מרכז טאוב
לחקר המדיניות החברתית בישראל

מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב

ירוק ואפור:
הקשר בין הסביבה הבנויה להימצאות סוכרת בישראל

המחקר נערך בתמיכתה הנדיבה של יד הנדיב

סדרת מחקרי סביבה ובריאות של מרכז טאוב

מחקר מס' 7, ירושלים, כסלו תשפ"ז, נובמבר 2026

מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל

מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל נוסד ב-1982 ביוזמתם של הרברט מ' סינגר, הנרי טאוב וארגון הג'וינט האמריקאי. המרכז ממומן באמצעות קרן צמיתה שהוקמה על ידי קרן הנרי ומרלין טאוב, קרן הרברט ונל סינגר, ג'יין וג'ון קולמן, קרן משפחת קולקר-סקסון-הלוק, קרן משפחת מילטון א' ורוזלין ז' וולף וארגון הג'וינט האמריקאי. המרכז מקבל גם תמיכה שנתית נדיבה מתורמים פרטיים, מקרנות ומפדרציות יהודיות.

מרכז טאוב הוא מכון מחקר על-מפלגתי ובלתי תלוי העורך מחקרים איכותיים בנושאי חברה וכלכלה בישראל. המרכז מציג בפני מקבלי ההחלטות המובילים ובפני כלל הציבור בישראל תמונה רחבה המשלבת בין הממדים החברתיים והכלכליים בהתוויית מדיניות ציבורית. הצוות המקצועי של המרכז ועמיתי המדיניות הבין-תחומיים, הכוללים חוקרים וחוקרות בולטים בתחומם באקדמיה ומומחים ומומחיות מובילים בתחומי המדיניות, עורכים מחקרים מבוססי נתונים בנושאים חברתיים-כלכליים מרכזיים שעל סדר היום במדינה. המרכז מציג ניתוחים אסטרטגיים לטווח ארוך וחלופות מדיניות בפני הציבור ובפני מקבלי ההחלטות על ידי כתבות בתקשורת, תוכנית פרסומים פעילה, כנסים ופעילויות אחרות בישראל ובחו"ל.

הפרסומים של מרכז טאוב הם על דעתם ועל אחריותם של מחבריהם בלבד. אין בהם כדי לחייב את המרכז, את חבר הנאמנים שלו, את עובדיו האחרים ואת התומכים בפעולותיו.

היוזמה למחקר ומדיניות סביבה ובריאות

היוזמה למחקר ומדיניות סביבה ובריאות של מרכז טאוב היא מיזם משותף של הפורום לבריאות וסביבה, יד הנדיב ומרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל. היוזמה עוסקת במחקר יישומי ובקידום מדיניות במגוון נושאים סביבתיים, בהם שינויי אקלים והסביבה הבנויה, איכות האוויר והמים, חשיפה לכימיקלים והטיפול בפסולת, תוך התייחסות מיוחדת להשפעתם על בריאות האוכלוסייה בישראל.

מטרת היוזמה לסייע בקידום המדיניות הציבורית בתחום הסביבה והבריאות באמצעות ביסוס ידע יישומי והנגשתו לקובעי המדיניות ולמקבלי ההחלטות. את פעילות היוזמה מלווה ועדת היגוי המורכבת מאנשי ונשות אקדמיה מובילים המחויבים לקידום ויישום מדיניות אפקטיבית בתחום הסביבה והבריאות בישראל. בוועדת ההיגוי חברים אנשי הוועדה המייסדת של פורום בריאות וסביבה ונציגים של יד הנדיב והנהלת מרכז טאוב.

ראשת היוזמה: ד"ר מאיה שדה, חוקרת בכירה במרכז טאוב.

חברי ועדת ההיגוי: פרופ' דוד ברודאי, ד"ר תמר ברמן, פרופ' איתמר גרוטו, פרופ' חגי לוין, פרופ' מיה נגב, מירה גולן, פרופ' נדב דוידוביץ', פרופ' אבי וייס, פרופ' אלכס וינרב, ניר קידר.

אנא צטטו מחקר זה כך:

שדה, מ', יבין, י' ווינרב, א' (2026). **ירוק ואפור: הקשר בין הסביבה הבנויה להימצאות סוכרת בישראל**. מרכז טאוב לחקר המדיניות חברתית בישראל.
https://doi.org/10.5281/zenodo. 22677263

ירוק ואפור:
הקשר בין הסביבה הבנויה להימצאות סוכרת בישראל

מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב

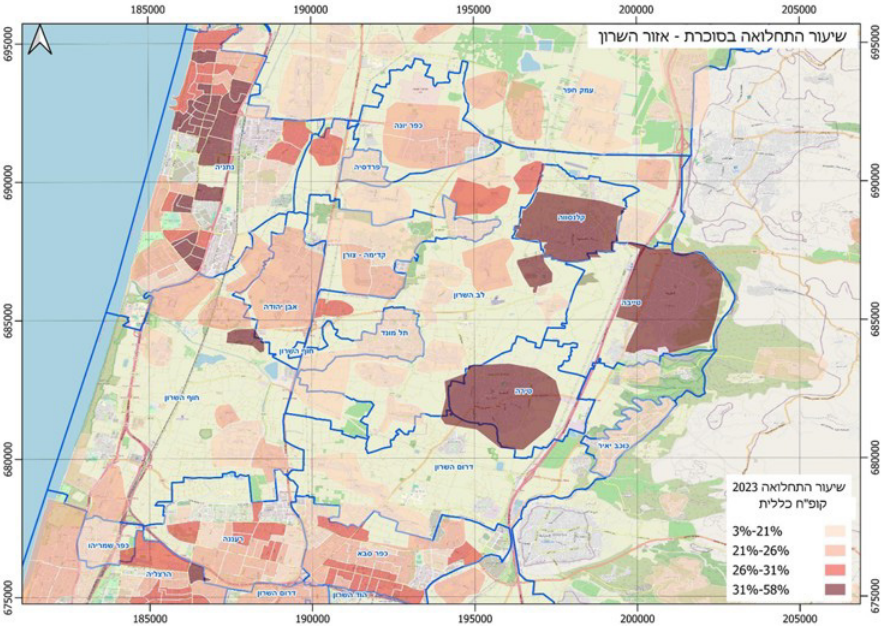
רקע

סוכרת (diabetes mellitus) היא מחלה כרונית הכוללת קבוצה הטרוגנית של הפרעות המאופיינות בהיפרגליקמיה (יתר סוכר בדם) קבועה. למחלה כמה תצורות, הנפוצה ביותר (כ-90% מהחולים) היא סוכרת מסוג 2 (type 2 diabetes mellitus). מאחר שסוג זה של מחלת הסוכרת מושפע מהרגלי פעילות גופנית ותזונה, הקשורים במעמד חברתי-כלכלי, לא מפתיע שהיא מאופיינת בשונות במרחב: הסיכוי שאדם יחלה בסוכרת משתנה בין מדינות, בין ערים ובין יישובים ואף בין אזורים בתוכם (Baker et al., 2015; Cuadros et al., 2021). גם בישראל אפשר לראות הבדלים בשיעורי הסוכרת בין יישובים ובין אזורים בתוך היישובים (איור 1). במפה של אזור השרון הדרומי בישראל ניתן לראות שבעיר נתניה, למשל, שיעור התחלואה בסוכרת משתנה מאזור לאזור, וכי שיעורי התחלואה ביישובים הערביים גבוהים במיוחד.

---

* ד"ר מאיה שדה, חוקרת בכירה וראשת היוזמה למחקר ומדיניות סביבה ובריאות במרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל; יעל יבין, חוקרת במרכז טאוב; פרופ' אלכס וינרב, ראש תחום הדמוגרפיה ומנהל המחקר במרכז טאוב.

איור 1. שיעורי סוכרת מתוקננים חלקית לגיל באזורים גיאוגרפיים סטטיסטיים, אזור השרון הדרומי, 2023

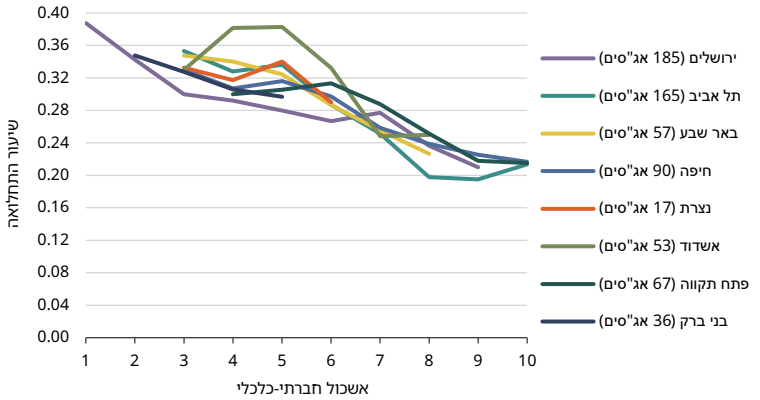


הערה: מספר חולי הסוכרת בכל אזור סטטיסטי מחולק במספר המבוטחים מעל גיל 45 באזור הסטטיסטי.
מקור: שירותי בריאות כללית

המחקר המדעי עוסק רבות בניסיון להבין מה עומד בבסיס ההבדלים המרחביים הללו. בהקשר הישראלי, ההסבר הראשון מייחס את ההבדלים בשיעורי הסוכרת בין אזורים להבדלים במעמד החברתי-כלכלי, בשיעורי העוני, בהכנסה ובהשכלה. ככלל, ברמת הפרט מעמד חברתי-כלכלי נמוך קשור להתנהגויות בריאותיות תת-מיטביות (תזונה לקויה ואורח חיים יושבני) ולשימוש לא מושכל בשירותי בריאות. ברמת הסביבה עשויים להיות הבדלים בנגישות למזון בריא, בחיים בסביבה המאפשרת פעילות גופנית סדירה ובתנאי סביבה המאפשרים הפחתת לחצים נפשיים.

תרשים 1 מראה כי שיעורי התחלואה בסוכרת גבוהים יותר באזורים בעלי ציון נמוך במדד החברתי-כלכלי, גם כשמסתכלים בתוך יישובים.[1] נוסף על כך, ניכרים הבדלים בין היישובים. לדוגמה, באשדוד שיעורי הסוכרת באשכולות 4 ו-5 גבוהים במיוחד, ויורדים בחדות באשכולות 6 ו-7. צניחה דומה בשיעורי הסוכרת, אם כי פחות חדה, מהאשכולות הבינוניים לאשכולות הגבוהים יותר, נצפית בנצרת, בתל אביב, בחיפה ובפתח תקווה.

