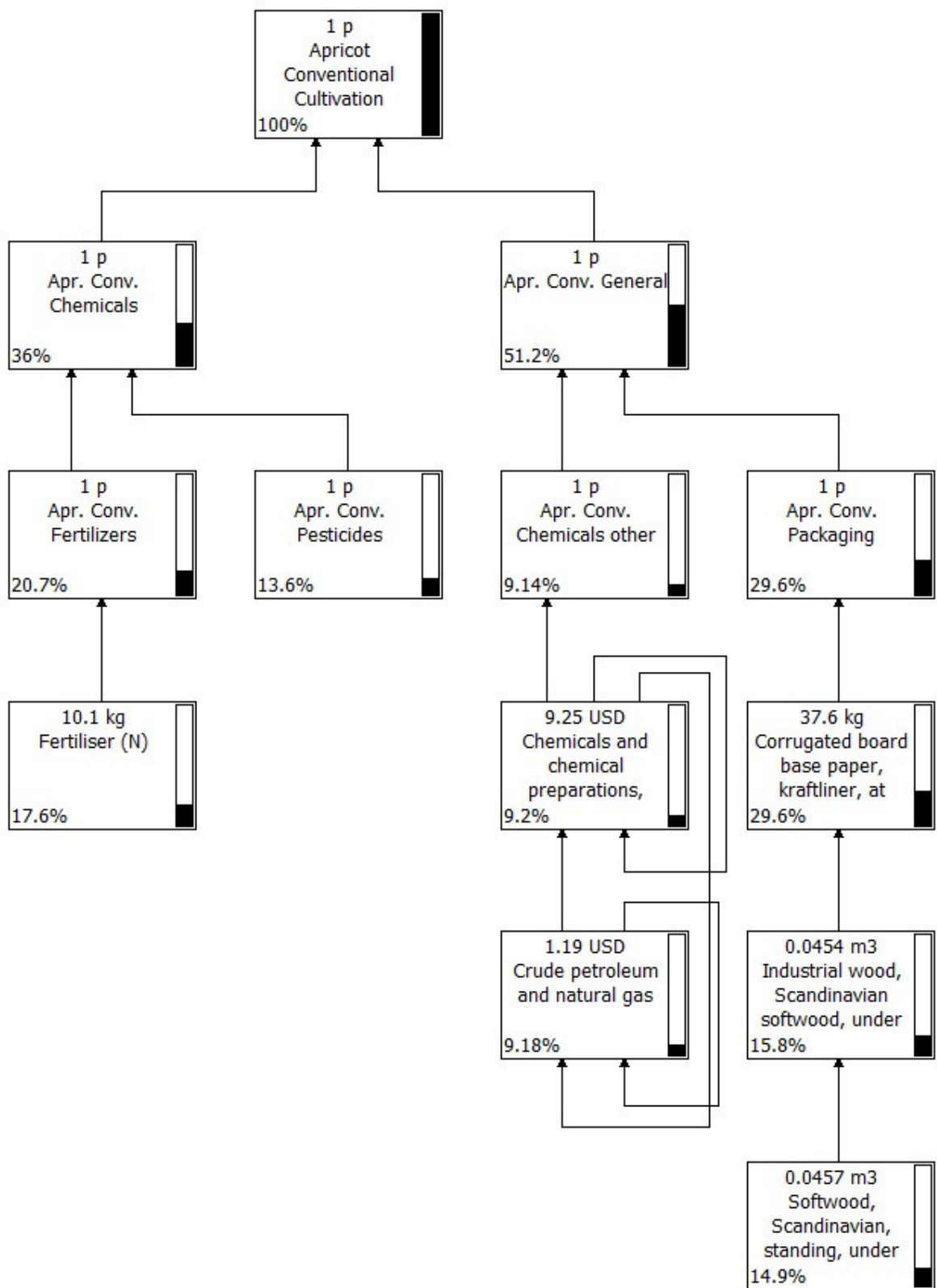
איור 9 מציג את תרשים הזרימה של תרומת תהליכי הייצור השונים להשפעות הסביבתיות של הגידול הקונבנציונלי בתחום בריאות האדם בלבד, בנקודת חיתוך של 9%. כאשר מתרכזים בתחום ההשפעה על בריאות האדם בלבד, נמצא שהשימוש בכימיקלים הופך להיות הגורם המרכזי ביותר, ותורם 49% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות, כאשר השימוש בדשנים, ובעיקר בחנקן, תורם כשליש מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידול, והשימוש בחומרי הדברה תורם כ-13% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות על בריאות האדם (קצת פחות מתרומת השימוש בחומרי הדברה באחוזים לכלל ההשפעות הסביבתיות מכל הסוגים). ההבדל המשמעותי ביותר הוא

בתחום ההשפעה הסביבתית של השימוש בחנקן, המסביר כ- 18% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות באופן כללי, אך כ- 31% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות בתחום בריאות האדם.

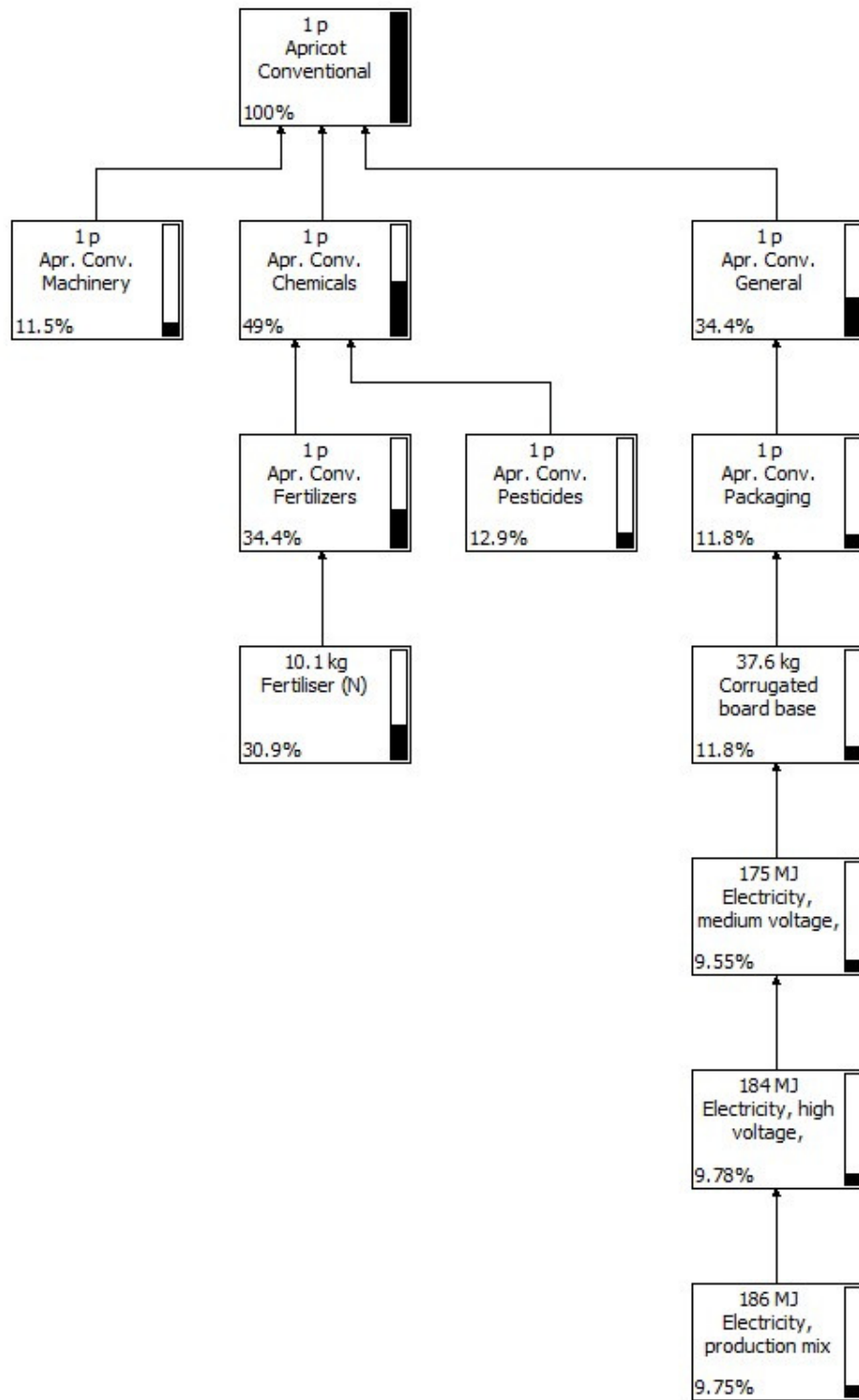
איור 10 מציג את תרשים הזרימה של תרומת תהליכי הייצור השונים להשפעות הסביבתיות של הגידול הקונבנציונלי על המערכת האקולוגית הגלובלית, בנקודת חיתוך של 9%. בתחום זה התמונה מתהפכת, ורוב ההשפעות הסביבתיות (72%) נובעות מתהליכי ייצור בקטגוריה הכללית, כאשר 58% מההשפעות הסביבתיות על המערכת האקולוגית נובעות מהשימוש בחומרי אריזה.

איור 11 מציג את תרשים הזרימה של תרומת תהליכי הייצור השונים להשפעות הסביבתיות של הגידול האורגני, בנקודת חיתוך של 9%. בגידול האורגני סעיף הכלליות תורם 63% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות, לעומת 51% בגידול הקונבנציונלי (איור א'), כאשר השימוש בחומרי אריזה תורם 37% מסה"כ ההשפעות (לעומת 30% בגידול הקונבנציונלי). התרומה היחסית של השימוש בדשנים ובחומרי ההדברה נמוכה יותר, ומסבירה 27% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידול האורגני, לעומת 36% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידול הקונבנציונלי (איור א'). השימוש בחנקן נשאר הגורם העיקרי בהשפעה של שימוש בכימיקלים בגידול האורגני, ומשפיע בעיקר דרך השימוש בחומר "אורגן 3000" כמקור לדשן אורגני.

