אקולוגיה וסביבה
כתב עת למדע ולמדיניות הסביבה



תכנון קפדני יכול להבטיח שעצים וצמחייה אחרת יוצבו באופן המתאים להפקת המֵרב מההזדמנויות לשפר את איכות האוויר | צילום: אסף פולק

עצים כמפחיתי זיהום אוויר בערים

סקירות | גיליון קיץ 2013 / כרך 4(2) | 26 ביולי, 2013

מעיין חיים
הקואליציה לבריאות הציבור

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

חיים מ. 2013. עצים כמפחיתי זיהום אוויר בערים. *אקולוגיה וסביבה* **4**(2): 176–182.

על קצה המזלג

- לעצים הגדלים בעיר יש השפעה על איכות הסביבה העירונית – האקלים וזיהום האוויר בעיר – המותנית במידה רבה בסוג העץ, במאפייניו המורפולוגיים ובמיקומו המרחבי בעיר.
- המאמר עוסק בהשפעתם, החיובית והשלילית, של עצים על זיהום האוויר בסביבה העירונית, תוך התמקדות בדרכים למתֵן באמצעותם את זיהום האוויר.
- לצורך הפחתת זיהום אוויר עירוני בתנאים של ישראל, מומלץ לשתול עצים גדולים בעלי שטח פנים גדול, שישמשו להצללה, לקירור ולשיקוע מזהמים עליהם.
- למאמר השלכות תכנוניות לפיתוח מדיניות עירונית תואמת אקלים וסביבה, המתבססות על עקרונות מתחומי חקר אקלים העיר, איכות הסביבה העירונית והאדריכלות הירוקה.
- המחברת מדגישה את הצורך ביצירת "מדד זיהום אוויר לעצי ישראל", כנהוג במדינות אחרות בעולם, ככלי לשיפור התכנון העירוני.

המערכת

תקציר

עצים מסוגלים להפחית את ריכוזיהם של מזהמי האוויר בעיר. עם זאת, קיימות גם השפעות שליליות, כמו פליטת אבקה אלרגנית וחומרים אורגניים נדיפים ביוגניים (BVOC) שיכולים להשתתף בתגובות כימיות שגורמות לעלייה בריכוזי האוזון הטרופוספרי. סקירה זו מציינת את השיקולים השונים שיש להביא בחשבון כדי להגיע ליכולת הפחתה מֵרבית של זיהום אוויר בעזרת עצים, כפי שעולה משורת מחקרים שנערכו בעשור האחרון. המאמר מבוסס ברובו על

סקירה [31] של הארגון הבריטי Woodland Trust, שפורסמה באפריל 2012, עם תוספות והתאמה לישראל מאת הכותבת. בין השאר, נדונים מספר העצים שיש לשתול, האזור שיש לשתול בו, סוג העץ ומאפייניו הפיזיים, תחזוקת הצמח ותכנון "מסלולים ירוקים".

בישראל נערכו מספר מחקרים בנושא השפעותיהם הסביבתיות של עצים, אך חסר מידע הנוגע להשפעתם של מיני עצים ישראליים על איכות האוויר. בבריטניה פותח "מדד זיהום אוויר" לעצים, המשקלל את יכולתם להפחית או להגביר זיהום אוויר. בישראל עדיין לא קיים מדד כזה, אך מידע על כמות החומרים האורגניים הנדיפים הביוגניים שפולטים 23 מינים של עצי רחוב שכיחים בישראל ניתן בגוף המאמר. בחירה, הצבה ותחזוקה נכונות של עצים יכולות לתרום לאיכות האוויר, אך הן לא יחליפו כלים לשמירת איכות האוויר כמו הפחתת פליטות מזהמים, ניטור, תכנון וחקיקה.