תרשים 1. שיעור התחלואה הממוצע בסוכרת בקרב מבוטחי כללית לפי אשכול חברתי-כלכלי באזור סטטיסטי, 2023



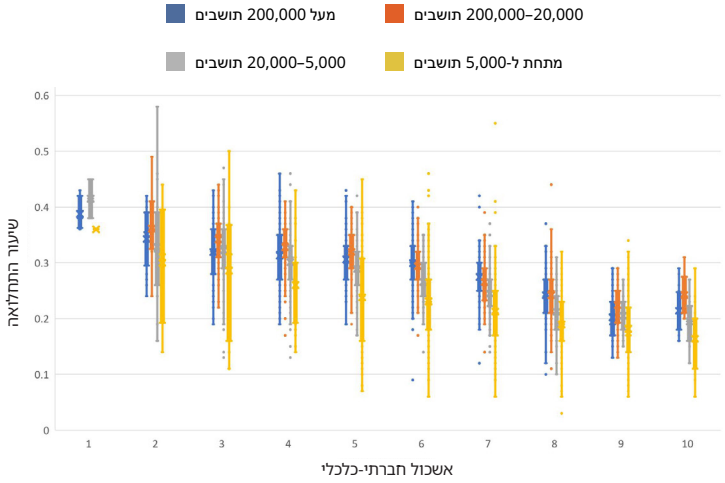
מקור: שירותי בריאות כללית

גודל היישוב קשור גם הוא בשוני המרחבי בשיעורי הסוכרת. תרשים 2 מראה ששיעורי התחלואה הגבוהים ביותר נצפים ביישובים המונים 20,000–200,000 תושבים, וככלל יורדים עם הירידה בגודל היישוב. השיעורים נמוכים יותר גם ביישובים הגדולים ביותר. מספר גורמים יכולים להסביר את הדפוסים האלה. ייתכן שקיימת חפיפה למעמד החברתי-כלכלי, המוזכר לעיל, או לנגישות לשירותי בריאות. ייתכן גם שגורמים סביבתיים, כגון פחות זיהום אוויר ורעש וסביבה ירוקה יותר, יכולים לסייע להסביר את ההבדלים המרחביים בשיעורי הסוכרת.

האפשרות הזאת עומדת בבסיס מחקר זה. מטרת המחקר היא אפוא לבחון את הקשר בין הימצאות סוכרת בישראל לבין הסביבה הבנויה.

1 המדד החברתי-כלכלי שהשתמשנו בו התקבל מחברת פוינטס מיפוי עסקי, המספקת מידע גיאוגרפי גם למשרד הבריאות ולקופות החולים. הוא מתאר את המצב הכלכלי של האוכלוסיות החרדיות והערביות באופן מדויק יותר מאשר מדד הלמ"ס. אנו מודים לחברת פוינטס על שהעמידה את המדד שפיתחה לרשות מחקר זה.

תרשים 2. שיעור התחלואה לפי אשכול חברתי-כלכלי ולפי גודל יישוב, 2023



מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית

הקשר בין הסביבה הבנויה לשיעורי התחלואה בסוכרת

מן המחקר המדעי עולה כי חשיפות סביבתיות בסביבה הבנויה, כגון חשיפה לטבע וסביבה ירוקה, לתחבורה, לזיהום אוויר ולרעש, יכולות להסביר חלק מההבדלים המרחביים בשיעורי הסוכרת באזורים אורבניים ואורבניים-למחצה (Ccami-Bernal et al., 2023). בסקירה שיטתית עדכנית שבחנה את עוצמת העדויות המדעיות הקושרות בין סביבה ירוקה לבין מצבים בריאותיים שונים, שבה הקשר הסיבתי בין חשיפה לסביבה ירוקה לבין הימצאות סוכרת סווג כבעל סבירות גבוהה (highly suggestive), נמצאה ירידה של 12% (רווח בר-סמך [להלן רב"ס] 11%–14%) בהימצאות סוכרת עם כל עלייה של טווח בין-רבעוני אחד של סביבה ירוקה (Xie et al., 2024).[2] מחקר שעקב אחרי כ-212,000 נשים במשך כ-25 שנה מצא שחשיפה לסביבה ירוקה באזור המגורים קשורה בהפחתה של 4% בהיארעות סוכרת (Fiffer et al., 2025). מחקר עוקבה פרוספקטיבי לאורך 18 שנה מצא כי הסיכוי לחלות בסוכרת בקרב אנשים שגרו בסביבה ירוקה נמוך ב-21% מזה של אנשים שגרו בסביבה פחות ירוקה (הפרש של טווח בין-רבעוני אחד של סביבה ירוקה) (Doubleday et al., 2022). כל זאת בפיקוח על משתנים אחרים שיכולים להסביר את

2 הסביבה הירוקה נמדדת באמצעות ה-NDVI (מדד הבדל צמחייה מנורמל, Normalized Difference Vegetation Index). ראו פירוט בפרק הנתונים להלן.

הקשר הנצפה, כגון מוצא אתני, מעמד חברתי-כלכלי, עישון, תזונה, זיהום אוויר ועוד. מחקר שעקב אחר אוכלוסייה בגרמניה בתקופת מגפת הקורונה מצא קשר סיבתי בין מגורים ליד פארק ובין רמה גבוהה של שביעות רצון מהחיים ושיעורים מופחתים של דיכאון, חרדה ובדידות (Krekel et al., 2025).

כמה מנגנונים ביולוגיים קושרים בין חשיפות סביבתיות בסביבה הבנויה לבין מחלת הסוכרת. בין המנגנונים הפיזיים שבסביבה הירוקה ניתן למנות השפעה ישירה באמצעות הפחתת זיהום אוויר ורעש, והשפעה עקיפה בכך שלעיתים סביבה ירוקה היא מוצלת ואסתטית ומעודדת הליכה ופעילות גופנית באזור המגורים, ובכך מפחיתה את שיעורי ההשמנה ושיעורי הסוכרת (Feyissa et al. 2024; Xie et al. 2024b; Yang & Zhou, 2020). חשיפה לסביבה ירוקה קשורה גם בהפחתת לחץ נפשי, שגם הוא גורם להתפתחות סוכרת, ומאפשרת פיתוח קשרים חברתיים ענֵפים יותר בסביבת המגורים העירונית (Hackett & Steptoe, 2017; Feyissa et al., 2024).

ממד אחר של הסביבה הבנויה הוא אחוז השטח הבנוי ביחס לכיסויי קרקע אחרים. ממד זה, שנמדד באמצעות שיעור המשטחים הבלתי חדירים[3] באזור מסוים, מייצג חלק אחר באיכות החיים האורבניים – עלייה בטמפרטורת האוויר בעקבות היווצרות איי חום עירוניים, עומס תחבורתי המלווה בזיהום אוויר ורעש, ופגיעה באסתטיקה האורבנית. כל אלו נקשרים בספרות לשיעורים גבוהים יותר של מחלות לב וסוכרת ושל מצבים נפשיים כגון מחשבות טורדניות ולחץ נפשי (Bratman et al., 2021; Lane et al., 2015).

איכות חיים עירונית במדיניות התכנון בישראל

מדינת ישראל אימצה בעשורים האחרונים תפיסת תכנון עירונית השואפת לצמצום הפרבור, לחיזוק הרצף העירוני ולשמירה על שטחים פתוחים, תוך עיגון עקרונות אלו בתוכניות מתאר ארציות ובמסמכי מדיניות רשמיים (מינהל התכנון, 2016). במסגרת זו הסביבה העירונית נתפסת לא רק כמרחב בינוי ותשתיות, אלא כמערכת חברתית-סביבתית המעצבת את תנאי החיים והבריאות היום-יומיים של התושבים. עקרונות התכנון מדגישים פיתוח עירוני קומפקטי, עירוב שימושי קרקע, נגישות לשטחים ציבוריים פתוחים ולמרחבי פנאי, וכן שמירה על רצף צמחייה ירוקה והצללה במרחב העירוני והבין-עירוני, מתוך הכרה בתרומתם הפוטנציאלית להפחתת החשיפה לחום, לעידוד פעילות גופנית ולחיזוק הבריאות והרווחה הנפשית והחברתית. במובן זה עקרונות התכנון הארציים אינם עוסקים רק בפריסת הבינוי, אלא גם באיכותו של מרחב החיים היום-יומי שבו נוצרות חשיפות סביבתיות ומתעצבות התנהגויות בריאות.

3 משטחים בנויים שבהם גשם ונגר עילי אינם יכולים לחלחל, כגון כבישים, גגות ומגרשי חניה.

פרק העירוניות בתוכנית האסטרטגית המרחבית לישראל מרחיב תפיסה זו ומדגיש כי מאחר שרוב מוחלט של האוכלוסייה בישראל מתגורר ביישובים עירוניים (מעל 90%), איכות המרחב העירוני היא גורם יסודי בעיצוב תנאי החיים, בנגישות להזדמנויות ובחשיפות הסביבתיות של התושבים (בר ואחרים, 2023). המסמך מגדיר "עירוניות טובה" באמצעות עקרונות של קישוריות והמשכיות ברשת הרחובות, עירוב שימושים, תכנון קומפקטי, נגישות לתחבורה ציבורית ושילוב תשתיות ירוקות וכחולות, תוך הדגשת חשיבותם של רחובות ומרחבים ציבוריים מוצלים, רציפים ונגישים התומכים בקידום הליכה, בצמצום התלות ברכב פרטי ובהתמודדות עם עומסי חום וסיכוני אקלים. מנקודת מבט בריאותית, מסגרת זו ממחישה כי השפעתם האפשרית של שטחים פתוחים ושל המרחב הציבורי על הבריאות אינה נגזרת רק מעצם הקצאת הקרקע לשטחים ציבוריים פתוחים (שצ"פים), אלא גם מן האופן שבו הם מתוכננים, משולבים במרקם העירוני, מוצלים, מתוחזקים ונגישים לשימוש יום-יומי. מחקר כלל-ארצי ברזולוציית אזור סטטיסטי מספק הזדמנות לתאר את המבנה המרחבי של חשיפות סביבתיות בישראל ולהצביע על מנגנוני תכנון ויישום שעלולים לתרום להיווצרות – או להרחבה – של פערים חברתיים בבריאות, לרבות בשכיחות סוכרת.

מטרת המחקר

במחקר זה אנחנו בוחנים אם חשיפות סביבתיות בסביבה הבנויה – סביבה ירוקה ומשטחים בלתי חדירים – קשורות להימצאות של סוכרת מעבר להבדלים בגיל, במוצא האתני ובמעמד החברתי-כלכלי בין אזורים בישראל.