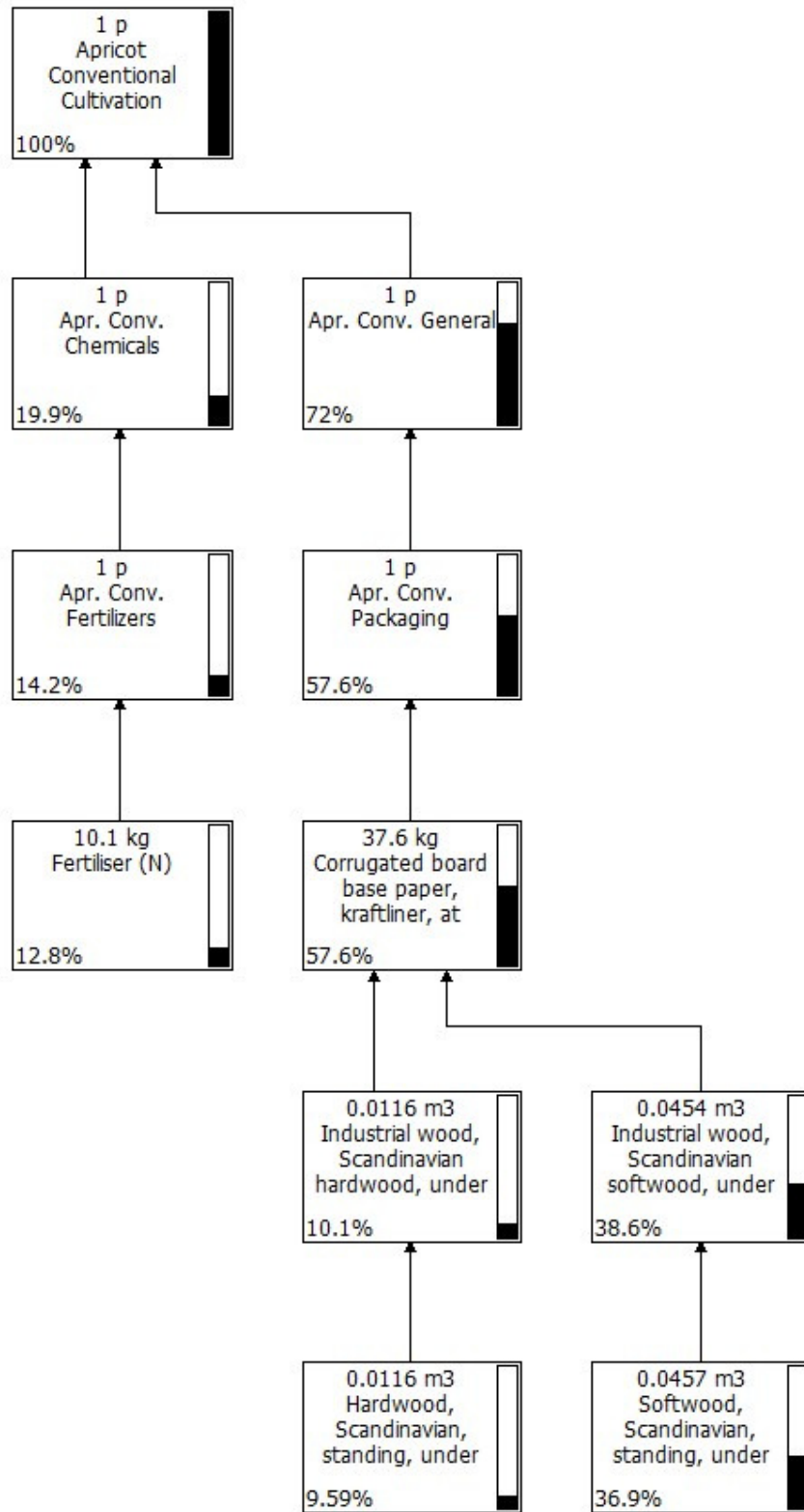
איור 8. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול משמש קונבנציונלי לכלל ההשפעות הסביבתיות (נקודת חיתוך 9%)



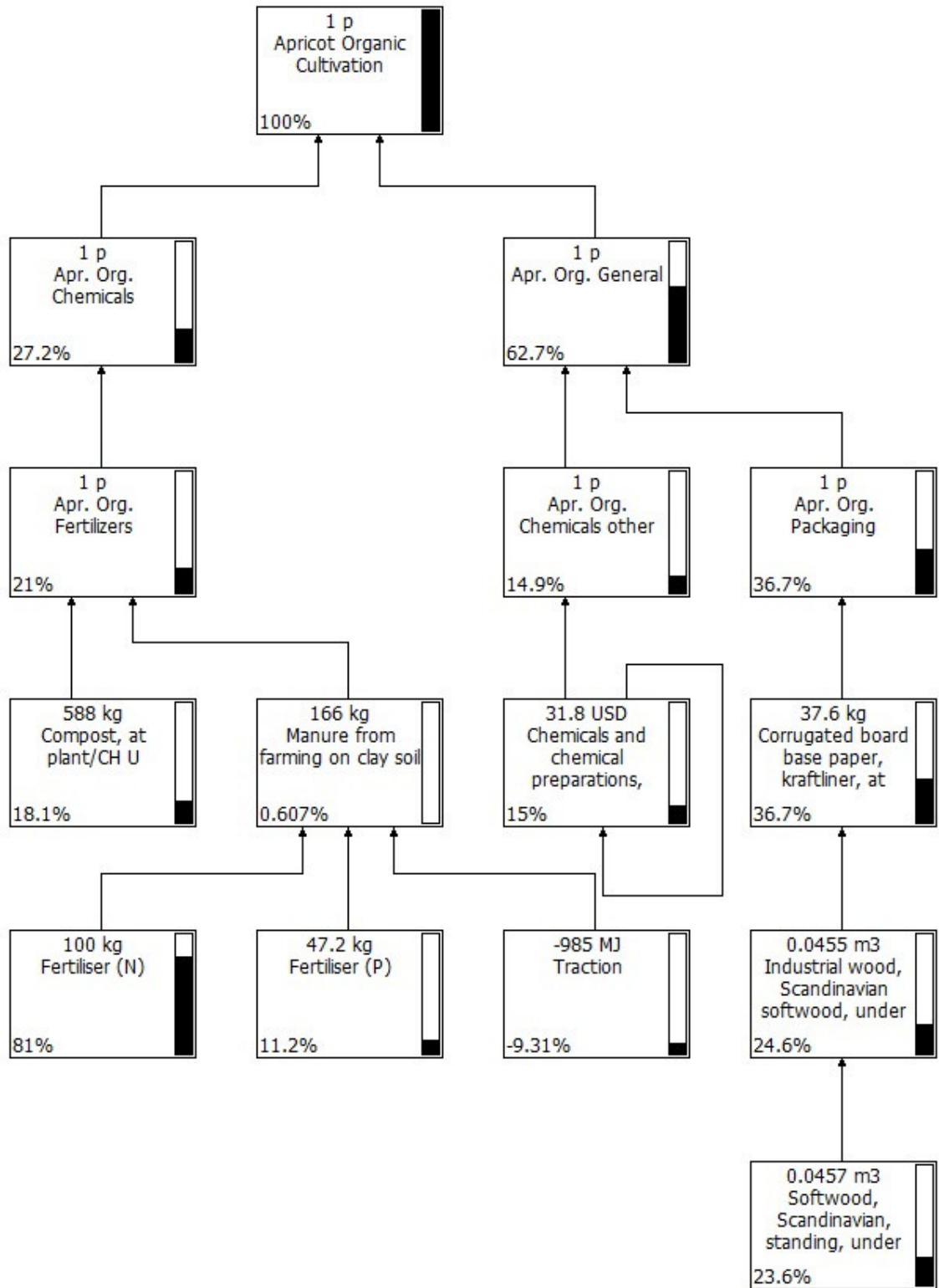
איור 9. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול משמש קונבנציונלי להשפעות על בריאות האדם (נקודת חיתוך 9%)



איור 10. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול משמש קונבנציונלי להשפעה על המערכת האקולוגית (בקודת חיתוך 9%)



איור 11. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול משמש אורגני לכלל ההשפעות הסביבתיות (נקודת חיתוך 9%)





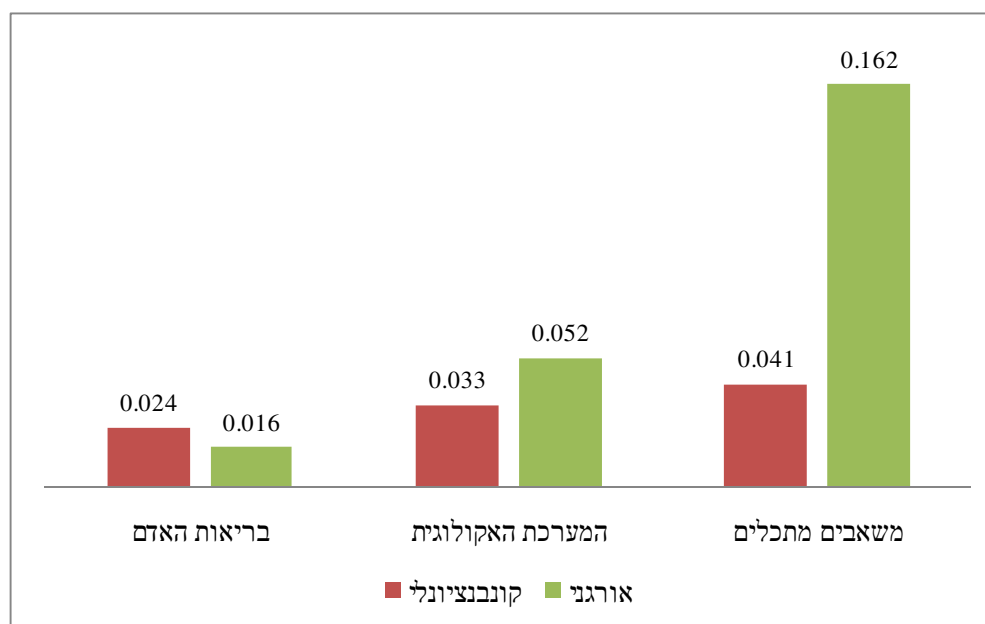
## ג.2. ניתוח השוואתי של גידול קונבנציונלי לעומת אורגני

איור 12 מציג השוואה כללית בין סה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידול הקונבנציונלי והאורגני. ההשוואה היא במונחי ציון משוקלל (בהתאם להסבר בפרק על השיטות) לפי קטגוריה כללית. ההשפעה הסביבתית של הגידול האורגני נמוכה יותר בקטגוריית בריאות האדם, אך גבוהה יותר בקטגוריות של המערכת האקולוגית וניצול משאבים מתכלים. איור 13 מציג את אותם הנתונים במונחים מצטברים על מנת להשוות בין סה"כ ההשפעות הסביבתיות של גידול משמש קונבנציונלי ואורגני. ניתן לראות שההשפעה הסביבתית של טון משמש אורגני גבוהה בהרבה מההשפעה הסביבתית של טון משמש קונבנציונלי, בעיקר עקב הפרשים בניצול משאבים מתכלים לייצור טון יבול. באיור 14 מוצגת ההשפעה לפי קטגוריות ספציפיות, עבור קטגוריות ההשפעה הספציפיות העיקריות (מבחינת סדרי הגודל של ההשפעה). נמצא שההסבר להשפעה הנמוכה יותר של הגידול האורגני בתחום בריאות האדם נובעת מההבדל בתחום ספציפי – יצירת חלקיקים קטנים. הסיבה לכך היא שהשימוש בזבל אורגני לדישון מוריד את רמת הזיהום והצטברות החלקיקים הנוצרים כתוצאה מהפרשות בעלי חיים (איור 15).

