

מכונית לכל פועל | צילום: אילן מלסטר, באדיבות המשרד להגנת הסביבה



השפעות גידול האוכלוסייה על איכות האוויר

דוד אסף ^[1]*, אמיר זלצברג ^[2] ומנחם לוריא ^[3]

^[1] המחלקה לסביבה ואנרגיה, מכון ויצמן למדע
^[2] אגף איכות אוויר, המשרד להגנת הסביבה
^[3] המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים
 david.asaf@weizmann.ac.il *

עליית הביקוש לאנרגיה – בשנים 1970–2005 גדל שיעור צריכת החשמל ב-768%, ואילו הצריכה לנפש גדלה ב-330%, ומכאן מסתבר כי משקלו של הגורם הדמוגרפי בסך העלייה גדול מזה של העלייה ברמת החיים. בניגוד למגמה הכללית, בשנת 2009 הייתה ירידה של 2.4% בצריכת החשמל לעומת שנת 2008. ירידה זו הייתה אחת הסיבות העיקריות לירידה ממוצעת של כ-10% בפליטות מזהמי האוויר השונים (תחמוצות חנקן וגפרית, פחמן חד-חמצני וחלקיקים) ממתקני ייצור החשמל, והיא אינדיקציה לקשר שבין צריכת החשמל לאיכות האוויר. עם זאת, תחזית הביקוש לחשמל לשנת 2025 בישראל צופה עלייה ממוצעת של 3.2% בצריכה הכוללת לשנה ^[3], בהמשך למגמת העלייה בארבעת העשורים האחרונים.

בתסריט של 'עסקים כרגיל' – המשך צמיחה כלכלית יחד עם ייצור האנרגיה על-ידי שרפת דלקי מחצבים – יגבר זיהום האוויר עקב פליטת מזהמים. שינוי מעודד ממגמה זו חל בתקופה האחרונה, עם המעבר לשימוש בגז טבעי. נכון לשנת 2009, 33% מייצור החשמל היה מגז טבעי (השאר מפחם ו-1% ממוזוט ומסולר). ישנה עלייה מתמדת מדי שנה בשיעור השימוש בגז לייצור חשמל (למעט התקופה האחרונה, המתאפיינת בקשיים באספקת הגז). מאז תחילת השימוש בגז הטבעי לייצור חשמל, בשנת 2004, ניכרת הפחתה מצטברת בפליטה הסגולית של גפרית דו-חמצנית וחומר חלקיקי, תחמוצות חנקן, ופחמן דו-חמצני (של 46%, 24%, ו-15% בהתאמה) ^[3].

גידול התחבורה הממונעת – גם כאן חלו שני תהליכים בור-זמנית: גידול האוכלוסין מחד גיסא והעלייה ברמת המינוע (כמות כלי הרכב ל-1,000 נפש) מאידך גיסא, שתרמו לעלייה של כ-30% בשיעור הנסועה (קילומטרז') השנתי הכולל של כלי רכב בישראל, ואת תוך פרק זמן של 8 שנים בלבד (2000–2008) (איור 1). למרות העלייה בנסועה, במהלך אותה התקופה חלה הפחתה של כ-40%

מחקרים רבים שנערכו בארץ ובעולם קושרים את החשיפה לזיהום אוויר לעלייה בשיעור התחלואה במחלות של דרכי הנשימה, הלב וכלי הדם, לעלייה בסיכון לסרטן ולתמותה מוקדמת. האוכלוסיות הרגישות ביותר להשפעות אלה הן עוברים, תינוקות, ילדים וקשישים. להשפעות בריאותיות אלה מתלוות השלכות כלכליות עקיפות על המשק, המתבטאות באבדן ימי עבודה, בעלויות אשפוז, בעלויות תרופות וכיו"ב. משרד האוצר העריך בשנת 2008 את העלויות החיצוניות של זיהום האוויר מתחבורה ביותר מ-2% מהתוצר ^[4].