הצורך בהפחתת זיהום אוויר עירוני בישראל

איכות האוויר בישראל השתפרה בעשורים האחרונים, אך ריכוזיהם של מזהמי אוויר מסוימים עדיין מהווים סיכון לבריאות הציבור. מתוך המזהמים הנמדדים בשגרה בתחנות הניטור, המזהמים הבעייתיים העיקריים הם חנקן דו-חמצני, חלקיקים נשימים עדינים ($PM_{2.5}$) ואוזון. מזהמים אלה נפלטים או נוצרים מפעילות תעשייתית ומתחבורה. הנטל הכלכלי העתידי של ההשפעות הבריאותיות כתוצאה מחריגה מערכי היעד של שלושה מזהמים עיקריים - חלקיקים נשימים ($PM_{2.5}$, PM_{10}) ואוזון - נאמד על-ידי המשרד להגנת הסביבה בכ-7.8 מיליארד ₪ בשנת 2015 ובכ-8.5 מיליארד ₪ בשנת 2020 [4]. השפעות בריאותיות אלה כוללות בין השאר אבדן שנות חיים, תמותה מסרטן ריאות וממחלות לב, אשפוזים בגלל בעיות במערכת הלב וכלי הדם ובמערכת הנשימה ותחלואה והחמרה של אסתמה [7].

שתי סיבות עיקריות מחמירות את בעיות איכות האוויר ובעקבותיהן גם את בעיות הבריאות במרכזי הערים: האחת, עומסי התחבורה במרכז העיר שנובעים מהמספר הגדול של כלי הרכב, ממהירות הנסיעה הנמוכה ומהרמזורים הרבים. עומסי התחבורה מעלים את ריכוזי המזהמים מתחבורה. השנייה, "אי החום העירוני" הגורם לעליית הטמפרטורה בערים יחסית לסביבותיהן. עלייה זו גוררת אחריה עלייה בפליטת תרכובות אורגניות נדיפות, שעלולה להביא לעלייה בריכוז האוזון. הפגיעה באיכות האוויר גורמת החמרה בתסמינים של בעיות לב ונשימה, בעיקר בקרב קשישים, ילדים וחולים כרוניים.

השפעות עצים על איכות אוויר

השפעות חיוביות של עצים - הפחתת זיהום אוויר

מחקרים בשנים האחרונות החלו לזהות כיצד צמחייה בערים בכלל, ושתילת עצים בפרט, יכולות להיות מותאמות להשגת יעדי איכות אוויר, תוך שהן משיגות רבים מהיתרונות האחרים של מרחב עירוני ירוק. ישנן עדויות לכך שעציבעיר מסלקים כמויות גדולות של זיהום אוויר ומשפרים את איכות האוויר (עד 20% הפחתה במקרים מסוימים) [15, 24, 27]. סילוק מזהמי האוויר מתבצע על-ידי שיקוע של חלקיקים וגזים על שטח הפנים של העץ, וגם על-ידי קליטה של מזהמים גזיים לתוך פיוניות העץ - פתחים זעירים המכסים את עליו - יחד עם קליטת פחמן דו-חמצני במהלך היום [27]. החלוקה הכמותית בין שני המנגנונים עדיין אינה ברורה.

חוקרים מאוניברסיטת קולומביה מצאו ששיעורי האסתמה בקרב ילדים בני 4 ו-5 היו נמוכים יותר באופן מובהק באזורים שיש בהם יותר עצים ברחוב [22]. בישראל מאובחנת יותר מ-7% מהאוכלוסייה הבוגרת כחולה באסתמה [2], וגם שיעור התחלואה באסתמה בקרב מדגם של ילדי כיתות ח' עומד על 7%. ביישובים עירוניים השיעור גבוה יותר בהשוואה ליישובים כפריים [3].

השפעות שליליות של עצים

התרומה הכוללת של עצים לאיכות האוויר ולבריאות היא חיובית מאוד, אך לעצים מסוימים יכולות להיות גם השפעות שליליות על איכות האוויר: חלק מהם מייצרים אבקה המשפיעה על הסובלים מ"קדחת השחת" (אלרגיה עונתית) שמקורה בעצים. כמו כן, עצים מסוימים פולטים חומרים אורגניים נדיפים ביוגניים (BVOC - Biogenic Volatile Organic Compounds), שיכולים להשתתף בתגובות כימיות שגורמות לעלייה בריכוזי האוזון הטרופוספרי [15]. מחקר באטלנטה מצא כי פליטת חומרים אורגניים נדיפים מהעצים השתוותה בכמותה

לפליטת חומרים אלה ממקור אנושי, וכי פליטת החומרים האורגניים הנדיפים מהעצים בלבד יכולה להביא לריכוז אוזון מַרבי של 0.08 ppmv (חלקים למיליון לפי נפח) [11]. נוסף על כך, למיקום העץ עלולה להיות השפעה שלילית על פיזור זיהום האוויר [19,10].