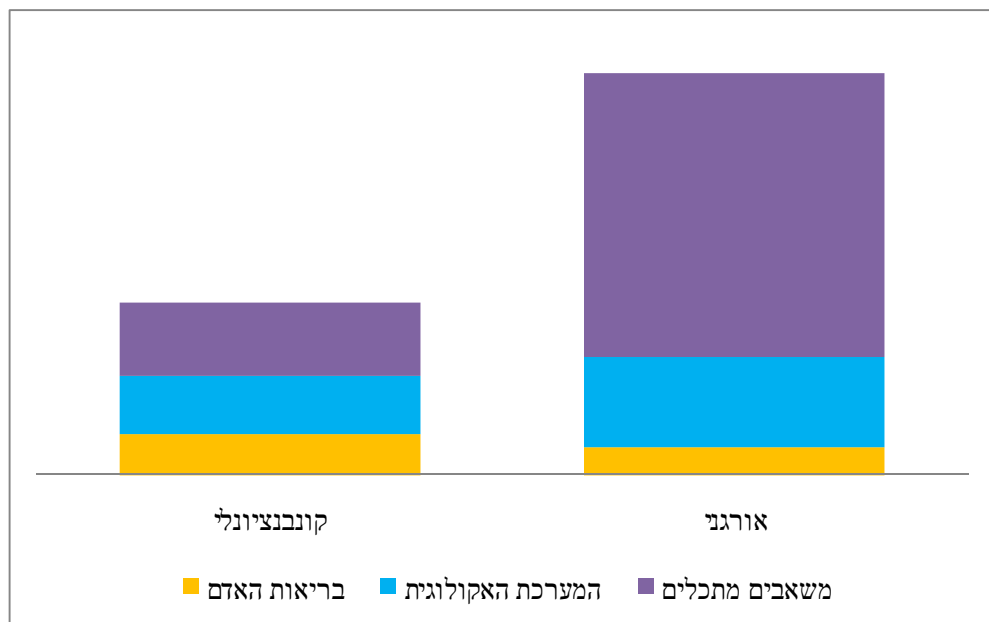
שתי ההשפעות הסביבתיות המשמעותיות ביותר, מבחינת סדר הגודל היחסי, הן ההשפעה על ניצול משאבי אנרגיה מתכלים ושינוי אקלים גלובלי (איור 14). איורים 16 ו-17 מציגים את תרומת תהליכי הייצור השונים להשפעה על ניצול משאבי אנרגיה מתכלים, כאשר התרומה של כל תהליך מוצגת באחוז מסה"כ תרומת כל תהליכי הייצור להשפעה זו. במטרה לבודד את התהליכים המרכזיים בכל תחום השפעה סביבתית, נלקחו בחשבון באיורים אלו רק התהליכים התורמים לפחות אחוז מסה"כ ההשפעה, כאשר התחלקות ההשפעות באחוזים מחושבת מסה"כ התהליכים המופיעים באיור. האיורים ממחישים שבשתי שיטות הגידול השימוש בדלק גולמי ובגז טבעי הם הגורמים בעלי ההשפעה הרבה ביותר, אולם בעוד שבגידול המשמש קונבנציונלי כמעט כל הגורמים המסבירים נובעים מהשימוש הישיר באנרגיה (איור 16), בגידול המשמש האורגני קיימת גם השפעה משמעותית לייצור הדשנים האורגנים והפוליאיתילן לחיפוי (איור 17).

איורים 18 ו-19 מציגים את תרומת תהליכי הייצור השונים להשפעה על שינויים בבריאות האדם הנובעים משינוי אקלים גלובלי, כאשר התרומה של כל תהליך מוצגת באחוז מסה"כ תרומת כל תהליכי הייצור להשפעה זו. איורים אלו כוללים רק את התהליכים התורמים לפחות 3% מסה"כ ההשפעה הסביבתית בקטגוריה זו. בגידול משמש קונבנציונלי (איור 18) נמצא שהשימוש בחנקן לדישון תורם יותר ממחצית ההשפעות הסביבתיות, השימוש ברכב (הקצאת רכב כללית לגידול) תורמת 9% מסה"כ ההשפעה, השימוש במשאבי אנרגיה גולמיים מתכלים תורם 14%, והשימוש באשלגן לדישון, בקרטונים לאריזה ובכימיקלים בקטגוריה "כימיקלים אחרים" תורמים כל אחד 6% - 5% מסה"כ ההשפעה הסביבתית. בגידול משמש אורגני (איור 19) נמצא שהשימוש בחנקן לדישון (כחלק מהדשן האורגני) תורם 60% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות, והקומפוסט והזבל האורגני מסוגים שונים תורמים יחד כ- 87% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של המשמש האורגני בתחום השפעת שינוי האקלים הגלובלי על בריאות האדם.

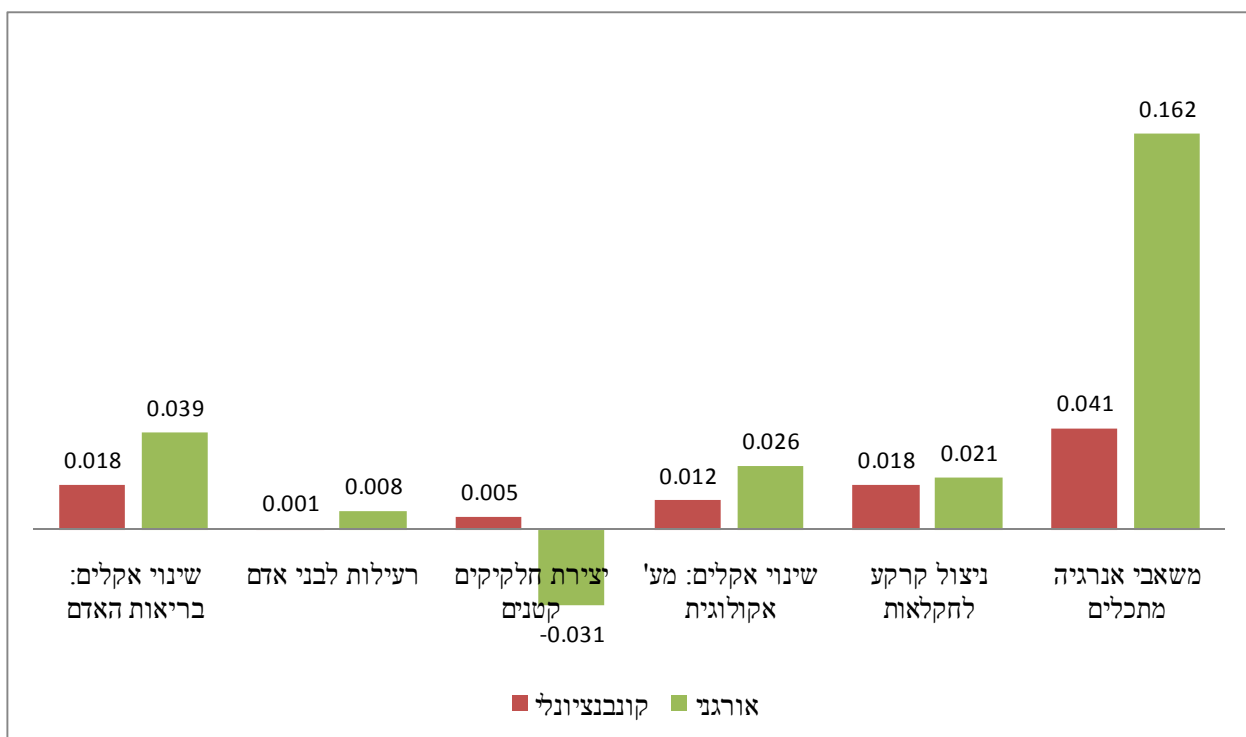
### איור 12. השפעה סביבתית של גידול משמש קונבנציונלי ואורגני לפי קטגורית השפעה סביבתית כללית



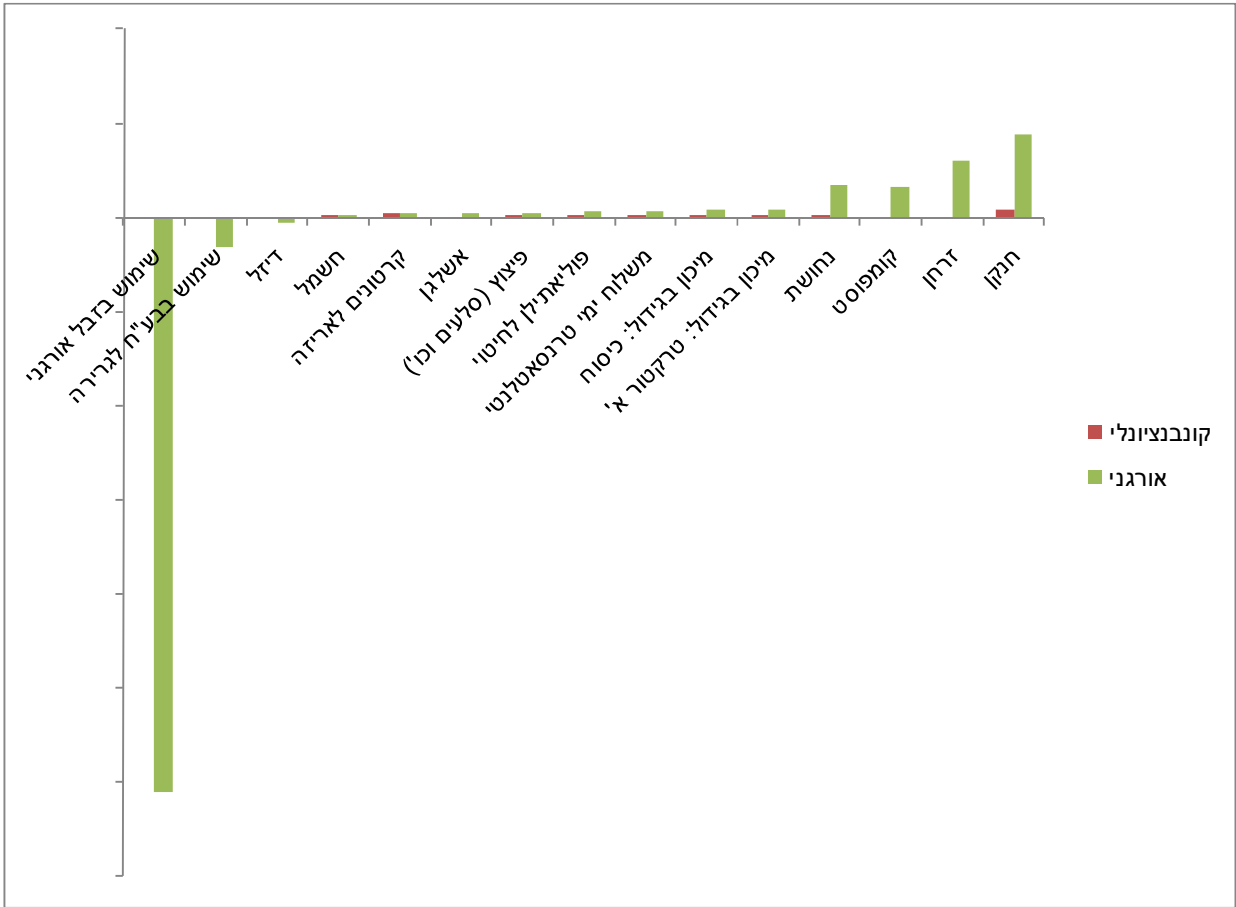
איור 13. סה"כ ההשפעה הסביבתית של גידול משמש קונבנציונלי ואורגני



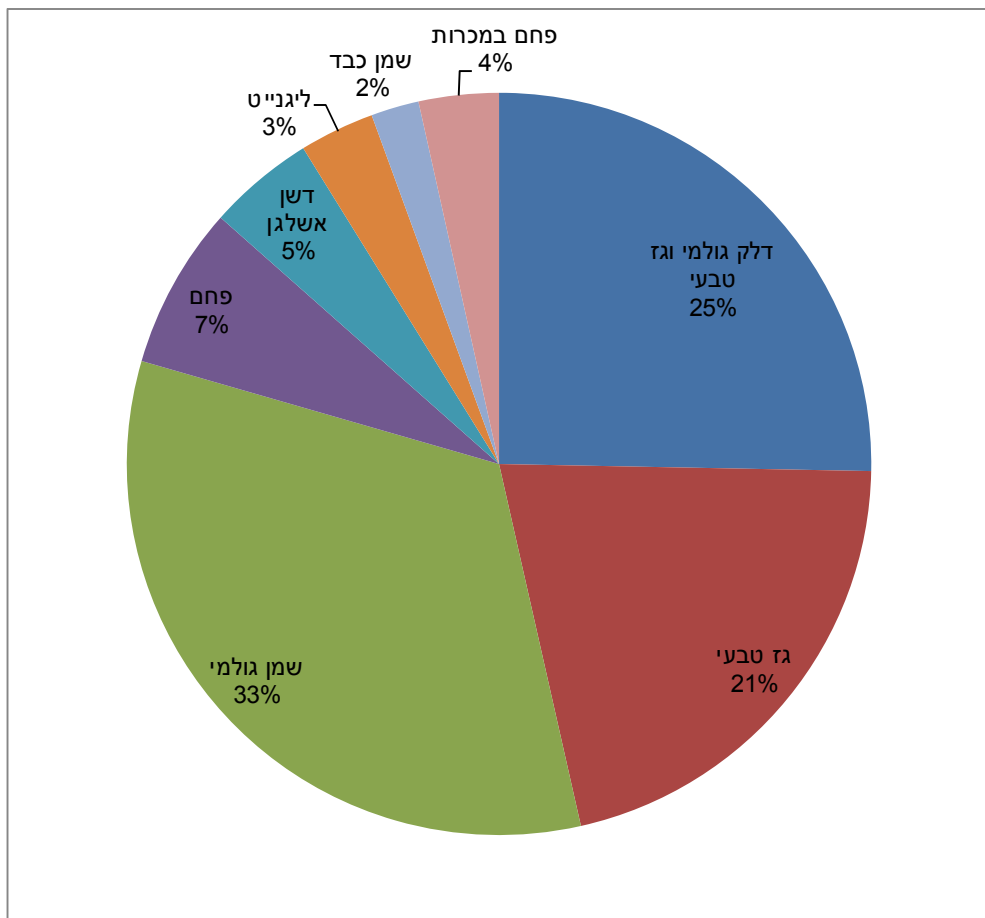
איור 14. ההשפעה הסביבתית של גידול משמש קונבנציונלי ואורגני לפי קטגוריות השפעה