כיצד משפיע גידול האוכלוסייה בישראל על איכות האוויר שאנו נושמים? כדי לענות על כך עלינו לזהות את מקורות זיהום האוויר ולבחון את הקשר בינם לבין גודל האוכלוסייה ופיזורו. בעוד שזיהום האוויר בערים קשור בעיקר בפליטות מזהמים מתחבורה, זיהום האוויר הנפלט מתחנות הכוח ומהתעשייה מתאפיין בפליטת מזהמים גבוהה יותר, אך בשל מיקום הארובות וגובהן, לרוב ההשפעה על ריכוזי האוכלוסין נמוכה יותר. בד בבד עם הגידול הדמוגרפי, חל בישראל גידול מתמיד ברמת צריכת האנרגיה ובכמות כלי הרכב (איור 1), כפי שנראה בהמשך.

יומיים, יאפשר שימוש מושכל יותר במשאבים ויבטיח שלאורך זמן תהיה לאנשים מכל שכבות האוכלוסייה יכולת טובה יותר להגיע למחוז חפצם בקלות ובמהירות. תחבורה היברידית ומונעת חשמל משפרת את איכות האוויר בערים על-ידי הפחתת השימוש בכלי רכב המבוססים על דלקי מחצבים, תוך העברת מרב הפליטות לתחנות כוח שניתן למנוע בהן את זיהום האוויר בצורה יעילה ומבוקרת יותר.

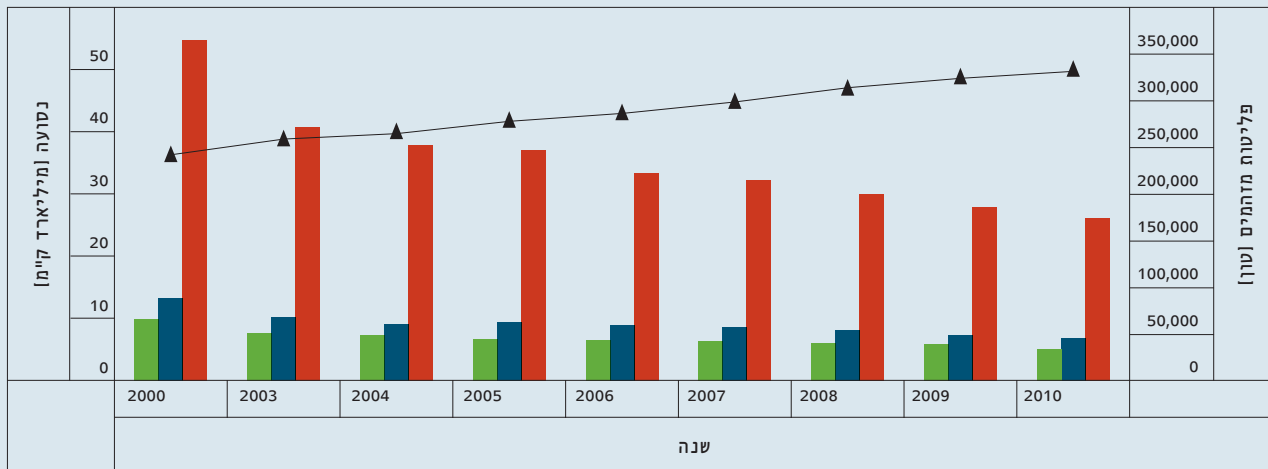
טבלה 1. מקדמי פליטת תחמוצות חנקן מרכב בנזין פרטי ממוצע לפי התקינה האירופית הנחונים לפי בר אור ומצנר [1].