שתילת עצים לצורך הפחתת זיהום אוויר - כיצד?

אופן השתילה ומיקומה יחסית למקור הזיהום

כאשר בוחנים יעילות הפחתה של עץ מול עץ, מסתבר כי עצים בודדים ועצים בשולי חורשות אוספים חלקיקים באופן יעיל יותר מאשר עצים במרכז החורשה [23,9]. לכן, אין צורך לשתול חורשות עצים גדולות בקרבת מקורות זיהום אוויר: מספר שורות של עצים צפופים, בתוספת צמחים נמוכים ובמורד הרוח ממקורות זיהום אוויר, יכולים להביא לרמה מַרבית של סינון המזהמים על-ידי צמחייה. התועלת המַרבית תושג על-ידי שתיים או שלוש שורות של עצים, עם צפיפות שתילה גבוהה יחסית [20]. סינון מזהמים על-ידי עץ יחיד בלבד הוערך כמפחית את ריכוזי החומר החלקיקי ב-15–20% מיד מאחורי העץ [25,24]. עם זאת, יש לזכור שלצורך מיתון תופעת "אי החום העירוני" נדרשת שתילת עצים בקנה מידה גדול.

בחירת מיקום השתילה בתוך העיר

צמחייה עירונית מרוכזת לרוב בפארקים או בגינות פרטיות, מקומות שסביר שריכוזי המזהמים בהם נמוכים יחסית. אף על פי שלצמחייה זו יש תועלת מסוגים רבים (הפחתה של אפקט "אי החום העירוני", קיום שטח שמי גשם יכולים לחדור בו לתת-הקרקע כמי תהום, תמיכה במגוון ביולוגי ועוד), צמחייה שקרובה לאזורים מזוהמים תסלק מזהמים מהאוויר באופן יעיל יותר.

באזורים שבהם שיפור איכות האוויר הוא המטרה המרכזית, שתילה במקומות בעלי זיהום אוויר גבוה, כמו צומתי תחבורה או רמזורים, תביא לקצב סילוק מזהמים גבוה יותר בהתאמה [25]. עם זאת, יש לשים לב ששתילת העצים לא תפריע לערבול האוויר. הדבר עלול להפחית את הפיזור ממקורות זיהום מקומיים כמו תחבורה, וכך לגרום לעליית ריכוזי המזהמים המקומיים, למרות ההפחתה הכללית. דוגמה לכך היא המקרה של האזור שבין שורות בניינים גבוהות לאורך רחוב צר, שנקרא באנגלית street canyon, ויכונה "רחוב" במאמר זה. רחובות מסוג זה יכולים לכלוא מזהמים, מאחר שהאוויר בהם מוחלף בקצב אִטי עם האוויר שמעליו. ריכוזי המזהמים הנפלטים בתחתית הרחוב הם הגבוהים ביותר בבסיס הקיר הפונה לרוח [19,10]. במקומות שהרוח השלטת בהם נושבת באופן עקבי מכיוון אחד, עשוי להיות יתרון לשתילת עצים וצמחייה אחרת בקרבת הקיר הפונה אל הרוח, שם הם יכולים ללכוד מזהמים.

קצב החלפת האוויר בין הרחוב לאטמוספרה מעליו יורד ככל שהרחוב צר יותר והבניינים גבוהים יותר [28]. במקומות שהרחוב מכיל מקור פליטה, קצב החלפת האוויר הנמוך יכול להביא לריכוזים גבוהים מאוד בגובה הרחוב - ושם סביר מאוד שאנשים ייחשפו אליהם [14].

אף על פי שצמחייה ברחובות כאלה יכולה לסלק מזהמים, מחקרים עדכניים גורסים ששדרות עצי רחוב ברחובות המזוהמים ביותר מסוג זה עשויות להפחית גם את הערבול והפיזור, ולכן להביא להחמרה בבעיות איכות אוויר בגובה הרחוב [19,10]. אמנם מחקרים אלה לא מביאים בחשבון את השפעת השיקוע על הצמחייה, אך הם מדגישים שכנראה קיים איזון שיש לשמור עליו, וייתכן שהתרומה הגדולה ביותר של עצי רחוב נמצאת ברחובות המזוהמים פחות.