נתונים

אוכלוסיית המחקר כוללת 2,835 אזורים גיאוגרפיים סטטיסטיים (אג"ס) מיושבים בישראל.[4] נכון לשנת 2022, מספר האג"סים הכולל בישראל הוא 3,496. מספר האג"סים שעבורם התקבלו נתונים מקופת חולים כללית עומד על 3,033, מתוכם הושמטו אג"סים שאוכלוסייתם מונה פחות מ-100 תושבים ואג"סים שעבורם נתוני קופת החולים או הנתונים הסביבתיים היו חסרים או שגויים.

4 גבולות האג"סים התקבלו מחברת פוינטס מיפוי עסקי.

משתנה תוצא

הניתוח מתמקד בשיעור הסוכרת בקרב מבוטחי קופת חולים כללית באג"ס בשנים 2022–2023 (השיעור מחושב כמספר מקרי הסוכרת ביחס למספר המבוטחים בקופת חולים כללית בכל אג"ס).[5] בנתונים אלו אין הפרדה בין סוגי הסוכרת – סוכרת מסוג 2, סוכרת מסוג 1 וסוכרת הריונית – אך כפי שצוין בפתיחה, כ-90% ממקרי הסוכרת הם סוכרת מסוג 2.

משתני חשיפה

- **הסביבה הירוקה** בכל אג"ס נמדדת לפי מדד הבדל צמחייה מנורמל (להלן – NDVI Normalized Difference Vegetation Index), המחושב מתמונות לוויין סנטינל 2 ברזולוציה של 10 מ'. מדד זה נמצא בקורלציה להערכות סובייקטיביות המתארות עד כמה הסביבה ירוקה באופן כללי (Markevych et al., 2017; Rhew et al., 2011). טווח הערכים של המדד נע בין 1- ל-1. הערכים השליליים מייצגים אזורי מים או שלג, וטווח הערכים הרלוונטי לסביבה הבנויה נע בין 0 ל-1. ככל שהערך גבוה יותר כך האזור ירוק יותר והעלייה היא ליניארית עד NDVI = 0.4~ (טווח הערכים הרלוונטי לרוב המכריע של האזורים הבנויים בישראל) (Markevych et al., 2017; Small, 2001). הסביבה הירוקה באזור סטטיסטי היא הממוצע של כל הפיקסלים בגודל 10X10 מ' באג"ס.

- **השונות בסביבה ירוקה** באג"ס היא סטיית התקן של מדד NDVI בפיקסלים באג"ס כולו.

- **אחוז כיסוי הקרקע הבנויה** בכל אג"ס כומת באמצעות מודל של סוכנות החלל האירופית (ESA) המספק מיפוי עולמי של כיסוי הקרקע ברזולוציה גבוהה של 10 מ'. הכלי ממפה את כיסוי הקרקע הבנויה בהתבסס על נתוני לוויין סנטינל 2 של האיחוד האירופי ומקורות אחרים. המודל מחלק את פני הקרקע לסוגים שונים של תכסית – משטחים בלתי חדירים (impervious surfaces),[6] סוגים שונים של כיסוי ירוק (עצים, חקלאות, שדות וכו'), שטחי בור, מקווי מים וקרח. המפה המכסה את שטח ישראל נבחנה לפי החלוקה לאג"סים וחושב שיעור השטח הבנוי שבכל אחד מהם. באזורים גשומים וירוקים, ה-NDVI ומדד המשטחים הבלתי חדירים (ESA)

5 הנתונים התקבלו באמצעות בקשות על פי חוק חופש המידע מקופות החולים כללית ומכבי. בחרנו להשתמש בנתוני קופת חולים כללית, המבטחת למעלה מ-50% מהישראלים, משום שהיא מייצגת בצורה שווה למדי כל רמה חברתית-כלכלית באוכלוסייה.

6 משטחים בלתי חדירים כוללים מבנים, דרכים, מסילות, מבני תעשייה וכל דבר שנבנה בידי האדם ולכן מתאים למונח משטחים בלתי חדירים.

נוטים להיות קשורים בקשר הפוך חזק (Martins et al., 2018). באזורים יבשים, לעומת זאת, הקשר ביניהם חלקי בלבד. במחקר הנוכחי, שבו שני המדדים נמדדו באמצעות תמונות לוויין ברזולוציה של 10 מ', נמצא מתאם שלילי בינוני ביניהם (ρ = -0.5). באזורים מדבריים או פחות ירוקים, מדד המשטחים הבלתי חדירים חשוב גם כדי להבחין בין טבע ירוק לבין טבע או שטחים לא בנויים שאינם ירוקים. חשוב לציין שמבחינת איכות המדידה באמצעות תמונות לוויין, מדידת הסביבה הירוקה מדויקת יותר ממדידת המשטחים הבלתי חדירים, מסיבות טכניות הקשורות לצורת הסיגנל המתקבל מהחזר הקרינה.

- **שיעור המבוטחים בני 45 ומעלה מתוך כלל המבוטחים בכללית בכל אג"ס** (לשנת 2023). משתנה זה נכלל במודלים כדי להתחשב בהבדלים במבנה הגילים בין האג"סים, שכן מקרי הסוכרת נספרו בכל הגילים.

משתנים מסבירים (covariates)

משתנים אלו יכולים להיות קשורים לתוצא הסוכרת או לגיל התפתחות הסוכרת וגם לחשיפות הסביבתיות.

- **נתוני המעמד החברתי-כלכלי** בכל אג"ס לשנת 2013 התקבלו מחברת פוינטס. הנתונים מתבססים על המדד החברתי-כלכלי של הלמ"ס, הכולל הרכב דמוגרפי, השכלה וחינוך, רמת חיים, תעסוקה וגמלאות, ומתווספים להם נתוני צריכה פרטית, בריאות ותחלואה, נתונים פיננסים ונדל"ן. המדד מתעדכן באופן שוטף והוא מחושב גם לאזורים בנויים חדשים, שעבורם מדד הלמ"ס טרם חושב. המדד משמש את משרד הבריאות ואת קופות החולים. משתנה פיקוח נוסף הוא הגיל הממוצע בזמן אבחון הסוכרת (ממוצע גילי האבחון של כלל המאובחנים באג"ס). גיל האבחון צפוי להיות צעיר יחסית גם באזורים מזוהמים יותר וגם באזורים משכילים יותר (בשל הנגישות לשירותי בריאות). לפיכך, גיל האבחון עשוי להיות היבט נוסף של המעמד החברתי-כלכלי שאינו מיוצג במלואו במדד החברתי-כלכלי.

- **נתונים מרחביים גולמיים** כוללים משתנה דמי לגודל יישוב (נכון לשנת 2022) המחולק ליישובים עד 10,000 תושבים, 10,000–100,000 תושבים, ומעל 100,000 תושבים.

- **קישוריות מערכת הכבישים/רשת הרחובות** (connectivity) היא מרכיב חיוני במדידת הליכתיות (כפרוקסי לפעילות גופנית). קישוריות גבוהה, כלומר ריבוי מקטעי רחוב בין צמתים, מגדילה את הנגישות למגוון יעדים. ככל שהקישוריות גבוהה יותר כך יש יותר קטעי דרך בין צמתים והנגישות גבוהה יותר. הקישוריות חושבה כמספר

המקטעים בין שני צמתים חלקי מספר הצמתים, על בסיס נתוני הלמ"ס לשנת 2017.[7]

- **עירוב שימושי קרקע** (לדוגמה מגורים, מסחר, פארק ומוסדות חינוך ותרבות) בסביבה הבנויה מגביר את נטייתם של אנשים ללכת יותר ברגל ולהשתמש פחות ברכב פרטי. עירוב השימושים חושב באמצעות חלוקת האחוז של כל שימוש קרקע במספר שימושי הקרקע הקיימים באג"ס, בהתבסס על שכבת שימושי קרקע של הלמ"ס משנת 2021.

- **ריכוז חנקן דו-חמצני (NO_2) וזיהום אוויר חלקיקי ($PM_{2.5}$)** חושבו באמצעות מודל של המשרד להגנת הסביבה המביא בחשבון מקורות פליטה, מדידות מתחנות ניטור ושימושי קרקע. משתנים אלו התקבלו כמשתנים רציפים ומוצעו לכל אג"ס. חנקן דו-חמצני הוא מזהם אוויר המשמש סמן לזיהום אוויר מתחבורה. זיהום אוויר חלקיקי נמצא קשור לעלייה בשיעור הסוכרת.

- **עושר מיני הציפורים** הוא מדד של מספר מיני הציפורים שנספרו באג"ס. במחקרי בריאות משמש מדד זה פרוקסי לחשיפה לטבע ולחוויית הטבע ולא מדד ישיר לאיכות האקולוגית של בית הגידול. המדד מגלם כמה רכיבים שאינם ניתנים להפרדה: חשיפה חושית לציפורים (שירתן ונראותן); בית גידול התומך בהן, כגון צמחייה מגוונת, עצים בוגרים ומקורות מים; ורמות נמוכות יחסית של רעש מתחבורה וזיהום אוויר, שגם ציפורים נמנעות מהם (Buxton et al., 2024; Methorst, 2024; Methorst et al., 2021).[8]

שיטות סטטיסטיות

בשלב התיאורי של המחקר נבחנו קשרים חד-משתניים בין שיעורי הסוכרת לבין המשתנים המסבירים. בשלב השני נעשה שימוש במודלים מסוג המודל הליניארי המוכלל (generalized linear model). מודלים אלו הם הרחבה למודלים הליניאריים בכך שמשתנה התוצא יכול להגיע ממגוון רחב של התפלגויות. כדי למדל את הקשר של המשתנים המסבירים לשינוי בשיעורי הסוכרת בכל אג"ס השתמשנו במודלים המניחים התפלגות בינומית שלילית (negative binomial). בחרנו בהתפלגות זו, המהווה הרחבה של התפלגות פואסון, מכיוון שבמודל פואסון נמצא פיזור-יתר ניכר הגורם לרווחי סמך צרים מדי. המשתנה התלוי הוא מקרי הסוכרת בכל אג"ס בשנים 2022–2023. הלוגריתם של כמות האוכלוסייה המבוטחת בכללית בשנת 2023 בכל אג"ס נכנס למודל כמשתנה מסביר כדי שמספר המקרים יהיה פרופורציונלי לאוכלוסייה באג"ס.[9] המודלים שבחנו את

7 נתוני הקישוריות לשנת 2017 ונתוני שימושי הקרקע לשנת 2021 התקבלו מהלמ"ס ועובדו על ידי ד"ר רקפת שפרן-נתן.

8 נתונים אלו התקבלו מד"ר ענב וידן מהמעבדה של פרופ' אורי רול מאוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

9 מדובר במשתנה חשוב כי הימצאות סוכרת היא סך מקרי הסוכרת בעבר בניכוי הגירה ותמותה. לכן הימצאות סוכרת מושפעת מהאפקטיביות של מערכת הבריאות במניעת סוכרת.