תקן פליטת זיהום אוויר	שנות ייצור אופייניות	מקדם פליטה לתחמוצות חנקן (גרם מזהם לק"מ נסיעה)
Pre-Euro	עד 1992	2.284
Euro 1	1996-1993	0.260
Euro 2	2000-1997	0.144
Euro 3	2005-2001	0.072
Euro 4	2010-2006	0.047
Euro 5	2015-2011	0.035
Euro 6	החל מ-2016	0.035

לסיכום, נראה כי המשך הגידול הדמוגרפי יוכל להמשיך ולהתקיים מבלי לגרום להחמרה באיכות האוויר רק אם המדינה תבחר לקדם

בפליטות מזהמי האוויר האופייניים לתחבורה, כגון פחמן חד-חמצני, פחמימנים ותחמוצות חנקן [1] (איור 1). ההפחתה בפליטות נובעת בעיקרה משיפורים טכנולוגיים, כגון ממירים קטליטיים ומסנני חלקיקים שהותקנו בכלי הרכב החדשים בהתאם לדרישות התקינה הבינלאומית. זוהי דוגמה למקרה שבו גברה ההשפעה החיובית של השיפורים הטכנולוגיים על ההשפעה השלילית של הגידול הדמוגרפי. למרות זאת, חשוב להבהיר כי ההחמרה בדרישות התקינה היא מוגבלת, ועל פי הידע הקיים היום, נראה שלא ניתן עוד, בטווח הזמן של העשורים הקרובים, להוריד משמעותית פליטות מזהמי אוויר מתחבורה. מקדמי פליטת תחמוצות חנקן מרכב בנזין פרטי ממוצע לפי תקינת זיהום האוויר האירופית (טבלה 2) מראים כי שיעור ההפחתה השולי בפליטות קטן עם התקדמות התקינה לאורך השנים. יש להדגיש כי בהשוואה למדינות בצפון אמריקה ובאירופה, רמת המינוע בישראל נמוכה עדיין [2]. גידול האוכלוסייה, המשך תהליך העיור והעלייה בצפיפות האוכלוסייה, יחד עם פוטנציאל הגידול ברמת המינוע, מורים בבירור כי זיהום האוויר שמקורו ברכב צפוי להחריף בישראל בשנים הקרובות על אף השיפורים הטכנולוגיים המשמעותיים שהושגו. המשך ההשקעה הממשלתית הנרחבת בסלילת כבישים בד בבד עם הורדת שיעורי המיסוי על השימוש ברכב, יובילו להגברת השימוש ברכב הפרטי ולעלייה בגודש התחבורתי ובזיהום האוויר. מנגד, תכנון תחבורתי נכון, השם את הדגש על הגברת הנגישות באמצעות שיפור מערך התחבורה הציבורית והתחבורה הבלתי-מונעת למוקדי הנסיעה היום-

איור 1. נסועה ופליטות של תחמוצות חנקן (NOx), פחמן חד-חמצני (CO) ופחמימנים (HC) לאוויר משרפת דלק בכלי רכב בישראל, 2010-2000



נסועה (קילומטרים) ▲, תחמוצות חנקן ■, פחמן חד-חמצני ■, פחמימנים ■

מקורות

- [1] בר אורי ומצנר א. 2010. איכות הסביבה בישראל - מדדים, נתונים ומגמות 2010. ירושלים: המשרד להגנת הסביבה.
- [2] השמשוני ג. 1999. מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל - תכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית. ירושלים: המכון הישראלי לתכנון ומחקר תחבורה.
- [3] חברת חשמל. 2010. סיכום ממצאי ניטור איכות אוויר מתחנות הניטור של חברת החשמל.
- [4] רשות המסים בישראל. 2008. דו"ח הוועדה הבין-משרדית למיסוי ירוק. www.ozar.mof.gov.il/taxes/misui150108.pdf. נצפה ב-28 ביוני 2012.



(בעיקר) על-ידי לא-כלכלנים, לא ניתן לטעון שאי אפשר לצופף יותר את אוכלוסיית המדינה. בסיס המשאבים - טבעיים, אנושיים ומעשה ידי-אדם (הון על כל סוגיו) - מאפשר זאת. ברם, השאלה שחייבת להישאל היא שונה: האם כאשר מביאים בחשבון את כלל העלויות הכלכליות של צפיפות האוכלוסייה, כלומר **עלות כלכלית במובנה הרחב** - כפי שיוסבר להלן - נגיע לאותה מסקנה? לדעתי, שוב ככלכלן, התשובה לכך שלילית.