בחירת סוג העץ

לבחירת סוג העץ יש השפעה גדולה על הפוטנציאל של סילוק המזהמים על-ידי עצים וצמחייה אחרת.

מינים ירוקי-עד תורמים לסילוק מזהמים במשך כל השנה. מינים נשירים מוגבלים לשיקוע על הגזע והענפים בלבד במהלך החורף. התרומה של גזעים וענפים לשיקוע של חומר חלקיקי יכולה להיות מכרעת, כתלות במין העץ [17]. שלא בתקופת השלכת, מינים בעלי עלים רחבים יכולים להיות יעילים יותר ממינים מחטניים, עקב שטח הפנים הגדול יותר של העלה אצל מינים בעלי עלים רחבים [20].

ההבדלים בין מיני עצים שונים חשובים להערכת לכידת החומר החלקיקי; עלים בעלי צורות סבוכות, שיחס ההיקף לשטח אצלם גבוה, ושיש מעטה שעווה או שערות זעירות על פני השטח שלהם - לוכדים חלקיקים באופן יעיל יותר [30]. בייחוד נראה ששטח פני העלה חשוב: עלים שעירים ומקומטים לוכדים את המספר הרב ביותר של חלקיקים [26]. צמחים ש"מוליכות הפיוניות" שלהם נמוכה - כלומר שאדי מים וגזים עוברים דרך הפתחים על שטח פני העלה בקצב נמוך - יכולים לסבול טוב יותר רמות גבוהות של מזהמים גזיים (אף על פי שהם יהיו גם פחות יעילים בסילוקם מהאטמוספרה) [21]. לכן, באזורים שיש בהם זיהום אוויר גבוה מאוד, ניתן לבחור בצמחים

כאלה בשל חיוניותם הגבוהה יותר בתנאים כאלה. עם זאת, מאחר שכשליש עד שני שלישים משיקוע האוזון [16] וכמעט כל השיקוע של חומר חלקיקי הוא "לא-פִּיזִני", כלומר מתבצע ישירות על שטח פני העלה, הפוטנציאל של כל עץ לשפר את איכות האוויר נשאר גבוה.

גורמים נוספים כמו מידת צפיפות החופה (צמרת העץ) גם הם חשובים. לצמרת צפופה יותר יהיה אפקט לכידת מזהמים גדול יותר [19], אך גם סביר שיהיה עליה שיקוע גדול יותר של מזהמים.גודל העץ משפיע גם הוא על יכולתו ללכוד חלקיקים. עצים בעלי שטח עלווה גדול יכולים לסלק פי כמה וכמה יותר חומר חלקיקי בשנה יחסית לעצים קטנים (פי 60–70 לפי מחקר אחד [27]). מצד שני, עקב הצפיפות הגבוהה יותר של עליהם נוטים עצים צעירים להיות יעילים באופן לא פרופורציוני יחסית לשטח העלים הכולל שלהם [8].

חומרים אורגניים נדיפים ביוגניים שנפלטים על-ידי עצים יכולים לגרום לעלייה בייצור האוזון הטרופוספרי, פעולה הפוכה לאפקט סילוק המזהמים. לא כל מיני העצים פולטים חומרים כאלה באותו קצב, ולכן בחירה של מינים הפולטים אותם בקצב נמוך במקומות האפשריים יכולה להוריד את הסיכון לאירועי אוזון גבוהים.בניסיון לסייע בבחירת העצים המועילים ביותר להפחתת זיהום האוויר, פותח מדד זיהום אוויר בריטי (UTAQS) לעצים עירוניים [15]. המדד מסווג עצים באמצעות שקלול של יכולתם להפחית ולהגביר זיהום אוויר. ניקוד גבוה יותר מסמל מין עץ מתאים יותר למטרות הפחתת זיהום אוויר. טבלה 1 מראה את הסיווג של 30 מיני עצים עירוניים נפוצים בבריטניה לפי מדד UTAQS.

טבלה 1. מדד זיהום אוויר לעצים עירוניים (UTAQS) עבור 30 מיני עצים הנפוצים באזור המטרופוליני של West Midlands, בריטניה.
מעובד מתוך Donovan et al. [14].