הקשרים בין משתני הסביבה הבנויה תוקננו למשתנים מתערבים (משתנים אחרים אשר יכולים להסביר את הקשר הנצפה):[10] גיל ממוצע של הסוכרתיים באג"ס בזמן האבחון, מוצא אתני, מעמד חברתי-כלכלי, גודל יישוב, קישוריות הרחובות, עירוב שימושי קרקע ואינטראקציה בין המעמד החברתי-כלכלי לרמת הירק. המשתנים המתערבים שנכללו במחקר היו משתנים אשר מותאמים עם משתני החשיפה (סביבה ירוקה ומשטחים בלתי חדירים) ומשתנים אשר נצפו בניתוח החד-משתני כמותאמים עם שיעורי הסוכרת והייתה להם השפעה על המקדמים במודל. כל אג"ס נותח באמצעות מודלים אדיטיביים מוכללים (generalized additive models) המאפשרים מידול לא-ליניארי של הקשרים בין המשתנים המסבירים לתוצא. מוצא אתני, גודל היישוב, מעמד חברתי-כלכלי ברמת האג"ס (בחמישונים) נכללו כמשתנים קטגוריאליים. מקדמי קישוריות הרחובות, מגוון שימושי הקרקע, רמת הירק (NDVI מלוויין), השונות ב-NDVI באג"ס, שיעור המשטחים הבלתי חדירים, ריכוז זיהום האוויר החלקיקי ($PM_{2.5}$) וריכוז שנתי ממוצע של NO_2 הותאמו באמצעות איברים חלקים (k = 4) (smooth splines) כדי לאפיין ולכמת קשרים לא-ליניאריים. המשתנים המסבירים נמדדו לפני מדידת הימצאות הסוכרת – נרחיב על כך בהמשך.

מכיוון שהאוכלוסיה החרדית גרה באזורים ירוקים פחות וצורכת יותר משקאות ממותקים שגורמים לסוכרת, נבדק במודל גם המשתנה של רמת החרדיות של האזור הסטטיסטי בשלוש רמות: ללא אוכלוסייה חרדית, רמה נמוכה עד בינונית, רוב חרדי. ביחס לאזורים ללא חרדים נמצאה עלייה של 13.7% בסוכרת באג"סים בהם יש רמה נמוכה עד בינונית של אוכלוסייה חרדית ($p < 0.001$) וירידה של 4.3% בסוכרת באג"סים בהם רוב האוכלוסייה חרדית ($p < 0.001$). מכיוון שהוספת רמת החרדיות של האג"ס למודל לא שינתה כלל את הקשר עם משתני הסביבה הבנויה, משתנה זה לא נכלל במודל הסופי.

חשוב לציין כי מאחר שחולפות כמה שנים בזמן שהסוכרת מתפתחת בגוף ועד שמופיעים סימני המחלה הקליניים, נעשה מאמץ במחקר למדל את נתוני החשיפה **לפני** התפתחות התוצא כדי לאפשר סדר זמנים המתאים למחקר עוקבה. תוצא הסוכרת נמדד ב-2022–2023, המעמד חברתי-כלכלי לפי אג"ס נמדד ב-2013 והסביבה הירוקה נמדדה ב-2018. זיהום האוויר נמדד ב-2022 אך ידוע כי השינוי בשונות המרחבית בזיהום אוויר לאורך השנים הוא זניח (Sadeh et al., 2024).

הקוליניאריות בין משתני המודל נבדקה באמצעות חבילת "mgcv" וחבילת "performance" ב-R.

10 באפידמיולוגיה משתנים מתערבים נקראים גם ערפלנים.

תוצאות

השלב התיאורי

כדי לאפשר זיהוי ותיאור של הקשר בין סוכרת לבין המשתנים המוצעים, לוח 1 מחלק את כל האג"סים שבמדגם לרבעונים לפי שיעור הסוכרת – ברבעון הראשון השיעור אינו עולה על 20% ובאחרון הוא מעל 31%. הממצאים חושפים בראש ובראשונה כי שיעורי הסוכרת קשורים באופן הדוק וליניארי למעמד החברתי-כלכלי של האג"ס ולמגזר – בהתאם לממצאים המוצגים בתרשים 1 ובאיור 1: ב-68.6% מהאג"סים שבהם רוב ערבי שיעור הימצאות הסוכרת הוא הגבוה ביותר, לעומת 20% מהאג"סים שבהם רוב יהודי.

ממצאים בולטים נוספים מראים קשר חיובי בין שיעורי הסוכרת לבין שיעור השטח הבנוי (משטחים בלתי חדירים), זיהום האוויר התחבורתי (NO_2), ומידת הקישוריות ברשת הרחובות, אך הקשר אינו ליניארי בשלושת המשתנים: הוא חזק יותר בין הרבעונים הנמוכים ביחס לקשר בין הרבעונים העליונים. נמצא גם שככל שהסביבה הירוקה ועושר מיני הציפורים באג"ס גבוהים יותר, יש פחות סוכרת – הקשר הזה אכן נראה ליניארי.

לוח 1. מאפייני סביבת המגורים לפי רבעוני שיעור הסוכרת, 2023

שיעור הסוכרת (כללית)	21%–3%	26%–21.1%	31%–26.1%	65%–31.1%	p
מספר אזורים גיאוגרפים סטטיסטיים (אג"ס)	709	709	709	708	
אשכול חברתי-כלכלי (10–1), שנת 2013, ממוצע (סטיית תקן)	6.9 (1.8)	6.5 (1.8)	5.6 (1.6)	4.3 (1.6)	<0.01
גיל ממוצע של היארעות סוכרת, שנת 2023, ממוצע (סטיית תקן)	53.6 (6.3)	55.2 (4.6)	55.8 (3.3)	54.4 (5.2)	<0.01
מוצא אתני (מס' אג"סים [%])					<0.01
יהודים	701 (98.9)	679 (95.8)	655 (92.4)	507 (71.6)	
לא יהודים	8 (1.1)	30 (4.2)	54 (7.6)	201 (28.4)	
חלקיקים נשימים עדינים, $PM_{2.5}$ מיקרוגרם/מ"ק, ממוצע (סטיית תקן)	16.9 (1.5)	17.1 (1.7)	17.00 (1.7)	17.2 (1.6)	0.18
חנקן דו-חמצני NO_2 מיקרוגרם/מ"ק, ממוצע (סטיית תקן)	7.46 (6.13)	10.96 (6.95)	12.07 (6.63)	12.09 (6.25)	<0.01
חנקן דו-חמצני (מס' אג"סים [%]), $NO_2 \geq 10$	224 (31.6)	386 (54.4)	459 (64.7)	450 (63.6)	<0.01
NDVI, ממוצע (סטיית תקן)	0.247 (0.085)	0.226 (0.078)	0.212 (0.062)	0.183 (0.062)	<0.01
NDVI SD, ממוצע (סטיית תקן)	0.131 (0.036)	0.132 (0.034)	0.129 (0.031)	0.121 (0.034)	<0.01
עושר ציפורים (חציון [אחוזון 25, אחוזון 75])	15.0 [6.8, 28.9]	13.3 [6.0, 27.0]	9.0 [3.9, 19.8]	6.5 [3.0, 15.3]	<0.01
קישוריות, ממוצע (סטיית תקן)	1.13 (0.66)	1.38 (0.73)	1.71 (0.75)	1.74 (0.76)	<0.01
משטחים בלתי חדירים (% מכלל שטח האג"ס) (חציון [אחוזון 25, אחוזון 75])	35.1 [24.0, 52.8]	53.2 [35.3, 79.0]	75.8 [48.7, 89.5]	83.0 [54.3, 93.3]	<0.01
עירוב שימושי קרקע, ממוצע (סטיית תקן)	0.29 (0.14)	0.31 (0.14)	0.32 (0.15)	0.35 (0.16)	
גודל יישוב (%)					<0.01
עד 10,000	510 (71.9)	279 (39.4)	150 (21.2)	128 (18.1)	
100,000–10,000	105 (14.8)	201 (28.3)	233 (32.9)	229 (32.3)	
מעל 100,000	94 (13.3)	229 (32.3)	326 (46.0)	351 (49.6)	

הערות: n = 2,835. p-value מייצג את מובהקות ההבדל בין הערכים של כל משתנה לפי שיעורי הסוכרת באג"ס.

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

מודלים רב-משתניים

הקשר בין מגורים בסביבה ירוקה יותר לשיעורי התחלואה בסוכרת

תוצאות מודל הרגרסיה של הקשר בין סביבה ירוקה לבין שיעורי הסוכרת מוצגות בלוח נ'1 בנספח. כאן יוצגו ערכים של יחס הסיכון (RR) החזוי העולים ממקדמי המודל.

נמצא קשר בין הסביבה הירוקה באג"ס לבין הימצאות סוכרת, כך שבאזורים הירוקים יותר – מהחציון של NDVI ומעלה – ככל שאזור המגורים ירוק יותר, ולפיכך גם החשיפה לסביבה ירוקה גבוהה יותר, הסיכון להימצאות סוכרת ביחס לאחוזון 10 של חשיפה לסביבה ירוקה יורד.

מודל 1, המתוקנן למוצא אתני, גיל, אחוז המבוטחים מעל גיל 45 בקופה ומעמד חברתי-כלכלי, משמש כאומדן הבסיס. ממצאי המודל מלמדים על ירידה ברורה בסיכון: ככל שעוברים מאחוזון 10 לחציון, לרבעון 75 ולאחוזון 90 של סביבה ירוקה (NDVI) – כך יורד ה-RR ל-0.96, 0.90 ו-0.84, בהתאמה.

בכל מודל נוספו משתנים מסבירים אחרים. מודל 2 מוסיף גודל יישוב. מודל 3 מוסיף את קישוריות הרחובות ומגוון של שימושי קרקע. מודל 4 מוסיף זיהום אוויר. לאחר התוספת במודל 2, מגמת הירידה נחלשת (נעשית פחות תלולה) אך נשארת יציבה, גם במודל 3 ו-4. כלומר בתִקנון למשתנים אחרים, הקשר בין NDVI לבין סוכרת טומן בחובו אלמנט מרחבי, הכולל שימוש בקרקע, כבישים וזיהום. התקנון למשתנים אלה מסביר כ-60% מהקשר באחוזון 90 (הקשר נחלש בין יחס סיכונים של 0.84 ל-0.93), רובו עם הוספת גודל היישוב במודל 2, אך הקשר נשאר מובהק גם במודל 4. ממצא זה מחזק את ההתרשמות שהחשיפה לסביבה ירוקה קשורה לסיכון נמוך יותר לסוכרת באופן עצמאי ובלתי תלוי במשתנים שאליהם תוקנן המודל.[11]

11 חשוב לציין כי במודל ללא קישוריות רחובות ועירוב שימושי קרקע אבל עם משתני זיהום אוויר, התוצאות דומות למודלים 3 ו-4. המשמעות היא שבמודל זה לא ניתן להפריד בין השונות המוסברת בין משתני הסביבה הבנויה (עירוב שימושים, קישוריות רחובות וזיהום אוויר) ושלכל אלו יש תפקיד בקשר עם סוכרת אך הקשר עם סביבה ירוקה נותר קשר מגן גם לאחר הכנסתם למודל.