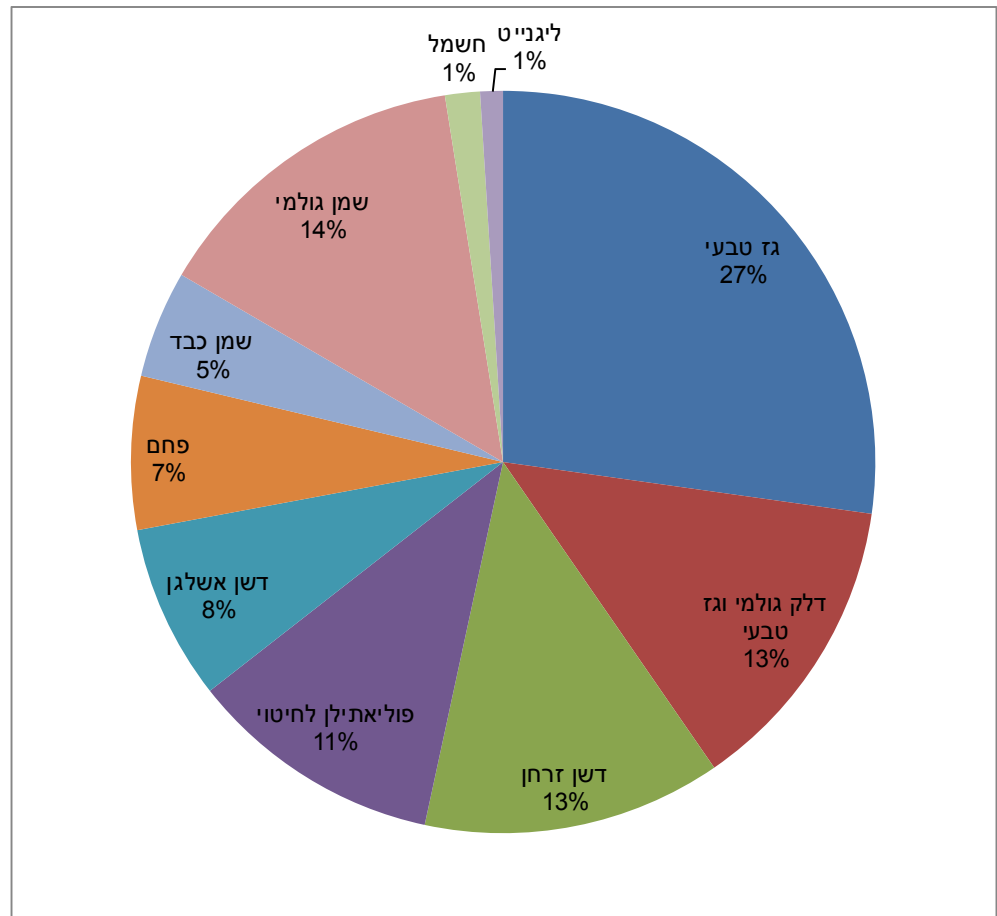
איור 15. תרומת תהליכי ייצור במשמש לפליטת חלקיקים



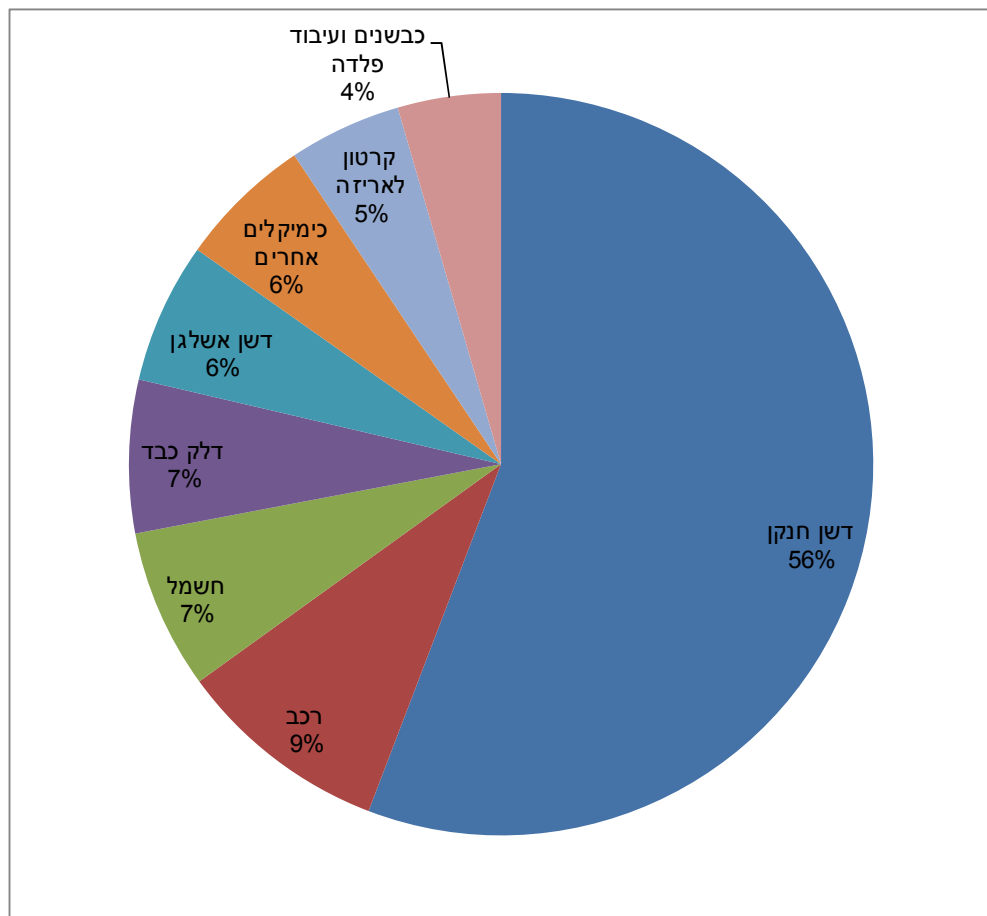
איור 16. תרומת תהליכי ייצור במשמש קונבנציונלי להשפעה הסביבתית על ניצול מינרלים מתכלים באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית של הגידול



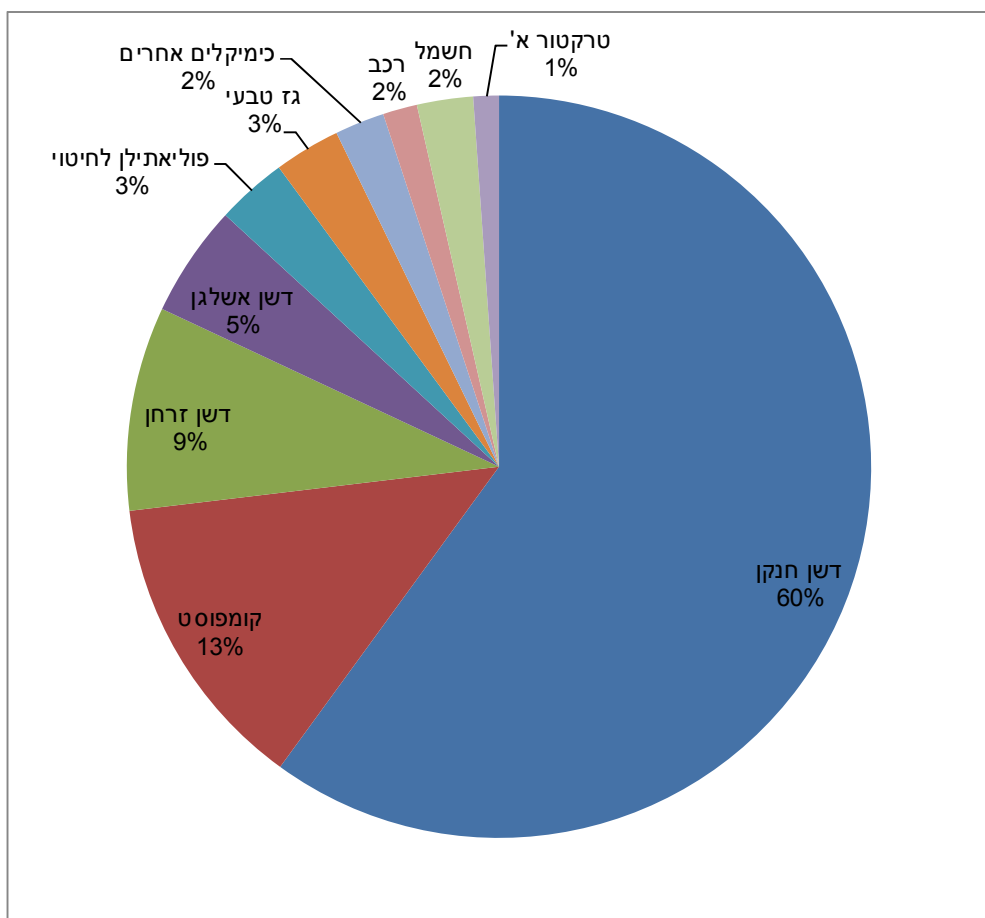
איור 17. תרומת תהליכי ייצור במשמש אורגני להשפעה הסביבתית על ניצול מינרלים מתכלים באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית של הגידול



איור 18. תרומת תהליכי ייצור במשמש קונבנציונלי להשפעה הסביבתית על שינוי אקלים גלובלי – השלכות על בריאות האדם באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית של הגידול