יכולת גבוהה להפחתת זיהום אוויר		יכולת בינונית להפחתת זיהום אוויר		יכולת נמוכה להפחתת זיהום אוויר	
שם העץ	שם מדעי	שם העץ	שם מדעי	שם העץ	שם מדעי
מין של אלנוס	*Alnus glutinosa*	מין של תפוח	*Malus spp.*	מין של צפצפה	*Populus tremula*
מין של אדר	*Acer campestre*	מין של מילה	*Fraxinus excelsior*	מינים של ערבה	*Salix fragilis, Salix caprea*
עוזרר חד־גלעיני	*Crataegua monogyna*	דובדבן	*Prunus avium*	מינים של אלון	*Quercus robur, Quercus rubra, Quercus petraea*
מין של רותם	*Larix decidua*	מין של תרזה	*Tilia x europaea*	ערבה לבנה	*Salix alba*
מין של פרונוס	*Prunus laucerocerasus*	סמבוק שחור	*Sambucus nigra*		
מין של ברושית	*Chamaecyparis lawsoniana*	מין של בוקיצה	*Ulmus procera*		
מין של אדר	*Acer platanoides*	מינים של אלנוס	*Alnus incana, Alnus cordata*		
מין של אורן	*Pinus nigra cvs.*	מין של אגוז	*Corylus avellana*		
מין של שדר	*Betula pendula*	מין של צינית	*Ilex aquifolium*		
		מין של ברוש	*Cupressocyparis leylandii*		
		מין של כחלית	*Syringa vulgaris*		
		מין של בן־חוזרר	*Sorbus aucuparia*		
		מין של אדר	*Acer pseudoplatanus*		

טבלה 1
מדד זיהום אוויר לעצים עירוניים (UTAQS) עבור 30 מיני עצים הנפוצים באזור המטרופוליני של West Midlands, בריטניה
מעובד מתוך [14] Donovan et al.

חשיבות תחזוקת העצים

בחירת סוג העץ והצבתו הן צעדים ראשונים קריטיים בעיצוב תשתית ירוקה לשיפור איכות האוויר. עם זאת, כמו כל תשתית, צמחייה תהיה יעילה יותר בסילוק זיהום אוויר אם היא תתוחזק באופן ראוי. תחזוקה קפדנית, שתבטיח את בריאות הצמח, תגדיל את שטח העלווה ואת אפקט סילוק המזהמים של צמחים [20].

תנועה במסלולים "ירוקים" בעיר

אף על פי שניתן לעשות דברים רבים כדי לשפר את הבחירה וההצבה של עצים ושל צמחייה אחרת לשיפור איכות האוויר, התועלת הרבה ביותר תושג אם אנשים יוכלו להיות קרובים לתשתית ירוקה או אפילו בתוכה, כשהם נעים בתוך מרחב עירוני. ההפחתות הגדולות ביותר בחלקיקים כתוצאה מקליטה על-ידי צמחייה היו במרחבים הירוקים עצמם [30]. לכן, התועלת הבריאותית לאנשים תהיה הגדולה ביותר אם הולכי רגל ישתמשו בפארקים ובמרחבים ירוקים אחרים במקום במדרכות בצדי כבישים עמוסים. מערכות מידע גאוגרפיות (ממ"ג - GIS) ויישומים בטלפונים ניידים יכולים לשמש כיום לשרטוט מסלולים שיש בהם חשיפה מזערית לזיהום אוויר, תוך שימוש באזורי צמחייה [13]. שיטות כאלה יכולות להיות שימושיות גם לתכנון יְרוּק (greening) בקנה מידה גדול או למיטוב של מסלולים אל עסקים גדולים, בתי ספר או אזורי קניות ומהם.