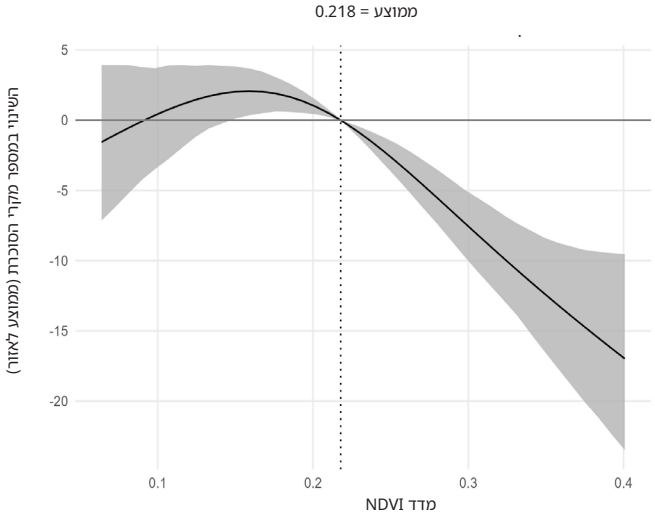
לוח 2. יחס הסיכון (RR) החזוי של הקשר בין סביבה ירוקה לבין סוכרת באחוזוני NDVI שונים ביחס לאזורים סטטיסטיים באחוזון 10 (NDVI = 0.13) (n = 2,673)

	אחוזון 25 (NDVI = 0.17)	חציון (NDVI = 0.22)	אחוזון 75 (NDVI = 0.28)	אחוזון 90 (NDVI = 0.33)
מודל רגרסיה 1: מתוקנן לגיל, מוצא אתני ומעמד חברתי-כלכלי	1.00 (0.99, 1.01)	0.96 (0.95, 0.98)	0.90 (0.88, 0.91)	0.84 (0.81, 0.86)
מודל רגרסיה 2: מתוקנן בנוסף לגודל יישוב	1.01 (1.00, 1.02)	0.99 (0.98, 1.01)	0.96 (0.94, 0.98)	0.91 (0.89, 0.94)
מודל רגרסיה 3: מתוקנן בנוסף לקישוריות ומגוון שימושי קרקע	1.01 (1.00, 1.02)	1.00 (0.98, 1.02)	0.97 (0.95, 0.99)	0.93 (0.90, 0.95)
מודל רגרסיה 4: מתוקנן בנוסף לזיהום אוויר	1.00 (0.99, 1.01)	0.99 (0.98, 1.01)	0.97 (0.94, 0.99)	0.93 (0.91, 0.96)

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

תרשים 3 מציג את ההפרש החזוי בהימצאות סוכרת (מספר מקרים) בכל אג"ס כפונקציה של NDVI, ביחס לאג"ס עם NDVI ממוצע. באג"סים עם NDVI נמוך מהממוצע לא נצפתה ירידה בהימצאות סוכרת. מעל הממוצע מספר המקרים החזוי יורד בהדרגה. במודל המותאם המלא (לוח 2, מודל 4), יחס הסיכון המוערך לסוכרת באג"סים באחוזון 75 של NDVI (0.28) בהשוואה לאג"סים באחוזון 10 (0.13) הוא כ-0.97 (0.94, 0.99), ובאג"סים באחוזון 90 (0.33) יחס הסיכון הוא כ-0.93 (0.91, 0.96). ממצאים אלו מלמדים על ירידה של כ-3%–7% בשיעורי הסוכרת באזורים הירוקים יותר בהשוואה לאזורים הירוקים פחות. כך או אחרת, כ-97% מסך האוכלוסייה הישראלית מתגוררים באג"סים עם ערך NDVI קטן מ-0.4 (וכמעט 80% מתגוררים באג"סים עם ערך קטן מ-0.3). לפיכך הקשר בין סביבה ירוקה לסוכרת נשאר בעיקרו קשר מגן באוכלוסייה הכללית.

תרשים 3. השינוי במספר מקרי הסוכרת ביחס ל-NDVI הממוצע



הערה: התרשים מציג את תוצאות מודל 4. רווח בר-סמך 95%.

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

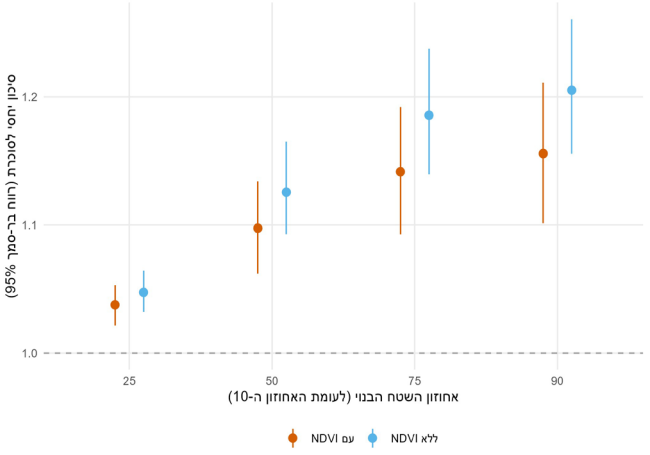
הקשר בין מגורים בסביבה שיש בה יותר משטחים בלתי חדירים לשיעורי התחלואה בסוכרת

חשוב לבחון גם את הקשר בין סוכרת לבין סביבה שיש בה יותר משטחים בלתי חדירים (כגון כבישים ובניינים). אזורים אלו נמצאים בקורלציה עם רמות גבוהות יותר של זיהום אוויר, רעש וטמפרטורה סביבתית גבוהה יותר, אשר נגרמת בין השאר בשל היווצרות איי חום.

תוצאות מודל הרגרסיה של הקשר בין המגורים בסביבה עתירת משטחים בלתי חדירים לשיעורי סוכרת מוצגות בלוח נ'2 בנספח. כאן נתמקד באומדנים החזויים העולים ממקדמי המודל.

ממצאי המחקר מראים שככל ששיעור המשטחים הבלתי חדירים עולה כך עולה הסיכון לסוכרת (תרשים 4). באחוזון 75 של סביבה בנויה (87% שטח בנוי) הימצאות הסוכרת גבוהה ב-19% (רב"ס 14%–24%) ביחס לאחוזון 10 (25% שטח בנוי). כאשר מוסיפים למודל את המשתנה של סביבה ירוקה הקשר נחלש במעט, ומתקבלת תוספת סיכון של 14% (רב"ס 9%–19%) להימצאות סוכרת באחוזון 75 של סביבה בנויה לעומת אחוזון 10. נראה כי חלק קטן בלבד מהקשר בין סביבה בנויה אינטנסיבית לבין סוכרת מוסבר במחסור בסביבה ירוקה, ורובו נשמר גם לאחר התקנון ל-NDVI.

תרשים 4. הסיכון להימצאות סוכרת באחוזונים שונים של סביבה בנויה ביחס לאחוזון 10 במדד הסביבה הבנויה

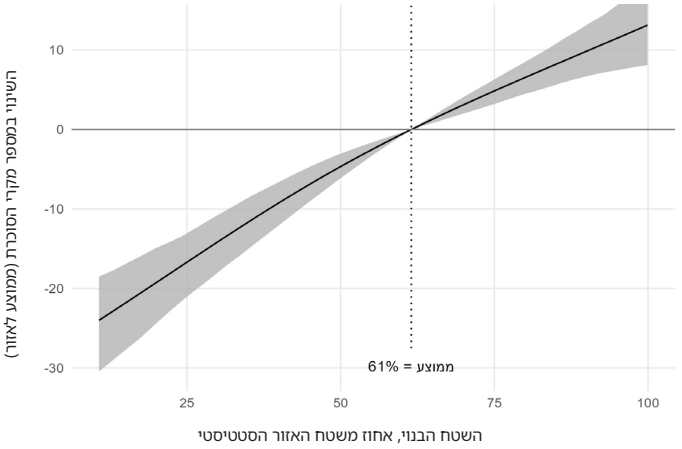


הערה: התרשים מציג את תוצאות מודל 4 עם NDVI, מתוקנן למוצא אתני, גיל היארעות הסוכרת, מעמד חברתי-כלכלי, גודל יישוב, קישוריות הרחובות, שימושי קרקע וזיהום אוויר.

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

תרשים 5 מציג את השינוי החזוי במספר מקרי הסוכרת ביחס לשינוי בשיעור המשטחים הבלתי חדירים בכל אג"ס. ככלל, עלייה בשיעור השטחים הבנויים קשורה בעלייה בהימצאות סוכרת לאורך כל טווח הערכים, והקשר כמעט ליניארי: העלייה במספר המקרים החזוי מתמתנת מעט רק באזורים הבנויים ביותר. המודל הסטטיסטי המלא מופיע בלוח נ'2 בנספח.

תרשים 5. השינוי החזוי במספר מקרי הסוכרת לכל שינוי של 10% בסביבה הבנויה



הערה: התרשים מציג את תוצאות המודל ללא תִקנון לסביבה ירוקה.