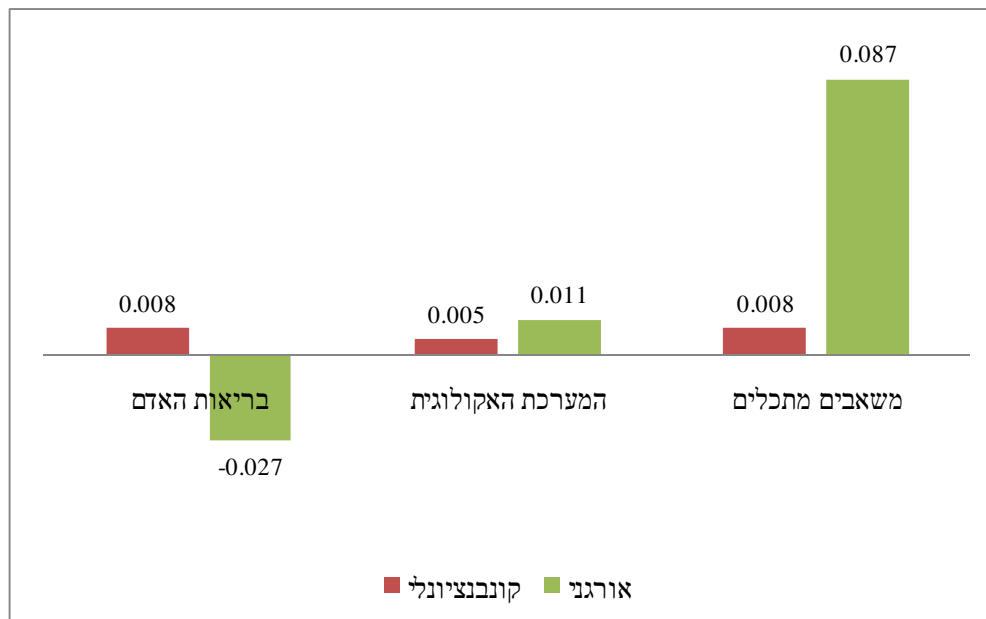
איור 19. תרומת תהליכי ייצור במשמש אורגני להשפעה הסביבתית על שינוי אקלים גלובלי – השלכות על בריאות האדם באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית של הגידול



### ג.2.3. השוואת תהליכי ייצור ספציפיים

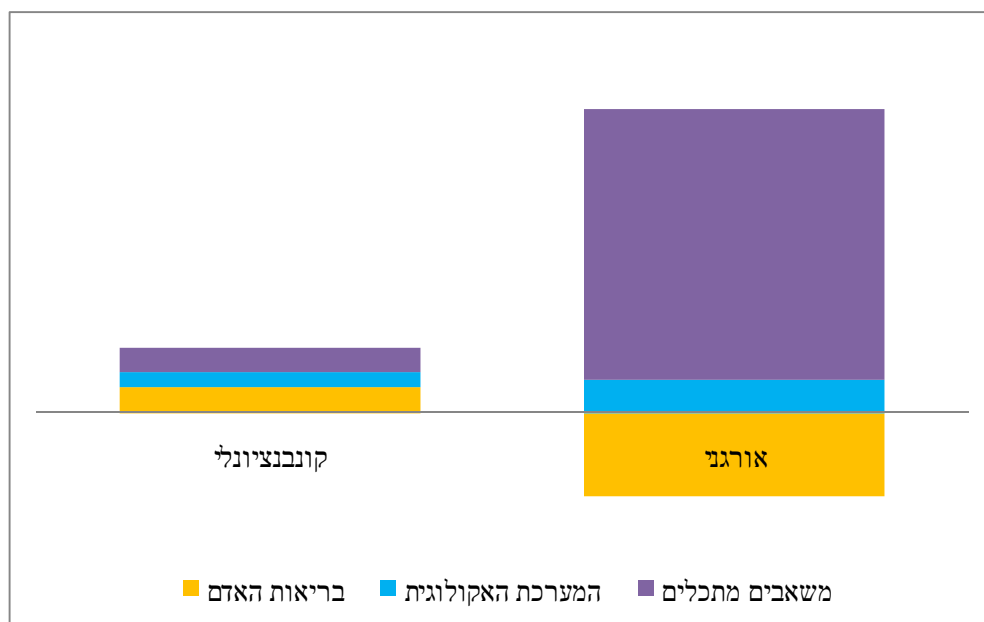
שני האיורים הבאים מציגים את ההשוואה בין הדשנים בגידול הקונבנציונלי לדשנים האורגנים בלבד, ללא התחשבות בשאר התהליכים. איור 20 מציג השוואה לפי קטגוריות כלליות בין סה"כ ההשפעות הסביבתיות של דשנים קונבנציונלים ואורגנים. ההשוואה היא במונחי ציון משוקלל (בהתאם להסבר בפרק על השיטות) לפי קטגוריה כללית. ההשפעה הסביבתית של הדשנים האורגנים נמוכה יותר בקטגוריית בריאות האדם, אך גבוהה יותר בקטגוריית של המערכת האקולוגית וניצול משאבים מתכלים. איור 21 מציג את אותם הנתונים במונחים מצטברים על מנת להשוות בין סה"כ ההשפעות הסביבתיות של שימוש בדשן קונבנציונלי ואורגני. ניתן לראות שההשפעה הסביבתית של שימוש בדשן אורגני גבוהה בהרבה מההשפעה הסביבתית של הדשן הקונבנציונלי.

**איור 20. השפעה סביבתית של שימוש בדשנים קונבנציונלים ואורגנים בגידול משמש לפי קטגוריית השפעה סביבתית כללית**



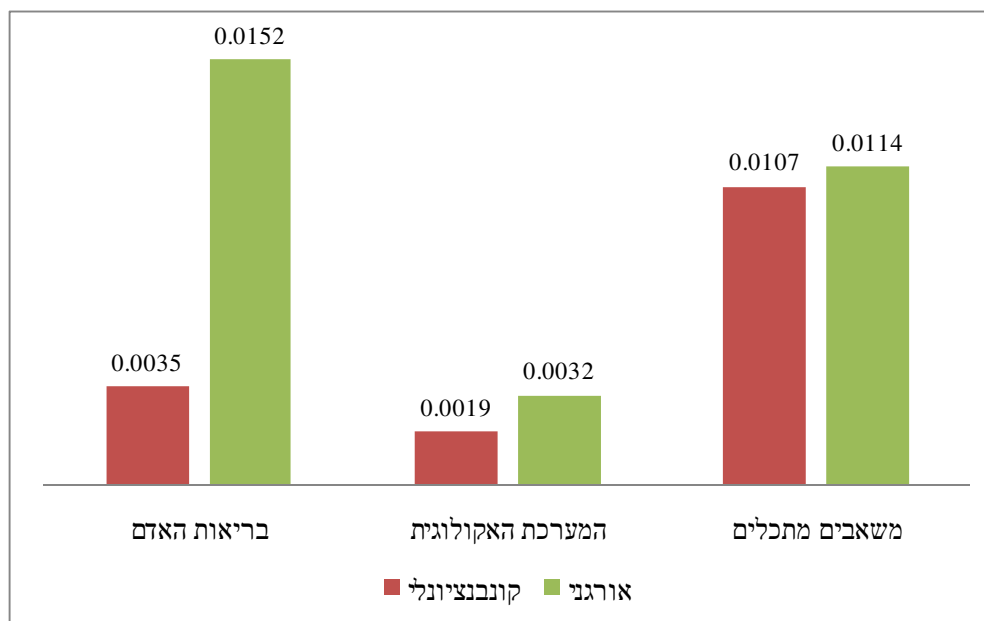


**איור 21. סה"כ ההשפעה הסביבתית של שימוש בדשנים קונבנציונליים ואורגנים בגידול משמש**

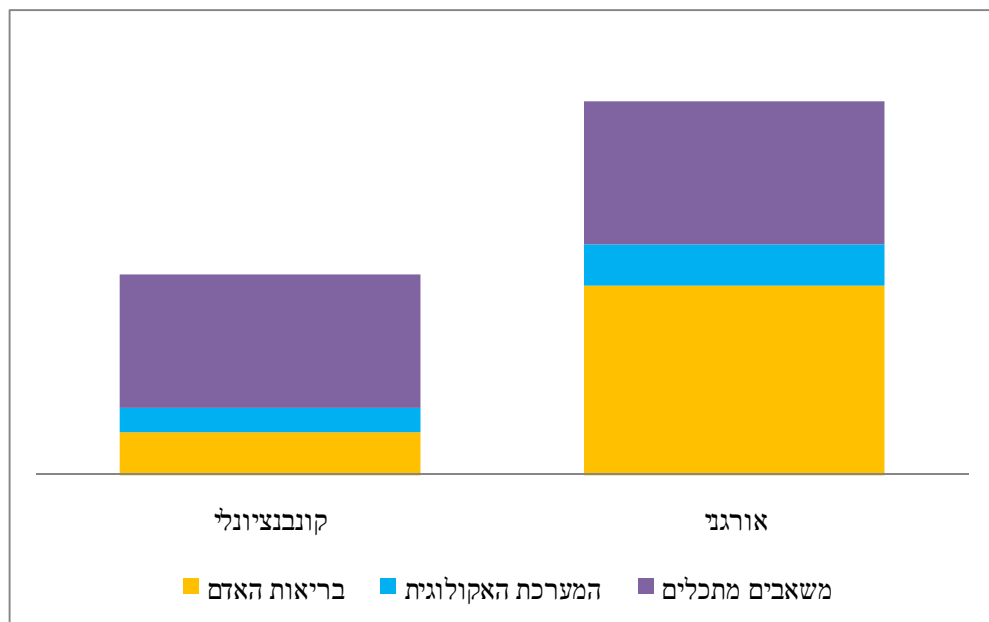


שני האיורים הבאים מציגים את ההשוואה בין השימוש בחומרי הדברה בגידול הקונבנציונלי לדשנים האורגנים בלבד, ללא התחשבות בשאר התהליכים. השימוש בחומרי הדברה בגידול הקונבנציונלי כולל מדברי עשבים ומדברי מזיקים, ואילו בגידול האורגני נכללים מדברי מזיקים בלבד. איור 22 מציג השוואה לפי קטגוריות כלליות בין סה"כ ההשפעות הסביבתיות של חומרי הדברה קונבנציונליים ואורגנים. ההשוואה היא במונחי ציון משוקלל (בהתאם להסבר בפרק על השיטות) לפי קטגוריה כללית. ההשפעה הסביבתית של חומרי ההדברה האורגנים גבוה יותר בכל הקטגוריות. איור 23 מציג את אותם הנתונים במונחים מצטברים על מנת להשוות בין סה"כ ההשפעות הסביבתיות של שימוש בחומרי הדברה קונבנציונליים ואורגנים. ניתן לראות שההשפעה הסביבתית של שימוש בחומרי הדברה אורגנים גבוהה בהרבה מההשפעה הסביבתית של חומרי ההדברה הקונבנציונליים.