בהיבט זה, נסב השיח כבר מראשית ימי המנדט הבריטי (שלא במנותק מההיבט המדיני של יחסי יהודים וערבים בפלשתינה-א"י) על אודות קיבולת הנשיאה, או יכולת הקליטה הכלכלית (economic absorptive capacity) של פיסת ארץ זו שאנו חיים בה. בין שפע ההתייחסויות לסוגיה, יש לציין שעוד בשנת 1918 הופיע בניו יורק חיבור מאת שני פליטים יהודים (מהשלטון התורכי), בן-גוריון ובן-צבי, שכותרתו "ארץ ישראל בעבר ובהווה". בחיבור נקבע (בצורה נאיבית למדי) - על בסיס ממצאים ארכאולוגיים והיסטוריים - שארץ ישראל יכולה לשאת כ-10 מיליון בני אדם.^[1] סוגיה זו נחקרה, בין השאר, על-ידי ועדת פיל (1937), שבדקה את הנושא בעיקר בהקשרו הפוליטי, כתוצאה מהתנגדות הערבים להצהרת בלפור. כבר אז, במחצית הראשונה של המאה הקודמת, ניסתה הוועדה לאמוד את יכולת הקליטה של תושבים מהבחינה הכלכלית, בייחוד מבחינת אפשרות הקליטה של מהגרים יהודים בשטח שייעדה למדינה היהודית. הוועדה אף נקבה במספר (נמוך יחסית) של מהגרים יהודים שיוורשו להיכנס למדינה היהודית כל שנה, וזאת כדי לא להעמיס יותר מדי בני אדם על יכולתה של הארץ לקיים תושבים אלה מבחינה כלכלית.

אולם הסוגיה של כושר הקיבולת הכלכלית לא הייתה כלכלית "טהורה". לכן, גם הקביעה שאותו חלק מארץ ישראל המיועד למדינה היהודית לא יוכל לקלוט מספר רב נוסף של מהגרים מבלי להעיק על יכולותיה הכלכליות (תעסוקה, ייצור מזון, מגורים), לא התבססה על נתונים כלכליים גרידא. זאת - יש לזכור - כאשר מספר התושבים היהודים בארץ ישראל המנדטורית עמד על כ-600,000

פתרונות משמעותיים בהקדם האפשרי. יש לעודד טכנולוגיות נקיות ככל האפשר לייצור אנרגיה, כדוגמת אנרגיית שמש שעלותה נמצאת בירידה מתמדת ותחנות גרעיניות שיש בהן בעייתיות מסוימת באזורנו אך הן מובילות מבחינת היבטים של צריכת אנרגיה ופגיעה בסביבה. נוסף על כך, יש להמשיך לפתח אנרגיות מתחדשות חלופיות. בו בזמן יש צורך מְיָד בתחבורה מקיימת יותר כחלופה לכלי הרכב הפרטיים. לאור מסקנה זו יש להשקיע כבר כעת תקציבי ענק להקמת מערכות הסעת המונים מהירות למוקדי הנסיעה היום-יומית, שיהיו זולות ויעילות, ישמשו אמצעי תחבורה שווה לכל כיס, וישפרו את איכות חיינו.

אזור בורסת היהלומים ברמת גן | צילום: יהודית גרתי/כל ©



היבטים כלכליים של גידול אוכלוסין

מוטי שכטר^{1, 2}

^[1] בית הספר לקיימות, המרכז הבינתחומי, הרצליה
^[2] המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה
 Shechter@econ.haifa.ac.il

לדעתי, ככלכלן, סוגיית ה"קיבולת האנושית" של מדינת ישראל, קרי, יכולת הנשיאה (של בני אדם) המקיימת של משאבי הטבע והסביבה, מסתכמת בשאלה: כמה תושבים יכולים לחיות בארץ ישראל ולהתפרנס ממנה, ברמת חיים 'סבירה'? בשורות אלה אבקש לטעון שמבחינה "כלכלית" גרידא, כפי שהמושג נתפש