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

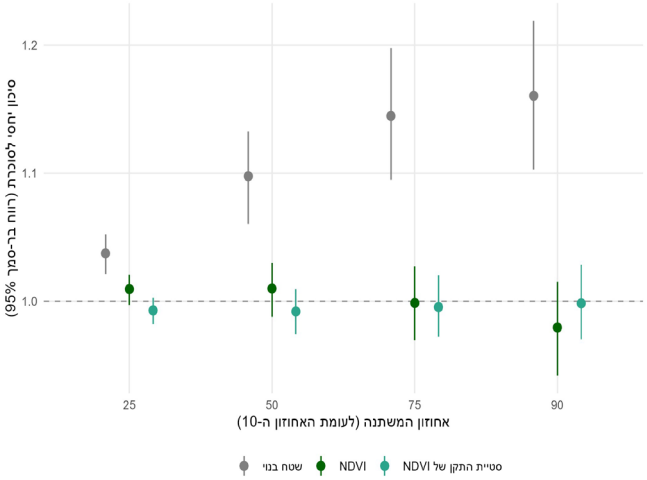
הקשר בין הטרוגניות הסביבה הירוקה לפי אג"ס לבין הימצאות סוכרת באג"ס

סטיית התקן של ה-NDVI בין הפיקסלים באג"ס משקפת את מידת ההטרוגניות של הסביבה הירוקה בכל אזור. סטיית תקן נמוכה מעידה על אחידות ברמת הירק בתוך האג"ס – אחידות שיכולה להיות של שטחים ירוקים או של שטחים עם מעט ירק. סטיית תקן גבוהה מעידה כי בתוך האג"ס יש אזורים ירוקים כגון פארקים או גינות, לעומת אזורים בנויים ללא ירק. במחקרים אקולוגיים דוגמת מחקר זה, שבו שיעורי הסוכרת והחשיפות הסביבתיות נמדדים ברמת האג"ס ולא ברמת הפרט, אחוז הסביבה הירוקה ורמת ההטרוגניות שלה בתוך האג"ס מתארים היבטים שונים של הסביבה הירוקה באזור. מכיוון ששני המדדים קשורים זה בזה, בחנו את הקשר שלהם לסוכרת במשותף.

תוצאות מודל הרגרסיה המלא של הקשר בין אחוז הסביבה הירוקה, השונות שלה ואחוז השטח הבנוי לבין הימצאות סוכרת מוצגות בלוח נ'3 בנספח. תרשים 6 מציג את האומדנים החזויים ממקדמי המודל. מהניתוח עולה כי כאשר שלושת המדדים נכללים יחד במודל, רק אחוז השטחים הבלתי חדירים קשור באופן עקבי להימצאות סוכרת: ה-RR באחוזון 90 ביחס לאחוזון 10 הוא 1.16 (רב"ס 1.10–1.22). לא נמצא קשר בין שונות

הסביבה הירוקה לסוכרת (RR באחוזון 90: 1.00; 0.97–1.03), וגם הקשר של NDVI עצמו להימצאות סוכרת אינו מובהק במודל זה (0.98; 0.94–1.02). אין בכך כדי לקבוע שעל פי תוצאות מודל זה הסביבה הירוקה אינה קשורה לסוכרת, שכן NDVI ושטחים בלתי חדירים קשורים זה לזה (Spearman rho = 0.53, $p < 0.001$), ולכן קשה להפריד בין תרומותיהם להימצאות סוכרת.[13]

תרשים 6. הקשר בין אחוז הסביבה הירוקה, השונות בסביבה הירוקה ואחוז השטח הבנוי ובין הסיכון לסוכרת



הערות: התרשים מציג את תוצאות מודל 4, הכולל NDVI, סטיית התקן של NDVI ושטח בנוי, ואינטראקציה בין NDVI למדד החברתי-כלכלי. המודל כלל את ממוצע הסביבה הירוקה, סטיית התקן של הסביבה הירוקה ואחוז השטח הבנוי בכל אג"ס, ותוקנן למוצא אתני, גיל היארעות הסוכרת, מעמד חברתי-כלכלי, גודל יישוב, קישוריות הרחובות, שימושי קרקע וזיהום אוויר.

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

13 נבדקה הקוליניאריות (concurvity) בין משתני המודל. עבור NDVI היא בינונית ועבור משטחים בלתי חדירים גבוהה (r = 0.85), בעיקר בשל הקשר עם קישוריות הרחובות. המתאם בין NDVI למשטחים בלתי חדירים בינוני (r = -0.53). מסיבה זו אין אפשרות להפריד לגמרי בין התרומות העצמאיות של כל חשיפה.

דיון

במחקר זה אנחנו מראים שהשוני המרחבי בהימצאות סוכרת בישראל עשוי להיות קשור גם במאפייני הסביבה הבנויה והחשיפות הסביבתיות שנובעות מהם. נמצא כי מאפייני הסביבה הפיזית סביב אזורי המגורים בישראל קשורים במובהק לשיעורי סוכרת, מחלה שממנה סובלים כ-700,000 בני אדם בישראל. זאת בפיקוח על הבדלים בגיל, במוצא ובמעמד החברתי-כלכלי.

מן המחקר עולים שני ממצאים עיקריים. **ראשית**, חשיפה גבוהה יותר לסביבה ירוקה באג"ס קשורה לשיעור נמוך יותר של סוכרת באזורים הירוקים יותר. בין אחוזון 10 לאחוזון 75 ואחוזון 90 נצפית ירידה של כ-3% וכ-7% בהימצאות הסוכרת, בהתאמה, גם לאחר תקנון לקישוריות, שימושי קרקע וזיהום אוויר.

שנית, נצפתה עלייה של כ-19% בסיכון לסוכרת בקרב אוכלוסייה שמתגוררת באחוזון 75 ביחס לאחוזון 10 של הסביבה הבנויה. רק חלק קטן מהקשר מוסבר במחסור בירק, וגם לאחר תקנון לסביבה ירוקה נותרת תוספת סיכון של כ-14%.

הקשר בין יותר משטחים בלתי חדירים (סביבה בנויה) לשיעורים גבוהים יותר של סוכרת, והקשר בין סביבה ירוקה יותר לשיעורים נמוכים יותר של סוכרת (שנחלש לאחר תקנון לשטחים בלתי חדירים), מאשש ממצאים רבים מישראל ומהעולם בנוגע להשפעה של סביבת המגורים הפיזית על תחלואה כרונית. מחקרים מראים כי חשיפות סביבתיות מזיקות בסביבה הבנויה (כגון זיהום אוויר ורעש), בשילוב השפעת הסביבה הפיזית על אורח החיים (כגון יושבנות), מעצימים את העלייה בסוכרת (Münzel et al., 2021). לעומת זאת, באזורים אורבניים בעלי מאפיינים כמו **הליכתיות גבוהה** (מגוון שימושי קרקע, קישוריות גבוהה בין הרחובות, סביבה אסתטית), שפע של הצללה (עצים בוגרים וטבע עירוני), **תחבורה ציבורית נקייה ויעילה** המפחיתה פליטות מכלי רכב מזהמים ורעש ומאפשרת סביבת הולכי רגל בטוחה ומזמינה יותר, ו**פחות זיהום אוויר ממקורות אחרים** – שיעורי הסוכרת עשויים להיות נמוכים יותר, אפילו בהשוואה לאזורים כפריים.

המגבלה העיקרית של מחקר זה היא העובדה שזהו מחקר אקולוגי שעלול לסבול ממצב שבו הגבולות הגיאוגרפיים שנקבעו להשוואה בין האזורים יכולים ליצור הטיה בתוצאות המחקר כתלות באזור הנקבע. תופעה זו מכונה בספרות המדעית "בעיית יחידת השטח הניתנת לשינוי" (Modifiable Areal Unit Problem, MAUP). היחידה המרחבית שנבחרה במחקר זה, אג"ס, היא יחידה המתארת אזור מגורים שככלל מאפייניו הפנימיים דומים על פני המרחב בתוך האג"ס ועשויים להיות שונים מאזור לאזור, והיא בחירה מקובלת בספרות המדעית (Hirsch et al., 2020). לאור זאת חשוב לערוך מחקרים שיגשרו בין רמת הפרט לרמת האזור (Subramanian, 2004).

עם זאת, למחקר כמה יתרונות בולטים. ראשית כול, המדגם כולל את הרוב המוחלט של האג"סים למגורים בישראל (2,835 מתוך 3,495), ועל כן הוא מכסה גם את רוב אוכלוסיית ישראל. שנית, ולא פחות חשוב, הערכת חשיפה לסביבה ירוקה ולסביבה בנויה היא ברזולוציה מרחבית גבוהה ומלווה בעושר נתונים על חשיפות נוספות בסביבה הבנויה כגון זיהום אוויר, קישוריות רחובות ומגוון שימושי קרקע. שילוב זה מאפשר ניתוח והבנה טובים יותר של הקשר בין הסביבה הבנויה בישראל לתחלואה בסוכרת.

לסיכום, מחקר זה מראה כי השונות המרחבית בשיעורי הסוכרת בישראל אינה מוסברת רק בהבדלים דמוגרפיים וחברתיים-כלכליים, אלא קשורה גם למאפייני הסביבה הפיזית של אזור המגורים (אג"ס). ממצאים אלו מדגישים כי תכנון אורבני המשלב סביבה ירוקה נגישה עם מאפיינים אורבניים מיטיבים (הליכתיות, הצללה, תחבורה ציבורית נקייה) עשוי לתרום לצמצום נטל הסוכרת בישראל.

חלופות מדיניות

מעבר למשמעות הבריאותית הברורה של ממצאי המחקר יש להם גם משמעויות כלכליות לא מבוטלות. מחלת הסוכרת כרוכה בעלויות גבוהות מאוד למערכת הבריאות – ההוצאה על חולה סוכרת גבוהה כמעט פי שניים מההוצאה על מבוטח שאינו חולה (שדה ואחרים, 2024). הפחתה מתונה של שיעורי הסוכרת או דחייה של תחילת המחלה בכמה שנים עשויות להתבטא בחיסכון תקציבי ניכר ובצמצום אי-השוויון בבריאות. נוסף על כך, אם אכן קיים מתאם בין גורמי הסיכון לסוכרת לבין גורמי הסיכון למחלות כרוניות אחרות, לרבות מחלות כלי דם וגידולים ממאירים, כפי שהראו למשל Wilcox et al., 2024 – אזי כל פעולה שתביא להפחתת התחלואה בסוכרת עשויה לתרום גם למטרות בריאותיות אחרות.

כפי שהראינו במחקר, שטחים ירוקים, ובמיוחד מיעוט של משטחים בלתי חדירים, קשורים לשיעורי סוכרת נמוכים יותר, ולכן אינם רק "תוספת אסתטית נעימה" לסביבת המגורים. לפיכך חיוני לתת משקל לסביבה הבנויה, ובכלל זה לסביבה ירוקה ולשטחים פתוחים, בתוכניות המדיניות הלאומיות למניעת סוכרת ובמדיניות התכנון העירוני. להלן כמה חלופות מדיניות שעשויות להוביל להפחתת שיעורי הסוכרת באוכלוסייה:

1. **צמצום סביבות עתירות אספלט ובטון.** תוכניות התחדשות עירונית ופיתוח שכונות חדשות צריכות לכלול יעד להפחתת שיעור המשטחים הבלתי חדירים, בין היתר באמצעות הפיכת מגרשי חניה פתוחים לשטחים ירוקים או משולבים, קידום גגות ירוקים ופתרונות ניקוז המשלבים ירק וטבע עירוני.