**איור 22. השפעה סביבתית של שימוש בחומרי הדברה קונבנציונליים ואורגנים בגידול משמש לפי קטגורית השפעה סביבתית כללית**



איור 23. סה"כ ההשפעה הסביבתית של שימוש בחומרי הדברה קונבנציונלים ואורגנים בגידול משמש



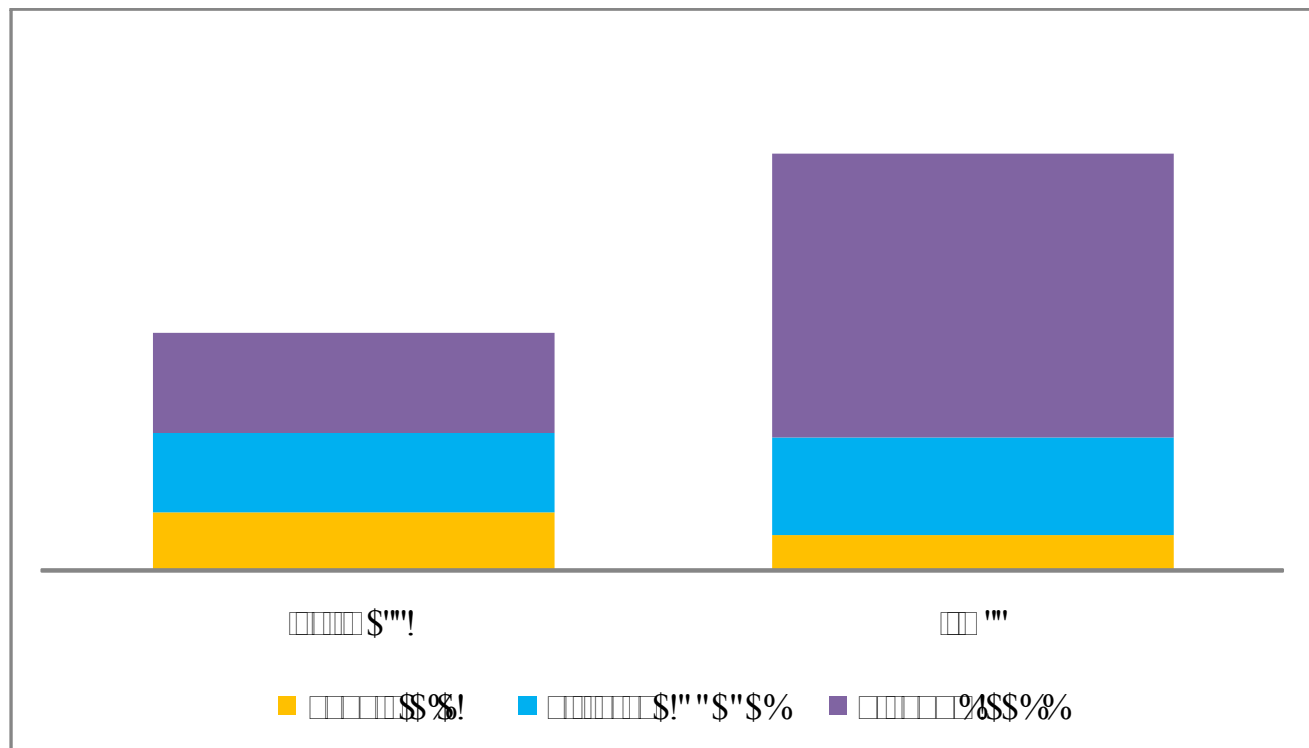
### ג.3. שזיף

ניתחנו גידול של שזיף מוקדם קונבנציונלי ואורגני. סה"כ ההשפעה הסביבתית של השזיף האורגני היא כ-70% יותר מזו של השזיף הקונבנציונלי (איור 24 אם כי בקטגוריה הספציפית של השפעה על בריאות האדם השפעת השזיף האורגני נמוכה יותר (איור 25). התפלגות ההשפעות בקטגוריות המרכזיות דומה בעיקרון לזו שבגידול המשמש (איור 26), אך הפערים בין השזיף האורגני לקונבנציונלי נמוכים יותר, ובתחום ההשפעה על ניצול קרקע חקלאית ההשפעה הסביבתית של שני הגידולים זהה.

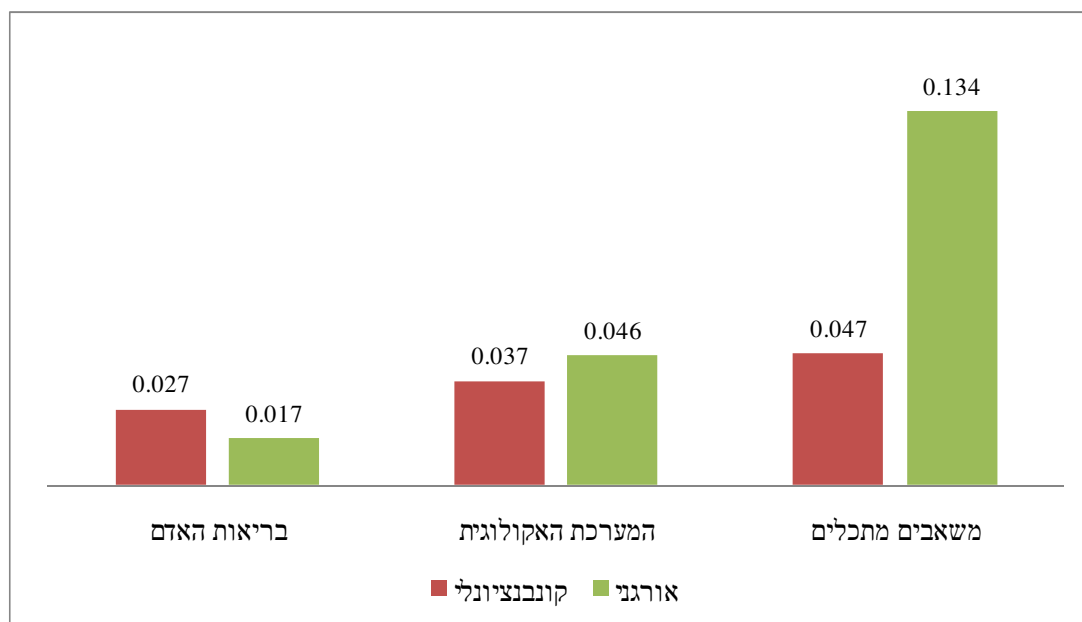
איור 27 מציג את השפעת תהליכי הייצור השונים בגידול שזיף קונבנציונלי ואורגני. התהליכים מוצגים לפי סדר יורד של מידת השפעתם בגידול הקונבנציונלי, ומוצגים כל התהליכים התורמים לפחות 1% מההשפעה הסביבתית באחד משני הגידולים. ההשפעה מוצגת ביחידות של "ניקוד השפעה משוקלל", כמוסבר בסעיף על שיקלול קטגוריות בפרק השיטה. היחידות אינן מוצגות בתרשים מכיוון שמשמעותן היא רק כניקוד כללי המאפשר הצגת קטגוריות שונות על אותו גרף.

בגידול השזיף האורגני, ההשפעה הסביבתית הגדולה ביותר נגרמת מפליטת חנקן במהלך השימוש בקומפוסט ודשן אורגני. ההשפעה השניה בגודלה (והראשונה בגודלה בגידול השזיף הקונבנציונלי) נובעת מהניצול הישיר של אנרגיה מתכלה (השימוש בסוגי אנרגיה במצבם הגולמי בתחילת מחזור החיים שלהם, עוד לפני תהליכי הייצור והעיבוד). בשני התהליכים האלו ההשפעה הסביבתית של גידול טון שזיף אורגני גבוהה מההשפעה הסביבתית של גידול טון שזיף קונבנציונלי. התהליך השני במידת השפעתו הסביבתית בגידול הקונבנציונלי והשלישי בגידול האורגני הוא תהליך השימוש בעץ במצבו הטבעי, ומתייחס לסה"כ ההשפעה של שימוש בעצים מסוגים שונים במסגרת מחזור חיי המוצר. בתחום זה ההשפעה הסביבתית של הגידול הקונבנציונלי גדולה מזו של הגידול האורגני.

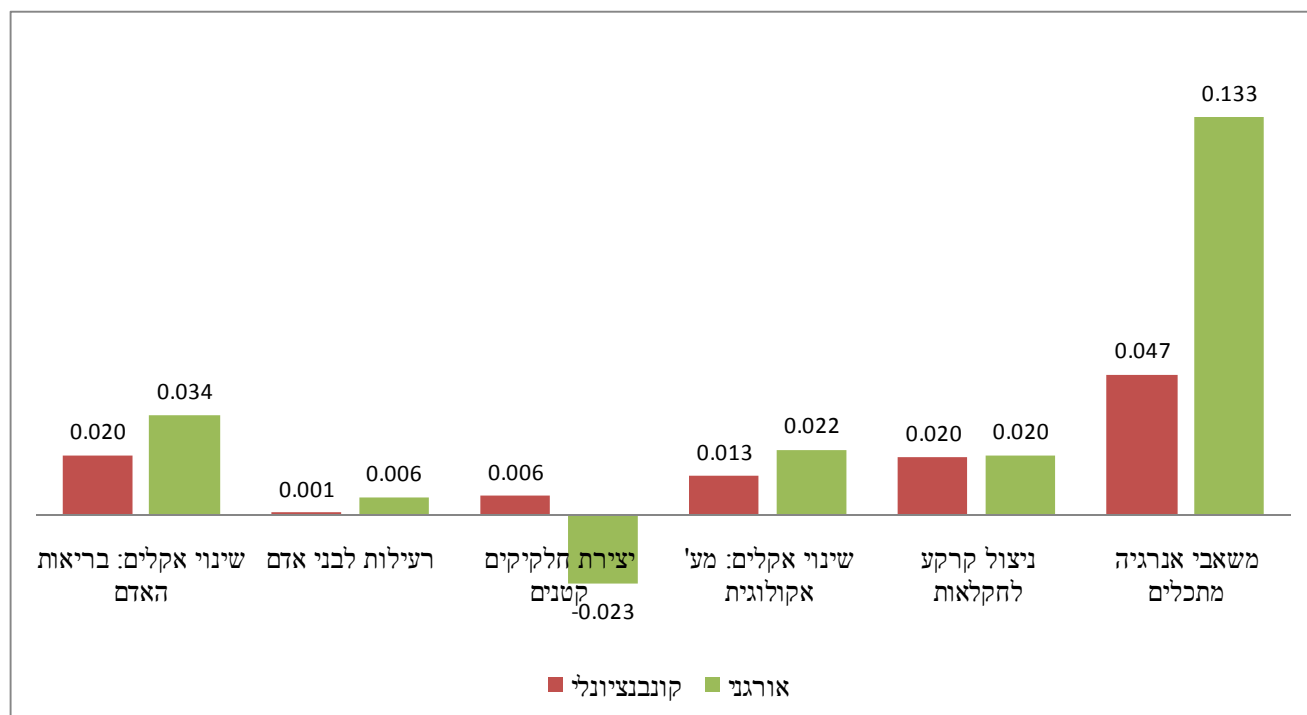
איור 24. סה"כ ההשפעה הסביבתית של גידול שזיף קונבנציונלי ואורגני



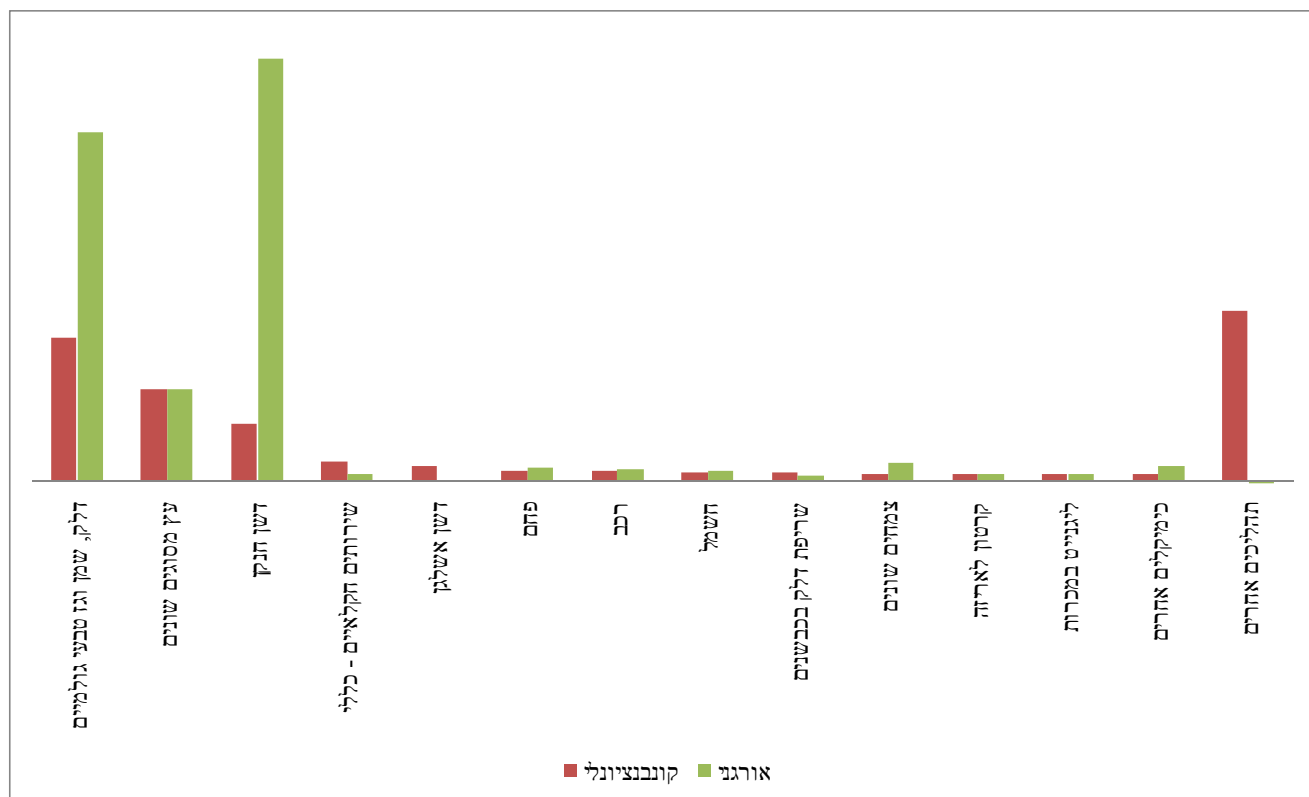
איור 25. השפעה סביבתית של גידול שזיף קונבנציונלי ואורגני לפי קטגוריית השפעה סביבתית כללית