מחקרים בנושא השפעות עצים על איכות האוויר בערי ישראל

בישראל נערכו מספר מחקרים לגבי השפעותיהם הסביבתיות של עצים. במחקר שפורסם בשנת 2012 נמצא כי טמפרטורת רחוב בבאר שבע שנשתלו בו עצים הייתה נמוכה בכ-3 מעלות צלזיוס מטמפרטורת האוויר ברחוב דומה ללא עצים, וכי בגינות עירוניות ובפארק עירוני נמדדו גם כן טמפרטורות נמוכות יחסית לסביבתן. עצים תרמו להפחתת עומס החום יותר מאשר סוגי צמחייה אחרים [5]. מחקר אחר בחן את תרומתם האקלימית של שלושה מיני עצים בתל-אביב, ומצא כי הגורמים המשפיעים על קירור סביבת העץ הם בעיקר צפיפות השתילה ומידת כיסוי הקרקע של העץ [29]. מחקר נוסף השווה בין שכונות בחיפה שמאפייניהן הכלכליים-חברתיים דומים, אך כיסוי הצמחייה בהן שונה. נמצא כי בשכונות שכיסוי הצמחייה בהן היה גדול יותר, נמדדו ריכוזי חלקיקים נמוכים יותר באוויר, וכי ההבדל היה גדול יותר בשעות הבוקר [18]. במחקר בתל-אביב הושוו ריכוזים של מזהמי אוויר בין פארק עירוני, כיכר מרוצפת ורחוב צר עם בניינים גבוהים, ונמצא כי ריכוזי PM_{10} בפארק היו לרוב הנמוכים ביותר. בחורף ההבדל בין הפארק לכיכר ולרחוב היה משמעותי יחסית לקיץ [12]. הנחיות לתכנון שטחים ציבוריים פתוחים כך שייטיבו עם האקלים, ויפחיתו ריכוזי מזהמים ורעש, פורסמו לפני מספר שנים [6].

עם זאת, ההבדלים בין מיני עצים שונים בהשפעה על זיהום האוויר בישראל לא נחקרו לעומק. מבדיקה של מידת פליטת חומרים אורגניים נדיפים ביוגניים של 23 מיני עצים המופיעים ב"מדריך עצי הרחוב בישראל" של משרד החקלאות ופיתוח הכפר והמשרד להגנת הסביבה [1], עולה כי קיימת שונות גדולה ביניהם מבחינת שטף הפליטה (טבלה 2). נתונים אלה מסתמכים על מחקרים שבוצעו במדינות אחרות בעולם שקיימים בהן עצים אלה, כך שהם לא מותאמים לאקלים הישראלי. נוסף על כך, עבור מיני עצים ישראליים רבים אחרים לא ידועה מידת הפליטה של חומרים אורגניים נדיפים, או אפילו אם הם פולטים חומרים אורגניים נדיפים או לא, וכן לא נבדקה יכולתם להפחית זיהום אוויר. בעקבות מחקרים מהעולם ניתן להסיק כי עצים גדולים ובעלי שטח עלים גדול ישרתו הן את הצורך בהצללה ובקירור באקלים הישראלי החם והלח, הן את הצורך בשטח גדול כדי לשקע חלקיקים, אך נראה כי יש מקום לפתח עוד את הידע הישראלי בתחום זה.

טבלה 2. פליטות איזופרן ומונוטרפנים (שני סוגים של חומרים אורגניים נדיפים נפוצים) מ־23 מיני עצי רחוב בישראל
תא ריק מסמן חוסר במידע. הפליטות מעובדות ממאגר מידע בין־לאומי בכתובת: www.bai.acd.ucar.edu/Data/BVOC/index.shtml.

שם העץ	שם מדעי	האם פולט איזופרן? בסוגריים – מקדם הפליטה, אם ידוע (מיקרוגרם לגרם עץ לשעה)	האם פולט מונוטרפנים? בסוגריים – מקדם הפליטה, אם ידוע (מיקרוגרם לגרם עץ לשעה)
איקליפטוס הצווארון	*Eucalyptus torquata*	כן	
ליגוסטרום מבריק	*Ligustrum lucidum*	כן	לא
עוזרר חד־גלעיני	*Crataegus monogyna*	לא	לא
פיטוספורום גלוני	*Pittosporum undulatum*	לא	כן
קליסטמון תרוג	*Callistemon citrinus*	כן (15)	לא
אוג אזמלני	*Rhus lancea*	כן	
אלון מצוי	*Quercus calliprinos*	כן (0.1)	כן (3.1)
בוהיניה מגוונת	*Bauhinia variegata*	כן	
בולוסנתוס נאה	*Bolusanthus speciosus*	כן	
בוקיצה קטנת־עלים	*Ulmus parviflora*	לא	
זית אירופי	*Olea europaea*		כן (0.56–0.1>)
מילה ירוקת־עד	*Fraxinus uhdei*	לא	
מילה פנסילבניה	*Fraxinus pennsylvanica*	לא	
פלפלון דמוי־אלה	*Schinus terebinthifolius*	לא	כן (10.4–1.3±0.2)
צפצפה מכסיפה	*Populus alba*	כן	
אורן הצנובר	*Pinus pinea*	כן (0.01>)	כן (15–0.42±0.19)
אלה סינית	*Pistacia chinensis*	לא	
אלון הגלעין	*Quercus ilex*	כן (0.1)	כן (58–2.3)
אלון השעם	*Quercus suber*	לא	
אלון התבור	*Quercus ithaburiensis*	כן (0.1)	כן (13.9)
דולב מזרחי	*Platanus orientalis*	כן	
סיגלון חד־עלים	*Jacaranda mimosifolia*	לא	לא