2. **הגדלת שיעור הירק בתוך השכונות ולא רק בפארקים.** על התכנון העירוני להתמקד לא רק בהגדלת אחוז השטח הירוק הכולל אלא גם בפריסה חכמה ואחידה של הירק, כך שרוב התושבים יוכלו להיחשף אליו במרחק הליכה קצר – באמצעות גינות קרובות לבתי מגורים ועצים בוגרים לאורך צירי הליכה המשמשים את התושבים בחיי היום-יום. יש לבחון מחדש את מדיניות כריתת העצים הבוגרים במסגרת התוכניות להתחדשות עירונית. המלצה זו חשובה במיוחד לאוכלוסיות המוחלשות בישראל, ובראשן האוכלוסייה הערבית, הסובלות מאי-שוויון בגישה לשטחים ירוקים (OECD, 2025).

3. **הטמעת מדדי סביבה בנויה בתכנון עירוני ובבריאות הציבור.** מומלץ שמשרד הבריאות ומשרדי הממשלה הרלוונטיים ישלבו מדדים כמו NDVI ואחוז משטחים בלתי חדירים במודלים של ניטור ואיתור אזורים בסיכון גבוה לסוכרת, ויתעדפו לפיהם השקעות בתשתית בשכונות מוחלשות.

   ספציפית, מחקר זה מספק מתווה ראשוני לקביעת סיפים לאחוזי הסביבה הבנויה הרצויים באזורי מגורים בישראל. האיחוד האירופי וארגון הבריאות העולמי ממליצים על הכלל "3–30–300" – קו מנחה בתכנון עירוני, שלפיו כל אדם יוכל לראות לפחות שלושה עצים בוגרים מחלון ביתו, לגור בשכונה עם כיסוי חופות עצים של 30%, ושיהיה לו מרחב ציבורי ירוק איכותי במרחק של עד 300 מטרים ממקום מגוריו (Bertassello et al., 2026). בישראל, פרויקטים של התחדשות עירונית ופינוי-בינוי נוטים להגדיל את השטח הבנוי על חשבון השטחים הירוקים והלא-בנויים. גם שכונות חדשות הנבנות בישראל מתאפיינות במיעוט שטחים ירוקים, בריכוז הירק באזור ספציפי בשכונה ובריבוי משטחים בלתי חדירים. כפי שעולה מהמחקר, מצב זה עלול לפגוע בבריאות הציבור. לפיכך מומלץ לעדכן את הרגולציה ולקבוע סיפים מחייבים לחשיפה לסביבה ירוקה ולא בנויה במסגרת תוכניות פינוי-בינוי ובתכנון שכונות חדשות.

4. **הקמת מאגר מידע בריאותי-סביבתי.** מאגר מידע בריאותי-סביבתי לפי אג"ס יאפשר לקבל תמונה ברורה של האזורים שבהם דרושה התערבות בסביבה הפיזית כדי לשפר את בריאות הציבור, וכן לבחון על פני זמן את השינויים בסביבה ואת השפעתם על בריאות הציבור. מעבר לכך יש להבטיח הנגשת מידע פרטני מעוגן-מיקום למחקרים סביבתיים. כאמור, מחקר זה הוא מחקר ראשוני ויש צורך במחקרים נוספים שיספקו הבנה מעמיקה יותר של השפעת הסביבה הפיזית על בריאות הציבור לצורך תכנון מדיניות. מחקרים אלו תלויים בזמינות נתונים ובמימון, ולכן מומלץ לשפר את זמינות הנתונים ולהקצות משאבים לביצוע מחקרים אלו.

מקורות

בר, ר', שולמן ל', ואלסטר, ט' (2024). עירוניות. בתוך **תוכנית אסטרטגית מרחבית לישראל, יולי 2024** (עמ' 39–68). מינהל התכנון.

מינהל התכנון (2016). פרק 3, סוגיות תכנוניות ומרחביות. בתוך **מסמך שיקולים בתכנון עירוני (מסמך מס' 1 בתמ"א 35 תיקון 1)**. מינהל התכנון.

שדה, מ', גרוטו, א' דוידוביץ', נ', ווינרב, א' (2024). **הנטל הבריאותי והכלכלי של מחסור במגנזיום במים מותפלים**. מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל.

Baker, J., White, N., & Mengersen, K. (2015). Spatial modelling of type ii diabetes outcomes: A systematic review of approaches used. *Royal Society Open Science, 2*(6), 140460.

Bertassello, L. E., van der Velde, M., Maes, J. Liu, S., Brandt, M., & Feyen, L. (2026). Assessing European cities with the 3-30-300 rule underscores the need for enhanced urban greening efforts. *Nature Communications, 17*(4846).

Bratman, G. N., Olvera-Alvarez, H. A., & Gross, J. J. (2021). The affective benefits of nature exposure. *Social and Personality Psychology Compass, 15*(8), 1–22.

Buxton, R. T., Hudgins, E. J., Lavigne, E., Villeneuve, P. J., Prince, S. A., Pearson, A. L., Halsall, T., Robichaud, C., & Bennett, J. R. (2024). Mental health is positively associated with biodiversity in Canadian cities. *Communications Earth & Environment, 5*(1), 310.

Ccami-Bernal, F., Soriano-Moreno, D. R., Fernandez-Guzman, D., Tuco, K. G., Castro-Díaz, S. D., Esparza-Varas, A. L., Medina-Ramirez, S. A., Caira-Chuquineyra, B., Cortez-Soto, A. G., Yovera-Aldana, M., & Rojas-Rueda, D. (2023). Green space exposure and type 2 diabetes mellitus incidence: A systematic review. *Health & Place, 82*, 103045.

Cuadros, D. F., Li, J., Musuka, G., & Awad, S. F. (2021). Spatial epidemiology of diabetes: Methods and insights. *World Journal of Diabetes, 12*(7), 1042–1056.

Doubleday, A., Knott, C., J., Hazlehurst, M. F., Bertoni, A. G., Kaufman, J. D., & Hajat, A. (2022). Neighborhood greenspace and risk of type 2 diabetes in a prospective cohort: The multi-ethncity study of atherosclerosis. *Environmental Health, 21*(1), 1–10.

Fiffer, M. R., James, P., Chen, J., Iyer, H. S., Holland, I., Roscoe, C., Wilt, G., Nethery, R. C., Sun, Q., Laden, F., & Hart, J. E. (2025). Residential greenness and diabetes incidence in two prospective cohorts of US women. *Environmental Epidemiology, 9*(4), e405.

Feyissa, T. R., Wood, S. M., Vakil, K., Namara, K. MC, Coffee, N. T., Alsharrah, Daniel, M., & Versace. V. L. (2024). The built environment and its association with type 2 diabetes mellitus incidence: A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Social Science & Medicine, 361*, 117372.

Hackett, R. A., & Steptoe, A. (2017). Type 2 diabetes mellitus and psychological stress—a modifiable risk factor. *Nature Reviews Endocrinology, 13*, 547–560.

Hirsch, A. G., Carson, A. P., Lee, N. L., McAlexander, T., Mercado, C., Siegel, K., Black, N. C., Elbel, B., Long, D. L., Lopez, P., McClure, L. A., Poulsen, M. N., Schwartz, B. S., & Thorpe, L. E. (2020). The diabetes location, environmental attributes, and disparities network: Protocol for nested case control and cohort studies, rationale, and baseline characteristics. *JMIR Research Protocols, 9*(10), e21377.

Krekel, C., Goebel, J., & Rehdanz, K. (2025). *The value of a park in crises: Quantifying the health and wellbeing benefits of green spaces using exogenous variations in use values*. IZA Discussion Paper No. 17942. IZA—Institute of Labor Economics.

Lane, K. J., Stokes, E. C., Seto, K. C., Thanikachalam, S., Thanikachalam,M., & Bell, M. L. (2015). Associations between greenness, impervious surface area, and nighttime lights on biomarkers of vascular aging in Chennai, India. *Environmental Health Perspectives, 125*(8), 1–8.

Markevych, I., Schoierer, J., Hartig, T., Chudnovsky, A., Hystad, P., Dzhambov, A. M., de Vries, S., Triguero-Mas, M., Brauer, M., Nieuwenhuijsen, M. J., Lupp, G., Richardson, E. A., Astell-Burt, T., Dimitrova, D., Feng, X., Sadeh, M., Standl, M., Heinrich, J., & Fuertes, E. I. (2017). Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environmental Research, 158*, 301–317.

Martins, M. H., Morato, R. G., & Kawakubo, F. S. (2018). Mapping impervious surface areas using orthophotos, satellite imagery and linear regression. *RDG, 35*, 91–101.

Methorst, J. (2024). Positive relationship between bird diversity and human mental health: an analysis of repeated cross-sectional data. *The Lancet Planetary Health, 8*(5), e285-e296.

Methorst, J., Bonn, A., Marselle, M., Böhning-Gaese, K., & Rehdanz, K. (2021). Species richness is positively related to mental health–a study for Germany. *Landscape and Urban Planning, 211*, 104084.

Münzel, T., Sørensen, M., Lelieveld, J., Hahad, O., Al-Kindi, S., Nieuwenhuijsen, M., Giles-Corti, B., Daiber, A., & Rajagopalan, S. (2021). Heart healthy cities: Genetics loads the gun but the environment pulls the trigger. *European Heart Journal, 42*(25), 2422–2438.

OECD (2025). *Redefining spatial planning and development in Israel*. OECD Publishing.

Rhew, I. C., Vander Stoep, A., Kearney, A., Smith, N. L., & Dunbar, M. D. (2011). Validation of the normalized difference vegetation index as a measure of neighborhood greenness. *Annals of Epidemiology, 21*(12), 946–952.

Sadeh, M., Fulman, N., Agay, N., Levy, I., Ziv, A., Chudnovsky, A., Brauer, M., &Dankner, R. (2024). Residential greenness and long-term mortality among patients who underwent coronary artery bypass graft surgery. *Epidemiology, 35*(1), 41–50.

Small, C. (2001). Estimation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis. *International Journal of Remote Sensing, 22*(7), 1305–1334.

Subramanian, S. V. (2004). The relevance of multilevel statistical methods for identifying causal neighborhood effects. *Social Science and Medicine, 58*(10), 1961–1967.

Wilcox, N. S., Amit, U., Reibel, J. B., Berlin, E., Howell, K., & Ky, B. (2024). Cardiovascular disease and cancer: Shared risk factors and mechanisms. *Nature Reviews Cardiology, 21*(9), 617–631.