איור 26. ההשפעה הסביבתית של גידול שזיף קונבנציונלי ואורגני לפי קטגוריית השפעה



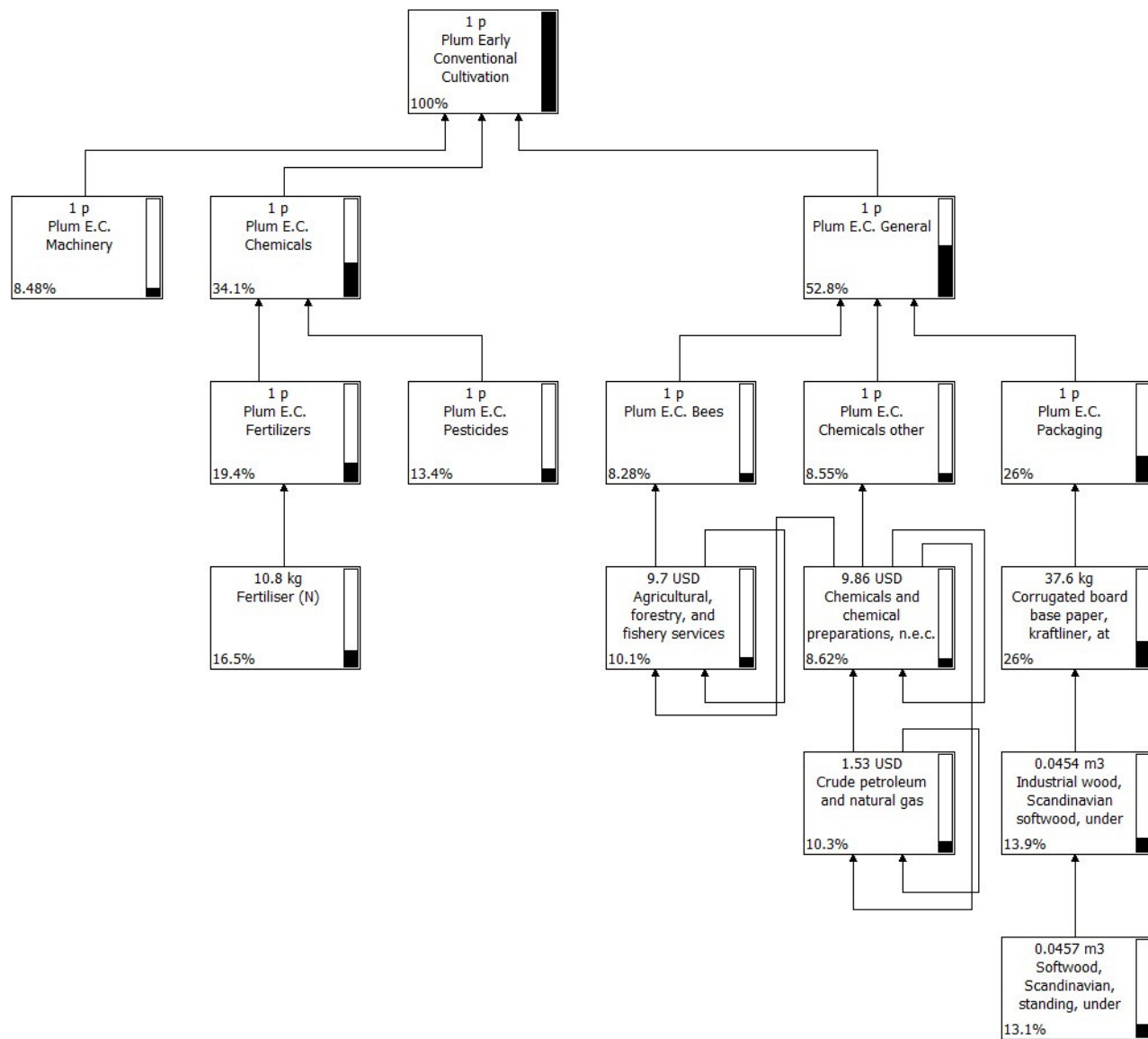
איור 27. תרומת תהליכי ייצור בשזיף מוקדם קונבנציונלי ואורגני לסה"כ ההשפעה הסביבתית של הגידול (נקודת חיתוך 1%)



איורים 28 ו-29 מציגים את תרומת תהליכים שונים להשפעה הסביבתית הכוללת של גידול השזיף המוקדם הקונבנציונלי והאורגני. כמחצית מההשפעה הסביבתית של גידול השזיף הקונבנציונלי (איור 28) נובעת מתהליכים שהוגדרו במודל כ"תהליכים כלליים", ובתוכם התהליך המשמעותי ביותר, התורם בפני עצמו 26% מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידול, הוא תהליך הייצור של הקרטונים המשמשים לאריזת הפרי, בעיקר עקב הצורך בכריתת עצים עבור הייצור. השימוש בכימיקלים בגידול הוא התהליך השני במידת השפעתו (34%), ומחצית מההשפעה של השימוש בכימיקלים נובעת מהשימוש בחנקן לדישון (16.5%). ההשפעה הסביבתית של החנקן נובעת במידה רבה מהשימוש בדלק גולמי בתהליך הייצור; וההשפעה הסביבתית של חומרי ההדברה נובעת במידה רבה מהשימוש בגז טבעי ובחשמל במהלך ייצור החומרים. השימוש במיכון לגידול הוא התהליך השלישי במידת השפעתו (8.5% מסה"כ ההשפעה הסביבתית), כאשר רוב ההשפעה בתחום זה נובעת מהמיכון בקטיפ (5.5%) ומהמיכון בכיסוח (2%).

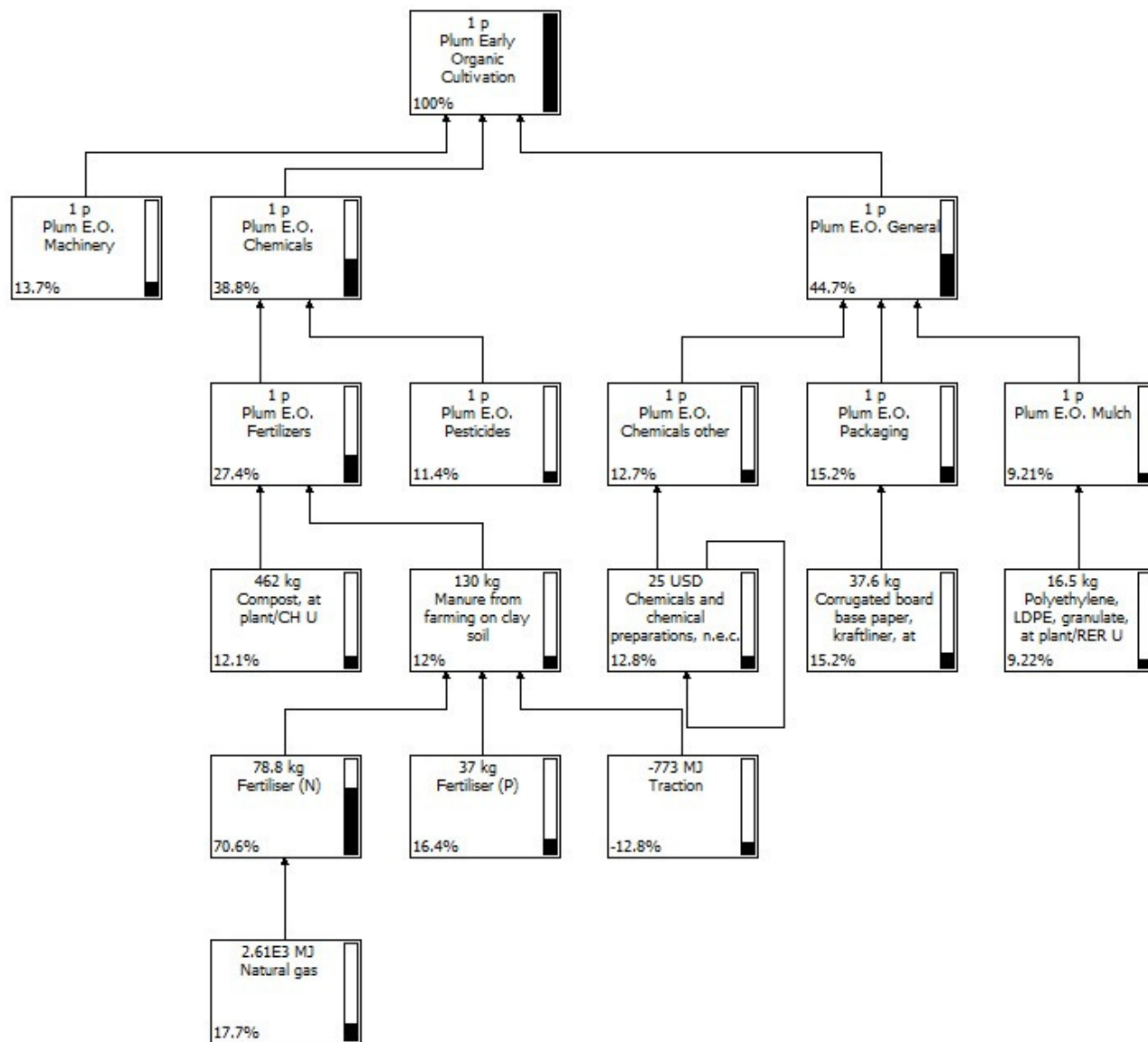
בגידול האורגני (איור 29) החלק של ה"תהליכים הכלליים" בסה"כ ההשפעה הסביבתית הוא כ-45%, כאשר ייצור הקרטונים לאריזה תורם רק 15% מסה"כ ההשפעה, והשימוש בכימיקלים אחרים ובפוליאיתילן לחיפוי מסבירים חלק גדול משאר ההשפעה בקטגוריה זו. יש לציין שההשפעה הסביבתית של ייצור הקרטונים זהה בגידול הקונבנציונלי והאורגני בהגדרה, מכיוון שהנחנו במודל כמות זהה של חומרי אריזה לטון שזיפים קונבנציונליים ואורגנים. האחוז הנמוך יותר של ההשפעה בגידול האורגני נובעת מההשפעה הגבוהה יותר של תהליכי הייצור האחרים בטון שזיפים אורגנים מאשר בטון שזיפים קונבנציונליים. השימוש בכימיקלים הגידול הוא התהליך השני במידת השפעתו (39%), כאשר חלק גדול מהשפעת תחום זה נובעת מתהליכי ייצור הקומפוסט ומהשימוש בזבל אורגני. רוב ההשפעה של השימוש בזבל אורגני קשורה למרכיב החנקן בדישון. רוב ההשפעה של תחום חומרי ההדברה נובע מהשימוש בקוצייד. השימוש במיכון לגידול הוא התהליך השלישי במידת השפעתו (14%). יש לציין שהשימוש במיכון לגידול דומה בדונם גידול קונבנציונלי ואורגני, וההשפעה הסביבתית הגבוהה ביותר של הגידול האורגני בתחום זה נובעת מההבדל ביכול לדונם, הגורם להשפעה סביבתית גדולה יותר בטון מוצר אורגני.