טבלה 2
פליטות איזופרן ומונוטרפנים (שני סוגים של חומרים אורגניים נדיפים נפוצים) מ-23 מיני עצי רחוב בישראל
תא ריק מסמן חוסר במידע. הפליטות מעובדות ממאגר מידע בין-לאומי

סיכום

בערים רבות בעולם ובישראל, איכות האוויר עדיין מהווה בעיה, וגובה מחיר מבריאות הציבור ומהסביבה. תכנון קפדני של תשתית ירוקה יכול להבטיח שעצים וצמחייה אחרת מוצבים באופן המתאים להפקת המֵרב מההזדמנויות לשפר את איכות האוויר. תכנון כזה כולל התייחסות למגוון השיקולים: מיקום מתאים ביחס

למקורות זיהום אוויר ולתצורת הרחוב, בחירה מדוקדקת של מין העץ ותחזוקה נאותה.בישראל קיים מעט מאוד מידע לגבי השפעתם של מיני עצים על איכות האוויר, ויש מקום להרחיב את הידע בתחום זה, בדגש על הצורך לבנות "מדד זיהום אוויר" לעצים ישראליים.מאמר זה סקר את השיקולים הנוגעים להצבת עצים למטרות הפחתת זיהום האוויר. עם זאת, מובן כי צמחייה יכולה למתן את הבעיה, אך לא לפתור אותה. שיפור איכות האוויר בערים מושג כעת ויושג בעתיד על-ידי שילוב של כלי פיקוח, ניטור, תכנון, אכיפה וחקיקה מתאימה.

תודות

את הסקירה המקורית הכינו Mike Townsend מה-Woodland Trust, בעזרתם של ד"ר Tom Pugh ופרופ' Nick Hewitt, שניהם מאוניברסיטת לנקסטר, ופרופ' Rob MacKenzie מאוניברסיטת בירמינגהם. החומר הוכן כחלק מפרויקט "עתידים עירוניים" של המועצה למחקר בהנדסה ומדעי הפיזיקה, מס' מענק EP/F007426/1, ושואב ממחקר קודם מתכנית URGENT של המועצה למחקר הסביבה הטבעית, מס' מענק GST/02/2236

מקורות

1. גלון י והלר א. 2011. מדריך עצי הרחוב בישראל, גרסה שנייה. משרד החקלאות ופיתוח הכפר והמשרד להגנת הסביבה. נצפה ב-26 בפברואר 2013.
2. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2006. סקר בריאות לאומי 2003–2004, ממצאים נבחרים. נצפה ב-26 בפברואר 2013.
3. המרכז הלאומי לבקרת מחלות. 2007. סקר הימצאות אסתמה בילדי כיתות ח' בישראל. נצפה ב-26 בפברואר 2013.
4. המשרד להגנת הסביבה. 2012. תכנית לאומית לצמצום זיהום אוויר. נצפה ב-26 בפברואר 2013.
5. פוצ'טר ע, יעקב י, בר (שעשוע) ל ואחרים. 2012. מיתון עומס חום בערים מדבריות באמצעות צמחים – באר שבע כמקרה בוחן. *אקולוגיה וסביבה* **3**(1), 33–42.
6. פוצ'טר ע, שעשוע-בר ל, בולטנסקי ד ואחרים. 2009. השפעת הצמחייה וגורמי הבינוי על מיקרו האקלים, איכות האוויר ורעש בשטחים עירוניים פתוחים – מדידות שדה, סימולציות והנחיות לתכנון בר-קיימא, תואם אקלים וסביבה. דו"ח מסכם למחקר המוגש למדען הראשי במשרד להגנת הסביבה. נצפה ב-26 בפברואר 2013.
7. קרקיס א, דובנוב י, ברמן ת ואחרים. 2011. הקשר בין זיהום אוויר לממצאים בריאותיים – סקירת הידע העדכני בישראל. נצפה ב-26 בפברואר 2013.
8. Beckett KP, Freer-Smith PH, and Taylor G. 2000. The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites. *Arboricultural Journal* **24**: 209-230.
9. Branford D, Fowler D, and Moghaddam MV. 2004. Study of aerosol deposition at a wind exposed forest edge using 210Pb and 137Cs soil inventories. *Water, Air, and Soil Pollution* **157**: 107-116.
10. Buccolieri R, Gromke C, Di Sabatino S, et al. 2009. Aerodynamic effects of trees on pollutant concentration in street canyons. *Science of the Total Environment* **407**: 5247-5256.
11. Chameides WL, Lindsay RW, Richardson J, et al. 1988. The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study. *Science* **241**: 1473-1475.
12. Cohen P and Potcher O. 2012. The impact of an urban park on seasonal air quality in