Xie, Y., Fan, S., Luo, Y., Li, J., Zhang, Y., Hu, H., Qiu, H., Zhou, G., Heinrich, J., Zhao, T., Li, Z., Li, L., Xu, A., Ji, J. S., Zhang, Z., Zhou, Y., Lau, S. S. S., Zou, X., Dong, G., … Yang, B. (2024). Credibility of the evidence on green space and human health: An overview of meta-analyses using evidence grading approaches. *eBioMedicine, 106*, 1–14.

Yang, J., & Zhou, P. (2020). The obesity epidemic and the metropolitan-scale built environment: Examining the health effects of polycentric development. *Urban Studies, 57*(1), 39–55.

נספח

לוח נ'1. תוצאות מודל בינומי שלילי לקשר בין סביבה ירוקה לשיעורי סוכרת

מודל 1 – משתנים סביבתיים ממודלים דוגמת spline

Term	Estimate	se	rr	edf	p
Parametric term					
Intercept	-2.640	0.051	NA	NA	<0.001
SES (continuous, per point, centered at 6; at mean NDVI)	-0.087	0.008	0.917	NA	<0.001
Ethnicity: non-Jewish (versus Jewish)	0.199	0.014	1.220	NA	<0.001
SES quintile					
2	0.113	0.043	1.120	NA	0.008
3	0.123	0.049	1.131	NA	0.011
4	0.089	0.057	1.094	NA	0.119
5	0.146	0.068	1.157	NA	0.032
Locality population size					
2	0.073	0.012	1.076	NA	<0.001
3	0.076	0.015	1.079	NA	<0.001
Smooth terms					
NDVI (spline)	NA	NA	NA	2.637	<0.001
NDVI × SES, continuous (spline)	NA	NA	NA	1.747	0.564
Share aged 45+ (spline)	NA	NA	NA	2.978	<0.001
Connectivity (spline)	NA	NA	NA	2.820	0.001
Land-use mix (spline)	NA	NA	NA	1.949	0.265
NO_2, per 1 ug/m^3 (spline)	NA	NA	NA	3.843	<0.001
$PM_{2.5}$, per 1 ug/m^3 (spline)	NA	NA	NA	2.882	<0.001
s(age at registry) × SES (5 levels)	NA	NA	NA	1.0–2.8	p <0.001–0.450
Model fit					
n (areas)	2673.00				
Adjusted R^2	0.97				
Deviance explained (%)	82.44				
REML score	11695.0				
NB theta	47.83				
Pearson dispersion	1.07				
AIC	23241.85				

המשך בעמוד הבא

לוח נ'1(המשך). תוצאות מודל בינומי שלילי לקשר בין סביבה ירוקה לשיעורי סוכרת

מודל 2 – מידול ליניארי של משתנים סביבתיים

Term	Estimate	se	rr	rr_lo	rr_hi	edf	p
Parametric term							
Intercept	-2.702	0.068	NA	NA	NA	NA	<0.001
NDVI, per 0.1 (linear; at SES 6)	-0.036	0.006	0.965	0.953	0.977	NA	<0.001
SES (continuous, per point, centered at 6; at mean NDVI)	-0.088	0.008	0.916	0.902	0.930	NA	<0.001
Ethnicity: non-Jewish (versus Jewish)	0.196	0.014	1.216	1.183	1.251	NA	<0.001
SES quintile							
2	0.126	0.043	1.134	1.042	1.235	NA	0.004
3	0.135	0.049	1.145	1.040	1.261	NA	0.006
4	0.100	0.058	1.106	0.987	1.239	NA	0.084
5	0.158	0.069	1.171	1.023	1.341	NA	0.022
Locality population size							
2	0.080	0.011	1.083	1.059	1.107	NA	<0.001
3	0.084	0.014	1.087	1.057	1.118	NA	<0.001
Connectivity, per 1 unit (linear)	0.001	0.007	1.001	0.987	1.015	NA	0.892
Land-use mix, per 0.1 (linear)	-0.003	0.003	0.997	0.991	1.002	NA	0.184
NO_2, per 1 ug/m^3 (linear)	0.010	0.001	1.010	1.008	1.011	NA	<0.001
$PM^{2.5}$, per 1 ug/m^3 (linear)	-0.003	0.003	0.997	0.992	1.003	NA	0.334
NDVI × SES: change in NDVI log-RR per 0.1, per SES point	-0.004	0.003	0.996	0.990	1.001	NA	0.120
Smooth terms							
Share aged 45+ (spline)	NA	NA	NA	NA	NA	2.977	<0.001
s(age at registry) × SES (5 levels): edf; p<0.001–0.698	NA	NA	NA	NA	NA	1.0-2.8	p <0.001–0.698
Model fit							
n (areas)	2673.00						
Adjusted R^2	0.97						
Deviance explained (%)	81.68						
REML score	11734.05						
NB theta	45.29						
Pearson dispersion	1.07						
AIC	23328.20						

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

לוח נ'2. תוצאות מודל בינומי שלילי לקשר בין סביבה בנויה לשיעורי סוכרת

מודל 1 – משתנים סביבתיים ממודלים דוגמת spline

Term	Estimate	se	rr	edf	p
Parametric term					
Intercept	-2.640	0.050	NA	NA	<0.001
SES (continuous, per point, centered at 6)	-0.086	0.008	0.917	NA	<0.001
Ethnicity: non-Jewish (versus Jewish)	0.195	0.014	1.215	NA	<0.001
SES quintile					
2	0.119	0.043	1.126	NA	0.005
3	0.136	0.048	1.145	NA	0.005
4	0.095	0.057	1.099	NA	0.097
5	0.153	0.068	1.165	NA	0.024
Locality population size					
2	0.061	0.012	1.063	NA	<0.001
3	0.063	0.014	1.065	NA	<0.001
Smooth terms					
Impervious surface (spline)	NA	NA	NA	2.316	<0.001
Share aged 45+ (spline)	NA	NA	NA	2.982	<0.001
Connectivity (spline)	NA	NA	NA	2.855	<0.001
Land-use mix (spline)	NA	NA	NA	1.661	0.077
NO_2, per 1 ug/m^3 (spline)	NA	NA	NA	3.593	<0.001
$PM_{2.5}$, per 1 ug/m^3 (spline)	NA	NA	NA	2.870	0.001
s(age at registry) × SES (5 levels)	NA	NA	NA	1.0-2.8	p <0.001-0.389
Model fit					
n (areas)	2673.00				
Adjusted R^2	0.97				
Deviance explained (%)	82.58				
REML score	11677.26				
NB theta	48.28				
Pearson dispersion	1.07				
AIC	23217.20				

המשך בעמוד הבא

לוח נ'2 (המשך). תוצאות מודל בינומי שלילי לקשר בין סביבה בנויה לשיעורי סוכרת
מודל 2 – מידול ליניארי של משתנים סביבתיים

Term	Estimate	se	rr	rr_lo	rr_hi	edf	p
Parametric term							
Intercept	-2.776	0.067					<0.001
Impervious surface, per 10% of area (linear)	0.024	0.003	1.025	1.019	1.031	NA	<0.001
SES (continuous, per point, centered at 6)	-0.089	0.008	0.915	0.901	0.929	NA	<0.001
Ethnicity: non-Jewish (versus Jewish)	0.194	0.014	1.214	1.181	1.249	NA	<0.001
SES quintile							
2	0.130	0.043	1.139	1.047	1.239	NA	0.002
3	0.149	0.049	1.161	1.055	1.277	NA	0.002
4	0.111	0.058	1.118	0.998	1.251	NA	0.054
5	0.171	0.069	1.186	1.037	1.357	NA	0.013
Locality population size							
2	0.062	0.012	1.064	1.040	1.089	NA	<0.001
3	0.068	0.014	1.070	1.040	1.101	NA	<0.001
Connectivity, per 1 unit (linear)	-0.046	0.010	0.955	0.937	0.973	NA	<0.001
Land-use mix, per 0.1 (linear)	-0.007	0.003	0.993	0.988	0.999	NA	0.013
NO_2, per 1 ug/m^3 (linear)	0.009	0.001	1.009	1.007	1.010	NA	<0.001
$PM^{2.5}$, per 1 ug/m^3 (linear)	-0.002	0.003	0.998	0.993	1.004	NA	0.499
Smooth terms							
Share aged 45+ (spline)	NA	NA	NA	NA	NA	2.978	<0.001
s(age at registry) × SES (5 levels): edf	NA	NA	NA	NA	NA	1.0–2.8	p <0.001–0.747
Model fit							
n (areas)	2673.00						
Adjusted R^2	0.96						
Deviance explained (%)	81.91						
REML score	11713.17						
NB theta	45.98						

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס

לוח נ'3. תוצאות מודל בינומי שלילי לקשר בין משתני הסביבה הבנויה להימצאות סוכרת, כולל סטיית התקן של סביבה ירוקה בכל אג"ס

Term	Estimate	se	rr	edf	p
Parametric term					
Intercept	-2.631	0.051	NA	NA	<0.001
SES (continuous, per point, centered at 6; at mean NDVI)	-0.087	0.008	0.917	NA	<0.001
Ethnicity: non-Jewish (versus Jewish)	0.197	0.014	1.218	NA	<0.001
SES quintile					
2	0.111	0.043	1.117	NA	0.009
3	0.125	0.048	1.133	NA	0.010
4	0.089	0.057	1.093	NA	0.120
5	0.152	0.068	1.164	NA	0.025
Locality population size					
2	0.061	0.012	1.062	NA	<0.001
3	0.063	0.015	1.065	NA	<0.001
Smooth terms					
NDVI (spline)	NA	NA	NA	2.382	0.023
NDVI SD (spline)	NA	NA	NA	2.327	0.338
Impervious surface (spline)	NA	NA	NA	1.970	<0.001
NDVI × SES, continuous (spline)	NA	NA	NA	1.850	0.356
Share aged 45+ (spline)	NA	NA	NA	2.980	<0.001
Connectivity (spline)	NA	NA	NA	2.806	<0.001
Land-use mix (spline)	NA	NA	NA	1.942	0.152
NO_2, per 1 ug/m^3 (spline)	NA	NA	NA	3.727	<0.001
$PM_{2.5}$, per 1 ug/m^3 (spline)	NA	NA	NA	2.879	<0.001
s(age at registry) × SES (5 levels)	NA	NA	NA	1.0–2.7	<0.001–0.365
Model fit					
n (areas)	2673.00				
Adjusted R^2	0.97				
Deviance explained (%)	82.68				
REML score	11686.21				
NB theta	48.56				
Pearson dispersion	1.07				
AIC	23213.12				

מקור: מאיה שדה, יעל יבין ואלכס וינרב, מרכז טאוב | נתונים: שירותי בריאות כללית; חברת פוינטס; המשרד להגנת הסביבה; המעבדה לשמירת טבע ומגוון ביולוגי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; הלמ"ס