איור 28. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול שזיף קונבנציונלי לכלל ההשפעות הסביבתיות (נקודת חיתוך \* (8%



\* התרשים מראה את התרומה של קטגוריות הייצור העיקריות, באחוזים מסה"כ ההשפעה הסביבתית לפי קטגוריה. ההשפעה מוצגת במספרים (באחוזים מסה"כ) ובאופן גרפי בצורת "מדחום" בצד ימין של כל קטגוריה, המציג את החלק של אותה קטגוריה מסה"כ. כל קטגוריה מחולקת לתת-קטגוריות ייצור בתרשים הזרימה, בציון התרומה של כל תת-קטגוריה לסה"כ. כל תת-קטגוריה כזו מחולקת לתת-קטגוריות משל עצמה, וכן הלאה.

איור 29. תרשים זרימה של תרומת תהליכי הייצור של גידול שזיף אורגני לכלל ההשפעות הסביבתיות (נקודת חיתוך 9%)



## ד. סיכום ומסקנות

מניתוח ההשפעות הסביבתיות של גידול משמשים, שזיפים ותפוחי עץ נמצא באופן עקבי שההשפעה הסביבתית של טון פרי אורגני גבוהה מההשפעה הסביבתית של טון פרי קונבנציונלי. חלק גדול מההפרש נובע מהיבול הגבוה יותר, בטון לדונם, של המטעים הקונבנציונלים, כאשר חלק מהתשומות נשאר קבוע לדונם ללא קשר ליבול.

בניתוח הגורמים בתהליכי הייצור, נמצא שניתן לייחס חלק גדול מההבדל בהשפעות הסביבתיות לתהליכי הייצור של הקומפוסט המשמש לדישון במטעים האורגנים. נראה שההסבר נעוץ בכך שהכמות הפיזית של הקומפוסט גדולה יחסית לכמות הדשנים המשמשים בגידול הקונבנציונלי, במונחי נפח ומשקל כולל של החומרים. לפיכך, נדרשת כמות אנרגיה גדולה יותר בתהליכי הייצור וההובלה של הקומפוסט בשלבים השונים של מחזור החיים מכמות האנרגיה הנדרשת בתהליכי הייצור של הדשנים המשמשים בגידול קונבנציונלי, עבור יחידת שטח גידול זהה.

תחום הקטיפה והאריזה הוא תחום משמעותי יחסית, כאשר המיכון בקטיפה והשימוש בחומרי אריזה בעלי השפעה סביבתית גבוהה יחסית לתחומים אחרים. לשימוש בחומרי אריזה יש השפעה סביבתית משמעותית, בעיקר עקב השימוש בעץ כחומר גלם במהלך ייצור חומרי האריזה. ההשפעות הסביבתיות של מטעים אורגנים וקונבנציונלים דומות בתחום זה, ובבשתי צורות הגידול, ההשפעות הסביבתיות הנגרמות במהלך האריזה והקירור מהוות חלק מרכזי, ובכמה מקרים אף הגדול ביותר, מסה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידול. מכאן נובע שבקביעת סדר עדיפויות להשקעה במחקר לצמצום ההשפעות הסביבתיות של מטעים, בין אם בגידול אורגני ובין אם בגידול קונבנציונלי, יש חשיבות לריכוז מאמצים במחקר בתחום האחסון.

לשימוש בדשנים יש השפעה גדולה יותר מאשר לשימוש בחומרי הדברה, וחלק גדול מהשפעת השימוש בכימיקלים נובעת מהשימוש בחנקן לדישון, במישורין (בגידולים הקונבנציונליים) או בעקיפין (בגידולים האורגנים, דרך השימוש בזבל אורגני). בניגוד לחומרים רבים אחרים, שהשפעתם נובעת מתהליך הייצור של החומר במפעלים הכימיים, לשימוש בחנקן יש השפעה סביבתית ישירה גבוהה יחסית הנובעת מהחומר עצמו, ולכן השפעת השימוש בחנקן גבוהה יותר מהשפעת השימוש בדשנים מסוגים אחרים. השפעת החנקן גבוהה גם בגידולים המתבססים על דשנים אורגנים כגון "אורגן 3000", ולמעשה לא נראה שיש יתרון משמעותי לדישון האורגני.

נמצא שההשפעה הסביבתית של השימוש בחומרי הדברה נובעת בעיקר מהשימוש באנרגיה וחומרים אחרים במפעלים לצורך ייצור החומרים, ופחות מההשפעה הסביבתית של החומרים עצמם. כתוצאה, השימוש בחומר הדברה ידידותיים יותר לסביבה בכמויות גדולות יותר גורם, באופן אירוני, לנזק גדול יותר לסביבה הגלובלית מאשר השימוש בחומרי הדברה פחות ידידותיים לסביבה בכמויות נמוכות יותר. מכיוון שכך, השפעת חומרי הדברה בגידול האורגני גבוהה מהשפעתם בגידול הקונבנציונלי. לדוגמה, בשני הגידולים משתמשים בשמן התעוררות בכמות גדולה, דבר הגורם להשפעה סביבתית משמעותית בשלב ייצור השמן; ומכיוון שהיבול בגידולים האורגנים נמוך יותר, צריכת שמן התעוררות לטון גידול גדולה יותר, וכמות האנרגיה הנדרשת לייצור השמן הנדרש לטון גידול גדולה יותר. לחומרי הדברה יש השפעה נוספת, הנובעת עקב תהליך ריסוס חומרי הדברה, המחייב שימוש במיכון ובאנרגיה בכמות גדולה יחסית, עקב הצורך לרסס מספר פעמים בשנה.

בניתוח גורמי התקורה בתחשיב הגידול בלט חלקו של השימוש ברכב בסה"כ ההשפעות הסביבתיות של הגידולים, בהתבסס על נתוני שה"מ המניחים היקף שימוש של 100 ק"מ לדונם לשנה.

בסיכום, מצאנו שההשפעה הסביבתית של מטעים אורגנים גבוהה מזו של מטעים קונבנציונלים, משום שהיבול לדונם במטעים אורגנים נמוך יותר בעוד שחלק גדול מהתשומות קבוע לדונם. התהליכים בעלי ההשפעה הסביבתית הגדולה ביותר בגידול הם השימוש בחנקן לדישון והשימוש בחומרי אריזה. באופן כללי, כמות החומרים משפיעה יותר מאשר הרכב החומרים, משום שחלק גדול מההשפעה הסביבתית נובע מתהליכי הייצור של חומרי הגלם. באופן ספציפי, בשימוש בחומרי הדברה, כמות החומר חשובה יותר מסוג החומר, משום שההשפעה הסביבתית של חומרי הדברה נובעת בעיקר מהאנרגיה הנדרשת לייצור החומרים ופחות מההשפעות הבריאותיות של החומרים עצמם.

מכך נובע בהשקעה במחקר ופיתוח להפחתת ההשפעה הסביבתית של החקלאות יש לשים דגש על העלאת היבול לדונם כאמצעי המרכזי להפחתת התשומות הנדרשות לטון יבול; להתרכז בייעול תהליך האריזה והאחסון ובשימוש בחומרי אריזה ידידותיים לסביבה; לבחון אפשרויות להפחתת כמות החנקן הנדרשת באמצעות חקלאות מדייקת או בשיטות אחרות; ובתחום ההדברה להתרכז בהפחתת כמות חומרי הדברה ותכיפות הריסוסים. מחקר עתידי מקיף יותר יוכל לנתח את התועלות הסביבתיות הצפויות ממחקרים ספציפיים על מנת להשוות בין השקעות בנושאים ספציפיים העומדים על הפרק.



- חרובי, נ. ושלמהבת, ש. (2008). שיפור השירותים האקולוגיים של ענף החקלאות: ניתוח השוואתי של הנוקים הסביבתיים מכל תשומה בייצור החקלאי וקביעת סדרי עדיפויות להשקעה במחקר כדי לצמצם את הנזק הסביבתי. דו"ח מחקר עבור קרן "נקודת חן", יוני 2008.
- קחל, י. (2009). השפעת המשבר הכלכלי העולמי על הביקוש למזון אורגני, היחידה לחקר שווקים, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, ינואר 2009.
- קחל, י. (2007). השוק העולמי למזון אורגני, היחידה לחקר שווקים, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, אפריל 2007.
- Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. & Lammel, J. (2004a). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy*, 20(3), 247-264.
- Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H. & Lammel, J. (2004b). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy*, 20(3), 265-279.
- Hayashi, K. (2007). Dealing with multiple objectives in agriculture. In: Weintraub, A., Romero, C., Bjørndal, T., Epstein, R. & Miranda, J. (Eds), *Handbook Of Operations Research In Natural Resources*, International Series In Operations Research & Management Science. Springer Publications, US. pp. 17-31.
- Milà i Canals, L., Burnip, G. M. & Cowell, S.J. (2006). □Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2-4), 226-238 .
- de Snoo., G. R. (2006). Benchmarking the Environmental Performances of Farms. *International Journal of LifeCycle Assessment*, 11(1), 22-25.
- Engström, R. (2004). *Environmental Impacts from Swedish Food Production and Consumption*. Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering and Technology, Stockholm, Sweden.
- Haas, G., Wetterich, F. & Köpke, U. (2001). Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1-2), 43-53 .
- Larsson, I. (2003). Possible Benefits from Using LCA in the Agro-Food Chain, Example from Arla Foods. In: *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector*, Proceedings from the 4th International Conference, October 6 – 8, 2003, Bygholm, Denmark. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, DIAS Report, Animal Husbandry, No. 61 .
- Lipson, M. (2009). *Organic Agriculture: Policy Recommendations to the Presidential Transition Team*. Policy Brief (January 2009), Organic Farming Research Foundation, Santa Cruz, CA.
- Mouron, P., Scholz, R.W., Nemecek, T. & Weber, O. (2006). Life cycle management on Swiss fruit farms: Relating environmental and income indicators for apple-growing. *Ecological Economics*, 58, 561-578
- Nemecek, T. & Erzinger, S. (2005). Modelling representative life cycle inventories for Swiss arable crops. *International Journal of LifeCycle Assessment*, 10(1), 1-9 .
- Mulcock, C. (2008). Life Cycle Analysis for NZ Merino Industry – Final Report. Submitted to the Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington, New Zealand. URL: <http://www.maf.govt.nz/sff/about-projects/search/03-105/index.htm>
- ReCiPe (2008). <http://www.lcia-recipe.net>
- Severson, K. & Martin, A. (2009). It's organic, but does that mean it's safer? *The New York Times Online Edition*, March 4, 2009.
- Thomassen M.A., Van Calster K.J., Smits M.C.J., Iepema G.L. & De Boer I.J.M. (2008). Life Cycle Assessment of conventional and organic milk production in The Netherlands. *Agricultural Systems* 96, 95-107.