Tel-Aviv. Proceedings of the ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates; 6-10 Aug 2012; Dublin. Dublin: UCD.

13. Davies G and Whyatt JD. 2009. A least-cost approach to personal exposure reduction. *Transactions in GIS* **13**(2): 229-246.

14. DePaul FT and Sheih CM. 1986. A tracer study of dispersion in an urban street canyon. *Atmospheric Environment* **19**(4): 555-559.

15. Donovan R, Hope E, Owen S, et al. 2005. Development and application of an urban tree air quality score for photochemical pollution episodes using the Birmingham, United Kingdom, area as a case study. *Environmental Science and Technology* **39**: 6730-6738.

16. Fowler D, Pilegaard K, Sutton MA, et al. 2009. Atmospheric composition change: Ecosystems-atmosphere interactions. *Atmospheric Environment* **43**: 5193-5267.

17. Freer-Smith PH, El-Khatib AA, and Taylor G. 2004. Capture of particulate pollution by trees: A comparison of species typical of semi-arid areas (*Ficus Nitida* and *Eucalyptus Globulus*) with European and North American species. *Water, Air, and Soil Pollution* **155**: 173-187.

18. Freiman MT, Hirshel N, and Broday DM. 2006. Urban-scale variability of ambient particulate matter attributes. *Atmospheric Environment* **40**: 5670-5684.

19. Gromke C and Ruck B. 2009. On the impact of trees on dispersion processes of traffic emissions in street canyons. *Boundary-Layer Meteorology* **131**:19-34.

20. Jim CY and Chen WY. 2003. Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). *Journal of Environmental Management* **88**: 665-676.

21. Kozlowski TT. 2003. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. *The Botanical Review* **68**(2): 270-334.

22. Lovasi G, Quinn J, Neckerman K, et al. 2008. Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma. *Journal of Epidemiology & Community Health* **62**(7): 647.

23. McDonald AG, Bealey WJ, Fowler D, et al. 2007. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM_{10} in two UK conurbations. *Atmospheric Environment* **41**: 8455-8467.

24. McDonald AG, Nemitz E, et al. 2007. Estimating the reduction of urban PM10 concentrations by trees within an environmental information system for planners. *Journal of Environmental Management* **85**: 44-58.

25. Mitchell R and Maher BA. 2009. Evaluation and application of biomagnetic monitoring of traffic derived particulate pollution. *Atmospheric Environment* **43**: 2095-2103.

26. Mitchell R, Maher BA, and Kinnersley R. 2010. Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: Temporal and inter-species magnetic analyses. *Environmental Pollution* **158**: 1472-1478.

27. Nowak DJ. 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. In: McPherson EG, Nowak DJ, and Rowntree RA (Eds). Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. USDA Forest Service General Technical Report NE-186.

28. Oke TR. 1988. Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings* **11**: 103-113.

29. Shashua-bar L, Potchter O, Bitan A, et al. 2010. Micro-climate modeling of street tree species within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv. *International Journal of Climat*ology **30**: 44-57.

30. Tiwary A, Sinnett D, Peachey C, et al. 2009. An integrated tool to assess the role of new planting in PM_{10} capture and the human health benefits: A case study in London. *Environmental Pollution* **157**: 2645-2653.

31. Woodland Trust. 2012. Urban Air Quality Report.